



ONTAP SAN主机实用程序

ONTAP SAN Host Utilities

NetApp
January 21, 2026

This PDF was generated from <https://docs.netapp.com/zh-cn/ontap-sanhost/index.html> on January 21, 2026. Always check docs.netapp.com for the latest.

目录

ONTAP SAN主机实用程序	1
了解SAN主机配置	2
安装SAN Host Utilities	3
了解SAN Host Utilities	3
AIX Host Utilities	3
《AIX Host Utilities发行说明》	3
安装 AIX 主机实用程序	4
了解适用于ONTAP存储的 AIX SAN 工具包	12
使用 AIX Host Utilities 命令验证ONTAP存储配置	12
HP-UX Host Utilities	22
HP-UX 主机实用程序发行说明	22
安装适用于ONTAP存储的HP-UX Host Utilities 6.0	23
了解适用于ONTAP存储的 SAN 工具包	24
使用 HP-UX Host Utilities 命令验证ONTAP存储配置	24
Linux Host Utilities	30
Linux 主机实用程序发行说明	30
安装 Linux 主机实用程序	32
了解ONTAP存储的“sanlun”实用程序	36
使用 Linux Host Utilities 命令验证ONTAP存储配置	37
Solaris Host Utilities	44
Solaris 主机实用程序发行说明	44
安装Solaris Host Utilities	44
了解适用于ONTAP存储的 SAN 工具包	50
使用 Solaris Host Utilities 命令验证ONTAP存储配置	51
Windows Host Utilities	56
《Windows Host Utilities发行说明》	56
安装 Windows 主机实用程序	57
检查ONTAP存储的 Windows 主机实用程序配置	66
升级适用于ONTAP存储的 Windows Host Utilities	78
修复并删除适用于ONTAP存储的 Windows Host Utilities	78
使用ONTAP存储配置对 Windows Host Utilities 进行故障排除	79
使用FCP和iSCSI配置主机	81
概述	81
AIX 和 PowerVM/VIOS	81
使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 AIX 7.3/VIOS 4.x	81
使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 AIX 7.2/VIOS 3.1	88
使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 AIX 7.1	94
CentOS	99
配置 CentOS 8.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以用于ONTAP存储	99

Citrix	104
使用 ONTAP 存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Citrix Xenserver 8.4	104
使用 ONTAP 存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Citrix Hypervisor 8.2	109
ESXi	114
将VMware vSphere 8.x与ONTAP结合使用	114
将VMware vSphere 7.x与ONTAP结合使用	122
将VMware vSphere 6.5和6.7与ONTAP结合使用	130
HP-UX	137
使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 HP-UX 11i v3	137
Oracle Linux	142
配置 Oracle Linux 9.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	142
配置 Oracle Linux 8.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	148
普罗克斯莫克斯	152
配置 Proxmox VE 9.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	152
配置 Proxmox VE 8.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	158
RHEL	163
配置 RHEL 10.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	163
配置 RHEL 9.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	168
配置 RHEL 8.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	175
落基Linux	183
配置 Rocky Linux 10.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	183
配置 Rocky Linux 9.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	188
配置 Rocky Linux 8.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	195
Solaris	200
使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Solaris 11.4	200
使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Solaris 11.3	210
SUSE Linux Enterprise Server	220
配置 SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	220
Ubuntu	226
使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Ubuntu 24.04	226
使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Ubuntu 22.04	230
使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Ubuntu 20.04	235
Veritas	240
配置 Veritas Infoscale 9 以支持 FC、FCoE 和 iSCSI 以及ONTAP存储	240
配置 Veritas Infoscale 8 以支持 FC、FCoE 和 iSCSI 以及ONTAP存储	247
配置 Veritas Infoscale 7 以支持 FC、FCoE 和 iSCSI 以及ONTAP存储	253
配置 Veritas Infoscale 6 以支持 FC、FCoE 和 iSCSI 以及ONTAP存储	259
Windows	265
配置 Windows Server 2025 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	265
配置 Windows Server 2022 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	269
配置 Windows Server 2019 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	273
配置 Windows Server 2016 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	277

配置 Windows Server 2012 R2 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储	281
使用NVMe-oF配置主机	286
了解如何使用 NVMe-oF 配置 ONTAP SAN 主机	286
使用 NVMe-oF 为ONTAP存储配置 AIX	286
步骤 1: 确认主机的多路径配置	287
步骤 2: 配置 NVMe/FC	288
步骤 3: 验证 NVMe/FC	291
步骤 4: 查看已知问题	292
步骤5: 故障排除	292
ESXi	293
适用于采用ONTAP 的ESXi 8.x的NVMe-oF主机配置	293
适用于采用 ONTAP 的 ESXi 7.x 的 NVMe-oF 主机配置	300
Oracle Linux	307
了解ONTAP对 Oracle Linux 主机的支持和功能。	307
配置 Oracle Linux 9.x 和 NVMe-oF 以用于ONTAP存储	308
配置 Oracle Linux 8.x 和 NVMe-oF 以用于ONTAP存储	332
配置 Oracle Linux 7.x 和 NVMe-oF 以用于ONTAP存储	347
普罗克斯莫克斯	355
了解 Proxmox 主机对ONTAP 的支持和功能	355
配置 Proxmox VE 9.x 以支持 NVMe-oF 和ONTAP存储	355
配置 Proxmox VE 8.x 以支持 NVMe-oF 和ONTAP存储	371
RHEL	388
了解ONTAP对 RHEL 主机的支持和功能	388
配置 RHEL 10.x 以使用 NVMe-oF 和ONTAP存储	389
配置 RHEL 9.x 以使用 NVMe-oF 和ONTAP存储	413
配置 RHEL 8.x 以使用 NVMe-oF 和ONTAP存储	439
落基Linux	452
了解 Rocky Linux 对ONTAP 的支持和功能	452
配置 Rocky Linux 10.x 以支持 NVMe-oF 和ONTAP存储	453
配置 Rocky Linux 9.x 以支持 NVMe-oF 和ONTAP存储	476
配置 Rocky Linux 8.x 以支持 NVMe-oF 和ONTAP存储	503
SUSE Linux Enterprise Server	521
了解 SUSE Linux Enterprise Server 对ONTAP 的支持和功能	521
配置 SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx 以支持 NVMe-oF 和ONTAP存储	522
Ubuntu	555
适用于采用ONTAP的Ubuntu 24.04的NVMe-oF主机配置	556
适用于采用ONTAP的Ubuntu 24.04的NVMe-oF主机配置	570
Windows	580
为Windows Server 2025配置适用于ONTAP的NVMe/FC	580
为ONTAP配置采用NVMe/FC的Windows Server 2022	585
适用于采用 ONTAP 的 Windows Server 2019 的 NVMe/FC 主机配置	591
为Windows Server 2016配置适用于ONTAP的NVMe/FC	597

为ONTAP配置采用NVMe/FC的Windows Server 2012 R2	603
使用ONTAP存储对 NVMe-oF 进行故障排除（适用于 Linux 主机实用程序）	609
启用详细日志记录	609
常见的“nvme-cli”错误及解决方法	611
何时联系技术支持	613
法律声明	614
版权	614
商标	614
专利	614
隐私政策	614

ONTAP SAN主机实用程序

了解SAN主机配置

您应该为SAN主机配置多路径、并为其配置特定参数和设置、这些参数和设置对于正确使用ONTAP LUN进行操作至关重要。主机配置因主机操作系统和协议而异。正确的配置对于获得最佳性能和成功进行故障转移至关重要。

您应将SAN主机配置为使用NetApp SAN主机实用程序。SAN Host Utilities可帮助您管理和监控LUN和主机总线适配器(HBA)。例如、您可以使用SAN Host Utilities检索映射到主机的所有LUN的列表、或者查看映射到主机的特定LUN的所有属性的列表。如果您遇到需要帮助的问题、NetApp客户支持还可以使用SAN Host Utilities收集有关您的配置的信息。

如果SAN主机可用、NetApp建议使用SAN Host Utilities软件。

如果SAN配置支持SAN启动、则还可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。使用SAN启动、您可以通过将多个新服务器连接到SAN并配置适当的启动设置来部署这些新服务器。这样就无需在每台服务器上单独安装操作系统、从而节省了时间。

您的SAN主机和ONTAP 存储可以位于内部、云中、也可以同时位于这两者。



在云环境中、主机通常称为客户端。此内容中的所有主机特定信息也包括适用场景 云客户端。

例如，您可以配置本地ONTAP存储以连接到本地 SAN 主机或 SAN 云客户端。您还可以配置在云环境中运行的存储服务，例如["Cloud Volumes ONTAP"](#)或者["适用于 NetApp ONTAP 的 Amazon FSX"](#)连接到本地 SAN 主机或 SAN 云客户端。

相关信息

- ["ONTAP SAN配置参考"](#)
- ["ONTAP SAN存储管理"](#)
- ["《ONTAP 9 发行说明》"](#)
- 中的SANtricity相关文档["E系列系统文档"](#)

安装SAN Host Utilities

了解SAN Host Utilities

了解有关SAN Host Utility版本的最新信息、并访问适用于您的主机配置的安装过程。

NetApp支持站点上提供了多个SAN Host Utilities软件包。如果SAN主机可用、NetApp建议使用SAN Host Utilities软件。

AIX、HP-UX、Linux和Solaris Host Utilities软件提供了一个命令行工具包。此工具包可帮助您管理ONTAP LUN和主机总线适配器(HBA)。如果您遇到需要帮助的问题、NetApp客户支持还可以使用SAN Host Utilities收集有关您的配置的信息。安装Host Utilities软件包时会自动安装该工具包。

使用Windows主机实用程序可以将Windows主机计算机连接到NetApp存储系统。该软件包括一个安装程序、用于设置所需的Windows注册表和HBA参数。这样、Windows主机便可正确处理ONTAP和E系列平台的存储系统行为。



为了在安装后可靠地运行、请使用["互操作性表工具"](#)验证您的主机是否支持完整的基于网络结构的NVMe (包括基于TCP的NVMe和基于光纤通道的NVMe)、iSCSI、FC或FCoE配置。

AIX Host Utilities

《AIX Host Utilities发行说明》

发行说明介绍了新功能和增强功能、当前版本中修复的问题、已知问题和限制，以及与使用ONTAP存储系统配置和管理特定 AIX 主机相关的重要注意事项。

有关Host Utilities支持的操作系统版本和更新的特定信息，请参阅["互操作性表工具"](#)。

AIX Host Utilities 版本包含以下新功能和增强功能。

AIX Host Utilities 8.0 中的新功能

IBM 临时修复程序 (ifix) 适用于 AIX Host Utilities 8.0，可确保 `sanlun fcp show adapter -v` 命令显示正确的 HBA 速度信息，例如适配器支持和协商的速度。您可以在以下 AIX 和 VIOS 版本上安装 ifix：

- AIX：7.3 TL3 SP0、7.3 TL2 SP2、7.3 TL1 SP4、7.2 TL5 SP9、7.2 TL5 SP8
- VIOS：4.1.1.0、4.1.0.21、3.1.4.50、3.1.4.41

AIX Host Utilities 7.0 中的新功能

AIX Host Utilities 7.0支持AIX主机操作系统上的SCSI UNMAP。借助AIX Host Utilities 7.0、SCSI精简配置可与FC设备的AIX和NetApp LUN无缝配合使用。

AIX Host Utilities 6.1 中的新功能

AIX Host Utilities 6.1支持在早期版本的AIX主机操作系统中发生的内存故障问题。在AIX Host Utilities 6.1中、只有sanlun二进制文件发生了更改。Microsoft多路径I/O (MPIO)和相关ODM保持不变。

已知问题和限制

您应该注意以下已知问题和限制，它们可能会影响特定主机的性能：

错误 ID	影响版本	标题	Description
不适用	7.0	ONTAP iSCSI LUN 的SCSI UNMAP支持	AIX Host Utilities 7.0仅支持FC设备的SCSI UNMAP功能。此版本不支持对iSCSI设备的SCSI UNMAP。
"1069147"		AIX HU Sanlun报告的HBA速度不正确	运行`sanlun fcp show adapter-v`命令时、报告sanlun显示不正确的HBA速度的实例。`sanlun fcp show adapter-v`命令可显示HBA卡信息、例如适配器支持的速度和协商的速度。这似乎只是一个报告问题描述。要确定实际速度、请使用`fcstat fcsx`命令。

"[NetApp Bug Online](#)" 提供有关大多数已知问题的完整信息、包括可能的建议解决方法。您可能需要使用的一些关键字组合和错误类型包括：

- FCP常规：显示与特定主机无关的FC和HBA错误。
- FCP—AIX

下一步是什么？

"[了解如何安装 AIX Host Utilities](#)"

安装 AIX 主机实用程序

为ONTAP存储安装 AIX Host Utilities 8.0

AIX Host Utilities 可帮助您管理连接到 AIX 主机的ONTAP存储。 NetApp强烈建议安装 AIX Host Utilities 来改进ONTAP存储管理并协助NetApp支持收集有关您的配置的信息。

AIX Host Utilities 8.0 支持以下传输协议和 AIX 环境：

- FC、FCoE 和 iSCSI
- AIX 多路径 I/O (MPIO)
- PowerVM

有关 PowerVM 的信息，请参阅 IBM PowerVM Live Partition Mobility 红皮书。

关于此任务

- 您需要安装带有 AIX MPIO 的 AIX Host Utilities SAN Toolkit 来管理连接到 AIX 主机的ONTAP存储。
- 当您安装 AIX Host Utilities 时，它们不会更改 AIX 主机上的任何设置。

开始之前

- 使用["互操作性表工具"](#)验证您的 AIX OS、协议和ONTAP版本是否支持 SAN 启动。
- 通过运行 `chdev -l <fscsi\_device> -a dyntrk=ye` AIX 主机上的命令。

步骤

1. 登录到您的主机：

AIX

在 AIX 主机上，以 * 根 * 身份登录。

PowerVM

在 PowerVM 主机上：

- a. 以 **padmin** 身份登录。
- b. 成为 root 用户：

```
oem_setup_env
```

2. 前往 ["NetApp 支持站点"](#)并将包含主机实用程序的压缩文件下载到主机上的目录中。
3. 转到包含下载内容的目录。
4. 解压缩文件并解压缩SAN Toolkit软件包：

```
tar -xvf ntap_aix_host_utilities_8.0.tar.gz
```

这 `ntap\_aix\_host\_utilities\_8.0` 解压缩文件时会创建目录。该目录包含以下子目录之一： MPIO、NON_MPIO 或 SAN_Tool_Kit。

5. 安装 AIX MPIO：

```
installp -aXYd /var/tmp/ntap_aix_host_utilities_8.0/MPIO  
NetApp.MPIO_Host_Uilities_Kit
```

6. 安装 SAN 工具包：

```
installp -aXYd /var/tmp/ntap_aix_host_utilities_8.0/ NetApp.SAN_toolkit
```

7. 重新启动主机。

8. 验证安装。

```
lslpp -l |grep -i netapp
```

显示示例输出

```
NetApp.MPIO_Host_Uilities_Kit.config
                        8.0.0.0  COMMITTED  NetApp MPIO PCM
Host Utilities
  NetApp.MPIO_Host_Uilities_Kit.fcp
                        8.0.0.0  COMMITTED  NetApp MPIO PCM
Host Utilities
  NetApp.MPIO_Host_Uilities_Kit.iscsi
                        8.0.0.0  COMMITTED  NetApp MPIO PCM
Host Utilities
  NetApp.MPIO_Host_Uilities_Kit.pcmadm
                        8.0.0.0  COMMITTED  NetApp MPIO PCM Host
Utilities
NetApp.SAN_toolkit.sanlun 8.0.0.0 COMMITTED NetApp SAN Toolkit
sanlun
```

9. 确认软件版本为8.0.1f0fc74c:

```
sanlun version
```

10. 验证 SCSI UNMAP 'lbp_enabled'参数已添加到ODM:

```
odmget -q "uniquetype=disk/fcp/NetAppMPIO" PdAt |grep "lbp_enabled"
```

示例输出

```
attribute = "lbp_enabled"
```

```
odmget -q "uniquetype=disk/fcp/NetAppMPIO and attribute=lbp_enabled"
PdAt`
```

显示示例输出

```
PdAt:
    uniquetype = "disk/fcp/NetAppMPIO"
    attribute = "lbp_enabled"
    deflt = "true"
    values = "true,false"
    width = ""
    type = "R"
    generic = ""
    rep = "s"
    nls_index = 18
```

下一步是什么？

["了解 AIX SAN 工具包"](#)。

为ONTAP存储安装 AIX Host Utilities 7.0

AIX Host Utilities 可帮助您管理连接到 AIX 主机的ONTAP存储。NetApp强烈建议安装 AIX Host Utilities 来改进ONTAP存储管理并协助NetApp支持收集有关您的配置的信息。

AIX Host Utilities 7.0 支持以下传输协议和 AIX 环境：

- FC、FCoE 和 iSCSI
- AIX Microsoft 多路径 I/O (MPIO)
- PowerVM

有关 PowerVM 的信息，请参阅 IBM PowerVM Live Partition Mobility 红皮书。

关于此任务

- 您需要安装带有 AIX MPIO 的 AIX Host Utilities SAN Toolkit 来管理连接到 AIX 主机的ONTAP存储。
- 当您安装 AIX Host Utilities 时，它们不会更改 AIX 主机上的任何设置。

开始之前

- 使用["互操作性表工具"](#)验证您的 AIX OS、协议和ONTAP版本是否支持 SAN 启动。
- 通过运行 `chdev -l <fscsi\_device> -a dyntrk=ye` AIX 主机上的命令。

步骤

1. 登录到主机。

AIX

在 AIX 主机上，以 * 根 * 身份登录。

PowerVM

在 PowerVM 主机上：

- a. 以 **padmin** 身份登录。
- b. 成为 root 用户：

```
oem_setup_env
```

2. 转到 "[NetApp 支持站点](#)"、并将包含 Host Utilities 的压缩文件下载到主机上的目录中。
3. 转到包含下载内容的目录。
4. 解压缩文件并解压缩 SAN Toolkit 软件包：

```
tar -xvf ntap_aix_host_utilities_7.0.tar.gz
```

解压缩文件时将创建以下目录： ntap_aix_host_utilities_7.0。此目录包含以下子目录之一：MPIO、NNO_MPIO或SAN_Tool_Kit。

5. 安装 AIX MPIO：

```
installp -aXYd /var/tmp/ntap_aix_host_utilities_7.0/MPIO  
NetApp.MPIO_Host_Uilities_Kit
```

6. 安装 SAN 工具包：

```
installp -aXYd  
/var/tmp/ntap_aix_host_utilities_7.0/SAN_Tool_Kit/NetApp.SAN_toolkit
```

7. 重新启动主机。
8. 验证安装。

```
lslpp -l |grep -i netapp
```

```

NetApp.MPIO_Host_Utilityies_Kit.config
7.0.0.0 COMMITTED NetApp MPIO PCM Host
Utilityies
NetApp.MPIO_Host_Utilityies_Kit.fcp
7.0.0.0 COMMITTED NetApp MPIO PCM Host
Utilityies
NetApp.MPIO_Host_Utilityies_Kit.iscsi
7.0.0.0 COMMITTED NetApp MPIO PCM Host
Utilityies
NetApp.MPIO_Host_Utilityies_Kit.pcmadm
7.0.0.0 COMMITTED NetApp MPIO PCM Host
Utilityies
NetApp.SAN_toolkit.sanlun 7.0.0.0 COMMITTED NetApp SAN Toolkit sanlun

```

9. 确认软件版本:

```
sanlun version
```

```
7.0.725.3521
```

10. 验证 SCSI UNMAP `lbp\_enabled`参数添加到ODM:

```
odmget -q "uniquetype=disk/fcp/NetAppMPIO" PdAt |grep "lbp_enabled"
```

```
attribute = "lbp_enabled"
```

```
odmget -q "uniquetype=disk/fcp/NetAppMPIO and attribute=lbp_enabled"
PdAt`
```

```
PdAt:
    uniquetype = "disk/fcp/NetAppMPIO"
    attribute = "lbp_enabled"
    deflt = "true"
    values = "true,false"
    width = ""
    type = "R"
    generic = ""
    rep = "s"
    nls_index = 18
```

下一步是什么？

["了解 AIX SAN 工具包"](#)。

安装适用于ONTAP存储的AIX Host Utilities 6.1

AIX Host Utilities 可帮助您管理连接到 AIX 主机的ONTAP存储。NetApp强烈建议安装 AIX Host Utilities 来改进ONTAP存储管理并协助NetApp支持收集有关您的配置的信息。

AIX Host Utilities 6.1 支持以下传输协议和 AIX 环境：

- FC、FCoE 和 iSCSI
- AIX Microsoft 多路径 I/O (MPIO)
- PowerVM

有关PowerVM的详细信息、请参见IBM PowerVM Live Partition Mobility红皮书。

关于此任务

- 您需要安装带有 AIX MPIO 的 AIX Host Utilities SAN Toolkit 来管理连接到 AIX 主机的ONTAP存储。
- 当您安装 AIX Host Utilities 时，它们不会更改 AIX 主机上的任何设置。

开始之前

- 使用["互操作性表工具"](#)验证您的 AIX OS、协议和ONTAP版本是否支持 SAN 启动。
- 通过运行 `chdev -l <fscsi\_device> -a dyntrk=ye` AIX 主机上的命令。

步骤

1. 登录到主机。

AIX

在 AIX 主机上，以 * 根 * 身份登录。

PowerVM

在 PowerVM 主机上：

- a. 以 **padmin** 身份登录。
- b. 成为 root 用户：

```
oem_setup_env
```

2. 转至 "[NetApp 支持站点](#)" 并将包含 Host Utilities 的压缩文件下载到主机上的目录中。
3. 转到包含下载内容的目录。
4. 解压缩文件并提取 SAN 工具包软件包。

```
tar -xvf ntap_aix_host_utilities_6.1.tar.gz
```

解压缩文件时会创建以下目录： `ntap_aix_host_utilities_6.1`。此目录将包含以下子目录之一：
`MPIO`，`non_MPIO` 或 `SAN_Tool_Kit`

5. 安装 AIX MPIO：

```
installp -aXYd /var/tmp/ntap_aix_host_utilities_6.1/MPIO  
NetApp.MPIO_Host_Uilities_Kit
```

6. 安装 SAN 工具包：

```
installp -aXYd /var/tmp/ntap_aix_host_utilities_6.1/SAN_Tool_Kit  
NetApp.SAN_toolkit
```

7. 重新启动主机。
8. 验证安装。

```
sanlun version
```

下一步是什么？

["了解 AIX SAN 工具包"](#)。

了解适用于ONTAP存储的 AIX SAN 工具包

AIX Host Utilities 是一款NetApp主机软件，可在 IBM AIX 主机上提供命令行工具包。安装NetApp Host Utilities 包时也会安装 SAN 工具包。该工具包提供了 `sanlun` 实用程序，可帮助您管理ONTAP LUN 和主机总线适配器 (HBA)。这 `sanlun` 命令返回有关映射到主机的ONTAP LUN、多路径以及创建启动器组所需信息的信息。

以下示例输出显示了返回的ONTAP LUN 信息 `sanlun lun show` 命令：

```
controller(7mode)/ device host lun

vserver(Cmode) lun-pathname filename adapter protocol size mode
-----
data_vserver    /vol/vol1/lun1  hdisk0 fcs0      FCP        60g C
data_vserver    /vol/vol2/lun2  hdisk0 fcs0      FCP        20g C
data_vserver    /vol/vol3/lun3  hdisk11 fcs0     FCP        20g C
data_vserver    /vol/vol4/lun4  hdisk14 fcs0     FCP        20g C
```



SAN Toolkit 适用于所有 AIX 主机配置和传输协议。因此，并非所有组件都适用于每种配置。未使用的组件不会影响您的系统性能。SAN Toolkit 在 AIX 和 PowerVM/VIOS OS 版本上受支持。

下一步是什么？

["了解如何使用 AIX Host Utilities 工具"。](#)

使用 AIX Host Utilities 命令验证ONTAP存储配置

您可以使用"AIX主机实用程序"示例命令参考使用"主机实用程序"工具对NetApp存储配置进行端到端验证。

列出映射到主机的所有主机启动程序

您可以检索映射到主机的主机启动程序列表。

```
sanlun fcp show adapter -v
```

8.0

显示 AIX Host Utilities 8.0 的示例

```
adapter name:      fcs4
WWPN:              100000109bf606a8
WWNN:              200000109bf606a8
driver name:       /usr/lib/drivers/pci/emfcdd
model:             df1000e31410150
model description: FC Adapter
serial number:     Y050HY22L002
hardware version:  Not Available
driver version:    7.2.5.201
firmware version:  00014000000057400007
Number of ports:   1
port type:         Fabric
port state:        Operational
supported speed:   32 GBit/sec
negotiated speed:  32 GBit/sec
OS device name:    fcs4
adapter name:      fcs5
WWPN:              100000109bf606a9
WWNN:              200000109bf606a9
driver name:       /usr/lib/drivers/pci/emfcdd
model:             df1000e31410150
model description: FC Adapter
serial number:     Y050HY22L002
hardware version:  Not Available
driver version:    7.2.5.201
firmware version:  00014000000057400007
Number of ports:   1
port type:         Fabric
port state:        Operational
supported speed:   32 GBit/sec
negotiated speed:  32 GBit/sec
OS device name:    fcs5
bash-3.2#
```

7.0 和 6.1

显示 AIX Host Utilities 7.0 和 6.1 的示例

```
bash-3.2# sanlun fcp show adapter -v
adapter name: fcs0
WWPN: 100000109b22e143
WWNN: 200000109b22e143
driver name: /usr/lib/drivers/pci/emfcdd
model: df1000e31410150
model description: FC Adapter
serial number: YA50HY79S117
hardware version: Not Available
driver version: 7.2.5.0
firmware version: 00012000040025700027
Number of ports: 1
port type: Fabric
port state: Operational
supported speed: 16 GBit/sec
negotiated speed: Unknown
OS device name: fcs0
adapter name: fcs1
WWPN: 100000109b22e144
WWNN: 200000109b22e144
driver name: /usr/lib/drivers/pci/emfcdd
model: df1000e31410150
model description: FC Adapter
serial number: YA50HY79S117
hardware version: Not Available
driver version: 7.2.5.0
firmware version: 00012000040025700027
Number of ports: 1
port type: Fabric
port state: Operational
supported speed: 16 GBit/sec
negotiated speed: Unknown
OS device name: fcs1
bash-3.2#
```

列出映射到主机的所有 LUN

您可以检索映射到主机的所有LUN的列表。

```
sanlun lun show -p -v all
```

8.0

显示 **AIX Host Utilities 8.0** 的示例

```
LUN: 88
LUN Size: 15g
Host Device: hdisk9
Mode: C
Multipath Provider: AIX Native
Multipathing Algorithm: round_robin
```

host path state	vserver path type	AIX MPIO path	AIX MPIO host adapter	vserver LIF	path priority
up	primary	path0	fcs0	fc_aix_1	1
up	primary	path1	fcs1	fc_aix_2	1
up	secondary	path2	fcs0	fc_aix_3	1
up	secondary	path3	fcs1	fc_aix_4	1

7.0 和 6.1

显示 **AIX Host Utilities 7.0** 和 **6.1** 的示例

```
ONTAP Path:
vs_aix_clus:/vol/gpfs_205p2_207p1_vol_0_8/aix_205p2_207p1_lun
LUN: 88
LUN Size: 15g
Host Device: hdisk9
Mode: C
Multipath Provider: AIX Native
Multipathing Algorithm: round_robin
```

host path state	vserver path type	AIX MPIO path	AIX MPIO host adapter	vserver LIF	path priority
up	primary	path0	fcs0	fc_aix_1	1
up	primary	path1	fcs1	fc_aix_2	1
up	secondary	path2	fcs0	fc_aix_3	1
up	secondary	path3	fcs1	fc_aix_4	1

列出从给定 **SVM** 映射到主机的所有 **LUN**

您可以从指定的SVM检索映射到主机的所有LUN的列表。

```
sanlun lun show -p -v sanboot_unix
```

8.0

显示 **AIX Host Utilities 8.0** 的示例

```
ONTAP Path: sanboot_unix:/vol/aix_205p2_boot_0/boot_205p2_lun
LUN: 0
LUN Size: 80.0g
Host Device: hdisk85
Mode: C
Multipath Provider: AIX Native
Multipathing Algorithm: round_robin
```

host	vserver	AIX	AIX MPIO		
path	path	MPIO	host	vserver	path
state	type	path	adapter	LIF	priority
up	primary	path0	fcs0	sanboot_1	1
up	primary	path1	fcs1	sanboot_2	1
up	secondary	path2	fcs0	sanboot_3	1
up	secondary	path3	fcs1	sanboot_4	1

7.0 和 6.1

显示 **AIX Host Utilities 7.0** 和 **6.1** 的示例

```
ONTAP Path: sanboot_unix:/vol/aix_205p2_boot_0/boot_205p2_lun
LUN: 0
LUN Size: 80.0g
Host Device: hdisk85
Mode: C
Multipath Provider: AIX Native
Multipathing Algorithm: round_robin
```

host	vserver	AIX	AIX MPIO		
path	path	MPIO	host	vserver	path
state	type	path	adapter	LIF	priority
up	primary	path0	fcs0	sanboot_1	1
up	primary	path1	fcs1	sanboot_2	1
up	secondary	path2	fcs0	sanboot_3	1
up	secondary	path3	fcs1	sanboot_4	1

列出映射到主机的给定 **LUN** 的所有属性

您可以检索映射到主机的指定LUN的所有属性的列表。

```
sanlun lun show -p -v  
vs_aix_clus:/vol/gpfs_205p2_207p1_vol_0_8/aix_205p2_207p1_lun
```

8.0

显示 **AIX Host Utilities 8.0** 的示例

```
ONTAP Path:
vs_aix_clus:/vol/gpfs_205p2_207p1_vol_0_8/aix_205p2_207p1_lun
LUN: 88
LUN Size: 15g
Host Device: hdisk9
Mode: C
Multipath Provider: AIX Native
Multipathing Algorithm: round_robin
```

host	vserver	AIX	AIX MPIO		
path	path	MPIO	host	vserver	path
state	type	path	adapter	LIF	priority
up	primary	path0	fcs0	fc_aix_1	1
up	primary	path1	fcs1	fc_aix_2	1
up	secondary	path2	fcs0	fc_aix_3	1
up	secondary	path3	fcs1	fc_aix_4	1

7.0 和 6.1

显示 **AIX Host Utilities 7.0** 和 **6.1** 的示例

```
ONTAP Path:
vs_aix_clus:/vol/gpfs_205p2_207p1_vol_0_8/aix_205p2_207p1_lun
LUN: 88
LUN Size: 15g
Host Device: hdisk9
Mode: C
Multipath Provider: AIX Native
Multipathing Algorithm: round_robin
```

host	vserver	AIX	AIX MPIO		
path	path	MPIO	host	vserver	path
state	type	path	adapter	LIF	priority
up	primary	path0	fcs0	fc_aix_1	1
up	primary	path1	fcs1	fc_aix_2	1
up	secondary	path2	fcs0	fc_aix_3	1
up	secondary	path3	fcs1	fc_aix_4	1

按主机设备文件名列出**ONTAP LUN**属性

您可以通过指定主机设备文件名来检索ONTAP LUN属性列表。

```
sanlun lun show -d /dev/hdisk1
```

8.0

显示 **AIX Host Utilities 8.0** 的示例

```
controller(7mode) /
device host lun
vserver(Cmode)      lun-pathname
-----
-----
vs_aix_clus          /vol/gpfs_205p2_207p1_vol_0_0/aix_205p2_207p1_lun

filename adapter protocol size mode
-----
hdisk1      fcs0      FCP      15g  C
```

7.0 和 6.1

显示 **AIX Host Utilities 7.0** 和 **6.1** 的示例

```
controller(7mode) /
device host lun
vserver(Cmode)      lun-pathname
-----
-----
vs_aix_clus          /vol/gpfs_205p2_207p1_vol_0_0/aix_205p2_207p1_lun

filename adapter protocol size mode
-----
hdisk1      fcs0      FCP      15g  C
```

列出连接到主机的所有 **SVM** 目标 **LIF WWP**N

您可以检索连接到主机的所有SVM目标LIF WWP

N的列表。

```
sanlun lun show -wwpn
```

8.0

显示 AIX Host Utilities 8.0 的示例

```
controller(7mode)/
target device host lun
vserver(Cmode)      wwpn      lun-pathname
-----
-----

vs_aix_clus      203300a098ba7afe
/vol/gpfs_205p2_207p1_vol_0_0/aix_205p2_207p1_lun
vs_aix_clus      203300a098ba7afe
/vol/gpfs_205p2_207p1_vol_0_9/aix_205p2_207p1_lun
vs_aix_clus      203300a098ba7afe
/vol/gpfs_205p2_207p1_vol_en_0_0/aix_205p2_207p1_lun_en
vs_aix_clus      202f00a098ba7afe
/vol/gpfs_205p2_207p1_vol_en_0_1/aix_205p2_207p1_lun_en

filename      adapter      size  mode
-----
hdisk1        fcs0        15g   C
hdisk10       fcs0        15g   C
hdisk11       fcs0        15g   C
hdisk12       fcs0        15g   C
```

7.0 和 6.1

显示 AIX Host Utilities 7.0 和 6.1 的示例

```
controller(7mode) /
target device host lun
vservr(Cmode)      wwpn      lun-pathname
-----
-----

vs_aix_clus      203300a098ba7afe
/vol/gpfs_205p2_207p1_vol_0_0/aix_205p2_207p1_lun
vs_aix_clus      203300a098ba7afe
/vol/gpfs_205p2_207p1_vol_0_9/aix_205p2_207p1_lun
vs_aix_clus      203300a098ba7afe
/vol/gpfs_205p2_207p1_vol_en_0_0/aix_205p2_207p1_lun_en
vs_aix_clus      202f00a098ba7afe
/vol/gpfs_205p2_207p1_vol_en_0_1/aix_205p2_207p1_lun_en

filename      adapter      size  mode
-----
hdisk1      fcs0      15g    C
hdisk10     fcs0      15g    C
hdisk11     fcs0      15g    C
hdisk12     fcs0      15g    C
```

HP-UX Host Utilities

HP-UX 主机实用程序发行说明

发行说明介绍了与使用ONTAP存储系统配置和管理特定 HP-UX 主机有关的新功能和增强功能、已修复的问题、已知问题、限制和重要注意事项。

HP-UX Host Utilities 6.0 中的新增功能

没有新功能和增强功能。

HP-UX Host Utilities 6.0 支持以下 HP-UX 操作系统版本：

- HP-UX 11iv2.
- HP-UX 11iv3.

已知问题和限制

没有已知问题或限制。

下一步是什么？

["了解如何安装 HP-UX Host Utilities"](#)

安装适用于ONTAP存储的HP-UX Host Utilities 6.0

HP-UX Host Utilities 可帮助您管理连接到 HP-UX 主机的ONTAP存储。NetApp强烈建议安装 HP-UX Host Utilities，但这不是强制性的。这些实用程序可改善管理并帮助NetApp客户支持收集有关您的配置的信息。

HP-UX Host Utilities 支持以下环境：

- 本机Microsoft多路径I/O (MPIO)
- Veritas动态多路径(DMP)

开始之前

为了可靠运行，使用 ["互操作性表工具"](#)验证您的 iSCSI、FC 或 FCoE 配置是否受支持。

步骤

1. 登录到您的 HP-UX 主机。
2. 从下载 HP-UX Host Utilities 文件 `netapp_hpux_host_utilities_6.0_ia_pa.depot.gz` ["NetApp 支持站点"](#) 连接到 HP-UX 主机。
3. 解压 `netapp_hpux_host_utilities_6.0_ia_pa.depot.gz` 文件：

```
gunzip netapp_hpux_host_utilities_6.0_ia_pa.depot.gz
```

系统会将提取的软件放置在解压缩存储库文件的目录中。

4. 安装软件：

```
swinstall -s /depot_path
```

`dept_path` 提供存储库文件的路径和名称。

`swinstall` 命令可运行一个安装脚本，用于验证 HP-UX 设置的状态。如果您的系统满足要求，此脚本会将 `sanlun` 实用程序和诊断脚本安装在 `/opt/netapp/santools/bin`` 目录中。

5. 验证安装。

```
sanlun version
```

下一步是什么？

["了解 SAN 工具包"](#)。

了解适用于ONTAP存储的 SAN 工具包

HP-UX Host Utilities 是一款NetApp主机软件，可在 HP-UX 主机上提供命令行工具包。安装NetApp Host Utilities 包时也会安装该工具包。该套件提供 `sanlun`实用程序，可帮助您管理ONTAP LUN 和主机总线适配器。这 `sanlun`命令返回有关映射到主机的 LUN、多路径的信息以及创建启动器组所需的信息。

在以下示例中，`sanlun lun show`命令返回ONTAP LUN 信息。

```
# sanlun lun show all

controller(7mode)/ device host lun
vserver(Cmode)      lun-pathname      filename
adapter  protocol  size  mode
-----
sanboot_unix      /vol/hpux_boot/boot_hpux_lun      /dev/rdisk/c34t0d0
fclp1      FCP      150g  C
sanboot_unix      /vol/hpux_boot/boot_hpux_lun      /dev/rdisk/c23t0d0
fclp1      FCP      150g  C
sanboot_unix      /vol/hpux_boot/boot_hpux_lun      /dev/rdisk/c12t0d0
fclp0      FCP      150g  C
sanboot_unix      /vol/hpux_boot/boot_hpux_lun      /dev/rdisk/c81t0d0
fclp0      FCP      150g  C
```



此 SAN 工具包适用于所有 Host Utilities 配置和协议。因此，并非所有组件都适用于每种配置。未使用的组件不会影响您的系统性能。

SAN Toolkit 在 AIX 和 PowerVM/VIOS OS 版本上受支持。

下一步是什么？

["了解如何使用 HP-UX Host Utilities 工具"](#)。

使用 HP-UX Host Utilities 命令验证ONTAP存储配置

使用 HP-UX Host Utilities 6.0 示例命令参考，通过 Host Utilities 工具对ONTAP存储配置进行端到端验证。

列出映射到主机的所有主机启动程序

检索映射到主机的所有主机启动器的列表。

```
sanlun fcp show adapter -v
```

显示示例输出

```
adapter name:      fclp2
WWPN:              10000000c985ef92
WWNN:              20000000c985ef92
driver name:       fclp
model:             AJ763-63001
model description: HP 8Gb Dual Channel PCI-e 2.0 FC HBA
serial number:     MY19034N9U
hardware version:  3
driver version:    @(#) FCLP: PCIe Fibre Channel driver (FibrChan1-02),
B.11.31.1805, Feb  5 2018, FCLP_IFC (3,2)
firmware version:  2.02X2 SLI-3 (U3D2.02X2)
Number of ports:   1 of 2
port type:         Unknown
port state:        Link Down
supported speed:   8 GBit/sec
negotiated speed:  Speed not established
OS device name:    /dev/fclp2

adapter name:      fclp3
WWPN:              10000000c985ef93
WWNN:              20000000c985ef93
driver name:       fclp
model:             AJ763-63001
model description: HP 8Gb Dual Channel PCI-e 2.0 FC HBA
serial number:     MY19034N9U
hardware version:  3
driver version:    @(#) FCLP: PCIe Fibre Channel driver (FibrChan1-02),
B.11.31.1805, Feb  5 2018, FCLP_IFC (3,2)
firmware version:  2.02X2 SLI-3 (U3D2.02X2)
Number of ports:   2 of 2
port type:         Unknown
port state:        Link Down
supported speed:   8 GBit/sec
negotiated speed:  Speed not established
OS device name:    /dev/fclp3
```

列出映射到主机的所有 LUN

检索映射到主机的所有 LUN 的列表。

```
sanlun lun show -p -v all
```

显示示例输出

```
\
                                ONTAP Path:
vs_hp_cluster:/vol/chathpux_217_vol_en_1_10/hp_en_217_lun
                                LUN: 55
                                LUN Size: 15g
                                Host Device: /dev/rdisk/disk718
                                Mode: C
                                VG: /dev/vg_data
                                Multipath Policy: A/A
                                Multipath Provider: Native
-----
-----
host      vservers      /dev/dsk
HP A/A
path      path          filename              host      vservers
path failover
state     type          or hardware path     adapter  LIF
priority
-----
-----
up        primary      /dev/dsk/c37t6d7     fclp0    hpux_7
0
up        primary      /dev/dsk/c22t6d7     fclp1    hpux_8
0
up        secondary    /dev/dsk/c36t6d7     fclp0    hpux_5
1
up        secondary    /dev/dsk/c44t6d7     fclp1    hpux_6
1
```

列出从给定 **SVM** 映射到主机的所有 **LUN**

检索从特定 SVM 映射到主机的所有 LUN 的列表。

```
sanlun lun show -p -v vs_hp_cluster
```

显示示例输出

```

ONTAP Path:
vs_hp_cluster:/vol/chathpux_217_vol_en_1_10/hp_en_217_lun
    LUN: 55
    LUN Size: 15g
    Host Device: /dev/rdisk/disk718
    Mode: C
    VG: /dev/vg_data
    Multipath Policy: A/A
    Multipath Provider: Native

```

```

-----
host      vservers  /dev/dsk
HP A/A
path      path      filename      host      vservers
path failover
state     type      or hardware path      adapter LIF
priority
-----
up        primary    /dev/dsk/c37t6d7      fclp0     hpux_7
0
up        primary    /dev/dsk/c22t6d7      fclp1     hpux_8
0
up        secondary  /dev/dsk/c36t6d7      fclp0     hpux_5
1
up        secondary  /dev/dsk/c44t6d7      fclp1     hpux_6
1

```

列出映射到主机的给定 **LUN** 的所有属性

检索映射到主机的指定 LUN 的所有属性的列表。

```

sanlun lun show -p -v
vs_hp_cluster:/vol/chathpux_217_vol_en_1_5/hp_en_217_lun

```

```

ONTAP Path:
vs_hp_cluster:/vol/chathpux_217_vol_en_1_5/hp_en_217_lun
    LUN: 49
    LUN Size: 15g
    Host Device: /dev/rdisk/disk712
    Mode: C
    VG: /dev/vg_data
    Multipath Policy: A/A
    Multipath Provider: Native
-----
-----
host      vservers  /dev/dsk
HP A/A
path      path      filename      host      vservers
path failover
state     type      or hardware path  adapter LIF
priority
-----
-----
up        primary    /dev/dsk/c37t6d1  fclp0     hpux_7
0
up        primary    /dev/dsk/c22t6d1  fclp1     hpux_8
0
up        secondary  /dev/dsk/c36t6d1  fclp0     hpux_5
1
up        secondary  /dev/dsk/c44t6d1  fclp1     hpux_6
1
```

按主机设备文件名列出**ONTAP LUN**属性

通过指定的主机设备文件名检索ONTAP LUN 属性列表。

```
sanlun lun show -dv /dev/rdisk/disk716
```

显示示例输出

```
device
host          lun
vserver       lun-pathname
filename      adapter  protocol  size    mode
-----
-----
vs_hp_cluster /vol/chathpux_217_vol_en_1_14/hp_en_217_lun
/dev/rdisk/disk716 0          FCP      15g     C
    LUN Serial number: 80D71?NiNP5U
    Controller Model Name: AFF-A800
    Vserver FCP nodename: 208400a098ba7afe
    Vserver FCP portname: 207e00a098ba7afe
    Vserver LIF name: hpux_5
    Vserver IP address: 10.141.54.30
                        10.141.54.35
                        10.141.54.37
                        10.141.54.33
                        10.141.54.31
    Vserver volume name: chathpux_217_vol_en_1_14
MSID::0x000000000000000000000000080915935
    Vserver snapshot name:
```

列出连接到主机的所有 **SVM** 目标 **LIF WWPN**

检索连接到主机的所有 SVM 目标 LIF WWPN 的列表。

```
sanlun lun show -wwpn
```

```

controller(7mode) /
vserver(Cmode)      target wwpn      lun-pathname
device filename
-----
-----
vs_hp_cluster      208300a098ba7afe
/vol/chathpux_217_vol_en_1_10/hp_en_217_lun  /dev/rdisk/c22t6d7
vs_hp_cluster      208100a098ba7afe
/vol/chathpux_217_vol_en_1_10/hp_en_217_lun  /dev/rdisk/c44t6d7
vs_hp_cluster      208200a098ba7afe
/vol/chathpux_217_vol_en_1_10/hp_en_217_lun  /dev/rdisk/c37t6d7
vs_hp_cluster      207e00a098ba7afe
/vol/chathpux_217_vol_en_1_10/hp_en_217_lun  /dev/rdisk/c36t6d7
vs_hp_cluster      207d00a098ba7afe  /vol/chathpux_217_os/hp_217_os
/dev/rdisk/c18t7d4
vs_hp_cluster      207f00a098ba7afe  /vol/chathpux_217_os/hp_217_os
/dev/rdisk/c42t7d4

host adapter      lun size      mode
-----
fclp1              15g           C
fclp1              15g           C
fclp0              15g           C
fclp0              15g           C
fclp1              30g           C
fclp0              30g           C

```

Linux Host Utilities

Linux 主机实用程序发行说明

发行说明介绍了使用ONTAP存储系统配置和管理特定主机的新功能、增强功能、已修复的问题、已知问题、限制和重要注意事项。

有关Host Utilities支持的操作系统版本和更新的特定信息，请参阅[互操作性表工具](#)。

Linux Host Utilities 8.0 中的新功能

Linux Host Utilities 8.0 版本包含以下新功能和增强功能

Linux Host Utilities 8.0 包括对 64 位速度 QLogic 和 Emulex FC 主机总线适配器 (HBA) 的支持。

支持以下操作系统：

- Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 9 和 8 系列
- SUSE Linux Enterprise Server
- Oracle Linux 9 和 8 系列
- Ubuntu

Linux Host Utilities 7.1 中的新功能

Linux Host Utilities 7.1版包含以下新增功能和增强功能：

- Linux Host Utilities现在称为_Linux Unified Host Utilities _、因为它支持运行SANtricity的NetApp E系列存储系统以及运行ONTAP的AFF、FAS和ASA系统。
- 支持以下操作系统：
 - Citrix XenServer
 - KVM 和 XEN、RHEV 6.5 和 6.4
 - Oracle VM 3.2系列
 - Oracle Linux 7 和 6 系列
 - RHEL 7 和 6 系列
 - SUSE Linux Enterprise Server 15系列
 - SUSE Linux Enterprise Server 11 SP4
- 在 RHEL 6 和 7 主机上，现在支持用于设置服务器配置文件的调整包。您可以使用 `tuned-adm` 命令根据环境设置不同的配置文件。例如，当使用企业存储阵列的 LUN 时，您可以使用虚拟来宾配置文件作为来宾虚拟机，并使用企业存储配置文件进行配置。使用这些经过调整的软件包可以提高ONTAP的吞吐量和延迟。
- Linux Host Utilities 7.1 增加了对 Broadcom Emulex 和 Marvell Qlogic 的 32GB FC 适配器的支持。



NetApp继续与 Linux Host Utilities 合作，以增加对初始版本之后的功能的支持。有关支持的功能和新增功能的最新信息，请参阅[互操作性表工具](#)。

已修复的问题

Linux Host Utilities 中已修复以下问题。

已修复版本	Description
7.1	运行时发生的间歇性主机操作系统故障问题 `sanlun lun show -p` SUSE Linux Enterprise Server 12 SP1、Oracle Linux 7.2、RHEL 7.2 和 RHEL 6.8 中的命令。

已知问题和限制

您应该注意以下可能影响特定主机性能的已知问题和限制：

NetApp 错误 ID	影响版本	标题	Description
1457017	7.1	sanlun`安装问题与`libdevmapper.so`和`libnl.so`库相关的警告消息。这些警告不会影响`sanlun kit`的功能。	在 SAN 主机上执行 Linux Host Utilities CLI 命令“sanlun fcp show adapter -v”时，该命令失败并显示一条错误消息，显示无法找到主机总线适配器 HBA 发现所需的库依赖项： <pre>[root@hostname ~]# sanlun fcp show adapter -v Unable to locate /usr/lib64/libHBAAPI.so library Make sure the package installing the library is installed & loaded`</pre> 请参阅NetApp 在线错误 -" 1508554 "。

"[NetApp Bug Online](#)" 提供有关大多数已知问题的完整信息、包括可能的建议解决方法。

下一步

"[了解如何安装 Linux 主机实用程序](#)"

安装 Linux 主机实用程序

为ONTAP存储安装 **Linux Host Utilities 8.0**

Linux Host Utilities 可帮助您管理连接到 Linux 主机的ONTAP存储。 NetApp强烈建议安装 Linux Host Utilities，但这不是强制性的。这些实用程序可改善管理并帮助NetApp客户支持收集有关您的配置的信息。

Linux Host Utilities 8.0 支持以下分发类型：

- Red Hat Enterprise Linux (RHEL)
- SUSE Linux Enterprise Server
- Oracle Linux
- Ubuntu



Linux Host Utilities软件不支持基于光纤通道的NVMe (NVMe/FC)和基于TCP的NVMe (NVMe/TCP)主机协议。

关于此任务

当您安装 Linux 主机实用程序时，它不会更改 Linux 主机上的任何设置。

开始之前

- 为了可靠运行，使用"[互操作性表工具](#)"验证您的 iSCSI、FC 或 FCoE 配置是否受支持。
- 安装供应商支持站点上提供的主机总线适配器 (HBA) 管理包。管理软件可实现 `sanlun` 命令来收集有关 FC HBA 的信息，例如其 WWPN。

请参阅供应商文档来验证以下软件包是否正确安装。这些软件包需要支持 `sanlun fcp show adapter` 命令：

- Marvell QLogic HBA—QConvergeConsole CLI
- Broadcom Emulex HBA - OneCommand Manager核心应用程序CLI

步骤

1. 如果您当前安装了某个版本的 Linux Host Utilities，请将其删除：

Linux 主机

从 RHEL、SUSE Linux Enterprise Server 或 Oracle Linux 主机中删除 Linux Host Utilities：

```
rpm -e netapp_linux_unified_host_utilities-x-x
```

Ubuntu

从 Ubuntu 主机中删除 Linux 主机实用程序：

```
sudo apt remove netapp_linux_unified_host_utilities-x-x
```

对于早期版本的Linux Host Utilities、请转到安装主机实用程序软件的目录、然后输入uninstall命令以删除已安装的软件包。

2. NetApp Linux Host Utilities 软件包可在NetApp支持站点上以 64 位 .rpm 文件的形式获取。从["NetApp 支持站点"](#)给你的主人。
3. 进入下载软件包的目录并安装：

Linux 主机

在 RHEL、SUSE Linux Enterprise Server 或 Oracle Linux 主机上安装 Linux Host Utilities 8.0:

```
rpm -ivh netapp_linux_unified_host_utilities-8-0.x86_xx.rpm
```

您应该会看到类似于以下示例的输出:

```
rpm -ivh netapp_linux_unified_host_utilities-8-0.x86_64.rpm
Verifying...
##### [100%]
Preparing...
##### [100%]
Updating / installing...

1:netapp_linux_unified_host_utiliti#####
# [100%]
```

Ubuntu

a. 在 Ubuntu 主机上安装 Linux Host Utilities 8.0:

```
sudo apt install
/<path_to_file>/netapp_linux_unified_host_utilities-8-
0.x86_xx.deb
```

b. 手动将 Ubuntu 操作系统链接到 HBA 库:

```
cp
/opt/QLogic_Corporation/QConvergeConsoleCLI/lib64/libHBAAPI.so.2.
0.2 /usr/lib64/libHBAAPI.so
```

4. 验证安装。

```
sanlun version
```

您应该会看到类似于以下示例的输出:

```
sanlun version 8.0.386.1644
```

下一步是什么？

- Linux内核的建议驱动程序设置

如果您配置的FC环境使用Linux内核捆绑的本机收件箱驱动程序、则可以使用这些驱动程序的默认值。

- ["了解“三仓”实用程序"](#)。

为ONTAP存储安装 Linux Host Utilities 7.1

Linux Host Utilities 可帮助您管理连接到 Linux 主机的ONTAP存储。NetApp强烈建议安装Linux Host Utilities，但这不是强制性的。这些实用程序可改善管理并帮助NetApp客户支持收集有关您的配置的信息。

Linux Host Utilities 7.1 支持以下分发类型：

- Red Hat Enterprise Linux
- SUSE Linux Enterprise Server
- Oracle Linux
- Oracle VM
- Citrix XenServer



Linux Host Utilities软件不支持基于光纤通道的NVMe (NVMe/FC)和基于TCP的NVMe (NVMe/TCP)主机协议。

关于此任务

当您安装 Linux 主机实用程序时，它不会更改 Linux 主机上的任何设置。

开始之前

- 为了可靠运行，使用["互操作性表工具"](#)验证您的 iSCSI、FC 或 FCoE 配置是否受支持。
- 安装供应商支持站点上提供的主机总线适配器 (HBA) 管理包。管理软件可实现 `sanlun` 命令来收集有关 FC HBA 的信息，例如其 WWPN。

请参阅供应商文档来验证以下软件包是否正确安装。这些软件包需要支持 `sanlun fcp show adapter` 命令：

- Marvell QLogic HBA—QConvergeConsole CLI
- Broadcom Emulex HBA - OneCommand Manager核心应用程序CLI
- Marvell Brocade HBA—Brocade命令实用程序CLI
- 在 Linux 主机操作系统上安装适用于每个 Linux 发行版的 RPM“libhbaapi”和“libhbalinux”包。

步骤

1. 如果您当前安装了某个版本的 Linux Host Utilities，请将其删除：

```
rpm -e netapp_linux_unified_host_utilities-7-1
```

对于早期版本的Linux Host Utilities、请转到安装主机实用程序软件的目录、然后输入uninstall命令以删除已安装的软件包。

2. 将32位或64位Linux Host Utilities软件包从下载["NetApp 支持站点"](#)到主机。
3. 进入下载软件包的目录并安装：

```
rpm -ivh netapp_linux_unified_host_utilities-7-1.x86_xx.rpm
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
Verifying... #####
[100%]
Preparing... #####
[100%]
Updating / installing...
 1:netapp_linux_unified_host_utiliti#####
[100%]
```

4. 验证安装。

```
sanlun version
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
sanlun version 7.1.386.1644
```

下一步是什么？

- Linux内核的建议驱动程序设置

如果您配置的FC环境使用Linux内核捆绑的本机收件箱驱动程序、则可以使用这些驱动程序的默认值。

- ["了解“三仑”实用程序"](#)。

了解ONTAP存储的“sanlun”实用程序

Linux Host Utilities 是一款NetApp主机软件，提供 `sanlun` Linux 主机上的命令。这 `sanlun` 当您安装NetApp Host Utilities 包时，该实用程序会自动安装。此实用程序提供 `sanlun` 可用于管理ONTAP LUN 和主机总线适配器 (HBA) 的命令。这 `sanlun` 命令返回有关映射到主机的ONTAP LUN、多路径以及创建启动器组所需信息的信息。

在以下示例中， `sanlun lun show all` 命令返回ONTAP LUN 信息：

controller (7mode/E-Series) / vserver (cDOT/FlashRay) Product	lun-pathname	device filename	host adapter	protocol	lun size
data_vserver 120.0g cDOT	/vol/vol1/lun1	/dev/sdb	host16	FCP	
data_vserver 120.0g cDOT	/vol/vol1/lun1	/dev/sdc	host15	FCP	
data_vserver 120.0g cDOT	/vol/vol2/lun2	/dev/sdd	host16	FCP	
data_vserver 120.0g cDOT	/vol/vol2/lun2	/dev/sde	host15	FCP	



- 对于 Linux Host Utilities 7.1, “sanlun”实用程序在 Host Utilities 的所有配置和协议中都是通用的。因此, 它的某些内容适用于一种配置, 但不适用于另一种配置。未使用的组件不会影响系统性能。
- 以下虚拟机管理程序类型不支持“sanlun”实用程序:

8.0

对于 Linux Host Utilities 8.0, “sanlun”实用程序不支持 Citrix XenServer、Oracle VM 和 Red Hat Enterprise Virtualization。

7.1

对于 Linux Host Utilities 7.1, “sanlun”实用程序不支持 Citrix Xenserver、Red hat Enterprise Virtualization 和 Proxmox。

下一步是什么?

["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。

使用 Linux Host Utilities 命令验证ONTAP存储配置

您可以使用 Linux Host Utilities 示例命令参考, 通过 Host Utilities 工具对NetApp存储配置进行端到端验证。

列出映射到主机的所有主机启动程序

您可以检索映射到主机的所有主机启动程序的列表。

```
sanlun fcp show adapter -v
```

显示示例

```
adapter name:      host15
WWPN:              10000090fa022736
WWNN:              20000090fa022736
driver name:       lpfc
model:             LPe16002B-M6
model description: Emulex LPe16002B-M6 PCIe 2-port 16Gb Fibre Channel
Adapter
serial number:     FC24637890
hardware version:  0000000b 00000010 00000000
driver version:    12.8.0.5; HBAAPI(I) v2.3.d, 07-12-10
firmware version:  12.8.340.8
Number of ports:   1
port type:         Fabric
port state:        Operational
supported speed:   4 GBit/sec, 8 GBit/sec, 16 GBit/sec
negotiated speed:  16 GBit/sec
OS device name:    /sys/class/scsi_host/host15

adapter name:      host16
WWPN:              10000090fa022737
WWNN:              20000090fa022737
driver name:       lpfc
model:             LPe16002B-M6
model description: Emulex LPe16002B-M6 PCIe 2-port 16Gb Fibre Channel
Adapter
serial number:     FC24637890
hardware version:  0000000b 00000010 00000000
driver version:    12.8.0.5; HBAAPI(I) v2.3.d, 07-12-10
firmware version:  12.8.340.8
Number of ports:   1
port type:         Fabric
port state:        Operational
supported speed:   4 GBit/sec, 8 GBit/sec, 16 GBit/sec
negotiated speed:  16 GBit/sec
OS device name:    /sys/class/scsi_host/host16
```

列出映射到主机的所有 LUN

您可以检索映射到主机的所有LUN的列表。

```
sanlun lun show -p -v all
```

显示示例

```

ONTAP Path: vs_sanboot:/vol/sanboot_169/lun
LUN: 0
LUN Size: 150g
Product: cDOT
Host Device: 3600a0980383143393124515873683561
Multipath Policy: service-time 0
DM-MP Features: 3 queue_if_no_path pg_init_retries 50
Hardware Handler: 1 alua
Multipath Provider: Native
-----
-----
dm-mp      host      vservers      host:
state      path      path      /dev/      chan:      vservers      major:
           state      type      node      id:lun      LIF      minor
-----
-----
active      up      primary      sdq      15:0:5:0      lif_18      65:0
active      up      primary      sds      16:0:5:0      lif_17      65:32
active      up      primary      sdac      16:0:7:0      lif_25      65:192
active      up      primary      sdad      15:0:7:0      lif_26      65:208
active      up      secondary    sdt      15:0:4:0      lif_20      65:48
active      up      secondary    sdr      15:0:6:0      lif_19      65:16
active      up      secondary    sdad      16:0:4:0      lif_27      66:96
active      up      secondary    sdan      16:0:6:0      lif_28      66:112

```

列出从给定 **SVM** 映射到主机的所有 **LUN**

您可以从特定Storage VM (SVM)检索映射到主机的所有LUN的列表。

```
sanlun lun show -p -v vs_sanboot
```

显示示例

```

ONTAP Path: vs_sanboot:/vol/sanboot_169/lun
LUN: 0
LUN Size: 160g
Product: cDOT
Host Device: 3600a0980383143393124515873683561
Multipath Policy: service-time 0
DM-MP Features: 3 queue_if_no_path pg_init_retries 50
Hardware Handler: 1 alua
Multipath Provider: Native

```

dm-mp major: state minor	host path	vserver path	/dev/	host: chan:	vserver
	state	type	node	id:lun	LIF
active 69:32	up	primary	sdce	15:0:5:0	lif_16g_5
active 130:96	up	primary	sdfk	16:0:5:0	lif_16g_7
active 130:128	up	primary	sdfm	16:0:7:0	lif_16g_8
active 69:64	up	primary	sdcg	15:0:7:0	lif_16g_6
active 69:16	up	secondary	sdcd	15:0:4:0	lif_16g_1
active 69:48	up	secondary	sdcf	15:0:6:0	lif_16g_2
active 130:80	up	secondary	sdfj	16:0:4:0	lif_16g_3
active 130:112	up	secondary	sdf1	16:0:6:0	lif_16g_4

列出映射到主机的给定 **LUN** 的所有属性

您可以检索映射到主机的指定LUN的所有属性的列表。

```
sanlun lun show -p -v vs_sanboot:/vol/sanboot_169/lun
```

显示示例

```

ONTAP Path: vs_sanboot:/vol/sanboot_169/lun
LUN: 0
LUN Size: 160g
Product: cDOT
Host Device: 3600a0980383143393124515873683561
Multipath Policy: service-time 0
DM-MP Features: 3 queue_if_no_path pg_init_retries 50
Hardware Handler: 1 alua
Multipath Provider: Native

```

dm-mp major: state minor	host path	vserver path	/dev/	host: chan:	vserver
	state	type	node	id:lun	LIF
active 69:32	up	primary	sdce	15:0:5:0	lif_16g_5
active 130:96	up	primary	sdfk	16:0:5:0	lif_16g_7
active 130:128	up	primary	sdfm	16:0:7:0	lif_16g_8
active 69:64	up	primary	sdcg	15:0:7:0	lif_16g_6
active 69:16	up	secondary	sdcd	15:0:4:0	lif_16g_1
active 69:48	up	secondary	sdcf	15:0:6:0	lif_16g_2
active 130:80	up	secondary	sdfj	16:0:4:0	lif_16g_3
active 130:112	up	secondary	sdf1	16:0:6:0	lif_16g_4

列出将给定 **LUN** 映射到主机的 **ONTAP SVM** 标识

您可以检索特定ONTAP映射到历史记录LUN SVM标识的列表。

```
sanlun lun show -m -v vs_sanboot:/vol/sanboot_169/lun
```

显示示例

```

                                device
host                               lun
vserver                           lun-pathname      filename
adapter    protocol    size    product
-----
-----
vs_sanboot                               /vol/sanboot_169/lun      /dev/sdfm
host16      FCP          160g    cDOT
          LUN Serial number: 81C91$QXsh5a
          Controller Model Name: AFF-A400
          Vserver FCP nodename: 2008d039ea1308e5
          Vserver FCP portname: 2010d039ea1308e5
          Vserver LIF name: lif_16g_8
          Vserver IP address: 10.141.12.165
                                10.141.12.161
                                10.141.12.163
          Vserver volume name: sanboot_169
MSID::0x0000000000000000000000000809E7CC3
          Vserver snapshot name:
```

按主机设备文件名列出**ONTAP LUN**属性

您可以按主机设备文件名检索ONTAP LUN属性列表。

```
sanlun lun show -d /dev/sdce
```

显示示例

```

controller(7mode/E-Series)/                                device      host
lun
vserver(cDOT/FlashRay)      lun-pathname      filename
adapter    protocol    size    product
-----
-----
vs_sanboot                               /vol/sanboot_169/lun      /dev/sdce      host15
FCP          160g      cDOT
[root@sr630-13-169 ~]#
```

列出连接到主机的所有 **SVM** 目标 **LIF WWPN**

您可以检索连接到主机的所有SVM目标LIF WWPN的列表。

```
sanlun lun show -wwpn
```

显示示例

controller(7mode/E-Series)/		target			
device	host	lun			
vserver(cDOT/FlashRay)		wwpn		lun-pathname	
filename	adapter	size	product		

vs_169_16gEmu		202cd039ea1308e5			
/vol/VOL_8g_169_2_8/lun		/dev/sdlo	host18	10g	cDOT
vs_169_16gEmu		202cd039ea1308e5			
/vol/VOL_8g_169_2_9/lun		/dev/sdlp	host18	10g	cDOT
vs_169_16gEmu		202cd039ea1308e5			
/vol/VOL_8g_169_2_7/lun		/dev/sdln	host18	10g	cDOT
vs_169_16gEmu		202cd039ea1308e5			
/vol/VOL_8g_169_2_5/lun		/dev/sdl1	host18	10g	cDOT

列出给定 **SVM** 目标 **LIF WWPN** 在主机上看到的 **ONTAP LUN**

您可以检索指定SVM目标LIF WWPN在主机上发现的ONTAP LUN的列表。

```
sanlun lun show -wwpn 2010d039ea1308e5
```

显示示例

controller(7mode/E-Series)/		target		
device	host	lun		
vserver(cDOT/FlashRay)		wwpn	lun-pathname	
filename	adapter	size	product	

vs_sanboot		2010d039ea1308e5	/vol/sanboot_169/lun	
/dev/sdfm	host16	160g	cDOT	

Solaris Host Utilities

Solaris 主机实用程序发行说明

Solaris Host Utilities 发行说明介绍了与使用ONTAP存储系统配置和管理特定 Solaris 主机有关的新功能、增强功能、已知问题、限制和重要注意事项。

有关Host Utilities支持的操作系统版本和更新的特定信息，请参阅["互操作性表工具"](#)。

Solaris Host Utilities 8.0 中的新增功能

- Solaris Host Utilities 8.0 引入了 `disksort:false` 和 `cache-nonvolatile:true` 参数设置。这些参数抑制来自主机的持续同步调用。同步调用会影响性能，并且由于ONTAP没有易失性缓存，因此不需要同步调用。有关更多信息，请参阅["闪存和NVRAM存储设备的缓存刷新行为"](#)。
- Solaris Host Utilities 8.0 支持 FC 驱动程序的自动更新。绑定 Solaris 11.4 参数的 FC 驱动程序使用 SCSI 磁盘。有关更多信息，请参阅["Oracle 支持文档 ID 2595926.1"](#)。

已知问题和限制

您应该注意以下已知问题和限制，它们可能会影响特定主机的性能。

错误 ID	影响版本	标题	Description
	Solaris 主机实用程序 8.0		Solaris Host Utilities 8.0 版本仅支持带有 SPARC 和 x86 平台的 Solaris 11.4。对于 Solaris 11.3 及更早版本，您需要使用 Solaris Host Utilities 6.2。
"1385189"	Solaris 11.4	HUK 6.2中需要更改Solaris 11.4 FC驱动程序绑定	Solaris 11.4和HUK建议： FC驱动程序绑定已从更改为 <code>ssd(4D)</code> to <code>sd(4D)</code> 。移动中的配置 <code>ssd.conf</code> to <code>sd.conf</code> 如Oracle中所述(文档ID 2595926.1)。在新安装的Solaris 11.4系统和从11.3或更低版本升级的系统中，此行为会有所不同。

+["NetApp Bug Online"](#)提供大多数已知问题的完整信息，包括可能的建议解决方法。您可能想要使用的一些关键字组合和错误类型包括：

- FCP常规：显示与特定主机无关的FC和主机总线适配器(HBA)错误。
- FCP—Solaris

下一步

["了解如何安装 Solaris Host Utilities"](#)

安装Solaris Host Utilities

为ONTAP存储安装 Solaris Host Utilities 8.0

Solaris Host Utilities 可帮助您管理连接到 Solaris 主机的ONTAP存储并协助技术支持收集配置数据。

Solaris Host Utilities 支持以下 Solaris 环境和传输协议。这些是主要支持的环境：

- 在使用 SPARC 或 x86/64 处理器的系统上，本机操作系统具有 Oracle Solaris I/O 多路径 (MPxIO) 和 FC 或 iSCSI 协议。
- 在使用 SPARC 处理器的系统上，Veritas Dynamic Multipathing (DMP) 与 FC 或 iSCSI 协议结合使用。

Solaris Host Utilities 8.0 支持 Solaris 11.4 系列。

开始之前

验证您的 iSCSI、FC 或 FCoE 配置是否受支持。您可以使用["互操作性表工具"](#)验证您的配置。

步骤

1. 以 root 身份登录到您的主机。
2. 从下载包含主机实用程序的压缩文件副本["NetApp 支持站点"](#)到主机上的目录。

SPARC CPU

```
netapp_solaris_host_utilities_8_0_sparc.tar.gz
```

x86/x64 CPU

```
netapp_solaris_host_utilities_8_0_amd.tar.gz
```

3. 转到主机上包含下载内容的目录。
4. 使用以下方式解压缩文件 `gunzip`` 命令，然后使用提取文件 ``tar -xvf``：

```
gunzip netapp_solaris_host_utilities_8_0_sparc.tar.gz
```

```
tar -xvf netapp_solaris_host_utilities_8_0_sparc.tar
```

5. 将从 tar 文件中提取的软件包添加到您的主机：

```
pkgadd
```

这些软件包将添加到 ``/opt/NTAP/SANToolkit/bin`` 目录中。

以下示例将使用 ``pkgadd`` 命令安装 Solaris 安装包：

```
pkgadd -d ./NTAPSANTool.pkg
```

6. 使用以下命令到安装路径确认工具包已成功安装：

```
pkgchk
```

显示示例输出

```
# pkgchk -l -p /opt/NTAP/SANToolkit

Pathname: /opt/NTAP/SANToolkit
Type: directory
Expected mode: 0755
Expected owner: root
Expected group: sys
Referenced by the following packages: NTAPSANTool
Current status: installed

# ls -alR /opt/NTAP/SANToolkit
/opt/NTAP/SANToolkit:
total 1038
drwxr-xr-x  3 root    sys          4 Mar  7 13:11 .
drwxr-xr-x  3 root    sys          3 Mar  7 13:11 ..
drwxr-xr-x  2 root    sys          6 Mar 17 18:32 bin
-r-xr-xr-x  1 root    sys      432666 Dec 31 13:23 NOTICES.PDF

/opt/NTAP/SANToolkit/bin:
total 3350
drwxr-xr-x  2 root    sys          6 Mar 17 18:32 .
drwxr-xr-x  3 root    sys          4 Mar  7 13:11 ..
-r-xr-xr-x  1 root    sys    1297000 Feb  7 22:22 host_config
-r-xr-xr-x  1 root    root       996 Mar 17 18:32 san_version
-r-xr-xr-x  1 root    sys    309700 Feb  7 22:22 sanlun
-r-xr-xr-x  1 root    sys       677 Feb  7 22:22 vidpid.dat

# cd /usr/share/man/man1; ls -al host_config.1 sanlun.1
-r-xr-xr-x  1 root    sys      12266 Feb  7 22:22 host_config.1
-r-xr-xr-x  1 root    sys      9044 Feb  7 22:22 sanlun.1
```

7. 使用以下方式配置“MPxIO”或“Veritas DMP”环境的主机参数`/opt/NTAP/SANToolkit/bin/host\_config`使用命令参考中的多路径堆栈命令：

```
/opt/NTAP/SANToolkit/bin/host_config -setup -protocol fcp|iscsi|mixed
-multipath mpxio|dmp|non [-noalua] [-mcc 60|90|120]
```

例如，如果您的设置是...	使用命令...
具有多路径的 FCP 作为 MPxIO	<pre>#/opt/NTAP/SANToolkit/bin/host_config -setup -protocol fcp -multipath mpxio</pre> 有关SnapMirror主动同步配置更改的信息，请参阅知识库文章"Solaris 主机支持SnapMirror主动同步（以前称为 SM-BC）配置中的推荐设置"。
使用多路径作为 DMP 的 FCP	<pre>#/opt/NTAP/SANToolkit/bin/host_config -setup -protocol fcp -multipath dmp</pre>
MetroCluster上的 FCP 采用多路径作为 MPxIO，并且“所有路径均关闭”值设置为 120 秒。（这是MetroCluster配置的推荐设置）。	<pre>#/opt/NTAP/SANToolkit/bin/host_config -setup -protocol fcp -multipath mpxio -mcc 120</pre> 有关更多信息，请参阅知识库文章"MetroCluster 配置中的 Solaris 主机支持注意事项"。

8. 重新启动主机。

主机实用程序为ONTAP LUN 加载以下NetApp推荐的超时参数设置。

显示示例

```
#prtconf -v |grep NETAPP  
value='NETAPP LUN' +  
physical-block-size:4096,  
retries-busy:30,  
retries-reset:30,  
retries-notready:300,  
retries-timeout:10,  
throttle-max:64,  
throttle-min:8,  
disksort:false,  
cache-nonvolatile:true'
```

9. 验证主机实用程序安装：

```
sanlun version
```

下一步是什么？

["了解 SAN 工具包"](#)。

安装适用于ONTAP存储的Solaris Host Utilities 6.2

Solaris Host Utilities 可帮助您管理连接到 Solaris 主机的ONTAP存储并协助技术支持收集配置数据。

Solaris Host Utilities 支持多种 Solaris 环境和多种传输协议。以下是主要的 Solaris Host Utilities 环境：

- 使用 SPARC 处理器或 x86/64 处理器的系统上的带有 MPxIO 和光纤通道 (FC) 或 iSCSI 协议的本机操作系统。
- 在使用SPARC处理器的系统上使用FC或iSCSI协议的VERITAS动态多路径(DMP)，或者在使用x86/64处理器的系统上使用iSCSI协议的VERITAS动态多路径(DMP)。

Solaris Host Utilities 6.2 支持以下 Solaris 系列：

- Solaris 11.x
- Solaris 10.x

开始之前

验证您的 iSCSI、FC 或 FCoE 配置是否受支持。您可以使用["互操作性表工具"](#)验证您的配置。

步骤

1. 以 root 身份登录到您的主机。
2. 从下载包含主机实用程序的压缩文件副本["NetApp 支持站点"](#)到 Solaris 主机上的目录：

SPARC CPU

```
netapp_solaris_host_utilities_6_2_sparc.tar.gz
```

x86/x64 CPU

```
netapp_solaris_host_utilities_6_2_amd.tar.gz
```

3. 转到 Solaris 主机上包含下载内容的目录。
4. 使用解压缩文件 gunzip 命令：

```
gunzip netapp_solaris_host_utilities_6_2_sparc.tar.gz
```

5. 使用提取文件 `tar xvf` 命令：

```
tar xvf netapp_solaris_host_utilities_6_2_sparc.tar
```

6. 将你从 tar 文件中提取的软件包添加到你的主机

```
pkgadd
```

这些软件包将添加到 `/opt/NTAP/SANToolkit/bin` 目录中。

以下示例将使用 `pkgadd` 命令安装Solaris安装包：

```
pkgadd -d ./NTAPSANTool.pkg
```

7. 使用以下命令之一确认工具包已成功安装：

```
pkginfo
```

```
ls - al
```

显示示例输出

```
# ls -alR /opt/NTAP/SANToolkit
/opt/NTAP/SANToolkit:
total 1038
drwxr-xr-x  3 root    sys           4 Jul 22  2019 .
drwxr-xr-x  3 root    sys           3 Jul 22  2019 ..
drwxr-xr-x  2 root    sys           6 Jul 22  2019 bin
-r-xr-xr-x  1 root    sys      432666 Sep 13  2017 NOTICES.PDF

/opt/NTAP/SANToolkit/bin:
total 7962
drwxr-xr-x  2 root    sys           6 Jul 22  2019 .
drwxr-xr-x  3 root    sys           4 Jul 22  2019 ..
-r-xr-xr-x  1 root    sys     2308252 Sep 13  2017 host_config
-r-xr-xr-x  1 root    sys       995 Sep 13  2017 san_version
-r-xr-xr-x  1 root    sys    1669204 Sep 13  2017 sanlun
-r-xr-xr-x  1 root    sys       677 Sep 13  2017 vidpid.dat

# (cd /usr/share/man/man1; ls -al host_config.1 sanlun.1)
-r-xr-xr-x  1 root    sys      12266 Sep 13  2017 host_config.1
-r-xr-xr-x  1 root    sys      9044 Sep 13  2017 sanlun.1
```

8. 为您的 MPxIO 或 Veritas DMP 环境配置主机参数：

```
/opt/NTAP/SANToolkit/bin/host_config
```

9. 验证安装。

```
sanlun version
```

下一步是什么？

["了解 SAN 工具包"](#)。

了解适用于ONTAP存储的 SAN 工具包

Solaris Host Utilities 是一款 NetApp 主机软件，可在 Oracle Solaris 主机上提供命令行工具包。此工具包会在您安装 NetApp Host Utilities 软件包时安装。此套件提供 sanlun 实用程序、可帮助您管理LUN和主机总线适配器(HBA)。。 sanlun 命令将返回有关映射到主机的LUN的信息、多路径以及创建启动程序组所需的信息。

以下示例输出显示了返回的ONTAP LUN 信息 `sanlun lun show` 命令：

显示示例输出

```
#sanlun lun show all
controller(7mode)/ device host lun
vserver(Cmode)                lun-pathname      filename
adapter protocol size mode
-----
data_vserver                   /vol/vol1/lun1
/dev/rdisk/c0t600A098038304437522B4E694E49792Dd0s2 qlc3    FCP      10g
cDOT
data_vserver                   /vol/vol0/lun2
/dev/rdisk/c0t600A098038304437522B4E694E497938d0s2 qlc3    FCP      10g
cDOT
data_vserver                   /vol/vol2/lun3
/dev/rdisk/c0t600A098038304437522B4E694E497939d0s2 qlc3    FCP      10g
cDOT
data_vserver                   /vol/vol3/lun4
/dev/rdisk/c0t600A098038304437522B4E694E497941d0s2 qlc3    FCP      10g
cDOT
```



该工具包适用于所有主机实用程序配置和协议。因此，并非所有组件都适用于每种配置。未使用的组件不会影响您的系统性能。

下一步是什么？

["了解如何使用 Solaris Host Utilities 工具"](#)。

使用 **Solaris Host Utilities** 命令验证ONTAP存储配置

您可以使用 Solaris Host Utilities 示例命令参考，通过 Host Utilities 工具对NetApp存储配置进行端到端验证。

列出映射到主机的所有主机启动程序

您可以检索映射到主机的所有主机启动程序的列表。

```
sanlun fcp show adapter -v
```

8.0

显示 **Solaris Host Utilities 8.0** 的示例

```
adapter name:      qlc0
WWPN:              2100f4e9d40fe3e0
WWNN:              2000f4e9d40fe3e0
driver name:       qlc
model:             7023303
model description: 7101674, Sun Storage 16Gb FC PCIe Universal HBA,
QLogic
serial number:     463916R+1912389772
hardware version:  Not Available
driver version:    230206-5.12
firmware version:  8.08.04
Number of ports:   1 of 2
port type:         Fabric
port state:        Operational
supported speed:   4 GBit/sec, 8 GBit/sec, 16 GBit/sec
negotiated speed:  16 GBit/sec
OS device name:    /dev/cfg/c4

adapter name:      qlc1
WWPN:              2100f4e9d40fe3e1
WWNN:              2000f4e9d40fe3e1
driver name:       qlc
model:             7023303
model description: 7101674, Sun Storage 16Gb FC PCIe Universal HBA,
QLogic
serial number:     463916R+1912389772
hardware version:  Not Available
driver version:    230206-5.12
firmware version:  8.08.04
Number of ports:   2 of 2
port type:         Fabric
port state:        Operational
supported speed:   4 GBit/sec, 8 GBit/sec, 16 GBit/sec
negotiated speed:  16 GBit/sec
OS device name:    /dev/cfg/c5
```

6.2

显示 Solaris Host Utilities 6.2 的示例

```
adapter name:      qlc3
WWPN:              21000024ff17a301
WWNN:              20000024ff17a301
driver name:       qlc
model:             7335902
model description: 7115462, Oracle Storage Dual-Port 32 Gb Fibre
Channel PCIe HBA
serial number:     463916R+1720333838
hardware version:  Not Available
driver version:    210226-5.10
firmware version:  8.08.04
Number of ports:   1 of 2
port type:         Fabric
port state:        Operational
supported speed:   8 GBit/sec, 16 GBit/sec, 32 GBit/sec
negotiated speed:  32 GBit/sec
OS device name:    /dev/cfg/c7

adapter name:      qlc2
WWPN:              21000024ff17a300
WWNN:              20000024ff17a300
driver name:       qlc
model:             7335902
model description: 7115462, Oracle Storage Dual-Port 32 Gb Fibre
Channel PCIe HBA
serial number:     463916R+1720333838
hardware version:  Not Available
driver version:    210226-5.10
firmware version:  8.08.04
Number of ports:   2 of 2
port type:         Fabric
port state:        Operational
supported speed:   8 GBit/sec, 16 GBit/sec, 32 GBit/sec
negotiated speed:  16 GBit/sec
OS device name:    /dev/cfg/c6
```

列出映射到主机的所有 LUN

您可以检索映射到主机的所有LUN的列表。

```
sanlun lun show -p -v all
```

8.0

显示 **Solaris Host Utilities 8.0** 的示例

```
ONTAP Path: sanboot_unix:/vol/test1/lun1
  LUN: 0
  LUN Size: 21g
  Host Device:
/dev/rdisk/c0t600A098038314B314E5D574632365A51d0s2
  Mode: C
  Multipath Provider: Sun Microsystems
  Multipath Policy: Native
```

6.2

显示 **Solaris Host Utilities 6.2** 的示例

```
          ONTAP Path: data_vserver:/vol1/lun1
          LUN: 1
          LUN Size: 10g
          Host Device:
/dev/rdisk/c0t600A0980383044485A3F4E694E4F775Ad0s2
          Mode: C
          Multipath Provider: Sun Microsystems
          Multipath Policy: Native
```

列出从给定 **SVM/** 映射到主机的所有 **LUN** 列出映射到主机的给定 **LUN** 的所有属性

您可以从特定 SVM 检索映射到主机的所有 LUN 的列表。

```
sanlun lun show -p -v <svm_name>
```

8.0

显示 **Solaris Host Utilities 8.0** 的示例

```
ONTAP Path: sanboot_unix:/vol/test1/lun1
  LUN: 0
  LUN Size: 20g
  Host Device:
/dev/rdisk/c0t600A098038314B314E5D574632365A51d0s2
  Mode: C
  Multipath Provider: Sun Microsystems
  Multipath Policy: Native
```

6.2

显示 **Solaris Host Utilities 6.2** 的示例

```
ONTAP Path: sanboot_unix:/vol/sol_boot/sanboot_lun
          LUN: 0
          LUN Size: 180.0g
```

按主机设备文件名列出**ONTAP LUN**属性

您可以通过指定主机设备文件名来检索所有ONTAP LUN属性的列表。

```
sanlun lun show all
```

8.0

显示 **Solaris Host Utilities 8.0** 的示例

```
controller(7mode/E-Series) /
device
vserver(cDOT/FlashRay)      lun-pathname
filename
-----
sanboot_unix                  /vol/test1/lun1
/dev/rdisk/
c0t600A098038314B314E5D574632365A51d0s2

host adapter    protocol lun size    product
-----
qlc1            FCP      20g      cDOT
```

6.2

显示 **Solaris Host Utilities 6.2** 的示例

```
controller(7mode/E-Series) /
device
vserver(cDOT/FlashRay)      lun-pathname
filename
-----
sanboot_unix                  /vol/sol_193_boot/chatsol_193_sanboot
/dev/rdisk/c0t600A098038304437522B4E694E4A3043d0s2

host adapter    protocol lun size    product
-----
qlc3            FCP      180.0g   cDOT
```

Windows Host Utilities

《Windows Host Utilities发行说明》

发行说明介绍了使用ONTAP存储系统配置和管理特定 Windows 主机的新功能、增强功能、已知问题、限制和重要注意事项。

有关Host Utilities支持的操作系统版本和更新的特定信息，请参阅[互操作性表工具](#)。

Windows Host Utilities 8.0 中的新功能

Windows Host Utilities 8.0 包含针对 NVMe/FC 驱动程序的附加参数设置。当您安装 Windows Host Utilities 8.0 时，这些参数会自动加载。

Windows Host Utilities 7.2 中的新功能

Windows Host Utilities 7.2支持NVMe/FC驱动程序参数设置、并为新供应商卡提供了错误修复。

Windows Host Utilities 7.1 中的新功能

Windows Host Utilities 7.1 包括对 E 系列存储系统、 ONTAP 9 软件和增强型 iSCSI 超时的支持，以实现更快的故障转移。

已知问题和限制

您应该注意以下已知问题和限制，它们可能会影响特定主机的性能。

标题	影响版本	Description	临时解决策
运行 linux_gos_timeout-install.sh 运行Red Hat Enterprise Linux或SUSE Linux Enterprise Server 的Hyper-V子系统不再需要脚本	7.1	由于使用的是默认超时设置、您无需再运行`linux_gos_timeout-install.sh`脚本来更改Red Hat Enterprise Linux 5、Red Hat Enterprise Linux 6或SUSE Linux Enterprise Server 11 Hyper-V 子系统上的磁盘超时。`linux_gos_timeout-install.sh`以前版本的Host Utilities中包含的脚本不再包含在Windows Host Utilities 7.1版中。Windows Host Utilities 7.1使用默认磁盘超时设置。	不适用

["NetApp Bug Online"](#) 提供有关大多数已知问题的完整信息、包括可能的建议解决方法。

下一步

["了解如何安装 Windows Host Utilities"](#)

安装 Windows 主机实用程序

为ONTAP存储安装 **Windows Host Utilities 8.0**

使用Windows主机实用程序可以将Windows主机计算机连接到NetApp存储系统。

Windows Host Utilities支持以下Windows版本：

- Windows 2025

- Windows 2022
- Windows 2019
- Windows 2016

Windows Host Utilities 包含一个安装程序，该程序设置所需的 Windows 注册表和主机总线适配器 (HBA) 参数，以便 Windows 主机可以正确处理ONTAP平台的存储系统行为。

安装Host Utilities软件时、安装程序会设置所需的Windows注册表和HBA参数。

Windows 主机计算机上安装了以下程序和文件。默认目录为 C : \Program Files\NetApp\Windows Host Utilities 。

计划	目的
` \NetAppQCL1\fcconfig.exe`	由安装程序用于设置HBA参数。
` \NetAppQCL1\fcconfig.ini`	由安装程序用于设置HBA参数。
sA_version.exe	显示Host Utilities和FC HBA的版本。

Host Utilities支持不同的Windows主机配置、协议和多路径选项。有关详细信息，请参见 ["互操作性表工具"](#)。

步骤 1：验证主机和存储系统配置

在安装 Windows Host Utilities 之前，请验证您的主机和存储系统配置是否受支持[支持的Windows版本](#)。

步骤

1. 在中检查支持的配置 ["互操作性表工具"](#)。
2. 检查 Windows Server 主机版本所需的修补程序["SAN主机Windows文档"](#)。

例如，["为Windows Server 2025配置ONTAP存储"](#)文档提供了为 Windows Server 2025 安装 Windows 修补程序的说明。

3. ["添加 iSCSI 或 FCP 许可证"](#)。
4. 启动目标服务。
5. 验证布线。

请参阅 ["SAN 配置参考"](#)了解详细的布线和配置信息。

步骤 2：配置 FC HBA 和交换机

安装并配置一个或多个受支持的FC主机总线适配器(HBA)、以便与存储系统建立FC连接。

Windows Host Utilities安装程序可设置所需的FC HBA设置。



您应该只允许 Windows Host Utilities 安装程序设置 HBA 参数。这可确保 Windows 主机能够正确处理ONTAP平台的存储系统行为。

步骤

1. 按照HBA供应商提供的说明安装一个或多个受支持的FC HBA。
2. 获取受支持的 HBA 驱动程序和管理实用程序，并按照 HBA 供应商提供的说明进行安装。
3. "将 HBA 连接到 FC 交换机或直接连接到存储系统"。
4. "根据 FC 交换机文档在 FC 交换机上创建区域"。
5. 对于ONTAP，按 WWPN 对交换机进行区域划分。请务必使用逻辑接口 (LIF) 的 WWPN，而不是存储控制器上的物理端口的 WWPN。请参阅 ["SAN 配置参考"](#)了解更多信息。

步骤 3：安装 Windows 主机实用程序

安装程序安装 Windows Host Utilities 包并设置 Windows 注册表和 HBA 设置。

关于此任务

您可以选择在安装 Windows Host Utilities 软件包时包含多路径支持。安装程序会提示您选择以下选项：

- 选择 MPIO 从Windows主机或虚拟机到存储系统的路径不止一个。
- 选择 `no MPIO` 仅当您使用存储系统的单一路径时。

您还可以使用 Windows 命令行提示符选择多路径支持。

对于 Hyper-V 客户机，如果您选择多路径支持，则原始（直通）磁盘不会出现在客户机操作系统中。您可以使用原始磁盘或 MPIO，但不能在来宾操作系统中同时使用它们。



如果不安装MPIO软件、则Windows操作系统可能会将每个路径视为一个单独的磁盘。这可能会导致数据损坏。



在Hyper-V虚拟机中运行的Windows XP或Windows Vista不支持MPIO。

步骤

您可以交互方式或使用 Windows 命令行安装主机实用程序。新的 Host Utilities 安装包必须位于 Windows 主机可访问的路径中。

以交互方式安装

通过运行安装程序并按照提示以交互方式安装 Windows Host Utilities 软件包。

1. 从下载可执行文件 "[NetApp 支持站点](#)"。
2. 更改为下载可执行文件的目录。
3. 运行 `netapp\_windows\_host\_utilities\_8.0.0\_x64` 文件并按照屏幕上的说明进行操作。
4. 出现提示时重新启动 Windows 主机。

非交互安装

使用 Windows 命令行执行 Host Utilities 的非交互式安装。安装完成后系统自动重启。

1. 在Windows命令提示符处输入以下命令：

```
msiexec /i installer.msi /quiet MULTIPATHING= {0 | 1}  
[INSTALLDIR=inst_path]
```

- `installer` 是的名称 `.msi` 适用于CPU架构的文件。
- 多路径用于指定是否安装 MPIO 支持。允许的值为"0"表示否、"1"表示是。
- `inst_path` 是安装 Host Utilities 文件的路径。默认路径为 C : \Program Files\NetApp\Windows Host Utilities\。



要查看用于日志记录和其他功能的标准Microsoft安装程序(MSI)选项、请输入 `msiexec /help` 在Windows命令提示符处。例如、`msiexec /i install.msi /quiet /l*v <install.log> LOGVERBOSE=1` 命令可显示日志记录信息。

下一步是什么？

["了解ONTAP存储的 Windows 主机实用程序配置"](#)

为ONTAP存储安装 Windows Host Utilities 7.2

使用Windows主机实用程序可以将Windows主机计算机连接到NetApp存储系统。

Windows Host Utilities支持以下Windows版本：

- Windows 2025
- Windows 2022
- Windows 2019
- Windows 2016
- Windows 2012R2
- Windows 2012

Windows主机实用程序包括一个安装程序、用于设置所需的Windows注册表和主机总线适配器(HBA)参数、以便Windows主机可以正确处理ONTAP和E系列平台的存储系统行为。

安装Host Utilities软件时、安装程序会设置所需的Windows注册表和HBA参数。

Windows 主机计算机上安装了以下程序和文件。默认目录为 C : \Program Files\NetApp\Windows Host Utilities。

计划	目的
` m é exhba.reg`	故障排除程序；只有在技术支持人员要求时，才运行此程序。
` \NetAppQCL1\fcconfig.exe`	由安装程序用于设置HBA参数。
` \NetAppQCL1\fcconfig.ini`	由安装程序用于设置HBA参数。
` \NetAppQCLI\* 。 *`	由安装程序用于设置QLogic FC HBA参数。
sA_version.exe	显示Host Utilities和FC HBA的版本。

Host Utilities支持不同的Windows主机配置、协议和多路径选项。有关详细信息，请参见 ["互操作性表工具"](#)。

步骤 1：验证主机和存储系统配置

在安装适用于的Windows Host Utilities之前，请验证您的主机和存储系统配置是否受支持[支持的Windows版本](#)。

步骤

1. 在中检查支持的配置 ["互操作性表工具"](#)。
2. 检查 Windows Server 主机版本所需的修补程序["SAN主机Windows文档"](#)。

例如，["为ONTAP存储配置 Windows Server 2022"](#)文档提供了为 Windows Server 2022 安装 Windows 修补程序的说明。

3. ["添加 iSCSI 或 FCP 许可证"](#)。



在使用SANtricity Storage Manager 的E 系列存储系统上，FC 和 iSCSI 协议不需要许可证。

4. 启动目标服务。
5. 验证布线。

请参阅 ["SAN 配置参考"](#)了解详细的布线和配置信息。

步骤 2：配置 FC HBA 和交换机

安装并配置一个或多个受支持的FC主机总线适配器(HBA)、以便与存储系统建立FC连接。

Windows Host Utilities安装程序可设置所需的FC HBA设置。



您应该只允许 Windows Host Utilities 安装程序设置 HBA 参数。这可确保 Windows 主机能够正确处理ONTAP平台的存储系统行为。

步骤

1. 按照HBA供应商提供的说明安装一个或多个受支持的FC HBA。
2. 获取受支持的 HBA 驱动程序和管理实用程序，并按照 HBA 供应商提供的说明进行安装。
3. "将 HBA 连接到 FC 交换机或直接连接到存储系统"。
4. "根据 FC 交换机文档在 FC 交换机上创建区域"。
5. 对于ONTAP，按 WWPN 对交换机进行区域划分。请务必使用逻辑接口 (LIF) 的 WWPN，而不是存储控制器上的物理端口的 WWPN。请参阅 ["SAN 配置参考"](#)了解更多信息。

步骤 3：安装 Windows 主机实用程序

安装程序安装 Windows Host Utilities 包并设置 Windows 注册表和 HBA 设置。

关于此任务

您可以选择在安装 Windows Host Utilities 软件包时包含多路径支持。安装程序会提示您选择以下选项：

- 选择 MPIO 从Windows主机或虚拟机到存储系统的路径不止一个。
- 选择 `no MPIO` 仅当您使用存储系统的单一路径时。

您还可以使用 Windows 命令行提示符选择多路径支持。

对于 Hyper-V 客户机，如果您选择多路径支持，则原始（直通）磁盘不会出现在客户机操作系统中。您可以使用原始磁盘或 MPIO，但不能在来宾操作系统中同时使用它们。



如果不安装MPIO软件、则Windows操作系统可能会将每个路径视为一个单独的磁盘。这可能会导致数据损坏。



在Hyper-V虚拟机中运行的Windows XP或Windows Vista不支持MPIO。

步骤

您可以交互方式或使用 Windows 命令行安装主机实用程序。新的 Host Utilities 安装包必须位于 Windows 主机可访问的路径中。

以交互方式安装

通过运行 Host Utilities 安装程序并按照提示以交互方式安装 Host Utilities 软件包。

1. 从下载可执行文件 "[NetApp 支持站点](#)"。
2. 更改为下载可执行文件的目录。
3. 运行 netapp_windows_host_utilities_7.2_x64 归档并按照屏幕上的说明进行操作。
4. 出现提示时重新启动 Windows 主机。

非交互安装

使用 Windows 命令行执行 Host Utilities 的非交互式安装。安装完成后系统自动重启。

1. 在Windows命令提示符处输入以下命令：

```
msiexec /i installer.msi /quiet MULTIPATHING= {0 | 1}  
[INSTALLDIR=inst_path]
```

- installer 是的名称 .msi 适用于CPU架构的文件。
- 多路径用于指定是否安装 MPIO 支持。允许的值为"0"表示否、"1"表示是。
- inst_path 是安装 Host Utilities 文件的路径。默认路径为 C : \Program Files\NetApp\Windows Host Utilities\。



要查看用于日志记录和其他功能的标准Microsoft安装程序(MSI)选项、请输入 msiexec /help 在Windows命令提示符处。例如、msiexec /i install.msi /quiet /l*v <install.log> LOGVERBOSE=1 命令可显示日志记录信息。

下一步是什么？

["了解ONTAP存储的 Windows 主机实用程序配置"](#)

为ONTAP存储安装 Windows Host Utilities 7.1

使用Windows主机实用程序可以将Windows主机计算机连接到NetApp存储系统。

Windows Host Utilities支持以下Windows版本：

- Windows 2022
- Windows 2019
- Windows 2016
- Windows 2012R2
- Windows 2012

Windows主机实用程序包括一个安装程序、用于设置所需的Windows注册表和主机总线适配器(HBA)参数、以便Windows主机可以正确处理ONTAP和E系列平台的存储系统行为。

安装Host Utilities软件时、安装程序会设置所需的Windows注册表和HBA参数。

Windows 主机计算机上安装了以下程序和文件。默认目录为 C : \Program Files\NetApp\Windows Host Utilities 。

计划	目的
` m é exhba.reg`	故障排除程序；只有在技术支持人员要求时，才运行此程序。
` \NetAppQCL1\fcconfig.exe`	由安装程序用于设置 HBA 参数。
` \NetAppQCL1\fcconfig.ini`	由安装程序用于设置 HBA 参数。
` \NetAppQCLI\* 。 *`	安装程序用于设置QLogic FC HBA参数。
sA_version.exe	显示Host Utilities和FC HBA的版本。

Host Utilities支持不同的Windows主机配置、协议和多路径选项。有关最新的受支持配置列表、请参见 ["互操作性表工具"](#)。

步骤 1：验证主机和存储系统配置

在安装适用于的Windows Host Utilities之前，请验证您的主机和存储系统配置是否受支持[支持的Windows版本](#)。

步骤

- 1. 在中检查支持的配置 ["互操作性表工具"](#)。
- 2. 检查 Windows Server 主机版本所需的修补程序["SAN主机Windows文档"](#)。

例如，["为ONTAP存储配置 Windows Server 2022"](#)文档提供了为 Windows Server 2022 安装 Windows 修补程序的说明。

- 3. ["添加 iSCSI 或 FCP 许可证"](#)。



在使用SANtricity Storage Manager 的E 系列存储系统上，FC 和 iSCSI 协议不需要许可证。

- 4. 启动目标服务。
- 5. 验证布线。

请参阅 ["SAN 配置参考"](#)了解详细的布线和配置信息。

步骤 2：配置 **FC HBA** 和交换机

安装并配置一个或多个受支持的FC主机总线适配器(HBA)、以便与存储系统建立FC连接。

Windows Host Utilities安装程序可设置所需的FC HBA设置。



您应该只允许 Windows Host Utilities 安装程序设置 HBA 参数。这可确保 Windows 主机能够正确处理ONTAP平台的存储系统行为。

步骤

1. 按照HBA供应商提供的说明安装一个或多个受支持的FC HBA。
2. 获取受支持的 HBA 驱动程序和管理实用程序，并按照 HBA 供应商提供的说明进行安装。
3. ["将 HBA 连接到 FC 交换机或直接连接到存储系统"](#)。
4. ["根据 FC 交换机文档在 FC 交换机上创建区域"](#)。
5. 对于ONTAP，按 WWPN 对交换机进行区域划分。请务必使用逻辑接口 (LIF) 的 WWPN，而不是存储控制器上的物理端口的 WWPN。请参阅 ["SAN 配置参考"](#)了解更多信息。

步骤 3：安装 Windows 主机实用程序

安装程序安装 Windows Host Utilities 包并设置 Windows 注册表和 HBA 设置。

关于此任务

您可以选择在安装 Windows Host Utilities 软件包时包含多路径支持。安装程序会提示您选择以下选项：

- 选择 MPIO 从Windows主机或虚拟机到存储系统的路径不止一个。
- 选择 `no MPIO` 仅当您使用存储系统的单一路径时。

您还可以使用 Windows 命令行提示符选择多路径支持。

对于 Hyper-V 客户机，如果您选择多路径支持，则原始（直通）磁盘不会出现在客户机操作系统中。您可以使用原始磁盘或 MPIO，但不能在来宾操作系统中同时使用它们。



如果不安装MPIO软件、则Windows操作系统可能会将每个路径视为一个单独的磁盘。这可能会导致数据损坏。



在Hyper-V虚拟机中运行的Windows XP或Windows Vista不支持MPIO。

步骤

您可以交互方式或使用 Windows 命令行安装主机实用程序。新的 Host Utilities 安装包必须位于 Windows 主机可访问的路径中。

以交互方式安装

通过运行 Host Utilities 安装程序并按照提示以交互方式安装 Host Utilities 软件包。

1. 从下载可执行文件 "[NetApp 支持站点](#)"。
2. 更改为下载可执行文件的目录。
3. 运行 NetApp_windows_host_utilities_7.1_x64 文件，然后按照屏幕上的说明进行操作。
4. 出现提示时重新启动 Windows 主机。

非交互安装

使用 Windows 命令行执行 Host Utilities 的非交互式安装。安装完成后系统自动重启。

1. 在 Windows 命令提示符处输入以下命令：

```
msiexec /i installer.msi /quiet MULTIPATHING= {0 | 1}  
[INSTALLDIR=inst_path]
```

- installer 是的名称 .msi CPU架构的文件
- 多路径用于指定是否安装 MPIO 支持。允许值为"0"表示否、"1"表示是
- inst_path 是安装 Host Utilities 文件的路径。默认路径为 C : \Program Files\NetApp\Windows Host Utilities\。



要查看用于日志记录和其他功能的标准Microsoft安装程序(MSI)选项、请输入 msiexec /help 在Windows命令提示符处。例如，`msiexec /i install.msi /quiet /l\*v <install.log> LOGVERBOSE=1` 命令可显示日志记录信息。

下一步是什么？

["了解ONTAP存储的 Windows 主机实用程序配置"](#)

检查ONTAP存储的 Windows 主机实用程序配置

Windows 主机实用程序需要某些注册表和参数设置，以便 Windows 主机能够正确处理ONTAP存储系统的行为。

这些注册表和参数值会影响 Windows 主机对数据延迟或丢失的响应方式，例如，正确处理存储故障转移等事件。

某些注册表和参数值不适用于SANtricity Storage Manager的设备特定模块 (DSM)。Windows Host Utilities 和 DSM for SANtricity Storage Manager设置的值之间的重叠不会导致冲突。

Windows 主机也需要某些 FC、NVMe/FC 和 iSCSI HBA 参数才能成功处理存储系统事件：

- 从 Windows Host Utilities 7.2 开始，安装程序会将 Windows、iSCSI、FC 和 NVMe/FC 参数设置为支持的值。

- 从 Windows Host Utilities 7.1 开始，安装程序会将 Windows、FC 和 NVMe/FC HBA 参数设置为支持的值。您需要手动设置 iSCSI HBA 参数。

当您在安装过程中指定 Microsoft 多路径 I/O (MPIO) 支持时，安装程序会设置不同的值。



安装 Windows Host Utilities 7.2 后，您需要更改 LimTransferSize 参数值。看 [NVME 参数](#)。

对于 Windows Host Utilities 8.0、7.2 或 7.1 的所有其他参数和注册表项，您无需更改值，除非技术支持建议您这样做。

检查 Windows Host Utilities 8.0 的配置设置

Windows 主机实用程序安装程序会根据您在安装过程中所做的选择，自动设置 Windows 注册表值以及 iSCSI 和 NVMe HBA 参数。请核对这些数值和操作系统版本。

Windows 注册表值

除非另有说明，所有 Windows 注册表值均以十进制表示。



HKLM是缩写 HKEY_LOCAL_MACHINE。

注册表项	价值	设置注册表项...
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\DsmMaximumRetryTimeDuringStateTransition	120	当指定 MPIO 支持且您的服务器是 Windows Server 2025、2022、2019 或 2016 时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\DsmMaximumStateTransitionTime	120	当指定 MPIO 支持且您的服务器是 Windows Server 2025、2022、2019 或 2016 时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\DsmSupportedDeviceList	“NETAPP LUN”、“NETAPP LUN C 模式” “NVMe NetApp ONTAP Con”	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\ClusDisk\Parameters\ManagementDisksOnSystemBuses	1.	始终
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Class\{iscsi_driver_GUID} \instance_ID \Parameters\MaxRequestHoldTime	30 个	始终
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\MPDEV\MPIOSupportedDeviceList	“NETAPP LUN”、“NETAPP LUN C 模式”、“NVMe NetApp ONTAP Con”	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\PathRecoveryInterval	30 个	当您的服务器是 Windows Server 2025、2022、2019 或 2016 时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\PathVerifyEnabled	1.	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\PathVerifyEnabled	1.	当指定 MPIO 支持且您的服务器是 Windows Server 2025、2022、2019 或 2016 时

注册表项	价值	设置注册表项...
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\netapp\Parameters\PathVerifyEnabled	0	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\PDORemovePeriod	130	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\PDORemovePeriod	130	当指定 MPIO 支持且您的服务器是 Windows Server 2025、2022、2019 或 2016 时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\netapp\Parameters\PDORemovePeriod	130	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\RetransCount	6.	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\RetransyCount	6.	当指定 MPIO 支持且您的服务器是 Windows Server 2025、2022、2019 或 2016 时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\RetransyInterval	1.	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\RetransyInterval	1.	当指定 MPIO 支持且您的服务器是 Windows Server 2025、2022、2019 或 2016 时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\netapp\Parameters\RetransyInterval	1.	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\disk\TimeOutValue	120	未选择 MPIO 支持时
	60	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\UseCustomPathRecoveryInterval	1.	当指定 MPIO 支持且您的服务器是 Windows Server 2025、2022、2019 或 2016 时

iSCSI HBA 值

除非另有说明，所有 iSCSI HBA 值均以十进制表示。



HKLM是缩写 HKEY_LOCAL_MACHINE。

注册表项	价值	设置注册表项...
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Class\{iscsi_driver_GUID} \instance_ID \Parameters \IPSecConfigTimeout	60	始终
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Class\{iscsi_driver_GUID} \instation_ID \Parameters \LinkDownTime	10	始终
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Class\{iscsi_driver_GUID} \instance_ID \Parameters \MaxRequestHoldTime	120	未选择 MPIO 支持时

NVMe参数

Windows Host Utilities 8.0 在安装过程中会更新以下 NVMe Emulex 驱动程序参数：

- EnableNVMe = 1
- NVMeMode = 0

检查 Windows Host Utilities 7.2 的配置设置

Windows 主机实用程序安装程序会根据您在安装过程中所做的选择，自动设置 Windows 注册表值以及 iSCSI 和 NVMe HBA 参数。请核对这些数值和操作系统版本。

Windows 注册表值

除非另有说明，所有 Windows 注册表值均以十进制表示。



HKLM是的缩写 HKEY_LOCAL_MACHINE。

注册表项	价值	设置注册表项...
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\DsmMaximumRetryTimeDuringStateTransition	120	指定了MPIO支持且服务器为Windows Server 2025、2022、2019、2016或2012 R2时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\DsmMaximumStateTransitionTime	120	指定了MPIO支持且服务器为Windows Server 2025、2022、2019、2016或2012 R2时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\DsmSupportedDeviceList	“NETAPP LUN”、“NETAPP LUN C 模式” “NVMe NetApp ONTAP Con”	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\ClusDisk\Parameters\ManagementDisksOnSystemBuses	1.	始终
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Class\{iscsi_driver_GUID} \instance_ID \Parameters\MaxRequestHoldTime	30 个	始终
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\MPDEV\MPIOSupportedDeviceList	“NETAPP LUN”、“NETAPP LUN C 模式”、“NVMe NetApp ONTAP Con”	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\PathRecoveryInterval	30 个	服务器为Windows Server 2025、2022、2019、2016或2012 R2时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\PathVerifyEnabled	1.	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\PathVerifyEnabled	1.	指定了MPIO支持且服务器为Windows Server 2025、2022、2019、2016或2012 R2时

注册表项	价值	设置注册表项...
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\netapp\Parameters\PathVerifyEnabled	0	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\PDORemovePeriod	130	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\PDORemovePeriod	130	指定了MPIO支持且服务器为Windows Server 2025、2022、2019、2016或2012 R2时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\netapp\Parameters\PDORemovePeriod	130	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\RetransCount	6.	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\RetransyCount	6.	指定了MPIO支持且服务器为Windows Server 2025、2022、2019、2016或2012 R2时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\RetransyInterval	1.	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\RetransyInterval	1.	指定了MPIO支持且服务器为Windows Server 2025、2022、2019、2016或2012 R2时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\netapp\Parameters\RetransyInterval	1.	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\disk\TimeOutValue	120	未选择 MPIO 支持时
	60	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\UseCustomPathRecoveryInterval	1.	指定了MPIO支持且服务器为Windows Server 2025、2022、2019、2016或2012 R2时

iSCSI HBA 值

除非另有说明，所有 iSCSI HBA 值均以十进制表示。



HKLM是缩写 HKEY_LOCAL_MACHINE。

注册表项	价值	设置注册表项...
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Class\{iscsi_driver_GUID} \instance_ID \Parameters \IPSecConfigTimeout	60	始终
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Class\{iscsi_driver_GUID} \instation_ID \Parameters \LinkDownTime	10	始终
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Class\{iscsi_driver_GUID} \instance_ID \Parameters \MaxRequestHoldTime	120	未选择 MPIO 支持时

NVMe参数

Windows Host Utilities 7.2 在安装过程中会更新以下 NVMe Emulex 驱动程序参数：

- EnableNVMe = 1
- NVMeMode = 0
- 限制传输大小 =1

安装 Windows Host Utilities 7.2 时，LimTransferSize 参数会自动设置为“1”。安装完成后，将 LimTransferSize 值更改为“0”并重新启动服务器。

检查 Windows Host Utilities 7.1 的配置设置

Windows Host Utilities 安装程序会根据您在安装过程中所做的选择自动设置注册表值。查看这些注册表值和操作系统版本。除非另有说明，所有数值均以十进制表示。



HKLM 是缩写 HKEY_LOCAL_MACHINE。

注册表项	价值	设置注册表项...
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters \DsmMaximumRetryTimeDuringStateTransition	120	指定了MPIO支持且您的服务器为Windows Server 2016、2012 R2、2012、2008 R2或2008 时、除非检测到Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters \DsmMaximumStateTransitionTime	120	指定了MPIO支持且您的服务器为Windows Server 2016、2012 R2、2012、2008 R2或2008 时、除非检测到Data ONTAP DSM

注册表项	价值	设置注册表项...
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\DsmSupportedDeviceList	"NETAPP LUN"	指定 MPIO 支持时
	"NetApp LUN" , "NetApp LUN C 模式 "	指定 MPIO 支持时，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Classes\ { iscsi_driver_GUID } \instance_ID\Parameters\IPSecConfigTimeout	60	始终，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Class\ { iscsi_driver_GUID } \instance_ID\Parameters\LinkDownTime	10	始终
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\ClusDisk\Parameters\ManagementDisksOnSystemBuses	1.	始终，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Class\ { iscsi_driver_GUID } \instance_ID\Parameters\MaxRequestHoldTime	120	未选择 MPIO 支持时
	30 个	始终，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\MPDEV\MPIOSupportedDeviceList	"NetApp LUN"	指定 MPIO 支持时
	"NetApp LUN" , "NetApp LUN C 模式 "	如果指定了 MPIO ， 则检测到 Data ONTAP DSM 除外
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\PathRecoveryInterval	40	如果您的服务器仅为 Windows Server 2008 ， Windows Server 2008 R2 ， Windows Server 2012 ， Windows Server 2012 R2 或 Windows Server 2016
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\PathVerifyEnabled	0	指定 MPIO 支持时，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\PathVerifyEnabled	0	指定 MPIO 支持时，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\PathVerifyEnabled	0	指定了 MPIO 支持且您的服务器为 Windows Server 2016、2012 R2、2012、2008 R2 或 2008 时、除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msiscdsm\Parameters\PathVerifyEnabled	0	指定了 MPIO 支持且您的服务器为 Windows Server 2003 时，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\vnetaapp\Parameters\PathVerifyEnabled	0	指定 MPIO 支持时，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\PDORemovePeriod	130	指定 MPIO 支持时，除非检测到 Data ONTAP DSM

注册表项	价值	设置注册表项...
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\PDORemovePeriod	130	指定了MPIO支持且您的服务器为Windows Server 2016、2012 R2、2012、2008 R2或2008时、除非检测到Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msiscdsm\Parameters\PDORemovePeriod	130	指定了 MPIO 支持且您的服务器为 Windows Server 2003 时，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\vnetapp\Parameters\PDORemovePeriod	130	指定 MPIO 支持时，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\RetransyCount	6.	指定 MPIO 支持时，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\RetransyCount	6.	指定了MPIO支持且您的服务器为Windows Server 2016、2012 R2、2012、2008 R2或2008时、除非检测到Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msiscdsm\Parameters\RetransyCount	6.	指定了 MPIO 支持且您的服务器为 Windows Server 2003 时，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\vnetapp\Parameters\RetransyCount	6.	指定 MPIO 支持时，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\RetransyInterval	1.	指定 MPIO 支持时，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\msdsm\Parameters\RetransyInterval	1.	指定了MPIO支持且您的服务器为Windows Server 2016、2012 R2、2012、2008 R2或2008时、除非检测到Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\vnetapp\Parameters\RetransyInterval	1.	指定 MPIO 支持时，除非检测到 Data ONTAP DSM
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\disk\TimeOutValue	120	未选择 MPIO 支持时
	60	指定 MPIO 支持时
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\MPIO\Parameters\UseCustomPathRecoveryInterval	1.	服务器为Windows Server 2016、2012 R2、2012、2008 R2或2008时

请参见 "[Microsoft 文档](#)" 有关注册表参数的详细信息。

了解 **Windows** 主机实用程序设置的 **FC HBA** 值

Windows Host Utilities 安装程序为使用 FC 的系统上的 Emulex 和 QLogic FC HBA 设置所需的超时值。

安装程序为 Emulex FC HBA 设置以下参数：

当您选择 **MPIO** 时

属性类型	属性值
LinkTimeOut	1.
节点超时	10

当您不选择 **MPIO**

属性类型	属性值
LinkTimeOut	30 个
节点超时	120

安装程序为 QLogic FC HBA 设置以下参数：

当您选择 **MPIO** 时

属性类型	属性值
LinkDownTimeOut	1.
PortDownRetransCount	10

当您不选择 **MPIO**

属性类型	属性值
LinkDownTimeOut	30 个
PortDownRetransCount	120



根据程序的不同，参数名称可能会略有不同。例如，在 QLogic QConvergeConsole 程序中，该参数显示为 Link Down Timeout。主机实用程序 fcconfig.ini 文件将此参数显示为以下两种形式之一 LinkDownTimeOut 或者 'MpioLinkDownTimeOut' 取决于是否指定了 MPIO。然而，所有这些名称都指的是同一个 HBA 参数。看 ["Emulex"](#) 或者 ["QLogic"](#) 了解更多关于超时参数的信息。

了解 **Host Utilities** 对 **FC HBA** 驱动程序设置的更改

在 FC 系统上安装所需的 Emulex 或 QLogic HBA 驱动程序期间，Windows 主机实用程序会检查几个参数，并在某些情况下修改它们。

如果检测到 MS DSM for Windows MPIO，Windows Host Utilities 将设置以下参数的值：

- **LinkTimeOut**：定义物理链路断开后主机端口恢复 I/O 之前等待的时间长度（以秒为单位）。
- **NodeTimeOut**：定义主机端口识别到目标设备的连接断开之前的时间长度（以秒为单位）。

在排查 HBA 问题时，请检查这些设置是否具有正确的值。正确值取决于两个因素：

- HBA 供应商

- 是否正在使用 MPIO 软件。

您可以通过以下方式更正 HBA 设置[运行修复选项](#)在 Windows Host Utilities 安装程序中。

Emulex HBA驱动程序

验证 FC 系统上的 Emulex HBA 驱动程序设置。HBA 上的每个端口都必须存在这些设置。

步骤

1. 打开 OnCommand 管理器。
2. 从列表中选择适当的 HBA，然后选择“驱动程序参数”选项卡。

此时将显示驱动程序参数。

- a. 如果您使用的是 MPIO 软件，请确保您具有以下驱动程序设置：
 - LinkTimeOut — 1.
 - 节点超时 - 10
- b. 如果您不使用 MPIO 软件，请确保您具有以下驱动程序设置：
 - LinkTimeOut — 30
 - 节点超时 - 120

QLogic HBA驱动程序

验证 FC 系统上的 QLogic HBA 驱动程序设置。HBA 上的每个端口都必须存在这些设置。

步骤

1. 打开 QConvergeConsole，然后在工具栏上选择 连接。

此时将显示*连接到主机*对话框。

2. 从列表中选择相应的主机、然后选择*连接*。

此时，FC HBA 窗格中将显示 HBA 列表。

3. 从列表中选择相应的HBA端口、然后选择*设置*选项卡。
4. 从 * 选择设置 * 部分中选择 * 高级 HBA 端口设置 *。
5. 如果您使用的是MPIO软件、请验证您是否具有以下驱动程序设置：
 - 链路关闭超时（linkdwnto）— 1.
 - 端口关闭重试计数（portdnrc）— 10
6. 如果您没有使用 MPIO 软件，请验证您是否具有以下驱动程序设置：
 - 链路关闭超时（linkdwnto）— 30
 - 端口关闭重试计数（portdnrc）— 120

升级适用于ONTAP存储的 Windows Host Utilities

您可以按照安装说明以交互方式或使用 Windows 命令行来升级ONTAP存储配置中的 Windows Host Utilities 软件。您需要将新的 Windows Host Utilities 安装软件安装在 Windows 主机可访问的路径上。

以交互方式升级

通过运行 Host Utilities 安装程序并按照提示以交互方式升级 Windows Host Utilities 软件。

步骤

1. 更改为下载可执行文件的目录。
2. 运行可执行文件并按照屏幕上的说明进行操作。
3. 出现提示时重新启动 Windows 主机。
4. 重新启动完成后、请检查主机实用程序版本：
 - a. 打开 * 控制面板 *。
 - b. 转至 * 程序和功能 * 并检查主机实用程序版本。

非交互升级

使用 Windows 命令行执行非交互式 Windows Host Utilities 软件升级。

步骤

1. 在Windows命令提示符处输入以下命令：

```
msiexec /i installer.msi /quiet MULTIPATHING= {0 | 1}  
[INSTALLDIR=inst_path]
```

- `installer` 是的名称 `.msi` 适用于CPU架构的文件。
- 多路径用于指定是否安装Microsoft多路径I/O (MPIO)支持。允许的值为"0"表示否、"1"表示是。
- `inst_path` 是安装 Host Utilities 文件的路径。默认路径为 `C : \Program Files\NetApp\Windows Host Utilities\`。



要查看用于日志记录和其他功能的标准Microsoft安装程序(MSI)选项、请输入 `msiexec /help` 在Windows命令提示符处。例如、`msiexec /i install.msi /quiet /l*v <install.log> LOGVERBOSE=1` 命令可显示日志记录信息。

安装完成后，系统将自动重新启动。

修复并删除适用于ONTAP存储的 Windows Host Utilities

使用 Host Utilities 安装程序中的 **Repair** 选项来更新主机总线适配器 (HBA) 和 Windows 注册表设置。您还可以通过交互方式或从 Windows 命令行完全删除主机实用程序。

以交互方式修复或删除

"修复"选项将使用所需设置更新Windows注册表和FC HBA。您也可以完全删除 Host Utilities 。

步骤

1. 打开Windows 程序和功能(Windows Server 2012 R2、Windows Server 2016、Windows Server 2019 和Windows 2022)。
2. 选择*Windows NetApp主机实用程序*。
3. 选择*更改*。
4. 根据需要选择*修复*或*删除*。
5. 按照屏幕上的说明进行操作。

以非交互方式修复或删除

"修复"选项将使用所需设置更新Windows注册表和FC HBA。您也可以从 Windows 命令行中完全删除 Host Utilities 。

步骤

1. 修复Windows Host Utilities：

```
msiexec /f installer.msi [/quiet]
```

- `/f` 修复安装。
- `installer.msi` 是系统上 Windows Host Utilities 安装程序的名称。
- `/quiet` 禁止所有反馈并自动重新启动系统，而不会在命令完成时提示。

使用ONTAP存储配置对 Windows Host Utilities 进行故障排除

使用常规故障排除技术来调查具有ONTAP存储配置的 Windows Host Utilities 可能出现的问题。您还应该检查"《[Windows Host Utilities发行说明](#)》"了解已知问题和解决方案。

下面列出了您可以针对潜在的互操作性问题调查的不同方面：

- 要确定潜在的互操作性问题、请确认Host Utilities支持您的主机操作系统软件、主机硬件、ONTAP软件和存储系统硬件组合。有关详细信息、请参见 "[互操作性表工具](#)"。
- 验证是否具有正确的iSCSI配置。
- 如果iSCSI LUN在重新启动后不可用，请验证目标是否在Microsoft iSCSI启动程序GUI的*永久性 目标*选项卡上列为永久性。
- 如果使用LUN的应用程序在启动时显示错误、请验证是否已将应用程序配置为依赖iSCSI服务。
- 对于运行ONTAP的存储控制器的FC路径、请验证FC交换机是否使用目标LIFs的WWPN (而不是节点上物理端口的WWPN)进行分区。
- 回顾"[发行说明](#)"用于检查 Windows Host Utilities 的已知问题。发行说明包括已知问题和限制的列表。

- 查看文档中的故障排除信息 ["ONTAP SAN管理"](#)。
- 搜索 ["NetApp Bug Online"](#) 最近发现的问题。
 - 在“高级搜索”下的“错误类型”字段中，选择**iSCSI - Windows**，然后选择**GO*。您应重复搜索错误类型**fcg -windows**。
- 收集有关系统的信息。
- 记录主机或存储系统控制台上显示的所有错误消息。
- 收集主机和存储系统日志文件。
- 记录问题的症状以及在问题出现之前对主机或存储系统所做的任何更改。
- 如果无法解决此问题、请联系NetApp技术支持以获得帮助。

使用FCP和iSCSI配置主机

概述

您可以将某些SAN主机配置为使用ONTAP作为目标的FCP或iSCSI。首先安装相关的操作系统主机实用程序软件包、其中包括SAN工具包。然后、验证NetApp ONTAP LUN的多路径设置。

AIX 和 PowerVM/VIOS

使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 AIX 7.3/VIOS 4.x

AIX Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 AIX 主机提供管理和诊断工具。在 AIX 7.3/VIOS 4.x 主机上安装 AIX Host Utilities 时，您可以使用 Host Utilities 来帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以配置主机以使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。如果您的配置不支持 SAN 启动，您可以使用本地启动。

SAN 启动

SAN 启动是将 SAN 连接磁盘（LUN）设置为 AIX/PowerVM 主机的启动设备的过程。您可以设置 SAN 启动 LUN 以在使用 FC 协议并使用 FC 或 FCoE 协议运行 AIX Host Utilities 的 AIX 多路径 I/O (MPIO) 环境中工作。在 AIX MPIO 环境中创建 SAN 启动 LUN 和安装新 OS 映像的方法取决于您使用的协议。

步骤

1. 使用["互操作性表工具"](#)验证您的 AIX OS、协议和ONTAP版本是否支持 SAN 启动。
2. 按照供应商文档中有关设置 SAN 启动的最佳实践进行操作。

本地启动

通过在本地硬盘（例如 SSD、SATA 或 RAID）上安装 AIX OS 来执行本地启动。

第 2 步：安装 AIX 主机实用程序

NetApp强烈建议安装 AIX Host Utilities 来支持ONTAP LUN 管理并协助技术支持收集配置数据。Host Utilities 中的 MPIO 包为 AIX 和 VIOS 提供 MPIO 支持。



安装 AIX Host Utilities 可为您的 AIX 主机提供额外的超时设置。

["安装 AIX Host Utilities 8.0"](#)。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 AIX 和 PowerVM 的多路径来管理ONTAP LUN。

多路径允许您在主机和存储系统之间配置多条网络路径。如果一条路径发生故障，流量仍可通过剩余路径继续传输。Host Utilities 的 AIX 和 PowerVM 环境使用 AIX 本机多路径解决方案 (MPIO)。

路径控制模块 (PCM) 负责控制 AIX 主机的多条路径。PCM 是存储供应商提供的代码，用于处理路径管理，在 Host Utilities 安装期间安装并启用。

为确保为您的主机正确配置多路径，请验证您是否已为您的ONTAP LUN 配置NetApp推荐的设置。

步骤

1. 验证“MPIO NetApp”是否可用。“MPIO NetApp”在 AIX Host Utilities 安装期间加载，并在您重新启动主机后可用。

```
lsdev -Cc disk
```

示例输出

```
hdisk1 Available 00-00-02 MPIO NetApp FCP Default PCM Disk
```

2. AIX Host Utilities 为ONTAP LUN 加载以下参数设置。

显示参数设置

参数	environment	AIX 的价值	注意
算法	MPIO	循环	由 Host Utilities 设置
hcheck_cmd	MPIO	查询	由 Host Utilities 设置
hcheck_interval	MPIO	30 个	由 Host Utilities 设置
hcheck_mode	MPIO	非活动	由 Host Utilities 设置
lun_reset_st	MPIO / 非 MPIO	是的。	由 Host Utilities 设置
max_transfer	MPIO / 非 MPIO	FC LUN : 0x100000 字节	由 Host Utilities 设置
QFull	MPIO / 非 MPIO	2 秒延迟	由 Host Utilities 设置
queue_depth	MPIO / 非 MPIO	64	由 Host Utilities 设置
reserve_policy	MPIO / 非 MPIO	no_reserve	由 Host Utilities 设置
re_timeout (磁盘)	MPIO / 非 MPIO	30 秒	使用操作系统默认值
dyntrk	MPIO / 非 MPIO	是的。	使用操作系统默认值
FC_err_recov	MPIO / 非 MPIO	fast_fail	使用操作系统默认值
q_type	MPIO / 非 MPIO	简单	使用操作系统默认值
num_cmd_elems	MPIO / 非 MPIO	对于 AIX 3072 , 对于 VIOS 为 1024	FC EN1B , FC EN1C
num_cmd_elems	MPIO / 非 MPIO	1024 (用于 AIX)	FC EN0G

3. 配置以下设置以优化 FC 的 I/O 操作。

参数	AIX 版本	AIX OS 默认值	NetApp建议值
rw_timeout (磁盘)	AIX 7.3TL3	NPIV: 30秒, vSCSI : 45秒	NPIV: 30秒, vSCSI : 120秒
	AIX 7.2TL5	NPIV: 30秒, vSCSI : 45秒	NPIV: 30秒, vSCSI : 120秒
	VIOS 3.1	30 秒	30 秒
	VIOS 4.1	30 秒	30 秒

4. 配置以下设置以优化 iSCSI 的 I/O 操作。

参数	AIX 版本	AIX OS 默认值	NetApp建议值
rw_timeout (磁盘)	AIX 7.3TL3	vSCSI: 45 秒	vSCSI: 120 秒
	AIX 7.2TL5	vSCSI: 45 秒	vSCSI: 120 秒
	VIOS 3.1	120 秒	30 秒
	VIOS 4.1	120 秒	30 秒
	所有 AIX7.2 和 AIX 7.3 独立版	120 秒	30 秒
isw_err_recov (iscsi0)	所有 AIX7.2 和 AIX 7.3 独立版	延迟失败	快速失败

5. 如果您的存储配置包括MetroCluster或SnapMirror活动同步，请更改默认设置：

MetroCluster

默认情况下，当没有可用的 LUN 路径时，AIX OS 会强制执行较短的 I/O 超时。这可能发生在包含单交换机 SAN 结构的配置中以及经历计划外故障转移的MetroCluster配置中。有关其他信息和建议对默认设置进行更改，请参阅知识库文章["MetroCluster配置中的 AIX 主机支持注意事项有哪些？"](#)。

SnapMirror主动同步

从ONTAP 9.11.1 开始，AIX 主机支持SnapMirror主动同步。AIX 配置中的主集群是“活动”集群。

在 AIX 配置中，故障转移会造成破坏。每次故障转移时，您都需要在主机上执行重新扫描以恢复 I/O 操作。

请参阅知识库文章["如何为SnapMirror活动同步配置AIX主机"](#)。

6. 验证参数设置以及是否为ONTAP LUN 列出了多个路径：

```
lsmpio
```

在以下AFF或FAS系统示例中，列出了NetApp的 PCM。

```
# lsmpio -l hdisk1
name      path_id  status  path_status  parent  connection

hdisk1  0          Enabled  Non          fscsi6
203200a098ba7afe,5b000000000000
hdisk1  1          Enabled  Non          fscsi8
203100a098ba7afe,5b000000000000
hdisk1  2          Enabled  Sel,Opt      fscsi6
203000a098ba7afe,5b000000000000
hdisk1  3          Enabled  Sel,Opt      fscsi8
203800a098ba7afe,5b000000000000
#
lsattr -El hdisk1
PCM                                PCM/friend/NetAppDefaultPCM Path Control Module
False
PR_key_value      0x6d00000000002      Persistant Reserve Key
Value             True
algorithm         round_robin          Algorithm
True
clr_q             no              Device CLEARS its Queue
on error          True
dist_err_pcnt     0              Distributed Error Sample
Time             True
dist_tw_width     50              Distributed Error Sample
Time             True
hcheck_cmd        inquiry      Health Check Command
True
hcheck_interval  30              Health Check Interval
True
hcheck_mode       nonactive      Health Check Mode
True
location          Location Label
True
lun_id            0x5b0000000000000    Logical Unit Number ID
False
lun_reset_spt     yes              LUN Level Reset
True
max_transfer      0x100000         Maximum TRANSFER Size
True
node_name         0x204800a098ba7afe   FC Node Name
False
pvid             none              Physical volume
identifier          False
```

q_err	yes	Use QERR bit
True		
q_type	simple	Queuing TYPE
True		
qfull_dly	2	Delay in seconds for
SCSI TASK SET FULL	True	
queue_depth	64	Queue DEPTH
True		
reassign_to	120	REASSIGN time out value
True		
reserve_policy	PR_shared	Reserve Policy
True		
rw_timeout	30	READ/WRITE time out
value	True	
scsi_id	0xec409	SCSI ID
False		
start_timeout	60	START unit time out
value	True	
timeout_policy	fail_path	Active/Passive Disk Path
Control Module	True	
ww_name	0x203200a098ba7afe	FC World Wide Name
False		

7. 验证ONTAP LUN 的路径状态:

```
sanlun lun show
```

以下示例输出显示ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN 的正确路径状态。

ASA配置

ASA配置优化了到给定 LUN 的所有路径，使其保持活动状态（“主要”）。通过同时通过所有路径提供 I/O 操作，可以提高性能。

显示示例

```
# sanlun lun show -p |grep -p hdisk78
ONTAP Path:
vs_aix_clus:/vol/chataix_205p2_vol_en_1_7/jfs_205p2_lun_en
LUN: 37
LUN Size: 15g
Host Device: hdisk78
Mode: C
Multipath Provider: AIX Native
Multipathing Algorithm: round_robin
```

host	vserver	AIX	host	vserver	AIX MPIO
path	path	MPIO	path	path	path
state	type	path	adapter	LIF	priority
up	primary	path0	fcs0	fc_aix_1	1
up	primary	path1	fcs0	fc_aix_2	1
up	primary	path2	fcs1	fc_aix_3	1
up	primary	path3	fcs1	fc_aix_4	1

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示具有两个主动/优化（“主”）路径和两个主动/非优化（“次”）路径的ONTAP LUN 的正确输出：

显示示例

```
# sanlun lun show -p |grep -p hdisk78
ONTAP Path:
vs_aix_clus:/vol/chataix_205p2_vol_en_1_7/jfs_205p2_lun_en
LUN: 37
LUN Size: 15g
Host Device: hdisk78
Mode: C
Multipath Provider: AIX Native
Multipathing Algorithm: round_robin
```

host	vserver	AIX	host	vserver	AIX MPIO
path	path	MPIO	path	path	path
state	type	path	adapter	LIF	priority
up	secondary	path0	fcs0	fc_aix_1	1
up	primary	path1	fcs0	fc_aix_2	1
up	primary	path2	fcs1	fc_aix_3	1
up	secondary	path3	fcs1	fc_aix_4	1

步骤 4: 查看已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

["了解如何使用 AIX Host Utilities 工具"](#)。

使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 AIX 7.2/VIOS 3.1

AIX Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 AIX 主机提供管理和诊断工具。在 AIX 7.2 和/或 PowerVM（VIOS 3.1）主机上安装 AIX Host Utilities 时，您可以使用 Host Utilities 来帮助管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以配置主机以使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。如果您的配置不支持 SAN 启动，您可以使用本地启动。

SAN 启动

SAN 启动是将 SAN 连接磁盘 (LUN) 设置为 AIX/PowerVM 主机的启动设备的过程。您可以设置 SAN 启动 LUN 以在使用 FC 协议并使用 FC 或 FCoE 协议运行 AIX Host Utilities 的 AIX 多路径 I/O (MPIO) 环境中工作。在 AIX MPIO 环境中创建 SAN 启动 LUN 和安装新 OS 映像的方法取决于您使用的协议。

步骤

1. 使用[互操作性表工具](#)验证您的 AIX OS、协议和ONTAP版本是否支持 SAN 启动。
2. 按照供应商文档中有关设置 SAN 启动的最佳实践进行操作。

本地启动

通过在本地硬盘 (例如 SSD、SATA 或 RAID) 上安装 AIX OS 来执行本地启动。

第 2 步：安装 AIX 主机实用程序

NetApp 强烈建议安装 AIX Host Utilities 来支持ONTAP LUN 管理并协助技术支持收集配置数据。Host Utilities 中的 MPIO 包为 AIX 和 VIOS 提供 MPIO 支持。



安装 AIX Host Utilities 可为您的 AIX 主机提供额外的超时设置。

["安装 AIX Host Utilities 6.1"](#)。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 AIX 7.2 和 PowerVM 的多路径来管理ONTAP LUN。

多路径允许您在主机和存储系统之间配置多条网络路径。如果一条路径发生故障，流量仍可通过剩余路径继续传输。Host Utilities 的 AIX 和 PowerVM 环境使用 AIX 本机多路径解决方案 (MPIO)。

路径控制模块 (PCM) 负责控制 AIX 主机的多条路径。PCM 是存储供应商提供的代码，用于处理路径管理，在 Host Utilities 安装期间安装并启用。

为确保为您的主机正确配置多路径，请验证您是否已为您的ONTAP LUN 配置NetApp推荐的设置。

1. AIX Host Utilities 为ONTAP LUN 加载以下参数设置。

参数	environment	AIX 的价值	注意
算法	MPIO	循环	由 Host Utilities 设置
hcheck_cmd	MPIO	查询	由 Host Utilities 设置
hcheck_interval	MPIO	30 个	由 Host Utilities 设置
hcheck_mode	MPIO	非活动	由 Host Utilities 设置
lun_reset_st	MPIO / 非 MPIO	是的。	由 Host Utilities 设置
max_transfer	MPIO / 非 MPIO	FC LUN : 0x100000 字节	由 Host Utilities 设置
QFull	MPIO / 非 MPIO	2 秒延迟	由 Host Utilities 设置
queue_depth	MPIO / 非 MPIO	64	由 Host Utilities 设置
reserve_policy	MPIO / 非 MPIO	no_reserve	由 Host Utilities 设置
re_timeout (磁盘)	MPIO / 非 MPIO	30 秒	使用操作系统默认值
dyntrk	MPIO / 非 MPIO	是的。	使用操作系统默认值
FC_err_recov	MPIO / 非 MPIO	fast_fail	使用操作系统默认值
q_type	MPIO / 非 MPIO	简单	使用操作系统默认值
num_cmd_elems	MPIO / 非 MPIO	对于 AIX 3072 , 对于 VIOS 为 1024	FC EN1B , FC EN1C
num_cmd_elems	MPIO / 非 MPIO	1024 (用于 AIX)	FC EN0G

2. 如果您的存储配置包括MetroCluster或SnapMirror活动同步，请更改默认设置：

MetroCluster

默认情况下，当没有可用的 LUN 路径时，AIX OS 会强制执行较短的 I/O 超时。这可能发生在包含单交换机 SAN 结构的配置中以及经历计划外故障转移的MetroCluster配置中。有关其他信息和建议对默认设置进行更改，请参阅知识库文章["MetroCluster配置中的 AIX 主机支持注意事项有哪些？"](#)。

SnapMirror主动同步

从ONTAP 9.11.1 开始，AIX 主机支持SnapMirror主动同步。AIX 配置中的主集群是“活动”集群。

在 AIX 配置中，故障转移会造成破坏。每次故障转移时，您都需要在主机上执行重新扫描以恢复 I/O 操作。

请参阅知识库文章["如何为SnapMirror活动同步配置AIX主机"](#)。

3. 验证ONTAP LUN 的路径状态：

```
sanlun lun show
```

以下示例输出显示ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN 的正确路径状态。

ASA配置

ASA配置优化了到给定 LUN 的所有路径，使其保持活动状态（“主要”）。通过同时通过所有路径提供 I/O 操作，可以提高性能。

显示示例

```
# sanlun lun show -p |grep -p hdisk78
      ONTAP Path:
vs_aix_clus:/vol/chataix_205p2_vol_en_1_7/jfs_205p2_lun_en
      LUN: 37
      LUN Size: 15g
      Host Device: hdisk78
      Mode: C
      Multipath Provider: AIX Native
      Multipathing Algorithm: round_robin
```

host	vserver	AIX	host	vserver	AIX MPIO
path	path	MPIO	path	path	path
state	type	path	adapter	LIF	priority
up	primary	path0	fcs0	fc_aix_1	1
up	primary	path1	fcs0	fc_aix_2	1
up	primary	path2	fcs1	fc_aix_3	1
up	primary	path3	fcs1	fc_aix_4	1

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示具有两个主动/优化（“主”）路径和两个主动/非优化（“次”）路径的ONTAP LUN 的正确输出：

显示示例

```
# sanlun lun show -p |grep -p hdisk78
ONTAP Path:
vs_aix_clus:/vol/chataix_205p2_vol_en_1_7/jfs_205p2_lun_en
LUN: 37
LUN Size: 15g
Host Device: hdisk78
Mode: C
Multipath Provider: AIX Native
Multipathing Algorithm: round_robin
```

host	vserver	AIX	host	vserver	AIX MPIO
path	path	MPIO	path	path	path
state	type	path	adapter	LIF	priority
up	secondary	path0	fcs0	fc_aix_1	1
up	primary	path1	fcs0	fc_aix_2	1
up	primary	path2	fcs1	fc_aix_3	1
up	secondary	path3	fcs1	fc_aix_4	1

步骤 4: 查看已知问题

已知问题

带有ONTAP存储版本的 IBM AIX 7.2 和/或 PowerVM (VIOS 3.1) 存在以下已知问题:

NetApp 错误 ID	标题	Description	合作伙伴 ID
"1416221."	AIX 7200-05-01 在存储故障转移期间遇到虚拟 iSCSI 磁盘（ VIOS 3.1.1.x ）的 I/O 中断	在通过 VIOS 3.1.1.x 映射的虚拟 iSCSI 磁盘上的 AIX 7.2 TL5 主机上执行存储故障转移操作期间，可能会发生 I/O 中断默认情况下， VIOC 上虚拟 iSCSI 磁盘（ hdisk ）的 <code>rw_timeout</code> 值将为 45 秒。如果在存储故障转移期间发生超过 45 秒的 I/O 延迟，则可能会发生 I/O 故障。要避免这种情况，请参见 BURT 中所述的临时解决策。根据 IBM 的要求，在应用 APAR - IJ34739 （即将发布的版本）后，我们可以使用 <code>chdev</code> 命令动态更改 <code>rw_timeout</code> 值。	不适用
"1414700"	在存储故障转移期间， AIX 7.2 TL04 的虚拟 iSCSI 磁盘（ VIOS 3.1.1.x ）发生 I/O 中断	在通过 VIOS 3.1.1.x 映射的虚拟 iSCSI 磁盘上的 AIX 7.2 TL4 主机上执行存储故障转移操作期间，可能会发生 I/O 中断默认情况下， VIOC 上 vSCSI 适配器的 <code>rw_timeout</code> 值为 45 秒。如果在存储故障转移期间发生超过 45 秒的 I/O 延迟，则可能会发生 I/O 故障。要避免这种情况，请参见 BURT 中所述的临时解决策。	不适用
"1307653"	在SFO故障和直接I/O期间、VIOS 3.1.1.10会发生I/O问题	在VIOS 3.1.1上、由16 GB或32 GB FC适配器提供后备支持的NPV客户端磁盘可能发生I/O故障。此外、`vfchost`驱动程序可能会停止处理来自客户端的I/O请求。应用IBM APAR IJ22290 IBM APAR IJ23222可解决此问题。	不适用

下一步是什么？

"了解如何使用 AIX Host Utilities 工具"。

使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 AIX 7.1

AIX Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 AIX 主机提供管理和诊断工具。在 AIX 7.1 主机上安装 AIX Host Utilities 时，您可以使用 Host Utilities 来帮助您管理ONTAP LUN 的

FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以配置主机以使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。如果您的配置不支持 SAN 启动，您可以使用本地启动。

SAN 启动

SAN 启动是将 SAN 连接磁盘 (LUN) 设置为 AIX/PowerVM 主机的启动设备的过程。您可以设置 SAN 启动 LUN 以在使用 FC 协议并使用 FC 或 FCoE 协议运行 AIX Host Utilities 的 AIX 多路径 I/O (MPIO) 环境中工作。在 AIX MPIO 环境中创建 SAN 启动 LUN 和安装新 OS 映像的方法取决于您使用的协议。

步骤

1. 使用[互操作性表工具](#)验证您的 AIX OS、协议和ONTAP版本是否支持 SAN 启动。
2. 按照供应商文档中有关设置 SAN 启动的最佳实践进行操作。

本地启动

通过在本地硬盘（例如 SSD、SATA 或 RAID）上安装 AIX OS 来执行本地启动。

第 2 步：安装 AIX 主机实用程序

NetApp强烈建议安装 AIX Host Utilities 来支持ONTAP LUN 管理并协助技术支持收集配置数据。Host Utilities 中的 MPIO 包为 AIX 和 VIOS 提供 MPIO 支持。



安装 AIX Host Utilities 可为您的 AIX 主机提供额外的超时设置。

["安装 AIX Host Utilities 6.1"](#)。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 AIX 7.1 主机的多路径来管理ONTAP LUN。

多路径允许您在主机和存储系统之间配置多条网络路径。如果一条路径发生故障，流量仍可通过剩余路径继续传输。Host Utilities 的 AIX 和 PowerVM 环境使用 AIX 本机多路径解决方案 (MPIO)。

路径控制模块 (PCM) 负责控制 AIX 主机的多条路径。PCM 是存储供应商提供的代码，用于处理路径管理，在 Host Utilities 安装期间安装并启用。

为确保为您的主机正确配置多路径，请验证您是否已为您的ONTAP LUN 配置NetApp推荐的设置。

步骤

1. AIX Host Utilities 为ONTAP LUN 加载以下参数设置。

显示参数设置

参数	environment	AIX 的价值	注意
算法	MPIO	循环	由 Host Utilities 设置
hcheck_cmd	MPIO	查询	由 Host Utilities 设置
hcheck_interval	MPIO	30 个	由 Host Utilities 设置
hcheck_mode	MPIO	非活动	由 Host Utilities 设置
lun_reset_st	MPIO / 非 MPIO	是的。	由 Host Utilities 设置
max_transfer	MPIO / 非 MPIO	FC LUN : 0x100000 字节	由 Host Utilities 设置
QFull	MPIO / 非 MPIO	2 秒延迟	由 Host Utilities 设置
queue_depth	MPIO / 非 MPIO	64	由 Host Utilities 设置
reserve_policy	MPIO / 非 MPIO	no_reserve	由 Host Utilities 设置
re_timeout (磁盘)	MPIO / 非 MPIO	30 秒	使用操作系统默认值
dyntrk	MPIO / 非 MPIO	是的。	使用操作系统默认值
FC_err_recov	MPIO / 非 MPIO	fast_fail	使用操作系统默认值
q_type	MPIO / 非 MPIO	简单	使用操作系统默认值
num_cmd_elems	MPIO / 非 MPIO	1024 (用于 AIX)	FC EN1B , FC EN1C
num_cmd_elems	MPIO / 非 MPIO	500 (用于 AIX) (独立 / 物理) 200 (用于 VIOC)	FC EN0G

- 如果您的存储配置包括MetroCluster或SnapMirror活动同步，请更改默认设置：

MetroCluster

默认情况下，当没有可用的 LUN 路径时，AIX OS 会强制执行较短的 I/O 超时。这可能发生在包含单交换机 SAN 结构的配置中以及经历计划外故障转移的MetroCluster配置中。有关其他信息和建议对默认设置进行更改，请参阅知识库文章["MetroCluster配置中的 AIX 主机支持注意事项有哪些？"](#)。

SnapMirror主动同步

从ONTAP 9.11.1 开始，AIX 主机支持SnapMirror主动同步。AIX 配置中的主集群是“活动”集群。

在 AIX 配置中，故障转移会造成破坏。每次故障转移时，您都需要在主机上执行重新扫描以恢复 I/O 操作。

请参阅知识库文章["如何为SnapMirror活动同步配置AIX主机"](#)。

- 验证ONTAP LUN 的路径状态：

```
sanlun lun show
```

以下示例输出显示ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN 的正确路径状态。

ASA配置

ASA配置优化了到给定 LUN 的所有路径，使其保持活动状态（“主要”）。通过同时通过所有路径提供 I/O 操作，可以提高性能。

显示示例

```
# sanlun lun show -p |grep -p hdisk78
ONTAP Path:
vs_aix_clus:/vol/chataix_205p2_vol_en_1_7/jfs_205p2_lun_en
LUN: 37
LUN Size: 15g
Host Device: hdisk78
Mode: C
Multipath Provider: AIX Native
Multipathing Algorithm: round_robin
```

host	vserver	AIX	host	vserver	AIX MPIO
path	path	MPIO	path	path	path
state	type	path	adapter	LIF	priority
up	primary	path0	fcs0	fc_aix_1	1
up	primary	path1	fcs0	fc_aix_2	1
up	primary	path2	fcs1	fc_aix_3	1
up	primary	path3	fcs1	fc_aix_4	1

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示具有两个主动/优化（“主”）路径和两个主动/非优化（“次”）路径的ONTAP LUN 的正确输出：

显示示例

```
# sanlun lun show -p |grep -p hdisk78
ONTAP Path:
vs_aix_clus:/vol/chataix_205p2_vol_en_1_7/jfs_205p2_lun_en
LUN: 37
LUN Size: 15g
Host Device: hdisk78
Mode: C
Multipath Provider: AIX Native
Multipathing Algorithm: round_robin
```

host	vserver	AIX	host	vserver	AIX MPIO
path	path	MPIO	path	path	path
state	type	path	adapter	LIF	priority
up	secondary	path0	fcs0	fc_aix_1	1
up	primary	path1	fcs0	fc_aix_2	1
up	primary	path2	fcs1	fc_aix_3	1
up	secondary	path3	fcs1	fc_aix_4	1

步骤 4: 查看已知问题

带有ONTAP存储版本的 AIX 7.1 没有已知问题。

下一步是什么？

["了解如何使用 AIX Host Utilities 工具"](#)。

CentOS

配置 CentOS 8.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以用于ONTAP存储

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。在 CentOS 8.x 主机上安装 Linux 主机实用程序后，您可以使用主机实用程序来帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步: (可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. "创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。
3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈建议安装Linux主机实用程序、以支持ONTAP LUN管理并协助技术支持收集配置数据。

"安装 Linux Host Utilities 8.0"。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 CentOS 8.x 的多路径功能来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 退出。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 multipath.conf、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
chkconfig multipathd on
```

```
/etc/init.d/multipathd start
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了ONTAP LUN的Linux操作系统本机编译多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

```
multipath -ll
3600a098038303634722b4d59646c4436 dm-28 NETAPP,LUN C-Mode
size=80G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| - 11:0:7:1 sdfi 130:64 active ready running
| - 11:0:9:1 sdiy 8:288 active ready running
| - 11:0:10:1 sdml 69:464 active ready running
| - 11:0:11:1 sdpt 131:304 active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

```
multipath -ll
3600a098038303634722b4d59646c4436 dm-28 NETAPP,LUN C-Mode
size=80G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| | - 16:0:6:35 sdwb 69:624 active ready running
| | - 16:0:5:35 sdun 66:752 active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
| - 15:0:0:35 sda 66:48 active ready running
| - 15:0:1:35 sdbx 68:176 active ready running
```

第4步：(可选)从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除
multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID：

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如，WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分:

```
blacklist {
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833
    devnode   "^(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"
    devnode   "^hd[a-z]"
    devnode   "^cciss.*"
}
```

第5步：自定义ONTAP LUN的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件，特别是默认值部分中的设置，以了解可能覆盖的设置 [多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry``、ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

显示示例

```
defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product        "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker   tur
    }
}
```

第6步：查看已知问题

没有已知问题。

有关 CentOS Red Hat 兼容内核的已知问题，请参阅 ["已知问题"](#) 适用于 Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 8.x 系列。

下一步是什么？

- ["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。
- 了解 ASM 镜像

自动存储管理(Automatic Storage Management、ASM)镜像可能需要更改Linux多路径设置、以使ASM能够识别问题并切换到备用故障组。ONTAP上的大多数ASM配置都使用外部冗余、这意味着数据保护由外部阵列提供、ASM不会镜像数据。某些站点使用具有正常冗余的ASM来提供双向镜像、通常在不同站点之间进行镜像。有关详细信息、请参见["基于ONTAP的Oracle数据库"](#)。

- 了解 CentOS Linux 虚拟化 (KVM)

CentOS Linux 可以作为 KVM 主机。这样，您就可以使用基于 Linux 内核的虚拟机 (KVM) 技术在单个物理服务器上运行多个虚拟机。KVM 主机不需要对ONTAP LUN 进行显式主机配置设置。

Citrix

使用 ONTAP 存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Citrix Xenserver 8.4

配置 Citrix Xenserver 8.4 以实现多路径，并使用特定参数和设置来针对ONTAP存储的FCP 和 iSCSI 协议操作。



Linux Host Utilities 软件包不支持 Citrix Xenserver 操作系统。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

步骤 2：确认主机的多路径配置

您可以使用 Citrix Xenserver 8.4 的多路径来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证 `/etc/multipath.conf` 文件存在。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 `multipath.conf`、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为主机操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了Linux操作系统为ONTAP LUN编译的本机多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"3 queue_if_no_path pG_init_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
/sbin/mpathutil list
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

```
/usr/sbin/mpathutil status
show topology
create: 3600a098038315045572b5930646f4b63 dm-1 NETAPP ,LUN C-Mode
size=9.0G features='4 queue_if_no_path pg_init_retries 50
retain_attached_hw_handle' hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
   |- 15:0:0:0   sdb  8:16   active ready running
   |- 15:0:1:0   sdc  8:32   active ready running
   |- 16:0:0:0   sdcf 69:48  active ready running
   `-- 16:0:1:0   sdcg 69:64  active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

```
/usr/sbin/mpathutil status
show topology
create: 3600a098038315045572b5930646f4b63 dm-1 NETAPP ,LUN C-Mode
size=9.0G features='4 queue_if_no_path pg_init_retries 50
retain_attached_hw_handle' hwhandler='1 alua' wp=rw
|-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
   |- 15:0:0:0   sdb  8:16   active ready running
   `-- 15:0:1:0   sdc  8:32   active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
   |- 16:0:0:0   sdcf 69:48  active ready running
   `-- 16:0:1:0   sdcg 69:64  active ready running
```

步骤 3：（可选）从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID：

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如，WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分：

```
blacklist {  
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833  
    devnode   "^(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"  
    devnode   "^hd[a-z]"  
    devnode   "^cciss.*"  
}
```

步骤 4：自定义ONTAP LUN 的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件，特别是默认值部分中的设置，以了解可能覆盖的设置[多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry``ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

```
defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product        "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker    tur
    }
}
```

步骤 5: 查看已知问题

没有已知问题。

使用 ONTAP 存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Citrix Hypervisor 8.2

配置 Citrix Hypervisor 8.2 以实现多路径，并使用特定参数和设置来针对ONTAP存储的 FCP 和 iSCSI 协议操作。



Linux Host Utilities 软件包不支持 Citrix Hypervisor 操作系统。

第1步: (可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

步骤 2：确认主机的多路径配置

您可以使用 Citrix Hypervisor 8.2 的多路径来管理 ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为 ONTAP LUN 配置了 NetApp 建议的设置。

步骤

1. 验证 `/etc/multipath.conf` 文件存在。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 `multipath.conf`、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载 NetApp 建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为主机操作系统使用可正确识别和管理 ONTAP LUN 的多路径参数进行编译。

下表显示了 Linux 操作系统为 ONTAP LUN 编译的本机多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"3 queue_if_no_path pG_init_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
/sbin/mpathutil list
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

```
/usr/sbin/mpathutil status
show topology
create: 3600a098038315045572b5930646f4b63 dm-1 NETAPP ,LUN C-Mode
size=9.0G features='4 queue_if_no_path pg_init_retries 50
retain_attached_hw_handle' hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
    |- 15:0:0:0   sdb  8:16    active ready running
    |- 15:0:1:0   sdc  8:32    active ready running
    |- 16:0:0:0   sdcf 69:48   active ready running
    `-- 16:0:1:0   sdcg 69:64   active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

```
/usr/sbin/mpathutil status
show topology
create: 3600a098038315045572b5930646f4b63 dm-1 NETAPP ,LUN C-Mode
size=9.0G features='4 queue_if_no_path pg_init_retries 50
retain_attached_hw_handle' hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
    |- 15:0:0:0   sdb  8:16    active ready running
    `-- 15:0:1:0   sdc  8:32    active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
    |- 16:0:0:0   sdcf 69:48   active ready running
    `-- 16:0:1:0   sdcg 69:64   active ready running
```

步骤 3：（可选）从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID：

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如，WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分：

```
blacklist {
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833
    devnode   "^(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"
    devnode   "^hd[a-z]"
    devnode   "^cciss.*"
}
```

步骤 4：自定义ONTAP LUN 的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件，特别是默认值部分中的设置，以了解可能覆盖的设置[多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry``ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

```
defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product        "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker   tur
    }
}
```

步骤 5: 查看已知问题

没有已知问题。

ESXi

将VMware vSphere 8.x与ONTAP结合使用

您可以为使用FC、FCoE和iSCSI协议的VMware vSphere 8.x版本配置ONTAP SAN主机设置。

虚拟机管理程序SAN启动

开始之前

如果您决定使用 SAN 启动，则配置必须支持它。您可以使用[互操作性表工具](#)验证您的操作系统、HBA、HBA 固件、HBA启动BIOS以及ONTAP版本是否受支持。

步骤

1. 将 SAN 启动 LUN 映射到主机。
2. 验证是否有多个可用路径。



主机操作系统启动并在多个路径上运行后、这些路径将变为可用。

3. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

4. 重新启动主机以验证启动是否成功。

多路径

ESXi提供了一个称为本机多路径插件(NMP)的可扩展多路径模块、用于管理子插件、存储阵列类型插件(Storage Array Type Plugin、SATP)和路径选择插件(Path Selection Plugins、PSP)。默认情况下、这些SATP规则在ESXi中可用。

对于ONTAP存储、默认情况下会使用"VMW_SATP_ALUA"插件和"VMW_PSP_RR"作为路径选择策略(PSP)。您可以运行以下命令来确认PSP：

```
`esxcli storage nmp satp rule list -s VMW_SATP_ALUA`
```

示例输出：

Name	Device	Vendor	Model	Driver	Transport	Options

VMW_SATP_ALUA		LSI	INF-01-00			
reset_on_attempted_reserve		system				
VMW_SATP_ALUA		NETAPP				
reset_on_attempted_reserve		system				
Rule Group	Claim Options	Default PSP	PSP Options	Description		

tpgs_on	VMW_PSP_MRU			NetApp E-Series arrays with		
ALUA support						
tpgs_on	VMW_PSP_RR			NetApp arrays with ALUA		
support						

非ASA配置

对于非ASA配置、应具有两组具有不同优先级的路径。优先级较高的路径为主动/优化路径。这意味着它们由聚合所在的控制器提供服务。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们是从其他控制器提供的。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

示例

以下示例显示了具有两个主动 / 优化路径和两个主动 / 非优化路径的 ONTAP LUN 的正确输出。

```
# esxcli storage nmp device list -d naa.600a0980383148693724545244395855
```

示例输出：

```

naa.600a0980383148693724545244395855
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a0980383148693724545244395855)
  Storage Array Type: VMW_SATP_ALUA
  Storage Array Type Device Config: {implicit_support=on;
explicit_support=off; explicit_allow=on; alua_followover=on;
action_OnRetryErrors=off;
{TPG_id=1000,TPG_state=ANO}{TPG_id=1001,TPG_state=AO}}
  Path Selection Policy: VMW_PSP_RR
  Path Selection Policy Device Config:
{policy=rr,iops=1000,bytes=10485760,useANO=0; lastPathIndex=1:
NumIOsPending=0,numBytesPending=0}
  Path Selection Policy Device Custom Config:
  Working Paths: vmhba4:C0:T0:L11, vmhba3:C0:T0:L11
  Is USB: false

```

```
# esxcli storage nmp path list -d naa.600a0980383148693724545244395855
```

示例输出:

```

fc.20000024ff7f4a51:21000024ff7f4a51-fc.2009d039ea3ab21f:2003d039ea3ab21f-
naa.600a0980383148693724545244395855
  Runtime Name: vmhba4:C0:T0:L11
  Device: naa.600a0980383148693724545244395855
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a0980383148693724545244395855)
  Group State: active
  Array Priority: 0
  Storage Array Type Path Config: {TPG_id=1001,
TPG_state=AO,RTP_id=4,RTP_health=UP}
  Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.

fc.20000024ff7f4a50:21000024ff7f4a50-fc.2009d039ea3ab21f:2002d039ea3ab21f-
naa.600a0980383148693724545244395855
  Runtime Name: vmhba3:C0:T0:L11
  Device: naa.600a0980383148693724545244395855
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a0980383148693724545244395855)
  Group State: active
  Array Priority: 0
  Storage Array Type Path Config: {TPG_id=1001,
TPG_state=AO,RTP_id=3,RTP_health=UP}

```

```
Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path configuration.
```

```
fc.20000024ff7f4a51:21000024ff7f4a51-fc.2009d039ea3ab21f:2001d039ea3ab21f-naa.600a0980383148693724545244395855
```

```
Runtime Name: vmhba4:C0:T3:L11
```

```
Device: naa.600a0980383148693724545244395855
```

```
Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk  
(naa.600a0980383148693724545244395855)
```

```
Group State: active unoptimized
```

```
Array Priority: 0
```

```
Storage Array Type Path Config: {TPG_id=1000,  
TPG_state=ANO,RTP_id=2,RTP_health=UP}
```

```
Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path configuration.
```

```
fc.20000024ff7f4a50:21000024ff7f4a50-fc.2009d039ea3ab21f:2000d039ea3ab21f-naa.600a0980383148693724545244395855
```

```
Runtime Name: vmhba3:C0:T3:L11
```

```
Device: naa.600a0980383148693724545244395855
```

```
Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk  
(naa.600a0980383148693724545244395855)
```

```
Group State: active unoptimized
```

```
Array Priority: 0
```

```
Storage Array Type Path Config: {TPG_id=1000,  
TPG_state=ANO,RTP_id=1,RTP_health=UP}
```

```
Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path configuration.
```

<stdin> 中存在未解析的指令 - include::_include/hu/reuse_hu_asa_configuration.adoc[]

```
esxcli storage nmp device list -d naa.600a098038304759563f4e7837574453
```

示例输出:

```

naa.600a098038314962485d543078486c7a
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038314962485d543078486c7a)
  Storage Array Type: VMW_SATP_ALUA
  Storage Array Type Device Config: {implicit_support=on;
explicit_support=off; explicit_allow=on; alua_followover=on;
action_OnRetryErrors=off;
{TPG_id=1001,TPG_state=AO}{TPG_id=1000,TPG_state=AO}}
  Path Selection Policy: VMW_PSP_RR
  Path Selection Policy Device Config:
{policy=rr,iops=1000,bytes=10485760,useANO=0; lastPathIndex=3:
NumIOsPending=0,numBytesPending=0}
  Path Selection Policy Device Custom Config:
  Working Paths: vmhba4:C0:T0:L14, vmhba4:C0:T1:L14, vmhba3:C0:T0:L14,
vmhba3:C0:T1:L14
  Is USB: false

```

```
# esxcli storage nmp path list -d naa.600a098038314962485d543078486c7a
```

示例输出:

```

fc.200034800d756a75:210034800d756a75-fc.2018d039ea936319:2015d039ea936319-
naa.600a098038314962485d543078486c7a
  Runtime Name: vmhba4:C0:T0:L14
  Device: naa.600a098038314962485d543078486c7a
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038314962485d543078486c7a)
  Group State: active
  Array Priority: 0
  Storage Array Type Path Config: {TPG_id=1000,
TPG_state=AO,RTP_id=2,RTP_health=UP}
  Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.

fc.200034800d756a75:210034800d756a75-fc.2018d039ea936319:2017d039ea936319-
naa.600a098038314962485d543078486c7a
  Runtime Name: vmhba4:C0:T1:L14
  Device: naa.600a098038314962485d543078486c7a
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038314962485d543078486c7a)
  Group State: active
  Array Priority: 0
  Storage Array Type Path Config: {TPG_id=1001,

```

```
TPG_state=AO,RTP_id=4,RTP_health=UP}
```

```
Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path configuration.
```

```
fc.200034800d756a74:210034800d756a74-fc.2018d039ea936319:2014d039ea936319-naa.600a098038314962485d543078486c7a
```

```
Runtime Name: vmhba3:C0:T0:L14
```

```
Device: naa.600a098038314962485d543078486c7a
```

```
Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk  
(naa.600a098038314962485d543078486c7a)
```

```
Group State: active
```

```
Array Priority: 0
```

```
Storage Array Type Path Config: {TPG_id=1000,
```

```
TPG_state=AO,RTP_id=1,RTP_health=UP}
```

```
Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path configuration.
```

```
fc.200034800d756a74:210034800d756a74-fc.2018d039ea936319:2016d039ea936319-naa.600a098038314962485d543078486c7a
```

```
Runtime Name: vmhba3:C0:T1:L14
```

```
Device: naa.600a098038314962485d543078486c7a
```

```
Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk  
(naa.600a098038314962485d543078486c7a)
```

```
Group State: active
```

```
Array Priority: 0
```

```
Storage Array Type Path Config: {TPG_id=1001,
```

```
TPG_state=AO,RTP_id=3,RTP_health=UP}
```

```
Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path configuration.
```

VVOL

虚拟卷(Vvol)是一种VMware对象类型、对应于虚拟机(Virtual Machine、VM)磁盘、其快照和快速克隆。

适用于 VMware vSphere 的 ONTAP 工具包括适用于 ONTAP 的 VASA Provider，它为 VMware vCenter 提供了一个集成点，可用于利用基于 VVol 的存储。部署 ONTAP 工具开放虚拟化设备(OVA)时、它会自动注册到vCenter Server并启用VASA Provider。

在使用vCenter UI创建VVOLs数据存储库时、系统会指导您创建FlexVol作为数据存储库的备份存储。ESXi主机可使用协议端点(PE)访问VVOLs数据存储库中的VVOLs。在 SAN 环境中，会在数据存储库中的每个 FlexVol 上创建一个 4 MB 的 LUN，以用作 PE。SAN PE是管理逻辑单元(ALU)。虚拟卷是辅助逻辑单元(SLU)。

使用 VVOL 时，SAN 环境的标准要求和最佳实践适用，包括（但不限于）以下内容：

- 在每个要使用的 SVM 的每个节点上至少创建一个 SAN LIF。最佳做法是，每个节点至少创建两个，但不超过所需数量。
- 消除任何单点故障。在使用多个虚拟交换机时使用NIC绑定的不同网络子网上使用多个VMkernel网络接口、或者使用连接到多个物理交换机的多个物理NIC来提供HA并提高吞吐量。

- 根据需要配置分区和/或VLAN以实现主机连接。
- 验证所有必需的启动程序是否均已登录到所需SVM上的目标SVM。



要启用 VASA Provider，您必须为 VMware vSphere 部署 ONTAP 工具。VASA Provider将为您管理所有iGroup设置、因此无需在vvol环境中创建或管理iGroup。

NetApp 不建议此时更改任何 VVOL 设置的默认值。

有关特定版本的ONTAP工具、请参见；有关特定版本的vSphere和ONTAP、请参见 ["互操作性表工具"](#)旧版VASA Provider。

有关配置和管理vvol的详细信息，请参阅适用于VMware vSphere的ONTAP工具文档、["采用ONTAP的VMware vSphere"](#)和["使用工具的虚拟卷\(Virtual Volume、ONTAP\) 10."](#)。

建议设置

ATS锁定

对于与 VAAI 兼容的存储和升级的 VMFS5，ATS 锁定是 * 必填项 *。要与 ONTAP LUN 实现适当的互操作性和最佳的 VMFS 共享存储 I/O 性能，必须锁定 ATS。有关启用 ATS 锁定的详细信息，请参见 VMware 文档。

设置	Default	建议使用 ONTAP	Description
HardwareAcceleratedLocking	1.	1.	帮助启用原子测试和设置（Atomic Test and Set，ATS）锁定
磁盘 IOPS	1000	1.	IOPS 限制：轮循 PSP 默认为 IOPS 限制 1000。在这种默认情况下，发出 1000 次 I/O 操作后，将使用一个新路径。
disk.qFullSampSize	0	32	在 ESXi 开始限制之前所需的队列已满或繁忙状态计数。



-enable Space-alloc 为映射到VMware vSphere for的所有LUN设置 UNMAP 工作。有关详细信息、请参见ONTAP 文档。

子操作系统超时

您可以使用建议的子操作系统调整手动配置虚拟机。调整更新后，必须重新启动子系统，更新才能生效。

- GOS 超时值： *

子操作系统类型	超时
Linux 变体	磁盘超时 = 60
Windows	磁盘超时 = 60

子操作系统类型	超时
Solaris	磁盘超时 = 60 繁忙重试 = 300 未就绪重试 = 300 重置重试 = 30 最大限制 = 32 最小限制 = 8

验证vSphere可调功能

您可以使用以下命令验证 HardwareAcceleratedLocking 设置。

```
esxcli system settings advanced list --option /VMFS3/HardwareAcceleratedLocking
```

```
Path: /VMFS3/HardwareAcceleratedLocking
Type: integer
Int Value: 1
Default Int Value: 1
Min Value: 0
Max Value: 1
String Value:
Default String Value:
Valid Characters:
Description: Enable hardware accelerated VMFS locking (requires
compliant hardware). Please see http://kb.vmware.com/kb/2094604 before
disabling this option.
```

验证磁盘IOPS设置

您可以使用以下命令验证IOPS设置。

```
esxcli storage nmp device list -d naa.600a098038304731783f506670553355
```

```
naa.600a098038304731783f506670553355
Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038304731783f506670553355)
Storage Array Type: VMW_SATP_ALUA
Storage Array Type Device Config: {implicit_support=on;
explicit_support=off; explicit_allow=on; alua_followover=on;
action_OnRetryErrors=off;
{TPG_id=1000,TPG_state=ANO}{TPG_id=1001,TPG_state=AO}}
Path Selection Policy: VMW_PSP_RR
Path Selection Policy Device Config: {policy=rr,
iops=1,bytes=10485760,useANO=0; lastPathIndex=0:
NumIOsPending=0,numBytesPending=0}
Path Selection Policy Device Custom Config:
Working Paths: vmhba4:C0:T0:L82, vmhba3:C0:T0:L82
Is USB: false
```

验证QFullSampleSize

您可以使用以下命令验证QFullSampleSize。

```
esxcli system settings advanced list --option /Disk/QFullSampleSize
```

```
Path: /Disk/QFullSampleSize
Type: integer
Int Value: 32
Default Int Value: 0
Min Value: 0
Max Value: 64
String Value:
Default String Value:
Valid Characters:
Description: Default I/O samples to monitor for detecting non-transient
queue full condition. Should be nonzero to enable queue depth throttling.
Device specific QFull options will take precedence over this value if set.
```

已知问题

采用ONTAP的VMware vSphere 8.x版本存在以下已知问题：

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1543660"	如果使用vNVMe适配器的Linux VM遇到较长的All Paths Down (APD)窗口、则会发生I/O错误	运行vSphere 8.x及更高版本并使用虚拟NVMe (vNVME)适配器的Linux VM会遇到I/O错误、因为默认情况下、vNVMe重试操作处于禁用状态。为了避免在所有路径关闭(All Paths Down、APD)或I/O负载繁重期间对运行旧内核的Linux VM造成中断、VMware引入了可调"VSCSIDisableNvmeRetry"以禁用vNVMe重试操作。

相关信息

- ["采用ONTAP的VMware vSphere"](#)
- ["NetApp MetroCluster 支持 VMware vSphere 5.x , 6.x 和 7.x （ 2031038 ）"](#)
- ["采用NetApp SnapMirror的NetApp ONTAP与VMware vSphere城域存储集群\(VMSC\)进行活动同步"](#)

将VMware vSphere 7.x与ONTAP结合使用

您可以对采用FC、FCoE和iSCSI协议的vSphere 7.x版使用ONTAP SAN主机配置设置。

虚拟机管理程序 SAN 启动

开始之前

如果您决定使用 SAN 启动，则配置必须支持它。您可以使用["互操作性表工具"](#)验证您的操作系统、HBA、HBA 固件、HBA启动BIOS以及ONTAP版本是否受支持。

步骤

- 1. 将 SAN 启动 LUN 映射到主机。
- 2. 验证是否有多个可用路径。



主机操作系统启动并在多个路径上运行后、这些路径将变为可用。

- 3. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

- 4. 重新启动主机以验证启动是否成功。

多路径

ESXi提供了一个称为本机多路径插件(NMP)的可扩展多路径模块、用于管理子插件、存储阵列类型插件(Storage Array Type Plugin、SATP)和路径选择插件(Path Selection Plugins、PSP)。默认情况下，这些 SATA 规则在 ESXi 中可用。

对于ONTAP存储、默认情况下会使用"VMW_SATP_ALUA"插件和"VMW_PSP_RR"作为路径选择策略(PSP)。您可以运行以下命令来确认PSP。

```
*esxcli storage nmp satp rule list -s VMW_SATAP_ALUA *
```

Name	Device	Vendor	Model	Driver	Transport	Options

VMW_SATP_ALUA		NETAPP				
reset_on_attempted_reserve						
Rule Group	Claim Options	Default PSP	PSP Options	Description		

system	tpgs_on	VMW_PSP_RR		NetApp arrays with		
ALUA support						

非ASA配置

对于非ASA配置、应具有两组具有不同优先级的路径。优先级较高的路径为主动/优化路径。这意味着它们由聚合所在的控制器提供服务。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们是从其他控制器提供的。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

示例

以下示例显示了具有两个主动 / 优化路径和两个主动 / 非优化路径的 ONTAP LUN 的正确输出。

```
*esxcli storage nmp device list -d naa.600a098038313530772b4d673979372f*
```

```
naa.600a098038313530772b4d673979372f
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038313530772b4d673979372f)
  Storage Array Type: VMW_SATP_ALUA
  Storage Array Type Device Config: {implicit_support=on;
explicit_support=off; explicit_allow=on; alua_followover=on;
action_OnRetryErrors=off;
{TPG_id=1000,TPG_state=AO}{TPG_id=1001,TPG_state=ANO}}
  Path Selection Policy: VMW_PSP_RR
  Path Selection Policy Device Config:
{policy=rr,iops=1,bytes=10485760,useANO=0; lastPathIndex=1:
NumIOsPending=0,numBytesPending=0}
  Path Selection Policy Device Custom Config:
  Working Paths: vmhba3:C0:T3:L21, vmhba4:C0:T2:L21
  Is USB: false
```

```
*esxcli storage nmp path list -d naa.600a098038313530772b4d673979372f*
```

```
fc.20000090fae0ec8e:10000090fae0ec8e-fc.201000a098dfe3d1:200b00a098dfe3d1-
naa.600a098038313530772b4d673979372f
  Runtime Name: vmhba3:C0:T2:L21
  Device: naa.600a098038313530772b4d673979372f
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038313530772b4d673979372f)
  Group State: active unoptimized
  Array Priority: 0
  Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1001,TPG_state=ANO,RTP_id=29,RTP_health=UP}
  Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.

fc.20000090fae0ec8e:10000090fae0ec8e-fc.201000a098dfe3d1:200700a098dfe3d1-
naa.600a098038313530772b4d673979372f
  Runtime Name: vmhba3:C0:T3:L21
  Device: naa.600a098038313530772b4d673979372f
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038313530772b4d673979372f)
  Group State: active
  Array Priority: 0
  Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1000,TPG_state=AO,RTP_id=25,RTP_health=UP}
```

```
Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path configuration.
```

```
fc.20000090fae0ec8f:10000090fae0ec8f-fc.201000a098dfe3d1:200800a098dfe3d1-naa.600a098038313530772b4d673979372f
```

```
Runtime Name: vmhba4:C0:T2:L21
```

```
Device: naa.600a098038313530772b4d673979372f
```

```
Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk  
(naa.600a098038313530772b4d673979372f)
```

```
Group State: active
```

```
Array Priority: 0
```

```
Storage Array Type Path Config:
```

```
{TPG_id=1000,TPG_state=AO,RTP_id=26,RTP_health=UP}
```

```
Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path configuration.
```

```
fc.20000090fae0ec8f:10000090fae0ec8f-fc.201000a098dfe3d1:200c00a098dfe3d1-naa.600a098038313530772b4d673979372f
```

```
Runtime Name: vmhba4:C0:T3:L21
```

```
Device: naa.600a098038313530772b4d673979372f
```

```
Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk  
(naa.600a098038313530772b4d673979372f)
```

```
Group State: active unoptimized
```

```
Array Priority: 0
```

```
Storage Array Type Path Config:
```

```
{TPG_id=1001,TPG_state=ANO,RTP_id=30,RTP_health=UP}
```

```
Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path configuration.
```

<stdin> 中存在未解析的指令 - include::_include/hu/reuse_hu_asa_configuration.adoc[]

```
*esxcli storage nmp device list -d naa.600a098038304759563f4e7837574653 *
```

```

naa.600a098038304759563f4e7837574453
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038304759563f4e7837574453)
  Storage Array Type: VMW_SATP_ALUA
  Storage Array Type Device Config: {implicit_support=on;
explicit_support=off; explicit_allow=on; alua_followover=on;
action_OnRetryErrors=off;
{TPG_id=1001,TPG_state=AO}{TPG_id=1000,TPG_state=AO}}
  Path Selection Policy: VMW_PSP_RR
  Path Selection Policy Device Config:
{policy=rr,iops=1,bytes=10485760,useANO=0; lastPathIndex=2:
NumIOsPending=0,numBytesPending=0}
  Path Selection Policy Device Custom Config:
  Working Paths: vmhba4:C0:T0:L9, vmhba3:C0:T1:L9, vmhba3:C0:T0:L9,
vmhba4:C0:T1:L9
  Is USB: false

```

```
*esxcli storage nmp device list -d naa.600a098038304759563f4e7837574653*
```

```

fc.20000024ff171d37:21000024ff171d37-fc.202300a098ea5e27:204a00a098ea5e27-
naa.600a098038304759563f4e7837574453
  Runtime Name: vmhba4:C0:T0:L9
  Device: naa.600a098038304759563f4e7837574453
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038304759563f4e7837574453)
  Group State: active
  Array Priority: 0
  Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1000,TPG_state=AO,RTP_id=6,RTP_health=UP}
  Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.

fc.20000024ff171d36:21000024ff171d36-fc.202300a098ea5e27:201d00a098ea5e27-
naa.600a098038304759563f4e7837574453
  Runtime Name: vmhba3:C0:T1:L9
  Device: naa.600a098038304759563f4e7837574453
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038304759563f4e7837574453)
  Group State: active
  Array Priority: 0
  Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1001,TPG_state=AO,RTP_id=3,RTP_health=UP}
  Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.

```

```

fc.20000024ff171d36:21000024ff171d36-fc.202300a098ea5e27:201b00a098ea5e27-
naa.600a098038304759563f4e7837574453
  Runtime Name: vmhba3:C0:T0:L9
  Device: naa.600a098038304759563f4e7837574453
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038304759563f4e7837574453)
  Group State: active
  Array Priority: 0
  Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1000,TPG_state=AO,RTP_id=1,RTP_health=UP}
  Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.

fc.20000024ff171d37:21000024ff171d37-fc.202300a098ea5e27:201e00a098ea5e27-
naa.600a098038304759563f4e7837574453
  Runtime Name: vmhba4:C0:T1:L9
  Device: naa.600a098038304759563f4e7837574453
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038304759563f4e7837574453)
  Group State: active
  Array Priority: 0
  Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1001,TPG_state=AO,RTP_id=4,RTP_health=UP}
  Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.

```

VVOL

虚拟卷（VVOL）是一种 VMware 对象类型，与虚拟机（VM）磁盘及其快照和快速克隆相对应。

适用于 VMware vSphere 的 ONTAP 工具包括适用于 ONTAP 的 VASA Provider，它为 VMware vCenter 提供了一个集成点，可用于利用基于 VVol 的存储。部署 ONTAP 工具 OVA 时，它会自动注册到 vCenter 服务器并启用 VASA Provider。

在使用 vCenter UI 创建 VVOLS 数据存储库时，系统会指导您创建 FlexVol 作为数据存储库的备份存储。ESXi 主机可使用协议端点 (PE) 访问 VVOLS 数据存储库中的 VVOLS。在 SAN 环境中，会在数据存储库中的每个 FlexVol 上创建一个 4 MB 的 LUN，以用作 PE。SAN PE 是管理逻辑单元 (ALU)。虚拟卷是辅助逻辑单元 (SLU)。

使用 VVOL 时，SAN 环境的标准要求和最佳实践适用，包括（但不限于）以下内容：

1. 在每个要使用的 SVM 的每个节点上至少创建一个 SAN LIF。最佳做法是，每个节点至少创建两个，但不超过所需数量。
2. 消除任何单点故障。在使用多个虚拟交换机时，在使用 NIC 绑定的不同网络子网上使用多个 VMkernel 网络接口。或者，使用连接到多个物理交换机的多个物理 NIC 来提供 HA 并提高吞吐量。
3. 根据主机连接的需要配置分区和 / 或 VLAN。
4. 确保所有必需的启动程序均已登录到所需 SVM 上的目标 LIF。



要启用 VASA Provider，您必须部署适用于 VMware vSphere 的 ONTAP 工具。VASA Provider 将为您管理所有 igroup 设置，因此无需在 VVOL 环境中创建或管理 igroup。

NetApp 不建议此时更改任何 VVOL 设置的默认值。

有关特定版本的 ONTAP 工具、请参见；有关特定版本的 vSphere 和 ONTAP、请参见 ["互操作性表工具"旧版 VASA Provider](#)。

有关配置和管理 vvol 的详细信息，请参阅适用于 VMware vSphere 的 ONTAP 工具文档以及 ["采用 ONTAP 的 VMware vSphere"](#) 和 ["使用工具的虚拟卷 \(Virtual Volume、ONTAP\) 10."](#)。

建议设置

ATS 锁定

对于与 VAAI 兼容的存储和升级的 VMFS5，ATS 锁定是 * 必填项 *。要与 ONTAP LUN 实现适当的互操作性和最佳的 VMFS 共享存储 I/O 性能，必须锁定 ATS。有关启用 ATS 锁定的详细信息，请参见 VMware 文档。

设置	Default	建议使用 ONTAP	Description
HardwareAcceleratedLocking	1.	1.	帮助启用原子测试和设置（Atomic Test and Set，ATS）锁定
磁盘 IOPS	1000	1.	IOPS 限制：轮循 PSP 默认为 IOPS 限制 1000。在这种默认情况下，发出 1000 次 I/O 操作后，将使用一个新路径。
disk.qFullSampSize	0	32	在 ESXi 开始限制之前所需的队列已满或繁忙状态计数。



为映射到 VMware vSphere 的所有 LUN 启用 space-alloc 设置，以便 UNMAP 正常工作。有关详细信息，请参见 ONTAP 文档。

子操作系统超时

您可以使用建议的子操作系统调整手动配置虚拟机。调整更新后，必须重新启动子系统，更新才能生效。

- GOS 超时值： *

子操作系统类型	超时
Linux 变体	磁盘超时 = 60
Windows	磁盘超时 = 60
Solaris	磁盘超时 = 60 繁忙重试 = 300 未就绪重试 = 300 重置重试 = 30 最大限制 = 32 最小限制 = 8

验证 vSphere 可调

使用以下命令验证 HardwareAcceleratedLocking 设置。

```
*esxcli system settings advanced list -option /VMFS3/HardwareAcceleratedLocking*
```

```
Path: /VMFS3/HardwareAcceleratedLocking
Type: integer
Int Value: 1
Default Int Value: 1
Min Value: 0
Max Value: 1
String Value:
Default String Value:
Valid Characters:
Description: Enable hardware accelerated VMFS locking (requires
compliant hardware). Please see http://kb.vmware.com/kb/2094604 before
disabling this option.
```

验证磁盘IOPS设置

使用以下命令验证 IOPS 设置。

```
*esxcli storage nmp device list -d naa.600a098038304731783f506670553355*
```

```
naa.600a098038304731783f506670553355
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038304731783f506670553355)
  Storage Array Type: VMW_SATP_ALUA
  Storage Array Type Device Config: {implicit_support=on;
explicit_support=off; explicit_allow=on; alua_followover=on;
action_OnRetryErrors=off;
{TPG_id=1000,TPG_state=ANO}{TPG_id=1001,TPG_state=AO}}
  Path Selection Policy: VMW_PSP_RR
  Path Selection Policy Device Config:
{policy=rr,iops=1,bytes=10485760,useANO=0; lastPathIndex=0:
NumIOsPending=0,numBytesPending=0}
  Path Selection Policy Device Custom Config:
  Working Paths: vmhba4:C0:T0:L82, vmhba3:C0:T0:L82
  Is USB: false
```

正在验证 QFullSampleSize

使用以下命令验证 QFullSampleSize

```
*esxcli system settings advanced list -option /Disk/QFullSampleSize*
```

```
Path: /Disk/QFullSampleSize
Type: integer
Int Value: 32
Default Int Value: 0
Min Value: 0
Max Value: 64
String Value:
Default String Value:
Valid Characters:
Description: Default I/O samples to monitor for detecting non-transient
queue full condition. Should be nonzero to enable queue depth throttling.
Device specific QFull options will take precedence over this value if set.
```

已知问题

对于采用ONTAP版本的VMware vSphere 7.x、没有已知问题。

相关信息

- ["采用ONTAP的VMware vSphere"](#)
- ["NetApp MetroCluster 支持 VMware vSphere 5.x , 6.x 和 7.x \(2031038 \)"](#)
- ["采用NetApp SnapMirror的NetApp ONTAP与VMware vSphere域域存储集群\(VMSC\)进行活动同步"](#)

将VMware vSphere 6.5和6.7与ONTAP结合使用

您可以对采用FC、FCoE和iSCSI协议的vSphere 6.5.x和6.7.x版使用ONTAP SAN主机配置设置。

虚拟机管理程序 SAN 启动

开始之前

如果您决定使用 SAN 启动，则配置必须支持它。您可以使用["互操作性表工具"](#)验证您的操作系统、HBA、HBA固件、HBA启动BIOS以及ONTAP版本是否受支持。

步骤

1. 将 SAN 启动 LUN 映射到主机。
2. 验证是否有多个可用路径。



主机操作系统启动并在多个路径上运行后、这些路径将变为可用。

3. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

4. 重新启动主机以验证启动是否成功。

多路径

ESXi提供了一个称为本机多路径插件(NMP)的可扩展多路径模块、用于管理子插件、存储阵列类型插件(Storage Array Type Plugin、SATP)和路径选择插件(Path Selection Plugins、PSP)。默认情况下, 这些 SATA 规则在 ESXi 中可用。

对于ONTAP存储、默认情况下会使用"VMW_SATP_ALUA"插件和"VMW_PSP_RR"作为路径选择策略(PSP)。您可以运行以下命令来确认PSP:

```
*esxcli storage nmp satp rule list -s VMW_SATAP_ALUA *
```

Name	Device	Vendor	Model	Driver	Transport	Options
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
VMW_SATP_ALUA		LSI	INF-01-00			
reset_on_attempted_reserve						
VMW_SATP_ALUA		NETAPP				
reset_on_attempted_reserve						
Rule Group	Claim Options	Default PSP	PSP Options	Description		
-----	-----	-----	-----	-----		
system	tpgs_on	VMW_PSP_MRU		NetApp E-Series arrays		
with ALUA support						
system	tpgs_on	MW_PSP_RR		NetApp arrays with ALUA		
support						

<stdin> 中存在未解析的指令 - include::_include/hu/reuse_hu_asa_configuration.adoc[]

```
*esxcli storage nmp device list -d naa.600a098038304759563f4e7837574653 *
```

fc.20000024ff171d37:21000024ff171d37-fc.202300a098ea5e27:204a00a098ea5e27-naa.600a098038304759563f4e7837574453
Runtime Name: vmhba4:C0:T0:L9
Device: naa.600a098038304759563f4e7837574453
Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038304759563f4e7837574453)
Group State: active
Array Priority: 0
Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1000,TPG_state=AO,RTP_id=6,RTP_health=UP}
Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path configuration.
fc.20000024ff171d36:21000024ff171d36-fc.202300a098ea5e27:201d00a098ea5e27-naa.600a098038304759563f4e7837574453
Runtime Name: vmhba3:C0:T1:L9
Device: naa.600a098038304759563f4e7837574453

```

    Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038304759563f4e7837574453)
    Group State: active
    Array Priority: 0
    Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1001,TPG_state=AO,RTP_id=3,RTP_health=UP}
    Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.

fc.20000024ff171d36:21000024ff171d36-fc.202300a098ea5e27:201b00a098ea5e27-
naa.600a098038304759563f4e7837574453
    Runtime Name: vmhba3:C0:T0:L9
    Device: naa.600a098038304759563f4e7837574453
    Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038304759563f4e7837574453)
    Group State: active
    Array Priority: 0
    Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1000,TPG_state=AO,RTP_id=1,RTP_health=UP}
    Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.

fc.20000024ff171d37:21000024ff171d37-fc.202300a098ea5e27:201e00a098ea5e27-
naa.600a098038304759563f4e7837574453
    Runtime Name: vmhba4:C0:T1:L9
    Device: naa.600a098038304759563f4e7837574453
    Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038304759563f4e7837574453)
    Group State: active
    Array Priority: 0
    Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1001,TPG_state=AO,RTP_id=4,RTP_health=UP}
    Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.

```

在上面的示例中， LUN 已从 NetApp 存储映射到 4 个路径（4 个主动优化路径）。

非ASA配置

对于非ASA配置、应具有两组具有不同优先级的路径。优先级较高的路径为主动/优化路径。这意味着它们由聚合所在的控制器提供服务。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们是从其他控制器提供的。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

示例

以下示例显示了具有两个主动 / 优化路径和两个主动 / 非优化路径的 ONTAP LUN 的正确输出。

```
*esxcli storage nmp path list -d naa.600a098038313530772b4d673979372f *
```

```

fc.20000090fae0ec8e:10000090fae0ec8e-fc.201000a098dfe3d1:200b00a098dfe3d1-
naa.600a098038313530772b4d673979372f
  Runtime Name: vmhba3:C0:T2:L21
  Device: naa.600a098038313530772b4d673979372f
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038313530772b4d673979372f)
  Group State: active unoptimized
  Array Priority: 0
  Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1001,TPG_state=ANO,RTP_id=29,RTP_health=UP}
  Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.

fc.20000090fae0ec8e:10000090fae0ec8e-fc.201000a098dfe3d1:200700a098dfe3d1-
naa.600a098038313530772b4d673979372f
  Runtime Name: vmhba3:C0:T3:L21
  Device: naa.600a098038313530772b4d673979372f
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038313530772b4d673979372f)
  Group State: active
  Array Priority: 0
  Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1000,TPG_state=AO,RTP_id=25,RTP_health=UP}
  Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.

fc.20000090fae0ec8f:10000090fae0ec8f-fc.201000a098dfe3d1:200800a098dfe3d1-
naa.600a098038313530772b4d673979372f
  Runtime Name: vmhba4:C0:T2:L21
  Device: naa.600a098038313530772b4d673979372f
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038313530772b4d673979372f)
  Group State: active
  Array Priority: 0
  Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1000,TPG_state=AO,RTP_id=26,RTP_health=UP}
  Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.

fc.20000090fae0ec8f:10000090fae0ec8f-fc.201000a098dfe3d1:200c00a098dfe3d1-
naa.600a098038313530772b4d673979372f
  Runtime Name: vmhba4:C0:T3:L21
  Device: naa.600a098038313530772b4d673979372f
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038313530772b4d673979372f)
  Group State: active unoptimized

```

```
Array Priority: 0
Storage Array Type Path Config:
{TPG_id=1001,TPG_state=ANO,RTP_id=30,RTP_health=UP}
Path Selection Policy Path Config: PSP VMW_PSP_RR does not support path
configuration.
```

在上面的示例中，LUN 已从 NetApp 存储映射到 4 个路径（2 个主动优化路径和 2 个主动 - 非优化路径）。

VVOL

虚拟卷（VVOL）是一种 VMware 对象类型，与虚拟机（VM）磁盘及其快照和快速克隆相对应。

适用于 VMware vSphere 的 ONTAP 工具包括适用于 ONTAP 的 VASA Provider，它为 VMware vCenter 提供了一个集成点，可用于利用基于 VVol 的存储。部署 ONTAP 工具 OVA 时，它会自动注册到 vCenter 服务器并启用 VASA Provider。

在使用 vCenter UI 创建 VVOLs 数据存储库时，系统会指导您创建 FlexVol 作为数据存储库的备份存储。ESXi 主机可使用协议端点 (PE) 访问 VVOLs 数据存储库中的 VVOLs。在 SAN 环境中，会在数据存储库中的每个 FlexVol volume 卷上创建一个 4 MB LUN，以用作 PE。SAN PE 是一个管理逻辑单元（ALU）；VVOL 是辅助逻辑单元（SLU）。

使用 VVOL 时，SAN 环境的标准要求和最佳实践适用，包括（但不限于）以下内容：

1. 在每个要使用的 SVM 的每个节点上至少创建一个 SAN LIF。最佳做法是，每个节点至少创建两个，但不超过所需数量。
2. 消除任何单点故障。在使用多个虚拟交换机时，在使用 NIC 绑定的不同网络子网上使用多个 VMkernel 网络接口，或者使用连接到多个物理交换机的多个物理 NIC 来提供 HA 并提高吞吐量。
3. 根据主机连接的需要配置分区和 / 或 VLAN。
4. 确保所有必需的启动程序均已登录到所需 SVM 上的目标 LIF。



要启用 VASA Provider，您必须为 VMware vSphere 部署 ONTAP 工具。VASA Provider 将为您管理所有 iGroup 设置，因此无需在 VVOLs 环境中创建或管理 iGroup。

NetApp 建议此时不要更改任何默认的虚拟卷设置。

有关特定版本的 ONTAP 工具，请参见；有关特定版本的 vSphere 和 ONTAP，请参见 ["互操作性表工具"](#) 旧版 VASA Provider。

有关配置和管理 vvol 的详细信息，请参阅适用于 VMware vSphere 的 ONTAP 工具文档以及 ["采用 ONTAP 的 VMware vSphere"](#) 和 ["使用工具的虚拟卷 \(Virtual Volume、ONTAP\) 10."](#)。

建议设置

ATS 锁定

对于与 VAAI 兼容的存储和升级的 VMFS5，ATS 锁定是 * 必填项 *。要与 ONTAP LUN 实现适当的互操作性和最佳的 VMFS 共享存储 I/O 性能，必须锁定 ATS。有关启用 ATS 锁定的详细信息，请参见 VMware 文档。

设置	Default	建议使用 ONTAP	Description
HardwareAcceleratedLocking	1.	1.	帮助启用原子测试和设置（Atomic Test and Set，ATS）锁定
磁盘 IOPS	1000	1.	IOPS 限制：轮循 PSP 默认为 IOPS 限制 1000。在这种默认情况下，发出 1000 次 I/O 操作后，将使用一个新路径。
disk.qFullSampSize	0	32	在 ESXi 开始限制之前所需的队列已满或繁忙状态计数。



为映射到 VMware vSphere 的所有 LUN 启用 space-alloc 设置，以便 UNMAP 正常工作。有关详细信息，请参见 ["ONTAP 文档"](#)。

子操作系统超时

您可以使用建议的子操作系统调整手动配置虚拟机。调整更新后，必须重新启动子系统，更新才能生效。

- GOS 超时值： *

子操作系统类型	超时
Linux 变体	磁盘超时 = 60
Windows	磁盘超时 = 60
Solaris	磁盘超时 = 60 繁忙重试 = 300 未就绪重试 = 300 重置重试 = 30 最大限制 = 32 最小限制 = 8

验证vSphere可调功能

使用以下命令验证 HardwareAcceleratedLocking 设置：

```
*esxcli system settings advanced list -option /VMFS3/HardwareAcceleratedLocking*
```

```
Path: /VMFS3/HardwareAcceleratedLocking
Type: integer
Int Value: 1
Default Int Value: 1
Min Value: 0
Max Value: 1
String Value:
Default String Value:
Valid Characters:
Description: Enable hardware accelerated VMFS locking (requires
compliant hardware). Please see http://kb.vmware.com/kb/2094604 before
disabling this option.
```

验证磁盘IOPS设置

使用以下命令验证 IOPS 设置。

```
*esxcli storage nmp device list -d naa.600a098038304731783f506670553355 *
```

```
naa.600a098038304731783f506670553355
  Device Display Name: NETAPP Fibre Channel Disk
(naa.600a098038304731783f506670553355)
  Storage Array Type: VMW_SATP_ALUA
  Storage Array Type Device Config: {implicit_support=on;
explicit_support=off; explicit_allow=on; alua_followover=on;
action_OnRetryErrors=off;
{TPG_id=1000,TPG_state=ANO}{TPG_id=1001,TPG_state=AO}}
  Path Selection Policy: VMW_PSP_RR
  Path Selection Policy Device Config:
{policy=rr,iops=1,bytes=10485760,useANO=0; lastPathIndex=0:
NumIOsPending=0,numBytesPending=0}
  Path Selection Policy Device Custom Config:
  Working Paths: vmhba4:C0:T0:L82, vmhba3:C0:T0:L82
  Is USB: false
```

验证QFullSampleSize

使用以下命令验证 QFullSampleSize

```
*esxcli system settings advanced list -option /Disk/QFullSampleSize *
```

```

Path: /Disk/QFullSampleSize
Type: integer
Int Value: 32
Default Int Value: 0
Min Value: 0
Max Value: 64
String Value:
Default String Value:
Valid Characters:
Description: Default I/O samples to monitor for detecting non-transient
queue full condition. Should be nonzero to enable queue depth throttling.
Device specific QFull options will take precedence over this value if set.

```

已知问题

具有ONTAP的VMware vSphere 6.5和6.7版本存在以下已知问题：

* 操作系统版本 *	* NetApp 错误 ID*	* 标题 *	* 问题描述 *
ESXi 6.5 和 ESXi 6.7.x	1413424	测试期间，WFC RDM LUN 失败	在所有 7- 模式 C 模式集群控制器上进行存储故障转移测试期间，在 VMware ESXi 主机上的 Windows 虚拟机（例如 Windows 2019，Windows 2016 和 Windows 2012）之间进行 Windows 故障转移集群原始设备映射失败。
ESXi 6.5.x 和 ESXi 6.7.x	1256473	在 Emulex 适配器上测试期间出现 PLOGI 问题描述	

相关信息

- ["采用ONTAP的VMware vSphere"](#)
- ["NetApp MetroCluster 支持 VMware vSphere 5.x，6.x 和 7.x（2031038）"](#)
- ["采用NetApp SnapMirror的NetApp ONTAP与VMware vSphere域域存储集群\(VMSC\)进行活动同步"](#)

HP-UX

使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 HP-UX 11i v3

HP-UX Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 HP-UX 主机提供管理和诊断工具。在 HP-UX 11i v3 主机上安装 HP-UX Host Utilities 时，您可以使用 Host Utilities 帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

配置您的主机以使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。SAN 启动是将 SAN 连接磁盘 (LUN) 设置为 HP-UX 主机的启动设备的过程。Host Utilities 支持在 HP-UX 环境中使用 FC 和 FCoE 协议进行 SAN 引导。

步骤

- 1. 使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。
- 2. 按照 HP-UX 供应商文档中有关设置 SAN 启动的最佳实践进行操作。

步骤 2：安装 HP-UX 主机实用程序

NetApp强烈建议安装 HP-UX Host Utilities 来支持ONTAP LUN 管理并协助技术支持收集配置数据。

["安装HP-UX Host Utilities 6.0"](#)

第3步：确认主机的多路径配置

使用 HP-UX 11i v3 的多路径来管理ONTAP LUN。多路径允许您在主机和存储系统之间配置多条网络路径。如果一条路径发生故障，流量仍可通过其余路径继续传输。

安装 HP-UX Host Utilities 后，请验证您是否已为ONTAP LUN 配置了NetApp推荐的设置。

关于此任务

HP-UX Host Utilities 支持本机 Microsoft 多路径 I/O (MPIO) 和 Veritas 动态多路径。以下步骤适用于 Native MPIO 解决方案。

步骤

- 1. 安装 HP-UX Host Utilities 时，会自动为ONTAP LUN 加载以下建议的默认设置。

显示参数设置

参数	使用默认值
瞬时 _ 秒	120
LEG_Mpath_enable	true
max_q_depth	8.
path_fail_secs	120
load_bal_policy	循环
已启用 la_enabled	true
ESD_secs	30 个

- 2. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
sanlun lun show
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN 的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

```
# sanlun lun show -p vs39:/vol/hpux_vol_1_1/hpux_lun

ONTAP Path: vs39:/vol/hpux_vol_1_1/hpux_lun
LUN: 2
LUN Size: 30g
Host Device: /dev/rdisk/disk25
Mode: C
Multipath Provider: None
```

host	vserver	/dev/dsk	host	vserver
path	path	filename	adapter	LIF
state	type	or hardware path		
up	primary	/dev/dsk/c4t0d2	fcd0	248_1c_hp
up	primary	/dev/dsk/c6t0d2	fcd0	246_1c_hp
up	primary	/dev/dsk/c10t0d2	fcd1	246_1d_hp
up	primary	/dev/dsk/c8t0d2	fcd1	248_1d_hp

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

```
# sanlun lun show -p vs39:/vol/vol24_3_0/lun24_0
      ONTAP Path: vs39:/vol/vol24_3_0/lun24_0
      LUN: 37
      LUN Size: 15g
      Host Device: /dev/rdisk/disk942
      Mode: C
      Multipath Policy: A/A
      Multipath Provider: Native

-----
-----
host      vservers      /dev/dsk      HP A/A
path      path      filename      host      vservers      path
failover
state      type      or hardware path adapter      LIF      priority
-----
-----
up          primary      /dev/dsk/c39t4d5      fcd0      hpux_3      0
up          primary      /dev/dsk/c41t4d5      fcd1      hpux_4      0
up          secondary    /dev/dsk/c40t4d5      fcd0      hpux_3      1
up          secondary    /dev/dsk/c42t4d5      fcd1      hpux_4      1
```

步骤 4: 查看已知问题

带有ONTAP存储版本的 HP-UX 11i v3 存在以下已知问题:

NetApp 错误 ID	标题	Description	合作伙伴 ID
1447287	在SnapMirror活动同步配置中、隔离主集群上的AUFO事件会导致HP-UX主机暂时中断	如果在SnapMirror活动同步配置中的隔离主集群上发生自动计划外故障转移(AUFO)事件、则会发生此问题描述。在 HP-UX 主机上恢复 I/O 可能需要 120 秒以上的时间,但这可能不会发生原因任何 I/O 中断或错误消息。此问题描述会导致双事件故障,因为主集群和二级集群之间的连接断开,并且主集群和调解器之间的连接也断开。与其他 AINFO 事件不同,此事件被视为罕见事件。	不适用
1344935	HP-UX 11.31主机在ASA设置中间歇性报告路径状态不正确。	报告 ASA 配置的路径问题。	不适用

NetApp 错误 ID	标题	Description	合作伙伴 ID
1306354	HP-UX LVM创建会发送块大小超过1 MB的I/O	在 ONTAP 全 SAN 阵列中强制实施 1 MB 的 SCSI 最大传输长度。要在连接到 ONTAP 全 SAN 阵列时限制 HP-UX 主机的最大传输长度，需要将 HP-UX SCSI 子系统允许的最大 I/O 大小设置为 1 MB。有关详细信息，请参见 HP-UX 供应商文档。	不适用

下一步

["了解如何使用 HP-UX Host Utilities 工具"](#)。

Oracle Linux

配置 **Oracle Linux 9.x** 以支持 **FCP** 和 **iSCSI** 以及**ONTAP**存储

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。在 Oracle Linux 9.x 主机上安装 Linux 主机实用程序后，您可以使用主机实用程序来帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用**SAN**启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。
3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装**Linux Host Utilities**

NetApp强烈建议安装Linux主机实用程序、以支持ONTAP LUN管理并协助技术支持收集配置数据。

["安装 Linux Host Utilities 8.0"](#)。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 Oracle Linux 9.x 的多路径功能来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 退出。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 `multipath.conf`、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了ONTAP LUN的Linux操作系统本机编译多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
multipath -ll
3600a098038303634722b4d59646c4436 dm-28 NETAPP,LUN C-Mode
size=10G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
|  |- 11:0:7:6   sdbz 68:208   active ready running
|  |- 11:0:11:6  sddn 71:80    active ready running
|  |- 11:0:15:6  sdfb 129:208  active ready running
|  |- 12:0:1:6   sdgp 132:80   active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

显示示例

```
multipath -ll
3600a0980383036347ffb4d59646c4436 dm-28 NETAPP,LUN C-Mode
size=10G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
|  |- 16:0:6:35  sdwb  69:624   active ready running
|  |- 16:0:5:35  sdun  66:752   active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
   |- 15:0:0:35  sda  j  66:48    active ready running
   |- 15:0:1:35  sdb  x  68:176   active ready running
```

第4步：(可选)从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除
multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID:

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如, WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分:

```
blacklist {  
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833  
    devnode   "(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"  
    devnode   "^hd[a-z]"  
    devnode   "^cciss.*"  
}
```

第5步: 自定义ONTAP LUN的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件, 特别是默认值部分中的设置, 以了解可能覆盖的设置 [多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry`` ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

```
defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product        "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker   tur
    }
}
```

第6步：查看已知问题

Oracle Linux 9.3、9.2、9.1 和 9.0 与ONTAP存储存在以下已知问题：

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1508554"	带有Emulex HBA的SAN LUN实用程序需要库软件包中的符号链接	在 SAN 主机上执行 Linux 主机实用程序 CLI 命令“sanlun fcp show adapter -v”时，命令执行失败，并显示错误消息，指出找不到主机总线适配器 (HBA) 发现所需的库依赖项：---- [root@hostname ~]# sanlun fcp show adapter -v 无法找到 /usr/lib64/libHBAAPI.so 库 请确保已安装并加载安装该库的软件包 ----

下一步是什么？

- ["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。
- 了解 ASM 镜像

自动存储管理(Automatic Storage Management、ASM)镜像可能需要更改Linux多路径设置、以使ASM能够识别问题并切换到备用故障组。ONTAP上的大多数ASM配置都使用外部冗余、这意味着数据保护由外部阵列提供、ASM不会镜像数据。某些站点使用具有正常冗余的ASM来提供双向镜像、通常在不同站点之间进行镜像。有关详细信息、请参见["基于ONTAP的Oracle数据库"](#)。

- 了解 Oracle Linux KVM 和虚拟化

Oracle Linux 可以作为 KVM 主机。这样，您就可以使用基于 Linux 内核的虚拟机 (KVM) 技术在单个物理服务器上运行多个虚拟机。您可以使用 Oracle Linux Virtualization Manager 管理和支持多个 Oracle Linux KVM 主机，该管理器基于开源 oVirt 项目构建。KVM 主机不需要对ONTAP LUN 进行显式主机配置设置。

配置 Oracle Linux 8.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。在 Oracle Linux 8.x 主机上安装 Linux 主机实用程序后，您可以使用主机实用程序来帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。
3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈建议安装Linux主机实用程序、以支持ONTAP LUN管理并协助技术支持收集配置数据。

["安装 Linux Host Utilities 8.0"](#)。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 Oracle Linux 8.x 的多路径功能来管理ONTAP LUN。



您可以使用 ["Red Hat Enterprise Linux \(RHEL\) 8.x 的推荐设置"](#) 为 Oracle Linux 8.x 配置 Red Hat 兼容内核。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 退出。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 `multipath.conf`、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了ONTAP LUN的Linux操作系统本机编译多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
multipath -ll
3600a098038303634722b4d59646c4436 dm-28 NETAPP,LUN C-Mode
size=10G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
|  |- 11:0:7:6   sdbz 68:208   active ready running
|  |- 11:0:11:6  sddn 71:80    active ready running
|  |- 11:0:15:6  sdfb 129:208  active ready running
|  |- 12:0:1:6   sdgp 132:80   active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

显示示例

```
multipath -ll
3600a0980383036347ffb4d59646c4436 dm-28 NETAPP,LUN C-Mode
size=10G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
|  |- 16:0:6:35 sdwb 69:624   active ready running
|  |- 16:0:5:35 sdun 66:752   active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
   |- 15:0:0:35 sdaj 66:48    active ready running
   |- 15:0:1:35 sdbx 68:176   active ready running
```

第4步：(可选)从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除 `multipath.conf`。

步骤

1. 确定WWID：

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如，WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分：

```
blacklist {
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833
    devnode   "^(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"
    devnode   "^hd[a-z]"
    devnode   "^cciss.*"
}
```

第5步：自定义ONTAP LUN的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的`zas`来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件，特别是默认值部分中的设置，以了解可能覆盖的设置[多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry`` ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

```

defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product       "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker   tur
    }
}

```

第6步：查看已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

- ["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。
- 了解 ASM 镜像

自动存储管理(Automatic Storage Management、ASM)镜像可能需要更改Linux多路径设置、以使ASM能够识别问题并切换到备用故障组。ONTAP上的大多数ASM配置都使用外部冗余、这意味着数据保护由外部阵列提供、ASM不会镜像数据。某些站点使用具有正常冗余的ASM来提供双向镜像、通常在不同站点之间进行镜像。有关详细信息、请参见["基于ONTAP的Oracle数据库"](#)。

- 了解 Oracle Linux KVM 和虚拟化

Oracle Linux 可以作为 KVM 主机。这样，您就可以使用基于 Linux 内核的虚拟机 (KVM) 技术在单个物理服务器上运行多个虚拟机。您可以使用 Oracle Linux Virtualization Manager 管理和支持多个 Oracle Linux KVM 主机，该管理器基于开源 oVirt 项目构建。KVM 主机不需要对ONTAP LUN 进行显式主机配置设置。

普罗克斯莫克斯

配置 Proxmox VE 9.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

配置 Proxmox VE 9.x 以实现多路径，并为与ONTAP存储的 FCP 和 iSCSI 协议操作设置特定的参数和设置。

FCP 和 iSCSI 与 Proxmox VE 9.x 存在以下已知限制：

- Linux 主机实用程序不支持 Proxmox VE 9.x 操作系统。
- 不支持 SAN 启动配置。

步骤 1: 确认主机的多路径配置

您可以使用 Proxmox VE 9.x 的多路径功能来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 退出。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 `multipath.conf`、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了ONTAP LUN的Linux操作系统本机编译多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	"总是"
硬件处理程序	"1"
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. (可选) 覆盖默认值 `find\_multipaths` 用于确保 multipathd 正确发现和管理ONTAP LUN 的参数:

a. 放 find_multipaths 在默认值部分设置为“否” `/etc/multipath.conf`:

```
defaults {
    find_multipaths "no"
}
```

b. 重新加载多路径服务:

```
systemctl reload multipathd
```



默认情况下，Proxmox OS 原生多路径配置集 `find\_multipaths` 设置为“严格”，并带有空零字节 `/etc/multipath.conf` 每次启动主机时都会运行配置文件。这可以防止主机发现新出现的ONTAP LUN 作为多路径设备，这意味着它们不会自动出现在多路径控制之下。每次重启后，现有的ONTAP LUN 仍保持被发现状态并处于多路径控制之下。

5. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中、一个ONTAP LUN不应需要超过四个路径。如果路径数超过四个、则可能会在存储故障期间导致路径出现问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
multipath -ll
3600a098038315071592b59713261566d dm-38 NETAPP,LUN C-Mode
size=100G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
  |- 8:0:0:7 sdbv 68:144 active ready running
  |- 9:0:0:7 sdbx 68:176 active ready running
  |- 6:0:0:7 sdbz 68:80 active ready running
  `-- 7:0:0:7 sdbt 68:112 active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两条活动/优化路径和两条活动/非优化路径的ONTAP LUN 的输出：

显示示例

```
multipath -ll
3600a0980383149764b5d567257516273 dm-0 NETAPP,LUN C-Mode
size=150G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| |- 16:0:3:0 sdcg 69:64 active ready running
| `-- 10:0:0:0 sdb 8:16 active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
  |- 10:0:1:0 sdc 8:32 active ready running
  `-- 16:0:2:0 sdcf 69:48 active ready running
```

步骤 2：（可选）从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除
multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID:

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如, WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分:

```
blacklist {  
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833  
    devnode   "(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st) [0-9] *"  
    devnode   "^hd[a-z] "  
    devnode   "^cciss.*"  
}
```

步骤 3: 自定义ONTAP LUN 的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件, 特别是默认值部分中的设置, 以了解可能覆盖的设置 [多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry`` ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

```
defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product        "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker   tur
    }
}
```

步骤 4: 查看已知问题

没有已知问题。

配置 Proxmox VE 8.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

配置 Proxmox VE 8.x 以实现多路径，并为与ONTAP存储的 FCP 和 iSCSI 协议操作设置特定的参数和设置。

FCP 和 iSCSI 与 Proxmox VE 8.x 存在以下已知限制：

- Linux 主机实用程序不支持 Proxmox VE 8.x 操作系统。
- 不支持 SAN 启动配置。

步骤 1: 确认主机的多路径配置

您可以使用 Proxmox VE 8.x 的多路径功能来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 退出。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 multipath.conf、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了ONTAP LUN的Linux操作系统本机编译多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	"总是"
硬件处理程序	"1"
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. （可选）覆盖默认值 `find_multipaths` 用于确保 `multipathd` 正确发现和管理ONTAP LUN 的参数：
 - a. 放 `find_multipaths` 在默认值部分设置为“否” `/etc/multipath.conf` :

```
defaults {  
    find_multipaths "no"  
}
```

b. 重新加载多路径服务：

```
systemctl reload multipathd
```



默认情况下，Proxmox OS 原生多路径配置集 `find\_multipaths` 设置为“严格”，并带有空零字节 `/etc/multipath.conf` 每次启动主机时都会运行配置文件。这可以防止主机发现新出现的ONTAP LUN 作为多路径设备，这意味着它们不会自动出现在多路径控制之下。每次重启后，现有的ONTAP LUN 仍保持被发现状态并处于多路径控制之下。

5. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中、一个ONTAP LUN不应需要超过四个路径。如果路径数超过四个、则可能会在存储故障期间导致路径出现问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
multipath -ll
3600a098038315071592b59713261566d dm-38 NETAPP,LUN C-Mode
size=100G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
  |- 8:0:0:7 sdbv 68:144 active ready running
  |- 9:0:0:7 sdbx 68:176 active ready running
  |- 6:0:0:7 sdbz 68:80 active ready running
  `-- 7:0:0:7 sdbt 68:112 active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两条活动/优化路径和两条活动/非优化路径的ONTAP LUN 的输出：

显示示例

```
multipath -ll
3600a0980383149764b5d567257516273 dm-0 NETAPP,LUN C-Mode
size=150G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| |- 16:0:3:0 sdcg 69:64 active ready running
| `-- 10:0:0:0 sdb 8:16 active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
  |- 10:0:1:0 sdc 8:32 active ready running
  `-- 16:0:2:0 sdcf 69:48 active ready running
```

步骤 2：（可选）从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除
multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID:

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如, WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分:

```
blacklist {  
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833  
    devnode   "^(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"  
    devnode   "^hd[a-z]"  
    devnode   "^cciss.*"  
}
```

步骤 3: 自定义ONTAP LUN 的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件, 特别是默认值部分中的设置, 以了解可能覆盖的设置 [多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry`` ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

```
defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product        "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker   tur
    }
}
```

步骤 4: 查看已知问题

没有已知问题。

RHEL

配置 RHEL 10.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。在 Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 10.x 主机上安装 Linux 主机实用程序后，您可以使用主机实用程序来帮助管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步: (可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈建议安装Linux主机实用程序、以支持ONTAP LUN管理并协助技术支持收集配置数据。

"安装 Linux Host Utilities 8.0"。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 RHEL 10.x 的多路径功能来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 退出。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 `multipath.conf`、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了ONTAP LUN的Linux操作系统本机编译多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

```
# multipath -ll
3600a098038314e535a24584e4b496252 dm-32 NETAPP,LUN C-Mode
size=10G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
  |- 11:0:0:41 sdan 66:112 active ready running
  |- 11:0:1:41 sdcb 68:240 active ready running
  |- 14:0:2:41 sdfd 129:240 active ready running
  `-- 14:0:0:41 sddp 71:112 active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

```
# multipath -ll
3600a0980383149764b5d567257516273 dm-0 NETAPP,LUN C-Mode
size=150G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| |- 16:0:3:0 sdcg 69:64 active ready running
| `-- 10:0:0:0 sdb 8:16 active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
  |- 10:0:1:0 sdc 8:32 active ready running
  `-- 16:0:2:0 sdcf 69:48 active ready running
```

第4步：(可选)从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除
multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID：

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如，WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分:

```
blacklist {
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833
    devnode   "^(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"
    devnode   "^hd[a-z]"
    devnode   "^cciss.*"
}
```

第5步：自定义ONTAP LUN的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件，特别是默认值部分中的设置，以了解可能覆盖的设置 [多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry``、ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

显示示例

```
defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product        "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker   tur
    }
}
```

第6步：查看已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

- ["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。
- 了解 ASM 镜像

自动存储管理(Automatic Storage Management、ASM)镜像可能需要更改Linux多路径设置、以使ASM能够识别问题并切换到备用故障组。ONTAP上的大多数ASM配置都使用外部冗余、这意味着数据保护由外部阵列提供、ASM不会镜像数据。某些站点使用具有正常冗余的ASM来提供双向镜像、通常在不同站点之间进行镜像。有关详细信息、请参见["基于ONTAP的Oracle数据库"](#)。

- 了解红帽Linux虚拟化 (KVM)

Red Hat Linux 可以作为 KVM 主机。这样，您就可以使用基于 Linux 内核的虚拟机 (KVM) 技术在单个物理服务器上运行多个虚拟机。KVM 主机不需要对ONTAP LUN 进行显式主机配置设置。

配置 RHEL 9.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。在 Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 9.x 主机上安装 Linux 主机实用程序后，您可以使用主机实用程序来帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈建议安装Linux主机实用程序、以支持ONTAP LUN管理并协助技术支持收集配置数据。

["安装 Linux Host Utilities 8.0"](#)。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 RHEL 9.x 的多路径功能来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 退出。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 `multipath.conf`、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了ONTAP LUN的Linux操作系统本机编译多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
multipath -ll
3600a098038314c4a433f577471797958 dm-2 NETAPP,LUN C-Mode
size=180G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| - 14:0:0:0 sdc 8:32 active ready running
| - 17:0:0:0 sdas 66:192 active ready running
| - 14:0:3:0 sdar 66:176 active ready running
`- 17:0:3:0 sdch 69:80 active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

显示示例

```
multipath -ll
3600a0980383149764b5d567257516273 dm-0 NETAPP,LUN C-Mode
size=150G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| | - 16:0:3:0 sdcg 69:64 active ready running
| ` - 10:0:0:0 sdb 8:16 active ready running
`+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
| - 10:0:1:0 sdc 8:32 active ready running
`- 16:0:2:0 sdcf 69:48 active ready running
```

第4步：(可选)从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除
multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID:

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如, WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分:

```
blacklist {  
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833  
    devnode   "(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"  
    devnode   "^hd[a-z]"  
    devnode   "^cciss.*"  
}
```

第5步: 自定义ONTAP LUN的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件, 特别是默认值部分中的设置, 以了解可能覆盖的设置 [多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry`` ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

显示示例

```
defaults {  
    path_checker      readsector0  
    no_path_retry     fail  
}  
  
devices {  
    device {  
        vendor        "NETAPP"  
        product       "LUN"  
        no_path_retry queue  
        path_checker  tur  
    }  
}
```

第6步：查看已知问题

RHEL 9.x 与ONTAP存储存在以下已知问题。

9.3.

NetApp 错误 ID	标题	Description	IRA ID
"1508554"	NetApp Linux主机实用程序命令行界面需要具有其他库软件包依赖关系、才能支持Emulex主机总线适配器(HBA)适配器发现	在RHEL 9.x中、NetApp Linux SAN主机实用程序命令行界面 `sanlun fcp show adapter -v` 会失败、因为找不到支持Emulex主机总线适配器(HBA)发现的库软件包依赖项。	不适用
"1593771"	在存储移动操作期间、Red Hat Enterprise Linux 9.3 QLogic SAN主机会丢失部分多路径	在ONTAP存储控制器接管操作期间、多路径中有一半应关闭或切换到故障转移模式、然后在恢复工作流程期间恢复到完整路径计数。但是、对于Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 9.3 QLogic主机、在执行存储故障转移恢复操作后、只会恢复部分多路径。	RHEL 17811

9.2.

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1508554"	要支持Emulex HBA适配器发现、NetApp Linux Host Utilities CLI需要其他库软件包依赖项	在RHEL 9.2中、NetApp Linux SAN主机实用程序命令行界面 `sanlun fcp show adapter -v` 会失败、因为找不到支持HBA发现的库软件包依赖关系。
"1537359"	使用Emulex HBA启动Red Hat Linux 9.2 SAN的主机遇到停滞的任务、从而导致内核中断	在存储故障转移交还操作期间、使用Emulex主机总线适配器(HBA)启动Red Hat Linux 9.2 SAN的主机遇到停滞的任务、从而导致内核中断。内核中断会导致操作系统重新启动、如果发生这种情况 kdump 配置、则会生成 vmcore 文件 /var/crash/ 目录。正在使用对问题描述进行分类 lpfc 驱动程序、但无法一致地复制。

9.1

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1508554"	要支持Emulex HBA适配器发现、NetApp Linux Host Utilities CLI需要其他库软件包依赖项	在RHEL 9.1中、NetApp Linux SAN主机实用程序命令行界面 `sanlun fcp show adapter -v` 会失败、因为找不到支持HBA发现的库软件包依赖关系。

下一步是什么？

- [了解如何使用Linux Host Utilities工具](#)。
- 了解 ASM 镜像

自动存储管理(Automatic Storage Management、ASM)镜像可能需要更改Linux多路径设置、以使ASM能够

识别问题并切换到备用故障组。ONTAP上的大多数ASM配置都使用外部冗余、这意味着数据保护由外部阵列提供、ASM不会镜像数据。某些站点使用具有正常冗余的ASM来提供双向镜像、通常在不同站点之间进行镜像。有关详细信息、请参见["基于ONTAP的Oracle数据库"](#)。

- 了解红帽Linux虚拟化 (KVM)

Red Hat Linux 可以作为 KVM 主机。这样，您就可以使用基于 Linux 内核的虚拟机 (KVM) 技术在单个物理服务器上运行多个虚拟机。KVM 主机不需要对ONTAP LUN 进行显式主机配置设置。

配置 RHEL 8.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。在 Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 8.x 主机上安装 Linux 主机实用程序后，您可以使用主机实用程序来帮助管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#) (英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈建议安装Linux主机实用程序、以支持ONTAP LUN管理并协助技术支持收集配置数据。

["安装 Linux Host Utilities 8.0"](#)。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 RHEL 8.x 的多路径功能来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 退出。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 multipath.conf、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了ONTAP LUN的Linux操作系统本机编译多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
multipath -ll
3600a098038314c4a433f577471797958 dm-2 NETAPP,LUN C-Mode
size=180G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| - 14:0:0:0 sdc 8:32 active ready running
| - 17:0:0:0 sdas 66:192 active ready running
| - 14:0:3:0 sdar 66:176 active ready running
`- 17:0:3:0 sdch 69:80 active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

显示示例

```
multipath -ll
3600a0980383149764b5d567257516273 dm-0 NETAPP,LUN C-Mode
size=150G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| | - 16:0:3:0 sdcg 69:64 active ready running
| ` - 10:0:0:0 sdb 8:16 active ready running
`+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
| - 10:0:1:0 sdc 8:32 active ready running
`- 16:0:2:0 sdcf 69:48 active ready running
```

第4步：(可选)从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID:

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如, WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分:

```
blacklist {
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833
    devnode   "(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"
    devnode   "^hd[a-z]"
    devnode   "^cciss.*"
}
```

第5步: 自定义ONTAP LUN的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件, 特别是默认值部分中的设置, 以了解可能覆盖的设置 [多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry`` ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

显示示例

```
defaults {  
    path_checker      readsector0  
    no_path_retry     fail  
}  
  
devices {  
    device {  
        vendor        "NETAPP"  
        product       "LUN"  
        no_path_retry queue  
        path_checker  tur  
    }  
}
```

第6步：查看已知问题

RHEL 8.x 与ONTAP存储存在以下已知问题。

8.1

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1275843"	在存储故障转移操作期间，使用 QLogic QLE2672 16 Gb FC HBA 的 Red Hat Enterprise Linux 8.1 可能会发生内核中断	在使用 QLogic QLE2672 光纤通道（FC）主机总线适配器（HBA）的 Red Hat Enterprise Linux 8.1 内核上执行存储故障转移操作期间，可能会发生内核中断。内核中断会导致 Red Hat Enterprise Linux 8.1 重新启动，从而导致应用程序中断。如果启用了 kdump 机制，则内核中断会生成位于 /var/crash/ 目录中的 vmcore 文件。您可以检查 vmcore 文件以确定中断的发生原因。QLogic QLE2672 HBA 事件的存储故障转移会影响 "kmem_cache_alloc+131" 模块。您可以通过查找以下字符串在 vmcore 文件中查找此事件： "[Exception RIP : kmem_cache_alloc +131]" 内核中断后，重新启动主机操作系统并恢复操作系统。然后重新启动应用程序
"1275838"	在存储故障转移操作期间，使用 QLogic QLE2742 32 Gb FC HBA 的 Red Hat Enterprise Linux 8.1 会发生内核中断	在使用 QLogic QLE2742 光纤通道（FC）主机总线适配器（HBA）的 Red Hat Enterprise Linux 8.1 内核上执行存储故障转移操作期间，发生内核中断。内核中断会导致 Red Hat Enterprise Linux 8.1 重新启动，从而导致应用程序中断。如果启用了 kdump 机制，则内核中断会生成位于 /var/crash/ 目录中的 vmcore 文件。您可以检查 vmcore 文件以确定中断的发生原因。发生 QLogic QLE2742 HBA 事件的存储故障转移会影响 "kmem_cache_alloc +131" 模块。您可以通过查找以下字符串在 vmcore 文件中查找此事件： "[Exception RIP : kmem_cache_alloc +131]" 内核中断后，重新启动主机操作系统并恢复操作系统。然后重新启动应用程序。
"1266250"	在 iSCSI SAN LUN 上安装 Red Hat Enterprise Linux 8.1 期间，登录到多个路径失败	在 iSCSI SAN LUN 多路径设备上安装 Red Hat Enterprise Linux 8.1 期间，无法登录到多个路径。无法在多路径 iSCSI 设备上安装，并且 SAN 启动设备上未启用多路径服务。

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1238719"	存储故障转移操作期间，使用 QLogic QLE2672 16 Gb FC 的 RHEL8 上的内核中断	在使用 QLogic QLE2672 主机总线适配器（HBA）的 Red Hat Enterprise Linux（RHEL）8 内核上执行存储故障转移操作期间，可能会发生内核中断。内核中断会导致操作系统重新启动。重新启动会导致应用程序中断，如果配置了 kdump，则会在 /var/crash/directory 下生成 vmcore 文件。使用 vmcore 文件确定故障的发生原因。在这种情况下，中断发生在 "kmem_cache_alloc+160" 模块中。它会使用以下字符串记录在 vmcore 文件中： "[异常 RIP： kmem_cache_alloc+160]"。重新启动主机操作系统以恢复操作系统，然后重新启动应用程序。
"1226783"	如果在所有光纤通道（FC）主机总线适配器（HBA）上映射了 204 个以上的 SCSI 设备，则 RHEL8 操作系统将启动至 " 紧急模式 "	如果在操作系统重新启动过程中将主机映射到 204 个以上的 SCSI 设备，RHEL8 操作系统将无法启动到 " 正常模式 " 并进入 " 紧急模式 "。这会导致大多数主机服务变得不可用。
"1230882"	在 RHEL8 安装期间，无法在 iSCSI 多路径设备上创建分区。	在 RHEL 8 安装期间，磁盘选择中未列出 iSCSI SAN LUN 多路径设备。因此，SAN 启动设备上未启用多路径服务。
"12359998"	rescan-scsi-bus.sh -a 命令扫描的设备不超过 328 个	如果 Red Hat Enterprise Linux 8 主机映射的 SCSI 设备超过 328 个，则主机操作系统命令 rescan-scsi-bus.sh -a 仅会扫描 328 个设备。主机不会发现任何剩余的映射设备。
"1231087"	在存储故障转移操作期间，使用 Emulex LPe16002 16 Gb FC 的 RHEL8 上的远程端口传输到阻止状态	在存储故障转移操作期间，使用 Emulex LPe16002 16 Gb 光纤通道（FC）的 RHEL8 上的远程端口传输到阻止状态。当存储节点恢复到最佳状态时，LIF 也会启动，并且远程端口状态应显示为联机。有时，远程端口状态可能会继续显示为 " 已阻止 " 或 " 不存在 "。此状态可能会导致多路径层的 LUN 路径出现 " 故障 "

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1231098"	在存储故障转移操作期间，使用 Emulex LPe32002 32 Gb FC 的 RHEL8 上的远程端口传输到 Blocked 状态	在存储故障转移操作期间，使用 Emulex LPe32002 32 GB 光纤通道（FC）的 RHEL8 上的远程端口传输到阻止状态。当存储节点恢复到最佳状态时，LIF 也会启动，并且远程端口状态应显示为联机。有时，远程端口状态可能会继续显示为 "已阻止" 或 "不存在"。此状态可能会导致多路径层的 LUN 路径出现 "故障"。

下一步是什么？

- ["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。
- 了解 ASM 镜像

自动存储管理(Automatic Storage Management、ASM)镜像可能需要更改Linux多路径设置、以使ASM能够识别问题并切换到备用故障组。ONTAP上的大多数ASM配置都使用外部冗余、这意味着数据保护由外部阵列提供、ASM不会镜像数据。某些站点使用具有正常冗余的ASM来提供双向镜像、通常在不同站点之间进行镜像。有关详细信息、请参见["基于ONTAP的Oracle数据库"](#)。

- 了解红帽Linux虚拟化（KVM）

Red Hat Linux 可以作为 KVM 主机。这样，您就可以使用基于 Linux 内核的虚拟机 (KVM) 技术在单个物理服务器上运行多个虚拟机。KVM 主机不需要对ONTAP LUN 进行显式主机配置设置。

落基Linux

配置 Rocky Linux 10.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。在 Rocky Linux 10.x 主机上安装 Linux 主机实用程序后，您可以使用主机实用程序来帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈建议安装Linux主机实用程序、以支持ONTAP LUN管理并协助技术支持收集配置数据。

"安装 [Linux Host Utilities 8.0](#)"。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 Rocky Linux 10.x 的多路径功能来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 退出。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 multipath.conf、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了ONTAP LUN的Linux操作系统本机编译多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

```
# multipath -ll
3600a098038314e535a24584e4b496252 dm-32 NETAPP,LUN C-Mode
size=10G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
  |- 11:0:0:41 sdan 66:112 active ready running
  |- 11:0:1:41 sdcb 68:240 active ready running
  |- 14:0:2:41 sdfd 129:240 active ready running
  `-- 14:0:0:41 sddp 71:112 active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

```
# multipath -ll
3600a0980383149764b5d567257516273 dm-0 NETAPP,LUN C-Mode
size=150G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| |- 16:0:3:0 sdcg 69:64 active ready running
| `-- 10:0:0:0 sdb 8:16 active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
  |- 10:0:1:0 sdc 8:32 active ready running
  `-- 16:0:2:0 sdcf 69:48 active ready running
```

第4步：(可选)从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除
multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID：

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如，WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分:

```
blacklist {
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833
    devnode   "^(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"
    devnode   "^hd[a-z]"
    devnode   "^cciss.*"
}
```

第5步：自定义ONTAP LUN的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件，特别是默认值部分中的设置，以了解可能覆盖的设置 [多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry``、ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

显示示例

```
defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product        "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker   tur
    }
}
```

第6步：查看已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

- ["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。
- 了解 ASM 镜像

自动存储管理(Automatic Storage Management、ASM)镜像可能需要更改Linux多路径设置、以使ASM能够识别问题并切换到备用故障组。ONTAP上的大多数ASM配置都使用外部冗余、这意味着数据保护由外部阵列提供、ASM不会镜像数据。某些站点使用具有正常冗余的ASM来提供双向镜像、通常在不同站点之间进行镜像。有关详细信息、请参见["基于ONTAP的Oracle数据库"](#)。

- 了解 Rocky Linux 虚拟化 (KVM)

Rocky Linux 可以作为 KVM 主机。这样，您就可以使用基于 Linux 内核的虚拟机 (KVM) 技术在单个物理服务器上运行多个虚拟机。KVM 主机不需要对ONTAP LUN 进行显式主机配置设置。

配置 Rocky Linux 9.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。在 Rocky Linux 9.x 主机上安装 Linux 主机实用程序后，您可以使用主机实用程序来帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈建议安装Linux主机实用程序、以支持ONTAP LUN管理并协助技术支持收集配置数据。

["安装 Linux Host Utilities 8.0"](#)。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 Rocky Linux 9.x 的多路径功能来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 退出。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 `multipath.conf`、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了ONTAP LUN的Linux操作系统本机编译多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
multipath -ll
3600a098038314c4a433f577471797958 dm-2 NETAPP,LUN C-Mode
size=180G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
  |- 14:0:0:0 sdc 8:32 active ready running
  |- 17:0:0:0 sdas 66:192 active ready running
  |- 14:0:3:0 sdar 66:176 active ready running
  `-- 17:0:3:0 sdch 69:80 active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

显示示例

```
multipath -ll
3600a0980383149764b5d567257516273 dm-0 NETAPP,LUN C-Mode
size=150G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| |- 16:0:3:0 sdcg 69:64 active ready running
| `-- 10:0:0:0 sdb 8:16 active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
  |- 10:0:1:0 sdc 8:32 active ready running
  `-- 16:0:2:0 sdcf 69:48 active ready running
```

第4步：(可选)从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除
multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID:

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如, WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分:

```
blacklist {  
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833  
    devnode   "(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"  
    devnode   "^hd[a-z]"  
    devnode   "^cciss.*"  
}
```

第5步: 自定义ONTAP LUN的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件, 特别是默认值部分中的设置, 以了解可能覆盖的设置 [多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry`` ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

显示示例

```
defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product       "LUN"
        no_path_retry queue
        path_checker  tur
    }
}
```

第6步：查看已知问题

Rocky Linux 9.x 与ONTAP存储存在以下已知问题。

9.3.

NetApp 错误 ID	标题	Description	IRA ID
"1508554"	NetApp Linux主机实用程序命令行界面需要具有其他库软件包依赖关系、才能支持Emulex主机总线适配器(HBA)适配器发现	在RHEL 9.x中、NetApp Linux SAN主机实用程序命令行界面 `sanlun fcp show adapter -v` 会失败、因为找不到支持Emulex主机总线适配器(HBA)发现的库软件包依赖项。	不适用
"1593771"	在存储移动操作期间、Red Hat Enterprise Linux 9.3 QLogic SAN主机会丢失部分多路径	在ONTAP存储控制器接管操作期间、多路径中有一半应关闭或切换到故障转移模式、然后在恢复工作流程期间恢复到完整路径计数。但是、对于Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 9.3 QLogic主机、在执行存储故障转移恢复操作后、只会恢复部分多路径。	RHEL 17811

9.2.

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1508554"	要支持Emulex HBA适配器发现、NetApp Linux Host Utilities CLI需要其他库软件包依赖项	在RHEL 9.2中、NetApp Linux SAN主机实用程序命令行界面 `sanlun fcp show adapter -v` 会失败、因为找不到支持HBA发现的库软件包依赖关系。
"1537359"	使用Emulex HBA启动Red Hat Linux 9.2 SAN的主机遇到停滞的任务、从而导致内核中断	在存储故障转移交还操作期间、使用Emulex主机总线适配器(HBA)启动Red Hat Linux 9.2 SAN的主机遇到停滞的任务、从而导致内核中断。内核中断会导致操作系统重新启动、如果发生这种情况 kdump 配置、则会生成 vmcore 文件 /var/crash/ 目录。正在使用对问题描述进行分类 lpfc 驱动程序、但无法一致地复制。

9.1

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1508554"	要支持Emulex HBA适配器发现、NetApp Linux Host Utilities CLI需要其他库软件包依赖项	在 Rocky Linux 9.1 中，NetApp Linux SAN Host Utilities CLI `sanlun fcp show adapter -v` 失败，因为找不到支持 HBA 发现的库包依赖项。

下一步是什么？

- [了解如何使用Linux Host Utilities工具](#)。
- 了解 ASM 镜像

自动存储管理(Automatic Storage Management、ASM)镜像可能需要更改Linux多路径设置、以使ASM能够

识别问题并切换到备用故障组。ONTAP上的大多数ASM配置都使用外部冗余、这意味着数据保护由外部阵列提供、ASM不会镜像数据。某些站点使用具有正常冗余的ASM来提供双向镜像、通常在不同站点之间进行镜像。有关详细信息、请参见["基于ONTAP的Oracle数据库"](#)。

- 了解 Rocky Linux 虚拟化 (KVM)

Rocky Linux 可以作为 KVM 主机。这样，您就可以使用基于 Linux 内核的虚拟机 (KVM) 技术在单个物理服务器上运行多个虚拟机。KVM 主机不需要对ONTAP LUN 进行显式主机配置设置。

配置 Rocky Linux 8.x 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。在 Rocky Linux 8.x 主机上安装 Linux 主机实用程序后，您可以使用主机实用程序来帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈建议安装Linux主机实用程序、以支持ONTAP LUN管理并协助技术支持收集配置数据。

["安装 Linux Host Utilities 8.0"](#)。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 Rocky Linux 8.x 的多路径功能来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 存在：

```
ls /etc/multipath.conf
```

如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 `multipath.conf`、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为主机操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了Linux操作系统为ONTAP LUN编译的本机多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

```
# multipath -ll
3600a098038314c4a433f577471797958 dm-2 NETAPP,LUN C-Mode
size=180G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
  |- 14:0:0:0   sdc  8:32   active ready running
  |- 17:0:0:0   sdas 66:192 active ready running
  |- 14:0:3:0   sdar 66:176 active ready running
  `-- 17:0:3:0   sdch 69:80   active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

```
# multipath -ll
3600a0980383149764b5d567257516273 dm-0 NETAPP,LUN C-Mode
size=150G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| |- 16:0:3:0   sdcg 69:64   active ready running
| `-- 10:0:0:0   sdb  8:16   active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
  |- 10:0:1:0   sdc  8:32   active ready running
  `-- 16:0:2:0   sdcf 69:48   active ready running
```

第4步：(可选)从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除
multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID：

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如，WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分:

```
blacklist {
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833
    devnode   "^(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"
    devnode   "^hd[a-z]"
    devnode   "^cciss.*"
}
```

第5步：自定义ONTAP LUN的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件，特别是默认值部分中的设置，以了解可能覆盖的设置 [多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry``、ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

显示示例

```
defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product        "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker   tur
    }
}
```

第6步：查看已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

- ["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。
- 了解 ASM 镜像

自动存储管理(Automatic Storage Management、ASM)镜像可能需要更改Linux多路径设置、以使ASM能够识别问题并切换到备用故障组。ONTAP上的大多数ASM配置都使用外部冗余、这意味着数据保护由外部阵列提供、ASM不会镜像数据。某些站点使用具有正常冗余的ASM来提供双向镜像、通常在不同站点之间进行镜像。有关详细信息、请参见["基于ONTAP的Oracle数据库"](#)。

- 了解 Rocky Linux 虚拟化 (KVM)

Rocky Linux 可以作为 KVM 主机。这样，您就可以使用基于 Linux 内核的虚拟机 (KVM) 技术在单个物理服务器上运行多个虚拟机。KVM 主机不需要对ONTAP LUN 进行显式主机配置设置。

Solaris

使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Solaris 11.4

Solaris Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Solaris 主机提供管理和诊断工具。在 Solaris 11.4 主机上安装 Solaris Host Utilities 时，您可以使用 Host Utilities 帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以配置主机以使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。如果您的配置不支持 SAN 启动，您可以使用本地启动。

SAN 启动

SAN 启动是将 SAN 连接磁盘 (LUN) 设置为 Solaris 主机的启动设备的过程。您可以设置 SAN 启动 LUN，以在使用 FC 协议并运行 Solaris Host Utilities 的 Solaris MPxIO 环境中工作。设置 SAN 启动 LUN 的方法取决于您的卷管理器和文件系统。

步骤

1. 使用["互操作性表工具"](#)验证您的 Solaris 操作系统、协议和ONTAP版本是否支持 SAN 启动。
2. 按照 Solaris 供应商文档中有关设置 SAN 启动的最佳实践进行操作。

本地启动

通过在本地硬盘上安装 Solaris OS 执行本地引导，例如，安装在 SSD、SATA 或 RAID 上。

步骤 2：安装 Solaris 主机实用程序

NetApp强烈建议安装 Solaris Host Utilities 来支持ONTAP LUN 管理并协助技术支持收集配置数据。



安装 Solaris Host Utilities 会更改 Solaris 主机上的某些超时设置。

"安装 Solaris Host Utilities 8.0"。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 Solaris 11.4 的多路径来管理ONTAP LUN。

多路径使您能够在主机和存储系统之间配置多条网络路径。如果一条路径发生故障，流量仍可通过其余路径继续传输。对于 Solaris 11.4 和 SPARC 系统，Oracle Solaris I/O 多路径 (MPxIO) 默认启用。

为确保为您的主机正确配置多路径和建议的超时参数，请验证您是否使用了NetApp为ONTAP LUN 推荐的设置。

步骤

1. 如果您的主机配置了 FC，请验证 `/kernel/drv/fp.conf`` 设置为 ``mpxio-disable="no"`。
2. Solaris Host Utilities 加载NetApp针对 SPARC 和 x86_64 处理器推荐的参数设置。

显示参数设置

参数	价值
throttle_max	8.
not_ready_retries	300
busy_retries	30 个
reset_retries	30 个
throttle_min	2.
timeout_retries	10
物理块大小	4096
磁盘排序	false
缓存非易失性	true

有关 Solaris 11.4 系统设置的其他信息，请参阅 Oracle 支持 DOC ID：2595926.1。

3. 如果您的存储配置包括MetroCluster、Oracle Solaris 虚拟化或SnapMirror活动同步，请更改默认设置：

MetroCluster

默认情况下，如果到 LUN 的所有路径都丢失，Solaris OS 将在 **20 秒** 后无法执行 I/O 操作。这是由 ``fcp_offline_delay`` 范围。默认值为 ``fcp_offline_delay`` 适用于标准 ONTAP 集群。但是，在 MetroCluster 配置中，您必须增加 ``fcp_offline_delay`` 至 **120 秒**，以确保 I/O 在操作期间不会过早超时，包括计划外的故障转移。

有关 MetroCluster 默认设置的其他信息和建议更改，请参阅知识库文章 ["MetroCluster 配置中的 Solaris 主机支持注意事项"](#)。

Oracle Solaris 虚拟化

- Solaris 虚拟化选项包括 Solaris 逻辑域（也称为 LDOM 或 Oracle VM Server for SPARC）、Solaris 动态域、Solaris 区域和 Solaris 容器。这些技术也被称为“Oracle 虚拟机”。
- 您可以一起使用多个选项，例如，特定 Solaris 逻辑域内的 Solaris 容器。
- NetApp 支持使用 Solaris 虚拟化技术，其中整体配置由 Oracle 支持，并且任何可直接访问 LUN 的分区都列在“IMT”在受支持的配置中。这包括根容器、LDOM I/O 域和使用 NPIV 访问 LUN 的 LDOM。
- 仅使用虚拟化存储资源的分区或虚拟机，例如 `vdisk`，不需要特定资格，因为他们无法直接访问 ONTAP LUN。您只需验证对底层 LUN 具有直接访问权限的分区或虚拟机（例如 LDOM I/O 域）是否列在“IMT”。

步骤

当 LUN 用作 LDOM 内的虚拟磁盘设备时，LUN 的源会被虚拟化屏蔽，并且 LDOM 无法正确检测块大小。为了防止出现此问题：

- a. 为 LDOM OS 修补 `_Oracle Bug 15824910_`
- b. 创建一个 `vdc.conf`` 将虚拟磁盘的块大小设置为 ``4096`。有关详细信息，请参阅 Oracle DOC：2157669.1。
- c. 验证补丁安装以确保已正确配置推荐的设置：
 - i. 创建 `zpool`：

```
zpool create zpool_name disk_list
```

- ii. 运行 `zdb -C` 并验证 `*ashift` 的值是否为 12。

如果 `ashift` 的值不是 12，重新运行 `zdb -C11`，并验证是否安装了正确的补丁并重新检查 `vdc.conf`。

直到 `ashift` 显示值 12。



针对多个 Solaris 版本上的 Oracle 错误 15824910 提供了补丁。如果您需要帮助确定最佳内核补丁，请联系 Oracle。

SnapMirror 主动同步

从 ONTAP 9.9.1 开始，Solaris 主机支持 SnapMirror 主动同步设置配置。要验证在 SnapMirror 主动同步

环境中发生计划外站点故障转移切换时 Solaris 客户端应用程序是否不会中断，必须配置 `scsi-vhci-failover-override` Solaris 主机上的设置。此设置覆盖故障转移模块 `f\_tpgs` 阻止执行检测到矛盾的代码路径。

步骤

- a. 创建配置文件 `/etc/driver/drv/scsi\_vhci.conf` 对于连接到主机的 NetApp 存储类型，其条目类似于以下示例：

```
scsi-vhci-failover-override =  
"NETAPP LUN", "f_tpgs"
```

- b. 验证覆盖参数是否已成功应用：

```
devprop
```

```
mdb
```

显示示例

```
root@host-A:~# devprop -v -n /scsi_vhci scsi-vhci-failover-  
override      scsi-vhci-failover-override=NETAPP LUN + f_tpgs  
root@host-A:~# echo "*scsi_vhci_dip::print -x struct dev_info  
devi_child | ::list struct dev_info devi_sibling| ::print  
struct dev_info devi_mdi_client| ::print mdi_client_t  
ct_vprivate| ::print struct scsi_vhci_lun svl_lun_wnn  
svl_fops_name"| mdb -k
```

```
svl_lun_wnn = 0xa002a1c8960 "600a098038313477543f524539787938"  
svl_fops_name = 0xa00298d69e0 "conf f_tpgs"
```



之后 `scsi-vhci-failover-override` 已应用、`conf` 已添加到 `svl\_fops\_name`。有关追加信息和建议的默认设置更改，请参阅 NetApp 知识库文章 ["Solaris 主机支持 SnapMirror 主动同步配置中的建议设置"](#)。

4. 验证使用 ONTAP LUN 的 zpools 是否支持 4 KB 对齐的 I/O：

- a. 验证您的 Solaris 主机是否安装了最新的支持存储库更新 (SRU)：

```
pkg info entire`
```

b. 验证ONTAP LUN 是否具有 `ostype` 作为“Solaris”，与 LUN 大小无关：

```
lun show -vserver <vserver_name>
```

显示示例

```
chat-a800-31-33-35-37::*> lun show -vserver solaris_fcp -path
/vol/sol_195_zpool_vol_9/lun -fields ostype
vserver      path                                          ostype
-----
solaris_fcp  /vol/sol_195_zpool_vol_9/lun solaris
```

5. 验证ONTAP LUN 的输出：

```
sanlun lun show
```

对于ASA、AFF或FAS配置，您应该会看到与以下示例类似的输出：

显示示例

```
root@sparc-s7-55-148:~# sanlun lun show -pv

                ONTAP Path: Solaris_148_siteA:/vol/Triage/lun
                  LUN: 0
                LUN Size: 20g
                Host Device:
/dev/rdisk/c0t600A098038314B32685D573064776172d0s2
                  Mode: C
        Multipath Provider: Sun Microsystems
        Multipath Policy: Native
```

6. 验证ONTAP LUN 的路径状态：

```
mpathadm show lu <LUN>`
```

以下示例输出显示ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN 的正确路径状态。输出中每个 LUN 的“访问状态”都会显示路径优先级。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
root@sparc-s7-55-82:~# mpathadm show lu
/dev/rdisk/c0t600A098038313953495D58674777794Bd0s2
Logical Unit: /dev/rdisk/c0t600A098038313953495D58674777794Bd0s2
mpath-support: libmpscsi_vhci.so
Vendor: NETAPP
Product: LUN C-Mode
Revision: 9171
Name Type: unknown type
Name: 600a098038313953495d58674777794b
Asymmetric: yes
Current Load Balance: round-robin
Logical Unit Group ID: NA
Auto Failback: on
Auto Probing: NA

Paths:

    Initiator Port Name: 100000109bd30070
    Target Port Name: 20b9d039ea593393
    Logical Unit Number: 0
    Override Path: NA
    Path State: OK
    Disabled: no

    Initiator Port Name: 100000109bd30070
    Target Port Name: 20b8d039ea593393
    Logical Unit Number: 0
    Override Path: NA
    Path State: OK
    Disabled: no

    Initiator Port Name: 100000109bd3006f
    Target Port Name: 20b3d039ea593393
    Logical Unit Number: 0
    Override Path: NA
    Path State: OK
    Disabled: no

    Initiator Port Name: 100000109bd3006f
    Target Port Name: 20b4d039ea593393
    Logical Unit Number: 0
    Override Path: NA
    Path State: OK
    Disabled: no
```

```
Target Port Groups:
  ID: 1003
  Explicit Failover: no
  Access State: active optimized
  Target Ports:
    Name: 20b9d039ea593393
    Relative ID: 8

    Name: 20b4d039ea593393
    Relative ID: 3

  ID: 1002
  Explicit Failover: no
  Access State: active optimized
  Target Ports:
    Name: 20b8d039ea593393
    Relative ID: 7

    Name: 20b3d039ea593393
    Relative ID: 2
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动 / 优化路径和两个主动 / 非优化路径的 ONTAP LUN 的正确输出：

显示示例

```
root@chatsol-54-195:~# mpathadm show lu
/dev/rdisk/c0t600A0980383044376C3F4E694E506E44d0s2
Logical Unit:  /dev/rdisk/c0t600A0980383044376C3F4E694E506E44d0s2
mpath-support:  libmpscsi_vhci.so
Vendor:  NETAPP
Product:  LUN C-Mode
Revision:  9171
Name Type:  unknown type
Name:  600a0980383044376c3f4e694e506e44
Asymmetric:  yes
Current Load Balance:  round-robin
Logical Unit Group ID:  NA
Auto Failback:  on
Auto Probing:  NA

Paths:

    Initiator Port Name:  100000109b56c5fb
    Target Port Name:  205200a098ba7afe
    Logical Unit Number:  1
    Override Path:  NA
    Path State:  OK
    Disabled:  no

    Initiator Port Name:  100000109b56c5fb
    Target Port Name:  205000a098ba7afe
    Logical Unit Number:  1
    Override Path:  NA
    Path State:  OK
    Demoted:  yes
    Disabled:  no

    Initiator Port Name:  100000109b56c5fa
    Target Port Name:  204f00a098ba7afe
    Logical Unit Number:  1
    Override Path:  NA
    Path State:  OK
    Demoted:  yes
    Disabled:  no

    Initiator Port Name:  100000109b56c5fa
    Target Port Name:  205100a098ba7afe
    Logical Unit Number:  1
    Override Path:  NA
```

```
Path State: OK
Disabled: no

Target Port Groups:
ID: 1001
Explicit Failover: no
Access State: active not optimized
Target Ports:
    Name: 205200a098ba7afe
    Relative ID: 8

    Name: 205100a098ba7afe
    Relative ID: 7

ID: 1000
Explicit Failover: no
Access State: active optimized
Target Ports:
    Name: 205000a098ba7afe
    Relative ID: 6

    Name: 204f00a098ba7afe
    Relative ID: 5
```

步骤 4: 查看已知问题

适用于带有ONTAP存储的 FCP 和 iSCSI 的 Solaris 11.4 版本存在以下已知问题:

NetApp 错误 ID	标题	Description	Oracle ID
"1362435"	Huk 6.2 和 Solaris_11.4 FC 驱动程序绑定更改	请参见Solaris 11.4和HUK建议。FC驱动程序绑定已从更改为 ssd (4D) to sd (4D)。从移动现有配置 ssd.conf to sd.conf 如Oracle文档2595926.1中所述)。在新安装的Solaris 11.4系统和从Solaris 11.3或更早版本升级的系统中，此行为会有所不同。	(文档 ID 2595926.1)

NetApp 错误 ID	标题	Description	Oracle ID
"1366780"	在x86 Arch上使用Emulex 32G主机总线适配器(HBA)执行存储故障转移(Storage Failover、SFo)恢复操作期间、系统会注意到Solaris LIF问题描述	在x86_64平台上、Emulex固件版本12.6.x及更高版本会注意到Solaris LIF问题描述。	SR 3-24746803021
"1368957"	Solaris 11.x cfgadm -c configure 导致端到端Emulex配置出现I/O错误	正在运行 cfgadm -c configure 在Emulex上、端到端配置会导致I/O错误。此问题已在ONTAP 9.5P17、9.6P14、9.7P13和9.8P2中得到修复	不适用
"1345622"	使用操作系统本机命令在具有ASA/pport的Solaris主机上报告异常路径	在使用全SAN阵列(ASA)的Solaris 11.4上发现间歇性路径报告问题。	不适用

下一步是什么？

"了解如何使用 [Solaris Host Utilities 工具](#)"。

使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Solaris 11.3

Solaris Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Solaris 主机提供管理和诊断工具。在 Solaris 11.3 主机上安装 Solaris Host Utilities 时，您可以使用 Host Utilities 帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以配置主机以使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。如果您的配置不支持 SAN 启动，您可以使用本地启动。

SAN 启动

SAN 启动是将 SAN 连接磁盘 (LUN) 设置为 Solaris 主机的启动设备的过程。您可以设置 SAN 启动 LUN，以在使用 FC 协议并运行 Solaris Host Utilities 的 Solaris MPxIO 环境中工作。设置 SAN 启动 LUN 的方法取决于您的卷管理器和文件系统。

步骤

1. 使用"[互操作性表工具](#)"验证您的 Solaris 操作系统、协议和ONTAP版本是否支持 SAN 启动。
2. 按照 Solaris 供应商文档中有关设置 SAN 启动的最佳实践进行操作。

本地启动

通过在本地硬盘上安装 Solaris OS 执行本地引导，例如，安装在 SSD、SATA 或 RAID 上。

步骤 2：安装 Solaris 主机实用程序

NetApp强烈建议安装 Solaris Host Utilities 来支持ONTAP LUN 管理并协助技术支持收集配置数据。



安装 Solaris Host Utilities 会更改 Solaris 主机上的某些超时设置。

["安装 Solaris Host Utilities 6.2"](#)。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 Solaris 11.3 的多路径来管理ONTAP LUN。

多路径使您能够在主机和存储系统之间配置多条网络路径。如果一条路径发生故障，流量仍可通过其余路径继续传输。

为确保为您的主机正确配置多路径和建议的超时参数，请验证您是否使用了NetApp为ONTAP LUN 推荐的设置。

步骤

1. Solaris Host Utilities 加载NetApp针对 SPARC 和 x86_64 处理器推荐的参数设置。

显示参数设置

参数	价值
throttle_max	8.
not_ready_retries	300
busy_retries	30 个
reset_retries	30 个
throttle_min	2.
timeout_retries	10
物理块大小	4096
磁盘排序	false
缓存非易失性	true

2. 如果您的存储配置包括MetroCluster、Oracle Solaris 虚拟化或SnapMirror活动同步，请更改默认设置：

MetroCluster

默认情况下，如果到 LUN 的所有路径都丢失，Solaris OS 将在 **20 秒** 后无法执行 I/O 操作。这是由 ``fcplib_offline_delay`` 范围。默认值为 ``fcplib_offline_delay`` 适用于标准 ONTAP 集群。但是，在 MetroCluster 配置中，您必须增加 ``fcplib_offline_delay`` 至 **120 秒**，以确保 I/O 在操作期间不会过早超时，包括计划外的故障转移。

有关 MetroCluster 默认设置的其他信息和建议更改，请参阅知识库文章 ["MetroCluster 配置中的 Solaris 主机支持注意事项"](#)。

Oracle Solaris 虚拟化

- Solaris 虚拟化选项包括 Solaris 逻辑域（也称为 LDOM 或 Oracle VM Server for SPARC）、Solaris 动态域、Solaris 区域和 Solaris 容器。这些技术也被称为“Oracle 虚拟机”。
- 您可以一起使用多个选项，例如，特定 Solaris 逻辑域内的 Solaris 容器。
- NetApp 支持使用 Solaris 虚拟化技术，其中整体配置由 Oracle 支持，并且任何可直接访问 LUN 的分区都列在 **"IMT"** 在受支持的配置中。这包括根容器、LDOM I/O 域和使用 NPIV 访问 LUN 的 LDOM。
- 仅使用虚拟化存储资源的分区或虚拟机，例如 `vdsdsk`，不需要特定资格，因为他们无法直接访问 ONTAP LUN。您只需验证对底层 LUN 具有直接访问权限的分区或虚拟机（例如 LDOM I/O 域）是否列在 **"IMT"**。

步骤

当 LUN 用作 LDOM 内的虚拟磁盘设备时，LUN 的源会被虚拟化屏蔽，并且 LDOM 无法正确检测块大小。为了防止出现此问题：

- a. 为 LDOM OS 修补 `_Oracle Bug 15824910_`
- b. 创建一个 `vdc.conf`` 将虚拟磁盘的块大小设置为 ``4096`。有关详细信息，请参阅 Oracle DOC：2157669.1。
- c. 验证补丁安装以确保已正确配置推荐的设置：
 - i. 创建 `zpool`：

```
zpool create zpool_name disk_list
```

- ii. 运行 `zdb -C` 并验证 `*ashift` 的值是否为 12。

如果 `ashift` 的值不是 12，重新运行 `zdb -C11`，并验证是否安装了正确的补丁并重新检查 `vdc.conf`。

直到 `ashift` 显示值 12。



针对多个 Solaris 版本上的 Oracle 错误 15824910 提供了补丁。如果您需要帮助确定最佳内核补丁，请联系 Oracle。

SnapMirror 主动同步

从 ONTAP 9.9.1 开始，Solaris 主机支持 SnapMirror 主动同步设置配置。要验证在 SnapMirror 主动同步

环境中发生计划外站点故障转移切换时 Solaris 客户端应用程序是否不会中断，必须配置 `scsi-vhci-failover-override` Solaris 主机上的设置。此设置覆盖故障转移模块 `f\_tpgs` 阻止执行检测到矛盾的代码路径。

步骤

- a. 创建配置文件 `/etc/driver/drv/scsi\_vhci.conf` 对于连接到主机的 NetApp 存储类型，其条目类似于以下示例：

```
scsi-vhci-failover-override =  
"NETAPP LUN", "f_tpgs"
```

- b. 验证覆盖参数是否已成功应用：

```
devprop
```

```
mdb
```

显示示例

```
root@host-A:~# devprop -v -n /scsi_vhci scsi-vhci-failover-  
override      scsi-vhci-failover-override=NETAPP LUN + f_tpgs  
root@host-A:~# echo "*scsi_vhci_dip::print -x struct dev_info  
devi_child | ::list struct dev_info devi_sibling| ::print  
struct dev_info devi_mdi_client| ::print mdi_client_t  
ct_vprivate| ::print struct scsi_vhci_lun svl_lun_wnn  
svl_fops_name"| mdb -k
```

```
svl_lun_wnn = 0xa002a1c8960 "600a098038313477543f524539787938"  
svl_fops_name = 0xa00298d69e0 "conf f_tpgs"
```



之后 `scsi-vhci-failover-override` 已应用、`conf` 已添加到 `svl\_fops\_name`。有关追加信息和建议的默认设置更改，请参阅 NetApp 知识库文章 ["Solaris 主机支持 SnapMirror 主动同步配置中的建议设置"](#)。

3. 验证使用 ONTAP LUN 的 zpools 是否支持 4 KB 对齐的 I/O：

- a. 验证您的 Solaris 主机是否安装了最新的支持存储库更新 (SRU)：

```
pkg info entire`
```

b. 验证ONTAP LUN 是否具有 `ostype` 作为“Solaris”，与 LUN 大小无关：

```
lun show -vserver <vserver_name>
```

显示示例

```
chat-a800-31-33-35-37::*> lun show -vserver solaris_fcp -path
/vol/sol_195_zpool_vol_9/lun -fields otype
vserver      path                                          otype
-----
solaris_fcp  /vol/sol_195_zpool_vol_9/lun solaris
```

4. 验证ONTAP LUN 的输出：

```
sanlun lun show
```

对于ASA、AFF或FAS配置，您应该会看到与以下示例类似的输出：

显示示例

```
root@sparc-s7-55-148:~# sanlun lun show -pv

                ONTAP Path: Solaris_148_siteA:/vol/Triage/lun
                  LUN: 0
                LUN Size: 20g
                Host Device:
/dev/rdisk/c0t600A098038314B32685D573064776172d0s2
                  Mode: C
    Multipath Provider: Sun Microsystems
    Multipath Policy: Native
```

5. 验证ONTAP LUN 的路径状态：

```
mpathadm show lu <LUN>`
```

以下示例输出显示ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN 的正确路径状态。输出中每个 LUN 的“访问状态”都会显示路径优先级。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
root@sparc-s7-55-82:~# mpathadm show lu
/dev/rdisk/c0t600A098038313953495D58674777794Bd0s2
Logical Unit: /dev/rdisk/c0t600A098038313953495D58674777794Bd0s2
mpath-support: libmpscsi_vhci.so
Vendor: NETAPP
Product: LUN C-Mode
Revision: 9171
Name Type: unknown type
Name: 600a098038313953495d58674777794b
Asymmetric: yes
Current Load Balance: round-robin
Logical Unit Group ID: NA
Auto Failback: on
Auto Probing: NA

Paths:

    Initiator Port Name: 100000109bd30070
    Target Port Name: 20b9d039ea593393
    Logical Unit Number: 0
    Override Path: NA
    Path State: OK
    Disabled: no

    Initiator Port Name: 100000109bd30070
    Target Port Name: 20b8d039ea593393
    Logical Unit Number: 0
    Override Path: NA
    Path State: OK
    Disabled: no

    Initiator Port Name: 100000109bd3006f
    Target Port Name: 20b3d039ea593393
    Logical Unit Number: 0
    Override Path: NA
    Path State: OK
    Disabled: no

    Initiator Port Name: 100000109bd3006f
    Target Port Name: 20b4d039ea593393
    Logical Unit Number: 0
    Override Path: NA
    Path State: OK
    Disabled: no
```

```
Target Port Groups:
  ID: 1003
  Explicit Failover: no
  Access State: active optimized
  Target Ports:
    Name: 20b9d039ea593393
    Relative ID: 8

    Name: 20b4d039ea593393
    Relative ID: 3

  ID: 1002
  Explicit Failover: no
  Access State: active optimized
  Target Ports:
    Name: 20b8d039ea593393
    Relative ID: 7

    Name: 20b3d039ea593393
    Relative ID: 2
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动 / 优化路径和两个主动 / 非优化路径的 ONTAP LUN 的正确输出：

显示示例

```
root@chatsol-54-195:~# mpathadm show lu
/dev/rdisk/c0t600A0980383044376C3F4E694E506E44d0s2
Logical Unit:  /dev/rdisk/c0t600A0980383044376C3F4E694E506E44d0s2
  mpath-support:  libmpscsi_vhci.so
  Vendor:  NETAPP
  Product:  LUN C-Mode
  Revision:  9171
  Name Type:  unknown type
  Name:  600a0980383044376c3f4e694e506e44
  Asymmetric:  yes
  Current Load Balance:  round-robin
  Logical Unit Group ID:  NA
  Auto Failback:  on
  Auto Probing:  NA

Paths:

  Initiator Port Name:  100000109b56c5fb
  Target Port Name:  205200a098ba7afe
  Logical Unit Number:  1
  Override Path:  NA
  Path State:  OK
  Disabled:  no

  Initiator Port Name:  100000109b56c5fb
  Target Port Name:  205000a098ba7afe
  Logical Unit Number:  1
  Override Path:  NA
  Path State:  OK
  Demoted:  yes
  Disabled:  no

  Initiator Port Name:  100000109b56c5fa
  Target Port Name:  204f00a098ba7afe
  Logical Unit Number:  1
  Override Path:  NA
  Path State:  OK
  Demoted:  yes
  Disabled:  no

  Initiator Port Name:  100000109b56c5fa
  Target Port Name:  205100a098ba7afe
  Logical Unit Number:  1
  Override Path:  NA
```

```
Path State: OK
Disabled: no

Target Port Groups:
ID: 1001
Explicit Failover: no
Access State: active not optimized
Target Ports:
    Name: 205200a098ba7afe
    Relative ID: 8

    Name: 205100a098ba7afe
    Relative ID: 7

ID: 1000
Explicit Failover: no
Access State: active optimized
Target Ports:
    Name: 205000a098ba7afe
    Relative ID: 6

    Name: 204f00a098ba7afe
    Relative ID: 5
```

步骤 4: 查看已知问题

适用于带有ONTAP存储的 FCP 和 iSCSI 的 Solaris 11.3 版本存在以下已知问题:

NetApp 错误 ID	标题	Description	Oracle ID
"1366780"	在 x86 架构上使用 Emulex 32G HBA 时发生 Solaris LIF 问题	对于 x86_64 平台上的 Emulex 固件版本 12.6.x 及更高版本, 请参见	SR 3-24746803021
"1368957"	Solaris 11.x "cfgadm -c configure"导致端到端Emulex配置出现I/O错误	正在运行 cfgadm -c configure 在Emulex 上、端到端配置会导致I/O 错误。此问题已在ONTAP 9.5P17、9.6P14、9.7P13 和9.8P2中修复	不适用

下一步是什么?

"了解如何使用 Solaris Host Utilities 工具"。

SUSE Linux Enterprise Server

配置 SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。在 SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx 主机上安装 Linux 主机实用程序后，您可以使用主机实用程序来帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。
3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈建议安装Linux主机实用程序、以支持ONTAP LUN管理并协助技术支持收集配置数据。

["安装 Linux Host Utilities 8.0"](#)。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx 的多路径功能来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 存在：

```
ls /etc/multipath.conf
```

如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

- 首次创建文件时 multipath.conf、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

- 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为主机操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了Linux操作系统为ONTAP LUN编译的本机多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

```
# multipath -ll
3600a09803831347657244e527766394e dm-5 NETAPP,LUN C-Mode
size=80G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
  |- 3:0:7:9      sdco 69:192  active ready running
  |- 3:0:8:9      sddi 71:0    active ready running
  |- 14:0:8:9     sdjq 65:320  active ready running
  `-- 14:0:7:9    sdiw 8:256   active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

```
# multipath -ll
3600a09803831347657244e527766394e dm-5 NETAPP,LUN C-Mode
size=80G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| |- 3:0:3:0      sdd  8:48    active ready running
| |- 3:0:4:0      sdx  65:112  active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
  |- 14:0:2:0     sdfk 130:96  active ready running
  `-- 14:0:5:0    sdgz 132:240  active ready running
```

第4步：(可选)从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除 `multipath.conf`。

步骤

1. 确定WWID：

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如，WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分：

```
blacklist {
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833
    devnode   "^(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"
    devnode   "^hd[a-z]"
    devnode   "^cciss.*"
}
```

第5步：自定义ONTAP LUN的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的`zas`来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件，特别是默认值部分中的设置，以了解可能覆盖的设置[多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry``、ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

显示示例

```
defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product        "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker   tur
    }
}
```

第6步：查看已知问题

SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx 与ONTAP存储存在以下已知问题。

15 SP1

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1246622"	在存储故障转移操作期间，使用 Emulex LPe12002 8 Gb FC 的 SLES15SP1 上的远程端口传输到阻止状态。	在存储故障转移操作期间，使用 Emulex LPe12002 8 Gb 光纤通道（FC）的 SLES15SP1 上的远程端口传输到阻止状态。当存储节点恢复到最佳状态时，LIF 也会启动，并且远程端口状态应显示为联机。有时，远程端口状态可能会继续显示为"已阻止"或"不存在"。此状态可能会导致多路径层的 LUN 路径出现"故障"，并导致这些 LUN 的 I/O 中断。您可以根据以下示例命令检查 remoteport 的详细信息：— cat /sys/class/fc_host/host*/device/rport*/fc_remote_ports/rport*/port_name cat/sys/class/fc_host/host*/device/rport*/fc_remote_ports/rport*/rport_state

15

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1154309"	重新启动后，映射了 20 个以上 LUN 的 SLES 15 主机可能会进入维护模式	重新启动后，映射了 20 个以上 LUN 的 SLES 15 主机可能会进入维护模式。显示以下消息后、维护模式将变为单用户模式： Give root password for maintenance (or press Control-D to continue)

下一步是什么？

- ["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。
- 了解 ASM 镜像

自动存储管理(Automatic Storage Management、ASM)镜像可能需要更改Linux多路径设置、以使ASM能够识别问题并切换到备用故障组。ONTAP上的大多数ASM配置都使用外部冗余、这意味着数据保护由外部阵列提供、ASM不会镜像数据。某些站点使用具有正常冗余的ASM来提供双向镜像、通常在不同站点之间进行镜像。有关详细信息、请参见["基于ONTAP的Oracle数据库"](#)。

- 了解 SUSE Linux 虚拟化 (KVM)

SUSE Linux 可以作为 KVM 主机。这样，您就可以使用基于 Linux 内核的虚拟机 (KVM) 技术在单个物理服务器上运行多个虚拟机。KVM 主机不需要对ONTAP LUN 进行显式主机配置设置。

Ubuntu

使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Ubuntu 24.04

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。在 Ubuntu 24.04 主机上安装 Linux Host Utilities 时，您可以使用 Host Utilities 帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。
3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈建议安装Linux主机实用程序、以支持ONTAP LUN管理并协助技术支持收集配置数据。

["安装 Linux Host Utilities 8.0"](#)。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 Ubuntu 24.04 的多路径来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 退出。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 `multipath.conf`、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了ONTAP LUN的Linux操作系统本机编译多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
# multipath -ll
3600a098038314559533f524d6c652f62 dm-24 NETAPP,LUN C-Mode
size=10G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
  |- 11:0:1:13 sdm  8:192  active ready running
  |- 11:0:3:13 sdah 66:16  active ready running
  |- 12:0:1:13 sdbc 67:96  active ready running
  `-- 12:0:3:13 sdbx 68:176 active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

显示示例

```
# multipath -ll
3600a098038314837352453694b542f4a dm-0 NETAPP,LUN C-Mode
size=160G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
|  |- 14:0:3:0 sdbk 67:224 active ready running
|  `-- 15:0:2:0 sdbl 67:240 active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
  |- 14:0:0:0 sda  8:0    active ready running
  `-- 15:0:1:0 sdv  65:80  active ready running
```

第4步：(可选)从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除 `multipath.conf`。

步骤

1. 确定WWID：

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如，WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分：

```
blacklist {
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833
    devnode   "^(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st) [0-9] *"
    devnode   "^hd[a-z] *"
    devnode   "^cciss.*"
}
```

第5步：自定义ONTAP LUN的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的`zas`来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件，特别是默认值部分中的设置，以了解可能覆盖的设置[多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry`` ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

```
defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product        "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker   tur
    }
}
```

第6步：查看已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

- [了解如何使用Linux Host Utilities工具](#)。
- 了解 ASM 镜像

自动存储管理(Automatic Storage Management、ASM)镜像可能需要更改Linux多路径设置、以使ASM能够识别问题并切换到备用故障组。ONTAP上的大多数ASM配置都使用外部冗余、这意味着数据保护由外部阵列提供、ASM不会镜像数据。某些站点使用具有正常冗余的ASM来提供双向镜像、通常在不同站点之间进行镜像。有关详细信息、请参见[基于ONTAP的Oracle数据库](#)。

- 了解 Ubuntu Linux 虚拟化 (KVM)

Ubuntu Linux 可以作为 KVM 主机。这样，您就可以使用基于 Linux 内核的虚拟机 (KVM) 技术在单个物理服务器上运行多个虚拟机。KVM 主机不需要对ONTAP LUN 进行显式主机配置设置。

使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Ubuntu 22.04

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。在 Ubuntu 22.04 主机上安装 Linux Host Utilities 时，您可以使用 Host Utilities 来帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。
3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈建议安装Linux主机实用程序、以支持ONTAP LUN管理并协助技术支持收集配置数据。

["安装 Linux Host Utilities 8.0"](#)。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

第3步：确认主机的多路径配置

您可以使用 Ubuntu 22.04 的多路径来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 退出。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 `multipath.conf`、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了ONTAP LUN的Linux操作系统本机编译多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
# multipath -ll
3600a098038314559533f524d6c652f62 dm-24 NETAPP,LUN C-Mode
size=10G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
  |- 11:0:1:13 sdm 8:192 active ready running
  |- 11:0:3:13 sdah 66:16 active ready running
  |- 12:0:1:13 sdbc 67:96 active ready running
  `-- 12:0:3:13 sdbx 68:176 active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

显示示例

```
# multipath -ll
3600a098038314837352453694b542f4a dm-0 NETAPP,LUN C-Mode
size=160G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| |- 14:0:3:0 sdbk 67:224 active ready running
| `-- 15:0:2:0 sdbl 67:240 active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
  |- 14:0:0:0 sda 8:0 active ready running
  `-- 15:0:1:0 sdv 65:80 active ready running
```

第4步：(可选)从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除
multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID:

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如, WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分:

```
blacklist {
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833
    devnode   "(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"
    devnode   "^hd[a-z]"
    devnode   "^cciss.*"
}
```

第5步: 自定义ONTAP LUN的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件, 特别是默认值部分中的设置, 以了解可能覆盖的设置 [多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry`` ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

```
defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product        "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker   tur
    }
}
```

第6步：查看已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

- ["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。
- 了解 ASM 镜像

自动存储管理(Automatic Storage Management、ASM)镜像可能需要更改Linux多路径设置、以使ASM能够识别问题并切换到备用故障组。ONTAP上的大多数ASM配置都使用外部冗余、这意味着数据保护由外部阵列提供、ASM不会镜像数据。某些站点使用具有正常冗余的ASM来提供双向镜像、通常在不同站点之间进行镜像。有关详细信息、请参见["基于ONTAP的Oracle数据库"](#)。

- 了解 Ubuntu Linux 虚拟化 (KVM)

Ubuntu Linux 可以作为 KVM 主机。这样，您就可以使用基于 Linux 内核的虚拟机 (KVM) 技术在单个物理服务器上运行多个虚拟机。KVM 主机不需要对ONTAP LUN 进行显式主机配置设置。

使用ONTAP存储为 FCP 和 iSCSI 配置 Ubuntu 20.04

配置 Ubuntu 20.04 以实现多路径，并使用ONTAP存储的 FCP 和 iSCSI 协议操作的特定参数和设置。



Linux Host Utilities 软件包不支持 Ubuntu 操作系统。

您不需要手动配置基于内核的虚拟机 (KVM) 设置，因为 ONTAP LUN 会自动映射到虚拟机管理程序。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。
3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

步骤 2：确认主机的多路径配置

您可以使用 Ubuntu 20.04 的多路径来管理ONTAP LUN。

要确保为主机正确配置了多路径、请验证是否已定义此 `/etc/multipath.conf` 文件、以及是否已为ONTAP LUN配置了NetApp建议的设置。

步骤

1. 验证文件是否 `/etc/multipath.conf` 退出。如果此文件不存在、请创建一个空的零字节文件：

```
touch /etc/multipath.conf
```

2. 首次创建文件时 `multipath.conf`、您可能需要启用并启动多路径服务以加载建议的设置：

```
systemctl enable multipathd
```

```
systemctl start multipathd
```

3. 每次启动主机时、空的 `/etc/multipath.conf` 零字节文件都会自动加载NetApp建议的主机多路径参数作为默认设置。您无需更改 `/etc/multipath.conf` 主机的文件、因为操作系统使用可正确识别和管理ONTAP LUN的多路径参数进行编译。

下表显示了ONTAP LUN的Linux操作系统本机编译多路径参数设置。

显示参数设置

参数	正在设置 ...
detect_prio	是的。
dev_los_TMO	" 无限 "
故障恢复	即时
fast_io_fail_sMO	5.
features	"2 pG_INIT_retries 50"
flush_on_last_del	是的。
硬件处理程序	0
no_path_retry	队列
path_checker	"TUR"
path_grouping_policy	"Group_by-prio"
path_selector	" 服务时间 0"
Polling interval	5.
PRIO	ONTAP
产品	LUN
Retain Attached Hw_handler	是的。
rr_weight	" 统一 "
user_friendly_names	否
供应商	NetApp

4. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

```
multipath -ll
```

默认多路径参数支持ASA、AFF和FAS配置。在这些配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，路径超过四条可能会导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
# multipath -ll
3600a098038314559533f524d6c652f62 dm-24 NETAPP,LUN C-Mode
size=10G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
`-+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
  |- 11:0:1:13 sdm  8:192  active ready running
  |- 11:0:3:13 sdah 66:16  active ready running
  |- 12:0:1:13 sdbc 67:96  active ready running
  `-- 12:0:3:13 sdbx 68:176 active ready running
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

显示示例

```
# multipath -ll
3600a098038314837352453694b542f4a dm-0 NETAPP,LUN C-Mode
size=160G features='3 queue_if_no_path pg_init_retries 50'
hwhandler='1 alua' wp=rw
|+- policy='service-time 0' prio=50 status=active
| |- 14:0:3:0 sdbk 67:224 active ready running
| `-- 15:0:2:0 sdbl 67:240 active ready running
`-+- policy='service-time 0' prio=10 status=enabled
  |- 14:0:0:0 sda  8:0    active ready running
  `-- 15:0:1:0 sdv  65:80  active ready running
```

步骤 3：（可选）从多路径中排除设备

如果需要、您可以将不需要的设备的WWID添加到文件的"黑名单"部分、从而将该设备从多路径中排除multipath.conf。

步骤

1. 确定WWID:

```
/lib/udev/scsi_id -gud /dev/sda
```

"sa"是要添加到黑名单中的本地SCSI磁盘。

例如, WWID为 360030057024d0730239134810c0cb833。

2. 将WWID添加到"黑名单"部分:

```
blacklist {
    wwid      360030057024d0730239134810c0cb833
    devnode   "(ram|raw|loop|fd|md|dm-|sr|scd|st)[0-9]*"
    devnode   "^hd[a-z]"
    devnode   "^cciss.*"
}
```

步骤 4: 自定义ONTAP LUN 的多路径参数

如果您的主机连接到其他供应商的LUN、并且任何多路径参数设置被覆盖、则您需要稍后在文件中添加专门适用于ONTAP LUN的zas来更正这些设置 `multipath.conf`。否则、ONTAP LUN可能无法按预期运行。

请检查 `/etc/multipath.conf` 文件, 特别是默认值部分中的设置, 以了解可能覆盖的设置 [多路径参数的默认设置](#)。



您不应覆盖ONTAP LUN的建议参数设置。要获得最佳主机配置性能、需要使用这些设置。有关详细信息、请联系NetApp支持部门、您的操作系统供应商或这两者。

以下示例显示了如何更正被覆盖的默认值。在此示例中、`multipath.conf` 文件为和定义了与 ``no_path_retry`` ONTAP LUN不兼容的值 ``path_checker``、您无法删除这些参数、因为ONTAP存储阵列仍连接到主机。而是通过向专门应用于ONTAP LUN的文件添加设备段来 `multipath.conf` 更正和 ``no_path_retry`` 的值 ``path_checker``。

```

defaults {
    path_checker      readsector0
    no_path_retry     fail
}

devices {
    device {
        vendor        "NETAPP"
        product        "LUN"
        no_path_retry  queue
        path_checker   tur
    }
}

```

步骤 5: 查看已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

- 了解 Ubuntu Linux 虚拟化 (KVM)

Ubuntu Linux 可以作为 KVM 主机。这样，您就可以使用基于 Linux 内核的虚拟机 (KVM) 技术在单个物理服务器上运行多个虚拟机。KVM 主机不需要对 ONTAP LUN 进行显式主机配置设置。

Veritas

配置 Veritas Infoscale 9 以支持 FC、FCoE 和 iSCSI 以及 ONTAP 存储

Linux Host Utilities 软件为连接到 ONTAP 存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。使用 Veritas Infoscale 9 的 Linux 主机实用程序，支持 Oracle Linux（基于 Red Hat 兼容内核）、Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 和 SUSE Linux Enterprise Server 主机，以支持使用 ONTAP LUN 管理 FC、FCoE 和 iSCSI 协议操作。

第1步: (可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

- 使用["互操作性表工具"](#)验证您的 Linux 操作系统、主机总线适配器 (HBA)、HBA 固件、HBA 启动 BIOS 和 ONTAP 版本是否支持 SAN 启动。
- 请参阅 Veritas 支持门户（产品矩阵、平台查找和 HCL 矩阵）以验证 SAN 启动配置支持和已知问题。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。
3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈推荐 ["安装 Linux 主机实用程序"](#) 支持ONTAP LUN 管理，并协助技术支持收集配置数据。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

步骤 3：确认主机上的 Veritas 动态多路径配置

使用 Veritas 动态多路径 (VxDMP) 和 Veritas Infoscale 9 来管理ONTAP LUN。

为确保 VxDMP 已正确配置到您的主机上，您需要验证 VxDMP 配置，并检查阵列支持库 (ASL) 和阵列策略模块 (APM) 配置。NetApp存储系统的 ASL 和 APM 软件包是在 Veritas 软件安装过程中安装的。



对于异构多路径环境，包括 Veritas Infoscale、Linux Native Device Mapper 和 LVM 卷管理器，请参阅 Veritas 产品管理文档以了解配置设置。

开始之前

请确保您的配置符合系统要求。参见 ["互操作性表工具"](#) 以及 Veritas HCL 矩阵。

步骤

1. 确认ONTAP目标阵列已连接到 VxDMP 多路径：

```
vxddmpadm
```

```
#vxdmpadm listenclosure
ENCLR_NAME          ENCLR_TYPE          ENCLR_SNO          STATUS
ARRAY_TYPE          LUN_COUNT          FIRMWARE
=====
=====
info_asa0            Info_ASA            81KDT+YTg35P       CONNECTED
ALUA                20                9161
infoscal1            Infoscal            81Ocq?Z7hPzC       CONNECTED
ALUA                23                9181
# vxdmpadm getdmpnode
NAME                STATE          ENCLR-TYPE          PATHS  ENBL  DSBL  ENCLR-NAME
=====
infoscal1_22        ENABLED        Infoscal            4      4      0
infoscal1
```

2. 检查 ASL 和 APM 软件包的配置。NetApp建议您使用 Veritas 支持门户网站上列出的最新受支持软件包。

展示 **ASL** 和 **APM** 配置示例

```
# vxdmpadm list dmpnode dmpnodename=infoscal1_22 | grep asl
asl
= libvxnetapp.so

# vxddladm listversion |grep libvxnetapp.so
libvxnetapp.so          vm-8.0.0-rev-1      8.0

# rpm -qa |grep VRTSaslapm
VRTSaslapm-9.0.3-RHEL9.x86_64
#vxddladm listsupport libname=libvxnetapp.so
ATTR_NAME  ATTR_VALUE
=====
LIBNAME     libvxnetapp.so
VID         NETAPP
PID         All
ARRAY_TYPE  ALUA, A/A
```

3. 为了在存储故障转移操作中获得最佳系统配置，请确认您已设置以下 Veritas VxDMP 可调参数：

参数	正在设置 ...
dmp_lun_retry_timeout	60
dmp_path_age	120

参数	正在设置 ...
dmp_restore_interval	60

4. 将DMP可调参数设置为在线：

```
# vxddmpadm settune dmp_tunable=value
```

5. 请确认可调参数设置正确：

```
# vxddmpadm gettune
```

以下示例显示了 SAN 主机上有效的 VxDMP 可调参数。

```
# vxdmpadm gettune
```

Tunable	Current Value	Default Value
dmp_cache_open	on	on
dmp_daemon_count	10	10
dmp_delayq_interval	15	15
dmp_display_alua_states	on	on
dmp_fast_recovery	on	on
dmp_health_time	60	60
dmp_iostats_state	enabled	enabled
dmp_log_level	1	1
dmp_low_impact_probe	on	on
dmp_lun_retry_timeout	60	30
dmp_path_age	120	300
dmp_pathswitch_blks_shift	9	9
dmp_probe_idle_lun	on	on
dmp_probe_threshold	5	5
dmp_restore_cycles	10	10
dmp_restore_interval	60	300
dmp_restore_policy	check_disabled	check_disabled
dmp_restore_state	enabled	enabled
dmp_retry_count	5	5
dmp_scsi_timeout	20	20
dmp_sfg_threshold	1	1
dmp_stat_interval	1	1
dmp_monitor_ownership	on	on
dmp_monitor_fabric	on	on
dmp_native_support	off	off

6. 配置协议超时值:

FC/FCoE

使用 FC 和 FCoE 的默认超时值。

iSCSI

设置 replacement_timeout 参数值设为 120。

iSCSI replacement_timeout 该参数控制 iSCSI 层在超时路径或会话重新建立之前应等待多长时间，然后再拒绝对其执行任何命令。NetApp 建议设置以下值： replacement_timeout 在 iSCSI 配置文件中设置为 120。

示例

```
# grep replacement_timeout /etc/iscsi/iscsid.conf
node.session.timeo.replacement_timeout = 120
```

7. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

在AFF、FAS或ASA配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，超过四条路径都可能导致问题。

以下示例显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN 的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
# vxdmpadm getsubpaths dmpnodename=infosc11_21
NAME      STATE[A]      PATH-TYPE[M]  CTLR-NAME  ENCLR-TYPE  ENCLR-
NAME      ATTRS      PRIORITY
=====
=====
sdby      ENABLED(A)    Active/Optimized  c1      Infosc11    infosc11
-         -
sddx      ENABLED(A)    Active/Optimized  c2      Infosc11    infosc11
-         -
sdfe      ENABLED(A)    Active/Optimized  c1      Infosc11    infosc11
-         -
sdfo      ENABLED(A)    Active/Optimized  c2      Infosc11    infosc11
-         -
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

显示示例

```
# vxdmpadm getsubpaths dmpnodename=sfrac0_47
NAME      STATE[A]      PATH-TYPE[M]  CTLR-NAME  ENCLR-TYPE  ENCLR-
NAME      ATTRS      PRIORITY
=====
=====
sdas      ENABLED      Active/Non-Optimized  c13      SFRAC      sfrac0
-         -
sdb       ENABLED(A)   Active/Optimized      c14      SFRAC      sfrac0
-         -
sdcj      ENABLED(A)   Active/Optimized      c14      SFRAC      sfrac0
-         -
sdea      ENABLED      Active/Non-Optimized  c14      SFRAC      sfrac0
-         -
```

第四步：已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

- ["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。

配置 Veritas Infoscale 8 以支持 FC、FCoE 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。使用 Veritas Infoscale 8 for Oracle Linux（基于 Red Hat 兼容内核）、Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 和 SUSE Linux Enterprise Server 主机上的 Linux 主机实用程序，以支持使用ONTAP LUN 管理 FC、FCoE 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

- 使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。
- 请参阅 Veritas 支持门户（产品矩阵、平台查找和 HCL 矩阵）以验证 SAN 启动配置支持和已知问题。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。
3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈推荐 ["安装 Linux 主机实用程序"](#) 支持ONTAP LUN 管理，并协助技术支持收集配置数据。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

步骤 3：确认主机上的 Veritas 动态多路径配置

使用 Veritas 动态多路径 (VxDMP) 和 Veritas Infoscale 8 来管理ONTAP LUN。

为确保 VxDMP 已正确配置到您的主机上，您需要验证 VxDMP 配置，并检查阵列支持库 (ASL) 和阵列策略模块 (APM) 配置。NetApp存储系统的 ASL 和 APM 软件包是在 Veritas 软件安装过程中安装的。



对于异构多路径环境，包括 Veritas Infoscale、Linux Native Device Mapper 和 LVM 卷管理器，请参阅 Veritas 产品管理文档以了解配置设置。

开始之前

请确保您的配置满足系统要求。参见 ["互操作性表工具"](#) 以及 Veritas HCL 矩阵。

步骤

- 1. 确认ONTAP目标阵列已连接到 VxDMP 多路径：

```
vxddmpadm
```

显示示例

```
# vxddmpadm listenclosure
ENCLR_NAME    ENCLR_TYPE  ENCLR_SNO      STATUS      ARRAY_TYPE
LUN_COUNT     FIRMWARE
=====
=====
sfrac0        SFRAC       804Xw$PqE52h  CONNECTED   ALUA        43
9800
# vxddmpadm getdmpnode
NAME          STATE      ENCLR-TYPE  PATHS  ENBL  DSBL  ENCLR-NAME
=====
sfrac0_47    ENABLED    SFRAC       4      4     0     sfrac0
```

- 2. 检查 ASL 和 APM 软件包的配置。NetApp建议您使用 Veritas 支持门户网站上列出的最新受支持软件包。

展示 **ASL** 和 **APM** 配置示例

```
# vxddmpadm list dmpnode dmpnodename=sfrac0_47 | grep asl
asl          = libvxnetapp.so
# vxddladm listversion |grep libvxnetapp.so
libvxnetapp.so          vm-8.0.0-rev-1    8.0

# rpm -qa |grep VRTSaslapm
VRTSaslapm-x.x.x.0000-RHEL8.X86_64
vxddladm listsupport libname=libvxnetapp.so
ATTR_NAME    ATTR_VALUE
=====
LIBNAME      libvxnetapp.so
VID          NETAPP
PID          All
ARRAY_TYPE   ALUA, A/A
```

3. 为了在存储故障转移操作中获得最佳系统配置，请确认您已设置以下 Veritas VxDMP 可调参数：

参数	正在设置 ...
dmp_lun_retry_timeout	60
dmp_path_age	120
dmp_restore_interval	60

4. 将DMP可调参数设置为在线：

```
# vxdmpadm settune dmp_tunable=value
```

5. 请确认可调参数设置正确：

```
# vxdmpadm gettune
```

以下示例显示了 SAN 主机上有效的 VxDMP 可调参数。

```
# vxdmpadm gettune
```

Tunable	Current Value	Default Value
dmp_cache_open	on	on
dmp_daemon_count	10	10
dmp_delayq_interval	15	15
dmp_display_alua_states	on	on
dmp_fast_recovery	on	on
dmp_health_time	60	60
dmp_iostats_state	enabled	enabled
dmp_log_level	1	1
dmp_low_impact_probe	on	on
dmp_lun_retry_timeout	60	30
dmp_path_age	120	300
dmp_pathswitch_blks_shift	9	9
dmp_probe_idle_lun	on	on
dmp_probe_threshold	5	5
dmp_restore_cycles	10	10
dmp_restore_interval	60	300
dmp_restore_policy	check_disabled	check_disabled
dmp_restore_state	enabled	enabled
dmp_retry_count	5	5
dmp_scsi_timeout	20	20
dmp_sfg_threshold	1	1
dmp_stat_interval	1	1
dmp_monitor_ownership	on	on
dmp_monitor_fabric	on	on
dmp_native_support	off	off

6. 配置协议超时值:

FC/FCoE

使用 FC 和 FCoE 的默认超时值。

iSCSI

设置 `replacement_timeout` 参数值设为 120。

iSCSI `replacement_timeout` 该参数控制 iSCSI 层在超时路径或会话重新建立之前应等待多长时间，然后再拒绝对其执行任何命令。NetApp 建议设置以下值： `replacement_timeout` 在 iSCSI 配置文件中设置为 120。

示例

```
# grep replacement_timeout /etc/iscsi/iscsid.conf
node.session.timeo.replacement_timeout = 120
```

7. 设置 RHEL 8 和 9 系列主机的主机“udev rport”值，以支持 Veritas Infoscale 环境在存储故障转移场景中的运行。

通过创建文件来配置“udev rport”值 `/etc/udev/rules.d/40-rport.rules` 文件内容如下：

```
# cat /etc/udev/rules.d/40-rport.rules
KERNEL=="rport-*", SUBSYSTEM=="fc_remote_ports", ACTION=="add",
RUN+="/bin/sh -c 'echo 20 >
/sys/class/fc_remote_ports/%k/fast_io_fail_tmo;echo 864000
>/sys/class/fc_remote_ports/%k/dev_loss_tmo'"
```



有关 Veritas 的所有其他特定设置，请参阅 Veritas Infoscale 标准产品文档。

8. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

在AFF、FAS或ASA配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，超过四条路径都可能导致问题。

以下示例显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN 的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
# vxdmpadm getsubpaths dmpnodename-sfrac0_47
NAME  STATE [A]   PATH-TYPE [M]   CTLR-NAME   ENCLR-TYPE   ENCLR-
NAME  ATTRS   PRIORITY
=====
=====
sdas  ENABLED (A)   Active/Optimized c13   SFRAC        sfrac0
-      -
sdb   ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
sdcj  ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
sdea  ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

显示示例

```
# vxdmpadm getsubpaths dmpnodename-sfrac0_47
NAME  STATE [A]   PATH-TYPE [M]   CTLR-NAME   ENCLR-TYPE   ENCLR-
NAME  ATTRS   PRIORITY
=====
=====
sdas  ENABLED      Active/Non-Optimized c13   SFRAC        sfrac0
-      -
sdb   ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
sdcj  ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
sdea  ENABLED      Active/Non-Optimized c14   SFRAC        sfrac0
-      -
```

第四步：已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

- ["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。

配置 Veritas Infoscale 7 以支持 FC、FCoE 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。使用 Veritas Infoscale 7 的 Linux 主机实用程序，支持 Oracle Linux（基于 Red Hat 兼容内核）、Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 和 SUSE Linux Enterprise Server 主机，以支持使用ONTAP LUN 管理 FC、FCoE 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

- 使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。
- 请参阅 Veritas 支持门户（产品矩阵、平台查找和 HCL 矩阵）以验证 SAN 启动配置支持和已知问题。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。
3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈推荐 ["安装 Linux 主机实用程序"](#) 支持ONTAP LUN 管理，并协助技术支持收集配置数据。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

步骤 3：确认主机上的 Veritas 动态多路径配置

使用 Veritas 动态多路径 (VxDMP) 和 Veritas Infoscale 7 来管理ONTAP LUN。

为确保 VxDMP 已正确配置到您的主机上，您需要验证 VxDMP 配置，并检查阵列支持库 (ASL) 和阵列策略模块 (APM) 配置。NetApp存储系统的 ASL 和 APM 软件包是在 Veritas 软件安装过程中安装的。



对于异构多路径环境，包括 Veritas Infoscale、Linux Native Device Mapper 和 LVM 卷管理器，请参阅 Veritas 产品管理文档以了解配置设置。

开始之前
请确保您的配置满足系统要求。参见 ["互操作性表工具"](#) 以及 Veritas HCL 矩阵。

步骤

- 1. 确认ONTAP目标阵列已连接到 VxDMP 多路径：

```
vxddmpadm
```

显示示例

```
# vxddmpadm listenclosure
ENCLR_NAME    ENCLR_TYPE  ENCLR_SNO      STATUS      ARRAY_TYPE
LUN_COUNT     FIRMWARE
=====
sfrac0        SFRAC       804Xw$PqE52h  CONNECTED   ALUA         43
9800
# vxddmpadm getdmpnode
NAME          STATE      ENCLR-TYPE    PATHS    ENBL    DSBL  ENCLR-NAME
=====
sfrac0_47    ENABLED    SFRAC         4        4       0     sfrac0
```

- 2. 检查 ASL 和 APM 软件包的配置。NetApp建议您使用 Veritas 支持门户网站上列出的最新受支持软件包。

展示 **ASL** 和 **APM** 配置示例

```
# vxddmpadm list dmpnode dmpnodename=sfrac0_47 | grep asl
asl          = libvxnetapp.so
# vxddladm listversion |grep libvxnetapp.so
libvxnetapp.so          vm-8.0.0-rev-1    8.0

# rpm -qa |grep VRTSaslapm
VRTSaslapm-x.x.x.0000-RHEL8.X86_64
vxddladm listsupport libname=libvxnetapp.so
ATTR_NAME    ATTR_VALUE
=====
LIBNAME      libvxnetapp.so
VID          NETAPP
PID          All
ARRAY_TYPE   ALUA, A/A
```

3. 为了在存储故障转移操作中获得最佳系统配置，请确认您已设置以下 Veritas VxDMP 可调参数：

参数	正在设置 ...
dmp_lun_retry_timeout	60
dmp_path_age	120
dmp_restore_interval	60

4. 将DMP可调参数设置为在线：

```
# vxdmpadm settune dmp_tunable=value
```

5. 请确认可调参数设置正确：

```
# vxdmpadm gettune
```

以下示例显示了 SAN 主机上有效的 VxDMP 可调参数。

```
# vxdmpadm gettune
```

Tunable	Current Value	Default Value
dmp_cache_open	on	on
dmp_daemon_count	10	10
dmp_delayq_interval	15	15
dmp_display_alua_states	on	on
dmp_fast_recovery	on	on
dmp_health_time	60	60
dmp_iostats_state	enabled	enabled
dmp_log_level	1	1
dmp_low_impact_probe	on	on
dmp_lun_retry_timeout	60	30
dmp_path_age	120	300
dmp_pathswitch_blks_shift	9	9
dmp_probe_idle_lun	on	on
dmp_probe_threshold	5	5
dmp_restore_cycles	10	10
dmp_restore_interval	60	300
dmp_restore_policy	check_disabled	check_disabled
dmp_restore_state	enabled	enabled
dmp_retry_count	5	5
dmp_scsi_timeout	20	20
dmp_sfg_threshold	1	1
dmp_stat_interval	1	1
dmp_monitor_ownership	on	on
dmp_monitor_fabric	on	on
dmp_native_support	off	off

6. 配置协议超时值:

FC/FCoE

使用 FC 和 FCoE 的默认超时值。

iSCSI

设置 replacement_timeout 参数值设为 120。

iSCSI replacement_timeout 该参数控制 iSCSI 层在超时路径或会话重新建立之前应等待多长时间，然后再拒绝对其执行任何命令。NetApp 建议设置以下值：replacement_timeout 在 iSCSI 配置文件中设置为 120。

示例

```
# grep replacement_timeout /etc/iscsi/iscsid.conf
node.session.timeo.replacement_timeout = 120
```

7. 设置 RHEL 8 和 9 系列主机的主机“udev rport”值，以支持 Veritas Infoscale 环境在存储故障转移场景中的运行。

通过创建文件来配置“udev rport”值 /etc/udev/rules.d/40-rport.rules 文件内容如下：

```
# cat /etc/udev/rules.d/40-rport.rules
KERNEL=="rport-*", SUBSYSTEM=="fc_remote_ports", ACTION=="add",
RUN+="/bin/sh -c 'echo 20 >
/sys/class/fc_remote_ports/%k/fast_io_fail_tmo;echo 864000
>/sys/class/fc_remote_ports/%k/dev_loss_tmo'"
```



有关 Veritas 的所有其他特定设置，请参阅 Veritas Infoscale 标准产品文档。

8. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

在AFF、FAS或ASA配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，超过四条路径都可能导致问题。

以下示例显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN 的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
# vxdmpadm getsubpaths dmpnodename-sfrac0_47
NAME  STATE [A]   PATH-TYPE [M]   CTLR-NAME   ENCLR-TYPE   ENCLR-
NAME  ATTRS   PRIORITY
=====
=====
sdas   ENABLED (A)   Active/Optimized c13   SFRAC        sfrac0
-      -
sdb    ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
sdcj   ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
sdea   ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

显示示例

```
# vxdmpadm getsubpaths dmpnodename-sfrac0_47
NAME  STATE [A]   PATH-TYPE [M]   CTLR-NAME   ENCLR-TYPE   ENCLR-
NAME  ATTRS   PRIORITY
=====
=====
sdas   ENABLED      Active/Non-Optimized c13   SFRAC        sfrac0
-      -
sdb    ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
sdcj   ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
sdea   ENABLED      Active/Non-Optimized c14   SFRAC        sfrac0
-      -
```

第四步：已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

- ["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。

配置 Veritas Infoscale 6 以支持 FC、FCoE 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Linux Host Utilities 软件为连接到ONTAP存储的 Linux 主机提供管理和诊断工具。使用 Veritas Infoscale 6 for Oracle Linux (基于 Red Hat 兼容内核)、Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 和 SUSE Linux Enterprise Server 主机上的 Linux 主机实用程序，以支持使用ONTAP LUN 管理 FC、FCoE 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以将主机配置为使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

开始之前

- 使用["互操作性表工具"](#)验证您的Linux操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。
- 请参阅 Veritas 支持门户（产品矩阵、平台查找和 HCL 矩阵）以验证 SAN 启动配置支持和已知问题。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

第2步：安装Linux Host Utilities

NetApp强烈推荐 ["安装 Linux 主机实用程序"](#) 支持ONTAP LUN 管理，并协助技术支持收集配置数据。



安装Linux Host Utilities不会更改Linux主机上的任何主机超时设置。

步骤 3：确认主机上的 Veritas 动态多路径配置

使用 Veritas 动态多路径 (VxDMP) 和 Veritas Infoscale 6 来管理ONTAP LUN。

为确保 VxDMP 已正确配置到您的主机上，您需要验证 VxDMP 配置，并检查阵列支持库 (ASL) 和阵列策略模块 (APM) 配置。NetApp存储系统的 ASL 和 APM 软件包是在 Veritas 软件安装过程中安装的。



对于异构多路径环境，包括 Veritas Infoscale、Linux Native Device Mapper 和 LVM 卷管理器，请参阅 Veritas 产品管理文档以了解配置设置。

开始之前
请确保您的配置满足系统要求。参见 ["互操作性表工具"](#) 以及 Veritas HCL 矩阵。

步骤

- 1. 确认ONTAP目标阵列已连接到 VxDMP 多路径：

```
vxddmpadm
```

显示示例

```
# vxddmpadm listenclosure
ENCLR_NAME    ENCLR_TYPE  ENCLR_SNO      STATUS      ARRAY_TYPE
LUN_COUNT     FIRMWARE
=====
sfrac0        SFRAC       804Xw$PqE52h  CONNECTED   ALUA         43
9800
# vxddmpadm getdmpnode
NAME          STATE      ENCLR-TYPE  PATHS  ENBL  DSBL ENCLR-NAME
=====
sfrac0_47    ENABLED    SFRAC       4      4     0    sfrac0
```

- 2. 检查 ASL 和 APM 软件包的配置。NetApp建议您使用 Veritas 支持门户网站上列出的最新受支持软件包。

展示 **ASL** 和 **APM** 配置示例

```
# vxddmpadm list dmpnode dmpnodename=sfrac0_47 | grep asl
asl          = libvxnetapp.so
# vxddladm listversion |grep libvxnetapp.so
libvxnetapp.so          vm-8.0.0-rev-1    8.0

# rpm -qa |grep VRTSaslapm
VRTSaslapm-x.x.x.0000-RHEL8.X86_64
vxddladm listsupport libname=libvxnetapp.so
ATTR_NAME    ATTR_VALUE
=====
LIBNAME      libvxnetapp.so
VID          NETAPP
PID          All
ARRAY_TYPE   ALUA, A/A
```

3. 为了在存储故障转移操作中获得最佳系统配置，请确认您已设置以下 Veritas VxDMP 可调参数：

参数	正在设置 ...
dmp_lun_retry_timeout	60
dmp_path_age	120
dmp_restore_interval	60

4. 将DMP可调参数设置为在线：

```
# vxdmpadm settune dmp_tunable=value
```

5. 请确认可调参数设置正确：

```
# vxdmpadm gettune
```

以下示例显示了 SAN 主机上有效的 VxDMP 可调参数。

```
# vxdmpadm gettune
```

Tunable	Current Value	Default Value
dmp_cache_open	on	on
dmp_daemon_count	10	10
dmp_delayq_interval	15	15
dmp_display_alua_states	on	on
dmp_fast_recovery	on	on
dmp_health_time	60	60
dmp_iostats_state	enabled	enabled
dmp_log_level	1	1
dmp_low_impact_probe	on	on
dmp_lun_retry_timeout	60	30
dmp_path_age	120	300
dmp_pathswitch_blks_shift	9	9
dmp_probe_idle_lun	on	on
dmp_probe_threshold	5	5
dmp_restore_cycles	10	10
dmp_restore_interval	60	300
dmp_restore_policy	check_disabled	check_disabled
dmp_restore_state	enabled	enabled
dmp_retry_count	5	5
dmp_scsi_timeout	20	20
dmp_sfg_threshold	1	1
dmp_stat_interval	1	1
dmp_monitor_ownership	on	on
dmp_monitor_fabric	on	on
dmp_native_support	off	off

6. 配置协议超时值:

FC/FCoE

使用 FC 和 FCoE 的默认超时值。

iSCSI

设置 replacement_timeout 参数值设为 120。

iSCSI replacement_timeout 该参数控制 iSCSI 层在超时路径或会话重新建立之前应等待多长时间，然后再拒绝对其执行任何命令。NetApp 建议设置以下值：replacement_timeout 在 iSCSI 配置文件中设置为 120。

示例

```
# grep replacement_timeout /etc/iscsi/iscsid.conf
node.session.timeo.replacement_timeout = 120
```

7. 设置 RHEL 8 和 9 系列主机的主机“udev rport”值，以支持 Veritas Infoscale 环境在存储故障转移场景中的运行。

通过创建文件来配置“udev rport”值 /etc/udev/rules.d/40-rport.rules 文件内容如下：

```
# cat /etc/udev/rules.d/40-rport.rules
KERNEL=="rport-*", SUBSYSTEM=="fc_remote_ports", ACTION=="add",
RUN+="/bin/sh -c 'echo 20 >
/sys/class/fc_remote_ports/%k/fast_io_fail_tmo;echo 864000
>/sys/class/fc_remote_ports/%k/dev_loss_tmo'"
```



有关 Veritas 的所有其他特定设置，请参阅 Veritas Infoscale 标准产品文档。

8. 验证ONTAP LUN的参数设置和路径状态：

在AFF、FAS或ASA配置中，单个ONTAP LUN 不应需要超过四条路径。存储故障时，超过四条路径都可能导致问题。

以下示例显示了ASA、AFF或FAS配置中ONTAP LUN 的正确参数设置和路径状态。

ASA配置

ASA配置可优化指向给定LUN的所有路径、使其保持活动状态。这样可以同时通过所有路径提供I/O操作、从而提高性能。

显示示例

```
# vxdmpadm getsubpaths dmpnodename-sfrac0_47
NAME  STATE [A]   PATH-TYPE [M]   CTLR-NAME   ENCLR-TYPE   ENCLR-
NAME  ATTRS   PRIORITY
=====
=====
sdas   ENABLED (A)   Active/Optimized c13   SFRAC        sfrac0
-      -
sdb    ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
sdcj   ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
sdea   ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
```

AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应具有两组优先级较高和较低的路径。优先级较高的主动/优化路径由聚合所在的控制器提供。优先级较低的路径处于活动状态、但未进行优化、因为它们由其他控制器提供服务。只有在优化路径不可用时、才会使用非优化路径。

以下示例显示了具有两个主动/优化路径和两个主动/非优化路径的ONTAP LUN的输出：

显示示例

```
# vxdmpadm getsubpaths dmpnodename-sfrac0_47
NAME  STATE [A]   PATH-TYPE [M]   CTLR-NAME   ENCLR-TYPE   ENCLR-
NAME  ATTRS   PRIORITY
=====
=====
sdas   ENABLED      Active/Non-Optimized c13   SFRAC        sfrac0
-      -
sdb    ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
sdcj   ENABLED (A)   Active/Optimized  c14   SFRAC        sfrac0
-      -
sdea   ENABLED      Active/Non-Optimized c14   SFRAC        sfrac0
-      -
```

第四步：已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

- ["了解如何使用Linux Host Utilities工具"](#)。

Windows

配置 Windows Server 2025 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Windows 主机实用程序是一套软件程序及其文档，可让您将 Windows 主机连接到NetApp SAN 上的虚拟磁盘 (LUN)。在 Windows Server 2025 主机上安装 Windows 主机实用程序后，您可以使用主机实用程序来帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以使用本地启动或 SAN 启动来启动 Windows 操作系统。NetApp建议使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

SAN 启动

如果您选择使用SAN启动、则您的配置必须支持此功能。

开始之前

使用 ["互操作性表工具"](#)验证您的Windows操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS 和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。
3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

本地启动

通过将 Windows 操作系统安装到本地硬盘（例如 SSD、SATA 或 RAID）上来执行本地启动。

步骤二：安装Windows热修复程序

NetApp建议在主机服务器上安装Microsoft更新目录中提供的*最新累积更新*。

步骤

1. 从下载修补程序["Microsoft Update目录2025"](#)。



对于无法从Microsoft Update目录下载的修补程序、您需要与Microsoft支持联系。

1. 按照 Microsoft 提供的说明安装修补程序。



许多热修复程序需要重启Windows主机。您可以等到安装或升级主机实用程序之后再重启主机。

步骤 3：安装 **Windows** 主机实用程序

Windows 主机实用程序是一套软件程序及其文档，可让您将主机连接到NetApp SAN 上的虚拟磁盘 (LUN)。NetApp建议下载并安装最新的 Windows 主机实用程序，以支持ONTAP LUN 管理并帮助技术支持人员收集配置数据。

有关 Windows 主机实用程序配置和安装信息，请参阅["Windows Host Utilities"](#)请查阅文档并选择适合您 Windows 主机实用程序版本的安装步骤。

步骤 4：确认主机的多路径配置

如果您的 Windows 主机有多个到存储系统的路径，请安装 Microsoft Multipath I/O (MPIO) 软件并启用多路径。

在 Windows 系统中，MPIO 解决方案的两个主要组件是设备专用模块 (DSM) 和 Windows MPIO。MPIO 向 Windows 操作系统提供单个磁盘用于所有路径，而 DSM 管理路径故障转移。



如果不安装MPIO软件、则Windows操作系统可能会将每个路径视为一个单独的磁盘。这可能会导致数据损坏。



在Hyper-V虚拟机中运行的Windows XP或Windows Vista不支持MPIO。

步骤

1. 安装 MPIO 软件并启用多路径功能。
2. 在使用FC的系统上选择MPIO时、Host Utilities安装程序会为Emulex和QLogic FC HBA设置所需的超时值。

Emulex FC

Emulex FC HBA的超时值：

属性类型	属性值
LinkTimeOut	1.
节点超时	10

QLogic FC

QLogic FC HBA的超时值：

属性类型	属性值
LinkDownTimeOut	1.
PortDownRetransCount	10

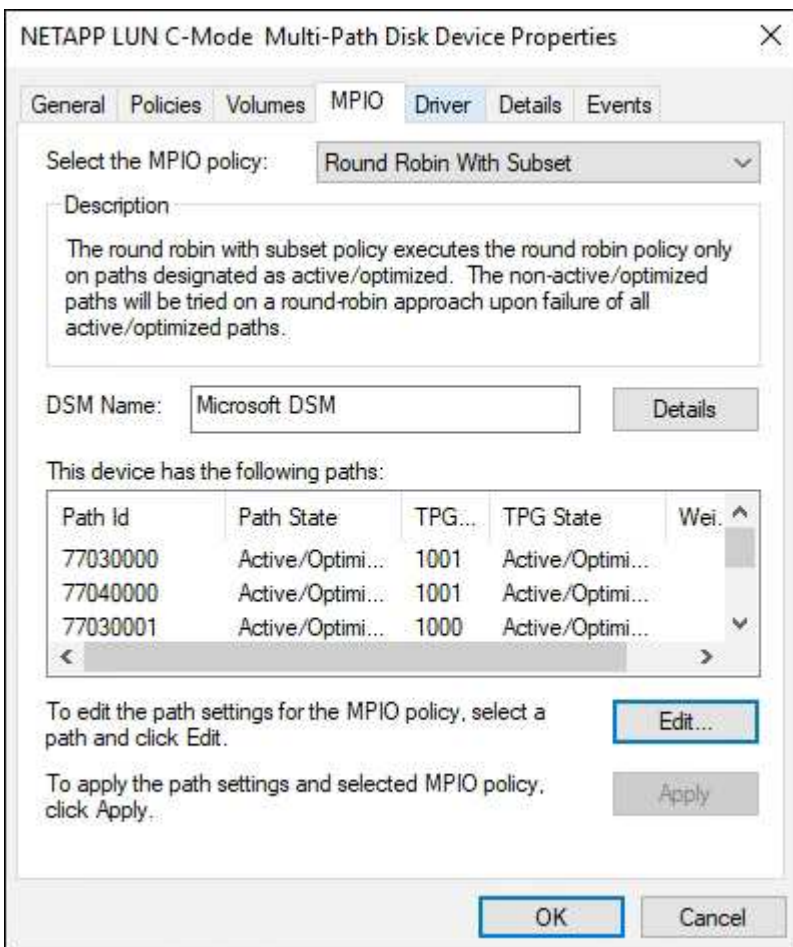
3. 验证ONTAP LUN 的路径状态：

根据您的 SAN 配置，主机使用ASA、 AFF或FAS配置来访问ONTAP LUN。这些配置不应该需要超过四条路径来访问单个ONTAP LUN。存储故障时，超过四条路径都可能导致问题。

以下示例输出显示了ASA、 AFF或FAS配置的ONTAP LUN 的正确设置。

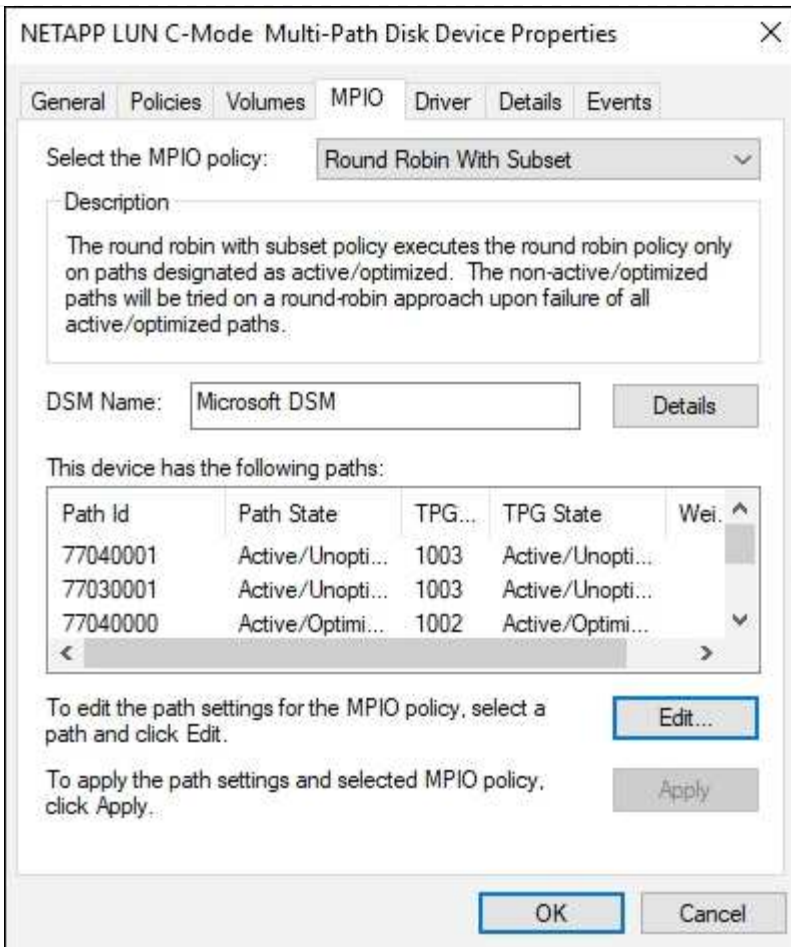
ASA配置

ASA配置应包含一组具有单一优先级的活动/优化路径。控制器负责维护路径，并在所有活动路径上发送 I/O。



AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应有两组优先级不同的路径。优先级较高的路径是活动/优化路径，由聚合所在的控制器提供服务。优先级较低的路径由不同的控制器提供服务。它们处于活动状态，但未经优化，仅在没有优化路径时使用。



第五步：回顾已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

["了解ONTAP存储的 Windows 主机实用程序配置"](#)

配置 Windows Server 2022 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Windows 主机实用程序使您可以将 Windows 主机连接到NetApp SAN 上的虚拟磁盘 (LUN)。在 Windows Server 2022 主机上安装 Windows 主机实用程序，以帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以使用本地启动或 SAN 启动来启动 Windows 操作系统。NetApp建议使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

SAN 启动

如果您选择使用SAN启动、则您的配置必须支持此功能。

开始之前

使用 ["互操作性表工具"](#)验证您的Windows操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

本地启动

通过将 Windows 操作系统安装到本地硬盘（例如 SSD、SATA 或 RAID）上来执行本地启动。

步骤二：安装Windows热修复程序

NetApp建议在主机服务器上安装Microsoft更新目录中提供的*最新累积更新*。

步骤

1. 从下载修补程序["Microsoft Update目录2022"](#)。



对于无法从Microsoft Update目录下载的修补程序、您需要与Microsoft支持联系。

1. 按照 Microsoft 提供的说明安装修补程序。



许多热修复程序需要重启Windows主机。您可以等到安装或升级主机实用程序之后再重启主机。

步骤 3：安装 Windows 主机实用程序

Windows 主机实用程序是一套软件程序及其文档，可让您将主机连接到NetApp SAN 上的虚拟磁盘 (LUN)。NetApp建议下载并安装最新的 Windows 主机实用程序，以支持ONTAP LUN 管理并帮助技术支持人员收集配置数据。

有关 Windows 主机实用程序配置和安装信息，请参阅["Windows Host Utilities"](#)请查阅文档并选择适合您Windows 主机实用程序版本的安装步骤。

步骤 4：确认主机的多路径配置

如果您的 Windows 主机有多个到存储系统的路径，请安装 Microsoft Multipath I/O (MPIO) 软件并启用多路径。

在 Windows 系统中，MPIO 解决方案的两个主要组件是设备专用模块 (DSM) 和 Windows MPIO。MPIO 向 Windows 操作系统提供单个磁盘用于所有路径，而 DSM 管理路径故障转移。



如果不安装MPIO软件、则Windows操作系统可能会将每个路径视为一个单独的磁盘。这可能会导致数据损坏。



在Hyper-V虚拟机中运行的Windows XP或Windows Vista不支持MPIO。

步骤

1. 安装 MPIO 软件并启用多路径功能。
2. 在使用FC的系统上选择MPIO时、Host Utilities安装程序会为Emulex和QLogic FC HBA设置所需的超时值。

Emulex FC

Emulex FC HBA的超时值：

属性类型	属性值
LinkTimeOut	1.
节点超时	10

QLogic FC

QLogic FC HBA的超时值：

属性类型	属性值
LinkDownTimeOut	1.
PortDownRetransCount	10

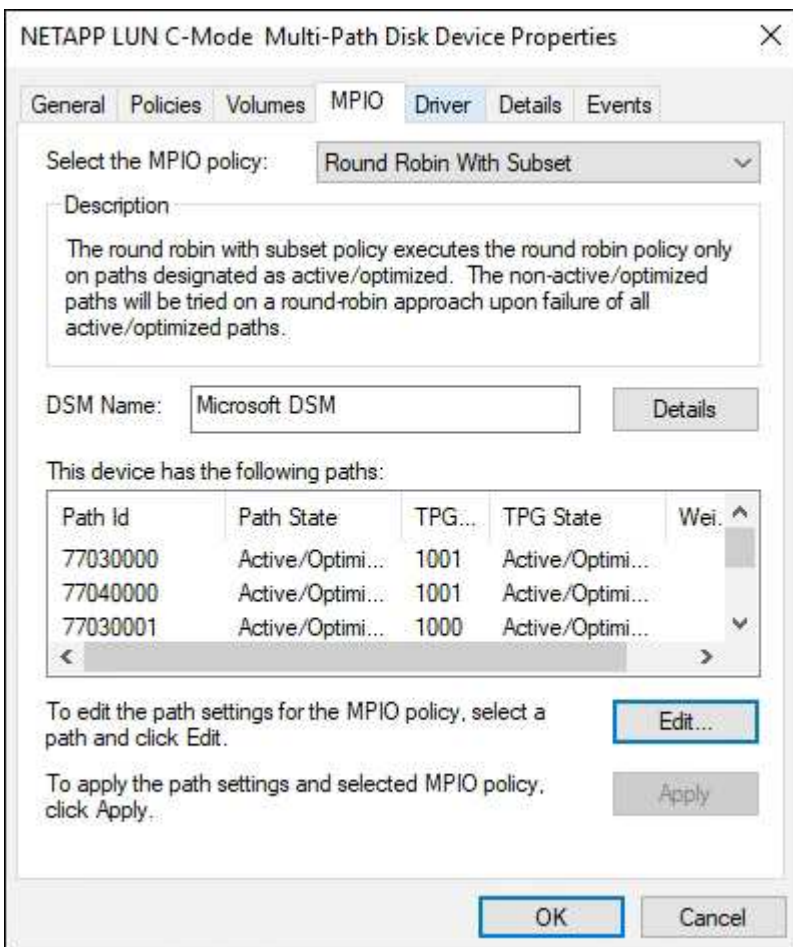
3. 验证ONTAP LUN 的路径状态：

根据您的 SAN 配置，主机使用ASA、AFF或FAS配置来访问ONTAP LUN。这些配置不应该需要超过四条路径来访问单个ONTAP LUN。存储故障时，超过四条路径都可能导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置的ONTAP LUN 的正确设置。

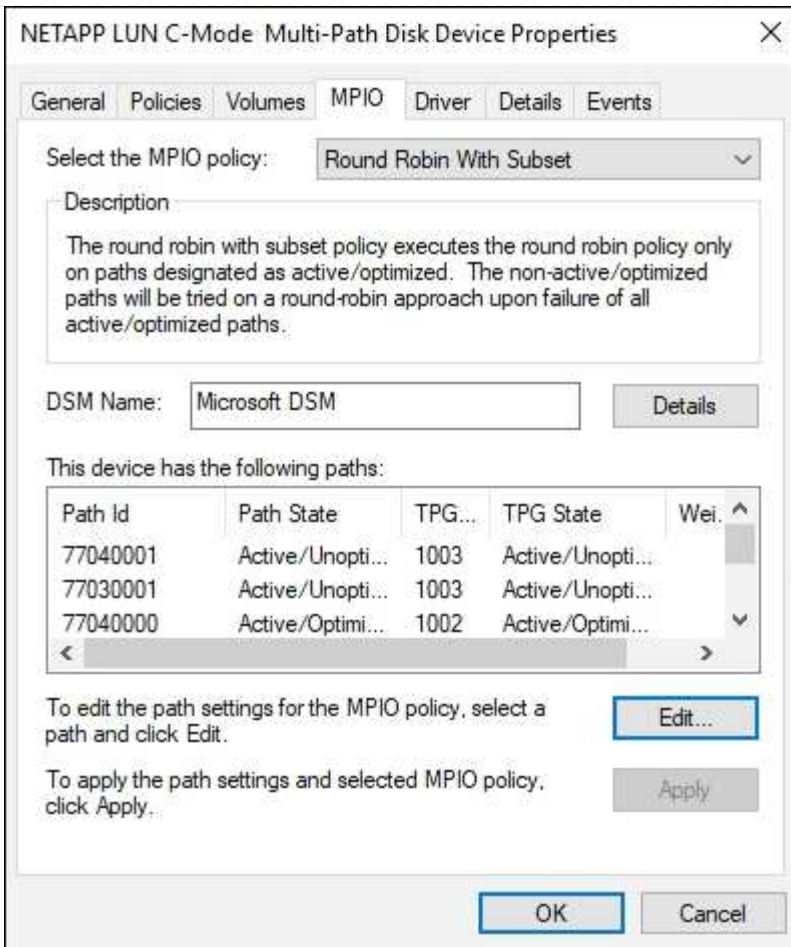
ASA配置

ASA配置应包含一组具有单一优先级的活动/优化路径。控制器负责维护路径，并在所有活动路径上发送 I/O。



AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应有两组优先级不同的路径。优先级较高的路径是活动/优化路径，由聚合所在的控制器提供服务。优先级较低的路径由不同的控制器提供服务。它们处于活动状态，但未经优化，仅在没有优化路径时使用。



第五步：回顾已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

["了解ONTAP存储的 Windows 主机实用程序配置"](#)

配置 Windows Server 2019 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Windows 主机实用程序使您可以将 Windows 主机连接到NetApp SAN 上的虚拟磁盘 (LUN)。在 Windows Server 2019 主机上安装 Windows 主机实用程序，以帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以使用本地启动或 SAN 启动来启动 Windows 操作系统。NetApp建议使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

SAN 启动

如果您选择使用SAN启动、则您的配置必须支持此功能。

开始之前

使用 ["互操作性表工具"](#)验证您的Windows操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

本地启动

通过将 Windows 操作系统安装到本地硬盘（例如 SSD、SATA 或 RAID）上来执行本地启动。

步骤二：安装Windows热修复程序

NetApp建议在主机服务器上安装Microsoft更新目录中提供的*最新累积更新*。

步骤

1. 从下载修补程序["Microsoft Update Catalog 2019"](#)。



对于无法从Microsoft Update目录下载的修补程序、您需要与Microsoft支持联系。

1. 按照 Microsoft 提供的说明安装修补程序。



许多热修复程序需要重启Windows主机。您可以等到安装或升级主机实用程序之后再重启主机。

步骤 3：安装 Windows 主机实用程序

Windows 主机实用程序是一套软件程序及其文档，可让您将主机连接到NetApp SAN 上的虚拟磁盘 (LUN)。NetApp建议下载并安装最新的 Windows 主机实用程序，以支持ONTAP LUN 管理并帮助技术支持人员收集配置数据。

有关 Windows 主机实用程序配置和安装信息，请参阅["Windows Host Utilities"](#)请查阅文档并选择适合您 Windows 主机实用程序版本的安装步骤。

步骤 4：确认主机的多路径配置

如果您的 Windows 主机有多个到存储系统的路径，请安装 Microsoft Multipath I/O (MPIO) 软件并启用多路径。

在 Windows 系统中，MPIO 解决方案的两个主要组件是设备专用模块 (DSM) 和 Windows MPIO。MPIO 向 Windows 操作系统提供单个磁盘用于所有路径，而 DSM 管理路径故障转移。



如果不安装MPIO软件、则Windows操作系统可能会将每个路径视为一个单独的磁盘。这可能会导致数据损坏。



在Hyper-V虚拟机中运行的Windows XP或Windows Vista不支持MPIO。

步骤

1. 安装 MPIO 软件并启用多路径功能。
2. 在使用FC的系统上选择MPIO时、Host Utilities安装程序会为Emulex和QLogic FC HBA设置所需的超时值。

Emulex FC

Emulex FC HBA的超时值：

属性类型	属性值
LinkTimeOut	1.
节点超时	10

QLogic FC

QLogic FC HBA的超时值：

属性类型	属性值
LinkDownTimeOut	1.
PortDownRetransCount	10

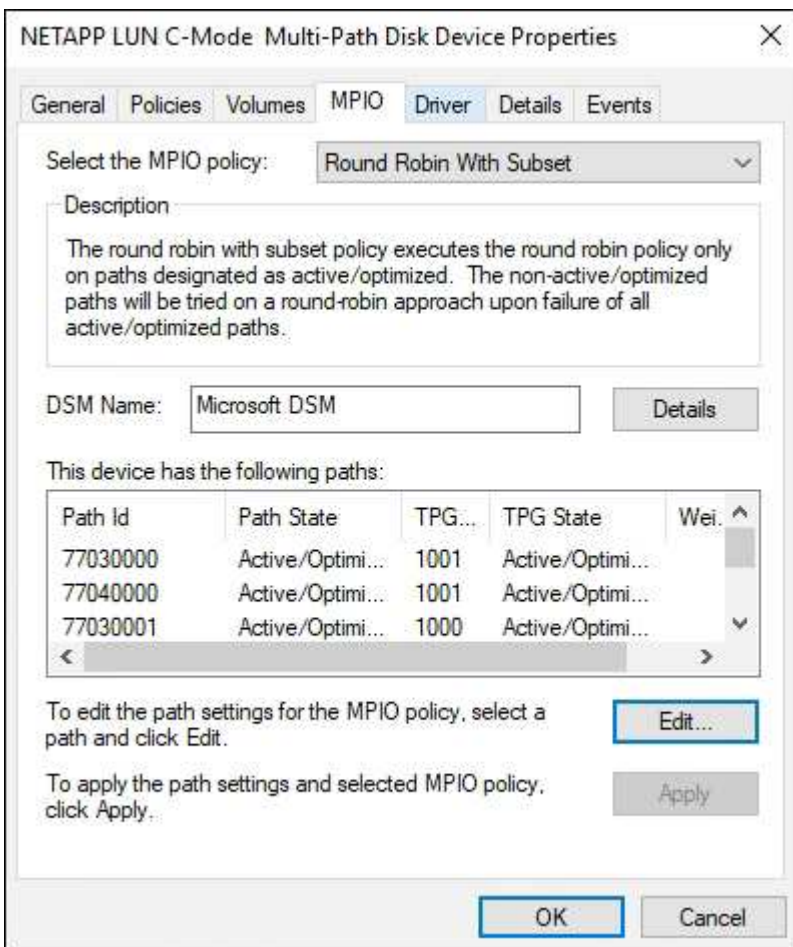
3. 验证ONTAP LUN 的路径状态：

根据您的 SAN 配置，主机使用ASA、AFF或FAS配置来访问ONTAP LUN。这些配置不应该需要超过四条路径来访问单个ONTAP LUN。存储故障时，超过四条路径都可能导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置的ONTAP LUN 的正确设置。

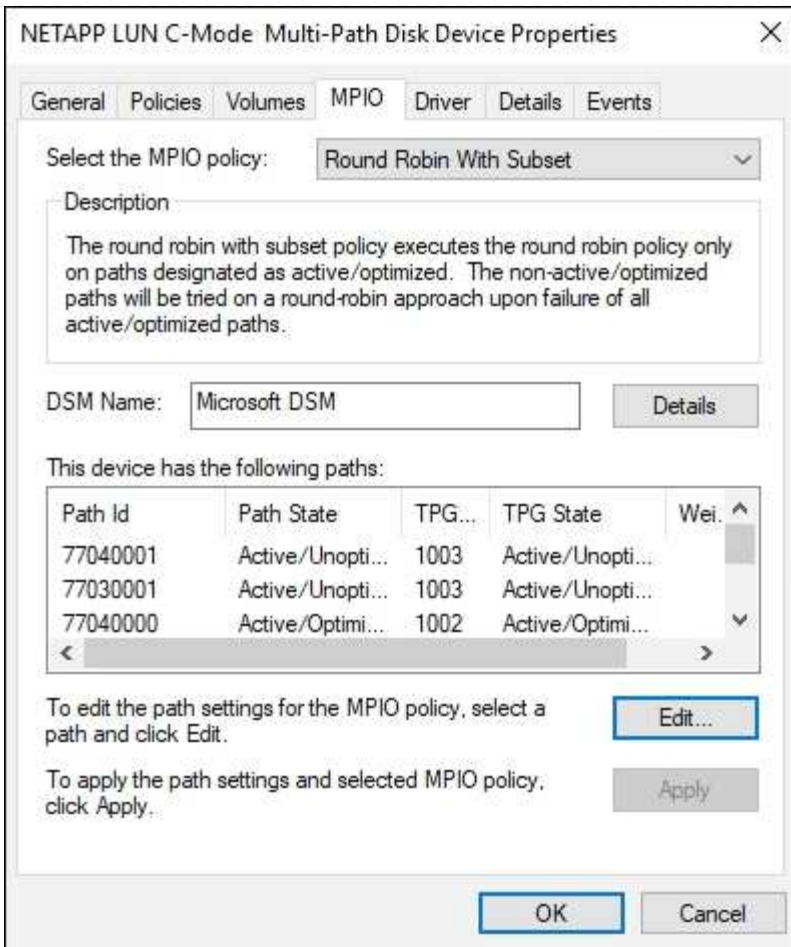
ASA配置

ASA配置应包含一组具有单一优先级的活动/优化路径。控制器负责维护路径，并在所有活动路径上发送 I/O。



AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应有两组优先级不同的路径。优先级较高的路径是活动/优化路径，由聚合所在的控制器提供服务。优先级较低的路径由不同的控制器提供服务。它们处于活动状态，但未经优化，仅在没有优化路径时使用。



第五步：回顾已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

["了解ONTAP存储的 Windows 主机实用程序配置"](#)

配置 Windows Server 2016 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Windows 主机实用程序使您可以将 Windows 主机连接到NetApp SAN 上的虚拟磁盘 (LUN)。在 Windows Server 2016 主机上安装 Windows 主机实用程序，以帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以使用本地启动或 SAN 启动来启动 Windows 操作系统。NetApp建议使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

SAN 启动

如果您选择使用SAN启动、则您的配置必须支持此功能。

开始之前

使用 ["互操作性表工具"](#)验证您的Windows操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

本地启动

通过将 Windows 操作系统安装到本地硬盘（例如 SSD、SATA 或 RAID）上来执行本地启动。

步骤二：安装Windows热修复程序

NetApp建议在主机服务器上安装Microsoft更新目录中提供的*最新累积更新*。

步骤

1. 从下载修补程序["Microsoft Update Catalog 2016"](#)。



对于无法从Microsoft Update目录下载的修补程序、您需要与Microsoft支持联系。

1. 按照 Microsoft 提供的说明安装修补程序。



许多热修复程序需要重启Windows主机。您可以等到安装或升级主机实用程序之后再重启主机。

步骤 3：安装 Windows 主机实用程序

Windows 主机实用程序是一套软件程序及其文档，可让您将主机连接到NetApp SAN 上的虚拟磁盘 (LUN)。NetApp建议下载并安装最新的 Windows 主机实用程序，以支持ONTAP LUN 管理并帮助技术支持人员收集配置数据。

有关 Windows 主机实用程序配置和安装信息，请参阅["Windows Host Utilities"](#)请查阅文档并选择适合您 Windows 主机实用程序版本的安装步骤。

步骤 4：确认主机的多路径配置

如果您的 Windows 主机有多个到存储系统的路径，请安装 Microsoft Multipath I/O (MPIO) 软件并启用多路径。

在 Windows 系统中，MPIO 解决方案的两个主要组件是设备专用模块 (DSM) 和 Windows MPIO。MPIO 向 Windows 操作系统提供单个磁盘用于所有路径，而 DSM 管理路径故障转移。



如果不安装MPIO软件、则Windows操作系统可能会将每个路径视为一个单独的磁盘。这可能会导致数据损坏。



在Hyper-V虚拟机中运行的Windows XP或Windows Vista不支持MPIO。

步骤

1. 安装 MPIO 软件并启用多路径功能。
2. 在使用FC的系统上选择MPIO时、Host Utilities安装程序会为Emulex和QLogic FC HBA设置所需的超时值。

Emulex FC

Emulex FC HBA的超时值：

属性类型	属性值
LinkTimeOut	1.
节点超时	10

QLogic FC

QLogic FC HBA的超时值：

属性类型	属性值
LinkDownTimeOut	1.
PortDownRetransCount	10

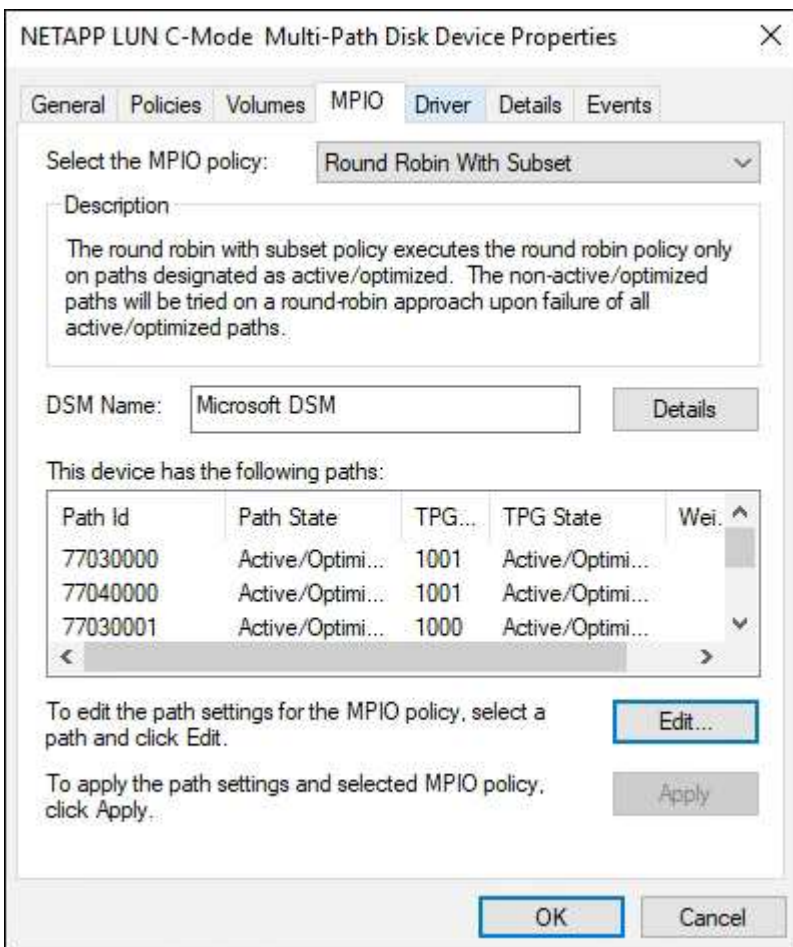
3. 验证ONTAP LUN 的路径状态：

根据您的 SAN 配置，主机使用ASA、AFF或FAS配置来访问ONTAP LUN。这些配置不应该需要超过四条路径来访问单个ONTAP LUN。存储故障时，超过四条路径都可能导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置的ONTAP LUN 的正确设置。

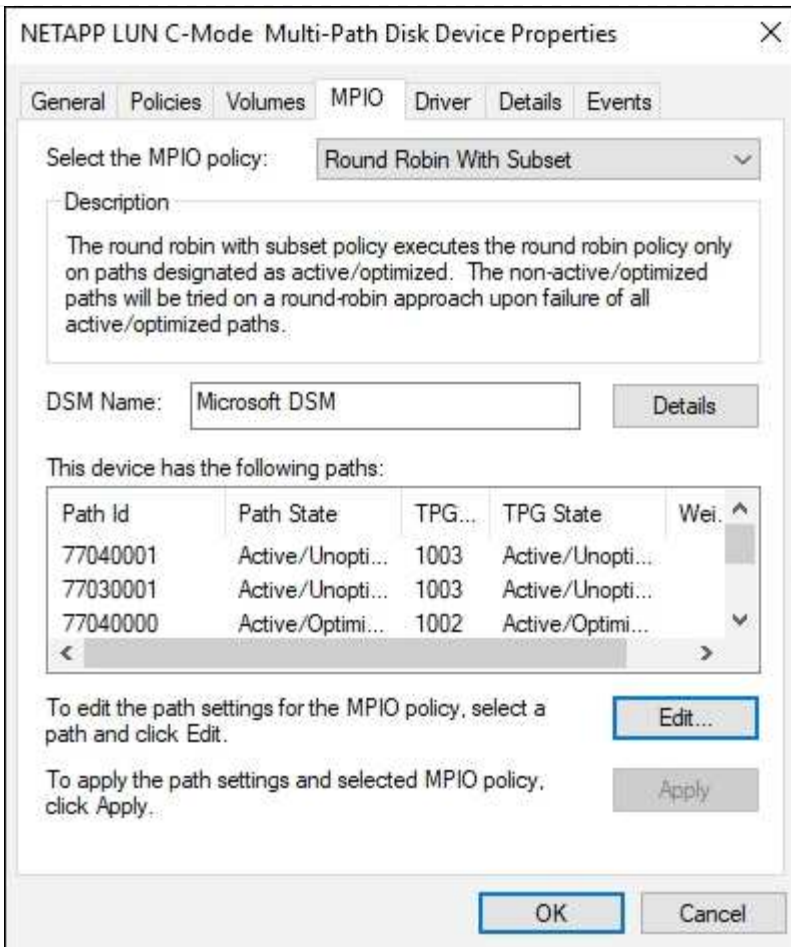
ASA配置

ASA配置应包含一组具有单一优先级的活动/优化路径。控制器负责维护路径，并在所有活动路径上发送 I/O。



AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应有两组优先级不同的路径。优先级较高的路径是活动/优化路径，由聚合所在的控制器提供服务。优先级较低的路径由不同的控制器提供服务。它们处于活动状态，但未经优化，仅在没有优化路径时使用。



第五步：回顾已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

["了解ONTAP存储的 Windows 主机实用程序配置"](#)

配置 Windows Server 2012 R2 以支持 FCP 和 iSCSI 以及ONTAP存储

Windows 主机实用程序使您可以将 Windows 主机连接到NetApp SAN 上的虚拟磁盘 (LUN)。在 Windows Server 2012 R2 主机上安装 Windows 主机实用程序，以帮助您管理ONTAP LUN 的 FCP 和 iSCSI 协议操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以使用本地启动或 SAN 启动来启动 Windows 操作系统。NetApp建议使用SAN启动来简化部署并提高可扩展性。

SAN 启动

如果您选择使用SAN启动、则您的配置必须支持此功能。

开始之前

使用 ["互操作性表工具"](#)验证您的Windows操作系统、主机总线适配器(HBA)、HBA固件、HBA启动BIOS和ONTAP版本是否支持SAN启动。

步骤

1. ["创建 SAN 启动 LUN 并将其映射到主机"](#)(英文)
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动 LUN 映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动且正在运行、以验证配置是否成功。

本地启动

通过将 Windows 操作系统安装到本地硬盘（例如 SSD、SATA 或 RAID）上来执行本地启动。

步骤二：安装Windows热修复程序

NetApp建议在主机服务器上安装Microsoft更新目录中提供的*最新累积更新*。

步骤

1. 从下载修补程序["Microsoft Update Catalog 2012 R2"](#)。



对于无法从Microsoft Update目录下载的修补程序、您需要与Microsoft支持联系。

1. 按照 Microsoft 提供的说明安装修补程序。



许多热修复程序需要重启Windows主机。您可以等到安装或升级主机实用程序之后再重启主机。

步骤 3：安装 Windows 主机实用程序

Windows 主机实用程序是一套软件程序及其文档，可让您将主机连接到NetApp SAN 上的虚拟磁盘 (LUN)。NetApp建议下载并安装最新的 Windows 主机实用程序，以支持ONTAP LUN 管理并帮助技术支持人员收集配置数据。

有关 Windows 主机实用程序配置和安装信息，请参阅["Windows Host Utilities"](#)请查阅文档并选择适合您Windows 主机实用程序版本的安装步骤。

步骤 4：确认主机的多路径配置

如果您的 Windows 主机有多个到存储系统的路径，请安装 Microsoft Multipath I/O (MPIO) 软件并启用多路径。

在 Windows 系统中，MPIO 解决方案的两个主要组件是设备专用模块 (DSM) 和 Windows MPIO。MPIO 向 Windows 操作系统提供单个磁盘用于所有路径，而 DSM 管理路径故障转移。



如果不安装MPIO软件、则Windows操作系统可能会将每个路径视为一个单独的磁盘。这可能会导致数据损坏。



在Hyper-V虚拟机中运行的Windows XP或Windows Vista不支持MPIO。

步骤

1. 安装 MPIO 软件并启用多路径功能。
2. 在使用FC的系统上选择MPIO时、Host Utilities安装程序会为Emulex和QLogic FC HBA设置所需的超时值。

Emulex FC

Emulex FC HBA的超时值：

属性类型	属性值
LinkTimeOut	1.
节点超时	10

QLogic FC

QLogic FC HBA的超时值：

属性类型	属性值
LinkDownTimeOut	1.
PortDownRetransCount	10

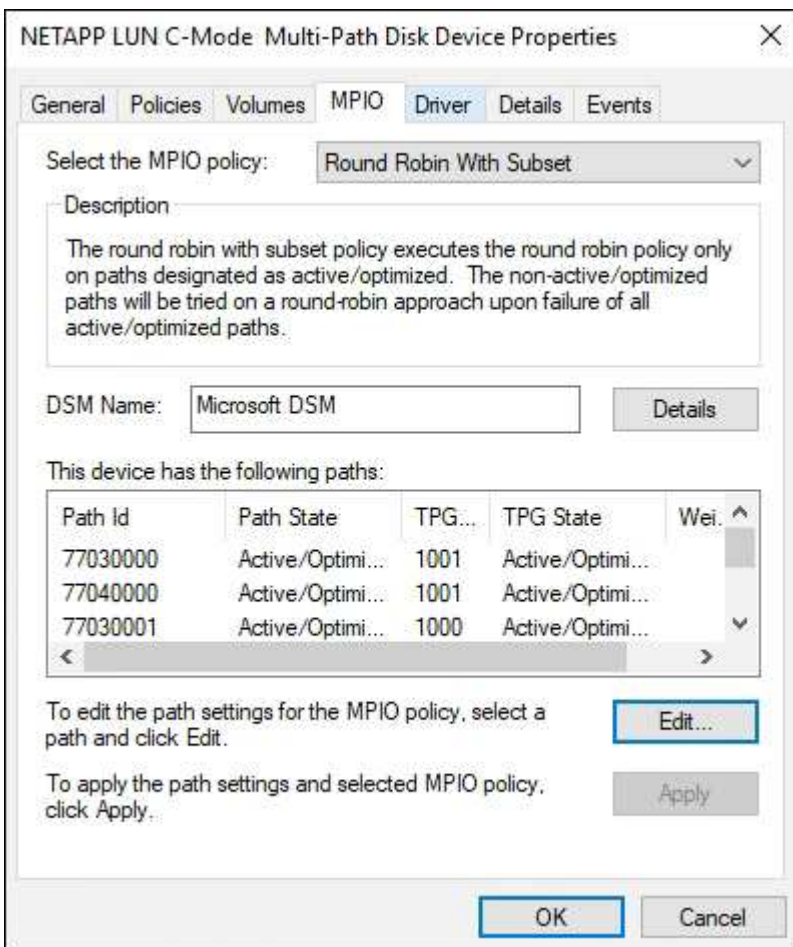
3. 验证ONTAP LUN 的路径状态：

根据您的 SAN 配置，主机使用ASA、AFF或FAS配置来访问ONTAP LUN。这些配置不应该需要超过四条路径来访问单个ONTAP LUN。存储故障时，超过四条路径都可能导致问题。

以下示例输出显示了ASA、AFF或FAS配置的ONTAP LUN 的正确设置。

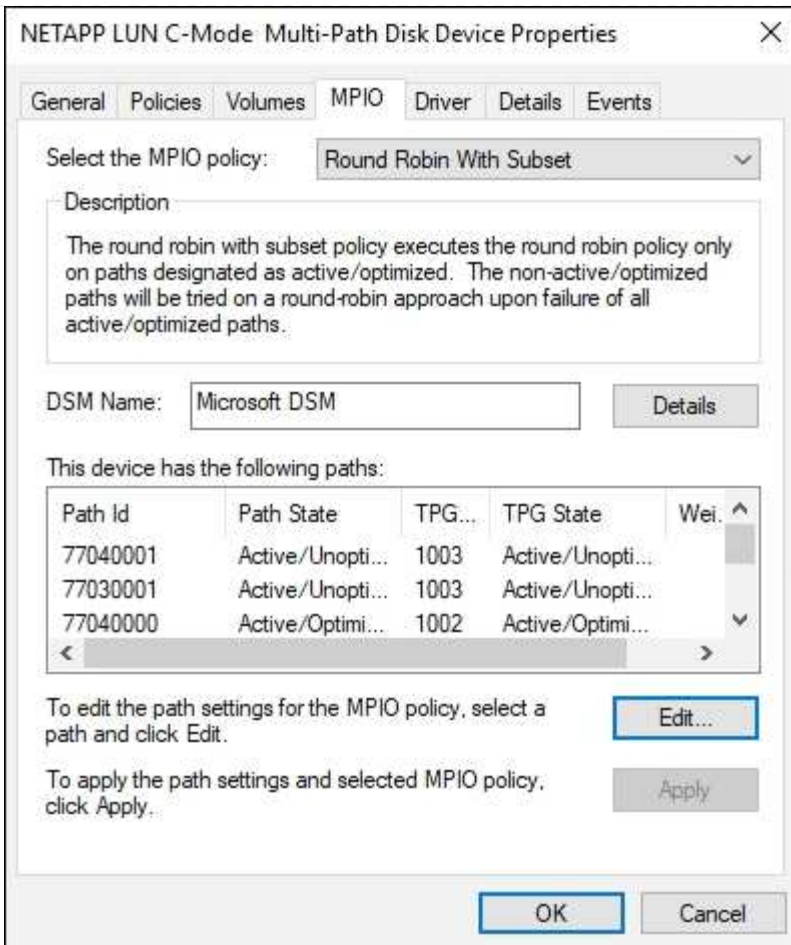
ASA配置

ASA配置应包含一组具有单一优先级的活动/优化路径。控制器负责维护路径，并在所有活动路径上发送 I/O。



AFF或FAS配置

AFF或FAS配置应有两组优先级不同的路径。优先级较高的路径是活动/优化路径，由聚合所在的控制器提供服务。优先级较低的路径由不同的控制器提供服务。它们处于活动状态，但未经优化，仅在没有优化路径时使用。



第五步：回顾已知问题

没有已知问题。

下一步是什么？

["了解ONTAP存储的 Windows 主机实用程序配置"](#)

使用NVMe-oF配置主机

了解如何使用 NVMe-oF 配置 ONTAP SAN 主机

您可以配置受支持的 SAN 主机以使用 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 协议并以ONTAP作为存储目标。 NVMe-oF包括光纤通道上的NVMe (NVMe/FC) 和TCP上的NVMe (NVMe/TCP)。根据您的主机操作系统和ONTAP版本，您可以在主机上配置和验证 NVMe/FC 或 NVMe/TCP 协议，或两者。

相关信息

- ["NetApp知识库：了解 NVMe-oF"。](#)

使用 NVMe-oF 为ONTAP存储配置 AIX

IBM AIX 和虚拟 I/O 服务器 (VIOS)/PowerVM 主机支持具有非对称命名空间访问 (ANA) 的 NVMe/FC 协议。 ANA 相当于 iSCSI 和 FCP 环境中的非对称逻辑单元访问 (ALUA) 多路径。

有关受支持配置的更多详细信息，请参阅["互操作性表工具\(IMT\)"](#)。

关于此任务

您可以将以下支持和功能与 AIX 主机的 NVMe-oF 主机配置一起使用。在开始配置过程之前，您还应该查看已知的限制。

- 提供支持：
 - 从ONTAP 9.13.1 开始，IBM AIX 7.2 TL5 SP6、AIX 7.3 TL1 SP2 和 VIOS 3.1.4.21 添加了 NVMe/FC 支持，并为物理和虚拟堆栈提供了 SAN 启动支持。有关设置 SAN 启动支持的更多信息，请参阅 IBM 文档。
 - POWER9和Power10 IBM服务器支持NVMe/FC。
 - NVMe 设备不需要单独的 PCM（路径控制模块），例如用于 AIX SCSI 多路径 I/O（MPIO）支持的主机实用程序。
 - VIOS 3.1.4.21引入了NetApp虚拟化支持(VIOS/PowerVM)。这在使用Power10 IBM服务器的NPIV (N_portID虚拟化)存储虚拟化模式中仅受支持。
- 已知限制：
 - AIX 主机上的 Qlogic/Marvel 32G FC HBA 不支持 NVMe/FC。
 - 使用 Power9 IBM 服务器的 NVMe/FC 设备不支持 SAN 启动。

开始之前

- 确认您已安装32 Gb FC Emulex适配器(EN1A、EN1B、EN1L)或64 Gb FC适配器(EN1n、EN1P)、且适配器固件为12.4.257.半 及更高版本。
- 如果您具有MetroCluster配置、NetApp建议更改支持MetroCluster计划外切换事件的AIX NVMe/FC默认APD (所有路径关闭)时间、以避免AIX操作系统强制执行较短的I/O超时。有关追加信息以及建议的默认设置更改、请参阅NetApp错误在线- "[1553249](#)."

- 根据您的 AIX 版本，AIX 主机操作系统的非对称命名空间访问转换超时 (ANATT) 默认为 30 秒或 60 秒。如果您的主机的 ANATT 默认值为 30 秒，则需要从 IBM 网站安装 IBM Interim Fix (ifix)，将 ANATT 设置为 60 秒，以确保所有 ONTAP 工作流程都不会中断。



要获得 NVMe/FC AIX 支持，您必须在 GA 版本的 AIX OS 上安装 ifix。VIOS/PowerVM OS 不需要 ifix。

您需要在之前没有安装过相关 ifix 的 AIX 版本上安装 ifix
`devices.pciex.pciexclass.010802.rte` 在系统上。以前安装的 iFIX 可能会与新安装冲突。

将 **ANATT** 设置为 **60** 秒

AIX 级别 72-TL5-SP6-2320 和 AIX 级别 73-TL1-SP2-2320 版本的默认 ANATT 为 30 秒。IBM 提供了一个 iFIX，将 ANATT 设置为 60 秒。您可以通过 IBM 案例 ID TS018079082 获得 ifix，并且您可以为以下 AIX 版本安装它：

- 对于 AIX 版本 72-TL5-SP6-2320、安装 IJ46710s6a.230509.epkg.z 软件包。
- 对于 AIX Level 73-TL1-SP2-2320、安装 IJ46711s2a.230509.epkg.z 软件包。

默认 **ANATT** 为 **60** 秒

对于以下 AIX 版本，默认 ANATT 为 60 秒：

- AIX 级别 73-TL2-SP3-2446
- AIX 级别 73-TL2-SP2-2420
- AIX 级别 72-TL5-SP8-2420

(可选) 将 **ANATT** 设置为 **120** 秒

IBM 提供了一个 iFIX，将 ANATT 设置为 120 秒。将 ANATT 设置为 120 秒时，它会增强 ONTAP 存储故障转移事件期间的性能。您可以通过 IBM 案例 ID TS012877410 获得 ifix，并且您可以为以下 AIX 版本安装它：

- 对于 AIX 级别 73-TL3-SP0-2446，安装 `IJ53487s0a.250130.epkg.Z` 包裹。
- 对于 AIX 级别 72-TL5-SP9-2446，安装 `IJ53445s9a.250130.epkg.Z` 包裹。



支持 NVMe/FC 的 Power9 服务器的最低服务器固件版本为 FW 950。

支持 NVMe/FC 的 Power10 服务器的最低服务器固件版本为 FW 1010。

有关管理 ifixes 的详细信息、请参见 ["管理 AIX 上的临时修复程序"](#)。

步骤 1：确认主机的多路径配置

安装 AIX 操作系统时，默认启用用于 NVMe 多路径的 IBM MPIO。

步骤

1. 验证 NVMe 多路径是否已启用：

```
lsmpio -l hdisk1
```

显示示例

name	path_id	status	path_status	parent	connection
hdisk1	8	Enabled	Sel,Opt	nvme12	fcnvme0, 9
hdisk1	9	Enabled	Sel,Non	nvme65	fcnvme1, 9
hdisk1	10	Enabled	Sel,Opt	nvme37	fcnvme1, 9
hdisk1	11	Enabled	Sel,Non	nvme60	fcnvme0, 9

步骤 2: 配置 NVMe/FC

您需要为 VIOS 上的 Broadcom/Emulex 适配器配置 NVMe/FC，因为 VIOS 上的虚拟光纤通道 (vFC) 中禁用了 NVMe/FC 协议支持。物理 FC 中默认启用 NVMe/FC 协议支持。

步骤

1. "验证您正在使用受支持的适配器"。
2. 检索虚拟适配器列表：

```
lsmap -all -npiv
```

显示示例

Name	Physloc	ClntID	ClntName
ClntOS			
-----	-----	-----	
vfchost0	U9105.22A.785DB61-V2-C2	4	s1022-iop-
mcc- AIX			
Status:LOGGED_IN			
FC name:fcs4			FC loc code:U78DA.ND0.WZS01UY-P0-C7-
T0			
Ports logged in:3			
Flags:0xea<LOGGED_IN,STRIP_MERGE,SCSI_CLIENT,NVME_CLIENT>			
VFC client name:fcs0			VFC client DRC:U9105.22A.785DB61-V4-
C2			

3. 通过运行在适配器上启用对NVMe/FC协议的支持 `ioscli vfcctrl` VIOS上的命令：

```
vfctrl -enable -protocol nvme -vadapter vfchost0
```

示例输出

```
The "nvme" protocol for "vfchost0" is enabled.
```

4. 验证是否已在适配器上启用支持:

```
lsattr -El vfchost0
```

显示示例

alt_site_wwpn		WWPN to use - Only set after migration	False
current_wwpn	0	WWPN to use - Only set after migration	False
enable_nvme	yes	Enable or disable NVME protocol for NPIV	True
label		User defined label	True
limit_intr	false	Limit NPIV Interrupt Sources	True
map_port	fcs4	Physical FC Port	False
num_per_nvme	0	Number of NPIV NVME queues per range	True
num_per_range	0	Number of NPIV SCSI queues per range	True

5. 为所有适配器启用NVMe/FC协议:

- 更改 `dflt_enabl_nvme` 的属性值 `viosnpiv0` 伪设备 `yes`。
- 设置 `enable_nvme` 属性值为 `yes` 适用于所有VFC主机设备。

```
chdev -l viosnpiv0 -a dflt_enabl_nvme=yes
```

```
lsattr -El viosnpiv0
```

显示示例

```
bufs_per_cmd    10  NPIV Number of local bufs per cmd
True
dflt_enabl_nvme yes  Default NVME Protocol setting for a new NPIV
adapter True
num_local_cmds  5   NPIV Number of local cmds per channel
True
num_per_nvme     8   NPIV Number of NVME queues per range
True
num_per_range    8   NPIV Number of SCSI queues per range
True
secure_va_info   no  NPIV Secure Virtual Adapter Information
True
```

6. 通过更改为选定适配器启用NVMe/FC协议 enable_nvme VFC主机设备属性的值 yes。

7. 请验证 FC-NVMe Protocol Device 已在服务器上创建：

```
lsdev |grep fcnvme
```

示例输出

```
fcnvme0          Available 00-00-02    FC-NVMe Protocol Device
fcnvme1          Available 00-01-02    FC-NVMe Protocol Device
```

8. 记录服务器中的主机NQN：

```
lsattr -El fcnvme0
```

显示示例

```
attach          switch
How this adapter is connected  False
autoconfig available
Configuration State              True
host_nqn         nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:64e039bd-27d2-421c-858d-
8a378dec31e8 Host NQN (NVMe Qualified Name) True
```

```
lsattr -El fcnvme1
```

显示示例

```
attach      switch
How this adapter is connected  False
autoconfig available
Configuration State            True
host_nqn     nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:64e039bd-27d2-421c-858d-
8a378dec31e8 Host NQN (NVMe Qualified Name) True
```

9. 检查主机NQN并验证它是否与ONTAP阵列上对应子系统的主机NQN字符串匹配:

```
vserver nvme subsystem host show -vserver vs_s922-55-lpar2
```

示例输出

```
Vserver      Subsystem      Host NQN
-----
vs_s922-55-lpar2 subsystem_s922-55-lpar2 nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:64e039bd-27d2-421c-858d-8a378dec31e8
```

10. 验证启动程序端口是否已启动且正在运行、并且您可以看到目标生命周期。

步骤 3: 验证 NVMe/FC

验证ONTAP命名空间对于 NVMe/FC 配置是否正确。

步骤

1. 验证ONTAP命名空间是否正确反映在主机上:

```
lsdev -Cc disk |grep NVMe
```

示例输出

```
hdisk1  Available 00-00-02 NVMe 4K Disk
```

2. (可选) 检查多路径状态:

```
lsmpio -l hdisk1
```

显示示例

```
name      path_id  status   path_status  parent  connection
hdisk1    8        Enabled  Sel,Opt      nvme12  fcnvme0, 9
hdisk1    9        Enabled  Sel,Non      nvme65  fcnvme1, 9
hdisk1    10       Enabled  Sel,Opt      nvme37  fcnvme1, 9
hdisk1    11       Enabled  Sel,Non      nvme60  fcnvme0, 9
```

步骤 4：查看已知问题

带有ONTAP存储的 AIX 的 NVMe/FC 主机配置存在以下已知问题：

BURT ID (BURT ID)	标题	Description
"1553249."	要修改的AIX NVMe/FC默认APD时间、以支持MCC计划外切换事件	默认情况下、AIX操作系统会对NVMe/FC使用全路径关闭(APD)超时值20秒。但是、ONTAP MetroCluster自动计划外切换(Automatic Underrated SwitchOver、AUSO)和Tiebreak机启动的切换工作流所需时间可能比APD超时窗口要长一些、从而导致I/O错误。
"1546017"	AIX NVMe/FC将ANATT上限设置为60秒、而不是ONTAP公布的120秒	ONTAP在控制器标识中显示ANA (非对称命名空间访问)过渡超时为120秒。目前、借助IFIX、AIX会从控制器标识读取ANA过渡超时、但如果超过此限制、则会将其有效地固定到60秒。
"1541386"	在AATT到期后、AIX NVMe/FC会命中EIO	对于任何存储故障转移(Storage Failover、SFO)事件、如果ANA (非对称命名空间访问)过渡超过给定路径上的ANA过渡超时上限、则AIX NVMe/FC主机将失败、并显示I/O错误、尽管命名空间具有备用的运行状况良好的路径。
"1541380"	AIX NVMe/FC等待半/全AATT过期、然后在ANAAEN之后恢复I/O	IBM AIX NVMe/FC不支持ONTAP发布的某些异步通知(Aschron也会通知、AEN)。这种次要ANA处理方式会导致SFB操作期间性能欠佳。

步骤5：故障排除

在排除任何 NVMe/FC 故障之前，请验证您正在运行的配置是否符合["IMT"规格](#)。如果问题仍然存在，请联系["NetApp 支持"](#)。

ESXi

适用于采用ONTAP 的ESXi 8.x的NVMe-oF主机配置

您可以在运行ESXi 8.x和ONTAP 的启动程序主机上将基于网络结构的NVMe (NVMe-oF)配置为目标。

可支持性

- 从NVMe.161开始、所有新创建的ONTAP 9命名空间都会默认启用空间分配。
- 从ONTAP 9.9.1 P3开始、ESXi 8及更高版本支持NVMe/FC协议。
- 从ONTAP 9.10.1开始、ONTAP 支持NVMe/TCP协议。

功能

- ESXi启动程序主机可以通过相同的适配器端口同时运行NVMe/FC和FCP流量。请参见 "[Hardware Universe](#)" 有关支持的 FC 适配器和控制器的列表。请参见 "[NetApp 互操作性表工具](#)" 有关支持的最新配置和版本列表。
- 对于ESXi 8.0及更高版本、HPP (高性能插件)是NVMe设备的默认插件。

已知限制

- 不支持RDM映射。

启用 NVMe/FC

默认情况下、在vSphere版本中、NVMe/FC处于启用状态。

验证主机NQN

您必须检查ESXi主机NQN字符串、并验证它是否与ONTAP 阵列上对应子系统的主机NQN字符串匹配。

```
# esxcli nvme info get
```

示例输出：

```
Host NQN: nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:62a19711-ba8c-475d-c954-0000c9f1a436
```

```
# vservers nvme subsystem host show -vservers nvme_fc
```

示例输出：

```
Vserver Subsystem Host NQN
-----
-----
nvme_fc nvme_ss nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:62a19711-ba8c-475d-c954-
0000c9f1a436
```

如果主机NQN字符串不匹配、则应使用 `vserver nvme subsystem host add` 命令以更新相应ONTAP NVMe子系统上的正确主机NQN字符串。

配置Broadcom/Emulex和Marvell/Qlogic

。lpfc 驱动程序和 qlnativefc 默认情况下、vSphere 8.x中的驱动程序已启用NVMe/FC功能。

请参见["互操作性表工具"](#)以检查驱动程序或固件是否支持此配置。

验证 NVMe/FC

您可以使用以下操作步骤 来验证NVMe/FC。

步骤

1. 验证NVMe/FC适配器是否列在ESXi主机上：

```
# esxcli nvme adapter list
```

示例输出：

Adapter	Adapter Qualified Name	Transport Type	Driver
Associated Devices			
-----	-----	-----	-----
vmhba64	aqn:lpfc:100000109b579f11	FC	lpfc
vmhba65	aqn:lpfc:100000109b579f12	FC	lpfc
vmhba66	aqn:qlnativefc:2100f4e9d456e286	FC	qlnativefc
vmhba67	aqn:qlnativefc:2100f4e9d456e287	FC	qlnativefc

2. 验证是否已正确创建NVMe/FC命名空间：

以下示例中的 UUID 表示 NVMe/FC 命名空间设备。

```
# esxcfg-mpath -b
uuid.116cb7ed9e574a0faf35ac2ec115969d : NVMe Fibre Channel Disk
(uuid.116cb7ed9e574a0faf35ac2ec115969d)
  vmhba64:C0:T0:L5 LUN:5 state:active fc Adapter: WWNN:
20:00:00:24:ff:7f:4a:50 WWPN: 21:00:00:24:ff:7f:4a:50 Target: WWNN:
20:04:d0:39:ea:3a:b2:1f WWPN: 20:05:d0:39:ea:3a:b2:1f
  vmhba64:C0:T1:L5 LUN:5 state:active fc Adapter: WWNN:
20:00:00:24:ff:7f:4a:50 WWPN: 21:00:00:24:ff:7f:4a:50 Target: WWNN:
20:04:d0:39:ea:3a:b2:1f WWPN: 20:07:d0:39:ea:3a:b2:1f
  vmhba65:C0:T1:L5 LUN:5 state:active fc Adapter: WWNN:
20:00:00:24:ff:7f:4a:51 WWPN: 21:00:00:24:ff:7f:4a:51 Target: WWNN:
20:04:d0:39:ea:3a:b2:1f WWPN: 20:08:d0:39:ea:3a:b2:1f
  vmhba65:C0:T0:L5 LUN:5 state:active fc Adapter: WWNN:
20:00:00:24:ff:7f:4a:51 WWPN: 21:00:00:24:ff:7f:4a:51 Target: WWNN:
20:04:d0:39:ea:3a:b2:1f WWPN: 20:06:d0:39:ea:3a:b2:1f
```

在ONTAP 9.7中、NVMe/FC命名空间的默认块大小为4k。此默认大小与 ESXi 不兼容。因此、在为ESXi创建命名空间时、必须将命名空间块大小设置为* 512 B*。您可以使用执行此操作 `vserver nvme namespace create` 命令：



示例、

```
vserver nvme namespace create -vserver vs_1 -path
/vol/nssvol/namespace1 -size 100g -ostype vmware -block-size 512B
```

请参见 "[ONTAP 9 命令手册页](#)" 了解更多详细信息。

3. 验证相应 NVMe/FC 命名空间设备的各个 ANA 路径的状态：

```
# esxcli storage hpp path list -d uuid.df960bebb5a74a3eaa1ae55e6b3411d

fc.20000024ff7f4a50:21000024ff7f4a50-
fc.2004d039ea3ab21f:2005d039ea3ab21f-
uuid.df960bebb5a74a3eaa1ae55e6b3411d
  Runtime Name: vmhba64:C0:T0:L3
  Device: uuid.df960bebb5a74a3eaa1ae55e6b3411d
  Device Display Name: NVMe Fibre Channel Disk
(uuid.df960bebb5a74a3eaa1ae55e6b3411d)
  Path State: active unoptimized
  Path Config: {ANA_GRP_id=4,ANA_GRP_state=ANO,health=UP}

fc.20000024ff7f4a51:21000024ff7f4a51-
fc.2004d039ea3ab21f:2008d039ea3ab21f-
uuid.df960bebb5a74a3eaa1ae55e6b3411d
  Runtime Name: vmhba65:C0:T1:L3
  Device: uuid.df960bebb5a74a3eaa1ae55e6b3411d
  Device Display Name: NVMe Fibre Channel Disk
(uuid.df960bebb5a74a3eaa1ae55e6b3411d)
  Path State: active
  Path Config: {ANA_GRP_id=4,ANA_GRP_state=AO,health=UP}

fc.20000024ff7f4a51:21000024ff7f4a51-
fc.2004d039ea3ab21f:2006d039ea3ab21f-
uuid.df960bebb5a74a3eaa1ae55e6b3411d
  Runtime Name: vmhba65:C0:T0:L3
  Device: uuid.df960bebb5a74a3eaa1ae55e6b3411d
  Device Display Name: NVMe Fibre Channel Disk
(uuid.df960bebb5a74a3eaa1ae55e6b3411d)
  Path State: active unoptimized
  Path Config: {ANA_GRP_id=4,ANA_GRP_state=ANO,health=UP}

fc.20000024ff7f4a50:21000024ff7f4a50-
fc.2004d039ea3ab21f:2007d039ea3ab21f-
uuid.df960bebb5a74a3eaa1ae55e6b3411d
  Runtime Name: vmhba64:C0:T1:L3
  Device: uuid.df960bebb5a74a3eaa1ae55e6b3411d
  Device Display Name: NVMe Fibre Channel Disk
(uuid.df960bebb5a74a3eaa1ae55e6b3411d)
  Path State: active
  Path Config: {ANA_GRP_id=4,ANA_GRP_state=AO,health=UP}
```

配置 NVMe/TCP

在ESXi 8.x中、默认情况下会加载所需的NVMe/TCP模块。要配置网络和NVMe/TCP适配器、请参见VMware vSphere文档。

验证NVMe/TCP

您可以使用以下操作步骤 来验证NVMe/TCP。

步骤

- 1. 验证NVMe/TCP适配器的状态：

```
esxcli nvme adapter list
```

示例输出：

Adapter	Adapter Qualified Name	Transport Type	Driver
Associated Devices			
-----	-----	-----	-----
vmhba65	aqn:nvmetcp:ec-2a-72-0f-e2-30-T	TCP	nvmetcp
vmnic0			
vmhba66	aqn:nvmetcp:34-80-0d-30-d1-a0-T	TCP	nvmetcp
vmnic2			
vmhba67	aqn:nvmetcp:34-80-0d-30-d1-a1-T	TCP	nvmetcp
vmnic3			

- 2. 检索NVMe/TCP连接列表：

```
esxcli nvme controller list
```

示例输出：

Name	Adapter	Transport	Type	Is Online	Is VVOL	Controller	Number

nqn.2014-08.org.nvmexpress.discovery#vmhba64#192.168.100.166:8009 256							
vmhba64	TCP			true	false		
nqn.1992-							
08.com.netapp:sn.89bb1a28a89a1led8a88d039ea263f93:subsystem.nvme_ss#vmhb							
a64#192.168.100.165:4420	258	vmhba64	TCP	true	false		
nqn.1992-							
08.com.netapp:sn.89bb1a28a89a1led8a88d039ea263f93:subsystem.nvme_ss#vmhb							
a64#192.168.100.168:4420	259	vmhba64	TCP	true	false		
nqn.1992-							
08.com.netapp:sn.89bb1a28a89a1led8a88d039ea263f93:subsystem.nvme_ss#vmhb							
a64#192.168.100.166:4420	260	vmhba64	TCP	true	false		
nqn.2014-08.org.nvmexpress.discovery#vmhba64#192.168.100.165:8009 261							
vmhba64	TCP			true	false		
nqn.2014-08.org.nvmexpress.discovery#vmhba65#192.168.100.155:8009 262							
vmhba65	TCP			true	false		
nqn.1992-							
08.com.netapp:sn.89bb1a28a89a1led8a88d039ea263f93:subsystem.nvme_ss#vmhb							
a64#192.168.100.167:4420	264	vmhba64	TCP	true	false		

3. 检索NVM命名空间的路径数列表:

```
esxcli storage hpp path list -d uuid.f4f14337c3ad4a639edf0e21de8b88bf
```

示例输出：

```

tcp.vmnic2:34:80:0d:30:ca:e0-tcp.192.168.100.165:4420-
uuid.f4f14337c3ad4a639edf0e21de8b88bf
  Runtime Name: vmhba64:C0:T0:L5
  Device: uuid.f4f14337c3ad4a639edf0e21de8b88bf
  Device Display Name: NVMe TCP Disk
(uuid.f4f14337c3ad4a639edf0e21de8b88bf)
  Path State: active
  Path Config: {ANA_GRP_id=6,ANA_GRP_state=AO,health=UP}

tcp.vmnic2:34:80:0d:30:ca:e0-tcp.192.168.100.168:4420-
uuid.f4f14337c3ad4a639edf0e21de8b88bf
  Runtime Name: vmhba64:C0:T3:L5
  Device: uuid.f4f14337c3ad4a639edf0e21de8b88bf
  Device Display Name: NVMe TCP Disk
(uuid.f4f14337c3ad4a639edf0e21de8b88bf)
  Path State: active unoptimized
  Path Config: {ANA_GRP_id=6,ANA_GRP_state=ANO,health=UP}

tcp.vmnic2:34:80:0d:30:ca:e0-tcp.192.168.100.166:4420-
uuid.f4f14337c3ad4a639edf0e21de8b88bf
  Runtime Name: vmhba64:C0:T2:L5
  Device: uuid.f4f14337c3ad4a639edf0e21de8b88bf
  Device Display Name: NVMe TCP Disk
(uuid.f4f14337c3ad4a639edf0e21de8b88bf)
  Path State: active unoptimized
  Path Config: {ANA_GRP_id=6,ANA_GRP_state=ANO,health=UP}

tcp.vmnic2:34:80:0d:30:ca:e0-tcp.192.168.100.167:4420-
uuid.f4f14337c3ad4a639edf0e21de8b88bf
  Runtime Name: vmhba64:C0:T1:L5
  Device: uuid.f4f14337c3ad4a639edf0e21de8b88bf
  Device Display Name: NVMe TCP Disk
(uuid.f4f14337c3ad4a639edf0e21de8b88bf)
  Path State: active
  Path Config: {ANA_GRP_id=6,ANA_GRP_state=AO,health=UP}

```

NVMe取消分配

对于ESXi 8.0u2及更高版本以及9.16.1 9.161及更高版本、支持使用NVMe取消分配命令。

对于NVMe命名容量、始终会启用取消分配支持。取消分配还允许子操作系统对VMFS数据存储库执行"UNMAP"(有时称为"TRIM")操作。通过取消分配操作、主机可以确定不再需要的数据块、因为这些数据块不再包含有效数据。然后、存储系统可以删除这些数据块、以便可以在其他位置使用这些空间。

步骤

1. 在ESXi主机上、验证DSM取消分配的设置是否支持TP4040:

```
esxcfg-advcfg -g /Scsi/NvmeUseDsmTp4040
```

预期值为0。

2. 启用DSM取消分配的设置并支持TP4040:

```
esxcfg-advcfg -s 1 /Scsi/NvmeUseDsmTp4040
```

3. 验证是否已启用通过TP4040支持取消分配DSM的设置:

```
esxcfg-advcfg -g /Scsi/NvmeUseDsmTp4040
```

预期值为1。

有关在VMware vSphere中取消分配NVMe的详细信息、请参阅 ["vSphere中的存储空间回收"](#)

已知问题

使用ONTAP的ESXi 8.x的NVMe-oF主机配置存在以下已知问题:

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1420654,"	在ONTAP 9.9.1中使用NVMe/FC协议时、ONTAP 节点不运行	ONTAP 9.9.1支持NVMe"中止"命令。当ONTAP 收到"中止"命令以中止正在等待其配对命令的NVMe融合命令时、会发生ONTAP 节点中断。只有使用NVMe融合命令(例如ESX)和光纤通道(FC)传输的主机才会发现问题描述。
1543660	如果使用vNVMe适配器的Linux VM遇到较长的All Paths Down (APD)窗口、则会发生I/O错误	运行vSphere 8.x及更高版本并使用虚拟NVMe (vNVME)适配器的Linux VM会遇到I/O错误、因为默认情况下、vNVMe重试操作处于禁用状态。为了避免在所有路径关闭(All Paths Down、APD)或I/O负载繁重期间对运行旧内核的Linux VM造成中断、VMware引入了可调"VSCSIDisableNvmeRetry"以禁用vNVMe重试操作。

相关信息

["采用ONTAP的VMware vSphere"](#) ["NetApp MetroCluster 支持 VMware vSphere 5.x , 6.x 和 7.x \(2031038 \)"](#) ["VMware vSphere 6.x和7.x支持NetApp SnapMirror活动同步"](#)

适用于采用 **ONTAP** 的 **ESXi 7.x** 的 **NVMe-oF** 主机配置

您可以在运行ESXi 7.x和ONTAP 的启动程序主机上将基于网络结构的NVMe (NVMe-oF)配置为目标。

可支持性

- 从ONTAP 9.7开始、VMware vSphere版本增加了对基于光纤通道的NVMe (NVMe/FC)的支持。
- 从7.0U3c开始、ESXi虚拟机管理程序支持NVMe/TCP功能。
- 从ONTAP 9.10.1开始、ONTAP 支持NVMe/TCP功能。

功能

- ESXi 启动程序主机可以通过相同的适配器端口同时运行 NVMe/FC 和 FCP 流量。有关支持的FC适配器和控制器的列表、请参见 "[Hardware Universe](#)"。有关最新的受支持配置和版本列表、请参见"[互操作性表工具](#)"。
- 从 ONTAP 9.9.1 P3 开始，ESXi 7.0 Update 3 支持 NVMe/FC 功能。
- 对于 ESXi 7.0 及更高版本，HPP（高性能插件）是 NVMe 设备的默认插件。

已知限制

不支持以下配置：

- RDM 映射
- VVOL

启用 NVMe/FC

1. 检查 ESXi 主机 NQN 字符串，并验证它是否与 ONTAP 阵列上相应子系统的主机 NQN 字符串匹配：

```
# esxcli nvme info get
Host NQN: nqn.2014-08.com.vmware:nvme:nvme-esx

# vservers nvme subsystem host show -vservers vservers_nvme
Vservers Subsystem          Host NQN
-----
vservers_nvme ss_vservers_nvme nqn.2014-08.com.vmware:nvme:nvme-esx
```

配置 Broadcom/Emulex

1. 请参阅检查所需驱动程序/固件是否支持此配置"[互操作性表工具](#)"。
2. 设置 lpfc 驱动程序参数 lpfc_enable_FC4_type=3 以在 lpfc 驱动程序中启用 NVMe/FC 支持，然后重新启动主机。



从 vSphere 7.0 Update 3 开始，brcmnvme_fc 驱动程序不再可用。因此，lpfc 驱动程序现在包括先前随 brcmnvme_fc 驱动程序提供的基于光纤通道的 NVMe（NVMe/FC）功能。



默认情况下，已为 LPe35000 系列适配器设置 lpfc_enable_FC4_type=3 参数。要为 LPe32000 系列和 LPe31000 系列适配器手动设置此命令，必须执行以下命令。

```
# esxcli system module parameters set -m lpfc -p lpfc_enable_fc4_type=3

#esxcli system module parameters list -m lpfc | grep lpfc_enable_fc4_type
lpfc_enable_fc4_type          int      3          Defines what FC4 types
are supported

#esxcli storage core adapter list
HBA Name  Driver  Link State  UID
Capabilities  Description
-----  -
vmhba1    lpfc    link-up    fc.200000109b95456f:100000109b95456f
Second Level Lun ID (0000:86:00.0) Emulex Corporation Emulex LPe36000
Fibre Channel Adapter  FC HBA
vmhba2    lpfc    link-up    fc.200000109b954570:100000109b954570
Second Level Lun ID (0000:86:00.1) Emulex Corporation Emulex LPe36000
Fibre Channel Adapter  FC HBA
vmhba64   lpfc    link-up    fc.200000109b95456f:100000109b95456f
(0000:86:00.0) Emulex Corporation Emulex LPe36000 Fibre Channel Adapter
NVMe HBA
vmhba65   lpfc    link-up    fc.200000109b954570:100000109b954570
(0000:86:00.1) Emulex Corporation Emulex LPe36000 Fibre Channel Adapter
NVMe HBA
```

配置 Marvell/QLogic

步骤

1. 请参阅检查所需驱动程序/固件是否支持配置["互操作性表工具"](#)。
2. 设置 qlnativefc driver 参数 ql2xnvmesupport=1 以在 qlnativefc 驱动程序中启用 NVMe/FC 支持，然后重新启动主机。

```
` # esxcfg-module -s 'ql2xnvmesupport=1' qlnativefc`
```



默认情况下，QLE 277x 系列适配器会设置 qlnativefc driver 参数。要为 QLE 277x 系列适配器手动设置此命令，必须执行以下命令。

```
esxcfg-module -l | grep qlnativefc
qlnativefc          4      1912
```

3. 检查适配器上是否启用了 NVMe：

```
#esxcli storage core adapter list
```

HBA Name	Driver	Link State	UID
Capabilities	Description		
vmhba3	qlnativefc	link-up	fc.20000024ff1817ae:21000024ff1817ae
Second Level Lun ID (0000:5e:00.0) QLogic Corp QLE2742 Dual Port 32Gb			
Fibre Channel to PCIe Adapter FC Adapter			
vmhba4	qlnativefc	link-up	fc.20000024ff1817af:21000024ff1817af
Second Level Lun ID (0000:5e:00.1) QLogic Corp QLE2742 Dual Port 32Gb			
Fibre Channel to PCIe Adapter FC Adapter			
vmhba64	qlnativefc	link-up	fc.20000024ff1817ae:21000024ff1817ae
(0000:5e:00.0) QLogic Corp QLE2742 Dual Port 32Gb Fibre Channel to PCIe			
Adapter NVMe FC Adapter			
vmhba65	qlnativefc	link-up	fc.20000024ff1817af:21000024ff1817af
(0000:5e:00.1) QLogic Corp QLE2742 Dual Port 32Gb Fibre Channel to PCIe			
Adapter NVMe FC Adapter			

验证 NVMe/FC

1. 验证 NVMe/FC 适配器是否列在 ESXi 主机上:

```
# esxcli nvme adapter list
```

Adapter	Adapter Qualified Name	Transport Type	Driver
Associated Devices			
vmhba64	aqn:qlnativefc:21000024ff1817ae	FC	qlnativefc
vmhba65	aqn:qlnativefc:21000024ff1817af	FC	qlnativefc
vmhba66	aqn:lpfc:100000109b579d9c	FC	lpfc
vmhba67	aqn:lpfc:100000109b579d9d	FC	lpfc

2. 验证是否已正确创建 NVMe/FC 命名空间:

以下示例中的 UUID 表示 NVMe/FC 命名空间设备。

```
# esxcfg-mpath -b
uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e : NVMe Fibre Channel Disk
(uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e)
  vmhba65:C0:T0:L1 LUN:1 state:active fc Adapter: WWNN:
20:00:34:80:0d:6d:72:69 WWPN: 21:00:34:80:0d:6d:72:69 Target: WWNN:
20:17:00:a0:98:df:e3:d1 WWPN: 20:2f:00:a0:98:df:e3:d1
  vmhba65:C0:T1:L1 LUN:1 state:active fc Adapter: WWNN:
20:00:34:80:0d:6d:72:69 WWPN: 21:00:34:80:0d:6d:72:69 Target: WWNN:
20:17:00:a0:98:df:e3:d1 WWPN: 20:1a:00:a0:98:df:e3:d1
  vmhba64:C0:T0:L1 LUN:1 state:active fc Adapter: WWNN:
20:00:34:80:0d:6d:72:68 WWPN: 21:00:34:80:0d:6d:72:68 Target: WWNN:
20:17:00:a0:98:df:e3:d1 WWPN: 20:18:00:a0:98:df:e3:d1
  vmhba64:C0:T1:L1 LUN:1 state:active fc Adapter: WWNN:
20:00:34:80:0d:6d:72:68 WWPN: 21:00:34:80:0d:6d:72:68 Target: WWNN:
20:17:00:a0:98:df:e3:d1 WWPN: 20:19:00:a0:98:df:e3:d1
```



在 ONTAP 9.7 中，NVMe/FC 命名空间的默认块大小为 4k。此默认大小与 ESXi 不兼容。因此，在为 ESXi 创建命名空间时，必须将命名空间块大小设置为 512b。您可以使用 `vserver nvme namespace create` 命令执行此操作。

示例

```
vserver nvme namespace create -vserver vs_1 -path /vol/nssvol/namespace1 -size
100g -ostype vmware -block-size 512B
```

请参见 ["ONTAP 9 命令手册页"](#) 了解更多详细信息。

3. 验证相应 NVMe/FC 命名空间设备的各个 ANA 路径的状态：

```

esxcli storage hpp path list -d uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e
fc.200034800d6d7268:210034800d6d7268-
fc.201700a098dfe3d1:201800a098dfe3d1-
uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e
  Runtime Name: vmhba64:C0:T0:L1
  Device: uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e
  Device Display Name: NVMe Fibre Channel Disk
(uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e)
  Path State: active
  Path Config: {TPG_id=0,TPG_state=AO,RTP_id=0,health=UP}

fc.200034800d6d7269:210034800d6d7269-
fc.201700a098dfe3d1:201a00a098dfe3d1-
uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e
  Runtime Name: vmhba65:C0:T1:L1
  Device: uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e
  Device Display Name: NVMe Fibre Channel Disk
(uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e)
  Path State: active
  Path Config: {TPG_id=0,TPG_state=AO,RTP_id=0,health=UP}

fc.200034800d6d7269:210034800d6d7269-
fc.201700a098dfe3d1:202f00a098dfe3d1-
uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e
  Runtime Name: vmhba65:C0:T0:L1
  Device: uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e
  Device Display Name: NVMe Fibre Channel Disk
(uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e)
  Path State: active unoptimized
  Path Config: {TPG_id=0,TPG_state=ANO,RTP_id=0,health=UP}

fc.200034800d6d7268:210034800d6d7268-
fc.201700a098dfe3d1:201900a098dfe3d1-
uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e
  Runtime Name: vmhba64:C0:T1:L1
  Device: uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e
  Device Display Name: NVMe Fibre Channel Disk
(uuid.5084e29a6bb24fbca5ba076eda8ecd7e)
  Path State: active unoptimized
  Path Config: {TPG_id=0,TPG_state=ANO,RTP_id=0,health=UP}

```

配置 NVMe/TCP

从7.0U3c开始、默认情况下会加载所需的NVMe/TCP模块。有关配置网络和NVMe/TCP适配器的信息、请参见VMware vSphere文档。

验证NVMe/TCP

步骤

1. 验证NVMe/TCP适配器的状态。

```
[root@R650-8-45:~] esxcli nvme adapter list
Adapter      Adapter Qualified Name
-----
vmhba64      aqn:nvmetcp:34-80-0d-30-ca-e0-T
vmhba65      aqn:nvmetc:34-80-13d-30-ca-e1-T
list
Transport Type  Driver  Associated Devices
-----
TCP             nvmetcp  vmnzc2
TCP             nvmetcp  vmnzc3
```

2. 要列出NVMe/TCP连接、请使用以下命令：

```
[root@R650-8-45:~] esxcli nvme controller list
Name
-----
nqn.1992-
08.com.netapp:sn.5e347cf68e0511ec9ec2d039ea13e6ed:subsystem.vs_name_tcp_
ss#vmhba64#192.168.100.11:4420
nqn.1992-
08.com.netapp:sn.5e347cf68e0511ec9ec2d039ea13e6ed:subsystem.vs_name_tcp_
ss#vmhba64#192.168.101.11:4420
Controller Number  Adapter  Transport Type  IS Online
-----
1580               vmhba64  TCP             true
1588               vmhba65  TCP             true
```

3. 要列出NVMe命名空间的路径数、请使用以下命令：

```
[root@R650-8-45:~] esxcli storage hpp path list -d
uuid.400bf333abf74ab8b96dc18ffadc3f99
tcp.vmnic2:34:80:Od:30:ca:eo-tcp.unknown-
uuid.400bf333abf74ab8b96dc18ffadc3f99
    Runtime Name: vmhba64:C0:T0:L3
    Device: uuid.400bf333abf74ab8b96dc18ffadc3f99
    Device Display Name: NVMe TCP Disk
(uuid.400bf333abf74ab8b96dc18ffadc3f99)
    Path State: active unoptimized
    Path config: {TPG_id=0,TPG_state=ANO,RTP_id=0,health=UP}

tcp.vmnic3:34:80:Od:30:ca:el-tcp.unknown-
uuid.400bf333abf74ab8b96dc18ffadc3f99
    Runtime Name: vmhba65:C0:T1:L3
    Device: uuid.400bf333abf74ab8b96dc18ffadc3f99
    Device Display Name: NVMe TCP Disk
(uuid.400bf333abf74ab8b96dc18ffadc3f99)
    Path State: active
    Path config: {TPG_id=0,TPG_state=AO,RTP_id=0,health=UP}
```

已知问题

使用ONTAP的ESXi 7.x的NVMe-oF主机配置存在以下已知问题：

NetApp 错误 ID	标题	临时解决策
"1420654,"	在ONTAP 9.9.1中使用NVMe/FC协议时、ONTAP 节点不运行	检查并更正主机网络结构中的任何网络问题。如果这不起作用、请升级到可修复此问题描述的修补程序。

相关信息

["采用ONTAP的VMware vSphere" "NetApp MetroCluster 支持 VMware vSphere 5.x ， 6.x 和 7.x （ 2031038 ）" "VMware vSphere 6.x和7.x支持NetApp@SnapMirror主动同步"](#)

Oracle Linux

了解ONTAP对 **Oracle Linux** 主机的支持和功能。

使用 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 进行主机配置所支持的功能因ONTAP和 Oracle Linux 的版本而异。

功能	Oracle Linux 主机版本	ONTAP 版本
Oracle Linux 主机和ONTAP控制器之间通过 NVMe/TCP 支持安全的带内身份验证。	9.4 或更高版本	9.12.1 或更高版本

功能	Oracle Linux 主机版本	ONTAP 版本
NVMe/TCP 是一项完全受支持的企业级功能	9.0 或更高版本	9.10.1 或更高版本
NVMe/TCP 使用原生命名空间提供命名空间 `nvme-cli` 包裹	8.2 或更高版本	9.10.1 或更高版本
同一主机上支持 NVMe 和 SCSI 流量，NVMe-oF 命名空间使用 NVMe 多路径，SCSI LUN 使用 dm 多路径。	7.7 或更高版本	9.4 或更高版本



NetApp sanlun NVMe-oF 不支持主机实用程序。您可以使用本机 `nvme-cli` 适用于所有 NVMe-oF 传输。

无论系统设置中运行的ONTAP版本如何， ONTAP支持以下 SAN 主机功能。

功能	Oracle Linux 主机版本
原生 udev 规则 <code>nvme-cli</code> 该软件包为 NVMe 多路径提供队列深度负载均衡	9.6 或更高版本
SAN 启动已通过 NVMe/FC 协议启用	9.5 或更高版本
内核中 NVMe 多路径功能默认对 NVMe 命名空间启用。	8.3 或更高版本
这 `nvme-cli` 该软件包包含自动连接脚本，无需第三方脚本。	8.3 或更高版本
原生 udev 规则 `nvme-cli` 该软件包为 NVMe 多路径提供轮询负载均衡	8.3 或更高版本



有关受支持配置的详细信息，请参阅[互操作性表工具](#)。

下一步

如果您的 Oracle Linux 版本是.....	了解.....
9系列	"为 Oracle Linux 9.x 配置 NVMe"
8系列	"为 Oracle Linux 8.x 配置 NVMe"
7系列	"为 Oracle Linux 7.x 配置 NVMe"

相关信息

["了解如何管理 NVMe 协议"](#)

配置 Oracle Linux 9.x 和 NVMe-oF 以用于ONTAP存储

Oracle Linux 主机支持基于光纤通道的 NVMe (NVMe/FC) 和基于 TCP 的 NVMe (NVMe/TCP) 协议，并支持非对称命名空间访问 (ANA)。ANA 提供与 iSCSI 和 FCP 环境中的非对称逻辑单元访问 (ALUA) 等效的多路径功能。

了解如何为 Oracle Linux 9.x 配置 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 主机。如需更多支持和功能信息，请参阅["Oracle Linux ONTAP支持和功能"](#)。

NVMe-oF 与 Oracle Linux 9.x 存在以下已知限制：

- 这 `nvme disconnect-all` 该命令会断开根文件系统和数据文件系统，可能会导致系统不稳定。请勿在通过 NVMe-TCP 或 NVMe-FC 命名空间从 SAN 启动的系统上执行此操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以配置主机以使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。使用["互操作性表工具"](#)验证您的 Linux 操作系统、主机总线适配器 (HBA)、HBA 固件、HBA 启动 BIOS 和 ONTAP 版本是否支持 SAN 启动。

步骤

1. ["创建 NVMe 命名空间并将其映射到主机"](#)。
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动命名空间映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动并正在运行。

步骤 2：安装 Oracle Linux 和 NVMe 软件并验证配置

使用以下步骤验证支持的最低 Oracle Linux 9.x 软件版本。

步骤

1. 在服务器上安装 Oracle Linux 9.x。安装完成后，请确认您运行的是指定的 Oracle Linux 9.x 内核。

```
uname -r
```

Oracle Linux 内核版本示例：

```
6.12.0-1.23.3.2.el9uek.x86_64
```

2. 安装 NVMe-CLI 软件包：

```
rpm -qa | grep nvme-cli
```

下面的例子展示了 `nvme-cli` 软件包版本：

```
nvme-cli-2.11-5.el9.x86_64
```

3. 安装 libnvme 软件包：

```
rpm -qa|grep libnvme
```

下面的例子展示了 `libnvme` 软件包版本:

```
libnvme-1.11.1-1.el9.x86_64
```

4. 在 Oracle Linux 9.x 主机上, 检查 `hostnqn` 字符串` /etc/nvme/hostnqn`:`

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

下面的例子展示了 `hostnqn` 版本:

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:b1d95cd0-1f7c-11ec-b8d1-3a68dd61a1cb
```

5. 在 ONTAP 系统中, 验证以下信息: `hostnqn` 字符串匹配 `hostnqn` ONTAP 存储系统中相应子系统的字符串:

```
vserver nvme subsystem host show -vserver vs_203
```

显示示例

```
Vserver Subsystem Priority Host NQN
-----
vs_203 Nvme1 regular nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:b1d95cd0-1f7c-11ec-b8d1-3a68dd61a1cb
      Nvme10 regular nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:b1d95cd0-1f7c-11ec-b8d1-3a68dd61a1cb
      Nvme11 regular nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:b1d95cd0-1f7c-11ec-b8d1-3a68dd61a1cb
      Nvme12 regular nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:b1d95cd0-1f7c-11ec-b8d1-3a68dd61a1cb
      Nvme13 regular nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:b1d95cd0-1f7c-11ec-b8d1-3a68dd61a1cb
      Nvme14 regular nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:b1d95cd0-1f7c-11ec-b8d1-3a68dd61a1cb
```



如果 `hostnqn` 字符串不匹配、您可以使用 `vserver modify` 命令更新 `hostnqn` 相应 ONTAP 阵列子系统上的字符串、使其与主机上的字符串 `/etc/nvme/hostnqn` 匹配 `hostnqn`。

步骤 3: 配置 NVMe/FC 和 NVMe/TCP

使用 Broadcom/Emulex 或 Marvell/QLogic 适配器配置 NVMe/FC，或使用手动发现和连接操作配置 NVMe/TCP。

NVMe/FC - 博通/Emulex

为Broadcom/Emulex适配器配置NVMe/FC。

1. 确认您使用的是受支持的适配器型号：

a. 显示模型名称：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

您应看到以下输出：

```
LPe36002-M64-D  
LPe36002-M64-D
```

b. 显示模型描述：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
Emulex LPe36002-M64-D 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LPe36002-M64-D 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter
```

2. 确认您使用的是建议的Broadcom lpfc 固件和内置驱动程序：

a. 显示固件版本：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

以下示例显示固件版本：

```
14.4.576.17, sli-4:6:d  
14.4.576.17, sli-4:6:d
```

b. 显示收件箱驱动程序版本：

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

以下示例显示了驱动程序版本：

```
0:14.4.0.8
```

+

有关支持的适配器驱动程序和固件版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

3. 请验证 `lpfc_enable_fc4_type` 设置为 3:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

4. 验证是否可以查看启动程序端口:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/<port_name>
```

以下示例显示端口标识:

```
0x2100f4c7aa9d7c5c  
0x2100f4c7aa9d7c5d
```

5. 验证启动程序端口是否联机:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

您应看到以下输出:

```
Online  
Online
```

6. 验证NVMe/FC启动程序端口是否已启用且目标端口是否可见:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

```

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x100000620b3c0869 WWNN x200000620b3c0869
DID x080e00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2001d039eabac36f WWNN x2000d039eabac36f
DID x021401 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x20e2d039eabac36f WWNN x20e1d039eabac36f
DID x02141f TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2011d039eabac36f WWNN x2010d039eabac36f
DID x021429 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2002d039eabac36f WWNN x2000d039eabac36f
DID x021003 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x20e4d039eabac36f WWNN x20e1d039eabac36f
DID x02100f TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2012d039eabac36f WWNN x2010d039eabac36f
DID x021015 TARGET DISCSRV ONLINE

```

NVME Statistics

```

LS: Xmt 0000027ccf Cmpl 0000027cca Abort 00000014
LS XMIT: Err 00000005 CMPL: xb 00000014 Err 00000014
Total FCP Cmpl 000000000000613ff Issue 000000000000613fc OutIO
fffffffffffffffffd
          abort 00000007 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 0000000a Err 0000000d

```

```

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x100000620b3c086a WWNN x200000620b3c086a
DID x080000 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2004d039eabac36f WWNN x2000d039eabac36f
DID x021501 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x20e3d039eabac36f WWNN x20e1d039eabac36f
DID x02150f TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2014d039eabac36f WWNN x2010d039eabac36f
DID x021515 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2003d039eabac36f WWNN x2000d039eabac36f
DID x02110b TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x20e5d039eabac36f WWNN x20e1d039eabac36f
DID x02111f TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2013d039eabac36f WWNN x2010d039eabac36f
DID x021129 TARGET DISCSRV ONLINE

```

NVME Statistics

```
LS: Xmt 0000027ca3 Cmpl 0000027ca2 Abort 00000017
LS XMIT: Err 00000001 Cmpl: xb 00000017 Err 00000017
Total FCP Cmpl 000000000006369d Issue 000000000006369a OutIO
fffffffffffffffffd
        abort 00000007 noxri 00000000 nondlp 00000011 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP Cmpl: xb 00000008 Err 0000000c
```

NVMe/FC - Marvell/QLogic

为Marvell/QLogic适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您是否正在运行受支持的适配器驱动程序和固件版本：

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

以下示例显示了驱动程序和固件版本：

```
QLE2872 FW:v9.15.03 DVR:v10.02.09.300-k
```

2. 请验证 `ql2xnvmeenable` 已设置。这样、Marvell适配器便可用作NVMe/FC启动程序：

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

预期输出为1。

NVMe/TCP

NVMe/TCP 协议不支持自动连接操作。相反，您可以通过执行 NVMe/TCP 来发现 NVMe/TCP 子系统和命名空间 `connect` 或者 `connect-all` 手动操作。

1. 验证启动程序端口是否可以通过受支持的NVMe/TCP LIF提取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.30.10 -a 192.168.30.58
=====Discovery Log Entry 0=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 8
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.064a9b19b3ee11f09dcad039eabac370:discovery
traddr: 192.168.31.99
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 1=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 6
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.064a9b19b3ee11f09dcad039eabac370:discovery
traddr: 192.168.30.99
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 2=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 7
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.064a9b19b3ee11f09dcad039eabac370:discovery
traddr: 192.168.31.98
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 3=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
```

```

subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  5
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.064a9b19b3ee11f09dcad039eabac370:discovery
traddr:  192.168.30.98
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 4=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  8
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.064a9b19b3ee11f09dcad039eabac370:subsystem.subs
ys_kvm
traddr:  192.168.31.99
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 5=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  6
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.064a9b19b3ee11f09dcad039eabac370:subsystem.subs
ys_kvm
traddr:  192.168.30.99
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 6=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  7
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.064a9b19b3ee11f09dcad039eabac370:subsystem.subs
ys_kvm

```

```
traddr: 192.168.31.98
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 5
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.064a9b19b3ee11f09dcad039eabac370:subsystem.subs
ys_kvm
traddr: 192.168.30.98
eflags: none
sectype: none
```

2. 验证其他NVMe/TCP启动程序-目标LIF组合是否可以成功提取发现日志页面数据:

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.30.10 -a 192.168.30.58
nvme discover -t tcp -w 192.168.30.10 -a 192.168.30.59
nvme discover -t tcp -w 192.168.31.10 -a 192.168.31.58
nvme discover -t tcp -w 192.168.31.10 -a 192.168.31.59
```

3. 运行 nvme connect-all 在节点中所有受支持的NVMe/TCP启动程序-目标SIP上运行命令:

```
nvme connect-all -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.30.10 -a 192.168.30.58
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.30.10 -a 192.168.30.59
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.31.10 -a 192.168.31.58
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.31.10 -a 192.168.31.59
```

从 Oracle Linux 9.4 开始，NVMe/TCP 的设置 `ctrl\_loss\_tmo timeout` 自动设置为“关闭”。因此：

- 重试次数没有限制（无限重试）。
- 您不需要手动配置特定的 `ctrl\_loss\_tmo timeout` 使用时长 `nvme connect` 或者 `nvme connect-all` 命令（选项 -l）。
- 如果发生路径故障，NVMe/TCP 控制器不会超时，并且会无限期地保持连接。

步骤 4：（可选）修改 udev 规则中的 iopolicy

主机上的 Oracle Linux 9.x 将 NVMe-oF 的默认 iopolicy 设置为 round-robin。从 Oracle Linux 9.6 开始，您可以将 iopolicy 更改为 queue-depth 通过修改 udev 规则文件。

步骤

1. 使用 root 权限在文本编辑器中打开 udev 规则文件：

```
/usr/lib/udev/rules.d/71-nvmf-netapp.rules
```

您应看到以下输出：

```
vi /usr/lib/udev/rules.d/71-nvmf-netapp.rules
```

2. 找到设置 NetApp ONTAP 控制器 iopolicy 的那行代码。

以下示例展示了一条示例规则：

```
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{subsysname}=="nvm",  
ATTR{model}=="NetApp ONTAP Controller", ATTR{iopolicy}="round-robin"
```

3. 修改规则，以便 round-robin 变成 queue-depth：

```
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{subsysname}=="nvm",  
ATTR{model}=="NetApp ONTAP Controller", ATTR{iopolicy}="queue-depth"
```

4. 重新加载 udev 规则并应用更改：

```
udevadm control --reload  
udevadm trigger --subsystem-match=nvme-subsystem
```

5. 请检查子系统的当前 I/O 策略。例如，替换 <子系统> nvme-subsys0。

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<subsystem>/iopolicy
```

您应看到以下输出：

```
queue-depth.
```



新的 iopolicy 会自动应用于匹配的NetApp ONTAP控制器设备。无需重启。

步骤 5： 可选，启用 **NVMe/FC** 的 **1MB I/O**。

ONTAP在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求，您应该增加 `lpfc` 的价值 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数设置为256：

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `dracut -f` 命令并重新启动主机。
3. 验证的值是否 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 为256：

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

步骤 6： 验证 **NVMe** 启动服务

从 Oracle Linux 9.5 开始，`nvme-fc-boot-connections.service` 和 `nvme-fc-autoconnect.service` NVMe/FC 中包含的启动服务 `nvme-cli` 系统启动时会自动启用软件包。

启动完成后，验证 `nvme-fc-boot-connections.service` 和 `nvme-fc-autoconnect.service` 启动服务已启用。

步骤

1. 验证是否 `nvme-fc-autoconnect.service` 已启用：

```
systemctl status nvmmf-autoconnect.service
```

显示示例输出

```
nvmmf-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvmmf-
autoconnect.service; enabled; preset: disabled)
   Active: inactive (dead) since Tue 2025-10-07 09:48:11 EDT; 1
week 0 days ago
     Main PID: 2620 (code=exited, status=0/SUCCESS)
        CPU: 19ms

Oct 07 09:48:11 R650xs-13-211 systemd[1]: Starting Connect NVMe-oF
subsystems automatically during boot...
Oct 07 09:48:11 R650xs-13-211 systemd[1]: nvmmf-autoconnect.service:
Deactivated successfully.
Oct 07 09:48:11 R650xs-13-211 systemd[1]: Finished Connect NVMe-oF
subsystems automatically during boot.
```

2. 验证是否 `nvmmefc-boot-connections.service` 已启用:

```
systemctl status nvmmefc-boot-connections.service
```

显示示例输出

```
nvmeofc-boot-connections.service - Auto-connect to subsystems on FC-
NVME devices found during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvmeofc-boot-
connections.service; enabled; preset: enabled)
   Active: inactive (dead) since Tue 2025-10-07 09:47:07 EDT; 1
week 0 days ago
     Main PID: 1651 (code=exited, status=0/SUCCESS)
        CPU: 14ms

Oct 07 09:47:07 R650xs-13-211 systemd[1]: Starting Auto-connect to
subsystems on FC-NVME devices found during boot...
Oct 07 09:47:07 R650xs-13-211 systemd[1]: nvmeofc-boot-
connections.service: Deactivated successfully.
Oct 07 09:47:07 R650xs-13-211 systemd[1]: Finished Auto-connect to
subsystems on FC-NVME devices found during boot.
```

步骤 7: 验证多路径配置

验证内核NVMe多路径状态、ANA状态和ONTAP命名空间是否适用于NVMe-oF配置。

步骤

1. 验证是否已启用内核NVMe多路径:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

您应看到以下输出:

```
Y
```

2. 验证相应ONTAP命名库的适当NVMe-oF设置(例如、型号设置为NetApp ONTAP控制器、负载平衡iopoly设置设置为循环)是否正确反映在主机上:

- a. 显示子系统:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

您应看到以下输出:

```
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

b. 显示策略:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

您应该能看到 iopolicy 的值设置, 例如:

```
queue-depth
queue-depth
```

3. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间:

```
nvme list
```

显示示例

Node	Generic	SN	Model
Namespace	Usage	Format	FW Rev

/dev/nvme102n1	/dev/ng102n1	81LLqNYTindCAAAAAAAk	NetApp ONTAP
Controller	0x1	2.25 GB / 5.37 GB	4 KiB + 0 B
9.17.1			
/dev/nvme102n2	/dev/ng102n2	81LLqNYTindCAAAAAAAk	NetApp ONTAP
Controller	0x2	2.25 GB / 5.37 GB	4 KiB + 0 B
9.17.1			
/dev/nvme106n1	/dev/ng106n1	81LLqNYTindCAAAAAAAs	NetApp ONTAP
Controller	0x1	2.25 GB / 5.37 GB	4 KiB + 0 B
9.17.1			
/dev/nvme106n2	/dev/ng106n2	81LLqNYTindCAAAAAAAs	NetApp ONTAP
Controller	0x2	2.25 GB / 5.37 GB	4 KiB + 0 B
9.17.1			

4. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态:

NVMe/FC

```
nvme list-subsys /dev/nvme4n5
```

显示示例

```
nvme-subsys4 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.f9c6d0cb4fef11f08579d039eaa8138c:discovery
hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:b1d95cd0-1f7c-11ec-b8d1-3a68dd61a1cb \
+- nvme2 fc traddr=nn-0x201ad039eabac36f:pn-0x201bd039eabac36f,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa9d7c5c:pn-0x2100f4c7aa9d7c5c live optimized
+- nvme8 fc traddr=nn-0x201ad039eabac36f:pn-0x201dd039eabac36f,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa9d7c5d:pn-0x2100f4c7aa9d7c5d live non-optimized
+- nvme2 fc traddr=nn-0x201ad039eabac36f:pn-0x201bd039eabac36f,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa9d7c5c:pn-0x2100f4c7aa9d7c5c live non-optimized
+- nvme8 fc traddr=nn-0x201ad039eabac36f:pn-0x201dd039eabac36f,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa9d7c5d:pn-0x2100f4c7aa9d7c5d live optimized
```

NVMe/TCP

```
nvme list-subsys /dev/nvme1n1
```

显示示例

```
nvme-subsys98 - NQN=nqn.1992-  
08.com.netapp:sn.f9c6d0cb4fef11f08579d039eaa8138c:subsystem.Nvme  
9  
                hostnqn=nqn.2014-  
08.org.nvmexpress:uuid:b1d95cd0-1f7c-11ec-b8d1-3a68dd61a1cb  
\  
  +- nvme100 fc traddr=nn-0x201ad039eabac36f:pn-  
0x201dd039eabac36f,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa9d7c5d:pn-  
0x2100f4c7aa9d7c5d live non-optimized  
  +- nvme101 fc traddr=nn-0x201ad039eabac36f:pn-  
0x201cd039eabac36f,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa9d7c5c:pn-  
0x2100f4c7aa9d7c5c live non-optimized  
  +- nvme98  fc traddr=nn-0x201ad039eabac36f:pn-  
0x201bd039eabac36f,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa9d7c5c:pn-  
0x2100f4c7aa9d7c5c live optimized  
  +- nvme99  fc traddr=nn-0x201ad039eabac36f:pn-  
0x201ed039eabac36f,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa9d7c5d:pn-  
0x2100f4c7aa9d7c5d live optimized  
[root@SR630-13-203 ~]#
```

5. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值:

列

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

显示示例

Device Size	Vserver	Namespace Path	NSID	UUID

/dev/nvme102n1 00e760c9-e4ca-4d9f-b1d4-e9a930bf53c0 5.37GB	vs_203	/vol/Nvmevol135/ns35	1	
/dev/nvme102n2 1fa97524-7dc2-4dbc-b4cf-5dda9e7095c0 5.37GB	vs_203	/vol/Nvmevol183/ns83	2	

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

显示示例

```
{
  "ONTAPdevices":[
    {
      "Device":"/dev/nvme11n1",
      "Vserver":"vs_203",
      "Namespace_Path":"/vol/Nvmevol116/ns16",
      "NSID":1,
      "UUID":"18a88771-8b5b-4eb7-bff0-2ae261f488e4",
      "LBA_Size":4096,
      "Namespace_Size":5368709120,
      "UsedBytes":2262282240,
      "Version":"9.17.1"
    }
  ]
}
```

步骤 8：设置安全带内身份验证

Oracle Linux 9.x 主机和ONTAP控制器之间通过 NVMe/TCP 支持安全的带内身份验证。

每个主机或控制器都必须与一个 DH-HMAC-CHAP 密钥关联，才能建立安全身份验证。DH-HMAC-CHAP 密钥是 NVMe 主机或控制器的 NQN 与管理员配置的身份验证密钥的组合。为了验证对等方的身份，NVMe 主机或控制器必须识别与对等方关联的密钥。

使用 CLI 或配置 JSON 文件设置安全的带内身份验证。如果需要为不同的子系统指定不同的 dhchap 密钥，请使用 config JSON 文件。

命令行界面

使用命令行界面设置安全带内身份验证。

1. 获取主机NQN:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

2. 为 Linux 主机生成 dhchap 密钥。

以下输出说明了 `gen-dhchap-key` 命令参数:

```
nvme gen-dhchap-key -s optional_secret -l key_length {32|48|64} -m
HMAC_function {0|1|2|3} -n host_nqn
• -s secret key in hexadecimal characters to be used to initialize
the host key
• -l length of the resulting key in bytes
• -m HMAC function to use for key transformation
0 = none, 1= SHA-256, 2 = SHA-384, 3=SHA-512
• -n host NQN to use for key transformation
```

在以下示例中、将生成一个随机dhchap密钥、其中HMAC设置为3 (SHA-512)。

```
# nvme gen-dhchap-key -m 3 -n nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-c4c04f425633
DHHC-
1:03:xhAfbAD5IVLZDxiVbmFEOA5JZ3F/ERqTXhHzZQJKgkYkTbPI9dhRyVtr4dBD+SG
iAJ03by4FbnVtov1Lmk+86+nNc6k=:
```

3. 在ONTAP控制器上、添加主机并指定两个dhchap密钥:

```
vserver nvme subsystem host add -vserver <svm_name> -subsystem
<subsystem> -host-nqn <host_nqn> -dhchap-host-secret
<authentication_host_secret> -dhchap-controller-secret
<authentication_controller_secret> -dhchap-hash-function {sha-
256|sha-512} -dhchap-group {none|2048-bit|3072-bit|4096-bit|6144-
bit|8192-bit}
```

4. 主机支持两种类型的身份验证方法: 单向和双向。在主机上、连接到ONTAP控制器并根据所选身份验证方法指定dhchap密钥:

```
nvme connect -t tcp -w <host-traddr> -a <tr-addr> -n <host_nqn> -S  
<authentication_host_secret> -C <authentication_controller_secret>
```

5. 验证 nvme connect authentication 命令、验证主机和控制器dhchap密钥:

a. 验证主机dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-subsysX>/nvme*/dhchap_secret
```

显示单向配置的示例输出

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys1/nvme*/dhchap_secret  
DHHC-  
1:03:Y5VkkESgmtTGNdX842qemNpFK6BXYVwwnqErgt3IQKP5Fbjje\JSBOjG  
5Ea3NBLRfuiAuUSDUto6eY\GwKoRp6AwGkw=:  
DHHC-  
1:03:Y5VkkESgmtTGNdX842qemNpFK6BXYVwwnqErgt3IQKP5Fbjje\JSBOjG  
5Ea3NBLRfuiAuUSDUto6eY\GwKoRp6AwGkw=:  
DHHC-  
1:03:Y5VkkESgmtTGNdX842qemNpFK6BXYVwwnqErgt3IQKP5Fbjje\JSBOjG  
5Ea3NBLRfuiAuUSDUto6eY\GwKoRp6AwGkw=:  
DHHC-  
1:03:Y5VkkESgmtTGNdX842qemNpFK6BXYVwwnqErgt3IQKP5Fbjje\JSBOjG  
5Ea3NBLRfuiAuUSDUto6eY\GwKoRp6AwGkw=:
```

b. 验证控制器dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-  
subsysX>/nvme*/dhchap_ctrl_secret
```

显示双向配置的示例输出

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-  
subsys6/nvme*/dhchap_ctrl_secret  
DHHC-  
1:03:frpLlTrnOYtcWDxPzq4ccxU1UrH2FjV7hYw5s2XEDB+lo+TjMsOwHR\N  
FtM0nBBidx+gdoyUcC5s6h00tTLDGcz0Kbs=:  
DHHC-  
1:03:frpLlTrnOYtcWDxPzq4ccxU1UrH2FjV7hYw5s2XEDB+lo+TjMsOwHR\N  
FtM0nBBidx+gdoyUcC5s6h00tTLDGcz0Kbs=:  
DHHC-  
1:03:frpLlTrnOYtcWDxPzq4ccxU1UrH2FjV7hYw5s2XEDB+lo+TjMsOwHR\N  
FtM0nBBidx+gdoyUcC5s6h00tTLDGcz0Kbs=:  
DHHC-  
1:03:frpLlTrnOYtcWDxPzq4ccxU1UrH2FjV7hYw5s2XEDB+lo+TjMsOwHR\N  
FtM0nBBidx+gdoyUcC5s6h00tTLDGcz0Kbs=:
```

JSON

如果ONTAP控制器配置中有多个NVMe子系统、则可以将文件与命令结合 `nvme connect-all`使用`
`/etc/nvme/config.json。`

使用 ``-o`` 选项来生成 JSON 文件。有关更多语法选项、请参见NVMe Connect-all手册页。

1. 配置 JSON 文件：

显示示例

```
[
  {
    "hostnqn": "nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-c4c04f425633",
    "hostid": "4c4c4544-0056-5410-8048-c4c04f425633",
    "dhchap_key": "DHHC-1:01:nFg06gV0FNpXqoiLOF0L+swULQpZU/PjU9v/McDeJHjTZFlF:",
    "subsystems": [
      {
        "nqn": "nqn.1992-08.com.netapp:sn.09035a8d8c8011f0ac0fd039eabac370:subsystem.subsys",
        "ports": [
          {
            "transport": "tcp",
            "traddr": "192.168.30.69",
            "host_traddr": "192.168.30.10",
            "trsvcid": "4420",
            "dhchap_ctrl_key": "DHHC-1:03:n3F8d+bvxKW/s+lEhqXaOohI2sxrQ9iLutzduuFq49JgdjjaFtTpDSO9kQl/bvZj+Bo3rdHh3xPXep6a4xyhcRyqdds="
          }
        ]
      }
    ]
  }
]
```



在上述示例中，`dhchap_key` 对应于，`dhchap_ctrl_key` 对应于 `dhchap_ctrl_secret` 于 `dhchap_secret`。

2. 使用config JSON文件连接到ONTAP控制器：

```
nvme connect-all -J /etc/nvme/config.json
```

3. 验证是否已为每个子系统的相应控制器启用dhchap密码：

a. 验证主机dhchap密钥：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys0/nvme0/dhchap_secret
```

以下示例显示了 dhchap 密钥：

```
DHHC-1:01:nFg06gV0FNpXqoiLOF0L+swULQpZU/PjU9v/McDeJHjTZFlF:
```

b. 验证控制器dhchap密钥：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-  
subsys0/nvme0/dhchap_ctrl_secret
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
DHHC-  
1:03:n3F8d+bvxKW/s+lEhqXaOohI2sxrQ9iLutzduuFq49JgdjjaFtTpDSO9kQl/bvZ  
j+Bo3rdHh3xPXeP6a4xyhcRyqdds=:
```

第9步：查看已知问题

没有已知问题。

配置 Oracle Linux 8.x 和 NVMe-oF 以用于ONTAP存储

Oracle Linux 主机支持基于光纤通道的 NVMe (NVMe/FC) 和基于 TCP 的 NVMe (NVMe/TCP) 协议，并支持非对称命名空间访问 (ANA)。ANA 提供与 iSCSI 和 FCP 环境中的非对称逻辑单元访问 (ALUA) 等效的多路径功能。

了解如何为 Oracle Linux 8.x 配置 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 主机。如需更多支持和功能信息，请参阅["Oracle Linux ONTAP支持和功能"](#)。

NVMe-oF 与 Oracle Linux 8.x 存在以下已知限制：

- 不支持使用 NVMe-oF 协议进行 SAN 启动。
- NetApp sanlun 主机实用程序不支持 Oracle Linux 8.x 主机上的 NVMe-oF。相反，您可以依赖本机中包含的 NetApp 插件 `nvme-cli` 适用于所有 NVMe-oF 传输的包。
- 对于 Oracle Linux 8.2 及更早版本，nvme-cli 软件包中不提供原生 NVMe/FC 自动连接脚本。使用 HBA 供应商提供的外部自动连接脚本。
- 对于 Oracle Linux 8.2 及更早版本，默认情况下不会为 NVMe 多路径启用轮询负载均衡。要启用此功能，请转到以下步骤。[编写 udev 规则](#)。

步骤 1：安装 Oracle Linux 和 NVMe 软件并验证您的配置

使用以下步骤验证支持的最低 Oracle Linux 8.x 软件版本。

步骤

1. 在服务器上安装Oracle Linux 8.x。安装完成后，请确认您运行的是指定的 Oracle Linux 8.x 内核。

```
uname -r
```

Oracle Linux 内核版本示例：

```
5.15.0-206.153.7.1.el8uek.x86_64
```

2. 安装 NVMe-CLI 软件包：

```
rpm -qa | grep nvme-cli
```

下面的例子展示了 `nvme-cli` 软件包版本：

```
nvme-cli-1.16-9.el8.x86_64
```

3. 对于 Oracle Linux 8.2 及更早版本，请添加以下字符串作为单独的 udev 规则。
/lib/udev/rules.d/71-nvme-iopolicy-netapp-ONTAP.rules。这样就实现了 NVMe 多路径的
轮询负载均衡。

```
cat /lib/udev/rules.d/71-nvme-iopolicy-netapp-ONTAP.rules
Enable round-robin for NetApp ONTAP
ACTION=="add", SUBSYSTEMS=="nvme-subsystem", ATTRS{model}=="NetApp ONTAP
Controller", ATTR{iopolicy}="round-robin"
```

4. 在 Oracle Linux 8.x 主机上，检查 hostnqn 字符串 `/etc/nvme/hostnqn`：

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

下面的例子展示了 `hostnqn` 版本：

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:edd38060-00f7-47aa-a9dc-4d8ae0cd969a
```

5. 在ONTAP系统中，验证以下信息：`hostnqn`字符串匹配`hostnqn`ONTAP存储系统中相应子系统的字符串：

```
vserver nvme subsystem host show -vserver vs_coexistence_LPE36002
```

```

Vserver Subsystem Priority Host NQN
-----
vs_coexistence_LPE36002
    nvme
        regular nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:edd38060-00f7-47aa-a9dc-4d8ae0cd969a
    nvme1
        regular nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:edd38060-00f7-47aa-a9dc-4d8ae0cd969a
    nvme2
        regular nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:edd38060-00f7-47aa-a9dc-4d8ae0cd969a
    nvme3
        regular nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:edd38060-00f7-47aa-a9dc-4d8ae0cd969a
4 entries were displayed.

```



如果 `hostnqn` 字符串不匹配、请使用 ``vserver modify`` 命令更新 ``hostnqn`` 相应 ONTAP 阵列子系统上的字符串、使其与主机上的字符串 ``/etc/nvme/hostnqn`` 匹配 ``hostnqn``。

6. 此外，为了在同一主机上同时运行 NVMe 和 SCSI 流量，NetApp 建议对 ONTAP 命名空间使用内核 NVMe 多路径。``dm-multipath`` 分别对应 ONTAP LUN。这样应该可以将 ONTAP 命名空间排除在外。``dm-multipath`` 并阻止 ``dm-multipath`` 拒绝声明 ONTAP 命名空间设备。

- a. 添加 ``enable_foreign`` 设置 ``/etc/multipath.conf`` 文件。

```

cat /etc/multipath.conf
defaults {
    enable_foreign      NONE
}

```

- b. 重新启动 ``multipathd`` 守护进程应用新设置。

```
systemctl restart multipathd
```

步骤 2：配置 NVMe/FC 和 NVMe/TCP

使用 Broadcom/Emulex 或 Marvell/QLogic 适配器配置 NVMe/FC，或使用手动发现和连接操作配置 NVMe/TCP。

FC——Broadcom/Emulex

为Broadcom/Emulex适配器配置NVMe/FC。

1. 确认您使用的是受支持的适配器型号：

a. 显示模型名称：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

您应看到以下输出：

```
LPe36002-M64  
LPe36002-M64
```

b. 显示模型描述：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
Emulex LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter
```

2. 确认您使用的是建议的Broadcom lpfc 固件和内置驱动程序：

a. 显示固件版本：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

以下示例显示固件版本：

```
14.4.317.10, sli-4:6:d  
14.4.317.10, sli-4:6:d
```

b. 显示收件箱驱动程序版本：

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

以下示例显示了驱动程序版本：

```
0:14.2.0.13
```

+

有关支持的适配器驱动程序和固件版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

3. 验证是否 `lpfc\_enable\_fc4\_type` 设置为"3":

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

4. 验证是否可以查看启动程序端口:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/<port_name>
```

以下示例显示端口标识:

```
0x100000109bf0449c  
0x100000109bf0449d
```

5. 验证启动程序端口是否联机:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

您应看到以下输出:

```
Online  
Online
```

6. 验证NVMe/FC启动程序端口是否已启用且目标端口是否可见:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

显示示例

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x100000109bf0449c WWNN x200000109bf0449c
DID x061500 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x200bd039eab31e9c WWNN x2005d039eab31e9c
DID x020e06 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2006d039eab31e9c WWNN x2005d039eab31e9c
DID x020a0a TARGET DISCSRV ONLINE
NVME Statistics
LS: Xmt 000000002c Cmpl 000000002c Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000000008ffe8 Issue 000000000008ffb9 OutIO
fffffffffffffffffd1
          abort 0000000c noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 0000000c Err 0000000c
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x100000109bf0449d WWNN x200000109bf0449d
DID x062d00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x201fd039eab31e9c WWNN x2005d039eab31e9c
DID x02090a TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x200cd039eab31e9c WWNN x2005d039eab31e9c
DID x020d06 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME Statistics
LS: Xmt 0000000041 Cmpl 0000000041 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 00000000000936bf Issue 000000000009369a OutIO
fffffffffffffffffdb
          abort 00000016 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000016 Err 00000016
```

FC——Marvell/QLogic

为Marvell/QLogic适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您是否正在运行受支持的适配器驱动程序和固件版本：

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

以下示例显示了驱动程序和固件版本：

```
QLE2772 FW:v9.15.00 DVR:v10.02.09.100-k  
QLE2772 FW:v9.15.00 DVR:v10.02.09.100-k
```

2. 请验证 `ql2xnvmeenable` 已设置。这样、Marvell适配器便可用作NVMe/FC启动程序：

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

预期输出为1。

TCP

NVMe/TCP 协议不支持自动连接操作。相反，您可以通过执行 NVMe/TCP 来发现 NVMe/TCP 子系统和命名空间 `connect` 或者 `connect-all` 手动操作。

1. 验证启动程序端口是否可以通过受支持的NVMe/TCP LIF提取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.6.1 -a 192.168.6.24 Discovery
Log Number of Records 20, Generation counter 45
====Discovery Log Entry 0=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: unrecognized
treq:    not specified
portid:  6
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.e6c438e66ac211ef9ab8d039eab31e9d:discovery
traddr:  192.168.6.25
sectype: none
====Discovery Log Entry 1=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: unrecognized
treq:    not specified
portid:  1
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.e6c438e66ac211ef9ab8d039eab31e9d:discovery
traddr:  192.168.5.24
sectype: none
====Discovery Log Entry 2=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: unrecognized
treq:    not specified
portid:  4
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.e6c438e66ac211ef9ab8d039eab31e9d:discovery
traddr:  192.168.6.24
sectype: none
====Discovery Log Entry 3=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: unrecognized
treq:    not specified
portid:  2
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
```

```

08.com.netapp:sn.e6c438e66ac211ef9ab8d039eab31e9d:discovery
traddr: 192.168.5.25
sectype: none
=====Discovery Log Entry 4=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 6
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.e6c438e66ac211ef9ab8d039eab31e9d:subsystem.nvme
_tcp_4
traddr: 192.168.6.25
sectype: none
=====Discovery Log Entry 5=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.e6c438e66ac211ef9ab8d039eab31e9d:subsystem.nvme
_tcp_4
.....

```

2. 验证所有其他NVMe/TCP启动程序-目标LIF组合是否可以成功提取发现日志页面数据:

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

显示示例

```

nvme discover -t tcp -w 192.168.6.1 -a 192.168.6.24
nvme discover -t tcp -w 192.168.6.1 -a 192.168.6.25
nvme discover -t tcp -w 192.168.5.1 -a 192.168.5.24
nvme discover -t tcp -w 192.168.5.1 -a 192.168.5.25

```

3. 运行 `nvme connect-all` 在节点中所有受支持的NVMe/TCP启动程序-目标SIP上运行命令:

```
nvme connect-all -t tcp -w host-traddr -a traddr -l  
<ctrl_loss_timeout_in_seconds>
```

显示示例

```
nvme    connect-all -t  tcp -w  192.168.5.1 -a  192.168.5.24  
-l -l  
nvme    connect-all -t  tcp -w  192.168.5.1 -a  192.168.5.25  
-l -l  
nvme    connect-all -t  tcp -w  192.168.6.1 -a  192.168.6.24  
-l -l  
nvme    connect-all -t  tcp -w  192.168.6.1 -a  192.168.6.25  
-l -l
```

NetApp建议设置 `ctrl-loss-tmo option` 到 `-1` 这样，当路径丢失时，NVMe/TCP 发起程序会无限期地尝试重新连接。

步骤 3：可选，启用 **NVMe/FC** 的 **1MB I/O**。

ONTAP在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求，您应该增加 `lpfc` 的价值 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数设置为256：

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `dracut -f` 命令并重新启动主机。
3. 验证的值是否 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 为256：

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

步骤 4: 验证多路径配置

验证内核NVMe多路径状态、ANA状态和ONTAP命名空间是否适用于NVMe-oF配置。

步骤

1. 验证是否已启用内核NVMe多路径:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

您应看到以下输出:

```
Y
```

2. 验证相应ONTAP命名库的适当NVMe-oF设置(例如、型号设置为NetApp ONTAP控制器、负载平衡iopolicy设置为循环)是否正确反映在主机上:

- a. 显示子系统:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

您应看到以下输出:

```
NetApp ONTAP Controller  
NetApp ONTAP Controller
```

- b. 显示策略:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

您应看到以下输出:

```
round-robin  
round-robin
```

3. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间:

```
nvme list
```

显示示例

Node	SN	Model

/dev/nvme0n1	814vWBNRwf9HAAAAAAB	NetApp ONTAP Controller
/dev/nvme0n2	814vWBNRwf9HAAAAAAB	NetApp ONTAP Controller
/dev/nvme0n3	814vWBNRwf9HAAAAAAB	NetApp ONTAP Controller

Namespace	Usage	Format	FW	Rev

1		85.90 GB / 85.90 GB	4 KiB + 0 B	FFFFFFFF
2		85.90 GB / 85.90 GB	24 KiB + 0 B	FFFFFFFF
3		85.90 GB / 85.90 GB	4 KiB + 0 B	FFFFFFFF

4. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态:

```
nvme list-subsys /dev/nvme0n1
```

展示 NVMe/FC 示例

```
nvme-subsys0 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:
4b4d82566aab11ef9ab8d039eab31e9d:subsystem.nvme\
+- nvme1 fc traddr=nn-0x2038d039eab31e9c:pn-0x203ad039eab31e9c
host_traddr=nn-0x200034800d756a89:pn-0x210034800d756a89 live
optimized
+- nvme2 fc traddr=nn-0x2038d039eab31e9c:pn-0x203cd039eab31e9c
host_traddr=nn-0x200034800d756a88:pn-0x210034800d756a88 live
optimized
+- nvme3 fc traddr=nn-0x2038d039eab31e9c:pn-0x203ed039eab31e9c
host_traddr=nn-0x200034800d756a89:pn-0x210034800d756a89 live non-
optimized
+- nvme7 fc traddr=nn-0x2038d039eab31e9c:pn-0x2039d039eab31e9c
host_traddr=nn-0x200034800d756a88:pn-0x210034800d756a88 live non-
optimized
```

展示 NVMe/TCP 示例

```
nvme-subsys0 - NQN=nqn.1992- 08.com.netapp:
sn.e6c438e66ac211ef9ab8d039eab31e9d:subsystem.nvme_tcp_4
\
+- nvme1 tcp traddr=192.168.5.25 trsvcid=4420
host_traddr=192.168.5.1 src_addr=192.168.5.1 live optimized
+- nvme10 tcp traddr=192.168.6.24 trsvcid=4420
host_traddr=192.168.6.1 src_addr=192.168.6.1 live optimized
+- nvme2 tcp traddr=192.168.5.24 trsvcid=4420
host_traddr=192.168.5.1 src_addr=192.168.5.1 live non-optimized
+- nvme9 tcp traddr=192.168.6.25 trsvcid=4420
host_traddr=192.168.6.1 src_addr=192.168.6.1 live non-optimized
```

5. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值:

列

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

显示示例

Device	Vserver	Namespace	Path	Size
NSID	UUID			

/dev/nvme0n1	vs_coexistence_QLE2772			
/vol/fcnvme_1_1_0/fcnvme_ns	1	159f9f88-be00-4828-aef6-197d289d4bd9		10.74GB
/dev/nvme0n2	vs_coexistence_QLE2772			
/vol/fcnvme_1_1_1/fcnvme_ns	2	2c1ef769-10c0-497d-86d7-e84811ed2df6		10.74GB
/dev/nvme0n3	vs_coexistence_QLE2772			
/vol/fcnvme_1_1_2/fcnvme_ns	3	9b49bf1a-8a08-4fa8-baf0-6ec6332ad5a4		10.74GB

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

显示示例

```
{
  "ONTAPdevices" : [
    {
      "Device" : "/dev/nvme0n1",
      "Vserver" : "vs_coexistence_QLE2772",
      "Namespace_Path" : "/vol/fcnvme_1_1_0/fcnvme_ns",
      "NSID" : 1,
      "UUID" : "159f9f88-be00-4828-aef6-197d289d4bd9",
      "Size" : "10.74GB",
      "LBA_Data_Size" : 4096,
      "Namespace_Size" : 2621440
    },
    {
      "Device" : "/dev/nvme0n2",
      "Vserver" : "vs_coexistence_QLE2772",
      "Namespace_Path" : "/vol/fcnvme_1_1_1/fcnvme_ns",
      "NSID" : 2,
      "UUID" : "2c1ef769-10c0-497d-86d7-e84811ed2df6",
      "Size" : "10.74GB",
      "LBA_Data_Size" : 4096,
      "Namespace_Size" : 2621440
    },
    {
      "Device" : "/dev/nvme0n4",
      "Vserver" : "vs_coexistence_QLE2772",
      "Namespace_Path" : "/vol/fcnvme_1_1_3/fcnvme_ns",
      "NSID" : 4,
      "UUID" : "f3572189-2968-41bc-972a-9ee442dfaed7",
      "Size" : "10.74GB",
      "LBA_Data_Size" : 4096,
      "Namespace_Size" : 2621440
    }
  ],
}
```

步骤 5: 可选, 启用 **1MB I/O** 大小

ONTAP在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求, 您应该增加 `lpfc` 的价值 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数设置为256:

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出:

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `dracut -f` 命令并重新启动主机。
3. 验证的值是否 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 为256:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

第6步: 查看已知问题

这些是已知问题:

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1479047"	Oracle Linux 8.x NVMe-oF 主机创建重复的持久发现控制器 (PDC)	在 NVMe-oF 主机上, 您可以使用 <code>nvme discover -p</code> 命令创建 PDC。使用此命令时, 每个发起方-目标组合只能创建一个 PDC。However, if you are running Oracle Linux 8.x with an NVMe-oF host, a duplicate PDC is created each time <code>nvme discover -p</code> is executed.这会导致主机和目标设备上资源的不必要消耗。

配置 Oracle Linux 7.x 和 NVMe-oF 以用于ONTAP存储

Oracle Linux 主机支持基于光纤通道的 NVMe (NVMe/FC) 和基于 TCP 的 NVMe (NVMe/TCP) 协议, 并支持非对称命名空间访问 (ANA)。ANA 提供与 iSCSI 和 FCP 环境中的非对称逻辑单元访问 (ALUA) 等效的多路径功能。

了解如何为 Oracle Linux 7.x 配置 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 主机。如需更多支持和功能信息, 请参阅["Oracle Linux ONTAP支持和功能"](#)。

NVMe-oF 与 Oracle Linux 7.x 存在以下已知限制:

- 不支持使用 NVMe-oF 协议进行 SAN 启动。
- NetApp sanlun 主机实用程序不支持 Oracle Linux 7.x 主机上的 NVMe-oF。相反, 您可以依赖本机中包含的NetApp插件 `nvme-cli` 适用于所有 NVMe-oF 传输的包。
- NVMe-CLI 软件包中不提供原生 NVMe/FC 自动连接脚本。使用 HBA 供应商提供的外部自动连接脚本。

- NVMe 多路径默认情况下未启用轮询负载均衡。要启用此功能，请编写 udev 规则。

步骤 1：安装 Oracle Linux 和 NVMe 软件并验证您的配置

使用以下步骤验证支持的最低 Oracle Linux 7.x 软件版本。

步骤

1. 在服务器上安装 Oracle Linux 7.x。安装完成后，请确认您运行的是指定的 Oracle Linux 7.x 内核。

```
uname -r
```

Oracle Linux 内核版本示例：

```
5.4.17-2011.6.2.el7uek.x86_64
```

2. 安装 NVMe-CLI 软件包：

```
rpm -qa | grep nvme-cli
```

下面的例子展示了 `nvme-cli` 软件包版本：

```
nvme-cli-1.8.1-3.el7.x86_64
```

3. 将以下字符串添加为单独的 udev 规则 `/lib/udev/rules.d/71-nvme-iopolicy-netapp-ONTAP.rules`。这样就实现了 NVMe 多路径的轮询负载均衡。

```
cat /lib/udev/rules.d/71-nvme-iopolicy-netapp-ONTAP.rules
Enable round-robin for NetApp ONTAP
ACTION=="add", SUBSYSTEMS=="nvme-subsystem", ATTRS{model}=="NetApp ONTAP
Controller", ATTR{iopolicy}="round-robin"
```

4. 在 Oracle Linux 7.x 主机上，检查 `hostnqn` 字符串` /etc/nvme/hostnqn`：`

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

下面的例子展示了 `hostnqn` 版本：

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:497ad959-e6d0-4987-8dc2-a89267400874
```

5. 在 ONTAP 系统中，验证以下信息：`hostnqn` 字符串匹配 `hostnqn` ONTAP 存储系统中相应子系统的字符串

:

```
*> vserver nvme subsystem host show -vserver vs_nvme_10
```

显示示例

```
Vserver Subsystem Host NQN
-----
ol_157_nvme_ss_10_0
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:497ad959-e6d0-4987-8dc2-a89267400874
```



如果 `hostnqn` 字符串不匹配、请使用 ``vserver modify`` 命令更新 ``hostnqn`` 相应ONTAP阵列子系统上的字符串、使其与主机上的字符串 ``/etc/nvme/hostnqn`` 匹配 ``hostnqn``。

6. 重新启动主机。

步骤 2: 配置 NVMe/FC

为Broadcom/Emulex适配器配置NVMe/FC。

1. 确认您使用的是受支持的适配器型号:

a. 显示模型名称:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

您应看到以下输出:

```
LPe32002-M2
LPe32002-M2
```

b. 显示模型描述:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

您应该会看到类似于以下示例的输出:

```
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter
```

2. 验证是否 `lpfc\_enable\_fc4\_type` 设置为"3":

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

3. 安装推荐的 lpfc 自动连接脚本:

```
rpm -ivh nvmeofc-connect-12.8.264.0-1.noarch.rpm
```

4. 确认自动连接脚本已安装:

```
rpm -qa | grep nvmeofc
```

您应看到以下输出:

```
nvmeofc-connect-12.8.264.0-1.noarch
```

5. 验证启动程序端口是否联机:

a. 显示端口名称:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

您应看到以下输出:

```
0x10000090fae0ec61  
0x10000090fae0ec62
```

b. 显示端口名称:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

您应看到以下输出:

```
Online  
Online
```

6. 验证NVMe/FC启动程序端口是否已启用且目标端口是否可见:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

显示示例

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 NVME 2947 SCSI 2947 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x10000090fae0ec61 WWNN x20000090fae0ec61 DID
x012000 ONLINE
NVME RPORT WWPN x202d00a098c80f09 WWNN x202c00a098c80f09 DID x010201
TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT WWPN x203100a098c80f09 WWNN x202c00a098c80f09 DID x010601
TARGET DISCSRV ONLINE
```

步骤 3: 可选, 启用 NVMe/FC 的 1MB I/O。

ONTAP在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求, 您应该增加 `lpfc` 的值 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数设置为256:

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出:

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `dracut -f` 命令并重新启动主机。
3. 验证的值是否 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 为256:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

步骤 4: 验证多路径配置

验证内核NVMe多路径状态、ANA状态和ONTAP命名空间是否适用于NVMe-oF配置。

步骤

1. 验证是否已启用内核NVMe多路径：

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

您应看到以下输出：

```
Y
```

2. 验证相应ONTAP命名库的适当NVMe-oF设置(例如、型号设置为NetApp ONTAP控制器、负载平衡iopolicy设置为循环)是否正确反映在主机上：

- a. 显示子系统：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

您应看到以下输出：

```
NetApp ONTAP Controller  
NetApp ONTAP Controller
```

- b. 显示策略：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

您应看到以下输出：

```
round-robin  
round-robin
```

3. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间：

```
nvme list
```

显示示例

```
Node SN Model Namespace Usage Format FW Rev
-----
/dev/nvme0n1 80BADBKnB/JvAAAAAAC NetApp ONTAP Controller 1 53.69 GB
/ 53.69 GB 4 KiB + 0 B FFFFFFFF
```

4. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态:

```
nvme list-subsys /dev/nvme0n1
```

显示示例

```
Nvme-subsysf0 - NQN=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.341541339b9511e8a9b500a098c80f09:subsystem.ol_157_n
vme_ss_10_0
\
+- nvme0 fc traddr=nn-0x202c00a098c80f09:pn-0x202d00a098c80f09
host_traddr=nn-0x20000090fae0ec61:pn-0x10000090fae0ec61 live
optimized
+- nvme1 fc traddr=nn-0x207300a098dfdd91:pn-0x207600a098dfdd91
host_traddr=nn-0x200000109b1c1204:pn-0x100000109b1c1204 live
inaccessible
+- nvme2 fc traddr=nn-0x207300a098dfdd91:pn-0x207500a098dfdd91
host_traddr=nn-0x200000109b1c1205:pn-0x100000109b1c1205 live
optimized
+- nvme3 fc traddr=nn-0x207300a098dfdd91:pn-0x207700a098dfdd91 host
traddr=nn-0x200000109b1c1205:pn-0x100000109b1c1205 live inaccessible
```

5. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值:

列

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

显示示例

Device	Vserver	Namespace Path	NSID	UUID	Size
/dev/nvme0n1	vs_nvme_10				
/vol/rhel_141_vol_10_0/ol_157_ns_10_0			1	55baf453-f629-4a18-9364-b6aee3f50dad	53.69GB

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

显示示例

```
{
  "ONTAPdevices" : [
    {
      "Device" : "/dev/nvme0n1",
      "Vserver" : "vs_nvme_10",
      "Namespace_Path" :
"/vol/rhel_141_vol_10_0/ol_157_ns_10_0",
      "NSID" : 1,
      "UUID" : "55baf453-f629-4a18-9364-b6aee3f50dad",
      "Size" : "53.69GB",
      "LBA_Data_Size" : 4096,
      "Namespace_Size" : 13107200
    }
  ]
}
```

步骤 5: 查看已知问题

没有已知问题。

普罗克斯莫克斯

了解 Proxmox 主机对ONTAP 的支持和功能

使用 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 进行主机配置所支持的功能因ONTAP和 Proxmox 的版本而异。

ONTAP功能	Proxmox主机版本	ONTAP 版本
使用原生功能提供 NVMe/FC 和 NVMe/TCP 命名空间的ONTAP详细信息 `nvme-cli`包裹。	8.0	9.10.1 或更高版本
NVMe/TCP 是一项完全受支持的企业级功能	9.0	9.10.1 或更高版本
同一主机上支持 NVMe 和 SCSI 流量，NVMe-oF 命名空间使用 NVMe 多路径，SCSI LUN 使用 dm 多路径。	8.0	9.4 或更高版本

无论系统设置中运行的ONTAP版本如何， ONTAP支持以下 SAN 主机功能。

功能	Proxmox主机版本
默认情况下启用原生 NVMe 多路径。	8.0
这 `nvme-cli` 该软件包包含自动连接脚本，无需第三方脚本。	9.0
原生 udev 规则 `nvme-cli` 该软件包为 NVMe 多路径提供轮询负载均衡	9.0



有关受支持配置的详细信息，请参阅[互操作性表工具](#)。

下一步

如果您的 Proxmox VE 版本是.....	了解.....
9系列	"为 Proxmox VE 9.x 配置 NVMe"
8系列	"为 Proxmox VE 8.x 配置 NVMe"

相关信息

["了解如何管理 NVMe 协议"](#)

配置 Proxmox VE 9.x 以支持 NVMe-oF 和ONTAP存储

Proxmox VE 9.x 主机支持基于光纤通道的 NVMe (NVMe/FC) 和基于 TCP 的 NVMe (NVMe/TCP) 协议，并支持非对称命名空间访问 (ANA)。ANA 提供与 iSCSI 和 FCP 环境中的非对称逻辑单元访问 (ALUA) 等效的多路径功能。

了解如何为 Proxmox VE 9.x 配置 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 主机。如需更多支持和功能信息，请参阅["ONTAP支持和功能"](#)。

NVMe-oF 与 Proxmox VE 9.x 存在以下已知限制：

- 不支持 NVMe-FC 的 SAN 启动配置。

步骤 1：安装 **Proxmox VE** 和 **NVMe** 软件并验证您的配置

要为 NVMe-oF 配置主机，您需要安装主机和 NVMe 软件包，启用多路径，并验证主机 NQN 配置。

步骤

1. 在服务器上安装 Proxmox VE 9.x。安装完成后，请确认您运行的是所需的 Proxmox VE 9.x 内核：

```
uname -r
```

Proxmox VE 9.x 内核版本示例：

```
6.14.8-2-pve
```

2. 安装 NVMe-CLI 软件包：

```
apt list|grep nvme-cli
```

下面的例子展示了 `nvme-cli` 软件包版本：

```
nvme-cli/stable,now 2.13-2 amd64
```

3. 安装 libnvme 软件包：

```
apt list|grep libnvme
```

下面的例子展示了 `libnvme` 软件包版本：

```
libnvme-dev/stable 1.13-2 amd64
```

4. 在主机上，检查 hostnqn 字符串 /etc/nvme/hostnqn：

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

下面的例子展示了 `hostnqn` 价值：

```
nqn.2014-08.org.nvmeexpress:uuid:39333550-3333-4753-4844-32594d4a524c
```

5. 在ONTAP系统中，验证以下信息：`hostnqn`字符串匹配`hostnqn`ONTAP数组中对应子系统的字符串：

```
::> vserver nvme subsystem host show -vserver vs_proxmox_FC_NVMeFC
```

显示示例

```
Vserver Subsystem Priority Host NQN
-----
vs_proxmox_FC_NVMeFC
    sub_176
        regular nqn.2014-
08.org.nvmeexpress:uuid:39333550-3333-4753-4844-32594d4a4834
        regular nqn.2014-
08.org.nvmeexpress:uuid:39333550-3333-4753-4844-32594d4a524c
2 entries were displayed
```



如果`hostnqn`字符串不匹配，请使用`vserver modify`命令来更新`hostnqn`相应ONTAP存储系统子系统上的字符串以匹配`hostnqn`字符串来自`/etc/nvme/hostnqn`在主机上。

步骤 2：配置 NVMe/FC 和 NVMe/TCP

使用 Broadcom/Emulex 或 Marvell/QLogic 适配器配置 NVMe/FC，或使用手动发现和连接操作配置 NVMe/TCP。

NVMe/FC - 博通/Emulex

为Broadcom/Emulex适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器型号是否受支持：

a. 显示模型名称：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

您应看到以下输出：

```
SN1700E2P  
SN1700E2P
```

b. 显示模型描述：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

您应该看到类似于以下示例的输出：

```
HPE SN1700E 64Gb 2p FC HBA  
HPE SN1700E 64Gb 2p FC HBA
```

2. 确认您使用的是建议的Broadcom lpfc 固件和内置驱动程序：

a. 显示固件版本：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

该命令返回固件版本：

```
14.4.473.14, sli-4:6:d  
14.4.473.14, sli-4:6:d
```

b. 显示收件箱驱动程序版本：

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

以下示例显示了驱动程序版本：

```
0:14.4.0.7
```

有关支持的适配器驱动程序和固件版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

3. 请验证 `lpfc_enable_fc4_type` 设置为 3:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

4. 验证是否可以查看启动程序端口:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

您应该看到类似以下内容的输出:

```
0x10005ced8c531948  
0x10005ced8c531949
```

5. 验证启动程序端口是否联机:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

您应看到以下输出:

```
Online  
Online
```

6. 验证NVMe/FC启动程序端口是否已启用且目标端口是否可见:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

显示示例

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x10005ced8c531948 WWNN x20005ced8c531948
DID x082400 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x200ed039eac79573 WWNN x200dd039eac79573
DID x060902 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2001d039eac79573 WWNN x2000d039eac79573
DID x060904 TARGET DISCSRV ONLINE
```

```
NVME Statistics
LS: Xmt 0000000034 Cmpl 0000000034 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 0000000000142cfb Issue 0000000000142cfc OutIO
00000000000000001
          abort 00000005 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000005 Err 00000005
```

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x10005ced8c531949 WWNN x20005ced8c531949
DID x082500 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2010d039eac79573 WWNN x200dd039eac79573
DID x062902 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2007d039eac79573 WWNN x2000d039eac79573
DID x062904 TARGET DISCSRV ONLINE
```

```
NVME Statistics
LS: Xmt 0000000034 Cmpl 0000000034 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 00000000000d39f1 Issue 00000000000d39f2 OutIO
00000000000000001
          abort 00000005 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000005 Err 00000005
```

NVMe/FC - Marvell/QLogic

为Marvell/QLogic适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器驱动程序和固件版本是否受支持：

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

以下示例显示了驱动程序和固件版本：

```
SN1700Q FW:v9.15.05 DVR:v10.02.09.400-k  
SN1700Q FW:v9.15.05 DVR:v10.02.09.400-k
```

2. 请验证 `ql2xnvmeenable` 已设置。这样、Marvell适配器便可用作NVMe/FC启动程序：

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

预期输出为1。

NVMe/TCP

NVMe/TCP 协议不支持自动连接操作。相反，您可以通过执行 NVMe/TCP 来发现 NVMe/TCP 子系统和命名空间 `connect` 或者 `connect-all` 手动操作。

1. 检查启动器端口是否可以跨支持的 NVMe/TCP LIF 获取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.165.72 -a 192.168.165.51
Discovery Log Number of Records 4, Generation counter 47
====Discovery Log Entry 0=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  3
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.c770be5d934811f0b624d039eac809ba:discovery
traddr:  192.168.165.51
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 1=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  1
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.c770be5d934811f0b624d039eac809ba:discovery
traddr:  192.168.166.50
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 2=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  3
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.c770be5d934811f0b624d039eac809ba:subsystem.sub_
176
traddr:  192.168.165.51
eflags:  none
sectype: none
====Discovery Log Entry 3=====
trtype:  tcp
```

```
adrfam:  ipv4
subtype:  nvme subsystem
treq:     not specified
portid:   1
trsvcid:  4420
subnqn:   nqn.1992-
08.com.netapp:sn.c770be5d934811f0b624d039eac809ba:subsystem.sub_
176
traddr:   192.168.166.50
eflags:   none
sectype:  none
```

2. 运行 `nvme connect-all` 在节点中所有受支持的NVMe/TCP启动程序-目标SIP上运行命令：

```
nvme connect-all -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.166.73 -a 192.168.166.50
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.166.73 -a 192.168.166.51
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.165.73 -a 192.168.165.50
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.165.73 -a 192.168.165.51
```

NVMe/TCP 的设置 ``ctrl_loss_tmo timeout`` 自动设置为“关闭”。因此：

- 重试次数没有限制（无限重试）。
- 您不需要手动配置特定的 ``ctrl_loss_tmo timeout`` 使用时长 ``nvme connect`` 或者 ``nvme connect-all`` 命令（选项 `-l`）。
- 如果发生路径故障，NVMe/TCP 控制器不会超时，并且会无限期地保持连接。

步骤 3： 可选，启用 **NVMe/FC** 的 **1MB I/O**。

ONTAP在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求，您应该增加 ``lpfc`` 的价值 ``lpfc_sg_seg_cnt`` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数设置为256:

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出:

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `update-initramfs` 命令并重启主机。
3. 验证的值是否 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 为256:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

步骤 4: 验证 NVMe 启动服务

这 `nvme-fc-boot-connections.service` 和 `nvme-fc-autoconnect.service` NVMe/FC 中包含的启动服务 `nvme-cli` 系统启动时, 软件包会自动启用。

启动完成后, 验证 `nvme-fc-boot-connections.service` 和 `nvme-fc-autoconnect.service` 启动服务已启用。

步骤

1. 验证是否 `nvme-fc-autoconnect.service` 已启用:

```
systemctl status nvme-fc-autoconnect.service
```

显示示例输出

```
o nvme-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems
automatically during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvme-
autoconnect.service; enabled; preset: enabled)
   Active: inactive (dead) since Thu 2025-10-16 18:00:39 IST; 6
days ago
  Invocation: e146e0b2c339432aad6e0555a528872c
    Process: 1787 ExecStart=/usr/sbin/nvme connect-all
--context=autoconnect (code=exited, status=0/SUCCESS)
   Main PID: 1787 (code=exited, status=0/SUCCESS)
    Mem peak: 2.4M
       CPU: 12ms
Oct 16 18:00:39 HPE-DL365-14-176 systemd[1]: Starting nvme-
autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot...
Oct 16 18:00:39 HPE-DL365-14-176 systemd[1]: nvme-
autoconnect.service: Deactivated successfully.
Oct 16 18:00:39 HPE-DL365-14-176 systemd[1]: Finished nvme-
autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot.
```

2. 验证是否 `nvmeboot-connections.service` 已启用:

```
systemctl status nvmeboot-connections.service
```

显示示例输出

```
nvmeofc-boot-connections.service - Auto-connect to subsystems on FC-
NVME devices found during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvmeofc-boot-
connections.service; enabled; preset: enabled)
   Active: inactive (dead) since Thu 2025-10-16 18:00:35 IST; 6
days ago
  Invocation: acf73ac1ef7a402198d6ecc4d075fab0
    Process: 1173 ExecStart=/bin/sh -c echo add >
/sys/class/fc/fc_udev_device/nvme_discovery (code=exited,
status=0/SUCCESS)
   Main PID: 1173 (code=exited, status=0/SUCCESS)
    Mem peak: 2.1M
       CPU: 11ms

Oct 16 18:00:35 HPE-DL365-14-176 systemd[1]: nvmeofc-boot-
connections.service: Deactivated successfully.
Oct 16 18:00:35 HPE-DL365-14-176 systemd[1]: Finished nvmeofc-boot-
connections.service - Auto-connect to subsystems on FC-NVME devices
found during boot.
```

步骤 5: 验证多路径配置

验证内核NVMe多路径状态、ANA状态和ONTAP命名空间是否适用于NVMe-oF配置。

步骤

1. 验证是否已启用内核NVMe多路径:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

您应看到以下输出:

```
Y
```

2. 验证主机上是否正确显示了ONTAP命名空间的相应 NVMe-oF 设置 (例如, 将型号设置为NetApp ONTAP Controller, 并将负载均衡 iopolicy 设置为 round-robin):
 - a. 显示子系统:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

您应看到以下输出：

```
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

b. 显示策略：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

您应看到以下输出：

```
queue-depth
queue-depth
```

3. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间：

```
nvme list
```

显示示例

Node	Generic	SN	Model
Namespace	Usage		FW Rev

/dev/nvme2n1	/dev/ng2n1	81PqYFYq2aVAAAAAAAAAB	NetApp ONTAP
Controller	0x1	17.88 GB / 171.80 GB	4 KiB + 0 B
9.17.1			

4. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态：

NVMe/FC

```
nvme list-subsys /dev/nvme3n9
```

显示示例

```
nvme-subsys3 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.94929fdb84eb11f0b624d039eac809ba:subsystem.sub_176
                hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:39333550-3333-4753-4844-32594d4a524c
\
+- nvme1 fc traddr=nn-0x200dd039eac79573:pn-0x2010d039eac79573,host_traddr=nn-0x20005ced8c531949:pn-0x10005ced8c531949 live optimized
+- nvme3 fc traddr=nn-0x200dd039eac79573:pn-0x200ed039eac79573,host_traddr=nn-0x20005ced8c531948:pn-0x10005ced8c531948 live optimized
+- nvme5 fc traddr=nn-0x200dd039eac79573:pn-0x200fd039eac79573,host_traddr=nn-0x20005ced8c531949:pn-0x10005ced8c531949 live non-optimized
+- nvme7 fc traddr=nn-0x200dd039eac79573:pn-0x2011d039eac79573,host_traddr=nn-0x20005ced8c531948:pn-0x10005ced8c531948 live non-optimized
```

NVMe/TCP

```
nvme list-subsys /dev/nvme2n3
```

显示示例

```
nvme-subsys2 - NQN=nqn.1992-  
08.com.netapp:sn.c770be5d934811f0b624d039eac809ba:subsystem.sub_  
176  
          hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:39333550-  
3333-4753-4844-32594d4a524c  
\  
  +- nvme2 tcp  
traddr=192.168.166.50,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.166.73,src_  
_addr=192.168.166.73 live optimized  
  +- nvme4 tcp  
traddr=192.168.165.51,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.165.73,src_  
_addr=192.168.165.73 live optimized  
  +- nvme6 tcp  
traddr=192.168.166.51,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.166.73,src_  
_addr=192.168.166.73 live non-optimized  
  +- nvme8 tcp  
traddr=192.168.165.50,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.165.73,src_  
_addr=192.168.165.73 live non-optimized
```

5. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值:

列

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

显示示例

Device	Vserver	Namespace Path
/dev/nvme2n9	vs_proxmox_FC_NVMeFC	/vol/vol_180_data_nvme4/ns

NSID	UUID	Size
1	e3d3d544-de8b-4787-93af-bfec7769e909	32.21GB

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

显示示例

```
{
  "Device": "/dev/nvme2n9",
  "Vserver": "vs_proxmox_FC_NVMeFC",
  "Subsystem": "sub_176",
  "Namespace_Path": "/vol/vol_180_data_nvme4/ns",
  "NSID": 9,
  "UUID": "e3d3d544-de8b-4787-93af-bfec7769e909",
  "LBA_Size": 4096,
  "Namespace_Size": 32212254720,
  "UsedBytes": 67899392,
  "Version": "9.17.1"
}
```

第6步：查看已知问题

没有已知问题。

配置 Proxmox VE 8.x 以支持 NVMe-oF 和ONTAP存储

Proxmox VE 8.x 主机支持光纤通道上的 NVMe (NVMe/FC) 和 TCP 上的 NVMe (NVMe/TCP) 协议，并支持非对称命名空间访问 (ANA)。ANA 提供与 iSCSI 和 FCP 环境中的非对称逻辑单元访问 (ALUA) 等效的多路径功能。

了解如何为 Proxmox VE 8.x 配置 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 主机。如需更多支持和功能信息，请参阅["ONTAP支持和功能"](#)。

NVMe-oF 与 Proxmox VE 8.x 存在以下已知限制：

- 不支持 NVMe-FC 的 SAN 启动配置。

步骤 1：安装 Proxmox VE 和 NVMe 软件并验证您的配置

要为 NVMe-oF 配置主机，您需要安装主机和 NVMe 软件包，启用多路径，并验证主机 NQN 配置。

步骤

1. 在服务器上安装 Proxmox 8.x。安装完成后，请确认您运行的是指定的 Proxmox 8.x 内核：

```
uname -r
```

以下示例显示了 Proxmox 内核版本：

```
6.8.12-10-pve
```

2. 安装 NVMe-CLI 软件包：

```
apt list|grep nvme-cli
```

下面的例子展示了 `nvme-cli` 软件包版本：

```
nvme-cli/oldstable,now 2.4+really2.3-3 amd64
```

3. 安装 libnvme 软件包：

```
apt list|grep libnvme
```

下面的例子展示了 `libnvme` 软件包版本：

```
libnvme1/oldstable,now 1.3-1+deb12u1 amd64
```

4. 在主机上，检查 `hostnqn` 字符串 `/etc/nvme/hostnqn`：

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

下面的例子展示了 `'hostnqn'` 价值：

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:1536c9a6-f954-11ea-b24d-0a94efb46eaf
```

5. 在ONTAP系统中，验证以下信息：`'hostnqn'`字符串匹配 `'hostnqn'`ONTAP数组中对应子系统的字符串：

```
::> vserver nvme subsystem host show -vserver proxmox_120_122
```

显示示例

```
Vserver Subsystem Priority Host NQN
-----
proxmox_120_122
proxmox_120_122
                                regular nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:1536c9a6-f954-11ea-b24d-0a94efb46eaf
                                regular nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:991a7476-f9bf-11ea-8b73-0a94efb46c3b
proxmox_120_122_tcp
                                regular nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:1536c9a6-f954-11ea-b24d-0a94efb46eaf
                                regular nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:991a7476-
f9bf-11ea-8b73-0a94efb46c3b
2 entries were displayed.
```



如果 `'hostnqn'` 字符串不匹配，请使用 `'vserver modify'` 命令来更新 `'hostnqn'` 相应ONTAP存储系统子系统上的字符串以匹配 `'hostnqn'` 字符串来自 `'/etc/nvme/hostnqn'` 在主机上。

步骤 2：配置 NVMe/FC 和 NVMe/TCP

使用 Broadcom/Emulex 或 Marvell/QLogic 适配器配置 NVMe/FC，或使用手动发现和连接操作配置 NVMe/TCP。

NVMe/FC - 博通/Emulex

为Broadcom/Emulex适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器型号是否受支持：

a. 显示模型名称：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

您应看到以下输出：

```
LPe35002-M2  
LPe35002-M2
```

b. 显示模型描述：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

您应该看到类似于以下示例的输出：

```
Emulex LPe35002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LPe35002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter
```

2. 确认您使用的是建议的Broadcom lpfc 固件和内置驱动程序：

a. 显示固件版本：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

该命令返回固件版本：

```
14.0.505.12, sli-4:6:d  
14.0.505.12, sli-4:6:d
```

b. 显示收件箱驱动程序版本：

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

以下示例显示了驱动程序版本：

```
0:14.2.0.17
```

有关支持的适配器驱动程序和固件版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

3. 请验证 `lpfc_enable_fc4_type` 设置为 3:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

4. 验证是否可以查看启动程序端口:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

您应该看到类似以下内容的输出:

```
0x100000109b95467e  
0x100000109b95467f
```

5. 验证启动程序端口是否联机:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

您应看到以下输出:

```
Online  
Online
```

6. 验证NVMe/FC启动程序端口是否已启用且目标端口是否可见:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

显示示例

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x10005ced8c531948 WWNN x20005ced8c531948
DID x082400
ONLINE
NVME RPORT WWPN x200ed039eac79573 WWNN x200dd039eac79573 DID
x060902
TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT WWPN x2001d039eac79573 WWNN x2000d039eac79573 DID
x060904
TARGET DISCSRV ONLINE
NVME Statistics LS: Xmt 0000000034 Cmpl 0000000034 Abort
00000000 LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 0000000000142cfb Issue 0000000000142cfc OutIO
0000000000000001 abort 00000005 noxri 00000000 nondlp 00000000
qdepth 00000000 wqerr 00000000 err 00000000 FCP CMPL: xb
00000005 Err 00000005 NVME Initiator Enabled XRI Dist lpfc1
Total 6144 IO 5894 ELS 250 NVME LPORT lpfc1 WWPN
x10005ced8c531949 WWNN x20005ced8c531949 DID x082500
ONLINE
NVME RPORT WWPN x2010d039eac79573 WWNN x200dd039eac79573 DID
x062902
TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT WWPN x2007d039eac79573 WWNN x2000d039eac79573 DID
x062904
TARGET DISCSRV ONLINE
NVME Statistics LS: Xmt 0000000034 Cmpl 0000000034 Abort
00000000 LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 00000000000d39f1 Issue 00000000000d39f2 OutIO
0000000000000001 abort 00000005 noxri 00000000 nondlp 00000000
qdepth 00000000 wqerr 00000000 err 00000000 FCP CMPL: xb
00000005 Err 00000005
```

NVMe/FC - Marvell/QLogic

为Marvell/QLogic适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器驱动程序和固件版本是否受支持：

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

以下示例显示了驱动程序和固件版本：

```
QLE2872 FW:v9.15.00 DVR:v10.02.09.300-k  
QLE2872 FW:v9.15.00 DVR:v10.02.09.300-k
```

2. 请验证 `ql2xnvmeenable` 已设置。这样、Marvell适配器便可用作NVMe/FC启动程序：

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

预期输出为1。

NVMe/TCP

NVMe/TCP 协议不支持自动连接操作。相反，您可以通过执行 NVMe/TCP 来发现 NVMe/TCP 子系统和命名空间 `connect` 或者 `connect-all` 手动操作。

1. 检查启动器端口是否可以跨支持的 NVMe/TCP LIF 获取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.2.22 -a 192.168.2.30

Discovery Log Number of Records 12, Generation counter 13
=====Discovery Log Entry 0=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 10
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:discovery
traddr: 192.168.2.30
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 1=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 9
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:discovery
traddr: 192.168.1.30
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 2=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 12
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:discovery
traddr: 192.168.2.25
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 3=====
```

```

trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 11
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:discovery
traddr: 192.168.1.25
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 4=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 10
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:subsystem.prox
mox_120_122
traddr: 192.168.2.30
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 5=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 9
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:subsystem.prox
mox_120_122
traddr: 192.168.1.30
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 6=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 12
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-

```

```

08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:subsystem.prox
mox_120_122
traddr: 192.168.2.25
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 11
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:subsystem.prox
mox_120_122
traddr: 192.168.1.25
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 8=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 10
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:subsystem.prox
mox_120_122_tcp
traddr: 192.168.2.30
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 9=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 9
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:subsystem.prox
mox_120_122_tcp
traddr: 192.168.1.30
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 10=====
trtype: tcp

```

```

adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  12
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:subsystem.prox
mox_120_122_tcp
traddr:  192.168.2.25
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 11=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  11
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:subsystem.prox
mox_120_122_tcp
traddr:  192.168.1.25
eflags:  none
sectype: none

```

2. 验证其他 NVMe/TCP 启动器-目标 LIF 组合是否可以成功检索发现日志页面数据:

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```

nvme discover -t tcp -w 192.168.1.22 -a 192.168.1.30
nvme discover -t tcp -w 192.168.2.22 -a 192.168.2.30
nvme discover -t tcp -w 192.168.1.22 -a 192.168.1.25
nvme discover -t tcp -w 192.168.2.22 -a 192.168.2.25

```

3. 运行 `nvme connect-all` 在节点中所有受支持的NVMe/TCP启动程序-目标SIP上运行命令:

```
nvme connect-all -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.1.22 -a 192.168.1.30
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.2.22 -a 192.168.2.30
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.1.22 -a 192.168.1.25
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.2.22 -a 192.168.2.25
```

NVMe/TCP 的设置 `ctrl\_loss\_tmo timeout` 自动设置为“关闭”。因此：

- 重试次数没有限制（无限重试）。
- 您不需要手动配置特定的 `ctrl\_loss\_tmo timeout` 使用时长 `nvme connect` 或者 `nvme connect-all` 命令（选项 -l）。
- 如果发生路径故障，NVMe/TCP 控制器不会超时，并且会无限期地保持连接。

步骤 3：可选，启用 **NVMe/FC** 的 **1MB I/O**。

ONTAP在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求，您应该增加 `lpfc` 的价值 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数设置为256：

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `update-initramfs` 命令并重启主机。
3. 验证的值是否 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 为256：

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

步骤 4: 验证 NVMe 启动服务

使用 Proxmox 8.x, `nvme-fc-boot-connections.service`和`nvme-autoconnect.service`NVMe/FC 中包含的启动服务`nvme-cli`系统启动时会自动启用软件包。

启动完成后, 验证`nvme-fc-boot-connections.service`和`nvme-autoconnect.service`启动服务已启用。

步骤

1. 验证是否`nvme-autoconnect.service`已启用:

```
systemctl status nvme-autoconnect.service
```

显示示例输出

```
○ nvme-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems
automatically during boot
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/nvme-autoconnect.service;
   enabled; preset: enabled)
   Active: inactive (dead) since Fri 2025-11-21 19:59:10 IST; 8s
   ago
     Process: 256613 ExecStartPre=/sbin/modprobe nvme-fabrics
   (code=exited, status=0/SUCCESS)
     Process: 256614 ExecStart=/usr/sbin/nvme connect-all
   (code=exited, status=0/SUCCESS)
    Main PID: 256614 (code=exited, status=0/SUCCESS)
      CPU: 18ms
Nov 21 19:59:07 SR665-14-122.lab.eng.btc.netapp.in systemd[1]:
Starting nvme-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems
automatically during boot...
Nov 21 19:59:10 SR665-14-122.lab.eng.btc.netapp.in nvme[256614]:
Failed to write to /dev/nvme-fabrics: Invalid argument
Nov 21 19:59:10 SR665-14-122.lab.eng.btc.netapp.in nvme[256614]:
Failed to write to /dev/nvme-fabrics: Invalid argument
Nov 21 19:59:10 SR665-14-122.lab.eng.btc.netapp.in systemd[1]: nvme-
autoconnect.service: Deactivated successfully.
Nov 21 19:59:10 SR665-14-122.lab.eng.btc.netapp.in systemd[1]:
Finished nvme-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems
automatically during boot.
```

2. 验证是否`nvme-fc-boot-connections.service`已启用:

```
systemctl status nvme-fc-boot-connections.service
```

显示示例输出

```
o nvme-fc-boot-connections.service - Auto-connect to subsystems on
FC-NVME devices found during boot
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/nvme-fc-boot-
connections.service; enabled; preset: enabled)
   Active: inactive (dead) since Thu 2025-11-20 17:48:29 IST; 1
day 2h ago
   Process: 1381 ExecStart=/bin/sh -c echo add >
/sys/class/fc/fc_udev_device/nvme_discovery (code=exited,
status=0/SUCCESS)
   Main PID: 1381 (code=exited, status=0/SUCCESS)
      CPU: 3ms

Nov 20 17:48:29 SR665-14-122.lab.eng.btc.netapp.in systemd[1]:
Starting nvme-fc-boot-connections.service - Auto-connect to
subsystems on FC-NVME devices found during boot..
Nov 20 17:48:29 SR665-14-122.lab.eng.btc.netapp.in systemd[1]:
nvme-fc-boot-connections.service: Deactivated successfully.
Nov 20 17:48:29 SR665-14-122.lab.eng.btc.netapp.in systemd[1]:
Finished nvme-fc-boot-connections.service - Auto-connect to
subsystems on FC-NVME devices found during boot...
```

步骤 5: 验证多路径配置

验证内核NVMe多路径状态、ANA状态和ONTAP命名空间是否适用于NVMe-oF配置。

步骤

1. 验证是否已启用内核NVMe多路径:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

您应看到以下输出:

```
Y
```

2. 验证主机上是否正确显示了ONTAP命名空间的相应 NVMe-oF 设置 (例如, 将型号设置为NetApp ONTAP Controller, 并将负载均衡 iopolicy 设置为 round-robin) :

- a. 显示子系统:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

您应看到以下输出：

```
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

b. 显示策略：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

您应看到以下输出：

```
round-robin
round-robin
```

3. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间：

```
nvme list
```

显示示例

Node	Generic	SN	Usage
Model		Namespace	
Format	FW Rev		

/dev/nvme2n20	/dev/ng2n20	81K13BUDdygsAAAAAAG	
NetApp ONTAP Controller		10	5.56 GB /
91.27 GB	4 KiB + 0 B	9.18.1	

4. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态：

NVMe/FC

```
nvme list-subsys /dev/nvme2n20
```

显示示例

```
nvme-subsys2 - NQN= nqn.1992-  
08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:subsystem.prox  
mox_120_122_tcp  
\  
+- nvme1 fc traddr=nn-0x200dd039eac79573:pn-  
0x2010d039eac79573,host_traddr=nn-0x20005ced8c531949:pn-  
0x10005ced8c531949 live optimized  
+- nvme3 fc traddr=nn-0x200dd039eac79573:pn-  
0x200ed039eac79573,host_traddr=nn-0x20005ced8c531948:pn-  
0x10005ced8c531948 live optimized  
+- nvme5 fc traddr=nn-0x200dd039eac79573:pn-  
0x200fd039eac79573,host_traddr=nn-0x20005ced8c531949:pn-  
0x10005ced8c531949 live non-optimized  
+- nvme7 fc traddr=nn-0x200dd039eac79573:pn-  
0x2011d039eac79573,host_traddr=nn-0x20005ced8c531948:pn-  
0x10005ced8c531948 live non-optimized
```

NVMe/TCP

```
nvme list-subsys /dev/nvme2n3
```

显示示例

```
nvme-subsys2 - NQN= qn.1992-  
08.com.netapp:sn.ae9f2d55a7ec11ef8751d039ea9e891c:subsystem.prox  
mox_120_122_tcp  
\n+- nvme2 tcp  
traddr=192.168.1.30,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.22,src_ad  
dr=192.168.1.22 live optimized  
+- nvme4 tcp  
traddr=192.168.2.30,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.22,src_ad  
dr=192.168.2.22 live optimized  
+- nvme6 tcp  
traddr=192.168.1.25,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.22,src_ad  
dr=192.168.1.22 live non-optimized  
+- nvme8 tcp  
traddr=192.168.2.25,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.22,src_ad  
dr=192.168.2.22 live non-optimized
```

5. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值:

列

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

显示示例

Device	Vserver	Namespace Path
/dev/nvme2n11	proxmox_120_122	/vol/vm120_tcp1/ns
NSID	UUID	Size
1	5aefea74-f0cf-4794-a7e9-e113c4659aca	37.58GB

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

显示示例

```
{
  "Device": "/dev/nvme2n11",
  "Vserver": "proxmox_120_122",
  "Namespace_Path": "/vol/vm120_tcp1/ns",
  "NSID": 1,
  "UUID": "5aefea74-f0cf-4794-a7e9-e113c4659aca",
  "Size": "37.58GB",
  "LBA_Data_Size": 4096,
  "Namespace_Size": 32212254720
}
```

第6步：查看已知问题

没有已知问题。

RHEL

了解ONTAP对 RHEL 主机的支持和功能

使用 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 进行主机配置所支持的功能因ONTAP和 RHEL 的版本而异。

功能	RHEL 主机版本	ONTAP 版本
RHEL 主机和ONTAP控制器之间通过 NVMe/TCP 支持安全的带内身份验证。	9.3 或更高版本	9.12.1 或更高版本
NVMe/TCP 使用原生命名空间提供命名空间 `nvme-cli` 包裹	8.2 或更高版本	9.10.1 或更高版本
NVMe/TCP 是一项完全受支持的企业级功能	9.0 或更高版本	9.10.1 或更高版本
同一主机上支持 NVMe 和 SCSI 流量，NVMe-oF 命名空间使用 NVMe 多路径，SCSI LUN 使用 dm 多路径。	8.2 或更高版本	9.4 或更高版本

无论系统设置中运行的ONTAP版本如何， ONTAP支持以下 SAN 主机功能。

功能	RHEL 主机版本
默认情况下启用原生 NVMe 多路径。	10.0 或更高版本
SAN 启动已通过 NVMe/FC 协议启用	9.4 或更高版本
这 `nvme-cli` 该软件包包含自动连接脚本，无需第三方脚本。	8.2 或更高版本
原生 udev 规则 `nvme-cli` 该软件包为 NVMe 多路径提供轮询负载均衡	8.2 或更高版本
原生 udev 规则 <code>nvme-cli</code> 该软件包为 NVMe 多路径提供队列深度负载均衡	9.6 或更高版本



有关受支持配置的详细信息，请参阅["互操作性表工具"](#)。

下一步

如果您的 RHEL 版本是.....	了解.....
10系列	"为 RHEL 10.x 配置 NVMe"
9系列	"为 RHEL 9.x 配置 NVMe"
8系列	"为 RHEL 8.x 配置 NVMe"

相关信息

["了解如何管理 NVMe 协议"](#)

配置 RHEL 10.x 以使用 NVMe-oF 和ONTAP存储

Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 主机支持具有非对称命名空间访问 (ANA) 的 NVMe over Fibre Channel (NVMe/FC) 和 NVMe over TCP (NVMe/TCP) 协议。ANA 提供与 iSCSI 和 FCP 环境中的非对称逻辑单元访问 (ALUA) 等效的多路径功能。

了解如何为 RHEL 10.x 配置 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 主机。如需更多支持和功能信息，请参阅 ["RHEL ONTAP支持和功能"](#)。

NVMe-oF 与 RHEL 10.x 存在以下已知限制：

- 这 `nvme disconnect-all` 该命令会断开根文件系统和数据文件系统，可能会导致系统不稳定。请勿在通过 NVMe-TCP 或 NVMe-FC 命名空间从 SAN 启动的系统上执行此操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以配置主机以使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。使用["互操作性表工具"](#)验证您的 Linux 操作系统、主机总线适配器 (HBA)、HBA 固件、HBA 启动 BIOS 和ONTAP版本是否支持 SAN 启动。

步骤

1. ["创建 NVMe 命名空间并将其映射到主机"](#)。
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动命名空间映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动并正在运行。

步骤 2：安装 RHEL 和 NVMe 软件并验证您的配置

要为 NVMe-oF 配置主机，您需要安装主机和 NVMe 软件包，启用多路径，并验证主机 NQN 配置。

步骤

1. 在服务器上安装 RHEL 10.x。安装完成后，请确认您运行的是所需的 RHEL 10.x 内核：

```
uname -r
```

RHEL 内核版本示例：

```
6.12.0-124.8.1.el10_1.x86_64
```

2. 安装 NVMe-CLI 软件包：

```
rpm -qa | grep nvme-cli
```

下面的例子展示了 `nvme-cli` 软件包版本：

```
nvme-cli-2.13-2.el10.x86_64
```

3. 安装 libnvme 软件包:

```
rpm -qa|grep libnvme
```

下面的例子展示了 `libnvme` 软件包版本:

```
libnvme-1.13-1.el10.x86_64
```

4. 在主机上, 检查 hostnqn 字符串 /etc/nvme/hostnqn:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

下面的例子展示了 `hostnqn` 版本:

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-c7c04f425633
```

5. 在ONTAP系统中, 验证以下信息: `hostnqn` 字符串匹配 `hostnqn` ONTAP存储系统中相应子系统的字符串:

```
::> vserver nvme subsystem host show -vserver vs_coexistence_QLE2872
```

显示示例

```
Vserver Subsystem Priority Host NQN
-----
vs_coexistence_QLE2872
      subsystem_1
              regular  nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-c7c04f425633
      subsystem_10
              regular  nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-c7c04f425633
      subsystem_11
              regular  nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-c7c04f425633
```



如果 `hostnqn` 字符串不匹配，请使用 `vserver modify` 命令来更新 `hostnqn` 相应ONTAP存储系统子系统上的字符串以匹配 `hostnqn` 字符串来自 `/etc/nvme/hostnqn` 在主机上。

步骤 3: 配置 NVMe/FC 和 NVMe/TCP

使用 Broadcom/Emulex 或 Marvell/QLogic 适配器配置 NVMe/FC，或使用手动发现和连接操作配置 NVMe/TCP。

NVMe/FC - 博通/Emulex

为Broadcom/Emulex适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器型号是否受支持：

a. 显示模型名称：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

您应看到以下输出：

```
SN1700E2P  
SN1700E2P
```

b. 显示模型描述：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

您应该看到类似于以下示例的输出：

```
HPE SN1700E 64Gb 2p FC HBA  
HPE SN1700E 64Gb 2p FC HBA
```

2. 确认您使用的是建议的Broadcom lpfc 固件和内置驱动程序：

a. 显示固件版本：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

该命令返回固件版本：

```
14.4.393.25, sli-4:6:d  
14.4.393.25, sli-4:6:d
```

b. 显示收件箱驱动程序版本：

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

以下示例显示了驱动程序版本：

```
0:14.4.0.9
```

有关支持的适配器驱动程序和固件版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

3. 请验证 `lpfc_enable_fc4_type` 设置为 3:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

4. 验证是否可以查看启动程序端口:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

您应该看到类似以下内容的输出:

```
0x10005cba2cfca7de  
0x10005cba2cfca7df
```

5. 验证启动程序端口是否联机:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

您应看到以下输出:

```
Online  
Online
```

6. 验证NVMe/FC启动程序端口是否已启用且目标端口是否可见:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

```

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x10005cba2cfca7de WWNN x20005cba2cfca7de
DID x080f00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2023d039eac03c33 WWNN x2021d039eac03c33
DID x082209 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x200ed039eac03c33 WWNN x200cd039eac03c33
DID x082203 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2022d039eac03c33 WWNN x2021d039eac03c33
DID x082609 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x200dd039eac03c33 WWNN x200cd039eac03c33
DID x082604 TARGET DISCSRVC ONLINE

```

```

NVME Statistics
LS: Xmt 0000000501 Cmpl 0000000501 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 00000000000583b7 Issue 000000000005840d OutIO
0000000000000056
abort 0000010f noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth 00000000
wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 0000010f Err 0000010f

```

```

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x10005cba2cfca7df WWNN x20005cba2cfca7df
DID x080b00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2024d039eac03c33 WWNN x2021d039eac03c33
DID x082309 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x200fd039eac03c33 WWNN x200cd039eac03c33
DID x082304 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2025d039eac03c33 WWNN x2021d039eac03c33
DID x082708 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2010d039eac03c33 WWNN x200cd039eac03c33
DID x082703 TARGET DISCSRVC ONLINE

```

```

NVME Statistics
LS: Xmt 00000006eb Cmpl 00000006eb Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000000004d600 Issue 000000000004d65f OutIO
000000000000005f
abort 000001c1 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth 00000000
wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 000001c1 Err 000001c2

```

NVMe/FC - Marvell/QLogic

为Marvell/QLogic适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器驱动程序和固件版本是否受支持：

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

以下示例显示了驱动程序和固件版本：

```
QLE2872 FW:v9.15.06 DVR:v10.02.09.400-k  
QLE2872 FW:v9.15.06 DVR:v10.02.09.400-k
```

2. 请验证 `ql2xnvmeenable` 已设置。这样、Marvell适配器便可用作NVMe/FC启动程序：

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

预期输出为1。

NVMe/TCP

NVMe/TCP 协议不支持自动连接操作。相反，您可以通过执行 NVMe/TCP 来发现 NVMe/TCP 子系统和命名空间 `connect` 或者 `connect-all` 手动操作。

1. 检查启动器端口是否可以跨支持的 NVMe/TCP LIF 获取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.20.21 -a 192.168.20.28
Discovery Log Number of Records 8, Generation counter 10
====Discovery Log Entry 0=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 8
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.17e32b6e8c7f11f09545d039eac03c33:discovery
traddr: 192.168.21.29
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 1=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 6
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.17e32b6e8c7f11f09545d039eac03c33:discovery
traddr: 192.168.20.29
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 2=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 7
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.17e32b6e8c7f11f09545d039eac03c33:discovery
traddr: 192.168.21.28
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 3=====
trtype: tcp
```

```

adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  5
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.17e32b6e8c7f11f09545d039eac03c33:discovery
traddr:  192.168.20.28
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 4=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  8
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.17e32b6e8c7f11f09545d039eac03c33:subsystem.Bidi
rectional_DHCP_1_0
traddr:  192.168.21.29
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 5=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  6
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.17e32b6e8c7f11f09545d039eac03c33:subsystem.Bidi
rectional_DHCP_1_0
traddr:  192.168.20.29
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 6=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  7
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.17e32b6e8c7f11f09545d039eac03c33:subsystem.Bidi

```

```

rectional_DHCP_1_0
traddr: 192.168.21.28
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 5
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.17e32b6e8c7f11f09545d039eac03c33:subsystem.Bidi
rectional_DHCP_1_0
traddr: 192.168.20.28
eflags: none
sectype: non

```

2. 验证其他 NVMe/TCP 启动器-目标 LIF 组合是否可以成功检索发现日志页面数据:

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```

nvme discover -t tcp -w 192.168.20.21 -a 192.168.20.28
nvme discover -t tcp -w 192.168.21.21 -a 192.168.21.28
nvme discover -t tcp -w 192.168.20.21 -a 192.168.20.29
nvme discover -t tcp -w 192.168.21.21 -a 192.168.21.29

```

3. 运行 `nvme connect-all` 在节点中所有受支持的NVMe/TCP启动程序-目标SIP上运行命令:

```
nvme connect-all -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```

nvme    connect-all -t  tcp -w  192.168.20.21    -a 192.168.20.28
nvme    connect-all -t  tcp -w  192.168.21.21    -a 192.168.21.28
nvme    connect-all -t  tcp -w  192.168.20.21    -a 192.168.20.29
nvme    connect-all -t  tcp -w  192.168.21.21    -a 192.168.21.29

```

从 RHEL 9.4 开始，NVMe/TCP 的设置 `ctrl\_loss\_tmo timeout` 自动设置为“关闭”。因此：

- 重试次数没有限制（无限重试）。
- 您不需要手动配置特定的 `ctrl\_loss\_tmo timeout` 使用时长 `nvme connect` 或者 `nvme connect-all` 命令（选项 -l）。
- 如果发生路径故障，NVMe/TCP 控制器不会超时，并且会无限期地保持连接。

步骤 4：（可选）修改 udev 规则中的 iopolicy

RHEL 10.0 将 NVMe-oF 的默认 iopolicy 设置为 round-robin。如果您使用的是 RHEL 10.0 并且想要更改 iopolicy，请执行以下操作：`queue-depth` 修改 udev 规则文件如下：

步骤

1. 使用 root 权限在文本编辑器中打开 udev 规则文件：

```
/usr/lib/udev/rules.d/71-nvmf-netapp.rules
```

您应看到以下输出：

```
vi /usr/lib/udev/rules.d/71-nvmf-netapp.rules
```

2. 找到为 NetApp ONTAP 控制器设置 iopolicy 的行，如下例所示：

```
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{subsysname}=="nvm",  
ATTR{model}=="NetApp ONTAP Controller", ATTR{iopolicy}="round-robin"
```

3. 修改规则，以便 round-robin 变成 `queue-depth`：

```
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{subsysname}=="nvm",  
ATTR{model}=="NetApp ONTAP Controller", ATTR{iopolicy}="queue-depth"
```

4. 重新加载 udev 规则并应用更改：

```
udevadm control --reload  
udevadm trigger --subsystem-match=nvme-subsystem
```

5. 请检查子系统的当前 I/O 策略。例如，替换 <子系统> nvme-subsys0。

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<subsystem>/iopolicy
```

您应看到以下输出：

```
queue-depth.
```



新的 iopolicy 会自动应用于匹配的NetApp ONTAP控制器设备。您无需重启。

步骤 5： 可选，启用 **NVMe/FC** 的 **1MB I/O**。

ONTAP在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求，您应该增加 `lpfc` 的价值 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数设置为256：

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `dracut -f` 命令并重新启动主机。
3. 验证的值是否 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 为256：

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

步骤 6： 验证 **NVMe** 启动服务

这 `nvme-fc-boot-connections.service` 和 `nvme-fc-autoconnect.service` NVMe/FC 中包含的启动服务 `nvme-cli` 系统启动时，软件包会自动启用。

启动完成后，验证 `nvme-fc-boot-connections.service` 和 `nvme-fc-autoconnect.service` 启动服务已启用。

步骤

1. 验证是否 `nvme-fc-autoconnect.service` 已启用：

```
systemctl status nvme-fc-autoconnect.service
```

显示示例输出

```
nvmf-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvmf-
autoconnect.service; enabled; preset: disabled)
   Active: inactive (dead) since Sun 2025-10-12 19:41:15 IST; 1
day 1h ago
  Invocation: 7b5b99929c6b41199d493fa25b629f6c
    Main PID: 10043 (code=exited, status=0/SUCCESS)
     Mem peak: 2.9M
        CPU: 50ms

Oct 12 19:41:15 localhost.localdomain systemd[1]: Starting nvmf-
autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot...
Oct 12 19:41:15 localhost.localdomain systemd[1]: nvmf-
autoconnect.service: Deactivated successfully.
Oct 12 19:41:15 localhost.localdomain systemd[1]: Finished nvmf-
autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot.
```

2. 验证是否 `nvmeofc-boot-connections.service` 已启用:

```
systemctl status nvmeofc-boot-connections.service
```

显示示例输出

```
nvmeofc-boot-connections.service - Auto-connect to subsystems on FC-
NVME devices found during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvmeofc-boot-
connections.service; enabled; preset: enabled)
   Active: inactive (dead) since Sun 2025-10-12 19:40:33 IST; 1
day 1h ago
  Invocation: 0ec258a9f8c342fffb82408086d409bc6
    Main PID: 4151 (code=exited, status=0/SUCCESS)
   Mem peak: 2.9M
      CPU: 17ms

Oct 12 19:40:33 localhost systemd[1]: Starting nvmeofc-boot-
connections.service - Auto-connect to subsystems on FC-NVME devices
found during boot...
Oct 12 19:40:33 localhost systemd[1]: nvmeofc-boot-
connections.service: Deactivated successfully.
Oct 12 19:40:33 localhost systemd[1]: Finished nvmeofc-boot-
connections.service - Auto-connect to subsystems on FC-NVME devices
found during boot.
```

步骤 7: 验证多路径配置

验证内核NVMe多路径状态、ANA状态和ONTAP命名空间是否适用于NVMe-oF配置。

步骤

1. 验证主机上是否正确显示了相应ONTAP命名空间的 NVMe-oF 设置（例如，将型号设置为NetApp ONTAP Controller，并将负载均衡 iopolicy 设置为 queue-depth）：

a. 显示子系统：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

您应看到以下输出：

```
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

b. 显示策略：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

您应看到以下输出：

```
queue-depth
queue-depth
```

2. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间：

```
nvme list
```

显示示例

Node Model	Generic	SN

/dev/nvme11n1	/dev/ng11n1	810cqJXhgWtsAAAAAAAI
NetApp ONTAP Controller		
Namespace	Usage	Format
-----	-----	-----
0x1	951.90 MB / 21.47 GB	4 KiB + 0 B
		9.18.1

3. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态：

NVMe/FC

```
nvme list-subsys /dev/nvme9n2
```

显示示例

```
nvme-subsys9 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.7c34ab26675e11f0a6c0d039eac03c33:subsystem.subsystem_46
                hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-c7c04f425633
\
+- nvme105 fc traddr=nn-0x2018d039eac03c33:pn-0x201bd039eac03c33,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa0cd7c3:pn-0x2100f4c7aa0cd7c3 live optimized
+- nvme107 fc traddr=nn-0x2018d039eac03c33:pn-0x2019d039eac03c33,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa0cd7c2:pn-0x2100f4c7aa0cd7c2 live optimized
+- nvme42 fc traddr=nn-0x2018d039eac03c33:pn-0x201cd039eac03c33,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa0cd7c3:pn-0x2100f4c7aa0cd7c3 live optimized
+- nvme44 fc traddr=nn-0x2018d039eac03c33:pn-0x201ad039eac03c33,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa0cd7c2:pn-0x2100f4c7aa0cd7c2 live optimized
```

NVMe/TCP

```
nvme list-subsys /dev/nvme4n2
```

显示示例

```
nvme-subsys4 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.17e32b6e8c7f11f09545d039eac03c33:subsystem.Bidirectional_DHCP_1_0
                hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0054-5110-8039-c3c04f523034
\
+- nvme4 tcp
traddr=192.168.20.28,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.20.21,src_addr=192.168.20.21 live optimized
+- nvme5 tcp
traddr=192.168.20.29,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.20.21,src_addr=192.168.20.21 live optimized
+- nvme6 tcp
traddr=192.168.21.28,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.21.21,src_addr=192.168.21.21 live optimized
+- nvme7 tcp
traddr=192.168.21.29,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.21.21,src_addr=192.168.21.21 live optimized
```

4. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值：

列

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

显示示例

Device	Vserver	Subsystem
Namespace Path		

/dev/nvme0n1	vs_nvme_sanboot_tcp	rhel_sanboot_tcp170
tcp_97		
NSID	UUID	Size
----	-----	-----
1	982c0f2a-6b8b-11f0-a6c0-d039eac03c33	322.12GB

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

显示示例

```
{
  "ONTAPdevices":[
    {
      "Device":"/dev/nvme0n1",
      "Vserver":"vs_nvme_sanboot_tcp",
      "Subsystem":"rhel_sanboot_tcp170",
      "Namespace_Path":"tcp_97",
      "NSID":1,
      "UUID":"982c0f2a-6b8b-11f0-a6c0-d039eac03c33",
      "LBA_Size":4096,
      "Namespace_Size":322122547200,
      "UsedBytes":16285069312,
      "Version":"9.18.1"
    }
  ]
}
```

步骤 8：设置安全带内身份验证

支持通过 NVMe/TCP 在 RHEL 10.x 主机和ONTAP控制器之间进行安全的带内身份验证。

每个主机或控制器必须与一个 `DH-HMAC-CHAP` 密钥来设置安全身份验证。`DH-HMAC-CHAP` 密钥是 NVMe 主机或控制器的 NQN 与管理员配置的身份验证密钥的组合。要对其对等方进行身份验证、NVMe 主机或控制器必须识别与对等方关联的密钥。

使用 CLI 或配置 JSON 文件设置安全带内身份验证。如果需要为不同的子系统指定不同的dhchap密钥、则必须使用config JSON文件。

命令行界面

使用命令行界面设置安全带内身份验证。

1. 获取主机NQN:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

2. 为 RHEL 10.x 主机生成 dhchap 密钥。

以下输出描述了 `gen-dhchap-key` 命令参数:

```
nvme gen-dhchap-key -s optional_secret -l key_length {32|48|64} -m
HMAC_function {0|1|2|3} -n host_nqn
• -s secret key in hexadecimal characters to be used to initialize
the host key
• -l length of the resulting key in bytes
• -m HMAC function to use for key transformation
0 = none, 1= SHA-256, 2 = SHA-384, 3=SHA-512
• -n host NQN to use for key transformation
```

在以下示例中、将生成一个随机dhchap密钥、其中HMAC设置为3 (SHA-512)。

```
nvme gen-dhchap-key -m 3 -n nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0054-5110-8039-c3c04f523034
DHHC-
1:03:AppJHkJygA6ZC4BxyQntJST+4k4IOv47MAJk0xBITwFOHIC2nV/uE04RoSpy1z2
SXYqNWlhbLe9hJ+MDHigGexaG2Ig=:
```

3. 在ONTAP控制器上、添加主机并指定两个dhchap密钥:

```
vserver nvme subsystem host add -vserver <svm_name> -subsystem
<subsystem> -host-nqn <host_nqn> -dhchap-host-secret
<authentication_host_secret> -dhchap-controller-secret
<authentication_controller_secret> -dhchap-hash-function {sha-
256|sha-512} -dhchap-group {none|2048-bit|3072-bit|4096-bit|6144-
bit|8192-bit}
```

4. 主机支持两种类型的身份验证方法: 单向和双向。在主机上、连接到ONTAP控制器并根据所选身份验证方法指定dhchap密钥:

```
nvme connect -t tcp -w <host-traddr> -a <tr-addr> -n <host_nqn> -S
<authentication_host_secret> -C <authentication_controller_secret>
```

5. 验证 nvme connect authentication 命令、验证主机和控制器dhchap密钥:

a. 验证主机dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-subsysX>/nvme*/dhchap_secret
```

显示单向配置的示例输出

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys4/nvme*/dhchap_secret
DHHC-1:01:2G71sg9PMO00h1Wf1g4QtP0XT11kREz0qVuLm2xvZdbaWR/g:
DHHC-1:01:2G71sg9PMO00h1Wf1g4QtP0XT11kREz0qVuLm2xvZdbaWR/g:
DHHC-1:01:2G71sg9PMO00h1Wf1g4QtP0XT11kREz0qVuLm2xvZdbaWR/g:
DHHC-1:01:2G71sg9PMO00h1Wf1g4QtP0XT11kREz0qVuLm2xvZdbaWR/g:
```

b. 验证控制器dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-
subsysX>/nvme*/dhchap_ctrl_secret
```

显示双向配置的示例输出

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys4/nvme*/dhchap_ctrl_secret
DHHC-
1:03:5CgWULVnU5HUOWP1MNg95pkiUAwayiO+IvrALZR8HpeJIHw3xyHdGlTnv
EJ81HDjBb+fGteUgIn0fj8ASHZigkuFIx8=:
DHHC-
1:03:5CgWULVnU5HUOWP1MNg95pkiUAwayiO+IvrALZR8HpeJIHw3xyHdGlTnv
EJ81HDjBb+fGteUgIn0fj8ASHZigkuFIx8=:
DHHC-
1:03:5CgWULVnU5HUOWP1MNg95pkiUAwayiO+IvrALZR8HpeJIHw3xyHdGlTnv
EJ81HDjBb+fGteUgIn0fj8ASHZigkuFIx8=:
DHHC-
1:03:5CgWULVnU5HUOWP1MNg95pkiUAwayiO+IvrALZR8HpeJIHw3xyHdGlTnv
EJ81HDjBb+fGteUgIn0fj8ASHZigkuFIx8=:
```

JSON

当ONTAP控制器上有多个 NVMe 子系统可用时，您可以使用 `/etc/nvme/config.json` 文件与 `nvme connect-all` 命令。

使用 `-o` 选项来生成 JSON 文件。有关更多语法选项，请参阅 NVMe connect-all 手册页。

1. 配置 JSON 文件。



在以下示例中，`dhchap_key` 对应于 `dhchap_secret` 和 `dhchap_ctrl_key` 对应于 `dhchap_ctrl_secret`。

显示示例

```
[
  {
    "hostnqn": "nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0054-
5110-8039-c3c04f523034",
    "hostid": "44454c4c-5400-1051-8039-c3c04f523034",
    "dhchap_key": "DHHC-
1:01:2G7lsg9PM000h1Wf1g4QtP0XT11kREz0qVuLm2xvZdbaWR/g:",
    "subsystems": [
      {
        "nqn": "nqn.1992-
08.com.netapp:sn.5857c8c9b22411f08d0ed039eac03c33:subsystem.Bidi
rectional_DHCP_1_0",
        "ports": [
          {
            "transport": "tcp",
            "traddr": "192.168.20.28",
            "host_traddr": "192.168.20.21",
            "trsvcid": "4420",
            "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:03:5CgWULVnU5HUOwPlMN95pkiUAwayiO+IvrALZR8HpeJIHw3xyHdGlTnvEJ
81HDjBb+fGteUgIn0fj8ASHZlgkuFIx8="
          },
          {
            "transport": "tcp",
            "traddr": "192.168.20.29",
            "host_traddr": "192.168.20.21",
            "trsvcid": "4420",
            "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:03:5CgWULVnU5HUOwPlMN95pkiUAwayiO+IvrALZR8HpeJIHw3xyHdGlTnvEJ
81HDjBb+fGteUgIn0fj8ASHZlgkuFIx8="
          },
          {
            "transport": "tcp",
            "traddr": "192.168.21.28",
            "host_traddr": "192.168.21.21",
            "trsvcid": "4420",
            "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:03:5CgWULVnU5HUOwPlMN95pkiUAwayiO+IvrALZR8HpeJIHw3xyHdGlTnvEJ
81HDjBb+fGteUgIn0fj8ASHZlgkuFIx8="
          },
          {
            "transport": "tcp",
            "traddr": "192.168.21.29",
```

```

        "host_traddr": "192.168.21.21",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:03:5CgWULVnU5HUOWPlMN95pkiUAWayIO+IvrALZR8HpeJIHw3xyHdGlTnvEJ
81HDjBb+fGteUgIn0fj8ASHZigkuFIx8="
    }
  ]
}
]

```

2. 使用config JSON文件连接到ONTAP控制器:

```
nvme connect-all -J /etc/nvme/config.json
```

显示示例

```

traddr=192.168.20.28 is already connected
traddr=192.168.20.28 is already connected
traddr=192.168.20.29 is already connected
traddr=192.168.20.29 is already connected

```

3. 验证每个子系统的相应控制器是否已启用 dhchap 机密。

a. 验证主机dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys4/nvme4/dhchap_secret
```

以下示例显示了 dhchap 密钥:

```
DHHC-1:01:2G7lsg9PMO00h1Wf1g4QtP0XT11kREz0qVuLm2xvZdbaWR/g:
```

b. 验证控制器dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys4/nvme4/dhchap_ctrl_secret
```

您应该看到类似于以下示例的输出:

```
DHHC-  
1:03:5CgWULVnU5HUOWPlMN95pkiUAWayio+IvrALZR8HpeJIHw3xyHdGlTnvEJ81HD  
jBb+fGteUgIn0fj8ASHZigkuFIx8=:
```

第9步：查看已知问题

没有已知问题。

配置 RHEL 9.x 以使用 NVMe-oF 和 ONTAP 存储

Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 主机支持具有非对称命名空间访问 (ANA) 的 NVMe over Fibre Channel (NVMe/FC) 和 NVMe over TCP (NVMe/TCP) 协议。ANA 提供与 iSCSI 和 FCP 环境中的非对称逻辑单元访问 (ALUA) 等效的多路径功能。

了解如何为 RHEL 9.x 配置 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 主机。如需更多支持和功能信息，请参阅 ["RHEL ONTAP 支持和功能"](#)。

NVMe-oF 与 RHEL 9.x 存在以下已知限制：

- 这 `nvme disconnect-all` 该命令会断开根文件系统和数据文件系统，可能会导致系统不稳定。请勿在通过 NVMe-TCP 或 NVMe-FC 命名空间从 SAN 启动的系统上执行此操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以配置主机以使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。使用["互操作性表工具"](#)验证您的 Linux 操作系统、主机总线适配器 (HBA)、HBA 固件、HBA 启动 BIOS 和 ONTAP 版本是否支持 SAN 启动。

步骤

1. ["创建 NVMe 命名空间并将其映射到主机"](#)。
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动命名空间映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动并正在运行。

步骤 2：安装 RHEL 和 NVMe 软件并验证您的配置

要为 NVMe-oF 配置主机，您需要安装主机和 NVMe 软件包，启用多路径，并验证主机 NQN 配置。

步骤

1. 在服务器上安装 RHEL 9.x。安装完成后，请确认您运行的是所需的 RHEL 9.x 内核：

```
uname -r
```

RHEL 内核版本示例：

```
5.14.0-611.5.1.el9_7.x86_64
```

2. 安装 NVMe-CLI 软件包：

```
rpm -qa|grep nvme-cli
```

下面的例子展示了 `nvme-cli` 软件包版本：

```
nvme-cli-2.13-1.el9.x86_64
```

3. 安装 libnvme 软件包：

```
rpm -qa|grep libnvme
```

下面的例子展示了 `libnvme` 软件包版本：

```
libnvme-1.13-1.el9.x86_64
```

4. 在主机上，检查 hostnqn 字符串 /etc/nvme/hostnqn：

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

下面的例子展示了 `hostnqn` 版本：

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-b9c04f425633
```

5. 在ONTAP系统中，验证以下信息：`hostnqn`字符串匹配`hostnqn`ONTAP存储系统中相应子系统的字符串：

```
::> vserver nvme subsystem host show -vserver vs_188
```

显示示例

```
Vserver Subsystem Priority Host NQN
-----
vs_188  Nvme1
              regular  nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-b9c04f425633
              Nvme10
              regular  nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-b9c04f425633
              Nvme11
              regular  nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-b9c04f425633
              Nvme12
              regular  nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-b9c04f425633
48 entries were displayed.
```



如果 `hostnqn` 字符串不匹配，请使用 `vserver modify` 命令来更新 `hostnqn` 相应ONTAP存储系统子系统上的字符串以匹配 `hostnqn` 字符串来自 `/etc/nvme/hostnqn` 在主机上。

步骤 3: 配置 NVMe/FC 和 NVMe/TCP

使用 Broadcom/Emulex 或 Marvell/QLogic 适配器配置 NVMe/FC，或使用手动发现和连接操作配置 NVMe/TCP。

NVMe/FC - 博通/Emulex

为Broadcom/Emulex适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器型号是否受支持：

a. 显示模型名称：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

您应看到以下输出：

```
LPe36002-M64  
LPe36002-M64
```

b. 显示模型描述：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

您应该看到类似于以下示例的输出：

```
Emulex LightPulse LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LightPulse LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter
```

2. 确认您使用的是建议的Broadcom lpfc 固件和内置驱动程序：

a. 显示固件版本：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

该命令返回固件版本：

```
14.4.393.53, sli-4:6:d  
14.4.393.53, sli-4:6:d
```

b. 显示收件箱驱动程序版本：

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

以下示例显示了驱动程序版本：

```
0:14.4.0.9
```

有关支持的适配器驱动程序和固件版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

3. 请验证 `lpfc_enable_fc4_type` 设置为 3:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

4. 验证是否可以查看启动程序端口:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

以下示例显示端口标识:

```
0x100000109bf044b1  
0x100000109bf044b2
```

5. 验证启动程序端口是否联机:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

您应看到以下输出:

```
Online  
Online
```

6. 验证NVMe/FC启动程序端口是否已启用且目标端口是否可见:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

```

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x100000109b954518 WWNN x200000109b954518
DID x020700 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2022d039eaa7dfc8 WWNN x201fd039eaa7dfc8
DID x020b03 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2023d039eaa7dfc8 WWNN x201fd039eaa7dfc8
DID x020103 TARGET DISCSRVC ONLINE

```

```

NVME Statistics
LS: Xmt 0000000548 Cmpl 0000000548 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 00000000000001a68 Issue 00000000000001a68 OutIO
0000000000000000
          abort 00000000 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000000 Err 00000000

```

```

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x100000109b954519 WWNN x200000109b954519
DID x020500 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2027d039eaa7dfc8 WWNN x2025d039eaa7dfc8
DID x020b01 TARGET DISCSRVC ONLINE

```

```

NVME Statistics
LS: Xmt 00000005ab Cmpl 00000005ab Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 00000000000086ce1 Issue 00000000000086ce2 OutIO
0000000000000001
          abort 0000009c noxri 00000000 nondlp 00000002 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 000000b8 Err 000000b8

```

```

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc2 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc2 WWPN x100000109bf044b1 WWNN x200000109bf044b1
DID x022a00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2027d039eaa7dfc8 WWNN x2025d039eaa7dfc8
DID x020b01 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2011d039eaa7dfc8 WWNN x200fd039eaa7dfc8
DID x020b02 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2002d039eaa7dfc8 WWNN x2000d039eaa7dfc8
DID x020b05 TARGET DISCSRVC ONLINE

```

```

NVME RPORT          WWPN x2026d039eaa7dfc8 WWNN x2025d039eaa7dfc8
DID x021301 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2010d039eaa7dfc8 WWNN x200fd039eaa7dfc8
DID x021302 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2001d039eaa7dfc8 WWNN x2000d039eaa7dfc8
DID x021305 TARGET DISCSRV ONLINE

```

NVME Statistics

```

LS: Xmt 000000c186 Cmpl 000000c186 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 00000000c348ca37 Issue 00000000c3344057 OutIO
ffffffffffffeb7620
          abort 0000815b noxri 000018b5 nondlp 00000116 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 0000915b Err 000c6091

```

NVME Initiator Enabled

```

XRI Dist lpfc3 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc3 WWPN x100000109bf044b2 WWNN x200000109bf044b2
DID x021b00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2028d039eaa7dfc8 WWNN x2025d039eaa7dfc8
DID x020101 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2012d039eaa7dfc8 WWNN x200fd039eaa7dfc8
DID x020102 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2003d039eaa7dfc8 WWNN x2000d039eaa7dfc8
DID x020105 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2029d039eaa7dfc8 WWNN x2025d039eaa7dfc8
DID x022901 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2013d039eaa7dfc8 WWNN x200fd039eaa7dfc8
DID x022902 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2004d039eaa7dfc8 WWNN x2000d039eaa7dfc8
DID x022905 TARGET DISCSRV ONLINE

```

NVME Statistics

```

LS: Xmt 000000c186 Cmpl 000000c186 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 00000000b5761af5 Issue 00000000b564b55e OutIO
ffffffffffffee9a69
          abort 000083d7 noxri 000016ea nondlp 00000195 qdepth
00000000 wqerr 00000002 err 00000000
FCP CMPL: xb 000094a4 Err 000c22e7

```

NVMe/FC - Marvell/QLogic

为Marvell/QLogic适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器驱动程序和固件版本是否受支持：

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

以下示例显示了驱动程序和固件版本：

```
QLE2872 FW:v9.15.06 DVR:v10.02.09.400-k  
QLE2872 FW:v9.15.06 DVR:v10.02.09.400-k
```

2. 请验证 `ql2xnvmeenable` 已设置。这样、Marvell适配器便可用作NVMe/FC启动程序：

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

预期输出为1。

NVMe/TCP

NVMe/TCP 协议不支持自动连接操作。相反，您可以通过执行 NVMe/TCP 来发现 NVMe/TCP 子系统和命名空间 `connect` 或者 `connect-all` 手动操作。

1. 检查启动器端口是否可以跨支持的 NVMe/TCP LIF 获取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.30.15 -a 192.168.30.48

Discovery Log Number of Records 8, Generation counter 18
=====Discovery Log Entry 0=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 8
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.51a3c9846e0c11f08f5dd039eaa7dfc9:discovery
traddr: 192.168.31.49
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 1=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 7
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.51a3c9846e0c11f08f5dd039eaa7dfc9:discovery
traddr: 192.168.31.48
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 2=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 6
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.51a3c9846e0c11f08f5dd039eaa7dfc9:discovery
traddr: 192.168.30.49
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 3=====
```

```

trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 5
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.51a3c9846e0c11f08f5dd039eaa7dfc9:discovery
traddr: 192.168.30.48
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 4=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 8
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.51a3c9846e0c11f08f5dd039eaa7dfc9:subsystem.Nvme
38
traddr: 192.168.31.49
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 5=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 7
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.51a3c9846e0c11f08f5dd039eaa7dfc9:subsystem.Nvme
38
traddr: 192.168.31.48
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 6=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 6
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-

```

```

08.com.netapp:sn.51a3c9846e0c11f08f5dd039eaa7dfc9:subsystem.Nvme
38
traddr: 192.168.30.49
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 5
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.51a3c9846e0c11f08f5dd039eaa7dfc9:subsystem.Nvme
38
traddr: 192.168.30.48
eflags: none
sectype: none

```

2. 验证其他 NVMe/TCP 启动器-目标 LIF 组合是否可以成功检索发现日志页面数据:

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```

nvme discover -t tcp -w 192.168.30.15 -a 192.168.30.48
nvme discover -t tcp -w 192.168.30.15 -a 192.168.30.49
nvme discover -t tcp -w 192.168.31.15 -a 192.168.31.48
nvme discover -t tcp -w 192.168.31.15 -a 192.168.31.49

```

3. 运行 nvme connect-all 在节点中所有受支持的NVMe/TCP启动程序-目标SIP上运行命令:

```
nvme connect-all -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.30.15 -a 192.168.30.48
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.30.15 -a
192.168.30.49
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.31.15 -a
192.168.31.48
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.31.15 -a
192.168.31.49
```

从 RHEL 9.4 开始，NVMe/TCP 的设置 `ctrl_loss_tmo timeout` 自动设置为“关闭”。因此：

- 重试次数没有限制（无限重试）。
- 您不需要手动配置特定的 `ctrl_loss_tmo timeout` 使用时长 `nvme connect` 或者 `nvme connect-all` 命令（选项 `-l`）。
- 如果发生路径故障，NVMe/TCP 控制器不会超时，并且会无限期地保持连接。

步骤 4：（可选）修改 udev 规则中的 iopolicy

RHEL 9.6 将 NVMe-oF 的默认 iopolicy 设置为 `round-robin`。如果您使用的是 RHEL 9.6 并且想要更改 iopolicy，请执行以下操作：`queue-depth` 修改 udev 规则文件如下：

步骤

1. 使用 root 权限在文本编辑器中打开 udev 规则文件：

```
/usr/lib/udev/rules.d/71-nvmf-netapp.rules
```

您应看到以下输出：

```
vi /usr/lib/udev/rules.d/71-nvmf-netapp.rules
```

2. 找到为 NetApp ONTAP 控制器设置 iopolicy 的行，如下例所示：

```
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{subsysstype}=="nvm",
ATTR{model}=="NetApp ONTAP Controller", ATTR{iopolicy}="round-robin"
```

3. 修改规则，以便 `round-robin` 变成 `queue-depth`：

```
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{subsystemtype}=="nvm",  
ATTR{model}=="NetApp ONTAP Controller", ATTR{iopolicy}="queue-depth"
```

4. 重新加载udev规则并应用更改：

```
udevadm control --reload  
udevadm trigger --subsystem-match=nvme-subsystem
```

5. 请检查子系统的当前 I/O 策略。例如，替换<子系统> nvme-subsys0。

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<subsystem>/iopolicy
```

您应看到以下输出：

```
queue-depth.
```



新的 iopolicy 会自动应用于匹配的NetApp ONTAP控制器设备。您无需重启。

步骤 5：可选，启用 **NVMe/FC** 的 **1MB I/O**。

ONTAP在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求，您应该增加 `lpfc` 的值 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数设置为256：

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `dracut -f` 命令并重新启动主机。

3. 验证的值是否 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 为256：

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

步骤 6: 验证 NVMe 启动服务

这 `nvme-fc-boot-connections.service` 和 `nvme-fc-autoconnect.service` NVMe/FC 中包含的启动服务 `nvme-cli` 系统启动时, 软件包会自动启用。

启动完成后, 验证 `nvme-fc-boot-connections.service` 和 `nvme-fc-autoconnect.service` 启动服务已启用。

步骤

1. 验证是否 `nvme-fc-autoconnect.service` 已启用:

```
systemctl status nvme-fc-autoconnect.service
```

显示示例输出

```
nvme-fc-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot
      Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvme-fc-
autoconnect.service; enabled; preset: disabled)

Active: inactive (dead) since Wed 2025-10-29 00:42:03 EDT; 6h ago
Main PID: 8487 (code=exited, status=0/SUCCESS) CPU: 66ms

Oct 29 00:42:03 R650-14-188 systemd[1]: Starting Connect NVMe-oF
subsystems automatically during boot...
Oct 29 00:42:03 R650-14-188 systemd[1]: nvme-fc-autoconnect.service:
Deactivated successfully.
Oct 29 00:42:03 R650-14-188 systemd[1]: Finished Connect NVMe-oF
subsystems automatically during boot.
```

2. 验证是否 `nvme-fc-boot-connections.service` 已启用:

```
systemctl status nvme-fc-boot-connections.service
```

显示示例输出

```
nvmeofc-boot-connections.service - Auto-connect to subsystems on FC-
NVME devices found during boot
    Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvmeofc-boot-
connections.service; enabled; preset:enabled)
    Active: inactive (dead) since Wed 2025-10-29 00:41:51 EDT; 6h
ago
    Main PID: 4652 (code=exited, status=0/SUCCESS)
    CPU: 13ms

Oct 29 00:41:51 R650-14-188 systemd[1]: Starting Auto-connect to
subsystems on FC-NVME devices found during boot... Oct 29 00:41:51
R650-14-188 systemd[1]: nvmeofc-boot-connections.service: Deactivated
successfully. Oct 29 00:41:51 R650-14-188 systemd[1]: Finished
Auto-connect to subsystems on FC-NVME devices found during boot
```

步骤 7: 验证多路径配置

验证内核NVMe多路径状态、ANA状态和ONTAP命名空间是否适用于NVMe-oF配置。

步骤

1. 验证是否已启用内核NVMe多路径:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

您应看到以下输出:

```
Y
```

2. 验证主机上是否正确显示了相应ONTAP命名空间的 NVMe-oF 设置 (例如, 型号设置为NetApp ONTAP Controller, 负载均衡 iopolicy 设置为 round-robin) :

- a. 显示子系统:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

您应看到以下输出:

```
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

b. 显示策略：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

您应看到以下输出：

```
queue-depth
queue-depth
```

3. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间：

```
nvme list
```

显示示例

Node		Generic	SN
Model			

/dev/nvme100n1	/dev/ng100n1	81LJCJYaKOHhAAAAAAaf	NetApp ONTAP
Controller			
Namespace Usage	Format	FW	Rev

0x1	1.19 GB /	5.37 GB 4 KiB + 0 B	9.18.1

4. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态：

NVMe/FC

```
nvme list-subsys /dev/nvme100n1
```

显示示例

```
nvme-subsys4 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.3623e199617311f09257d039eaa7dfc9:subsystem.Nvme
31
                hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:
4c4c4544-0056-5410-8048-b9c04f42563
                \
+- nvme199 fc   traddr=nn-0x200fd039eaa7dfc8:pn-
0x2010d039eaa7dfc8,host_traddr=nn-0x200000109bf044b1:pn-
0x100000109bf044b1 live optimized
+- nvme246 fc   traddr=nn-0x200fd039eaa7dfc8:pn-
0x2011d039eaa7dfc8,host_traddr=nn-0x200000109bf044b1:pn-
0x100000109bf044b1 live non-optimized
+- nvme249 fc   traddr=nn-0x200fd039eaa7dfc8:pn-
0x2013d039eaa7dfc8,host_traddr=nn-0x200000109bf044b2:pn-
0x100000109bf044b2 live optimized
+- nvme251 fc   traddr=nn-0x200fd039eaa7dfc8:pn-
0x2012d039eaa7dfc8,host_traddr=nn-0x200000109bf044b2:pn-
0x100000109bf044b2 live non-optimized
```

NVMe/TCP

```
nvme list-subsys /dev/nvme0n1
```

显示示例

```
nvme-subsys0 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.51a3c9846e0c11f08f5dd039eaa7dfc9:subsystem.Nvme
1
hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-
b5c04f444d33
\
+- nvme0 tcp
traddr=192.168.30.48,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.30.15,
src_addr=192.168.30.15 live optimized
+- nvme1 tcp
traddr=192.168.30.49,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.30.15,
src_addr=192.168.30.15 live non-optimized
+- nvme2 tcp
traddr=192.168.31.48,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.31.15,
src_addr=192.168.31.15 live optimized
+- nvme3 tcp
traddr=192.168.31.49,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.31.15,
src_addr=192.168.31.15 live non-optimized
```

5. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值:

列

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

显示示例

Device NSID	Vserver	Subsystem	Namespace Path
----- ----	-----	-----	-----
/dev/nvme0n1 1	vs_iscsi_tcp	Nvme1	/vol/Nvmevol1/ns1
UUID		Size	
-----		-----	
d8efef7d-4dde-447f-b50e-b2c009298c66		26.84GB	

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

显示示例

```
{
  "ONTAPdevices":[
    {
      "Device":"/dev/nvme0n1",
      "Vserver":"vs_iscsi_tcp",
      "Subsystem":"Nvme1",
      "Namespace_Path":"/vol/Nvmevol1/ns1",
      "NSID":1,
      "UUID":"d8efef7d-4dde-447f-b50e-b2c009298c66",
      "LBA_Size":4096,
      "Namespace_Size":26843545600,
    },
  ]
}
```

步骤 8：设置安全带内身份验证

支持通过 NVMe/TCP 在 RHEL 9.x 主机和ONTAP控制器之间进行安全的带内身份验证。

每个主机或控制器必须与一个 `DH-HMAC-CHAP` 密钥来设置安全身份验证。`DH-HMAC-CHAP` 密钥是 NVMe 主机或控制器的 NQN 与管理员配置的身份验证密钥的组合。要对其对等方进行身份验证、NVMe 主机或控制器必须识别与对等方关联的密钥。

使用 CLI 或配置 JSON 文件设置安全带内身份验证。如果需要为不同的子系统指定不同的 dhchap 密钥、则必须使用 config JSON 文件。

命令行界面

使用命令行界面设置安全带内身份验证。

1. 获取主机NQN:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

2. 为 RHEL 9.x 主机生成 dhchap 密钥。

以下输出描述了 `gen-dhchap-key` 命令参数:

```
nvme gen-dhchap-key -s optional_secret -l key_length {32|48|64} -m
HMAC_function {0|1|2|3} -n host_nqn
• -s secret key in hexadecimal characters to be used to initialize
the host key
• -l length of the resulting key in bytes
• -m HMAC function to use for key transformation
0 = none, 1= SHA-256, 2 = SHA-384, 3=SHA-512
• -n host NQN to use for key transformation
```

在以下示例中、将生成一个随机dhchap密钥、其中HMAC设置为3 (SHA-512)。

```
nvme gen-dhchap-key -m 3 -n nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:e6dade64-216d-11ec-b7bb-7ed30a5482c3
DHHC-
1:03:wSpuuKbBHTzC0W9JZxMBSYd9JFV8Si9aDh22k2BR/4m852vH7KGlrJeMpzhmyjD
W0o0PJJM6yZsTeEpGkDHMHQ255+g=:
```

3. 在ONTAP控制器上、添加主机并指定两个dhchap密钥:

```
vserver nvme subsystem host add -vserver <svm_name> -subsystem
<subsystem> -host-nqn <host_nqn> -dhchap-host-secret
<authentication_host_secret> -dhchap-controller-secret
<authentication_controller_secret> -dhchap-hash-function {sha-
256|sha-512} -dhchap-group {none|2048-bit|3072-bit|4096-bit|6144-
bit|8192-bit}
```

4. 主机支持两种类型的身份验证方法: 单向和双向。在主机上、连接到ONTAP控制器并根据所选身份验证方法指定dhchap密钥:

```
nvme connect -t tcp -w <host-traddr> -a <tr-addr> -n <host_nqn> -S
<authentication_host_secret> -C <authentication_controller_secret>
```

5. 验证 nvme connect authentication 命令、验证主机和控制器dhchap密钥:

a. 验证主机dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-subsysX>/nvme*/dhchap_secret
```

显示单向配置的示例输出

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys1/nvme*/dhchap_secret
DHHC-1:01:hhdIYK7rGxHiNYS4d421GxHeDRUAuY0vmdqCp/NOaYND2PSc:
DHHC-1:01:hhdIYK7rGxHiNYS4d421GxHeDRUAuY0vmdqCp/NOaYND2PSc:
DHHC-1:01:hhdIYK7rGxHiNYS4d421GxHeDRUAuY0vmdqCp/NOaYND2PSc:
DHHC-1:01:hhdIYK7rGxHiNYS4d421GxHeDRUAuY0vmdqCp/NOaYND2PSc:
```

b. 验证控制器dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-
subsysX>/nvme*/dhchap_ctrl_secret
```

显示双向配置的示例输出

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys*/nvme*/dhchap_ctrl_secret

DHHC-
1:03:ZCRrP9MQOeXhFitT7Fvvf/3P6K/qY1HfSmSfM8nLjESJdOjbjK/J6m00y
gJgjm0VrRlgrnHzjtWJmsnoVBO3rPDGEk=:
DHHC-
1:03:ZCRrP9MQOeXhFitT7Fvvf/3P6K/qY1HfSmSfM8nLjESJdOjbjK/J6m00y
gJgjm0VrRlgrnHzjtWJmsnoVBO3rPDGEk=:
DHHC-
1:03:ZCRrP9MQOeXhFitT7Fvvf/3P6K/qY1HfSmSfM8nLjESJdOjbjK/J6m00y
gJgjm0VrRlgrnHzjtWJmsnoVBO3rPDGEk=:
DHHC-
1:03:ZCRrP9MQOeXhFitT7Fvvf/3P6K/qY1HfSmSfM8nLjESJdOjbjK/J6m00y
gJgjm0VrRlgrnHzjtWJmsnoVBO3rPDGEk=:
```

JSON

当ONTAP控制器上有多个 NVMe 子系统可用时，您可以使用 `/etc/nvme/config.json` 文件与 `nvme connect-all` 命令。

使用 `-o` 选项来生成 JSON 文件。有关更多语法选项，请参阅 NVMe connect-all 手册页。

1. 配置 JSON 文件。



在以下示例中，`dhchap_key` 对应于 `dhchap_secret` 和 `dhchap_ctrl_key` 对应于 `dhchap_ctrl_secret`。

显示示例

```
cat /etc/nvme/config.json
[
{
  "hostnqn":"nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-
804b-b5c04f444d33",
  "hostid":"4c4c4544-0035-5910-804b-b5c04f444d33",
  "dhchap_key":"DHHC-
1:01:GhgaLS+0h0W/IxKhSa0iaMHg17SOHRTzBduPzoJ6LKEJs3/f:",
  "subsystems":[
    {
      "nqn":"nqn.1992-
08.com.netapp:sn.2c0c80d9873a11f0bc60d039eab6cb6d:subsystem.istp
MNTC_subsys",
      "ports":[
        {
          "transport":"tcp",
          "traddr":"192.168.30.44",
          "host_traddr":"192.168.30.15",
          "trsvcid":"4420",
          "dhchap_ctrl_key":"DHHC-
1:03:GaraCO84o/uM0jF4rKJlgTy22bVoV0dRn1M+9QDfQRNVwJDHfPu2LrK5Y+/
XG8iGcRtBCdm3
fYm3ZmO6NiepCORoY5Q=:"
        },
        {
          "transport":"tcp",
          "traddr":"192.168.30.45"
          "host_traddr":"192.168.30.15",
          "trsvcid":"4420",
          "dhchap_ctrl_key":"DHHC-
1:03:GaraCO84o/uM0jF4rKJlgTy22bVoV0dRn1M+9QDfQRNVwJDHfPu2LrK5Y+/
XG8iGcRtBCdm3
fYm3ZmO6NiepCORoY5Q=:"
        },
        {
          "transport":"tcp",
          "traddr":"192.168.31.44",
          "host_traddr":"192.168.31.15",
          "trsvcid":"4420",
          "dhchap_ctrl_key":"DHHC-
1:03:
GaraCO84o/uM0jF4rKJlgTy22bVoV0dRn1M+9QDfQRNVwJDHfPu2LrK5Y+/XG8iG
c
```

```

RtBCdm3fYm3ZmO6NiepCORoY5Q=: "
    {
        "transport": "tcp",
        "traddr": "192.168.31.45",
        "host_traddr": "192.168.31.15",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:03:
GaraCO84o/uM0jF4rKJlgTy22bVoV0dRn1M+9QDfQRNVwJDHfPu2LrK5Y+/XG8iG
cRtBCdm3fYm3ZmO6NiepCORoY5Q=: "
    }
]
}
]

```

2. 使用config JSON文件连接到ONTAP控制器:

```
nvme connect-all -J /etc/nvme/config.json
```

显示示例

```

already connected to hostnqn=nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-
b5c04f444d33,nqn=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.2c0c80d9873a11f0bc60d039eab6cb6d:subsystem.istp
MNTC_subsys,transport=tcp,traddr=192.168.30.44,trsvcid=4420
already connected to hostnqn=nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-
b5c04f444d33,nqn=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.2c0c80d9873a11f0bc60d039eab6cb6d:subsystem.istp
MNTC_subsys,transport=tcp,traddr=192.168.31.44,trsvcid=4420
already connected to hostnqn=nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-
b5c04f444d33,nqn=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.2c0c80d9873a11f0bc60d039eab6cb6d:subsystem.istp
MNTC_subsys,transport=tcp,traddr=192.168.30.45,trsvcid=4420
already connected to hostnqn=nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-
b5c04f444d33,nqn=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.2c0c80d9873a11f0bc60d039eab6cb6d:subsystem.istp
MNTC_subsys,transport=tcp,traddr=192.168.31.45,trsvcid=4420

```

3. 验证是否已为每个子系统的相应控制器启用dhchap密码：

a. 验证主机dhchap密钥：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys96/nvme96/dhchap_secret
```

以下示例显示了 dhchap 密钥：

```
DHHC-1:01:hhdIYK7rGxHiNYS4d421GxHeDRUAuY0vmdqCp/NOaYND2PSc:
```

b. 验证控制器dhchap密钥：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys96/nvme96/dhchap_ctrl_secret
```

您应该看到类似于以下示例的输出：

```
DHHC-  
1:03:ZCRrP9MQOeXhFitT7Fvvf/3P6K/qY1HfSmSfM8nLjESJdOjbjK/J6m00ygJgjm0  
VrRlrgnrnHzjtWJmsnoVBO3rPDGEk=:
```

第9步：查看已知问题

这些是已知问题：

NetApp 错误 ID	标题	Description
1503468	在 RHEL 9.1 中，`nvme list-subsys`该命令返回给定子系统的重复 NVMe 控制器列表	这 `nvme list-subsys`命令返回给定子系统的 NVMe 控制器列表。在 RHEL 9.1 中，此命令显示子系统中所有命名空间的控制器及其 ANA 状态。由于 ANA 状态是每个命名空间的属性，因此该命令应显示具有每个命名空间的路径状态的唯一控制器条目。
"1479047"	RHEL 9.0 NVMe-oF 主机创建重复的持久发现控制器 (PDC)	在 NVMe-oF 主机上，您可以使用 <code>nvme discover -p</code> 命令创建 PDC。使用此命令时，每个发起方-目标组合只能创建一个 PDC。但是，如果您在 NVMe-oF 主机上运行 ONTAP 9.10.1 和 RHEL 9.0，则每次执行 <code>nvme discover -p</code> 时都会创建一个重复的 PDC。这会导致主机和目标设备上资源的不必要消耗。

配置 RHEL 8.x 以使用 NVMe-oF 和ONTAP存储

Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 主机支持具有非对称命名空间访问 (ANA) 的 NVMe over Fibre Channel (NVMe/FC) 和 NVMe over TCP (NVMe/TCP) 协议。ANA 提供与 iSCSI 和 FCP 环境中的非对称逻辑单元访问 (ALUA) 等效的多路径功能。

了解如何为 RHEL 8.x 配置 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 主机。如需更多支持和功能信息，请参阅 ["RHEL ONTAP支持和功能"](#)。

NVMe-oF 与 RHEL 8.x 存在以下已知限制：

- 目前不支持使用 NVMe-oF 协议的 SAN 启动。
- 在 RHEL 8.x 的 NVMe-oF 主机上，内核内 NVMe 多路径默认处于禁用状态；您必须手动启用它。
- 由于已知问题，NVMe/TCP 可作为技术预览使用。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以配置主机以使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。使用["互操作性表工具"](#)验证您的 Linux 操作系统、主机总线适配器 (HBA)、HBA 固件、HBA 启动 BIOS 和ONTAP版本是否支持 SAN 启动。

步骤

1. ["创建 NVMe 命名空间并将其映射到主机"](#)。
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动命名空间映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动并正在运行。

步骤 2：安装 RHEL 和 NVMe 软件并验证您的配置

要为 NVMe-oF 配置主机，您需要安装主机和 NVMe 软件包，启用多路径，并验证主机 NQN 配置。

步骤

1. 在服务器上安装 RHEL 8.x。安装完成后，请确认您运行的是所需的 RHEL 8.x 内核：

```
uname -r
```

RHEL 内核版本示例：

```
4.18.0-553.el8_10.x86_64
```

2. 安装 NVMe-CLI 软件包：

```
rpm -qa | grep nvme-cli
```

以下示例显示了 nvme-cli 软件包版本：

```
nvme-cli-1.16-9.el8.x86_64
```

3. 安装 libnvme 软件包：

```
rpm -qa|grep libnvme
```

以下示例显示了 libnvme 软件包版本：

```
libnvme-1.4-3.el8.x86_64
```

4. 启用内核 NVMe 多路径。

```
grubby --args=nvme_core.multipath=Y --update-kernel /boot/vmlinuz-4.18.0-553.el8_10.x86_64
```

5. 在 RHEL 8.x 主机上，检查 hostnqn 字符串 `/etc/nvme/hostnqn`：

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

下面的例子展示了 `'hostnqn'` 版本：

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0032-3410-8035-b8c04f4c5132
```

6. 在 ONTAP 系统中，验证以下信息：`'hostnqn'` 字符串匹配 `'hostnqn'` ONTAP 存储系统中相应子系统的字符串：

```
::> vservers nvme subsystem host show -vservers vs_fc_nvme_141
```

显示示例

Vserver	Subsystem	Host NQN
vs_25_2742	rhel_101_QLe2772	nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:546399fc-160f-11e5-89aa-98be942440ca



如果 `hostnqn` 字符串不匹配，请使用 `vserver modify` 命令来更新 `hostnqn` 相应ONTAP存储系统子系统上的字符串以匹配 `hostnqn` 字符串来自 `/etc/nvme/hostnqn` 在主机上。

7. 重新启动主机。

为了在同一主机上运行 NVMe 和 SCSI 流量，NetApp建议对ONTAP命名空间使用内核 NVMe 多路径，对ONTAP LUN 使用 dm-multipath。为了防止 dm-multipath 声明ONTAP命名空间设备，请通过添加 `enable\_foreign` 设置为 `/etc/multipath.conf` 文件：



```
cat /etc/multipath.conf
defaults {
    enable_foreign    NONE
}
```

步骤 3：配置 NVMe/FC 和 NVMe/TCP

使用 Broadcom/Emulex 或 Marvell/QLogic 适配器配置 NVMe/FC，或使用手动发现和连接操作配置 NVMe/TCP。

NVMe/FC - 博通/Emulex

为Broadcom/Emulex适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器型号是否受支持：

a. 显示模型名称：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

您应看到以下输出：

```
LPe32002-M2  
LPe32002-M2
```

b. 显示模型描述：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

您应该看到类似于以下示例的输出：

```
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LightPulse LPe32002-M2 2-Port 32Gb Fibre Channel Adapter
```

2. 确认您使用的是建议的Broadcom lpfc 固件和内置驱动程序：

a. 显示固件版本：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

该命令返回固件版本：

```
14.2.539.21, sli-4:2:c  
14.2.539.21, sli-4:2:c
```

b. 显示收件箱驱动程序版本：

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

以下示例显示了驱动程序版本：

```
0:14.0.0.21
```

有关支持的适配器驱动程序和固件版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

3. 请验证 `lpfc_enable_fc4_type` 设置为 3:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

4. 验证是否可以查看启动程序端口:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

您应该看到类似以下内容的输出:

```
0x10000090fae0ec88  
0x10000090fae0ec89
```

5. 验证启动程序端口是否联机:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

您应看到以下输出:

```
Online  
Online
```

6. 验证NVMe/FC启动程序端口是否已启用且目标端口是否可见:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

显示示例

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x100000109bf044b1 WWNN x200000109bf044b1
DID x022a00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x211ad039eaa7dfc8 WWNN x2119d039eaa7dfc8
DID x021302 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x211cd039eaa7dfc8 WWNN x2119d039eaa7dfc8
DID x020b02 TARGET DISCSRVC ONLINE
```

```
NVME Statistics
LS: Xmt 00000001ff Cmpl 00000001ff Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 0000000001330ec7 Issue 0000000001330ec9 OutIO
00000000000000002
          abort 00000330 noxri 00000000 nondlp 0000000b qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000354 Err 00000361
```

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x100000109bf044b2 WWNN x200000109bf044b2
DID x021b00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x211bd039eaa7dfc8 WWNN x2119d039eaa7dfc8
DID x022902 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x211dd039eaa7dfc8 WWNN x2119d039eaa7dfc8
DID x020102 TARGET DISCSRVC ONLINE
```

```
NVME Statistics
LS: Xmt 00000001ff Cmpl 00000001ff Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 00000000012ec220 Issue 00000000012ec222 OutIO
00000000000000002
          abort 0000033b noxri 00000000 nondlp 00000085 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000368 Err 00000382
```

NVMe/FC - Marvell/QLogic

为Marvell/QLogic适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器驱动程序和固件版本是否受支持：

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

以下示例显示了驱动程序和固件版本：

```
QLE2742 FW: v9.10.11 DVR: v10.02.08.200-k  
QLE2742 FW: v9.10.11 DVR: v10.02.08.200-k
```

2. 请验证 `ql2xnvmeenable` 已设置。这样、Marvell适配器便可用作NVMe/FC启动程序：

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

预期输出为1。

NVMe/TCP

NVMe/TCP 协议不支持自动连接操作。相反，您可以通过执行 NVMe/TCP 来发现 NVMe/TCP 子系统和命名空间 `connect` 或者 `connect-all` 手动操作。

1. 检查启动器端口是否可以跨支持的 NVMe/TCP LIF 获取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.2.31 -a 192.168.2.25

Discovery Log Number of Records 8, Generation counter 18
=====Discovery Log Entry 0=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: unrecognized
treql: not specified.
portid: 0
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.alb2b785b9de11ee8e7fd039ea9e8ae9:discovery
traddr: 192.168.1.25
sectype: none
=====Discovery Log Entry 1=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: unrecognized
treql: not specified.
portid: 1
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.alb2b785b9de11ee8e7fd039ea9e8ae9:discovery
traddr: 192.168.2.26
sectype: none
```

2. 验证其他NVMe/TCP启动程序-目标LIF组合是否可以成功提取发现日志页面数据:

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.2.31 -a 192.168.2.25
nvme discover -t tcp -w 192.168.1.31 -a 192.168.1.24
nvme discover -t tcp -w 192.168.2.31 -a 192.168.2.26
nvme discover -t tcp -w 192.168.1.31 -a 192.168.1.25
```

3. 运行 nvme connect-all 在节点中所有受支持的NVMe/TCP启动程序-目标SIP上运行命令:

```
nvme connect-all -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.2.31 -a 192.168.2.25 -l 1800
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.1.31 -a 192.168.1.24 -l 1800
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.2.31 -a 192.168.2.26 -l 1800
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.1.31 -a 192.168.1.25 -l 1800
```

步骤 4: (可选) 为 NVMe/FC 启用 1MB I/O

ONTAP在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求, 您应该增加 `lpfc` 的价值 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数设置为256:

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出:

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `dracut -f` 命令并重新启动主机。
3. 验证的值是否 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 为256:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

步骤 5: 验证多路径配置

验证内核NVMe多路径状态、ANA状态和ONTAP命名空间是否适用于NVMe-oF配置。

步骤

1. 验证是否已启用内核NVMe多路径:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

您应看到以下输出：

```
Y
```

2. 验证相应ONTAP命名库的适当NVMe-oF设置(例如、型号设置为NetApp ONTAP控制器、负载平衡iopolicy设置为循环)是否正确反映在主机上：

- a. 显示子系统：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

您应看到以下输出：

```
NetApp ONTAP Controller  
NetApp ONTAP Controller
```

- b. 显示策略：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

您应看到以下输出：

```
round-robin  
round-robin
```

3. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间：

```
nvme list
```

显示示例

Node	SN	Model	

/dev/nvme4n1	81Ix2BVuekWcAAAAAAB	NetApp ONTAP Controller	
Namespace Usage	Format	FW	Rev

1	21.47 GB / 21.47 GB	4 KiB + 0 B	FFFFFFFF

4. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态：

```
nvme list-subsys /dev/nvme0n1
```

展示 NVMe/FC 示例

```
nvme-subsys0 - NQN=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0cd9ee0dc0ec11ee8e7fd039ea9e8ae9:subsystem.nvme
\
+- nvme1 fc traddr=nn-0x2005d039eaa7dfc8:pn-0x2086d039eaa7dfc8
host_traddr=nn-0x20000024ff752e6d:pn-0x21000024ff752e6d live non-
optimized
+- nvme2 fc traddr=nn-0x2005d039eaa7dfc8:pn-0x2016d039eaa7dfc8
host_traddr=nn-0x20000024ff752e6c:pn-0x21000024ff752e6c live
optimized
+- nvme3 fc traddr=nn-0x2005d039eaa7dfc8:pn-0x2081d039eaa7dfc8
host_traddr=nn-0x20000024ff752e6c:pn-0x21000024ff752e6c live non-
optimized
+- nvme4 fc traddr=nn-0x2005d039eaa7dfc8:pn-0x2087d039eaa7dfc8
host_traddr=nn-0x20000024ff752e6d:pn-0x21000024ff752e6d live
optimized
```

展示 NVMe/TCP 示例

```
nvme-subsys0 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.a1b2b785b9de11ee8e7fd039ea9e8ae9:subsystem.nvme_tcp_1
\
+- nvme0 tcp traddr=192.168.2.26 trsvcid=4420
host_traddr=192.168.2.31 live non-optimized
+- nvme1 tcp traddr=192.168.2.25 trsvcid=4420
host_traddr=192.168.2.31 live optimized
+- nvme2 tcp traddr=192.168.1.25 trsvcid=4420
host_traddr=192.168.1.31 live non-optimized
+- nvme3 tcp traddr=192.168.1.24 trsvcid=4420
host_traddr=192.168.1.31 live optimized
```

5. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间：

```
nvme list
```

显示示例

Node	SN	Model		

/dev/nvme4n1	81Ix2BVuekWcAAAAAAB	NetApp ONTAP Controller		
Namespace	Usage	Format	FW	Rev

1		21.47 GB / 21.47 GB	4 KiB + 0 B	FFFFFFFF

6. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值：

列

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

显示示例

Device	Vserver	Namespace Path
/dev/nvme0n1	tcpiscsi_129	/vol/tcpnvme_1_0_0/tcpnvme_ns

NSID	UUID	Size
1	05c2c351-5d7f-41d7-9bd8-1a56c	21.47GB

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

显示示例

```
{
  "ONTAPdevices": [
    {
      "Device": "/dev/nvme0n1",
      "Vserver": "tcpiscsi_129",
      "Namespace Path": "/vol/tcpnvme_1_0_0/tcpnvme_ns ",
      "NSID": 1,
      "UUID": " 05c2c351-5d7f-41d7-9bd8-1a56c160c80b ",
      "Size2": "21.47GB",
      "LBA_Data_Size": 4096,
      "Namespace Size" : 5242880
    },
  ]
}
```

第6步：查看已知问题

这些是已知问题：

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1479047"	RHEL 8.x NVMe-oF 主机创建重复的持久发现控制器 (PDC)	在 NVMe-oF 主机上，可以使用“nvme discover -p”命令创建 PDC。使用此命令时，每个发起方-目标组合只能创建一个 PDC。但是，如果您在 NVMe-oF 主机上运行 RHEL 8.x，则每次执行“nvme discover -p”时都会创建一个重复的 PDC。这会导致主机和目标设备上资源的不必要消耗。

落基Linux

了解 Rocky Linux 对ONTAP 的支持和功能

使用 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 进行主机配置所支持的功能因ONTAP和 Rocky Linux 的版本而异。

功能	Rocky Linux 主机版本	ONTAP 版本
RHEL 主机和ONTAP控制器之间通过 NVMe/TCP 支持安全的带内身份验证。	9.3 或更高版本	9.12.1 或更高版本
NVMe/TCP 使用原生命名空间提供命名空间 `nvme-cli` 包裹	8.2 或更高版本	9.10.1 或更高版本
NVMe/TCP 是一项完全受支持的企业级功能	9.0 或更高版本	9.10.1 或更高版本
同一主机上支持 NVMe 和 SCSI 流量，NVMe-oF 命名空间使用 NVMe 多路径，SCSI LUN 使用 dm 多路径。	8.2 或更高版本	9.4 或更高版本

无论系统设置中运行的ONTAP版本如何， ONTAP支持以下 SAN 主机功能。

功能	Rocky Linux 主机版本
默认情况下启用原生 NVMe 多路径。	10.0 或更高版本
SAN 启动已通过 NVMe/FC 协议启用	9.4 或更高版本
这 `nvme-cli` 该软件包包含自动连接脚本，无需第三方脚本。	8.2 或更高版本
原生 udev 规则 `nvme-cli` 该软件包为 NVMe 多路径提供轮询负载均衡	8.2 或更高版本



有关受支持配置的详细信息，请参阅["互操作性表工具"](#)。

下一步

如果您的 Rocky Linux 版本是.....	了解.....
10系列	"为 Rocky Linux 10.x 配置 NVMe"
9系列	"为 Rocky Linux 9.x 配置 NVMe"
8系列	"为 Rocky Linux 8.x 配置 NVMe"

相关信息

["了解如何管理 NVMe 协议"](#)

配置 **Rocky Linux 10.x** 以支持 **NVMe-oF** 和**ONTAP**存储

Rocky Linux 主机支持基于光纤通道的 NVMe (NVMe/FC) 和基于 TCP 的 NVMe (NVMe/TCP) 协议，并支持非对称命名空间访问 (ANA)。ANA 提供与 iSCSI 和 FCP 环境中的非对称逻辑单元访问 (ALUA) 等效的多路径功能。

了解如何为 Rocky Linux 10.x 配置 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 主机。如需更多支持和功能信息，请参阅["Rocky Linux ONTAP支持和功能"](#)。

NVMe-oF 与 Rocky Linux 10.x 存在以下已知限制：

- 这 `nvme disconnect-all` 该命令会断开根文件系统和数据文件系统，可能会导致系统不稳定。请勿在通过 NVMe-TCP 或 NVMe-FC 命名空间从 SAN 启动的系统上执行此操作。

第1步：(可选)启用**SAN**启动

您可以配置主机以使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。使用["互操作性表工具"](#)验证您的 Linux 操作系统、主机总线适配器 (HBA)、HBA 固件、HBA 启动 BIOS 和ONTAP版本是否支持 SAN 启动。

步骤

1. ["创建 NVMe 命名空间并将其映射到主机"](#)。
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动命名空间映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动并正在运行。

步骤 2：安装 **Rocky Linux** 和 **NVMe** 软件并验证您的配置

要为 NVMe-oF 配置主机，您需要安装主机和 NVMe 软件包，启用多路径，并验证主机 NQN 配置。

步骤

1. 在服务器上安装 Rocky Linux 10.x。安装完成后，请确认您运行的是所需的 Rocky Linux 10.x 内核：

```
uname -r
```

Rocky Linux 内核版本示例：

```
6.12.0-55.9.1.el10_0.x86_64
```

2. 安装 NVMe-CLI 软件包：

```
rpm -qa|grep nvme-cli
```

下面的例子展示了 `nvme-cli` 软件包版本：

```
nvme-cli-2.11-5.el10.x86_64
```

3. 安装 libnvme 软件包：

```
rpm -qa|grep libnvme
```

下面的例子展示了 `libnvme` 软件包版本：

```
libnvme-1.11.1-1.el10.x86_64
```

4. 在主机上，检查 hostnqn 字符串 /etc/nvme/hostnqn：

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

下面的例子展示了 `hostnqn` 价值：

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-b9c04f425633
```

5. 在 ONTAP 系统中，验证以下信息：`hostnqn` 字符串匹配 `hostnqn` ONTAP 数组中对应子系统的字符串：

```
::> vserver nvme subsystem host show -vserver vs_nvme_194_rockylinux10
```

显示示例

```
Vserver Subsystem Priority Host NQN
-----
vs_nvme_194_rockylinux10
    nvme4
        regular    nqn.2014-
08.org.nvmeexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-c7c04f425633
    nvme_1
        regular    nqn.2014-
08.org.nvmeexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-c7c04f425633
    nvme_2
        regular    nqn.2014-
08.org.nvmeexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-c7c04f425633
    nvme_3
        regular    nqn.2014-
08.org.nvmeexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-c7c04f425633
4 entries were displayed.
```



如果 `hostnqn` 字符串不匹配，请使用 `vserver modify` 命令来更新 `hostnqn` 相应ONTAP存储系统子系统上的字符串以匹配 `hostnqn` 字符串来自 `/etc/nvme/hostnqn` 在主机上。

步骤 3: 配置 NVMe/FC 和 NVMe/TCP

使用 Broadcom/Emulex 或 Marvell/QLogic 适配器配置 NVMe/FC，或使用手动发现和连接操作配置 NVMe/TCP。

NVMe/FC - 博通/Emulex

为Broadcom/Emulex适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器型号是否受支持：

a. 显示模型名称：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

您应看到以下输出：

```
LPe36002-M64  
LPe36002-M64
```

b. 显示模型描述：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

您应该看到类似于以下示例的输出：

```
Emulex LightPulse LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LightPulse LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter
```

2. 确认您使用的是建议的Broadcom lpfc 固件和内置驱动程序：

a. 显示固件版本：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

该命令返回固件版本：

```
14.0.539.16, sli-4:6:d  
14.0.539.16, sli-4:6:d
```

b. 显示收件箱驱动程序版本：

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

以下示例显示了驱动程序版本：

```
0:14.4.0.6
```

有关支持的适配器驱动程序和固件版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

3. 请验证 `lpfc_enable_fc4_type` 设置为 3:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

4. 验证是否可以查看启动程序端口:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

您应该看到类似以下内容的输出:

```
0x2100f4c7aa0cd7c2  
0x2100f4c7aa0cd7c3
```

5. 验证启动程序端口是否联机:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

您应看到以下输出:

```
Online  
Online
```

6. 验证NVMe/FC启动程序端口是否已启用且目标端口是否可见:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

显示示例

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc2 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc2 WWPN x100000109bf044b1 WWNN x200000109bf044b1
DID x022a00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x202fd039eaa7dfc8 WWNN x202cd039eaa7dfc8
DID x021310 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x202dd039eaa7dfc8 WWNN x202cd039eaa7dfc8
DID x020b10 TARGET DISCSRVC ONLINE
```

```
NVME Statistics
LS: Xmt 0000000810 Cmpl 0000000810 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000007b098f07 Issue 000000007aee27c4 OutIO
ffffffffffffe498bd
          abort 000013b4 noxri 00000000 nondlp 00000058 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 000013b4 Err 00021443
```

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc3 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc3 WWPN x100000109bf044b2 WWNN x200000109bf044b2
DID x021b00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2033d039eaa7dfc8 WWNN x202cd039eaa7dfc8
DID x020110 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2032d039eaa7dfc8 WWNN x202cd039eaa7dfc8
DID x022910 TARGET DISCSRVC ONLINE
```

```
NVME Statistics
LS: Xmt 0000000840 Cmpl 0000000840 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000007afd4434 Issue 000000007ae31b83 OutIO
ffffffffffffe5d74f
          abort 000014a5 noxri 00000000 nondlp 0000006a qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 000014a5 Err 0002149a
```

NVMe/FC - Marvell/QLogic

为Marvell/QLogic适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器驱动程序和固件版本是否受支持：

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

以下示例显示了驱动程序和固件版本：

```
QLE2872 FW:v9.15.00 DVR:v10.02.09.300-k  
QLE2872 FW:v9.15.00 DVR:v10.02.09.300-k
```

2. 请验证 `ql2xnvmeenable` 已设置。这样、Marvell适配器便可用作NVMe/FC启动程序：

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

预期输出为1。

NVMe/TCP

NVMe/TCP 协议不支持自动连接操作。相反，您可以通过执行 NVMe/TCP 来发现 NVMe/TCP 子系统和命名空间 `connect` 或者 `connect-all` 手动操作。

1. 检查启动器端口是否可以跨支持的 NVMe/TCP LIF 获取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.20.1 -a 192.168.20.20

Discovery Log Number of Records 8, Generation counter 18
=====Discovery Log Entry 0=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 4
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.64e65e6caae711ef9668d039ea951c46:discovery
traddr: 192.168.21.21
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 1=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.64e65e6caae711ef9668d039ea951c46:discovery
traddr: 192.168.20.21
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 2=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 3
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.64e65e6caae711ef9668d039ea951c46:discovery
traddr: 192.168.21.20
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 3=====
```

```

trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.64e65e6caae711ef9668d039ea951c46:discovery
traddr: 192.168.20.20
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 4=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 4
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.64e65e6caae711ef9668d039ea951c46:subsystem.rock
ylinuxl0_tcp_subsystem
traddr: 192.168.21.21
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 5=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.64e65e6caae711ef9668d039ea951c46:subsystem.rock
ylinuxl0_tcp_subsystem
traddr: 192.168.20.21
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 6=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 3
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-

```

```

08.com.netapp:sn.64e65e6caae711ef9668d039ea951c46:subsystem.rock
ylinux10_tcp_subsystem
traddr: 192.168.21.20
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.64e65e6caae711ef9668d039ea951c46:subsystem.rock
ylinux10_tcp_subsystem
traddr: 192.168.20.20
eflags: none
sectype: none

```

2. 验证其他 NVMe/TCP 启动器-目标 LIF 组合是否可以成功检索发现日志页面数据:

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```

nvme discover -t tcp -w 192.168.20.1 -a 192.168.20.20
nvme discover -t tcp -w 192.168.21.1 -a 192.168.21.20
nvme discover -t tcp -w 192.168.20.1 -a 192.168.20.21
nvme discover -t tcp -w 192.168.21.1 -a 192.168.21.21

```

3. 运行 nvme connect-all 在节点中所有受支持的NVMe/TCP启动程序-目标SIP上运行命令:

```
nvme connect-all -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme      connect-all -t tcp -w 192.168.20.1 -a
192.168.20.20
nvme      connect-all -t tcp -w 192.168.21.1 -a
192.168.21.20
nvme      connect-all -t tcp -w 192.168.20.1 -a
192.168.20.21
nvme      connect-all -t tcp -w 192.168.21.1 -a
192.168.21.21
```

从 Rocky Linux 9.4 开始，NVMe/TCP 的设置 `ctrl\_loss\_tmo timeout` 自动设置为“关闭”。因此：

- 重试次数没有限制（无限重试）。
- 您不需要手动配置特定的 `ctrl\_loss\_tmo timeout` 使用时长 `nvme connect` 或者 `nvme connect-all` 命令（选项 -l）。
- 如果发生路径故障，NVMe/TCP 控制器不会超时，并且会无限期地保持连接。

步骤 4：（可选）为 NVMe/FC 启用 1MB I/O

ONTAP 在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求，您应该增加 `lpfc` 的价值 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑 NVMe/FC 主机。

步骤

1. 将 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数设置为 256：

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `dracut -f` 命令并重新启动主机。
3. 验证的值是否 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 为 256：

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

步骤 5: 验证 NVMe 启动服务

这 `nvme-fc-boot-connections.service` 和 `nvme-fc-autoconnect.service` NVMe/FC 中包含的启动服务 `nvme-cli` 系统启动时，软件包会自动启用。

启动完成后，验证 `nvme-fc-boot-connections.service` 和 `nvme-fc-autoconnect.service` 启动服务已启用。

步骤

1. 验证是否 `nvme-fc-autoconnect.service` 已启用：

```
systemctl status nvme-fc-autoconnect.service
```

显示示例输出

```
nvme-fc-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvme-fc-
autoconnect.service; enabled; preset: disabled)
   Active: inactive (dead)

Jun 10 04:06:26 SR630-13-201.lab.eng.btc.netapp.in systemd[1]:
Starting Connect NVMe-oF subsystems automatically during boot...
Jun 10 04:06:26 SR630-13-201.lab.eng.btc.netapp.in systemd[1]: nvme-fc-
autoconnect.service: Deactivated successfully.
Jun 10 04:06:26 SR630-13-201.lab.eng.btc.netapp.in systemd[1]:
Finished Connect NVMe-oF subsystems automatically during boot.
```

2. 验证是否 `nvme-fc-boot-connections.service` 已启用：

```
systemctl status nvme-fc-boot-connections.service
```

显示示例输出

```
nvmeofc-boot-connections.service - Auto-connect to subsystems on FC-
NVME devices found during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvmeofc-boot-
connections.service; enabled; preset: enabled)
   Active: inactive (dead) since Tue 2025-06-10 01:08:36 EDT; 2h
59min ago
     Main PID: 7090 (code=exited, status=0/SUCCESS)
        CPU: 30ms

Jun 10 01:08:36 localhost systemd[1]: Starting Auto-connect to
subsystems on FC-NVME devices found during boot...
Jun 10 01:08:36 localhost systemd[1]: nvmeofc-boot-
connections.service: Deactivated successfully.
Jun 10 01:08:36 localhost systemd[1]: Finished Auto-connect to
subsystems on FC-NVME devices found during boot.
```

步骤 6: 验证多路径配置

验证内核NVMe多路径状态、ANA状态和ONTAP命名空间是否适用于NVMe-oF配置。

步骤

1. 验证是否已启用内核NVMe多路径:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

您应看到以下输出:

```
Y
```

2. 验证相应ONTAP命名库的适当NVMe-oF设置(例如、型号设置为NetApp ONTAP控制器、负载平衡iopoly设置是否为循环)是否正确反映在主机上:

- a. 显示子系统:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

您应看到以下输出:

```
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

b. 显示策略：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

您应看到以下输出：

```
round-robin
round-robin
```

3. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间：

```
nvme list
```

显示示例

Node	SN	Model		

/dev/nvme4n1	81Ix2BVuekWcAAAAAAB	NetApp ONTAP Controller		
Namespace	Usage	Format	FW	Rev

1		21.47 GB / 21.47 GB	4 KiB + 0 B	FFFFFFFF

4. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态：

NVMe/FC

```
nvme list-subsys /dev/nvme5n1
```

显示示例

```
nvme-subsys5 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.f7565b15a66911ef9668d039ea951c46:subsystem.nvme
1
                    hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-c7c04f425633
\
+- nvme126 fc traddr=nn-0x2036d039ea951c45:pn-0x2038d039ea951c45,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa0cd7c3:pn-0x2100f4c7aa0cd7c3 live optimized
+- nvme176 fc traddr=nn-0x2036d039ea951c45:pn-0x2037d039ea951c45,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa0cd7c2:pn-0x2100f4c7aa0cd7c2 live optimized
+- nvme5 fc traddr=nn-0x2036d039ea951c45:pn-0x2039d039ea951c45,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa0cd7c2:pn-0x2100f4c7aa0cd7c2 live non-optimized
+- nvme71 fc traddr=nn-0x2036d039ea951c45:pn-0x203ad039ea951c45,host_traddr=nn-0x2000f4c7aa0cd7c3:pn-0x2100f4c7aa0cd7c3 live non-optimized
```

NVMe/TCP

```
nvme list-subsys /dev/nvme4n2
```

显示示例

```
nvme-subsys4 - NQN=nqn.1992-  
08.com.netapp:sn.64e65e6caae711ef9668d039ea951c46:subsystem.nvme  
4  
          hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-  
0035-5910-804b-c2c04f444d33  
\  
+- nvme102 tcp  
traddr=192.168.21.20,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.21.1,src_a  
ddr=192.168.21.1 live non-optimized  
+- nvme151 tcp  
traddr=192.168.21.21,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.21.1,src_a  
ddr=192.168.21.1 live optimized  
+- nvme4 tcp  
traddr=192.168.20.20,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.20.1,src_a  
ddr=192.168.20.1 live non-optimized  
+- nvme53 tcp  
traddr=192.168.20.21,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.20.1,src_a  
ddr=192.168.20.1 live optimized
```

5. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值:

列

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

显示示例

Device	Vserver	Namespace	Path
/dev/nvme10n1	vs_tcp_rockylinux10		/vol/vol110/ns10

NSID	UUID	Size
1	bbf51146-fc64-4197-b8cf-8a24f6f359b3	21.47GB

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

显示示例

```
{
  "ONTAPdevices":[
    {
      "Device":"/dev/nvme10n1",
      "Vserver":"vs_tcp_rockylinux10",
      "Namespace_Path":"/vol/vol110/ns10",
      "NSID":1,
      "UUID":"bbf51146-fc64-4197-b8cf-8a24f6f359b3",
      "Size":"21.47GB",
      "LBA_Data_Size":4096,
      "Namespace_Size":5242880
    }
  ]
}
```

步骤 7: 设置安全带内身份验证

Rocky Linux 10.x 主机和ONTAP控制器之间通过 NVMe/TCP 支持安全的带内身份验证。

每个主机或控制器必须与一个 `DH-HMAC-CHAP` 密钥来设置安全身份验证。`DH-HMAC-CHAP` 密钥是 NVMe

主机或控制器的 NQN 与管理员配置的身份验证密钥的组合。要对其对等方进行身份验证、NVMe主机或控制器必须识别与对等方关联的密钥。

使用 CLI 或配置 JSON 文件设置安全带内身份验证。如果需要为不同的子系统指定不同的dhchap密钥、则必须使用config JSON文件。

命令行界面

使用命令行界面设置安全带内身份验证。

步骤

1. 获取主机NQN:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

2. 为 Rocky Linux 10.x 主机生成 dhchap 密钥。

以下输出描述了 `gen-dhchap-key` 命令参数:

```
nvme gen-dhchap-key -s optional_secret -l key_length {32|48|64} -m
HMAC_function {0|1|2|3} -n host_nqn
```

- -s secret key in hexadecimal characters to be used to initialize the host key
- -l length of the resulting key in bytes
- -m HMAC function to use for key transformation

0 = none, 1= SHA-256, 2 = SHA-384, 3=SHA-512

- -n host NQN to use for key transformation

在以下示例中、将生成一个随机dhchap密钥、其中HMAC设置为3 (SHA-512)。

```
nvme gen-dhchap-key -m 3 -n nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-c2c04f444d33
DHHC-
1:03:7zf8I9gaRcDWH3tCH5vLGaoyjzPIvwNWusBfKdpJa+hialaKDKJQ2o53pX3wYM9
xdv5DtKNNhJInZ7X8wU2RQpQIngc=:
```

3. 在ONTAP控制器上、添加主机并指定两个dhchap密钥:

```
vserver nvme subsystem host add -vserver <svm_name> -subsystem
<subsystem> -host-nqn <host_nqn> -dhchap-host-secret
<authentication_host_secret> -dhchap-controller-secret
<authentication_controller_secret> -dhchap-hash-function {sha-
256|sha-512} -dhchap-group {none|2048-bit|3072-bit|4096-bit|6144-
bit|8192-bit}
```

4. 主机支持两种类型的身份验证方法: 单向和双向。在主机上、连接到ONTAP控制器并根据所选身份验证方法指定dhchap密钥:

```
nvme connect -t tcp -w <host-traddr> -a <tr-addr> -n <host_nqn> -S  
<authentication_host_secret> -C <authentication_controller_secret>
```

5. 验证 nvme connect authentication 命令、验证主机和控制器dhchap密钥:

a. 验证主机dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-subsysX>/nvme*/dhchap_secret
```

显示单向配置的示例输出

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys1/nvme*/dhchap_secret  
DHHC-  
1:03:fMcrJharXUOqRoIsOEaG6m2PH1yYvu5+z3jTmzEKUbcWu26I33b93b  
i12WR09XDho/1d3L45J+0FeCsStBEAfhYgkQU=:  
DHHC-  
1:03:fMcrJharXUOqRoIsOEaG6m2PH1yYvu5+z3jTmzEKUbcWu26I33b93b  
i12WR09XDho/1d3L45J+0FeCsStBEAfhYgkQU=:  
DHHC-  
1:03:fMcrJharXUOqRoIsOEaG6m2PH1yYvu5+z3jTmzEKUbcWu26I33b93b  
i12WR09XDho/1d3L45J+0FeCsStBEAfhYgkQU=:  
DHHC-  
1:03:fMcrJharXUOqRoIsOEaG6m2PH1yYvu5+z3jTmzEKUbcWu26I33b93b  
i12WR09XDho/1d3L45J+0FeCsStBEAfhYgkQU=:
```

b. 验证控制器dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-  
subsysX>/nvme*/dhchap_ctrl_secret
```

显示双向配置的示例输出

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-  
subsys6/nvme*/dhchap_ctrl_secret  
DHHC- 1:03:7zf8I9gaRcDWH3tCH5vLGaoyjzPIvwnWusBfKdpJa+hia  
1aKDKJQ2o53pX3wYM9xdv5DtKNNhJInZ7X8wU2RQpQIngc=:  
  
DHHC- 1:03:7zf8I9gaRcDWH3tCH5vLGaoyjzPIvwnWusBfKdpJa+hia  
1aKDKJQ2o53pX3wYM9xdv5DtKNNhJInZ7X8wU2RQpQIngc=:  
  
DHHC- 1:03:7zf8I9gaRcDWH3tCH5vLGaoyjzPIvwnWusBfKdpJa+hia  
1aKDKJQ2o53pX3wYM9xdv5DtKNNhJInZ7X8wU2RQpQIngc=:  
  
DHHC- 1:03:7zf8I9gaRcDWH3tCH5vLGaoyjzPIvwnWusBfKdpJa+hia  
1aKDKJQ2o53pX3wYM9xdv5DtKNNhJInZ7X8wU2RQpQIngc=:
```

JSON

当ONTAP控制器上有多个 NVMe 子系统可用时，您可以使用 `/etc/nvme/config.json` 文件与 `nvme connect-all` 命令。

使用 `-o` 选项来生成 JSON 文件。有关更多语法选项，请参阅 NVMe connect-all 手册页。

步骤

1. 配置 JSON 文件。



在以下示例中，`dhchap_key` 对应于 `dhchap_secret` 和 `dhchap_ctrl_key` 对应于 `dhchap_ctrl_secret`。

显示示例

```
cat /etc/nvme/config.json
[
  {
    "hostnqn": "nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-c2c04f444d33",
    "hostid": "4c4c4544-0035-5910-804b-c2c04f444d33",
    "dhchap_key": "DHHC-1:03:7zf8I9gaRcDWH3tCH5vLGaoyjzPIvwNWusBfKdpJa+hialaKDKJQ2o53pX3wYM9xdv5DtKNNhJInZ7X8wU2RQpQIngc=",
    "subsystems": [
      {
        "nqn": "nqn.1992-08.com.netapp:sn.127ade26168811f0a50ed039eab69ad3:subsystem.inband_unidirectional",
        "ports": [
          {
            "transport": "tcp",
            "traddr": "192.168.20.17",
            "host_traddr": "192.168.20.1",
            "trsvcid": "4420"
          },
          {
            "transport": "tcp",
            "traddr": "192.168.20.18",
            "host_traddr": "192.168.20.1",
            "trsvcid": "4420"
          },
          {
            "transport": "tcp",
            "traddr": "192.168.21.18",
            "host_traddr": "192.168.21.1",
            "trsvcid": "4420"
          },
          {
            "transport": "tcp",
            "traddr": "192.168.21.17",
            "host_traddr": "192.168.21.1",
            "trsvcid": "4420"
          }
        ]
      }
    ]
  }
]
```

2. 使用config JSON文件连接到ONTAP控制器:

```
nvme connect-all -J /etc/nvme/config.json
```

显示示例

```
traddr=192.168.20.20 is already connected
traddr=192.168.20.20 is already connected
traddr=192.168.20.20 is already connected
traddr=192.168.20.20 is already connected
traddr=192.168.20.20 is already connected
traddr=192.168.20.20 is already connected
traddr=192.168.20.20 is already connected
traddr=192.168.20.20 is already connected
traddr=192.168.20.21 is already connected
traddr=192.168.20.21 is already connected
traddr=192.168.20.21 is already connected
traddr=192.168.20.21 is already connected
traddr=192.168.20.21 is already connected
traddr=192.168.20.21 is already connected
traddr=192.168.20.21 is already connected
traddr=192.168.20.21 is already connected
```

3. 验证每个子系统的相应控制器是否已启用 dhchap 机密。

a. 验证主机dhchap密钥：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys0/nvme0/dhchap_secret
```

以下示例显示了 dhchap 密钥：

```
DHHC-1:03:7zf8I9gaRcDWH3tCH5vLGAoyjzPIvwNWusBfKdpJa+hial
aKDKJQ2o53pX3wYM9xdv5DtKNNhJInZ7X8wU2RQpQIngc=:
```

b. 验证控制器dhchap密钥：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys0/nvme0/dhchap_ctrl_secret
```

您应该看到类似于以下示例的输出：

```
DHHC-1:03:fMcrJharXUOqRoIsOEaG6m2PH1yYvu5+z3jT
mzEKUbcWu26I33b93bi12WR09XDho/1d3L45J+0FeCsStBEAfhYgkQU=:
```

第8步：查看已知问题

没有已知问题。

配置 Rocky Linux 9.x 以支持 NVMe-oF 和ONTAP存储

Rocky Linux 主机支持基于光纤通道的 NVMe (NVMe/FC) 和基于 TCP 的 NVMe (NVMe/TCP) 协议，并支持非对称命名空间访问 (ANA)。ANA 提供与 iSCSI 和 FCP 环境中的非对称逻辑单元访问 (ALUA) 等效的多路径功能。

了解如何为 Rocky Linux 9.x 配置 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 主机。如需更多支持和功能信息，请参阅["Rocky Linux ONTAP支持和功能"](#)。

NVMe-oF 与 Rocky Linux 9.x 存在以下已知限制：

- 这 `nvme disconnect-all` 该命令会断开根文件系统和数据文件系统，可能会导致系统不稳定。请勿在通过 NVMe-TCP 或 NVMe-FC 命名空间从 SAN 启动的系统上执行此操作。

第1步：(可选)启用SAN启动

您可以配置主机以使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。使用["互操作性表工具"](#)验证您的 Linux 操作系统、主机总线适配器 (HBA)、HBA 固件、HBA 启动 BIOS 和ONTAP版本是否支持 SAN 启动。

步骤

1. ["创建 NVMe 命名空间并将其映射到主机"](#)。
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动命名空间映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动并正在运行。

步骤 2：安装 Rocky Linux 和 NVMe 软件并验证您的配置

要为 NVMe-oF 配置主机，您需要安装主机和 NVMe 软件包，启用多路径，并验证主机 NQN 配置。

步骤

1. 在服务器上安装 Rocky Linux 9.x。安装完成后，请确认您运行的是所需的 Rocky Linux 9.x 内核：

```
uname -r
```

Rocky Linux 内核版本示例：

```
5.14.0-570.12.1.el9_6.x86_64
```

<stdin> 中存在未解析的指令 - include::_include/nvme/linux-validate-software-version-rockylinux.adoc[]

步骤 3：配置 NVMe/FC 和 NVMe/TCP

使用 Broadcom/Emulex 或 Marvell/QLogic 适配器配置 NVMe/FC，或使用手动发现和连接操作配置 NVMe/TCP。

NVMe/FC - 博通/Emulex

为Broadcom/Emulex适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器型号是否受支持：

a. 显示模型名称：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

您应看到以下输出：

```
LPe36002-M64  
LPe36002-M64
```

b. 显示模型描述：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

您应该看到类似于以下示例的输出：

```
Emulex LightPulse LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LightPulse LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter
```

2. 确认您使用的是建议的Broadcom lpfc 固件和内置驱动程序：

a. 显示固件版本：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

该命令返回固件版本：

```
14.0.539.16, sli-4:6:d  
14.0.539.16, sli-4:6:d
```

b. 显示收件箱驱动程序版本：

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

以下示例显示了驱动程序版本：

```
0:14.4.0.6
```

有关支持的适配器驱动程序和固件版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

3. 请验证 `lpfc_enable_fc4_type` 设置为 3:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

4. 验证是否可以查看启动程序端口:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

以下示例显示端口标识:

```
0x2100f4c7aa0cd7c2  
0x2100f4c7aa0cd7c3
```

5. 验证启动程序端口是否联机:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

您应看到以下输出:

```
Online  
Online
```

6. 验证NVMe/FC启动程序端口是否已启用且目标端口是否可见:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

```

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x100000109b954518 WWNN x200000109b954518
DID x000000 ONLINE

```

```

NVME Statistics
LS: Xmt 0000000000 Cmpl 0000000000 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 0000000000000000 Issue 0000000000000000 OutIO
0000000000000000
          abort 00000000 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000000 Err 00000000

```

```

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x100000109b954519 WWNN x200000109b954519
DID x020500 ONLINE

```

```

NVME Statistics
LS: Xmt 0000000000 Cmpl 0000000000 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 0000000000000000 Issue 0000000000000000 OutIO
0000000000000000
          abort 00000000 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000000 Err 00000000

```

```

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc2 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc2 WWPN x100000109bf044b1 WWNN x200000109bf044b1
DID x022a00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x200bd039eaa7dfc8 WWNN x2008d039eaa7dfc8
DID x021319 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2155d039eaa7dfc8 WWNN x2154d039eaa7dfc8
DID x02130f TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2001d039eaa7dfc8 WWNN x2000d039eaa7dfc8
DID x021310 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x200dd039eaa7dfc8 WWNN x2008d039eaa7dfc8
DID x020b15 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2156d039eaa7dfc8 WWNN x2154d039eaa7dfc8
DID x020b0d TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2003d039eaa7dfc8 WWNN x2000d039eaa7dfc8
DID x020b10 TARGET DISCSRVC ONLINE

```

```

NVME Statistics
LS: Xmt 0000003049 Cmpl 0000003049 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000  CML: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 0000000018f9450b Issue 0000000018f5de57 OutIO
ffffffffffffc994c
        abort 000036d3 noxri 00000313 nondlp 00000c8d qdepth
000000000 wqerr 00000064 err 00000000
FCP CML: xb 000036d1 Err 000fef0f

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc3 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPOR LPFC3 WWPN x100000109bf044b2 WWNN x200000109bf044b2
DID x021b00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2062d039eaa7dfc8 WWNN x2008d039eaa7dfc8
DID x022915 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2157d039eaa7dfc8 WWNN x2154d039eaa7dfc8
DID x02290f TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2002d039eaa7dfc8 WWNN x2000d039eaa7dfc8
DID x022910 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2065d039eaa7dfc8 WWNN x2008d039eaa7dfc8
DID x020119 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2158d039eaa7dfc8 WWNN x2154d039eaa7dfc8
DID x02010d TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2004d039eaa7dfc8 WWNN x2000d039eaa7dfc8
DID x020110 TARGET DISCSRV ONLINE

NVME Statistics
LS: Xmt 0000002f2c Cmpl 0000002f2c Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000  CML: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000001aaf3eb5 Issue 000000001aab4373 OutIO
ffffffffffffc04be
        abort 000035cc noxri 0000038c nondlp 000009e3 qdepth
000000000 wqerr 00000082 err 00000000
FCP CML: xb 000035cc Err 000fcfc0

```

NVMe/FC - Marvell/QLogic

为Marvell/QLogic适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器驱动程序和固件版本是否受支持：

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

以下示例显示了驱动程序和固件版本：

```
QLE2872 FW:v9.15.00 DVR:v10.02.09.300-k  
QLE2872 FW:v9.15.00 DVR:v10.02.09.300-k
```

2. 请验证 `ql2xnvmeenable` 已设置。这样、Marvell适配器便可用作NVMe/FC启动程序：

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

预期输出为1。

NVMe/TCP

NVMe/TCP协议不支持自动连接操作。您必须手动执行 NVMe/TCP 连接或连接所有操作才能发现 NVMe/TCP 子系统和命名空间。

1. 检查启动器端口是否可以跨支持的 NVMe/TCP LIF 获取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.1.31 -a 192.168.1.24

Discovery Log Number of Records 20, Generation counter 25
=====Discovery Log Entry 0=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 4
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:discovery
traddr: 192.168.2.25
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 1=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:discovery
traddr: 192.168.1.25
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 2=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 5
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:discovery
traddr: 192.168.2.24
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 3=====
```

```

trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:discovery
traddr: 192.168.1.24
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 4=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 4
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Unidirectional_DHCP_NONE_1_3
traddr: 192.168.2.25
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 5=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Unidirectional_DHCP_NONE_1_4
traddr: 192.168.1.25
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 6=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 5
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-

```

```

08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Unidirectional_DHCP_NONE_1_5
traddr: 192.168.2.24
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Unidirectional_DHCP_2_2
traddr: 192.168.1.24
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 8=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 4
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Unidirectional_DHCP_2_3
traddr: 192.168.2.25
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 9=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Unidirectional_DHCP_2_5
traddr: 192.168.1.25
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 10=====
trtype: tcp

```

```

adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  5
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4ba1e74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Bidirectional_DHCP_2_2
traddr:  192.168.2.24
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 11=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  1
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4ba1e74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Bidirectional_DHCP_2_3
traddr:  192.168.1.24
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 12=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  4
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4ba1e74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Bidirectional_DHCP_2_3
traddr:  192.168.2.25
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 13=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  2
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4ba1e74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.

```

```

Bidirectional_DHCP_NONE_2_4
traddr: 192.168.1.25
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 14=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 5
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Bidirectional_DHCP_NONE_2_5
traddr: 192.168.2.24
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 15=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Bidirectional_DHCP_NONE_2_6
traddr: 192.168.1.24
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 16=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 4
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Bidirectional_DHCP_NONE_2_7
traddr: 192.168.2.25
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 17=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4

```

```

subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  2
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Bidirectional_DHCP_NONE_2_8
traddr:  192.168.1.25
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 18=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  5
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_2
traddr:  192.168.2.24
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 19=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  1
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.
Bidirectional_DHCP_NONE_2_9
traddr:  192.168.1.24
eflags:  none
sectype: none

```

2. 验证其他 NVMe/TCP 启动器-目标 LIF 组合是否可以成功获取发现日志页面数据:

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.1.31 -a 192.168.1.24
nvme discover -t tcp -w 192.168.2.31 -a 192.168.2.24
nvme discover -t tcp -w 192.168.1.31 -a 192.168.1.25
nvme discover -t tcp -w 192.168.2.31 -a 192.168.2.25
```

3. 运行 `nvme connect-all` 在节点中所有受支持的NVMe/TCP启动程序-目标SIP上运行命令：

```
nvme connect-all -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.1.31 -a 192.168.1.24
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.2.31 -a 192.168.2.24
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.1.31 -a 192.168.1.25
nvme connect-all -t tcp -w 192.168.2.31 -a 192.168.2.25
```

从 Rocky Linux 9.4 开始，NVMe/TCP 的设置 `ctrl_loss_tmo timeout` 自动设置为“关闭”。因此：

- 重试次数没有限制（无限重试）。
- 您不需要手动配置特定的 `ctrl_loss_tmo timeout` 使用时长 `nvme connect` 或者 `nvme connect-all` 命令（选项 `-l`）。
- 如果发生路径故障，NVMe/TCP 控制器不会超时，并且会无限期地保持连接。

步骤 4：（可选）为 NVMe/FC 启用 1MB I/O

ONTAP在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求，您应该增加 `lpfc` 的价值 `lpfc_sg_seg_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc_sg_seg_cnt` 参数设置为256：

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `dracut -f` 命令并重新启动主机。
3. 验证的值是否 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 为 256：

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

步骤 5：验证 NVMe 启动服务

这 `nvme-fc-boot-connections.service` 和 `nvme-fc-autoconnect.service` NVMe/FC 中包含的启动服务 `nvme-cli` 系统启动时，软件包会自动启用。

启动完成后，验证 `nvme-fc-boot-connections.service` 和 `nvme-fc-autoconnect.service` 启动服务已启用。

步骤

1. 验证是否 `nvme-fc-autoconnect.service` 已启用：

```
systemctl status nvme-fc-autoconnect.service
```

显示示例输出

```
nvme-fc-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvme-fc-
autoconnect.service; enabled; preset: disabled)
   Active: inactive (dead)

Jun 10 04:06:26 SR630-13-201.lab.eng.btc.netapp.in systemd[1]:
Starting Connect NVMe-oF subsystems automatically during boot...
Jun 10 04:06:26 SR630-13-201.lab.eng.btc.netapp.in systemd[1]: nvme-fc-
autoconnect.service: Deactivated successfully.
Jun 10 04:06:26 SR630-13-201.lab.eng.btc.netapp.in systemd[1]:
Finished Connect NVMe-oF subsystems automatically during boot.
```

2. 验证是否 `nvme-fc-boot-connections.service` 已启用：

```
systemctl status nvme-fc-boot-connections.service
```

显示示例输出

```
nvmeofc-boot-connections.service - Auto-connect to subsystems on FC-
NVME devices found during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvmeofc-boot-
connections.service; enabled; preset: enabled)
   Active: inactive (dead) since Tue 2025-06-10 01:08:36 EDT; 2h
59min ago
     Main PID: 7090 (code=exited, status=0/SUCCESS)
        CPU: 30ms

Jun 10 01:08:36 localhost systemd[1]: Starting Auto-connect to
subsystems on FC-NVME devices found during boot...
Jun 10 01:08:36 localhost systemd[1]: nvmeofc-boot-
connections.service: Deactivated successfully.
Jun 10 01:08:36 localhost systemd[1]: Finished Auto-connect to
subsystems on FC-NVME devices found during boot.
```

步骤 6: 验证多路径配置

验证内核NVMe多路径状态、ANA状态和ONTAP命名空间是否适用于NVMe-oF配置。

步骤

1. 验证是否已启用内核NVMe多路径:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

您应看到以下输出:

```
Y
```

2. 验证相应ONTAP命名库的适当NVMe-oF设置(例如、型号设置为NetApp ONTAP控制器、负载平衡iopoly设置是否为循环)是否正确反映在主机上:

- a. 显示子系统:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

您应看到以下输出:

```
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

b. 显示策略：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

您应看到以下输出：

```
round-robin
round-robin
```

3. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间：

```
nvme list
```

显示示例

Node	SN	Model		

/dev/nvme4n1	81Ix2BVuekWcAAAAAAB	NetApp ONTAP Controller		
Namespace	Usage	Format	FW	Rev

1		21.47 GB / 21.47 GB	4 KiB + 0 B	FFFFFFFF

4. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态：

NVMe/FC

```
nvme list-subsys /dev/nvme4n5
```

显示示例

```
nvme-subsys4 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.3a5d31f5502c11ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme_1
                hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:e6dade64-216d-11ec-b7bb-7ed30a5482c3
iopolicy=round-robin\
+- nvme1 fc traddr=nn-0x2082d039eaa7dfc8:pn-0x2088d039eaa7dfc8,host_traddr=nn-0x20000024ff752e6d:pn-0x21000024ff752e6d live optimized
+- nvme12 fc traddr=nn-0x2082d039eaa7dfc8:pn-0x208ad039eaa7dfc8,host_traddr=nn-0x20000024ff752e6d:pn-0x21000024ff752e6d live non-optimized
+- nvme10 fc traddr=nn-0x2082d039eaa7dfc8:pn-0x2087d039eaa7dfc8,host_traddr=nn-0x20000024ff752e6c:pn-0x21000024ff752e6c live non-optimized
+- nvme3 fc traddr=nn-0x2082d039eaa7dfc8:pn-0x2083d039eaa7dfc8,host_traddr=nn-0x20000024ff752e6c:pn-0x21000024ff752e6c live optimized
```

NVMe/TCP

```
nvme list-subsys /dev/nvme1n1
```

显示示例

```
nvme-subsys5 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme_tcp_3
hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b5c04f444d33
iopolicy=round-robin
\
+- nvme13 tcp
traddr=192.168.2.25,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.31,
src_addr=192.168.2.31 live optimized
+- nvme14 tcp
traddr=192.168.2.24,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.31,
src_addr=192.168.2.31 live non-optimized
+- nvme5 tcp
traddr=192.168.1.25,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.31,
src_addr=192.168.1.31 live optimized
+- nvme6 tcp
traddr=192.168.1.24,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.31,
src_addr=192.168.1.31 live non-optimized
```

5. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值:

列

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

显示示例

Device	Vserver	Namespace	Path
/dev/nvme1n1	linux_tcnvme_iscsi		
/vol/tcpcnvme_1_0_0/tcpcnvme_ns			
NSID	UUID		Size
1	5f7f630d-8ea5-407f-a490-484b95b15dd6		21.47GB

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

显示示例

```
{
  "ONTAPdevices": [
    {
      "Device": "/dev/nvme1n1",
      "Vserver": "linux_tcnvme_iscsi",
      "Namespace_Path": "/vol/tcpcnvme_1_0_0/tcpcnvme_ns",
      "NSID": 1,
      "UUID": "5f7f630d-8ea5-407f-a490-484b95b15dd6",
      "Size": "21.47GB",
      "LBA_Data_Size": 4096,
      "Namespace_Size": 5242880
    },
  ]
}
```

步骤 7: 设置安全带内身份验证

Rocky Linux 9x 主机和ONTAP控制器之间通过 NVMe/TCP 支持安全的带内身份验证。

每个主机或控制器必须与一个 `DH-HMAC-CHAP` 密钥来设置安全身份验证。`DH-HMAC-CHAP` 密钥是 NVMe 主机或控制器的 NQN 与管理员配置的身份验证密钥的组合。要对其对等方进行身份验证、NVMe 主机或控制器必须识别与对等方关联的密钥。

使用 CLI 或配置 JSON 文件设置安全身份验证。如果需要为不同的子系统指定不同的 dhchap 密钥、则必须使用 config JSON 文件。

命令行界面

使用命令行界面设置安全带内身份验证。

步骤

1. 获取主机NQN:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

2. 为 Rocky Linux 9.x 主机生成 dhchap 密钥。

以下输出描述了 `gen-dhchap-key` 命令参数:

```
nvme gen-dhchap-key -s optional_secret -l key_length {32|48|64} -m
HMAC_function {0|1|2|3} -n host_nqn
```

- -s secret key in hexadecimal characters to be used to initialize the host key
- -l length of the resulting key in bytes
- -m HMAC function to use for key transformation

0 = none, 1= SHA-256, 2 = SHA-384, 3=SHA-512

- -n host NQN to use for key transformation

在以下示例中、将生成一个随机dhchap密钥、其中HMAC设置为3 (SHA-512)。

```
nvme gen-dhchap-key -m 3 -n nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:e6dade64-216d-11ec-b7bb-7ed30a5482c3
DHHC-
1:03:wSpuuKbBHTzC0W9JZxMBsYd9JFV8Si9aDh22k2BR/4m852vH7KGlrJeMpzhmyjD
W0o0PJJM6yZsTeEpGkDHMHQ255+g=:
```

3. 在ONTAP控制器上、添加主机并指定两个dhchap密钥:

```
vserver nvme subsystem host add -vserver <svm_name> -subsystem
<subsystem> -host-nqn <host_nqn> -dhchap-host-secret
<authentication_host_secret> -dhchap-controller-secret
<authentication_controller_secret> -dhchap-hash-function {sha-
256|sha-512} -dhchap-group {none|2048-bit|3072-bit|4096-bit|6144-
bit|8192-bit}
```

4. 主机支持两种类型的身份验证方法: 单向和双向。在主机上、连接到ONTAP控制器并根据所选身份验证方法指定dhchap密钥:

```
nvme connect -t tcp -w <host-traddr> -a <tr-addr> -n <host_nqn> -S
<authentication_host_secret> -C <authentication_controller_secret>
```

5. 验证 nvme connect authentication 命令、验证主机和控制器的 dhchap 密钥：

a. 验证主机 dhchap 密钥：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-subsysX>/nvme*/dhchap_secret
```

显示单向配置的示例输出

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys1/nvme*/dhchap_secret
DHHC-1:01:CNxTYq73T9vJk0JpOfDBZrhDCqpWBN4XVZI5WxwPgDUieHAI:
DHHC-1:01:CNxTYq73T9vJk0JpOfDBZrhDCqpWBN4XVZI5WxwPgDUieHAI:
DHHC-1:01:CNxTYq73T9vJk0JpOfDBZrhDCqpWBN4XVZI5WxwPgDUieHAI:
DHHC-1:01:CNxTYq73T9vJk0JpOfDBZrhDCqpWBN4XVZI5WxwPgDUieHAI:
```

b. 验证控制器 dhchap 密钥：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-
subsysX>/nvme*/dhchap_ctrl_secret
```

显示双向配置的示例输出

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys6/nvme*/dhchap_ctrl_secret
DHHC-
1:03:wSpuuKbBHTzC0W9JZxMBsYd9JFV8Si9aDh22k2BR/4m852vH7KGlrJeMp
zhmyjDWOo0PJJM6yZsTEpGkDHMHQ255+g=:
DHHC-
1:03:wSpuuKbBHTzC0W9JZxMBsYd9JFV8Si9aDh22k2BR/4m852vH7KGlrJeMp
zhmyjDWOo0PJJM6yZsTEpGkDHMHQ255+g=:
DHHC-
1:03:wSpuuKbBHTzC0W9JZxMBsYd9JFV8Si9aDh22k2BR/4m852vH7KGlrJeMp
zhmyjDWOo0PJJM6yZsTEpGkDHMHQ255+g=:
DHHC-
1:03:wSpuuKbBHTzC0W9JZxMBsYd9JFV8Si9aDh22k2BR/4m852vH7KGlrJeMp
zhmyjDWOo0PJJM6yZsTEpGkDHMHQ255+g=:
```

JSON

当ONTAP控制器上有多个 NVMe 子系统可用时，您可以使用 `/etc/nvme/config.json` 文件与 `nvme connect-all` 命令。

使用 `-o` 选项来生成 JSON 文件。有关更多语法选项，请参阅 NVMe connect-all 手册页。

步骤

1. 配置 JSON 文件。



在以下示例中，`dhchap_key` 对应于 `dhchap_secret` 和 `dhchap_ctrl_key` 对应于 `dhchap_ctrl_secret`。

显示示例

```
cat /etc/nvme/config.json
[
{
  "hostnqn":"nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:9796c1ec-0d34-11eb-
b6b2-3a68dd3bab57",
  "hostid":"b033cd4fd6db4724adb48655bfb55448",
  "dhchap_key":" DHHC-
1:01:CNxTYq73T9vJk0JpOfDBZrhDCqpWBN4XVZI5WxwPgDUieHAi:"
},
{
  "hostnqn":"nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-
804b-b5c04f444d33",
  "subsystems":[
    {
      "nqn":"nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.bidi
r_DHCP",
      "ports":[
        {
          "transport":"tcp",
          "traddr":" 192.168.1.24 ",
          "host_traddr":" 192.168.1.31 ",
          "trsvcid":"4420",
          "dhchap_ctrl_key":"DHHC-
1:03:
wSpuuKbBHTzC0W9JZxMBsYd9JFV8Si9aDh22k2BR/4m852vH7KG1rJeMpzhmyjDW
Oo0PJJM6yZsTeEpGkDHMHQ255+g="
        },
        {
          "transport":"tcp",
          "traddr":" 192.168.1.25 ",
          "host_traddr":" 192.168.1.31",
          "trsvcid":"4420",
          "dhchap_ctrl_key":"DHHC-
1:03:
wSpuuKbBHTzC0W9JZxMBsYd9JFV8Si9aDh22k2BR/4m852vH7KG1rJeMpzhmyjDW
Oo0PJJM6yZsTeEpGkDHMHQ255+g="
        },
        {
          "transport":"tcp",
          "traddr":" 192.168.2.24 ",
          "host_traddr":" 192.168.2.31",
```

```

        "trsvcid":"4420",
        "dhchap_ctrl_key":"DHHC-
1:03:
wSpuuKbBHTzC0W9JZxMBsYd9JFV8Si9aDh22k2BR/4m852vH7KGlrJeMpzhmyjDW
Oo0PJJM6yZsTeEpGkDHMHQ255+g="
    },
    {
        "transport":"tcp",
        "traddr":" 192.168.2.25 ",
        "host_traddr":" 192.168.2.31",
        "trsvcid":"4420",
        "dhchap_ctrl_key":"DHHC-
1:03:
wSpuuKbBHTzC0W9JZxMBsYd9JFV8Si9aDh22k2BR/4m852vH7KGlrJeMpzhmyjDW
Oo0PJJM6yZsTeEpGkDHMHQ255+g="
    }
]
}
]

```

2. 使用config JSON文件连接到ONTAP控制器：

```
nvme connect-all -J /etc/nvme/config.json
```

显示示例

```
already connected to hostnqn=nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-
b5c04f444d33,nqn=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8dde3be2cc7c11efb777d039eab6cb6d:subsystem.
bidi
r_DHCP,transport=tcp,traddr=192.168.1.25,trsvcid=4420
already connected to hostnqn=nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-
b5c04f444d33,nqn=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8dde3be2cc7c11efb777d039eab6cb6d:subsystem.
bidi
r_DHCP,transport=tcp,traddr=192.168.2.25,trsvcid=4420
already connected to hostnqn=nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-
b5c04f444d33,nqn=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8dde3be2cc7c11efb777d039eab6cb6d:subsystem.
bidi
r_DHCP,transport=tcp,traddr=192.168.1.24,trsvcid=4420
already connected to hostnqn=nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-
b5c04f444d33,nqn=nqn.1992-
08.com.netapp:sn.8dde3be2cc7c11efb777d039eab6cb6d:subsystem.
bidi
r_DHCP,transport=tcp,traddr=192.168.2.24,trsvcid=4420
```

3. 验证是否已为每个子系统的相应控制器启用dhchap密码:

a. 验证主机dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys0/nvme0/dhchap_secret
```

以下示例显示了 dhchap 密钥:

```
DHHC-1:01:CNxTYq73T9vJk0JpOfDBZrhDCqpWBN4XVZI5WxwPgDUieHAI:
```

b. 验证控制器dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys0/nvme0/dhchap_ctrl_secret
```

您应该看到类似于以下示例的输出：

```
DHHC-  
1:03:wSpuuKbBHTzC0W9JZxMBSYd9JFV8Si9aDh22k2BR/4m852vH7KGlrJeMpzhmyjD  
WOo0PJJM6yZsTeEpGkDHMHQ255+g=:
```

第8步：查看已知问题

没有已知问题。

配置 Rocky Linux 8.x 以支持 NVMe-oF 和ONTAP存储

Rocky Linux 主机支持基于光纤通道的 NVMe (NVMe/FC) 和基于 TCP 的 NVMe (NVMe/TCP) 协议，并支持非对称命名空间访问 (ANA)。ANA 提供与 iSCSI 和 FCP 环境中的非对称逻辑单元访问 (ALUA) 等效的多路径功能。

了解如何为 Rocky Linux 8.x 配置 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 主机。如需更多支持和功能信息，请参阅["Rocky Linux ONTAP支持和功能"](#)。

NVMe-oF 与 Rocky Linux 8.x 存在以下已知限制：

- 目前不支持使用 NVMe-oF 协议的 SAN 启动。
- 在 Rocky Linux 8.x 中，NVMe-oF 主机上的内核内 NVMe 多路径默认处于禁用状态；您必须手动启用它。
- 由于已知问题，NVMe/TCP 可作为技术预览使用。

步骤 1：安装 Rocky Linux 和 NVMe 软件并验证您的配置

要为 NVMe-oF 配置主机，您需要安装主机和 NVMe 软件包，启用多路径，并验证主机 NQN 配置。

步骤

1. 在服务器上安装 Rocky Linux 8.x。安装完成后，请确认您运行的是所需的 Rocky Linux 8.x 内核：

```
uname -r
```

Rocky Linux 内核版本示例：

```
5.14.0-570.12.1.el9_6.x86_64
```

<stdin> 中存在未解析的指令 - include::_include/nvme/linux-validate-software-version-rockylinux.adoc[]

步骤 2：配置 NVMe/FC 和 NVMe/TCP

使用 Broadcom/Emulex 或 Marvell/QLogic 适配器配置 NVMe/FC，或使用手动发现和连接操作配置 NVMe/TCP。

NVMe/FC - 博通/Emulex

为Broadcom/Emulex适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器型号是否受支持：

a. 显示模型名称：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

您应看到以下输出：

```
LPe36002-M64  
LPe36002-M64
```

b. 显示模型描述：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
Emulex LightPulse LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LightPulse LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter
```

2. 确认您使用的是建议的Broadcom lpfc 固件和内置驱动程序：

a. 显示固件版本：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

该命令返回固件版本：

```
14.4.317.10, sli-4:6:d  
14.4.317.10, sli-4:6:d
```

b. 显示收件箱驱动程序版本：

```
cat /sys/module/lpfc/version`
```

以下示例显示了驱动程序版本：

```
0:14.4.0.2
```

有关支持的适配器驱动程序和固件版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

3. 验证的预期输出是否 lpfc_enable_fc4_type` 设置为 `3:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

4. 验证是否可以查看启动程序端口:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

以下示例显示端口标识:

```
0x100000109bf044b1  
0x100000109bf044b2
```

5. 验证启动程序端口是否联机:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

您应看到以下输出:

```
Online  
Online
```

6. 验证NVMe/FC启动程序端口是否已启用且目标端口是否可见:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

显示示例

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc2 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc2 WWPN x100000109bf044b1 WWNN x200000109bf044b1
DID x022a00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x202fd039eaa7dfc8 WWNN x202cd039eaa7dfc8
DID x021310 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x202dd039eaa7dfc8 WWNN x202cd039eaa7dfc8
DID x020b10 TARGET DISCSRVC ONLINE
```

```
NVME Statistics
LS: Xmt 0000000810 Cmpl 0000000810 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000007b098f07 Issue 000000007aee27c4 OutIO
ffffffffffffe498bd
          abort 000013b4 noxri 00000000 nondlp 00000058 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 000013b4 Err 00021443
```

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc3 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc3 WWPN x100000109bf044b2 WWNN x200000109bf044b2
DID x021b00 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2033d039eaa7dfc8 WWNN x202cd039eaa7dfc8
DID x020110 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2032d039eaa7dfc8 WWNN x202cd039eaa7dfc8
DID x022910 TARGET DISCSRVC ONLINE
```

```
NVME Statistics
LS: Xmt 0000000840 Cmpl 0000000840 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000007afd4434 Issue 000000007ae31b83 OutIO
ffffffffffffe5d74f
          abort 000014a5 noxri 00000000 nondlp 0000006a qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 000014a5 Err 0002149a
```

NVMe/FC - Marvell/QLogic

为Marvell/QLogic适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您是否正在运行受支持的适配器驱动程序和固件版本：

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

以下示例显示了驱动程序和固件版本：

```
QLE2742 FW:v9.14.00 DVR:v10.02.09.200-k  
QLE2742 FW:v9.14.00 DVR:v10.02.09.200-k
```

2. 请验证 `ql2xnvmeenable` 已设置。这样、Marvell适配器便可用作NVMe/FC启动程序：

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

预期输出为1。

NVMe/TCP

NVMe/TCP 协议不支持自动连接操作。相反，您可以通过执行 NVMe/TCP 来发现 NVMe/TCP 子系统和命名空间 `connect` 或者 `connect-all` 手动操作。

1. 检查启动器端口是否可以跨支持的 NVMe/TCP LIF 获取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.1.31 -a 192.168.1.24
Discovery Log Number of Records 20, Generation counter 25
====Discovery Log Entry 0=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  4
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:discovery
traddr:  192.168.2.25
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 1=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  2
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:discovery
traddr:  192.168.1.25
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 2=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  5
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:discovery
traddr:  192.168.2.24
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 3=====
trtype:  tcp
```

```

adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  1
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4ba1e74eb611ef9f50d039eab6cb6d:discovery
traddr:  192.168.1.24
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 4=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  4
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4ba1e74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_1
traddr:  192.168.2.25
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 5=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  2
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4ba1e74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_1
traddr:  192.168.1.25
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 6=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  5
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4ba1e74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme

```

```

_tcp_1
traddr: 192.168.2.24
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_1
traddr: 192.168.1.24
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 8=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 4
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_4
traddr: 192.168.2.25
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 9=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_4
traddr: 192.168.1.25
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 10=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4

```

```

subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  5
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_4
traddr:  192.168.2.24
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 11=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  1
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_4
traddr:  192.168.1.24
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 12=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  4
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_3
traddr:  192.168.2.25
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 13=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  2
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_3

```

```

traddr: 192.168.1.25
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 14=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 5
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_3
traddr: 192.168.2.24
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 15=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_3
traddr: 192.168.1.24
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 16=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 4
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_2
traddr: 192.168.2.25
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 17=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem

```

```

treq:    not specified
portid:  2
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4ba1e74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_2
traddr:  192.168.1.25
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 18=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  5
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4ba1e74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_2
traddr:  192.168.2.24
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 19=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  1
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.0f4ba1e74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme
_tcp_2
traddr:  192.168.1.24
eflags:  none
sectype: none

```

2. 验证其他NVMe/TCP启动程序-目标LIF组合是否能够成功提取发现日志页面数据:

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.1.31 -a 192.168.1.24
nvme discover -t tcp -w 192.168.2.31 -a 192.168.2.24
nvme discover -t tcp -w 192.168.1.31 -a 192.168.1.25
nvme discover -t tcp -w 192.168.2.31 -a 192.168.2.25
```

3. 运行 `nvme connect-all` 在节点中所有受支持的NVMe/TCP启动程序-目标SIP上运行命令：

```
nvme connect-all -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

显示示例

```
nvme    connect-all -t  tcp -w  192.168.1.31    -a  192.168.1.24
nvme    connect-all -t  tcp -w  192.168.2.31    -a  192.168.2.24
nvme    connect-all -t  tcp -w  192.168.1.31    -a  192.168.1.25
nvme    connect-all -t  tcp -w  192.168.2.31    -a  192.168.2.25
```

步骤 3：可选，启用 NVMe/FC 的 1MB I/O。

您可以为配置了 Broadcom 适配器的 NVMe/FC 启用 1MB 大小的 I/O 请求。ONTAP在识别控制器数据中报告的最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大I/O请求大小最多可以为1 MB。要发出 1MB 大小的 I/O 请求，您需要增加 `lpfc_sg_seg_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc_sg_seg_cnt` 参数设置为256：

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `dracut -f` 命令并重新启动主机。
3. 验证的值是否 `lpfc_sg_seg_cnt` 为256：

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

步骤 4: 验证多路径配置

验证内核NVMe多路径状态、ANA状态和ONTAP命名空间是否适用于NVMe-oF配置。

步骤

1. 验证是否已启用内核NVMe多路径:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

您应看到以下输出:

```
Y
```

2. 验证相应ONTAP命名库的适当NVMe-oF设置(例如、型号设置为NetApp ONTAP控制器、负载平衡iopolicy设置为循环)是否正确反映在主机上:

- a. 显示子系统:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

您应看到以下输出:

```
NetApp ONTAP Controller  
NetApp ONTAP Controller
```

- b. 显示策略:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

您应看到以下输出:

```
round-robin  
round-robin
```

3. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间:

```
nvme list
```

显示示例

```
Node          SN                      Model
-----
/dev/nvme4n1  81Ix2BVuekWcAAAAAAB  NetApp ONTAP Controller

Namespace Usage    Format                      FW                      Rev
-----
1                  21.47 GB / 21.47 GB    4 KiB + 0 B    FFFFFFFF
```

4. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态：

NVMe/FC

```
nvme list-subsys /dev/nvme4n5
```

显示示例

```
nvme-subsys4 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.3a5d31f5502c11ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme_1
                hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:e6dade64-216d-11ec-b7bb-7ed30a5482c3
iopolicy=round-robin\
+- nvme1 fc traddr=nn-0x2082d039eaa7dfc8:pn-0x2088d039eaa7dfc8,host_traddr=nn-0x20000024ff752e6d:pn-0x21000024ff752e6d live optimized
+- nvme12 fc traddr=nn-0x2082d039eaa7dfc8:pn-0x208ad039eaa7dfc8,host_traddr=nn-0x20000024ff752e6d:pn-0x21000024ff752e6d live non-optimized
+- nvme10 fc traddr=nn-0x2082d039eaa7dfc8:pn-0x2087d039eaa7dfc8,host_traddr=nn-0x20000024ff752e6c:pn-0x21000024ff752e6c live non-optimized
+- nvme3 fc traddr=nn-0x2082d039eaa7dfc8:pn-0x2083d039eaa7dfc8,host_traddr=nn-0x20000024ff752e6c:pn-0x21000024ff752e6c live optimized
```

NVMe/TCP

```
nvme list-subsys /dev/nvme1n1
```

显示示例

```
nvme-subsys5 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.0f4bale74eb611ef9f50d039eab6cb6d:subsystem.nvme_tcp_3
hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b5c04f444d33
iopolicy=round-robin
\
+- nvme13 tcp
traddr=192.168.2.25,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.31,
src_addr=192.168.2.31 live optimized
+- nvme14 tcp
traddr=192.168.2.24,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.2.31,
src_addr=192.168.2.31 live non-optimized
+- nvme5 tcp
traddr=192.168.1.25,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.31,
src_addr=192.168.1.31 live optimized
+- nvme6 tcp
traddr=192.168.1.24,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.1.31,
src_addr=192.168.1.31 live non-optimized
```

5. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值:

列

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

显示示例

Device	Vserver	Namespace	Path
/dev/nvme1n1	linux_tcnvme_iscsi		
/vol/tcpcnvme_1_0_0/tcpcnvme_ns			
NSID	UUID		Size
1	5f7f630d-8ea5-407f-a490-484b95b15dd6		21.47GB

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

显示示例

```
{
  "ONTAPdevices": [
    {
      "Device": "/dev/nvme1n1",
      "Vserver": "linux_tcnvme_iscsi",
      "Namespace_Path": "/vol/tcpcnvme_1_0_0/tcpcnvme_ns",
      "NSID": 1,
      "UUID": "5f7f630d-8ea5-407f-a490-484b95b15dd6",
      "Size": "21.47GB",
      "LBA_Data_Size": 4096,
      "Namespace_Size": 5242880
    },
  ]
}
```

步骤 5: 查看已知问题

这些是已知问题:

NetApp 错误 ID	标题	Description
"1479047"	Rocky Linux 8.x NVMe-oF 主机创建重复的持久发现控制器	在 NVMe-oF 主机上，您可以使用“nvme discover -p”命令创建持久发现控制器 (PDC)。但是，如果您在 NVMe-oF 主机上运行 Rocky Linux 8.x，则每次执行“nvme discover -p”时都会创建一个重复的 PDC。使用此命令时，每个发起方-目标组合只能创建一个 PDC。但是，如果您在 NVMe-oF 主机上运行 Rocky Linux 8.x，则每次执行“nvme discover -p”时都会创建一个重复的 PDC。这会导致主机和目标设备上资源的不必要消耗。

SUSE Linux Enterprise Server

了解 **SUSE Linux Enterprise Server** 对 **ONTAP** 的支持和功能

使用 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 进行主机配置所支持的功能因 ONTAP 和 SUSE Linux Enterprise Server 的版本而异。

功能	SUSE Linux Enterprise Server 主机版本	ONTAP 版本
NVMe/TCP 支持传输层安全协议 (TLS) 1.3 加密。	15 SP6 或更高版本	9.16.1 或更高版本
RHEL 主机和 ONTAP 控制器之间通过 NVMe/TCP 支持安全的带内身份验证。	15 SP4 或更高版本	9.12.1 或更高版本
持久发现控制器 (PDC) 使用唯一的发现 NQN 提供支持	15 SP4 或更高版本	9.11.1 或更高版本
NVMe/TCP 使用原生命名空间提供命名空间 `nvme-cli` 包裹	15 SP4 或更高版本	9.10.1 或更高版本
同一主机上支持 NVMe 和 SCSI 流量，NVMe-oF 命名空间使用 NVMe 多路径，SCSI LUN 使用 dm 多路径。	15 SP1 或更高版本	9.4 或更高版本

无论系统设置中运行的 ONTAP 版本如何，ONTAP 支持以下 SAN 主机功能。

功能	SUSE Linux Enterprise Server 主机版本
SAN 启动已通过 NVMe/FC 协议启用	15 SP7 或更高版本
默认情况下启用原生 NVMe 多路径。	15 SP1 或更高版本
这 `nvme-cli` 该软件包包含自动连接脚本，无需第三方脚本。	15 SP1 或更高版本



有关受支持配置的详细信息，请参阅[互操作性表工具](#)。

下一步

如果您的 SUSE Linux Enterprise Server 版本是.....	了解.....
15 SPx 系列	"为 SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx 配置 NVMe"

相关信息

["了解如何管理 NVMe 协议"](#)

配置 **SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx** 以支持 **NVMe-oF** 和 **ONTAP** 存储

SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx 主机支持基于光纤通道的 NVMe (NVMe/FC) 和基于 TCP 的 NVMe (NVMe/TCP) 协议，并支持非对称命名空间访问 (ANA)。ANA 提供与 iSCSI 和 FCP 环境中的非对称逻辑单元访问 (ALUA) 等效的多路径功能。

了解如何为 SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx 配置 NVMe over Fabrics (NVMe-oF) 主机。如需更多支持和功能信息，请参阅 ["ONTAP支持和功能"](#)。

使用 SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx 的 NVMe-oF 存在以下已知限制：

- 这 `nvme disconnect-all` 该命令会断开根文件系统 and 数据文件系统，可能会导致系统不稳定。请勿在通过 NVMe-TCP 或 NVMe-FC 命名空间从 SAN 启动的系统上执行此操作。
- NetApp sanlun 主机实用程序不支持 NVMe-oF。或者，您可以依赖原生产品中包含的 NetApp 插件。nvme-cli 适用于所有 NVMe-oF 传输的软件包。
- 对于 SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 及更早版本，不支持使用 NVMe-oF 协议进行 SAN 启动。

第1步：(可选)启用**SAN**启动

您可以配置主机以使用 SAN 启动来简化部署并提高可扩展性。使用["互操作性表工具"](#)验证您的 Linux 操作系统、主机总线适配器 (HBA)、HBA 固件、HBA 启动 BIOS 和ONTAP版本是否支持 SAN 启动。

步骤

1. ["创建 NVMe 命名空间并将其映射到主机"](#)。
2. 在服务器 BIOS 中为 SAN 启动命名空间映射到的端口启用 SAN 启动。

有关如何启用 HBA BIOS 的信息，请参见供应商专用文档。

3. 重新启动主机并验证操作系统是否已启动并正在运行。

步骤 2：安装 **SUSE Linux Enterprise Server** 和 **NVMe** 软件，并验证您的配置

要为 NVMe-oF 配置主机，您需要安装主机和 NVMe 软件包，启用多路径，并验证主机 NQN 配置。

步骤

1. 在服务器上安装 SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx。安装完成后，请确认您运行的是指定的 SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx 内核：

```
uname -r
```

Rocky Linux 内核版本示例：

```
6.4.0-150700.53.3-default
```

2. 安装 NVMe-CLI 软件包：

```
rpm -qa|grep nvme-cli
```

下面的例子展示了 `nvme-cli` 软件包版本：

```
nvme-cli-2.11+22.gd31b1a01-150700.3.3.2.x86_64
```

3. 安装 libnvme 软件包：

```
rpm -qa|grep libnvme
```

下面的例子展示了 `libnvme` 软件包版本：

```
libnvme1-1.11+4.ge68a91ae-150700.4.3.2.x86_64
```

4. 在主机上，检查 hostnqn 字符串 /etc/nvme/hostnqn：

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

下面的例子展示了 `hostnqn` 版本：

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:f6517cae-3133-11e8-bbff-7ed30aef123f
```

5. 在 ONTAP 系统中，验证以下信息：`hostnqn` 字符串匹配 `hostnqn` ONTAP 数组中对应子系统的字符串：

```
::> vserver nvme subsystem host show -vserver vs_coexistence_LPE36002
```

显示示例

```
Vserver Subsystem Priority Host NQN
-----
vs_coexistence_LPE36002
    nvme
        regular    nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-b9c04f425633
    nvme_1
        regular    nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-b9c04f425633
    nvme_2
        regular    nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-b9c04f425633
    nvme_3
        regular    nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0056-5410-8048-b9c04f425633
4 entries were displayed.
```



如果 `hostnqn` 字符串不匹配、请使用 `vserver modify` 用于更新的命令 `hostnqn` 要匹配的相应ONTAP 阵列子系统上的字符串 `hostnqn` 字符串自 `/etc/nvme/hostnqn` 在主机上。

步骤 3: 配置 NVMe/FC 和 NVMe/TCP

使用 Broadcom/Emulex 或 Marvell/QLogic 适配器配置 NVMe/FC，或使用手动发现和连接操作配置 NVMe/TCP。

NVMe/FC - 博通/Emulex

为Broadcom/Emulex FC适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您使用的适配器型号是否受支持：

a. 显示模型名称：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

您应看到以下输出：

```
LPe36002-M64  
LPe36002-M64
```

b. 显示模型描述：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

您应看到以下输出：

```
Emulex LightPulse LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LightPulse LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter
```

2. 确认您使用的是建议的Broadcom lpfc 固件和内置驱动程序：

a. 显示固件版本：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

以下示例显示固件版本：

```
14.4.393.25, sli-4:2:c  
14.4.393.25, sli-4:2:c
```

b. 显示收件箱驱动程序版本：

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

以下示例显示了驱动程序版本：

```
0:14.4.0.8
```

有关支持的适配器驱动程序和固件版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

3. 验证的预期输出是否 lpfc_enable_fc4_type` 设置为 `3:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

4. 验证是否可以查看启动程序端口:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

您应该看到类似以下内容的输出:

```
0x10000090fae0ec88  
0x10000090fae0ec89
```

5. 验证启动程序端口是否联机:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

您应看到以下输出:

```
Online  
Online
```

6. 验证NVMe/FC启动程序端口是否已启用且目标端口是否可见:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

显示示例输出

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x10000090fae0ec88 WWNN x20000090fae0ec88
DID x0a1300 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x23b1d039ea359e4a WWNN x23aed039ea359e4a
DID x0a1c01 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x22bbd039ea359e4a WWNN x22b8d039ea359e4a
DID x0a1c0b TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2362d039ea359e4a WWNN x234ed039ea359e4a
DID x0a1c10 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x23afd039ea359e4a WWNN x23aed039ea359e4a
DID x0a1a02 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x22b9d039ea359e4a WWNN x22b8d039ea359e4a
DID x0a1a0b TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2360d039ea359e4a WWNN x234ed039ea359e4a
DID x0a1a11 TARGET DISCSRVC ONLINE
```

```
NVME Statistics
LS: Xmt 0000004ea0 Cmpl 0000004ea0 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 0000000000102c35 Issue 0000000000102c2d OutIO
fffffffffffffffff8
          abort 00000175 noxri 00000000 nondlp 0000021d qdepth
00000000 wqerr 00000007 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000175 Err 0000058b
```

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x10000090fae0ec89 WWNN x20000090fae0ec89
DID x0a1200 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x23b2d039ea359e4a WWNN x23aed039ea359e4a
DID x0a1d01 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x22bcd039ea359e4a WWNN x22b8d039ea359e4a
DID x0a1d0b TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2363d039ea359e4a WWNN x234ed039ea359e4a
DID x0a1d10 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x23b0d039ea359e4a WWNN x23aed039ea359e4a
DID x0a1b02 TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x22bad039ea359e4a WWNN x22b8d039ea359e4a
DID x0a1b0b TARGET DISCSRVC ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2361d039ea359e4a WWNN x234ed039ea359e4a
DID x0a1b11 TARGET DISCSRVC ONLINE
```

```
NVME Statistics
```

```
LS: Xmt 0000004e31 Cmpl 0000004e31 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 00000000001017f2 Issue 00000000001017ef OutIO
fffffffffffffffffd
        abort 0000018a noxri 00000000 nondlp 0000012e qdepth
0000000000 wqerr 00000004 err 00000000
FCP CMPL: xb 0000018a Err 000005ca
```

NVMe/FC - Marvell/QLogic

为Marvell/QLogic适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您是否正在运行受支持的适配器驱动程序和固件版本：

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

以下示例显示了驱动程序和固件版本：

```
QLE2742 FW:v9.14.00 DVR:v10.02.09.400-k-debug
QLE2742 FW:v9.14.00 DVR:v10.02.09.400-k-debug
```

2. 请验证 `ql2xnvmeenable` 已设置。这样、Marvell适配器便可用作NVMe/FC启动程序：

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

预期输出为1。

NVMe/TCP

NVMe/TCP 协议不支持自动连接操作。相反，您可以通过执行 NVMe/TCP 来发现 NVMe/TCP 子系统和命名空间 `connect` 或者 `connect-all` 手动操作。

1. 验证启动程序端口是否可以通过受支持的NVMe/TCP LIF提取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

显示示例输出

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.111.80 -a 192.168.111.70

Discovery Log Number of Records 8, Generation counter 42
=====Discovery Log Entry 0=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treql: not specified
portid: 4
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.f8e2af201b7211f0ac2bd039eab67a95:discovery
traddr: 192.168.211.71
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 1=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treql: not specified
portid: 3
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.f8e2af201b7211f0ac2bd039eab67a95:discovery
traddr: 192.168.111.71
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 2=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treql: not specified
portid: 2
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.f8e2af201b7211f0ac2bd039eab67a95:discovery
traddr: 192.168.211.70
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 3=====
```

```

trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype:  current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  1
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.f8e2af201b7211f0ac2bd039eab67a95:discovery
traddr:  192.168.111.70
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype:  none
=====Discovery Log Entry 4=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype:  nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  4
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.f8e2af201b7211f0ac2bd039eab67a95:subsystem.samp
le_tcp_sub
traddr:  192.168.211.71
eflags:  none
sectype:  none
=====Discovery Log Entry 5=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype:  nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  3
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.f8e2af201b7211f0ac2bd039eab67a95:subsystem.samp
le_tcp_sub
traddr:  192.168.111.71
eflags:  none
sectype:  none
=====Discovery Log Entry 6=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype:  nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  2
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-

```

```

08.com.netapp:sn.f8e2af201b7211f0ac2bd039eab67a95:subsystem.samp
le_tcp_sub
traddr: 192.168.211.70
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.f8e2af201b7211f0ac2bd039eab67a95:subsystem.samp
le_tcp_sub
traddr: 192.168.111.70
eflags: none
sectype: none
localhost:~ #

```

2. 验证所有其他NVMe/TCP启动程序-目标LIF组合是否可以成功提取发现日志页面数据:

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

显示示例

```

nvme discover -t tcp -w 192.168.111.80 -a 192.168.111.66
nvme discover -t tcp -w 192.168.111.80 -a 192.168.111.67
nvme discover -t tcp -w 192.168.211.80 -a 192.168.211.66
nvme discover -t tcp -w 192.168.211.80 -a 192.168.211.67

```

3. 运行 nvme connect-all 在节点中所有受支持的NVMe/TCP启动程序-目标SIP上运行命令:

```
nvme connect-all -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

显示示例

```
nvme      connect-all -t  tcp -w  192.168.111.80  -a
192.168.111.66
nvme      connect-all -t  tcp -w  192.168.111.80  -a
192.168.111.67
nvme      connect-all -t  tcp -w  192.168.211.80  -a
192.168.211.66
nvme      connect-all -t  tcp -w  192.168.211.80  -a
192.168.211.67
```

从 SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 开始，NVMe/TCP 的设置发生了变化。ctrl_loss_tmo timeout 自动设置为“关闭”。因此：

- 重试次数没有限制（无限重试）。
- 您不需要手动配置特定的 `ctrl\_loss\_tmo timeout` 使用时长 `nvme connect` 或者 `nvme connect-all` 命令（选项 -l）。
- 如果发生路径故障，NVMe/TCP 控制器不会超时，并且会无限期地保持连接。

步骤 4：（可选）修改 udev 规则中的 iopolicy

从 SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 开始，NVMe-oF 的默认 iopolicy 设置为 round-robin。如果您想更改 iopolicy 为 `queue-depth` 修改 udev 规则文件如下：

步骤

1. 使用 root 权限在文本编辑器中打开 udev 规则文件：

```
/usr/lib/udev/rules.d/71-nvmf-netapp.rules
```

您应看到以下输出：

```
vi /usr/lib/udev/rules.d/71-nvmf-netapp.rules
```

2. 找到为 NetApp ONTAP 控制器设置 iopolicy 的行，如下例所示：

```
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{subsysstype}=="nvm",
ATTR{model}=="NetApp ONTAP Controller", ATTR{iopolicy}="round-robin"
```

3. 修改规则，以便 round-robin 变成 `queue-depth`：

```
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{subsysname}=="nvm",  
ATTR{model}=="NetApp ONTAP Controller", ATTR{iopolicy}="queue-depth"
```

4. 重新加载udev规则并应用更改：

```
udevadm control --reload  
udevadm trigger --subsystem-match=nvme-subsystem
```

5. 请检查子系统的当前 I/O 策略。例如，替换<子系统> nvme-subsys0。

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<subsystem>/iopolicy
```

您应看到以下输出：

```
queue-depth.
```



新的 iopolicy 会自动应用于匹配的NetApp ONTAP控制器设备。您无需重启。

步骤 5：可选，启用 **NVMe/FC** 的 **1MB I/O**。

ONTAP在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求，您应该增加 `lpfc` 的值 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数设置为256：

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `dracut -f` 命令并重新启动主机。

3. 验证的值是否 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 为256：

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

步骤 6: 验证 NVMe 启动服务

这 `nvmeofc-boot-connections.service` 和 `nvmf-autoconnect.service` NVMe/FC 中包含的启动服务 `nvme-cli` 系统启动时, 软件包会自动启用。

启动完成后, 验证 `nvmeofc-boot-connections.service` 和 `nvmf-autoconnect.service` 启动服务已启用。

步骤

1. 验证是否 `nvmf-autoconnect.service` 已启用:

```
systemctl status nvmf-autoconnect.service
```

显示示例输出

```
nvmf-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvmf-autoconnect.service;
   enabled; preset: enabled)
   Active: inactive (dead) since Fri 2025-07-04 23:56:38 IST; 4 days
   ago
     Main PID: 12208 (code=exited, status=0/SUCCESS)
        CPU: 62ms

Jul 04 23:56:26 localhost systemd[1]: Starting Connect NVMe-oF
subsystems automatically during boot...
Jul 04 23:56:38 localhost systemd[1]: nvmf-autoconnect.service:
Deactivated successfully.
Jul 04 23:56:38 localhost systemd[1]: Finished Connect NVMe-oF
subsystems automatically during boot.
```

2. 验证是否 `nvmeofc-boot-connections.service` 已启用:

```
systemctl status nvmeofc-boot-connections.service
```

显示示例输出

```
nvmeofc-boot-connections.service - Auto-connect to subsystems on FC-
NVME devices found during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvmeofc-boot-
connections.service; enabled; preset: enabled)
   Active: inactive (dead) since Mon 2025-07-07 19:52:30 IST; 1 day
4h ago
   Main PID: 2945 (code=exited, status=0/SUCCESS)
      CPU: 14ms

Jul 07 19:52:30 HP-DL360-14-168 systemd[1]: Starting Auto-connect to
subsystems on FC-NVME devices found during boot...
Jul 07 19:52:30 HP-DL360-14-168 systemd[1]: nvmeofc-boot-
connections.service: Deactivated successfully.
Jul 07 19:52:30 HP-DL360-14-168 systemd[1]: Finished Auto-connect to
subsystems on FC-NVME devices found during boot.
```

步骤 7: 验证多路径配置

验证内核NVMe多路径状态、ANA状态和ONTAP命名空间是否适用于NVMe-oF配置。

步骤

1. 验证是否已启用内核NVMe多路径:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

您应看到以下输出:

```
Y
```

2. 验证相应的ONTAP命名空间的 NVMe-oF 设置 (例如, 将型号设置为NetApp ONTAP Controller, 并将负载均衡 iopolicy 设置为 queue-depth) 是否正确反映在主机上:

- a. 显示子系统:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

您应看到以下输出:

```
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

b. 显示策略：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

您应看到以下输出：

```
queue-depth
queue-depth
```

3. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间：

```
nvme list
```

显示示例

Node	SN	Model		

/dev/nvme4n1	81Ix2BVuekWcAAAAAAB	NetApp ONTAP Controller		
Namespace	Usage	Format	FW	Rev

1		21.47 GB / 21.47 GB	4 KiB + 0 B	FFFFFFFF

4. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态：

NVMe/FC

```
nvme list-subsys /dev/nvme4n5
```

显示示例输出

```
nvme-subsys114 - NQN=nqn.1992-  
08.com.netapp:sn.9e30b9760a4911f08c87d039eab67a95:subsystem.sles  
_161_27  
                hostnqn=nqn.2014-  
08.org.nvmexpress:uuid:f6517cae-3133-11e8-bbff-7ed30aef123f  
iopolicy=round-robin\  
+- nvme114 fc traddr=nn-0x234ed039ea359e4a:pn-  
0x2360d039ea359e4a,host_traddr=nn-0x20000090fae0ec88:pn-  
0x10000090fae0ec88 live optimized  
+- nvme115 fc traddr=nn-0x234ed039ea359e4a:pn-  
0x2362d039ea359e4a,host_traddr=nn-0x20000090fae0ec88:pn-  
0x10000090fae0ec88 live non-optimized  
+- nvme116 fc traddr=nn-0x234ed039ea359e4a:pn-  
0x2361d039ea359e4a,host_traddr=nn-0x20000090fae0ec89:pn-  
0x10000090fae0ec89 live optimized  
+- nvme117 fc traddr=nn-0x234ed039ea359e4a:pn-  
0x2363d039ea359e4a,host_traddr=nn-0x20000090fae0ec89:pn-  
0x10000090fae0ec89 live non-optimized
```

NVMe/TCP

```
nvme list-subsys /dev/nvme9n1
```

显示示例输出

```
nvme-subsys9 - NQN=nqn.1992-  
08.com.netapp:sn.f8e2af201b7211f0ac2bd039eab67a95:subsystem.with  
_inband_with_json hostnqn=nqn.2014-  
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b2c04f444d33  
iopolicy=round-robin  
\n+- nvme10 tcp  
traddr=192.168.111.71,trsvcid=4420,src_addr=192.168.111.80 live  
non-optimized  
+- nvme11 tcp  
traddr=192.168.211.70,trsvcid=4420,src_addr=192.168.211.80 live  
optimized  
+- nvme12 tcp  
traddr=192.168.111.70,trsvcid=4420,src_addr=192.168.111.80 live  
optimized  
+- nvme9 tcp  
traddr=192.168.211.71,trsvcid=4420,src_addr=192.168.211.80 live  
non-optimized
```

5. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值：

列

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

显示示例

Device	Vserver	Namespace	Path
NSID	UUID	Size	

/dev/nvme0n1	vs_161		
/vol/fc_nvme_vol1/fc_nvme_ns1		1	32fd92c7-
0797-428e-a577-fdb3f14d0dc3	5.37GB		

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

显示示例

```
{
  "Device":"/dev/nvme98n2",
  "Vserver":"vs_161",
  "Namespace_Path":"/vol/fc_nvme_vol171/fc_nvme_ns71",
  "NSID":2,
  "UUID":"39d634c4-a75e-4fbd-ab00-3f9355a26e43",
  "LBA_Size":4096,
  "Namespace_Size":5368709120,
  "UsedBytes":430649344,
}
```

步骤 8: 创建持久发现控制器

您可以为 SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx 主机创建持久发现控制器 (PDC)。需要 PDC 来自动检测 NVMe 子系统的添加或删除操作以及发现日志页面数据的更改。

步骤

1. 验证发现日志页面数据是否可用、并且可以通过启动程序端口和目标LIF组合进行检索：

```
nvme discover -t <trtype> -w <host-traddr> -a <traddr>
```

显示示例输出

```
Discovery Log Number of Records 8, Generation counter 18
=====Discovery Log Entry 0=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  4
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.4f7af2bd221811f0afadd039eab0dadd:discovery
traddr:  192.168.111.66
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 1=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  2
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.4f7af2bd221811f0afadd039eab0dadd:discovery
traddr:  192.168.211.66
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 2=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  3
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.4f7af2bd221811f0afadd039eab0dadd:discovery
traddr:  192.168.111.67
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 3=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
```

```

subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  1
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.4f7af2bd221811f0afadd039eab0dadd:discovery
traddr:  192.168.211.67
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 4=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  4
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.4f7af2bd221811f0afadd039eab0dadd:subsystem.pdc
traddr:  192.168.111.66
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 5=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  2
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.4f7af2bd221811f0afadd039eab0dadd:subsystem.pdc
traddr:  192.168.211.66
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 6=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  3
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.4f7af2bd221811f0afadd039eab0dadd:subsystem.pdc
traddr:  192.168.111.67
eflags:  none
sectype: none

```

```
====Discovery Log Entry 7====  
trtype: tcp  
adrfam: ipv4  
subtype: nvme subsystem  
treq: not specified  
portid: 1  
trsvcid: 4420  
subnqn: nqn.1992-  
08.com.netapp:sn.4f7af2bd221811f0afadd039eab0dadd:subsystem.pdc  
traddr: 192.168.211.67  
eflags: none  
sectype: none
```

2. 为发现子系统创建PDC:

```
nvme discover -t <trtype> -w <host-traddr> -a <traddr> -p
```

您应看到以下输出:

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.111.80 -a 192.168.111.66 -p
```

3. 从ONTAP控制器中、验证是否已创建PDC:

```
vserver nvme show-discovery-controller -instance -vserver <vserver_name>
```

显示示例输出

```
vserver nvme show-discovery-controller -instance -vserver vs_pdc

Vserver Name: vs_pdc
Controller ID: 0101h
Discovery Subsystem NQN: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.4f7af2bd221811f0afadd039eab0dadd:discovery
Logical Interface: lif2
Node: A400-12-181
Host NQN: nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:9796c1ec-0d34-11eb-b6b2-3a68dd3bab57
Transport Protocol: nvme-tcp
Initiator Transport Address: 192.168.111.80
Transport Service Identifier: 8009
Host Identifier: 9796c1ec0d3411ebb6b23a68dd3bab57
Admin Queue Depth: 32
Header Digest Enabled: false
Data Digest Enabled: false
Keep-Alive Timeout (msec): 30000
```

步骤 9：设置安全带内身份验证

支持通过 NVMe/TCP 在 SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx 主机和ONTAP控制器之间进行安全的带内身份验证。

每个主机或控制器都必须与一个 DH-HMAC-CHAP 设置安全认证的关键。DH-HMAC-CHAP 密钥是 NVMe 主机或控制器的 NQN 与管理员配置的身份验证密钥的组合。为了验证对等方的身份，NVMe 主机或控制器必须识别与对等方关联的密钥。

使用 CLI 或配置 JSON 文件设置安全带内身份验证。如果需要为不同的子系统指定不同的dhchap密钥、则必须使用config JSON文件。

命令行界面

使用命令行界面设置安全带内身份验证。

1. 获取主机NQN:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

2. 为主机生成 dhchap 密钥。

以下输出说明了 `gen-dhchap-key` 命令参数:

```
nvme gen-dhchap-key -s optional_secret -l key_length {32|48|64} -m
HMAC_function {0|1|2|3} -n host_nqn
• -s secret key in hexadecimal characters to be used to initialize
the host key
• -l length of the resulting key in bytes
• -m HMAC function to use for key transformation
0 = none, 1= SHA-256, 2 = SHA-384, 3=SHA-512
• -n host NQN to use for key transformation
```

在以下示例中、将生成一个随机dhchap密钥、其中HMAC设置为3 (SHA-512)。

```
nvme gen-dhchap-key -m 3 -n nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:e6dade64-216d-11ec-b7bb-7ed30a5482c3
DHHC-
1:03:1CFivw9ccz58gAcOUJrM7Vs98hd2ZHSr+iw+Amg6xZP15D2Yk+HDTZiUAgliGgx
TYqnxukqvYedA55Bw3wtz6sJNpR4=:
```

3. 在ONTAP控制器上、添加主机并指定两个dhchap密钥:

```
vserver nvme subsystem host add -vserver <svm_name> -subsystem
<subsystem> -host-nqn <host_nqn> -dhchap-host-secret
<authentication_host_secret> -dhchap-controller-secret
<authentication_controller_secret> -dhchap-hash-function {sha-
256|sha-512} -dhchap-group {none|2048-bit|3072-bit|4096-bit|6144-
bit|8192-bit}
```

4. 主机支持两种类型的身份验证方法: 单向和双向。在主机上、连接到ONTAP控制器并根据所选身份验证方法指定dhchap密钥:

```
nvme connect -t tcp -w <host-traddr> -a <tr-addr> -n <host_nqn> -S
<authentication_host_secret> -C <authentication_controller_secret>
```

5. 验证 nvme connect authentication 命令、验证主机和控制器dhchap密钥:

a. 验证主机dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-subsysX>/nvme*/dhchap_secret
```

显示单向配置的示例输出

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys1/nvme*/dhchap_secret
DHHC-1:01:iM63E6cX7G5SOKKOju8gmzM53qywsy+C/YwtzxhIt9ZRz+ky:
DHHC-1:01:iM63E6cX7G5SOKKOju8gmzM53qywsy+C/YwtzxhIt9ZRz+ky:
DHHC-1:01:iM63E6cX7G5SOKKOju8gmzM53qywsy+C/YwtzxhIt9ZRz+ky:
DHHC-1:01:iM63E6cX7G5SOKKOju8gmzM53qywsy+C/YwtzxhIt9ZRz+ky:
```

b. 验证控制器dhchap密钥:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-
subsysX>/nvme*/dhchap_ctrl_secret
```

显示双向配置的示例输出

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys6/nvme*/dhchap_ctrl_secret
DHHC-
1:03:1CFivw9ccz58gAcOUJrM7Vs98hd2ZHSr+iw+Amg6xZPl5D2Yk+HDTZiUA
g1iGgxTYqnxukqvYedA55Bw3wtz6sJNpR4=:
DHHC-
1:03:1CFivw9ccz58gAcOUJrM7Vs98hd2ZHSr+iw+Amg6xZPl5D2Yk+HDTZiUA
g1iGgxTYqnxukqvYedA55Bw3wtz6sJNpR4=:
DHHC-
1:03:1CFivw9ccz58gAcOUJrM7Vs98hd2ZHSr+iw+Amg6xZPl5D2Yk+HDTZiUA
g1iGgxTYqnxukqvYedA55Bw3wtz6sJNpR4=:
DHHC-
1:03:1CFivw9ccz58gAcOUJrM7Vs98hd2ZHSr+iw+Amg6xZPl5D2Yk+HDTZiUA
g1iGgxTYqnxukqvYedA55Bw3wtz6sJNpR4=:
```

JSON

如果ONTAP控制器配置中有多个NVMe子系统、则可以将文件与命令结合 `nvme connect-all`使用`
`/etc/nvme/config.json`。`

使用 `-o`` 选项来生成 JSON 文件。有关更多语法选项，请参阅 NVMe connect-all 手册页。

1. 配置 JSON 文件：

显示示例输出

```
cat /etc/nvme/config.json
[
  {
    "hostnqn": "nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b2c04f444d33",
    "hostid": "4c4c4544-0035-5910-804b-b2c04f444d33",
    "dhchap_key": "DHHC-1:01:i4i789R11sMuHLCY27RVI8XloC\GzjRwyhxiP5hmIELsHrBq:",
    "subsystems": [
      {
        "nqn": "nqn.1992-08.com.netapp:sn.f8e2af201b7211f0ac2bd039eab67a95:subsystem.sample_tcp_sub",
        "ports": [
          {
            "transport": "tcp",
            "traddr": "192.168.111.70",
            "host_traddr": "192.168.111.80",
            "trsvcid": "4420",
            "dhchap_ctrl_key": "DHHC-1:03:jqqYcJSKp73+XqAf2X6twr9ngBpr2n0MGWbmZIZq4PieKZCoilKGef8lAvhYS0PNK7T+04YD5CRPjh+m3qjJU++yR8s="
          },
          {
            "transport": "tcp",
            "traddr": "192.168.111.71",
            "host_traddr": "192.168.111.80",
            "trsvcid": "4420",
            "dhchap_ctrl_key": "DHHC-1:03:jqqYcJSKp73+XqAf2X6twr9ngBpr2n0MGWbmZIZq4PieKZCoilKGef8lAvhYS0PNK7T+04YD5CRPjh+m3qjJU++yR8s="
          },
          {
            "transport": "tcp",
            "traddr": "192.168.211.70",
            "host_traddr": "192.168.211.80",
            "trsvcid": "4420",
            "dhchap_ctrl_key": "DHHC-1:03:jqqYcJSKp73+XqAf2X6twr9ngBpr2n0MGWbmZIZq4PieKZCoilKGef8lAvhYS0PNK7T+04YD5CRPjh+m3qjJU++yR8s="
          },
          {
            "transport": "tcp",
```

```

        "traddr": "192.168.211.71",
        "host_traddr": "192.168.211.80",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:03:jqqYcJSKp73+XqAf2X6twr9ngBpr2n0MGWbmZIZq4PieKZCoilKGef8lAvh
YS0PNK7T+04YD5CRPjh+m3qjJU++yR8s="
    }
}
]
}
]
]

```



在以下示例中，`dhchap_key` 对应于 `dhchap_secret` 和 `dhchap_ctrl_key` 对应于 `dhchap_ctrl_secret`。

2. 使用config JSON文件连接到ONTAP控制器：

```
nvme connect-all -J /etc/nvme/config.json
```

显示示例输出

```

traddr=192.168.211.70 is already connected
traddr=192.168.111.71 is already connected
traddr=192.168.211.71 is already connected
traddr=192.168.111.70 is already connected
traddr=192.168.211.70 is already connected
traddr=192.168.111.70 is already connected
traddr=192.168.211.71 is already connected
traddr=192.168.111.71 is already connected
traddr=192.168.211.70 is already connected
traddr=192.168.111.71 is already connected
traddr=192.168.211.71 is already connected
traddr=192.168.111.70 is already connected

```

3. 验证是否已为每个子系统的相应控制器启用dhchap密码：

a. 验证主机dhchap密钥：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys0/nvme0/dhchap_secret
```

以下示例显示了 dhchap 密钥：

```
DHHC-1:01:i4i789R11sMuHLCY27RVI8Xl0C/GzjRwyhxiP5hmIELsHrBq:
```

b. 验证控制器dhchap密钥：

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-  
subsys0/nvme0/dhchap_ctrl_secret
```

您应该看到类似于以下示例的输出：

```
DHHC-  
1:03:jqqYcJSKp73+XqAf2X6twr9ngBpr2n0MGWbmZIZq4PieKZCoilKGef8lAvhYS0P  
NK7T+04YD5CRPjh+m3qjJU++yR8s=:
```

步骤 10：配置传输层安全性

传输层安全协议 (TLS) 为 NVMe-oF 主机和ONTAP阵列之间的 NVMe 连接提供安全的端到端加密。您可以使用 CLI 和已配置的预共享密钥 (PSK) 配置 TLS 1.3。



除特别说明需要在ONTAP控制器上执行的步骤外，请在 SUSE Linux Enterprise Server 主机上执行以下步骤。

步骤

1. 检查您是否具有以下内容 `ktls-utils`，`openssl`，和 `'libopenssl'`主机上安装的软件包：

a. 验证 `ktls-utils`：

```
rpm -qa | grep ktls
```

您应该看到显示以下输出：

```
ktls-utils-0.10+33.g311d943-150700.1.5.x86_64
```

a. 验证 SSL 包：

```
rpm -qa | grep ssl
```

显示示例输出

```
libopenssl3-3.2.3-150700.3.20.x86_64  
openssl-3-3.2.3-150700.3.20.x86_64  
libopenssl1_1-1.1.1w-150700.9.37.x86_64
```

2. 验证是否已正确设置 /etc/tlshd.conf:

```
cat /etc/tlshd.conf
```

显示示例输出

```
[debug]  
loglevel=0  
tls=0  
nl=0  
[authenticate]  
keyrings=.nvme  
[authenticate.client]  
#x509.truststore= <pathname>  
#x509.certificate= <pathname>  
#x509.private_key= <pathname>  
[authenticate.server]  
#x509.truststore= <pathname>  
#x509.certificate= <pathname>  
#x509.private_key= <pathname>
```

3. 启用 `tlshd` 以在系统启动时启动:

```
systemctl enable tlshd
```

4. 验证守护进程是否 `tlshd` 正在运行:

```
systemctl status tlshd
```

显示示例输出

```
tlshd.service - Handshake service for kernel TLS consumers
  Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/tlshd.service; enabled;
  preset: disabled)
  Active: active (running) since Wed 2024-08-21 15:46:53 IST; 4h
  57min ago
  Docs: man:tlshd(8)
 Main PID: 961 (tlshd)
  Tasks: 1
   CPU: 46ms
  CGroup: /system.slice/tlshd.service
          └─961 /usr/sbin/tlshd
Aug 21 15:46:54 RX2530-M4-17-153 tlshd[961]: Built from ktls-utils
0.11-dev on Mar 21 2024 12:00:00
```

5. 使用生成TLS PSK nvme gen-tls-key:

a. 验证主机:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

您应看到以下输出:

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b2c04f444d33
```

b. 验证密钥:

```
nvme gen-tls-key --hmac=1 --identity=1 --subsysnqn= nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a2d41235b78211efb57dd039eab67a95:subsystem.nvme1
```

您应看到以下输出:

```
NVMeTLSkey-1:01:C50EsaGtuOp8n5fGE9EuWjbBCtshmfoHx4XTqTJUmydf0gIj:
```

6. 在ONTAP控制器上、将TLS PSK添加到ONTAP子系统:

显示示例输出

```
nvme subsystem host add -vserver vs_iscsi_tcp -subsystem nvme1 -host
-nqn nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-
b2c04f444d33 -tls-configured-psk NVMeTLSkey-
1:01:C50EsaGtuOp8n5fGE9EuWjbBCtshmfoHx4XTqTJUmydf0gIj:
```

7. 将TLS PSK插入主机内核密钥环:

```
nvme check-tls-key --identity=1 --subsysnqn=nqn.1992
-08.com.netapp:sn.a2d41235b78211efb57dd039eab67a95:subsystem.nvme1
--keydata=NVMeTLSkey
-1:01:C50EsaGtuOp8n5fGE9EuWjbBCtshmfoHx4XTqTJUmydf0gIj: --insert
```

您应该看到以下 TLS 密钥:

```
Inserted TLS key 22152a7e
```



PSK 显示为 `NVMe1R01` 因为它使用 `identity v1` 来自 TLS 握手算法。Identity v1 是 ONTAP 唯一支持的版本。

8. 验证是否已正确插入 TLS PSK:

```
cat /proc/keys | grep NVMe
```

显示示例输出

```
069f56bb I--Q---      5 perm 3b010000      0      0 psk      NVMe1R01
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b2c04f444d33
nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a2d41235b78211efb57dd039eab67a95:subsystem.nvme1
oYVLelmiOwnvDjXKBmrnIgGVpFIBDJtc4hmQXE/36Sw=: 32
```

9. 使用插入的 TLS PSK 连接到 ONTAP 子系统:

a. 验证 TLS PSK:

```
nvme connect -t tcp -w 192.168.111.80 -a 192.168.111.66 -n nqn.1992-08.com.netapp:sn.a2d41235b78211efb57dd039eab67a95:subsystem.nvme1 --tls_key=0x069f56bb -tls
```

您应看到以下输出：

```
connecting to device: nvme0
```

a. 验证列表子系统：

```
nvme list-subsys
```

显示示例输出

```
nvme-subsys0 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.a2d41235b78211efb57dd039eab67a95:subsystem.nvme1
                hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b2c04f444d33
\
+- nvme0 tcp
traddr=192.168.111.66,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.111.80,src_addr=192.168.111.80 live
```

10. 添加目标、并验证与指定ONTAP子系统的TLS连接：

```
nvme subsystem controller show -vserver sles15_tls -subsystem sles15 -instance
```

显示示例输出

```
(vserver nvme subsystem controller show)
      Vserver Name: vs_iscsi_tcp
      Subsystem: nvme1
      Controller ID: 0040h
      Logical Interface: tcpnvme_lif1_1
      Node: A400-12-181
      Host NQN: nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b2c04f444d33
      Transport Protocol: nvme-tcp
      Initiator Transport Address: 192.168.111.80
      Host Identifier:
4c4c454400355910804bb2c04f444d33
      Number of I/O Queues: 2
      I/O Queue Depths: 128, 128
      Admin Queue Depth: 32
      Max I/O Size in Bytes: 1048576
      Keep-Alive Timeout (msec): 5000
      Subsystem UUID: 8bbfb403-1602-11f0-ac2b-
d039eab67a95
      Header Digest Enabled: false
      Data Digest Enabled: false
      Authentication Hash Function: sha-256
      Authentication Diffie-Hellman Group: 3072-bit
      Authentication Mode: unidirectional
      Transport Service Identifier: 4420
      TLS Key Type: configured
      TLS PSK Identity: NVMe1R01 nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b2c04f444d33
nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a2d41235b78211efb57dd039eab67a95:subsystem.nvme1
oYVLelmiOwnvDjXKBmrnIgGVpFIBDJtc4hmQXE/36Sw=
      TLS Cipher: TLS-AES-128-GCM-SHA256
```

第11步：查看已知问题

没有已知问题。

Ubuntu

适用于采用ONTAP的Ubuntu 24.04的NVMe-oF主机配置

Ubuntu 24.04和非对称命名空间访问(AANA)支持基于网络结构的NVMe (NVMe-oF)、包括基于光纤通道的NVMe (NVMe/FC)和其他传输。在NVMe-oF环境中、ANA相当于iSCSI和FC环境中的ALUA多路径功能、并可通过内核NVMe多路径实施。

对于采用ONTAP的Ubuntu 24.04的NVMe-oF主机配置、可获得以下支持：

- 本机NVMe-CLI软件包中的NetApp插件可显示NVMe/FC命名库的ONTAP详细信息。
- 在给定主机总线适配器(HBA)的同一主机上同时使用NVMe和SCSI流量、而不使用显式dm-dpath设置、以防止声明NVMe命名空间。

有关支持的配置的更多详细信息，请参见["互操作性表工具"](#)。

功能

默认情况下、Ubuntu 24.04已为NVMe命名空间启用内核NVMe多路径。这意味着您不需要显式设置。

已知限制

对于采用ONTAP的Ubuntu 24.04、当前不支持使用NVMe-oF协议启动SAN。

验证软件版本

您可以使用以下操作步骤验证支持的最低Ubuntu 24.04软件版本。

步骤

1. 在服务器上安装Ubuntu 24.04。安装完成后、验证是否正在运行指定的Ubuntu 24.04内核：

```
uname -r
```

```
6.8.0-31-generic
```

2. 安装 NVMe-CLI 软件包：

```
apt list | grep nvme
```

```
nvme-cli/noble-updates 2.8-1ubuntu0.1 amd64
```

3. 在Ubuntu 24.04主机上，检查hostnqn字符串，网址为 `/etc/nvme/hostnqn`：

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

```
nqn.2014-08.org.nvmeexpress:uuid:ace18dd8-1f5a-11ec-b0c3-3a68dd61a6ff
```

4. 验证中的字符串是否 `hostnqn`` 与ONTAP阵列上对应子系统的字符串 ``/etc/nvme/hostnqn`` 匹配 ``hostnqn``:

```
vserver nvme subsystem host show -vserver vs_106_fc_nvme
```

Vserver	Subsystem	Host NQN
vs_106_fc_nvme	ub_106	nqn.2014-08.org.nvmeexpress:uuid:c04702c8-e91e-4353-9995-ba4536214631



如果 `hostnqn`` 字符串不匹配、请使用 ``vserver modify`` 命令更新 ``hostnqn`` 相应ONTAP阵列子系统上的字符串、使其与主机上的字符串 ``/etc/nvme/hostnqn`` 匹配 ``hostnqn``。

配置 NVMe/FC

您可以为Broadcom/Emulex或Marvell/Qlogic适配器配置NVMe/FC。

Broadcom/Emulex

为Broadcom/Emulex适配器配置NVMe/FC。

1. 确认您使用的是受支持的适配器型号：

a. `cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname`

```
LPe36002-M64  
LPe36002-M64
```

b. `cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc`

```
Emulex LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter
```

2. 确认您使用的是建议的Broadcom `lpfc`固件和内置驱动程序。

a. `cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev`

```
14.4.317.10, sli-4:6:d  
14.4.317.10, sli-4:6:d
```

b. `cat /sys/module/lpfc/version`

```
0:14.2.0.17
```

有关支持的适配器驱动程序和固件版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

3. 请验证 `lpfc_enable_fc4_type` 设置为 3：

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

预期输出为3。

4. 验证启动程序端口是否已启动且正在运行、以及您是否可以看到目标生命周期：

a. `cat /sys/class/fc_host/host*/port_name`

```
0x100000109bf0447b  
0x100000109bf0447c
```

b. `cat /sys/class/fc_host/host*/port_state`

Online
Online

C. cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info

显示示例输出

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x100000109bf0447b WWNN x200000109bf0447b
DID x022600 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x200fd039eaa8138b WWNN x200ad039eaa8138b
DID x021006 TARGET DISCSRV ONLINE

NVME Statistics
LS: Xmt 0000000187 Cmpl 0000000187 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 0000000014096514 Issue 000000001407fcd6 OutIO
ffffffffffffe97c2
          abort 00000048 noxri 00000000 nondlp 0000001c qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000048 Err 00000077

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x100000109bf0447c WWNN x200000109bf0447c
DID x022300 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2010d039eaa8138b WWNN x200ad039eaa8138b
DID x021106 TARGET DISCSRV ONLINE

NVME Statistics
LS: Xmt 0000000187 Cmpl 0000000187 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 00000000140970ed Issue 00000000140813da OutIO
ffffffffffffea2ed
          abort 00000047 noxri 00000000 nondlp 0000002b qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000047 Err 00000075
```

Marvell/QLogic

Ubuntu 24.04 GA内核中包含的本机内置qla2xxx驱动程序具有最新的上游修复程序。这些修复程序对于ONTAP支持至关重要。

为Marvell/QLogic适配器配置NVMe/FC。

1. 验证您是否正在运行受支持的适配器驱动程序和固件版本：

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

```
QLE2872 FW: v9.15.00 DVR: v10.02.09.100-k  
QLE2872 FW: v9.15.00 DVR: v10.02.09.100-k
```

2. 请验证 `ql2xnvmeenable` 已设置。这样、Marvell适配器便可用作NVMe/FC启动程序：

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

预期输出为1。

启用1 MB I/O (可选)

ONTAP在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求，您应该增加 `lpfc` 的价值 `lpfc_sg_seg_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc_sg_seg_cnt` 参数设置为256：

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `dracut -f` 命令并重新启动主机。
3. 验证的值是否 `lpfc_sg_seg_cnt` 为256：

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

配置 NVMe/TCP

NVMe/TCP不支持自动连接功能。而是可以使用或 `connect-all`` 命令手动发现NVMe/TCP子系统和命名路径`connect。

步骤

1. 验证启动程序端口是否可以通过受支持的NVMe/TCP LIF提取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

```
# nvme discover -t tcp -w 192.168.167.150 -a 192.168.167.155
Discovery Log Number of Records 8, Generation counter 10
====Discovery Log Entry 0=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 4
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9b7d42b764ff11efb8fed039eabac370:discovery
traddr: 192.168.167.156
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 1=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9b7d42b764ff11efb8fed039eabac370:discovery
traddr: 192.168.166.156
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 2=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 3
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9b7d42b764ff11efb8fed039eabac370:discovery
traddr: 192.168.167.155
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 3=====
trtype: tcp
```

```
adrfam:  ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq:    not specified
portid:  1
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9b7d42b764ff11efb8fed039eabac370:discovery
traddr:  192.168.166.155
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
====Discovery Log Entry 4=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  4
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9b7d42b764ff11efb8fed039eabac370:subsystem.ubuntu_2
4.04_tcp_211
traddr:  192.168.167.156
eflags:  none
sectype: none
====Discovery Log Entry 5=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  2
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9b7d42b764ff11efb8fed039eabac370:subsystem.ubuntu_2
4.04_tcp_211
traddr:  192.168.166.156
eflags:  none
sectype: none
====Discovery Log Entry 6=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  3
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9b7d42b764ff11efb8fed039eabac370:subsystem.ubuntu_2
```

```

4.04_tcp_211
traddr: 192.168.167.155
eflags: none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9b7d42b764ff11efb8fed039eabac370:subsystem.ubuntu_2
4.04_tcp_211
traddr: 192.168.166.155
eflags: none
sectype: none

```

2. 验证其他NVMe/TCP启动程序-目标LIF组合是否可以提取发现日志页面数据:

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

显示示例输出

```

#nvme discover -t tcp -w 192.168.167.150 -a 192.168.167.155
#nvme discover -t tcp -w 192.168.167.150 -a 192.168.167.156
#nvme discover -t tcp -w 192.168.166.150 -a 192.168.166.155
#nvme discover -t tcp -w 192.168.166.150 -a 192.168.166.156

```

3. 运行 nvme connect-all 在节点中所有受支持的NVMe/TCP启动程序-目标SIP上运行命令:

```
nvme connect-all -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

显示示例输出

```

#nvme connect-all -t tcp -w 192.168.167.150 -a 192.168.167.155
#nvme connect-all -t tcp -w 192.168.167.150 -a 192.168.167.156
#nvme connect-all -t tcp -w 192.168.166.150 -a 192.168.166.155
#nvme connect-all -t tcp -w 192.168.166.150 -a 192.168.166.156

```



从Ubuntu 24.04开始、NVMe/TCP的Ctrl_loss_TMo超时默认设置已关闭。这意味着对重试次数没有限制(无限期重试)，使用或 `nvme connect-all`` 命令时，您无需手动配置特定的Ctrl\_loss\_Tol超时持续时间 ``nvme connect(选项-l)`。通过此默认行为、NVMe/TCP控制器在发生路径故障时不会发生超时、并会无限期保持连接。

验证 NVMe-oF

您可以使用以下操作步骤验证NVMe-oF。

步骤

1. 验证是否已启用内核NVMe多路径：

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

预期输出为"Y"。

2. 验证NetApp ONTAP主机上是否正确显示了相应ONTAP命名库的适当NVMe-oF设置(例如、型号设置为"NVMe-Controller"、负载平衡iopolicy设置为"round-robin")：

- a. `cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model`

```
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

- b. `cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy`

```
round-robin
round-robin
```

3. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间：

```
nvme list
```

显示示例输出

Node	SN	Model	

/dev/nvme0n1	81CZ5BQuUNfGAAAAAAB	NetApp ONTAP Controller	
Namespace Usage	Format	FW	Rev

1	21.47 GB / 21.47 GB	4 KiB + 0 B	FFFFFFFF

4. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态：

NVMe/FC

```
nvme list-subsys /dev/nvme0n1
```

显示示例输出

```
nvme-subsys4 - NQN=nqn.1992-  
08.com.netapp:sn.8763d311b2ac11ed950ed039ea951c46:subsystem.  
ubuntu_24.04 \  
+- nvme1 fc traddr=nn-0x20a6d039ea954d17:pn-  
0x20a7d039ea954d17,host_traddr=nn-0x200000109b1b95ef:pn-  
0x100000109b1b95ef live optimized  
+- nvme2 fc traddr=nn-0x20a6d039ea954d17:pn-  
0x20a8d039ea954d17,host_traddr=nn-0x200000109b1b95f0:pn-  
0x100000109b1b95f0 live optimized  
+- nvme3 fc traddr=nn-0x20a6d039ea954d17:pn-  
0x20aad039ea954d17,host_traddr=nn-0x200000109b1b95f0:pn-  
0x100000109b1b95f0 live non-optimized  
+- nvme5 fc traddr=nn-0x20a6d039ea954d17:pn-  
0x20a9d039ea954d17,host_traddr=nn-0x200000109b1b95ef:pn-  
0x100000109b1b95ef live non-optimized
```

NVMe/TCP

```
nvme list-subsys /dev/nvme1n1
```

显示示例输出

```
nvme-subsys0 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.9b7d42b764ff11efb8fed039eabac370:subsystem.ubuntu_24.04_tcp_211
                hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0050-3410-8035-c3c04f4a5933
                iopolicy=round-robin
+- nvme0 tcp
traddr=192.168.166.155,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.166.150,src_addr=192.168.166.150 live optimized
+- nvme1 tcp
traddr=192.168.167.155,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.167.150,src_addr=192.168.167.150 live optimized
+- nvme2 tcp
traddr=192.168.166.156,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.166.150,src_addr=192.168.166.150 live non-optimized
+- nvme3 tcp
traddr=192.168.167.156,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.167.150,src_addr=192.168.167.150 live non-optimized
```

5. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值:

列

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

显示示例输出

Device	Vserver	Namespace	Path	NSID	UUID	Size

/dev/nvme0n1	vs_211_tcp	/vol/tcpvol1/ns1		1		21.47GB
1cc7bc78-8d7b-4d8e-a3c4-750f9461a6e9						

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

显示示例输出

```
{
  "ONTAPdevices" : [
    {
      "Device":"/dev/nvme0n9",
      "Vserver":"vs_211_tcp",
      "Namespace_Path":"/vol/tcpvol9/ns9",
      "NSID":9,
      "UUID":"99640dd9-8463-4c12-8282-b525b39fc10b",
      "Size":"21.47GB",
      "LBA_Data_Size":4096,
      "Namespace_Size":5242880
    }
  ]
}
```

已知问题

使用ONTAP版本的Ubuntu 24.04的NVMe-oF主机配置没有已知问题。

适用于采用ONTAP的Ubuntu 24.04的NVMe-oF主机配置

采用非对称命名空间访问(AANA)的Ubuntu 22.04支持基于网络结构的NVMe (NVMe-oF)、包括基于光纤通道的NVMe (NVMe/FC)和其他传输。在NVMe-oF环境中、ANA相当于iSCSI和FC环境中的ALUA多路径功能、并可通过内核NVMe多路径实施。

对于采用ONTAP的Ubuntu 22.04的NVMe-oF主机配置、可获得以下支持：

- 本机NVMe-CLI软件包中的NetApp插件可显示NVMe/FC命名库的ONTAP详细信息。
- 在给定主机总线适配器(HBA)的同一主机上同时使用NVMe和SCSI流量、而不使用显式dm-dpath设置、以防止声明NVMe命名空间。

有关支持的配置的更多详细信息，请参见["互操作性表工具"](#)。

功能

默认情况下、Ubuntu 22.04已为NVMe命名空间启用内核NVMe多路径。因此、无需显式设置。

已知限制

目前不支持使用NVMe-oF协议启动SAN。

验证软件版本

您可以使用以下操作步骤验证支持的最低Ubuntu 22.04软件版本。

步骤

1. 在服务器上安装Ubuntu 22.04。安装完成后、验证是否正在运行指定的Ubuntu 22.04内核：

```
# uname -r
```

示例输出：

```
5.15.0-101-generic
```

2. 安装 NVMe-CLI 软件包：

```
# apt list | grep nvme
```

示例输出：

```
nvme-cli/jammy-updates,now 1.16-3ubuntu0.1 amd64
```

3. 在Ubuntu 22.04主机上、检查中的hostnqn字符串 /etc/nvme/hostnqn：

```
# cat /etc/nvme/hostnqn
```

示例输出

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:063a9fa0-438a-4737-b9b4-95a21c66d041
```

4. 验证是否已 hostnqn 字符串与匹配 hostnqn ONTAP 阵列上对应子系统的字符串：

```
::> vserver nvme subsystem host show -vserver vs_106_fc_nvme
```

示例输出：

Vserver	Subsystem	Host NQN
vs_106_fc_nvme	ub_106	nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:c04702c8-e91e-4353-9995-ba4536214631



如果 hostnqn 字符串不匹配、请使用 `vserver modify` 用于更新的命令 hostnqn 要匹配的相应ONTAP 阵列子系统上的字符串 hostnqn 字符串自 `/etc/nvme/hostnqn` 在主机上。

配置 NVMe/FC

您可以为Broadcom/Emulex或Marvell/Qlogic适配器配置NVMe/FC。

Broadcom/Emulex

1. 验证您使用的是支持的适配器型号。

```
# cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

示例输出：

```
LPe36002-M64  
LPe36002-M64
```

```
# cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

示例输出：

```
Emulex LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter
```

2. 确认您使用的是建议的Broadcom lpfc 固件和收件箱驱动程序。

```
# cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev  
  
14.2.673.40, sli-4:6:d  
14.2.673.40, sli-4:6:d  
  
# cat /sys/module/lpfc/version  
0: 14.0.0.4
```

有关支持的适配器驱动程序和固件版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

3. 请验证 lpfc_enable_fc4_type 设置为 3：

```
# cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type  
3
```

4. 验证启动程序端口是否已启动且正在运行、以及您是否可以看到目标生命周期：

```

# cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
0x100000109bf0447c
0x100000109bf0447b
# cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
Online
Online
# cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
    NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x100000109bf0447c WWNN x200000109bf0447c DID
x022300 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x200cd039eaa8138b WWNN x200ad039eaa8138b DID
x021509 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2010d039eaa8138b WWNN x200ad039eaa8138b DID
x021108 TARGET DISCSRV ONLINE

NVME Statistics
LS: Xmt 000000000e Cmpl 000000000e Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 0000000000005238 Issue 000000000000523a OutIO
00000000000000002
    abort 00000000 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000000 Err 00000000

NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x100000109bf0447b WWNN x200000109bf0447b DID
x022600 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x200bd039eaa8138b WWNN x200ad039eaa8138b DID
x021409 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x200fd039eaa8138b WWNN x200ad039eaa8138b DID
x021008 TARGET DISCSRV ONLINE

NVME Statistics
LS: Xmt 000000000e Cmpl 000000000e Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 000000000000523c Issue 000000000000523e OutIO
00000000000000002
    abort 00000000 noxri 00000000 nondlp 00000000 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000000 Err 00000000

```

Ubuntu 22.04 GA内核中包含的本机内置qla2xxx驱动程序具有最新的上游修复程序。这些修复程序对于ONTAP支持至关重要。

1. 验证您是否正在运行受支持的适配器驱动程序和固件版本：

```
# cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

示例输出

```
QLE2872 FW: v9.14.02 DVR: v10.02.06.200-k  
QLE2872 FW: v9.14.02 DVR: v10.02.06.200-k
```

2. 请验证 ql2xnvmeenable 已设置。这样、Marvell适配器便可用作NVMe/FC启动程序：

```
# cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable  
1
```

启用1 MB I/O (可选)

ONTAP在识别控制器数据中报告最大数据传输大小 (MDTS) 为 8。这意味着最大 I/O 请求大小可达 1MB。要向 Broadcom NVMe/FC 主机发出 1MB 大小的 I/O 请求，您应该增加 `lpfc` 的价值 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数从默认值 64 更改为 256。



这些步骤不适用于逻辑NVMe/FC主机。

步骤

1. 将 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 参数设置为256：

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. 运行 `dracut -f` 命令并重新启动主机。
3. 验证的值是否 `lpfc\_sg\_seg\_cnt` 为256：

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

配置 NVMe/TCP

NVMe/TCP没有自动连接功能。因此、如果某个路径发生故障、并且未在默认超时时间10分钟内恢复、则NVMe/TCP无法自动重新连接。为了防止超时、您应将故障转移事件的重试期限至少设置为30分钟。

步骤

1. 验证启动程序端口是否可以通过受支持的NVMe/TCP LIF提取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

示例输出：

```
# nvme discover -t tcp -w 10.10.11.47-a 10.10.10.122

Discovery Log Number of Records 8, Generation counter 10
=====Discovery Log Entry 0=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 0
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.bbf4ee8dfb611edbd07d039ea165590:discovery
traddr: 10.10.10.122
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 1=====
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: current discovery subsystem
treq: not specified
portid: 1
trsvcid: 8009
subnqn: nqn.1992
08.com.netapp:sn.bbf4ee8dfb611edbd07d039ea165590:discovery
traddr: 10.10.10.124
eflags: explicit discovery connections, duplicate discovery information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 2=====
trtype: tcp
```

2. 验证其他NVMe/TCP启动程序-目标LIF组合是否能够成功提取发现日志页面数据：

```
nvme discover -t tcp -w host-traddr -a traddr
```

示例输出:

```
#nvme discover -t tcp -w 10.10.10.47 -a 10.10.10.122
#nvme discover -t tcp -w 10.10.10.47 -a 10.10.10.124
#nvme discover -t tcp -w 10.10.11.47 -a 10.10.11.122
#nvme discover -t tcp -w 10.10.11.47 -a 10.10.11.
```

3. 对节点中所有受支持的NVMe/TCP启动程序-目标Li运行NVMe Connect-all命令、并将控制器丢失超时期限设置为至少30分钟或1800秒:

```
nvme connect-all -t tcp -w host-traddr -a traddr -l 1800
```

示例输出:

```
# nvme connect-all -t tcp -w 10.10.10.47 -a 10.10.10.122 -l 1800
# nvme connect-all -t tcp -w 10.10.10.47 -a 10.10.10.124 -l 1800
# nvme connect-all -t tcp -w 10.10.11.47 -a 10.10.11.122 -l 1800
# nvme connect-all -t tcp -w 10.10.11.47 -a 10.10.11.124 -l 1800
```

验证 NVMe-oF

您可以使用以下操作步骤验证NVMe-oF。

步骤

1. 验证是否已启用内核NVMe多路径:

```
# cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
Y
```

2. 验证相应ONTAP命名库的适当NVMe-oF设置(例如、型号设置为NetApp ONTAP控制器、负载平衡iopolicy设置为循环)是否正确反映在主机上:

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
round-robin
round-robin
```

3. 验证是否已在主机上创建并正确发现命名空间：

```
# nvme list
```

示例输出：

Node	SN	Model

/dev/nvme0n1	81CZ5BQuUNfGAAAAAAB	NetApp ONTAP Controller

Namespace	Usage	Format	FW	Rev

1		21.47 GB / 21.47 GB	4 KiB + 0 B	FFFFFFFF

4. 验证每个路径的控制器状态是否为活动状态且是否具有正确的ANA状态：

NVMe/FC

```
# nvme list-subsys /dev/nvme0n1
```

示例输出:

```
nvme-subsys4 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.8763d311b2ac11ed950ed039ea951c46:subsystem. ub_106
\
+- nvme1 fc traddr=nn-0x20a6d039ea954d17:pn-0x20a7d039ea954d17,host_traddr=nn-0x200000109b1b95ef:pn-0x100000109b1b95ef live optimized
+- nvme2 fc traddr=nn-0x20a6d039ea954d17:pn-0x20a8d039ea954d17,host_traddr=nn-0x200000109b1b95f0:pn-0x100000109b1b95f0 live optimized
+- nvme3 fc traddr=nn-0x20a6d039ea954d17:pn-0x20aad039ea954d17,host_traddr=nn-0x200000109b1b95f0:pn-0x100000109b1b95f0 live non-optimized
+- nvme5 fc traddr=nn-0x20a6d039ea954d17:pn-0x20a9d039ea954d17,host_traddr=nn-0x200000109b1b95ef:pn-0x100000109b1b95ef live non-optimized
```

NVMe/TCP

```
# nvme list-subsys /dev/nvme1n1
```

示例输出:

```
nvme-subsys1 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.bbfb4ee8dfb611edbd07d039ea165590:subsystem.rhel_tcp_95
+- nvme1 tcp
traddr=10.10.10.122,trsvcid=4420,host_traddr=10.10.10.47,src_addr=10.10.10.47 live
+- nvme2 tcp
traddr=10.10.10.124,trsvcid=4420,host_traddr=10.10.10.47,src_addr=10.10.10.47 live
+- nvme3 tcp
traddr=10.10.11.122,trsvcid=4420,host_traddr=10.10.11.47,src_addr=10.10.11.47 live
+- nvme4 tcp
traddr=10.10.11.124,trsvcid=4420,host_traddr=10.10.11.47,src_addr=10.10.11.47 live
```

5. 验证NetApp插件是否为每个ONTAP 命名空间设备显示正确的值:

列

```
# nvme netapp ontapdevices -o column
```

示例输出:

Device	Vserver	Namespace	Path

/dev/nvme0n1	co_iscsi_tcp_ubuntu	/vol/vol1/ns1	

NSID	UUID	Size

1	79c2c569-b7fa-42d5-b870-d9d6d7e5fa84	21.47GB

JSON

```
# nvme netapp ontapdevices -o json
```

示例输出

```
{
  "ONTAPdevices" : [
    {
      "Device" : "/dev/nvme0n1",
      "Vserver" : "co_iscsi_tcp_ubuntu",
      "Namespace_Path" : "/vol/nvmevol1/ns1",
      "NSID" : 1,
      "UUID" : "79c2c569-b7fa-42d5-b870-d9d6d7e5fa84",
      "Size" : "21.47GB",
      "LBA_Data_Size" : 4096,
      "Namespace_Size" : 5242880
    },
  ]
}
```

已知问题

使用ONTAP版本的Ubuntu 22.04的NVMe-oF主机配置存在以下已知问题：

NetApp 错误 ID	标题	Description
CONTAPEXT-2037	Ubuntu 22.04 NVMe-oF主机创建重复的永久性发现控制器	在NVMe-oF主机上、可以使用"NVMe discover -p"命令创建永久性发现控制器(PDC)。此命令应仅为每个启动程序-目标组合创建一个PDC。但是、如果您在NVMe-oF主机上运行Ubuntu 22.04、则每次执行"nNVMe discover -p"时都会创建一个重复的PDC。这会导致不必要地使用主机和目标上的资源。

Windows

为Windows Server 2025配置适用于ONTAP的NVMe/FC

您可以在运行Windows Server 2025的主机上配置基于光纤通道的NVMe (NVMe/FC)、以便使用ONTAP LUN进行操作。

关于此任务

您可以对适用于Windows 2025的NVMe/FC主机配置使用以下支持。在开始配置过程之前、您还应查看已知限制。

- 提供支持：

从ONTAP 9.10.1开始、Windows Server 2025支持NVMe/FC。

有关支持的FC适配器和控制器的列表，请参见["Hardware Universe"](#)。有关支持的配置和版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

- 已知限制：

NVMe/FC不支持Windows故障转移集群、因为ONTAP目前不支持使用NVMe/FC进行永久性预留。



Broadcom为Windows NVMe/FC提供了一个外部驱动程序、该驱动程序是转换式SCSI ⇄ NVMe驱动程序、而不是真正的NVMe/FC驱动程序。翻译开销不一定会影响性能、但它会使NVMe/FC的性能优势无效。因此、与Linux等其他操作系统不同、Windows服务器上的NVMe/FC和FCP性能相同、在这些操作系统中、NVMe/FC性能明显优于FCP。

启用 NVMe/FC

在Windows启动程序主机上启用FC/NVMe。

步骤

1. 在Windows主机上安装Emulex HBA Manager实用程序。
2. 在每个 HBA 启动程序端口上，设置以下 HBA 驱动程序参数：
 - EnableNVMe = 1
 - NVMEMode = 0

3. 重新启动主机。

配置Broadcom FC适配器

Broadcom启动程序可通过相同的32 G FC适配器端口同时提供NVMe/FC和FCP流量。对于FCP和FC/NVMe、应使用Microsoft设备专用模块(DSM)作为Microsoft多路径I/O (MPIO)选项。

`+hostnqn+`在Windows环境中、与采用FC/NVMe的Broadcom适配器的每个主机总线适配器 (HBA) 端口关联。的 `+hostnqn+` 格式如下所示：

```
nqn.2017-01.com.broadcom:ecd:nvmf:fc:100000109b1b9765  
nqn.2017-01.com.broadcom:ecd:nvmf:fc:100000109b1b9766
```

为NVMe设备启用MPIO

要在Windows主机上完成NVMe配置、您需要为NVMe设备启用MPIO。

步骤

1. 安装 "[Windows Host Utility Kit 7.1](#)" 设置FC和NVMe通用的驱动程序参数。
2. 打开 MPIO 属性。
3. 从 * 发现多路径 * 选项卡中，添加为 NVMe 列出的设备 ID 。

MPIO 可以识别 NVMe 设备，这些设备可在磁盘管理下查看。

4. 打开 * 磁盘管理 * 并转到 * 磁盘属性 * 。
5. 从*MPIO*选项卡中，选择*Details*。
6. 设置以下Microsoft DSM设置：
 - PathVerifiedPeriod : *
 - PathVerifyEnabled : * 启用 *
 - RetransyCount : *
 - RetransyInterval : *
 - PDORemovedPeriod : * 130 *
7. 选择 MPIO 策略 * 使用子集执行轮循 * 。
8. 更改注册表值：

```
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\mpio\Parameters\PathRecoveryInterval  
DWORD -> 30
```

```
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\mpio \Parameters\  
UseCustomPathRecoveryInterval DWORD-> 1
```

9. 重新启动主机。

验证NVMe/FC配置

确认已发现NVMe子系统、并且ONTAP命名卷对于NVMe-oF配置正确无误。

步骤

1. 验证“Port Type (端口类型)”是否为 FC+NVMe:

```
listhba
```

显示示例

```
Port WWN      : 10:00:00:10:9b:1b:97:65
Node WWN      : 20:00:00:10:9b:1b:97:65
Fabric Name   : 10:00:c4:f5:7c:a5:32:e0
Flags         : 8000e300
Host Name     : INTEROP-57-159
Mfg           : Emulex Corporation
Serial No.    : FC71367217
Port Number   : 0
Mode          : Initiator
PCI Bus Number : 94
PCI Function  : 0
Port Type    : FC+NVMe
Model         : LPe32002-M2

Port WWN      : 10:00:00:10:9b:1b:97:66
Node WWN      : 20:00:00:10:9b:1b:97:66
Fabric Name   : 10:00:c4:f5:7c:a5:32:e0
Flags         : 8000e300
Host Name     : INTEROP-57-159
Mfg           : Emulex Corporation
Serial No.    : FC71367217
Port Number   : 1
Mode          : Initiator
PCI Bus Number : 94
PCI Function  : 1
Port Type     : FC+NVMe
Model         : LPe32002-M2
```

2. 验证是否已发现NVMe/FC子系统:

```
° nvme-list
```

显示示例

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:09:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                   : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID              : 0x0180
Model Number               : NetApp ONTAP Controller
Serial Number              : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version           : FFFFFFFF
Total Capacity             : Not Available
Unallocated Capacity       : Not Available

NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:06:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                   : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID              : 0x0181
Model Number               : NetApp ONTAP Controller
Serial Number              : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version           : FFFFFFFF
Total Capacity             : Not Available
Unallocated Capacity       : Not Available
Note: At present Namespace Management is not supported by NetApp
Arrays.
```

° nvme-list

显示示例

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:07:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                  : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0140
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available
```

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:08:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                  : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0141
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available
```

Note: At present Namespace Management is not supported by NetApp Arrays.

3. 验证是否已创建这些名称空间:

```
nvme-list-ns
```

Active Namespaces (attached to controller 0x0141):

SCSI		SCSI	SCSI
NSID	DeviceName	Bus Number	Target Number
OS LUN			
-----	-----	-----	-----

0x00000001	\\.\PHYSICALDRIVE9	0	1
0			
0x00000002	\\.\PHYSICALDRIVE10	0	1
1			
0x00000003	\\.\PHYSICALDRIVE11	0	1
2			
0x00000004	\\.\PHYSICALDRIVE12	0	1
3			
0x00000005	\\.\PHYSICALDRIVE13	0	1
4			
0x00000006	\\.\PHYSICALDRIVE14	0	1
5			
0x00000007	\\.\PHYSICALDRIVE15	0	1
6			
0x00000008	\\.\PHYSICALDRIVE16	0	1
7			

为ONTAP配置采用NVMe/FC的Windows Server 2022

您可以在运行Windows Server 2022的主机上配置基于光纤通道的NVMe (NVMe/FC)、以便使用ONTAP LUN进行操作。

关于此任务

您可以对适用于Windows 2022的NVMe/FC主机配置使用以下支持。在开始配置过程之前、您还应查看已知限制。

- 提供支持：

从ONTAP 9.7开始、Windows Server 2022支持NVMe/FC。

有关支持的FC适配器和控制器的列表，请参见["Hardware Universe"](#)。有关支持的配置和版本的最新列表，请参见["互操作性表工具"](#)。

- 已知限制：

NVMe/FC不支持Windows故障转移集群、因为ONTAP目前不支持使用NVMe/FC进行永久性预留。



Broadcom为Windows NVMe/FC提供了一个外部驱动程序、该驱动程序是转换式SCSI $\Rightarrow$ NVMe驱动程序、而不是真正的NVMe/FC驱动程序。翻译开销不一定会影响性能、但它会使NVMe/FC的性能优势无效。因此、与Linux等其他操作系统不同、Windows服务器上的NVMe/FC和FCP性能相同、在这些操作系统中、NVMe/FC性能明显优于FCP。

启用 NVMe/FC

在Windows启动程序主机上启用FC/NVMe。

步骤

1. 在Windows主机上安装Emulex HBA Manager实用程序。
2. 在每个 HBA 启动程序端口上，设置以下 HBA 驱动程序参数：
 - EnableNVMe = 1
 - NVMEMode = 0
3. 重新启动主机。

配置Broadcom FC适配器

Broadcom启动程序可通过相同的32 G FC适配器端口同时提供NVMe/FC和FCP流量。对于FCP和FC/NVMe、应使用Microsoft设备专用模块(DSM)作为Microsoft多路径I/O (MPIO)选项。

`+hostnqn+`在Windows环境中、与采用FC/NVMe的Broadcom适配器的每个主机总线适配器 (HBA) 端口关联。的 `+hostnqn+` 格式如下所示：

```
nqn.2017-01.com.broadcom:ecd:nvmf:fc:100000109b1b9765
nqn.2017-01.com.broadcom:ecd:nvmf:fc:100000109b1b9766
```

为NVMe设备启用MPIO

要在Windows主机上完成NVMe配置、您需要为NVMe设备启用MPIO。

步骤

1. 安装 "[Windows Host Utility Kit 7.1](#)" 设置FC和NVMe通用的驱动程序参数。
2. 打开 MPIO 属性。
3. 从 * 发现多路径 * 选项卡中，添加为 NVMe 列出的设备 ID 。

MPIO 可以识别 NVMe 设备，这些设备可在磁盘管理下查看。

4. 打开 * 磁盘管理 * 并转到 * 磁盘属性 * 。
5. 从*MPIO*选项卡中，选择*Details*。
6. 设置以下Microsoft DSM设置：

- PathVerifiedPeriod : *
- PathVerifyEnabled : * 启用 *
- RetransyCount : *
- RetransyInterval : *
- PDORemovedPeriod : * 130 *

7. 选择 MPIO 策略 * 使用子集执行轮循 *。

8. 更改注册表值：

```
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\mpio\Parameters\PathRecoveryInterval DWORD -> 30
```

```
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\mpio \Parameters\UseCustomPathRecoveryInterval DWORD-> 1
```

9. 重新启动主机。

验证 NVMe/FC

确认已发现NVMe子系统、并且ONTAP命名卷对于NVMe-oF配置正确无误。

步骤

1. 验证“Port Type (端口类型)”是否为 FC+NVMe：

```
listhba
```

显示示例

```
Port WWN      : 10:00:00:10:9b:1b:97:65
Node WWN      : 20:00:00:10:9b:1b:97:65
Fabric Name   : 10:00:c4:f5:7c:a5:32:e0
Flags         : 8000e300
Host Name     : INTEROP-57-159
Mfg           : Emulex Corporation
Serial No.    : FC71367217
Port Number   : 0
Mode          : Initiator
PCI Bus Number : 94
PCI Function   : 0
Port Type    : FC+NVMe
Model         : LPe32002-M2
```

```
Port WWN      : 10:00:00:10:9b:1b:97:66
Node WWN      : 20:00:00:10:9b:1b:97:66
Fabric Name   : 10:00:c4:f5:7c:a5:32:e0
Flags         : 8000e300
Host Name     : INTEROP-57-159
Mfg           : Emulex Corporation
Serial No.    : FC71367217
Port Number   : 1
Mode          : Initiator
PCI Bus Number : 94
PCI Function   : 1
Port Type     : FC+NVMe
Model         : LPe32002-M2
```

2. 验证是否已发现NVMe/FC子系统:

```
° nvme-list
```

显示示例

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:09:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                  : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0180
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available

NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:06:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                  : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0181
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available
Note: At present Namespace Management is not supported by NetApp
Arrays.
```

° nvme-list

显示示例

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:07:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                   : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0140
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available
```

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:08:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                   : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0141
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available
```

Note: At present Namespace Management is not supported by NetApp Arrays.

3. 验证是否已创建这些名称空间:

```
nvme-list-ns
```

Active Namespaces (attached to controller 0x0141):

SCSI		SCSI	SCSI
NSID	DeviceName	Bus Number	Target Number
OS LUN			
-----	-----	-----	-----

0x00000001	\\.\PHYSICALDRIVE9	0	1
0			
0x00000002	\\.\PHYSICALDRIVE10	0	1
1			
0x00000003	\\.\PHYSICALDRIVE11	0	1
2			
0x00000004	\\.\PHYSICALDRIVE12	0	1
3			
0x00000005	\\.\PHYSICALDRIVE13	0	1
4			
0x00000006	\\.\PHYSICALDRIVE14	0	1
5			
0x00000007	\\.\PHYSICALDRIVE15	0	1
6			
0x00000008	\\.\PHYSICALDRIVE16	0	1
7			

适用于采用 **ONTAP** 的 **Windows Server 2019** 的 **NVMe/FC** 主机配置

您可以在运行Windows Server 2019的主机上配置基于光纤通道的NVMe (NVMe/FC)、以便使用ONTAP LUN进行操作。

关于此任务

您可以对适用于Windows 2019的NVMe/FC主机配置使用以下支持。在开始配置过程之前、您还应查看已知限制。



您可以使用此过程中提供的配置设置来配置连接到和"适用于 ONTAP 的 Amazon FSX"的云客户端"Cloud Volumes ONTAP"。

- 提供支持：

从ONTAP 9.7开始、Windows Server 2019支持NVMe/FC。

有关支持的FC适配器和控制器的列表，请参见"Hardware Universe"。有关支持的配置和版本的最新列表，请参见"互操作性表工具"。

- 已知限制：

NVMe/FC不支持Windows故障转移集群、因为ONTAP目前不支持使用NVMe/FC进行永久性预留。



Broadcom为Windows NVMe/FC提供了一个外部驱动程序、该驱动程序是转换式SCSI $\Rightarrow$ NVMe驱动程序、而不是真正的NVMe/FC驱动程序。翻译开销不一定会影响性能、但它会使NVMe/FC的性能优势无效。因此、与Linux等其他操作系统不同、Windows服务器上的NVMe/FC和FCP性能相同、在这些操作系统中、NVMe/FC性能明显优于FCP。

启用 NVMe/FC

在Windows启动程序主机上启用FC/NVMe。

步骤

1. 在Windows主机上安装Emulex HBA Manager实用程序。
2. 在每个 HBA 启动程序端口上，设置以下 HBA 驱动程序参数：
 - EnableNVMe = 1
 - NVMEMode = 0
3. 重新启动主机。

配置Broadcom FC适配器

Broadcom启动程序可通过相同的32 G FC适配器端口同时提供NVMe/FC和FCP流量。对于FCP和FC/NVMe、应使用Microsoft设备专用模块(DSM)作为Microsoft多路径I/O (MPIO)选项。

`+hostnqn+`在Windows环境中、与采用FC/NVMe的Broadcom适配器的每个主机总线适配器 (HBA) 端口关联。的 `+hostnqn+` 格式如下所示：

```
nqn.2017-01.com.broadcom:ecd:nvmf:fc:100000109b1b9765
nqn.2017-01.com.broadcom:ecd:nvmf:fc:100000109b1b9766
```

为NVMe设备启用MPIO

要在Windows主机上完成NVMe配置、您需要为NVMe设备启用MPIO。

步骤

1. 安装 "[Windows Host Utility Kit 7.1](#)" 设置FC和NVMe通用的驱动程序参数。
2. 打开 MPIO 属性。
3. 从 * 发现多路径 * 选项卡中，添加为 NVMe 列出的设备 ID 。

MPIO 可以识别 NVMe 设备，这些设备可在磁盘管理下查看。

4. 打开 * 磁盘管理 * 并转到 * 磁盘属性 * 。

5. 从*MPIO*选项卡中, 选择*Details*。
6. 设置以下Microsoft DSM设置:
 - PathVerifiedPeriod : *
 - PathVerifyEnabled : * 启用 *
 - RetransyCount : *
 - RetransyInterval : *
 - PDORemovedPeriod : * 130 *
7. 选择 MPIO 策略 * 使用子集执行轮循 *。
8. 更改注册表值:

```
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\mpio\Parameters\PathRecoveryInterval DWORD -> 30

HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\mpio \Parameters\
UseCustomPathRecoveryInterval  DWORD-> 1
```

9. 重新启动主机。

验证 NVMe/FC

确认已发现NVMe子系统、并且ONTAP命名卷对于NVMe-oF配置正确无误。

步骤

1. 验证“Port Type (端口类型)”是否为 FC+NVMe:

```
listhba
```

显示示例

```
Port WWN      : 10:00:00:10:9b:1b:97:65
Node WWN      : 20:00:00:10:9b:1b:97:65
Fabric Name   : 10:00:c4:f5:7c:a5:32:e0
Flags         : 8000e300
Host Name     : INTEROP-57-159
Mfg           : Emulex Corporation
Serial No.    : FC71367217
Port Number   : 0
Mode          : Initiator
PCI Bus Number : 94
PCI Function  : 0
Port Type    : FC+NVMe
Model         : LPe32002-M2
```

```
Port WWN      : 10:00:00:10:9b:1b:97:66
Node WWN      : 20:00:00:10:9b:1b:97:66
Fabric Name   : 10:00:c4:f5:7c:a5:32:e0
Flags         : 8000e300
Host Name     : INTEROP-57-159
Mfg           : Emulex Corporation
Serial No.    : FC71367217
Port Number   : 1
Mode          : Initiator
PCI Bus Number : 94
PCI Function  : 1
Port Type     : FC+NVMe
Model         : LPe32002-M2
```

2. 验证是否已发现NVMe/FC子系统:

```
° nvme-list
```

显示示例

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:09:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                   : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID              : 0x0180
Model Number               : NetApp ONTAP Controller
Serial Number              : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version           : FFFFFFFF
Total Capacity             : Not Available
Unallocated Capacity       : Not Available

NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:06:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                   : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID              : 0x0181
Model Number               : NetApp ONTAP Controller
Serial Number              : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version           : FFFFFFFF
Total Capacity             : Not Available
Unallocated Capacity       : Not Available
Note: At present Namespace Management is not supported by NetApp
Arrays.
```

° nvme-list

显示示例

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:07:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                  : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0140
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available
```

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:08:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                  : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0141
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available
```

Note: At present Namespace Management is not supported by NetApp Arrays.

3. 验证是否已创建这些名称空间:

```
nvme-list-ns
```

Active Namespaces (attached to controller 0x0141):

SCSI		SCSI	SCSI
NSID	DeviceName	Bus Number	Target Number
OS LUN			
-----	-----	-----	-----

0x00000001	\\.\PHYSICALDRIVE9	0	1
0			
0x00000002	\\.\PHYSICALDRIVE10	0	1
1			
0x00000003	\\.\PHYSICALDRIVE11	0	1
2			
0x00000004	\\.\PHYSICALDRIVE12	0	1
3			
0x00000005	\\.\PHYSICALDRIVE13	0	1
4			
0x00000006	\\.\PHYSICALDRIVE14	0	1
5			
0x00000007	\\.\PHYSICALDRIVE15	0	1
6			
0x00000008	\\.\PHYSICALDRIVE16	0	1
7			

为Windows Server 2016配置适用于ONTAP的NVMe/FC

您可以在运行Windows Server 2016的主机上配置基于光纤通道的NVMe (NVMe/FC)、以便使用ONTAP LUN进行操作。

关于此任务

您可以对适用于Windows 2016的NVMe/FC主机配置使用以下支持。在开始配置过程之前、您还应查看已知限制。



您可以使用此过程中提供的配置设置来配置连接到和"适用于 ONTAP 的 Amazon FSX"的云客户端"Cloud Volumes ONTAP"。

- 提供支持：

从ONTAP 9.7开始、Windows Server 2016支持NVMe/FC。

有关支持的FC适配器和控制器的列表，请参见"Hardware Universe"。有关支持的配置和版本的最新列表，请参见"互操作性表工具"。

- 已知限制：

NVMe/FC不支持Windows故障转移集群、因为ONTAP目前不支持使用NVMe/FC进行永久性预留。



Broadcom为Windows NVMe/FC提供了一个外部驱动程序、该驱动程序是转换式SCSI $\Rightarrow$ NVMe驱动程序、而不是真正的NVMe/FC驱动程序。翻译开销不一定会影响性能、但它会使NVMe/FC的性能优势无效。因此、与Linux等其他操作系统不同、Windows服务器上的NVMe/FC和FCP性能相同、在这些操作系统中、NVMe/FC性能明显优于FCP。

启用 NVMe/FC

在Windows启动程序主机上启用FC/NVMe。

步骤

1. 在Windows主机上安装Emulex HBA Manager实用程序。
2. 在每个 HBA 启动程序端口上，设置以下 HBA 驱动程序参数：
 - EnableNVMe = 1
 - NVMEMode = 0
3. 重新启动主机。

配置Broadcom FC适配器

Broadcom启动程序可通过相同的32 G FC适配器端口同时提供NVMe/FC和FCP流量。对于FCP和FC/NVMe、应使用Microsoft设备专用模块(DSM)作为Microsoft多路径I/O (MPIO)选项。

`+hostnqn+`在Windows环境中、与采用FC/NVMe的Broadcom适配器的每个主机总线适配器 (HBA) 端口关联。的 `+hostnqn+` 格式如下所示：

```
nqn.2017-01.com.broadcom:ecd:nvmf:fc:100000109b1b9765
nqn.2017-01.com.broadcom:ecd:nvmf:fc:100000109b1b9766
```

为NVMe设备启用MPIO

要在Windows主机上完成NVMe配置、您需要为NVMe设备启用MPIO。

步骤

1. 安装 "[Windows Host Utility Kit 7.1](#)" 设置FC和NVMe通用的驱动程序参数。
2. 打开 MPIO 属性。
3. 从 * 发现多路径 * 选项卡中，添加为 NVMe 列出的设备 ID 。

MPIO 可以识别 NVMe 设备，这些设备可在磁盘管理下查看。

4. 打开 * 磁盘管理 * 并转到 * 磁盘属性 * 。

5. 从*MPIO*选项卡中, 选择*Details*。
6. 设置以下Microsoft DSM设置:
 - PathVerifiedPeriod : *
 - PathVerifyEnabled : * 启用 *
 - RetransyCount : *
 - RetransyInterval : *
 - PDORemovedPeriod : * 130 *
7. 选择 MPIO 策略 * 使用子集执行轮循 *。
8. 更改注册表值:

```
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\mpio\Parameters\PathRecoveryInterval DWORD -> 30
```

```
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\mpio \Parameters\UseCustomPathRecoveryInterval DWORD-> 1
```

9. 重新启动主机。

验证 NVMe/FC

确认已发现NVMe子系统、并且ONTAP命名卷对于NVMe-oF配置正确无误。

步骤

1. 验证“Port Type (端口类型)”是否为 FC+NVMe:

```
listhba
```

显示示例

```
Port WWN      : 10:00:00:10:9b:1b:97:65
Node WWN      : 20:00:00:10:9b:1b:97:65
Fabric Name   : 10:00:c4:f5:7c:a5:32:e0
Flags         : 8000e300
Host Name     : INTEROP-57-159
Mfg           : Emulex Corporation
Serial No.    : FC71367217
Port Number   : 0
Mode          : Initiator
PCI Bus Number : 94
PCI Function   : 0
Port Type    : FC+NVMe
Model         : LPe32002-M2
```

```
Port WWN      : 10:00:00:10:9b:1b:97:66
Node WWN      : 20:00:00:10:9b:1b:97:66
Fabric Name   : 10:00:c4:f5:7c:a5:32:e0
Flags         : 8000e300
Host Name     : INTEROP-57-159
Mfg           : Emulex Corporation
Serial No.    : FC71367217
Port Number   : 1
Mode          : Initiator
PCI Bus Number : 94
PCI Function   : 1
Port Type     : FC+NVMe
Model         : LPe32002-M2
```

2. 验证是否已发现NVMe/FC子系统:

```
° nvme-list
```

显示示例

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:09:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                   : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0180
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available

NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:06:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                   : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0181
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available
Note: At present Namespace Management is not supported by NetApp
Arrays.
```

° nvme-list

显示示例

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:07:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                  : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0140
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available
```

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:08:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                  : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0141
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available
```

Note: At present Namespace Management is not supported by NetApp Arrays.

3. 验证是否已创建这些名称空间:

```
nvme-list-ns
```

Active Namespaces (attached to controller 0x0141):

SCSI		SCSI	SCSI
NSID	DeviceName	Bus Number	Target Number
OS LUN			
-----	-----	-----	-----

0x00000001	\\.\PHYSICALDRIVE9	0	1
0			
0x00000002	\\.\PHYSICALDRIVE10	0	1
1			
0x00000003	\\.\PHYSICALDRIVE11	0	1
2			
0x00000004	\\.\PHYSICALDRIVE12	0	1
3			
0x00000005	\\.\PHYSICALDRIVE13	0	1
4			
0x00000006	\\.\PHYSICALDRIVE14	0	1
5			
0x00000007	\\.\PHYSICALDRIVE15	0	1
6			
0x00000008	\\.\PHYSICALDRIVE16	0	1
7			

为ONTAP配置采用NVMe/FC的Windows Server 2012 R2

您可以在运行Windows Server 2012 R2的主机上配置基于光纤通道的NVMe (NVMe/FC)、以便使用ONTAP LUN进行操作。

关于此任务

您可以对适用于Windows 2012 R2的NVMe/FC主机配置使用以下支持。在开始配置过程之前、您还应查看已知限制。



您可以使用此过程中提供的配置设置来配置连接到和"适用于 ONTAP 的 Amazon FSX"的云客户端"Cloud Volumes ONTAP"。

- 提供支持：

从ONTAP 9.7开始、Windows Server 2012 R2支持NVMe/FC。

有关支持的FC适配器和控制器的列表，请参见"Hardware Universe"。有关支持的配置和版本的最新列表，

请参见"互操作性表工具"。

- 已知限制：

NVMe/FC不支持Windows故障转移集群、因为ONTAP目前不支持使用NVMe/FC进行永久性预留。



Broadcom为Windows NVMe/FC提供了一个外部驱动程序、该驱动程序是转换式SCSI $\Rightarrow$ NVMe驱动程序、而不是真正的NVMe/FC驱动程序。翻译开销不一定会影响性能、但它会使NVMe/FC的性能优势无效。因此、与Linux等其他操作系统不同、Windows服务器上的NVMe/FC和FCP性能相同、在这些操作系统中、NVMe/FC性能明显优于FCP。

启用 NVMe/FC

在Windows启动程序主机上启用FC/NVMe。

步骤

1. 在Windows主机上安装Emulex HBA Manager实用程序。
2. 在每个 HBA 启动程序端口上，设置以下 HBA 驱动程序参数：
 - EnableNVMe = 1
 - NVMEMode = 0
3. 重新启动主机。

配置Broadcom FC适配器

Broadcom启动程序可通过相同的32 G FC适配器端口同时提供NVMe/FC和FCP流量。对于FCP和FC/NVMe、应使用Microsoft设备专用模块(DSM)作为Microsoft多路径I/O (MPIO)选项。

`+hostnqn+`在Windows环境中、与采用FC/NVMe的Broadcom适配器的每个主机总线适配器 (HBA) 端口关联。的 `+hostnqn+` 格式如下所示：

```
nqn.2017-01.com.broadcom:ecd:nvmf:fc:100000109b1b9765
nqn.2017-01.com.broadcom:ecd:nvmf:fc:100000109b1b9766
```

为NVMe设备启用MPIO

要在Windows主机上完成NVMe配置、您需要为NVMe设备启用MPIO。

步骤

1. 安装 "Windows Host Utility Kit 7.1" 设置FC和NVMe通用的驱动程序参数。
2. 打开 MPIO 属性。
3. 从 * 发现多路径 * 选项卡中，添加为 NVMe 列出的设备 ID 。

MPIO 可以识别 NVMe 设备，这些设备可在磁盘管理下查看。

4. 打开 * 磁盘管理 * 并转到 * 磁盘属性 *。
5. 从 *MPIO*选项卡中, 选择*Details*。
6. 设置以下Microsoft DSM设置:
 - PathVerifiedPeriod : *
 - PathVerifyEnabled : * 启用 *
 - RetransyCount : *
 - RetransyInterval : *
 - PDORemovedPeriod : * 130 *
7. 选择 MPIO 策略 * 使用子集执行轮循 *。
8. 更改注册表值:

```
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\mpio\Parameters\PathRecoveryInterval DWORD -> 30
```

```
HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\mpio \Parameters\UseCustomPathRecoveryInterval DWORD-> 1
```

9. 重新启动主机。

验证 NVMe/FC

确认已发现NVMe子系统、并且ONTAP命名卷对于NVMe-oF配置正确无误。

步骤

1. 验证“Port Type (端口类型)”是否为 FC+NVMe:

```
listhba
```

显示示例

```
Port WWN      : 10:00:00:10:9b:1b:97:65
Node WWN      : 20:00:00:10:9b:1b:97:65
Fabric Name   : 10:00:c4:f5:7c:a5:32:e0
Flags         : 8000e300
Host Name     : INTEROP-57-159
Mfg           : Emulex Corporation
Serial No.    : FC71367217
Port Number   : 0
Mode          : Initiator
PCI Bus Number : 94
PCI Function  : 0
Port Type    : FC+NVMe
Model         : LPe32002-M2
```

```
Port WWN      : 10:00:00:10:9b:1b:97:66
Node WWN      : 20:00:00:10:9b:1b:97:66
Fabric Name   : 10:00:c4:f5:7c:a5:32:e0
Flags         : 8000e300
Host Name     : INTEROP-57-159
Mfg           : Emulex Corporation
Serial No.    : FC71367217
Port Number   : 1
Mode          : Initiator
PCI Bus Number : 94
PCI Function  : 1
Port Type     : FC+NVMe
Model         : LPe32002-M2
```

2. 验证是否已发现NVMe/FC子系统:

```
° nvme-list
```

显示示例

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:09:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                  : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0180
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available

NVMe Qualified Name      : nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n
vme_interop-57-159
Port WWN                  : 20:06:d0:39:ea:14:11:04
Node WWN                  : 20:05:d0:39:ea:14:11:04
Controller ID             : 0x0181
Model Number              : NetApp ONTAP Controller
Serial Number             : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB
Firmware Version          : FFFFFFFF
Total Capacity            : Not Available
Unallocated Capacity      : Not Available
Note: At present Namespace Management is not supported by NetApp
Arrays.
```

° nvme-list

显示示例

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-  
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n  
vme_interop-57-159  
Port WWN                 : 20:07:d0:39:ea:14:11:04  
Node WWN                 : 20:05:d0:39:ea:14:11:04  
Controller ID           : 0x0140  
Model Number            : NetApp ONTAP Controller  
Serial Number           : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB  
Firmware Version        : FFFFFFFF  
Total Capacity          : Not Available  
Unallocated Capacity    : Not Available
```

```
NVMe Qualified Name      : nqn.1992-  
08.com.netapp:sn.a3b74c32db2911eab229d039ea141105:subsystem.win_n  
vme_interop-57-159  
Port WWN                 : 20:08:d0:39:ea:14:11:04  
Node WWN                 : 20:05:d0:39:ea:14:11:04  
Controller ID           : 0x0141  
Model Number            : NetApp ONTAP Controller  
Serial Number           : 81CGZBPU5T/uAAAAAAB  
Firmware Version        : FFFFFFFF  
Total Capacity          : Not Available  
Unallocated Capacity    : Not Available
```

Note: At present Namespace Management is not supported by NetApp Arrays.

3. 验证是否已创建这些名称空间:

```
nvme-list-ns
```

Active Namespaces (attached to controller 0x0141):

SCSI		SCSI	SCSI
NSID	DeviceName	Bus Number	Target Number
OS LUN			
-----	-----	-----	-----

0x00000001	\\.\PHYSICALDRIVE9	0	1
0			
0x00000002	\\.\PHYSICALDRIVE10	0	1
1			
0x00000003	\\.\PHYSICALDRIVE11	0	1
2			
0x00000004	\\.\PHYSICALDRIVE12	0	1
3			
0x00000005	\\.\PHYSICALDRIVE13	0	1
4			
0x00000006	\\.\PHYSICALDRIVE14	0	1
5			
0x00000007	\\.\PHYSICALDRIVE15	0	1
6			
0x00000008	\\.\PHYSICALDRIVE16	0	1
7			

使用ONTAP存储对 NVMe-oF 进行故障排除（适用于 Linux 主机实用程序）

对配备ONTAP存储的 Oracle Linux、RHEL、Rocky Linux 和 SUSE Linux Enterprise Server 主机进行 NVMe-oF 故障排查。

在开始故障排除之前，请确认您运行的配置符合以下要求： [互操作性表工具](#) 然后按照说明进行下一步操作，以调试任何主机端问题。



故障排除说明不适用于 AIX、ESXi、Proxmox 和 Windows 主机。

启用详细日志记录

如果您的配置包含问题描述、则详细日志记录可提供故障排除所需的基本信息。

步骤

为 LPFC 或 Qlogic (Qla2xxx) 设置详细日志记录。

lpfc

设置NVMe/FC的lpfc驱动程序。

1. 设置 `lpfc_log_verbose` 将驱动程序设置为以下任意值以记录NVMe/FC事件。

```
#define LOG_NVME 0x00100000 /* NVME general events. */
#define LOG_NVME_DISC 0x00200000 /* NVME Discovery/Connect events.
*/
#define LOG_NVME_ABTS 0x00400000 /* NVME ABTS events. */
#define LOG_NVME_IOERR 0x00800000 /* NVME IO Error events. */
```

2. 设置值后、运行 `dracut-f` 命令并重新启动主机。
3. 请核对设置：

```
# cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf options lpfc
lpfc_log_verbose=0xf00083

# cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_log_verbose 15728771
```

qla2xxx

NVMe/FC没有类似于的特定qla2xxx日志记录 lpfc 驱动程序。而是应设置常规qla2xxx日志记录级别。

1. 将 `ql2xextended_error_logging=0x1e400000` 值附加到相应的 `modprobe qla2xxx conf` 文件中。
2. 执行 `dracut -f` 命令、然后重新启动主机。
3. 重新启动后、验证是否已启用详细日志记录：

```
# cat /etc/modprobe.d/qla2xxx.conf
```

您应该会看到类似于以下示例的输出：

```
options qla2xxx ql2xnvmeeenable=1
ql2xextended_error_logging=0x1e400000
# cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xextended_error_logging
507510784
```

常见的“nvme-cli”错误及解决方法

显示的错误 nvme-cli 期间 nvme discover, nvme connect`或 `nvme connect-all 下表显示了操作和解决方法:

错误消息	可能的发生原因	临时解决策
无法写入 /dev/nve-Fabric : 参数 无效	语法不正确	验证是否对使用了正确的语法 nvme discover, nvme connect, 和 nvme connect-all 命令

错误消息	可能的发生原因	临时解决策
无法写入 /dev/nve-Fabric : 没有此类文件或目录	可能会出现多个问题、例如、为NVMe命令提供错误的参数是常见原因之一。	• 确认已将正确的参数(例如、正确的WWNN字符串、WWPN字符串等)传递给命令。 • 如果参数正确、但您仍看到此错误、请检查是否存在 /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info 命令输出正确、NVMe启动程序显示为 `Enabled` 和NVMe/FC目标LIF会正确显示在远程端口部分下。示例 <pre># cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info NVME Initiator Enabled NVME LPORT lpfc0 WWPN x10000090fae0ec9d WWNN x20000090fae0ec9d DID x012000 ONLINE NVME RPORT WWPN x200b00a098c80f09 WWNN x200a00a098c80f09 DID x010601 TARGET DISCSRV ONLINE NVME Statistics LS: Xmt 00000000000000006 Cmpl 00000000000000006 FCP: Rd 00000000000000071 Wr 00000000000000005 IO 00000000000000031 Cmpl 000000000000000a6 Outstanding 00000000000000001 NVME Initiator Enabled NVME LPORT lpfc1 WWPN x10000090fae0ec9e WWNN x20000090fae0ec9e DID x012400 ONLINE NVME RPORT WWPN x200900a098c80f09 WWNN x200800a098c80f09 DID x010301 TARGET DISCSRV ONLINE NVME Statistics LS: Xmt 00000000000000006 Cmpl 00000000000000006 FCP: Rd 00000000000000073 Wr 00000000000000005 IO 00000000000000031 Cmpl 000000000000000a8 Outstanding 00000000000000001</pre> • 如果 `nvme_info` 命令输出未显示上例所示的目标LUN、请检查和 `dmesg` 命令输出中是否存在任何可疑的NVMe/FC故障、`/var/log/messages` 并相应地报告或修复。

错误消息	可能的发生原因	临时解决策
没有要提取的发现日志条目	通常会在出现时观察到 /etc/nvme/hostnqn 字符串未添加到 NetApp 阵列上的相应子系统或不正确 hostnqn 字符串已添加到相应的子系统中。	验证是否准确 /etc/nvme/hostnqn 字符串已添加到 NetApp 阵列上的相应子系统中(使用进行验证 <code>vserver nvme subsystem host show</code> 命令)。
无法写入 /dev/nvme-Fabric : 操作已在进行中	在控制器关联或指定操作已创建或正在创建时观察到。在上述自动连接脚本中可能会发生这种情况。	无尝试运行 <code>nvme discover</code> 命令。适用于 <code>nvme connect</code> 和 <code>connect-all</code> 、运行 <code>nvme list</code> 命令以验证是否已创建命名空间设备并将其显示在主机上。

何时联系技术支持

如果问题仍然存在，请收集以下文件和命令输出并联系我们。 ["NetApp 支持"](#) 以便进一步分诊：

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
/var/log/messages
dmesg
nvme discover output as in:
nvme discover --transport=fc --traddr=nn-0x200a00a098c80f09:pn
-0x200b00a098c80f09 --host-traddr=nn-0x20000090fae0ec9d:pn
-0x100000090fae0ec9d
nvme list
nvme list-subsys /dev/nvmeXnY
```

法律声明

法律声明提供对版权声明、商标、专利等的访问。

版权

["https://www.netapp.com/company/legal/copyright/"](https://www.netapp.com/company/legal/copyright/)

商标

NetApp、NetApp 徽标和 NetApp 商标页面上列出的标记是 NetApp、Inc. 的商标。其他公司和产品名称可能是其各自所有者的商标。

["https://www.netapp.com/company/legal/trademarks/"](https://www.netapp.com/company/legal/trademarks/)

专利

有关 NetApp 拥有的专利的最新列表，请访问：

<https://www.netapp.com/pdf.html?item=/media/11887-patentspage.pdf>

隐私政策

["https://www.netapp.com/company/legal/privacy-policy/"](https://www.netapp.com/company/legal/privacy-policy/)

- ["AIX注意事项"](#)
- ["Linux注意事项"](#)
- ["Solaris通知"](#)
- ["Windows注意事项"](#)

版权信息

版权所有 © 2026 NetApp, Inc.。保留所有权利。中国印刷。未经版权所有者事先书面许可，本文档中受版权保护的任何部分不得以任何形式或通过任何手段（图片、电子或机械方式，包括影印、录音、录像或存储在电子检索系统中）进行复制。

从受版权保护的 NetApp 资料派生的软件受以下许可和免责声明的约束：

本软件由 NetApp 按“原样”提供，不含任何明示或暗示担保，包括但不限于适销性以及针对特定用途的适用性的隐含担保，特此声明不承担任何责任。在任何情况下，对于因使用本软件而以任何方式造成的任何直接性、间接性、偶然性、特殊性、惩罚性或后果性损失（包括但不限于购买替代商品或服务；使用、数据或利润方面的损失；或者业务中断），无论原因如何以及基于何种责任理论，无论出于合同、严格责任或侵权行为（包括疏忽或其他行为），NetApp 均不承担责任，即使已被告知存在上述损失的可能性。

NetApp 保留在不另行通知的情况下随时对本文档所述的任何产品进行更改的权利。除非 NetApp 以书面形式明确同意，否则 NetApp 不承担因使用本文档所述产品而产生的任何责任或义务。使用或购买本产品不表示获得 NetApp 的任何专利权、商标权或任何其他知识产权许可。

本手册中描述的产品可能受一项或多项美国专利、外国专利或正在申请的专利的保护。

有限权利说明：政府使用、复制或公开本文档受 DFARS 252.227-7013（2014 年 2 月）和 FAR 52.227-19（2007 年 12 月）中“技术数据权利 — 非商用”条款第 (b)(3) 条规定的限制条件的约束。

本文档中所含数据与商业产品和/或商业服务（定义见 FAR 2.101）相关，属于 NetApp, Inc. 的专有信息。根据本协议提供的所有 NetApp 技术数据和计算机软件具有商业性质，并完全由私人出资开发。美国政府对这些数据的使用权具有非排他性、全球性、受限且不可撤销的许可，该许可既不可转让，也不可再许可，但仅限在与交付数据所依据的美国政府合同有关且受合同支持的情况下使用。除本文档规定的情形外，未经 NetApp, Inc. 事先书面批准，不得使用、披露、复制、修改、操作或显示这些数据。美国政府对国防部的授权仅限于 DFARS 的第 252.227-7015(b)（2014 年 2 月）条款中明确的权利。

商标信息

NetApp、NetApp 标识和 <http://www.netapp.com/TM> 上所列的商标是 NetApp, Inc. 的商标。其他公司和产品名称可能是其各自所有者的商标。