



SUSE Linux Enterprise Server

ONTAP SAN Host Utilities

NetApp
January 30, 2026

This PDF was generated from <https://docs.netapp.com/de-de/ontap-sanhost/nvme-sles-supported-features.html> on January 30, 2026. Always check docs.netapp.com for the latest.

Inhalt

SUSE Linux Enterprise Server	1
Erfahren Sie mehr über ONTAP Unterstützung und -Funktionen für SUSE Linux Enterprise Server	1
Was kommt als nächstes	1
Konfigurieren Sie SUSE Linux Enterprise Server 16 für NVMe-oF mit ONTAP Storage	2
Schritt 1: Aktivieren Sie optional den SAN-Bootvorgang	2
Schritt 2: Installieren Sie SUSE Linux Enterprise Server und NVMe-Software und überprüfen Sie Ihre Konfiguration	3
Schritt 3: Konfigurieren Sie NVMe/FC und NVMe/TCP	4
Schritt 4: Optional können Sie die iopolicy in den udev-Regeln ändern	13
Schritt 5: Optional: Aktivieren Sie 1 MB I/O für NVMe/FC.	14
Schritt 6: NVMe-Bootdienste überprüfen	15
Schritt 7: Überprüfen Sie die Multipathing-Konfiguration	16
Schritt 8: Erstellen eines persistenten Discovery-Controllers	21
Schritt 9: Einrichten einer sicheren In-Band-Authentifizierung	26
Schritt 10: Transport Layer Security konfigurieren	32
Schritt 11: Überprüfen Sie die bekannten Probleme	37
Konfigurieren Sie SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx für NVMe-oF mit ONTAP Speicher	37
Schritt 1: Aktivieren Sie optional den SAN-Bootvorgang	38
Schritt 2: Installieren Sie SUSE Linux Enterprise Server und NVMe-Software und überprüfen Sie Ihre Konfiguration	38
Schritt 3: Konfigurieren Sie NVMe/FC und NVMe/TCP	40
Schritt 4: Optional können Sie die iopolicy in den udev-Regeln ändern	48
Schritt 5: Optional: Aktivieren Sie 1 MB I/O für NVMe/FC.	49
Schritt 6: NVMe-Bootdienste überprüfen	50
Schritt 7: Überprüfen Sie die Multipathing-Konfiguration	51
Schritt 8: Erstellen eines persistenten Discovery-Controllers	55
Schritt 9: Einrichten einer sicheren In-Band-Authentifizierung	60
Schritt 10: Transport Layer Security konfigurieren	66
Schritt 11: Überprüfen Sie die bekannten Probleme	71

SUSE Linux Enterprise Server

Erfahren Sie mehr über ONTAP Unterstützung und -Funktionen für SUSE Linux Enterprise Server

Die für die Hostkonfiguration mit NVMe over Fabrics (NVMe-oF) unterstützten Funktionen variieren je nach Ihrer Version von ONTAP und SUSE Linux Enterprise Server.

Funktion	SUSE Linux Enterprise Server Hostversion	ONTAP-Version
NVMe/TCP meldet alle optimierten Pfade für ASA r2 Systeme	16	9.16.1 oder später
Die Transport Layer Security (TLS) 1.3-Verschlüsselung wird für NVMe/TCP unterstützt.	15 SP6 oder später	9.16.1 oder später
Eine sichere In-Band-Authentifizierung wird über NVMe/TCP zwischen einem RHEL-Host und einem ONTAP Controller unterstützt.	15 SP4 oder später	9.12.1 oder später
Persistent Discovery Controller (PDCs) werden mithilfe eines eindeutigen Discovery-NQN unterstützt.	15 SP4 oder später	9.11.1 oder später
NVMe/TCP stellt Namensräume unter Verwendung des nativen <code>nvme-cli</code> Paket	15 SP4 oder später	9.10.1 oder später
NVMe- und SCSI-Datenverkehr werden auf demselben Host unterstützt, wobei NVMe Multipath für NVMe-oF-Namespaces und dm-Multipath für SCSI-LUNs verwendet werden.	15 SP1 oder später	9.4 oder später

ONTAP unterstützt die folgenden SAN-Hostfunktionen unabhängig von der auf Ihrem System ausgeführten ONTAP Version.

Funktion	SUSE Linux Enterprise Server Hostversion
SAN-Booten wird durch die Verwendung des NVMe/FC-Protokolls aktiviert.	15 SP7 oder später
Native NVMe-Multipathing ist standardmäßig aktiviert.	15 SP1 oder später
Der <code>nvme-cli</code> Das Paket enthält Skripte zur automatischen Verbindung, sodass keine Skripte von Drittanbietern benötigt werden.	15 SP1 oder später



Einzelheiten zu unterstützten Konfigurationen finden Sie im ["Interoperabilitäts-Matrix-Tool"](#) .

Was kommt als nächstes

Wenn Ihre SUSE Linux Enterprise Server Version ...	Erfahren Sie mehr über ...
16	"NVMe für SUSE Linux Enterprise Server 16 konfigurieren"
15 SPx-Serie	"NVMe für SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx konfigurieren"

Verwandte Informationen

- ["Erfahren Sie mehr über ASA r2 Systeme"](#)
- ["Erfahren Sie mehr über die Verwaltung von NVMe-Protokollen."](#)

Konfigurieren Sie SUSE Linux Enterprise Server 16 für NVMe-oF mit ONTAP Storage

Der SUSE Linux Enterprise Server 16 host unterstützt die NVMe over Fibre Channel (NVMe/FC)- und NVMe over TCP (NVMe/TCP)-Protokolle mit Asymmetric Namespace Access (ANA). ANA bietet Multipathing-Funktionalität, die dem asymmetric logical unit access (ALUA) in iSCSI- und FCP-Umgebungen entspricht.

Erfahren Sie, wie Sie NVMe over Fabrics (NVMe-oF)-Hosts für SUSE Linux Enterprise Server 16 konfigurieren. Weitere Informationen zu Support und Funktionen finden Sie unter ["ONTAP Support und -Funktionen"](#).

NVMe-oF mit SUSE Linux Enterprise Server 16 weist die folgenden bekannten Einschränkungen auf:

- Der `nvme disconnect-all` Dieser Befehl trennt sowohl das Root- als auch das Datendateisystem und kann zu Systeminstabilität führen. Diese Meldung sollte nicht auf Systemen ausgegeben werden, die von SAN über NVMe-TCP- oder NVMe-FC-Namespace booten.
- Die Unterstützung für das NetApp sanlun Host-Dienstprogramm ist für NVMe-oF nicht verfügbar. Stattdessen können Sie auf das im nativen Paket enthaltene NetApp -Plug-in zurückgreifen. `nvme-cli` Paket für alle NVMe-oF-Transporte.

Schritt 1: Aktivieren Sie optional den SAN-Bootvorgang

Sie können Ihren Host für die Verwendung von SAN-Boot konfigurieren, um die Bereitstellung zu vereinfachen und die Skalierbarkeit zu verbessern. Verwenden Sie die ["Interoperabilitäts-Matrix-Tool"](#) um zu überprüfen, ob Ihr Linux-Betriebssystem, Ihr Hostbusadapter (HBA), Ihre HBA-Firmware, Ihr HBA-Boot-BIOS und ONTAP -Version das SAN-Booten unterstützen.

Schritte

1. ["Erstellen Sie einen NVMe-Namespace und ordnen Sie ihn dem Host zu"](#) .
2. Aktivieren Sie das SAN-Booten im Server-BIOS für die Ports, denen der SAN-Boot-Namespace zugeordnet ist.

Informationen zum Aktivieren des HBA-BIOS finden Sie in der anbieterspezifischen Dokumentation.

3. Starten Sie den Host neu und überprüfen Sie, ob das Betriebssystem läuft.

Schritt 2: Installieren Sie SUSE Linux Enterprise Server und NVMe-Software und überprüfen Sie Ihre Konfiguration

Um Ihren Host für NVMe-oF zu konfigurieren, müssen Sie die Host- und NVMe-Softwarepakete installieren, Multipathing aktivieren und Ihre Host-NQN-Konfiguration überprüfen.

Schritte

1. Installieren Sie SUSE Linux Enterprise Server 16 auf dem Server. Überprüfen Sie nach Abschluss der Installation, ob Sie den angegebenen SUSE Linux Enterprise Server 16-Kernel verwenden:

```
uname -r
```

Beispiel für eine SUSE Linux Enterprise Server Kernelversion:

```
6.12.0-160000.6-default
```

2. Installieren Sie den `nvme-cli` Paket:

```
rpm -qa|grep nvme-cli
```

Das folgende Beispiel zeigt eine `nvme-cli` Paketversion:

```
nvme-cli-2.11+29.g35e62868-160000.1.1.x86_64
```

3. Installieren Sie den `libnvme` Paket:

```
rpm -qa|grep libnvme
```

Das folgende Beispiel zeigt eine `libnvme` Paketversion:

```
libnvme1-1.11+17.g6d55624d-160000.1.1.x86_64
```

4. Überprüfen Sie auf dem Host die Hostnqn-Zeichenfolge unter `/etc/nvme/hostnqn`:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

Das folgende Beispiel zeigt eine `hostnqn` Version:

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:d3b581b4-c975-11e6-8425-0894ef31a074
```

5. Überprüfen Sie im ONTAP System, ob `hostnqn` Die Zeichenkette stimmt mit der `hostnqn` Zeichenkette für das entsprechende Subsystem im ONTAP Array:

```
::> vserver nvme subsystem host show -vserver vs_coexistence_emulex
```

Beispiel anzeigen

```
Vserver Subsystem Priority Host NQN
-----
vs_coexistence_emulex
    nvme1
        regular nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:d3b581b4-c975-11e6-8425-0894ef31a074
    nvme10
        regular nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:d3b581b4-c975-11e6-8425-0894ef31a074
    nvme11
        regular nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:d3b581b4-c975-11e6-8425-0894ef31a074
    nvme12
        regular nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:d3b581b4-c975-11e6-8425-0894ef31a074
4 entries were displayed.
```



Wenn der `hostnqn` Zeichenfolgen stimmen nicht überein. Verwenden Sie die `vserver modify` Befehl zum Aktualisieren des `hostnqn` Zeichenfolge auf dem entsprechenden ONTAP-Array-Subsystem, die dem entspricht `hostnqn` Zeichenfolge von `/etc/nvme/hostnqn` Auf dem Host.

Schritt 3: Konfigurieren Sie NVMe/FC und NVMe/TCP

Konfigurieren Sie NVMe/FC mit Broadcom/Emulex- oder Marvell/QLogic-Adaptoren oder konfigurieren Sie NVMe/TCP mithilfe manueller Erkennungs- und Verbindungsvorgänge.

NVMe/FC - Broadcom/Emulex

Konfigurieren Sie NVMe/FC für einen Broadcom/Emulex FC-Adapter.

Schritte

1. Stellen Sie sicher, dass Sie das unterstützte Adaptermodell verwenden:

a. Zeigen Sie die Modellnamen an:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
SN37A92079  
SN37A92079
```

b. Zeigen Sie die Modellbeschreibungen an:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
Emulex SN37A92079 32Gb 2-Port Fibre Channel Adapter  
Emulex SN37A92079 32Gb 2-Port Fibre Channel Adapter
```

2. Vergewissern Sie sich, dass Sie das empfohlene Broadcom verwenden lpfc Firmware und Inbox-Treiber:

a. Anzeige der Firmware-Version:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

Das folgende Beispiel zeigt Firmware-Versionen:

```
14.4.393.53, sli-4:6:d  
14.4.393.53, sli-4:6:d
```

b. Zeigen Sie die Posteingangstreiberversion an:

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

Das folgende Beispiel zeigt eine Treiberversion:

```
0:14.4.0.11
```

Die aktuelle Liste der unterstützten Adaptertreiber- und Firmware-Versionen finden Sie im ["Interoperabilitäts-Matrix-Tool"](#).

3. Stellen Sie sicher, dass die erwartete Ausgabe von `lpfc_enable_fc4_type` auf eingestellt ist 3:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

4. Vergewissern Sie sich, dass Sie Ihre Initiator-Ports anzeigen können:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

Sie sollten eine ähnliche Ausgabe sehen:

```
0x100000109bdacc75  
0x100000109bdacc76
```

5. Überprüfen Sie, ob Ihre Initiator-Ports online sind:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
Online  
Online
```

6. Vergewissern Sie sich, dass die NVMe/FC-Initiator-Ports aktiviert sind und die Ziel-Ports sichtbar sind:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```


Beispielausgabe anzeigen

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc0 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc0 WWPN x100000109bdacc75 WWNN x200000109bdacc75
DID x060100 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2001d039ea951c45 WWNN x2000d039ea951c45
DID x080801 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2003d039ea951c45 WWNN x2000d039ea951c45
DID x080d01 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2024d039eab31e9c WWNN x2023d039eab31e9c
DID x020a09 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2026d039eab31e9c WWNN x2023d039eab31e9c
DID x020a08 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2003d039ea5cfc90 WWNN x2002d039ea5cfc90
DID x061b01 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2012d039ea5cfc90 WWNN x2011d039ea5cfc90
DID x061b05 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2005d039ea5cfc90 WWNN x2002d039ea5cfc90
DID x061201 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2014d039ea5cfc90 WWNN x2011d039ea5cfc90
DID x061205 TARGET DISCSRV ONLINE
```

```
NVME Statistics
LS: Xmt 0000017242 Cmpl 0000017242 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 0000000000378362 Issue 00000000003783c7 OutIO
00000000000000065
      abort 00000409 noxri 00000000 nondlp 0000003a qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000409 Err 0000040a
```

```
NVME Initiator Enabled
XRI Dist lpfc1 Total 6144 IO 5894 ELS 250
NVME LPORT lpfc1 WWPN x100000109bdacc76 WWNN x200000109bdacc76
DID x062800 ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2002d039ea951c45 WWNN x2000d039ea951c45
DID x080701 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2004d039ea951c45 WWNN x2000d039ea951c45
DID x081501 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2025d039eab31e9c WWNN x2023d039eab31e9c
DID x020913 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2027d039eab31e9c WWNN x2023d039eab31e9c
DID x020912 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2006d039ea5cfc90 WWNN x2002d039ea5cfc90
DID x061401 TARGET DISCSRV ONLINE
```

```
NVME RPORT          WWPN x2015d039ea5cfc90 WWNN x2011d039ea5cfc90
DID x061405 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2004d039ea5cfc90 WWNN x2002d039ea5cfc90
DID x061301 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2013d039ea5cfc90 WWNN x2011d039ea5cfc90
DID x061305 TARGET DISCSRV ONLINE
```

NVME Statistics

```
LS: Xmt 0000017428 Cmpl 0000017428 Abort 00000000
LS XMIT: Err 00000000 CMPL: xb 00000000 Err 00000000
Total FCP Cmpl 00000000003443be Issue 000000000034442a OutIO
00000000000000006c
          abort 00000491 noxri 00000000 nondlp 00000086 qdepth
00000000 wqerr 00000000 err 00000000
FCP CMPL: xb 00000491 Err 00000494
```

NVMe/FC - Marvell/QLogic

Konfigurieren Sie NVMe/FC für einen Marvell/QLogic-Adapter.

Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass der unterstützte Adaptertreiber und die unterstützten Firmware-Versionen ausgeführt werden:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

Das folgende Beispiel zeigt Treiber- und Firmware-Versionen:

```
QLE2772 FW:v9.15.06 DVR:v10.02.09.400-k-debug
QLE2772 FW:v9.15.06 DVR:v10.02.09.400-k-debug
```

2. Verifizieren Sie das `ql2xnvmeenable` Ist festgelegt. Dadurch kann der Marvell Adapter als NVMe/FC-Initiator verwendet werden:

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

Die erwartete Ausgabe ist 1.

NVMe/TCP

Das NVMe/TCP-Protokoll unterstützt den automatischen Verbindungsvorgang nicht. Stattdessen können Sie die NVMe/TCP-Subsysteme und Namespaces ermitteln, indem Sie den NVMe/TCP `connect` oder `connect-all` Vorgänge manuell ausführen.

Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass der Initiator-Port die Daten der Erkennungsprotokollseite über die unterstützten NVMe/TCP-LIFs abrufen kann:

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

Beispielausgabe anzeigen

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.38.20 -a 192.168.38.10
Discovery Log Number of Records 8, Generation counter 42
=====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.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
treq: 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
treq: 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.sample_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.sample_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.sample_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.sample_tcp_sub
traddr: 192.168.111.70
eflags: none
sectype: none
localhost:~ #
```

2. Vergewissern Sie sich, dass alle anderen LIF-Kombinationen aus NVMe/TCP-Initiator und Ziel erfolgreich Daten der Erkennungsprotokollseite abrufen können:

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

Beispiel anzeigen

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.38.20 -a 192.168.38.10
nvme discover -t tcp -w 192.168.38.20 -a 192.168.38.11
nvme discover -t tcp -w 192.168.39.20 -a 192.168.39.10
nvme discover -t tcp -w 192.168.39.20 -a 192.168.39.11
```

3. Führen Sie die aus `nvme connect-all` Befehl über alle unterstützten NVMe/TCP Initiator-Ziel-LIFs der Nodes hinweg:

```
nvme connect-all -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

Beispiel anzeigen

```
nvme      connect-all -t  tcp -w  192.168.38.20  -a
192.168.38.10
nvme      connect-all -t  tcp -w  192.168.38.20  -a
192.168.38.11
nvme      connect-all -t  tcp -w  192.168.39.20  -a
192.168.39.10
nvme      connect-all -t  tcp -w  192.168.39.20  -a
192.168.39.11
```

Die Einstellung für NVMe/TCP `ctrl_loss_tmo` timeout ist automatisch auf „Aus“ eingestellt. Infolge:

- Es gibt keine Begrenzung für die Anzahl der Wiederholungsversuche (unbegrenzte Wiederholung).
- Sie müssen kein bestimmtes `ctrl_loss_tmo` timeout Dauer bei Verwendung des `nvme connect` oder `nvme connect-all` Befehle (Option `-l`).
- Bei den NVMe/TCP-Controllern kommt es im Falle eines Pfadausfalls nicht zu Timeouts und die Verbindung bleibt unbegrenzt bestehen.

Schritt 4: Optional können Sie die iopolicy in den udev-Regeln ändern.

Ab SUSE Linux Enterprise Server 16 ist die Standard-iopolicy für NVMe-oF auf `queue-depth` gesetzt. Wenn Sie die iopolicy auf `round-robin` ändern möchten, bearbeiten Sie die udev-Regeldatei wie folgt:

Schritte

1. Öffnen Sie die Udev-Regeldatei in einem Texteditor mit Root-Rechten:

```
/usr/lib/udev/rules.d/71-nvmf-netapp.rules
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
vi /usr/lib/udev/rules.d/71-nvmf-netapp.rules
```

2. Suchen Sie die Zeile, die die iopolicy für den NetApp ONTAP Controller festlegt, wie im folgenden Beispiel gezeigt:

```
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{subsysstype}=="nvm",
ATTR{model}=="NetApp ONTAP Controller", ATTR{iopolicy}=="queue-depth"
```

3. Ändern Sie die Regel so, dass `queue-depth` zu `round-robin` wird:

```
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{subsysstype}=="nvm",  
ATTR{model}=="NetApp ONTAP Controller", ATTR{iopolicy}="round-robin"
```

4. Laden Sie die `udev`-Regeln neu und wenden Sie die Änderungen an:

```
udevadm control --reload  
udevadm trigger --subsystem-match=nvme-subsystem
```

5. Überprüfen Sie die aktuelle E/A-Richtlinie für Ihr Subsystem. Ersetzen Sie beispielsweise `<subsystem>`, `nvme-subsys0` Die

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<subsystem>/iopolicy
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
round-robin
```



Die neue `iopolicy` wird automatisch auf passende NetApp ONTAP Controller-Geräte angewendet. Ein Neustart ist nicht erforderlich.

Schritt 5: Optional: Aktivieren Sie 1 MB I/O für NVMe/FC.

ONTAP meldet in den Identify Controller-Daten eine maximale Datenübertragungsgröße (MDTS) von 8. Dies bedeutet, dass die maximale E/A-Anforderungsgröße bis zu 1 MB betragen kann. Um E/A-Anfragen der Größe 1 MB für einen Broadcom NVMe/FC-Host auszugeben, sollten Sie die `lpfc` Wert des `lpfc_sg_seg_cnt` Parameter vom Standardwert 64 auf 256.



Diese Schritte gelten nicht für Qlogic NVMe/FC-Hosts.

Schritte

1. Setzen Sie den `lpfc_sg_seg_cnt` Parameter auf 256:

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

Sie sollten eine Ausgabe ähnlich dem folgenden Beispiel sehen:

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. Führen Sie den Befehl aus `dracut -f`, und starten Sie den Host neu.

3. Stellen Sie sicher, dass der Wert für `lpfc_sg_seg_cnt` 256 lautet:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

Schritt 6: NVMe-Bootdienste überprüfen

Der `nvmeof-boot-connections.service` Und `nvmmf-autoconnect.service` In NVMe/FC enthaltene Boot-Dienste `nvme-cli` Paket werden beim Systemstart automatisch aktiviert.

Überprüfen Sie nach dem Booten, ob die `nvmeof-boot-connections.service` Und `nvmmf-autoconnect.service` Boot-Dienste sind aktiviert.

Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass `nvmmf-autoconnect.service` aktiviert ist:

```
systemctl status nvmmf-autoconnect.service
```

Beispielausgabe anzeigen

```
nvmmf-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvmmf-autoconnect.service;
   enabled; vendor preset: disabled)
   Active: inactive (dead) since Thu 2024-05-25 14:55:00 IST; 11min
   ago
 Process: 2108 ExecStartPre=/sbin/modprobe nvme-fabrics (code=exited,
   status=0/SUCCESS)
 Process: 2114 ExecStart=/usr/sbin/nvme connect-all (code=exited,
   status=0/SUCCESS)
 Main PID: 2114 (code=exited, status=0/SUCCESS)

systemd[1]: Starting Connect NVMe-oF subsystems automatically during
boot...
nvme[2114]: traddr=nn-0x201700a098fd4ca6:pn-0x201800a098fd4ca6 is
already connected
systemd[1]: nvmmf-autoconnect.service: Deactivated successfully.
systemd[1]: Finished Connect NVMe-oF subsystems automatically during
boot.
```

2. Vergewissern Sie sich, dass `nvmeof-boot-connections.service` aktiviert ist:

```
systemctl status nvmeofc-boot-connections.service
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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; vendor preset: enabled)
   Active: inactive (dead) since Thu 2024-05-25 14:55:00 IST; 11min
ago
   Main PID: 1647 (code=exited, status=0/SUCCESS)

systemd[1]: Starting Auto-connect to subsystems on FC-NVME devices
found during boot...
systemd[1]: nvmeofc-boot-connections.service: Succeeded.
systemd[1]: Finished Auto-connect to subsystems on FC-NVME devices
found during boot.
```

Schritt 7: Überprüfen Sie die Multipathing-Konfiguration

Vergewissern Sie sich, dass der in-Kernel-Multipath-Status, der ANA-Status und die ONTAP-Namespace für die NVMe-oF-Konfiguration richtig sind.

Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass das in-Kernel NVMe Multipath aktiviert ist:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
Y
```

2. Überprüfen Sie, ob die entsprechenden NVMe-oF-Einstellungen (z. B. Modell auf NetApp ONTAP Controller und Load-Balancing-IOPolicy auf Warteschlangentiefe eingestellt) für die jeweiligen ONTAP Namespaces korrekt auf dem Host abgebildet werden:
 - a. Zeigen Sie die Subsysteme an:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

b. Zeigen Sie die Richtlinie an:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
queue-depth
queue-depth
```

3. Überprüfen Sie, ob die Namespaces auf dem Host erstellt und richtig erkannt wurden:

```
nvme list
```

Beispiel anzeigen

Node	SN	Model	

/dev/nvme7n1	81Ix2BVuekWcAAAAAAB	NetApp ONTAP Controller	
Namespace Usage	Format	FW	Rev
-----	21.47 GB / 21.47 GB	4 KiB + 0 B	FFFFFFFF

4. Überprüfen Sie, ob der Controller-Status jedes Pfads aktiv ist und den korrekten ANA-Status aufweist:

```
nvme list-subsys /dev/<controller_ID>
```



Ab ONTAP 9.16.1 melden NVMe/FC und NVMe/TCP alle optimierten Pfade auf ASA r2 Systemen.

NVMe/FC

Die folgenden Beispielausgaben zeigen einen Namespace, der auf einem Zwei-Knoten ONTAP Controller für AFF, FAS und ASA Systeme sowie ASA r2 System mit NVMe/FC gehostet wird.

Beispielausgabe für AFF, FAS und ASA anzeigen

```
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
```

ASA r2 Beispielausgabe anzeigen

```
nvme-subsys96 - NQN=nqn.1992-  
08.om.netapp:sn.b351b2b6777b11f0b3c2d039ea5cfc91:subsystem.nvme2  
4  
                hostnqn=nqn.2014-  
08.org.nvmexpress:uuid:d3b581b4-c975-11e6-8425-0894ef31a074  
\  
  +- nvme203 fc traddr=nn-0x2011d039ea5cfc90:pn-  
0x2015d039ea5cfc90,host_traddr=nn-0x200000109bdacc76:pn-  
0x100000109bdacc76 live optimized  
  +- nvme25 fc traddr=nn-0x2011d039ea5cfc90:pn-  
0x2014d039ea5cfc90,host_traddr=nn-0x200000109bdacc75:pn-  
0x100000109bdacc75 live optimized  
  +- nvme30 fc traddr=nn-0x2011d039ea5cfc90:pn-  
0x2012d039ea5cfc90,host_traddr=nn-0x200000109bdacc75:pn-  
0x100000109bdacc75 live optimized  
  +- nvme32 fc traddr=nn-0x2011d039ea5cfc90:pn-  
0x2013d039ea5cfc90,host_traddr=nn-0x200000109bdacc76:pn-  
0x100000109bdacc76 live optimized
```

NVMe/TCP

Die folgenden Beispielausgaben zeigen einen Namespace, der auf einem Zwei-Knoten ONTAP Controller für AFF, FAS und ASA Systeme sowie ASA r2 Systeme mit NVMe/TCP gehostet wird.

Beispielausgabe für AFF, FAS und ASA anzeigen

```
nvme-subsys9 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:subsystem.nvme10
                hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b7c04f444d33
\
+- nvme105 tcp
traddr=192.168.39.10,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.39.20,src_addr=192.168.39.20 live optimized
+- nvme153 tcp
traddr=192.168.39.11,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.39.20,src_addr=192.168.39.20 live non-optimized
+- nvme57 tcp
traddr=192.168.38.11,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.38.20,src_addr=192.168.38.20 live non-optimized
+- nvme9 tcp
traddr=192.168.38.10,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.38.20,src_addr=192.168.38.20 live optimized
```

ASA r2 Beispielausgabe anzeigen

```
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
```

5. Vergewissern Sie sich, dass das NetApp Plug-in für jedes ONTAP Namespace-Gerät die richtigen Werte anzeigt:

Spalte

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

Beispiel anzeigen

Device	Vserver	Namespace Path	Size
NSID	UUID		

/dev/nvme0n1	vs_coexistence_emulex	ns1	1
79510f05-7784-11f0-b3c2-d039ea5cfc91	21.47GB		

JSON

```
nvme netapp ontapdevices -o json
```

Beispiel anzeigen

```
{
  "ONTAPdevices":[{
    "Device":"/dev/nvme0n1",
    "Vserver":"vs_coexistence_emulex",
    "Namespace_Path":"ns1",
    "NSID":1,
    "UUID":"79510f05-7784-11f0-b3c2-d039ea5cfc91",
    "Size":"21.47GB",
    "LBA_Data_Size":4096,
    "Namespace_Size":5242880
  } ]
}
```

Schritt 8: Erstellen eines persistenten Discovery-Controllers

Sie können einen persistenten Discovery Controller (PDC) für einen SUSE Linux Enterprise Server 16 Host erstellen. Ein PDC ist erforderlich, um das Hinzufügen oder Entfernen eines NVMe-Subsystems sowie Änderungen an den Daten der Discovery Log Page automatisch zu erkennen.

Schritte

1. Überprüfen Sie, ob die Daten der Erkennungsprotokollseite verfügbar sind und über den Initiator-Port und die Ziel-LIF-Kombination abgerufen werden können:

```
nvme discover -t <trtype> -w <host-traddr> -a <traddr>
```


Beispielausgabe anzeigen

```
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:  3
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:discovery
traddr:  192.168.39.10
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.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:discovery
traddr:  192.168.38.10
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:  4
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:discovery
traddr:  192.168.39.11
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:  2
trsvcid: 8009
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:discovery
traddr:  192.168.38.11
eflags:  explicit discovery connections, duplicate discovery
information
sectype: none
=====Discovery Log Entry 4=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  3
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:subsystem.nvme1
traddr:  192.168.39.10
eflags:  none
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.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:subsystem.nvme1
traddr:  192.168.38.10
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 6=====
trtype:  tcp
adrfam:  ipv4
subtype: nvme subsystem
treq:    not specified
portid:  4
trsvcid: 4420
subnqn:  nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:subsystem.nvme1
traddr:  192.168.39.11
eflags:  none
sectype: none
=====Discovery Log Entry 7=====

```

```
trtype: tcp
adrfam: ipv4
subtype: nvme subsystem
treq: not specified
portid: 2
trsvcid: 4420
subnqn: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:subsystem.nvme1
traddr: 192.168.38.11
eflags: none
sectype: none
```

2. Erstellen Sie ein PDC für das Erkennungs-Subsystem:

```
nvme discover -t <trtype> -w <host-traddr> -a <traddr> -p
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.39.20 -a 192.168.39.11 -p
```

3. Überprüfen Sie vom ONTAP-Controller aus, ob das PDC erstellt wurde:

```
vserver nvme show-discovery-controller -instance -vserver <vserver_name>
```

Beispielausgabe anzeigen

```
vserver nvme show-discovery-controller -instance -vserver
vs_tcp_sles16
Vserver Name: vs_tcp_sles16
      Controller ID: 0180h
      Discovery Subsystem NQN: nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:discovery
      Logical Interface: lif3
      Node: A400-12-171
      Host NQN: nqn.2014-
08.org.nvmeexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b7c04f444d33
      Transport Protocol: nvme-tcp
      Initiator Transport Address: 192.168.39.20
      Transport Service Identifier: 8009
      Host Identifier: 4c4c454400355910804bb7c04f444d33
      Admin Queue Depth: 32
      Header Digest Enabled: false
      Data Digest Enabled: false
      Keep-Alive Timeout (msec): 30000
```

Schritt 9: Einrichten einer sicheren In-Band-Authentifizierung

Sichere In-Band-Authentifizierung wird über NVMe/TCP zwischen einem SUSE Linux Enterprise Server 16 Host und einem ONTAP Controller unterstützt.

Jeder Host oder Controller muss einem zugeordnet sein. DH-HMAC-CHAP Schlüssel zur Einrichtung einer sicheren Authentifizierung. Ein DH-HMAC-CHAP-Schlüssel ist eine Kombination aus dem NQN des NVMe-Hosts oder -Controllers und einem vom Administrator konfigurierten Authentifizierungsgeheimnis. Zur Authentifizierung seines Gegenübers muss ein NVMe-Host oder -Controller den zum Gegenüber gehörenden Schlüssel erkennen.

Schritte

Richten Sie eine sichere In-Band-Authentifizierung mithilfe der CLI oder einer JSON-Konfigurationsdatei ein. Wenn Sie unterschiedliche dhchap-Schlüssel für verschiedene Subsysteme angeben müssen, müssen Sie eine Konfigurations-JSON-Datei verwenden.

CLI

Richten Sie die sichere bandinterne Authentifizierung über die CLI ein.

1. Rufen Sie die Host-NQN ab:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

2. Generieren Sie den DHCP-Schlüssel für den Host.

In der folgenden Ausgabe werden die Befehlsparameter beschrieben `gen-dhchap-key`:

```
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

Im folgenden Beispiel wird ein zufälliger Dhchap-Schlüssel mit HMAC auf 3 (SHA-512) generiert.

```
nvme gen-dhchap-key -m 3 -n nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b7c04f444d33
DHHC-
1:03:ohdxIlyIS8gBLwIOubcw157rXcozYuRgBsoWaBvxEvPDlQHn/7dQ4JjFGwmhgwd
JWmVoripbWbMJy5eMAbCahN4hhYU=:
```

3. Fügen Sie auf dem ONTAP-Controller den Host hinzu und geben Sie beide dhchap-Schlüssel an:

```
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. Ein Host unterstützt zwei Arten von Authentifizierungsmethoden, unidirektional und bidirektional. Stellen Sie auf dem Host eine Verbindung zum ONTAP-Controller her, und geben Sie dhchap-Schlüssel basierend auf der gewählten Authentifizierungsmethode an:

```
nvme connect -t tcp -w <host-traddr> -a <tr-addr> -n <host_nqn> -S
<authentication_host_secret> -C <authentication_controller_secret>
```

5. Validieren Sie den `nvme connect authentication` Durch Überprüfen der `dhchap`-Schlüssel für Host und Controller:

- a. Überprüfen Sie die Host-`dhchap`-Schlüssel:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-subsysX>/nvme*/dhchap_secret
```

Beispielausgabe für eine unidirektionale Konfiguration anzeigen

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys1/nvme*/dhchap_secret
DHHC-1:01:wkWAKk8r9Ip7qECKt7V5aIo/7Y1CH7DWkUfLfMxmseg39DFb:
DHHC-1:01:wkWAKk8r9Ip7qECKt7V5aIo/7Y1CH7DWkUfLfMxmseg39DFb:
DHHC-1:01:wkWAKk8r9Ip7qECKt7V5aIo/7Y1CH7DWkUfLfMxmseg39DFb:
DHHC-1:01:wkWAKk8r9Ip7qECKt7V5aIo/7Y1CH7DWkUfLfMxmseg39DFb:
```

- b. Überprüfen Sie die `Dhchap`-Tasten des Controllers:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-
subsysX>/nvme*/dhchap_ctrl_secret
```

Beispielausgabe für eine bidirektionale Konfiguration anzeigen

```
# cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys6/nvme*/dhchap_ctrl_secret
DHHC-
1:03:ohdxI1yIS8gBLwIOubcw157rXcozYuRgBsoWaBvxEvPDlQHn/7dQ4JjFG
wmhgwdJWmVoripbWbMJy5eMAbCahN4hhYU=:
DHHC-
1:03:ohdxI1yIS8gBLwIOubcw157rXcozYuRgBsoWaBvxEvPDlQHn/7dQ4JjFG
wmhgwdJWmVoripbWbMJy5eMAbCahN4hhYU=:
DHHC-
1:03:ohdxI1yIS8gBLwIOubcw157rXcozYuRgBsoWaBvxEvPDlQHn/7dQ4JjFG
wmhgwdJWmVoripbWbMJy5eMAbCahN4hhYU=:
DHHC-
1:03:ohdxI1yIS8gBLwIOubcw157rXcozYuRgBsoWaBvxEvPDlQHn/7dQ4JjFG
wmhgwdJWmVoripbWbMJy5eMAbCahN4hhYU=:
```

JSON

Wenn in der ONTAP-Controller-Konfiguration mehrere NVMe-Subsysteme verfügbar sind, kann die Datei mit dem `nvme connect-all` Befehl verwendet `/etc/nvme/config.json` werden.

Verwenden Sie die `-o` Option zum Generieren der JSON-Datei. Weitere Syntaxoptionen finden Sie in den Manpages zu `NVMe connect-all`.

1. Konfigurieren Sie die JSON-Datei:

Beispielausgabe anzeigen

```
# cat /etc/nvme/config.json
[
  {
    "hostnqn":"nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-
5910-804b-b7c04f444d33",
    "hostid":"4c4c4544-0035-5910-804b-b7c04f444d33",
    "dhchap_key":"DHHC-
1:01:wkWAKk8r9Ip7qECKt7V5aIo/7Y1CH7DWkUfLfMxmseg39DFb:",
    "subsystems":[
      {
        "nqn":"nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:subsystem.inba
nd_bidirectional",
        "ports":[
          {
            "transport":"tcp",
            "traddr":"192.168.38.10",
            "host_traddr":"192.168.38.20",
            "trsvcid":"4420",
            "dhchap_ctrl_key":"DHHC-
1:03:ohdxIlyIS8gBLwIOubcwl57rXcozYuRgBsoWaBvxEvPDlQHn/7dQ4JjFGwm
hgwdJWmVoripbWbMJy5eMAbCahN4hhYU="
          },
          {
            "transport":"tcp",
            "traddr":"192.168.38.11",
            "host_traddr":"192.168.38.20",
            "trsvcid":"4420",
            "dhchap_ctrl_key":"DHHC-
1:03:ohdxIlyIS8gBLwIOubcwl57rXcozYuRgBsoWaBvxEvPDlQHn/7dQ4JjFGwm
hgwdJWmVoripbWbMJy5eMAbCahN4hhYU="
          },
          {
            "transport":"tcp",
            "traddr":"192.168.39.11",
            "host_traddr":"192.168.39.20",
            "trsvcid":"4420",
            "dhchap_ctrl_key":"DHHC-
1:03:ohdxIlyIS8gBLwIOubcwl57rXcozYuRgBsoWaBvxEvPDlQHn/7dQ4JjFGwm
hgwdJWmVoripbWbMJy5eMAbCahN4hhYU="
          },
          {
            "transport":"tcp",
            "traddr":"192.168.39.10",
```



```

        "host_traddr": "192.168.39.20",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:03:ohdxIlyIS8gBLwIOubcw157rXcozYuRgBsoWaBvxEvPDlQHn/7dQ4JjFGwm
hgwdJWmVoripbWbMJy5eMAbCahN4hhYU="
    }
  ]
}
]

```



Im folgenden Beispiel `dhchap_key` entspricht `dhchap_secret` Und `dhchap_ctrl_key` entspricht `dhchap_ctrl_secret`.

2. Stellen Sie mithilfe der Konfigurations-JSON-Datei eine Verbindung zum ONTAP Controller her:

```
nvme connect-all -J /etc/nvme/config.json
```

Beispielausgabe anzeigen

```

traddr=192.168.38.10 is already connected
traddr=192.168.39.10 is already connected
traddr=192.168.38.11 is already connected
traddr=192.168.39.11 is already connected
traddr=192.168.38.10 is already connected
traddr=192.168.39.10 is already connected
traddr=192.168.38.11 is already connected
traddr=192.168.39.11 is already connected
traddr=192.168.38.10 is already connected
traddr=192.168.39.10 is already connected
traddr=192.168.38.11 is already connected
traddr=192.168.39.11 is already connected

```

3. Überprüfen Sie, ob die `dhchap`-Geheimnisse für die jeweiligen Controller für jedes Subsystem aktiviert wurden:

- a. Überprüfen Sie die Host-`dhchap`-Schlüssel:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys0/nvme0/dhchap_secret
```

Das folgende Beispiel zeigt einen `dhchap`-Schlüssel:

```
DHHC-1:01:wkWAKk8r9Ip7qECKt7V5aIo/7Y1CH7DWkUfLfMxmseg39DFb:
```

b. Überprüfen Sie die Dhchap-Tasten des Controllers:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-  
subsys0/nvme0/dhchap_ctrl_secret
```

Sie sollten eine Ausgabe ähnlich dem folgenden Beispiel sehen:

```
DHHC-  
1:03:ohdxIlyIS8gBLwIOubcwl57rXcozYuRgBsoWaBvxEvPDlQHn/7dQ4JjFGwmhgwd  
JWmVoripbWbMJy5eMAbCahN4hhYU=:
```

Schritt 10: Transport Layer Security konfigurieren

Transport Layer Security (TLS) bietet eine sichere Ende-zu-Ende-Verschlüsselung für NVMe-Verbindungen zwischen NVMe-oF-Hosts und einem ONTAP Array. Sie können TLS 1.3 mithilfe der CLI und eines konfigurierten Pre-Shared Key (PSK) konfigurieren.



Führen Sie die folgenden Schritte auf dem SUSE Linux Enterprise Server-Host durch, außer wenn angegeben ist, dass Sie einen Schritt auf dem ONTAP -Controller durchführen müssen.

Schritte

1. Überprüfen Sie, ob Sie über Folgendes verfügen `ktls-utils`, `openssl`, Und `libopenssl` Auf dem Host installierte Pakete:

a. Überprüfen Sie die `ktls-utils`:

```
rpm -qa | grep ktls
```

Sie sollten die folgende Ausgabe sehen:

```
ktls-utils-0.10+33.g311d943-160000.2.2.x86_64
```

a. Überprüfen Sie die SSL-Pakete:

```
rpm -qa | grep ssl
```

Beispielausgabe anzeigen

```
libopenssl3-3.5.0-160000.3.2.x86_64  
openssl-3.5.0-160000.2.2.noarch  
openssl-3-3.5.0-160000.3.2.x86_64  
libopenssl3-x86-64-v3-3.5.0-160000.3.2.x86_64
```

2. Stellen Sie sicher, dass Sie die richtige Einstellung für haben `/etc/tlsd.conf`:

```
cat /etc/tlsd.conf
```

Beispielausgabe anzeigen

```
[debug]  
loglevel=0  
tls=0  
nl=0  
  
[authenticate]  
#keyrings= <keyring>;<keyring>;<keyring>  
  
[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. Start beim Systemstart aktivieren `tlsd`:

```
systemctl enable tlsd
```

4. Überprüfen Sie, ob der `tlsd` Daemon ausgeführt wird:

```
systemctl status tlsd
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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. Generieren Sie das TLS PSK mithilfe der folgenden Funktion `nvme gen-tls-key`:

a. Überprüfen Sie den Host:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b7c04f444d33
```

b. Überprüfen Sie den Schlüssel:

```
nvme gen-tls-key --hmac=1 --identity=1 --subsysnqn= nqn.1992-
08.com.netapp:sn.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:subsystem.nvme1
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
NVMeTLSkey-1:01:C50EsaGtuOp8n5fGE9EuWjbBCtshmfoHx4XTqTJUmydf0gIj:
```

6. Fügen Sie auf dem ONTAP-Controller das TLS PSK zum ONTAP-Subsystem hinzu:

Beispielausgabe anzeigen

```
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. Legen Sie das TLS PSK in den Host-Kernel-Schlüsselring ein:

```
nvme check-tls-key --identity=1 --subsysnqn=nqn.1992
-08.com.netapp:sn.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:subsystem.nvme1
--keydata=NVMeTLSkey
-1:01:C50EsaGtuOp8n5fGE9EuWjbBCtshmfoHx4XTqTJUmydf0gIj: --insert
```

Sie sollten den folgenden TLS-Schlüssel sehen:

```
Inserted TLS key 069f56bb
```



Die PSK zeigt als NVMe1R01 weil es verwendet identity v1 vom TLS-Handshake-Algorithmus. Identity v1 ist die einzige Version, die von ONTAP unterstützt wird.

8. Überprüfen Sie, ob TLS PSK korrekt eingesetzt ist:

```
cat /proc/keys | grep NVMe
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:subsystem.nvme1
oYVLelmiOwnvDjXKBmrnIgGVpFIBDJtc4hmQXE/36Sw=: 32
```

9. Verbinden Sie sich mit dem ONTAP-Subsystem über das eingelegte TLS PSK:

a. Überprüfen Sie den TLS PSK:

```
nvme connect -t tcp -w 192.168.38.20 -a 192.168.38.10 -n nqn.1992-08.com.netapp:sn.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:subsystem.nvme1 --tls_key=0x069f56bb -tls
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
connecting to device: nvme0
```

a. Überprüfen Sie die Liste der Subsysteme:

```
nvme list-subsys
```

Beispielausgabe anzeigen

```
nvme-subsys0 - NQN=nqn.1992-08.com.netapp:sn.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:subsystem.nvme1
               hostnqn=nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b2c04f444d33
**
+- nvme0 tcp
traddr=192.168.38.10,trsvcid=4420,host_traddr=192.168.38.20,src_addr=192.168.38.20 live
```

10. Fügen Sie das Ziel hinzu, und überprüfen Sie die TLS-Verbindung zum angegebenen ONTAP-Subsystem:

```
nvme subsystem controller show -vserver vs_tcp_sles16 -subsystem nvme1 -instance
```

Beispielausgabe anzeigen

```
(vserver nvme subsystem controller show)
      Vserver Name: vs_tcp_sles16
      Subsystem: nvme1
      Controller ID: 0040h
      Logical Interface: lif1
      Node: A400-12-171
      Host NQN: nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b2c04f444d33
      Transport Protocol: nvme-tcp
      Initiator Transport Address: 192.168.38.20
      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: 62203cfd-826a-11f0-966e-
d039eab31e9d
      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.9927e165694211f0b4f4d039eab31e9d:subsystem.nvme1
oYVLelmiOwnvDjXKBmrnIgGVpFIBDJtc4hmQXE/36Sw=
      TLS Cipher: TLS-AES-128-GCM-SHA256
```

Schritt 11: Überprüfen Sie die bekannten Probleme

Es sind keine Probleme bekannt.

Konfigurieren Sie SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx für NVMe-oF mit ONTAP Speicher

Der SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx Host unterstützt die NVMe over Fibre Channel (NVMe/FC) und NVMe over TCP (NVMe/TCP) Protokolle mit Asymmetric Namespace

Access (ANA). ANA bietet Multipathing-Funktionalität, die der Asymmetric Logical Unit Access (ALUA) in iSCSI- und FCP-Umgebungen entspricht.

Erfahren Sie, wie Sie NVMe over Fabrics (NVMe-oF)-Hosts für SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx konfigurieren. Weitere Informationen zu Support und Funktionen finden Sie unter ["ONTAP Support und -Funktionen"](#)Die

NVMe-oF mit SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx weist folgende bekannte Einschränkungen auf:

- Der `nvme disconnect-all` Dieser Befehl trennt sowohl das Root- als auch das Datendateisystem und kann zu Systeminstabilität führen. Diese Meldung sollte nicht auf Systemen ausgegeben werden, die von SAN über NVMe-TCP- oder NVMe-FC-Namespaces booten.
- Die Unterstützung für das NetApp sanlun Host-Dienstprogramm ist für NVMe-oF nicht verfügbar. Stattdessen können Sie auf das im nativen Paket enthaltene NetApp -Plug-in zurückgreifen. `nvme-cli` Paket für alle NVMe-oF-Transporte.
- Bei SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 und älteren Versionen wird das Booten von SAN über das NVMe-oF-Protokoll nicht unterstützt.

Schritt 1: Aktivieren Sie optional den SAN-Bootvorgang

Sie können Ihren Host für die Verwendung von SAN-Boot konfigurieren, um die Bereitstellung zu vereinfachen und die Skalierbarkeit zu verbessern. Verwenden Sie die ["Interoperabilitäts-Matrix-Tool"](#) um zu überprüfen, ob Ihr Linux-Betriebssystem, Ihr Hostbusadapter (HBA), Ihre HBA-Firmware, Ihr HBA-Boot-BIOS und ONTAP -Version das SAN-Booten unterstützen.

Schritte

1. ["Erstellen Sie einen NVMe-Namespaces und ordnen Sie ihn dem Host zu"](#) .
2. Aktivieren Sie das SAN-Booten im Server-BIOS für die Ports, denen der SAN-Boot-Namespaces zugeordnet ist.

Informationen zum Aktivieren des HBA-BIOS finden Sie in der anbieterspezifischen Dokumentation.

3. Starten Sie den Host neu und überprüfen Sie, ob das Betriebssystem läuft.

Schritt 2: Installieren Sie SUSE Linux Enterprise Server und NVMe-Software und überprüfen Sie Ihre Konfiguration

Um Ihren Host für NVMe-oF zu konfigurieren, müssen Sie die Host- und NVMe-Softwarepakete installieren, Multipathing aktivieren und Ihre Host-NQN-Konfiguration überprüfen.

Schritte

1. Installieren Sie SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx auf dem Server. Nach Abschluss der Installation überprüfen Sie, ob Sie den angegebenen SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx-Kernel ausführen:

```
uname -r
```

Beispiel einer Rocky Linux-Kernelversion:


```
6.4.0-150700.53.3-default
```

2. Installieren Sie den `nvme-cli` Paket:

```
rpm -qa|grep nvme-cli
```

Das folgende Beispiel zeigt eine `nvme-cli` Paketversion:

```
nvme-cli-2.11+22.gd31b1a01-150700.3.3.2.x86_64
```

3. Installieren Sie den `libnvme` Paket:

```
rpm -qa|grep libnvme
```

Das folgende Beispiel zeigt eine `libnvme` Paketversion:

```
libnvme1-1.11+4.ge68a91ae-150700.4.3.2.x86_64
```

4. Überprüfen Sie auf dem Host die `hostnqn`-Zeichenfolge unter `/etc/nvme/hostnqn` :

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

Das folgende Beispiel zeigt eine `hostnqn` Version:

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:f6517cae-3133-11e8-bbff-7ed30aef123f
```

5. Überprüfen Sie im ONTAP System, ob `hostnqn` Die Zeichenkette stimmt mit der `hostnqn` Zeichenkette für das entsprechende Subsystem im ONTAP Array:

```
::> vserver nvme subsystem host show -vserver vs_coexistence_LPE36002
```

Beispiel anzeigen

```
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.
```



Wenn der `hostnqn` Zeichenfolgen stimmen nicht überein. Verwenden Sie die `vserver modify` Befehl zum Aktualisieren des `hostnqn` Zeichenfolge auf dem entsprechenden ONTAP-Array-Subsystem, die dem entspricht `hostnqn` Zeichenfolge von `/etc/nvme/hostnqn` Auf dem Host.

Schritt 3: Konfigurieren Sie NVMe/FC und NVMe/TCP

Konfigurieren Sie NVMe/FC mit Broadcom/Emulex- oder Marvell/QLogic-Adaptern oder konfigurieren Sie NVMe/TCP mithilfe manueller Erkennungs- und Verbindungsvorgänge.

NVMe/FC - Broadcom/Emulex

Konfigurieren Sie NVMe/FC für einen Broadcom/Emulex FC-Adapter.

Schritte

1. Stellen Sie sicher, dass Sie das unterstützte Adaptermodell verwenden:

a. Zeigen Sie die Modellnamen an:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modelname
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
LPe36002-M64  
LPe36002-M64
```

b. Zeigen Sie die Modellbeschreibungen an:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/modeldesc
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
Emulex LightPulse LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter  
Emulex LightPulse LPe36002-M64 2-Port 64Gb Fibre Channel Adapter
```

2. Vergewissern Sie sich, dass Sie das empfohlene Broadcom verwenden `lpfc` Firmware und Inbox-Treiber:

a. Anzeige der Firmware-Version:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/fwrev
```

Das folgende Beispiel zeigt Firmware-Versionen:

```
14.4.393.25, sli-4:2:c  
14.4.393.25, sli-4:2:c
```

b. Zeigen Sie die Posteingangstreiberversion an:

```
cat /sys/module/lpfc/version
```

Das folgende Beispiel zeigt eine Treiberversion:

```
0:14.4.0.8
```

Die aktuelle Liste der unterstützten Adaptertreiber- und Firmware-Versionen finden Sie im ["Interoperabilitäts-Matrix-Tool"](#).

3. Stellen Sie sicher, dass die erwartete Ausgabe von `lpfc_enable_fc4_type` auf eingestellt ist 3:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_enable_fc4_type
```

4. Vergewissern Sie sich, dass Sie Ihre Initiator-Ports anzeigen können:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_name
```

Sie sollten eine ähnliche Ausgabe sehen:

```
0x10000090fae0ec88  
0x10000090fae0ec89
```

5. Überprüfen Sie, ob Ihre Initiator-Ports online sind:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/port_state
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
Online  
Online
```

6. Vergewissern Sie sich, dass die NVMe/FC-Initiator-Ports aktiviert sind und die Ziel-Ports sichtbar sind:

```
cat /sys/class/scsi_host/host*/nvme_info
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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 DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x22bbd039ea359e4a WWNN x22b8d039ea359e4a
DID x0a1c0b TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2362d039ea359e4a WWNN x234ed039ea359e4a
DID x0a1c10 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x23afd039ea359e4a WWNN x23aed039ea359e4a
DID x0a1a02 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x22b9d039ea359e4a WWNN x22b8d039ea359e4a
DID x0a1a0b TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2360d039ea359e4a WWNN x234ed039ea359e4a
DID x0a1a11 TARGET DISCSRV 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 DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x22bcd039ea359e4a WWNN x22b8d039ea359e4a
DID x0a1d0b TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2363d039ea359e4a WWNN x234ed039ea359e4a
DID x0a1d10 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x23b0d039ea359e4a WWNN x23aed039ea359e4a
DID x0a1b02 TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x22bad039ea359e4a WWNN x22b8d039ea359e4a
DID x0a1b0b TARGET DISCSRV ONLINE
NVME RPORT          WWPN x2361d039ea359e4a WWNN x234ed039ea359e4a
DID x0a1b11 TARGET DISCSRV 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

Konfigurieren Sie NVMe/FC für einen Marvell/QLogic-Adapter.

Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass der unterstützte Adaptertreiber und die unterstützten Firmware-Versionen ausgeführt werden:

```
cat /sys/class/fc_host/host*/symbolic_name
```

Das folgende Beispiel zeigt Treiber- und Firmware-Versionen:

```
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. Verifizieren Sie das `ql2xnvmeenable` Ist festgelegt. Dadurch kann der Marvell Adapter als NVMe/FC-Initiator verwendet werden:

```
cat /sys/module/qla2xxx/parameters/ql2xnvmeenable
```

Die erwartete Ausgabe ist 1.

NVMe/TCP

Das NVMe/TCP-Protokoll unterstützt den automatischen Verbindungsvorgang nicht. Stattdessen können Sie die NVMe/TCP-Subsysteme und Namespaces ermitteln, indem Sie den NVMe/TCP `connect` oder `connect-all` Vorgänge manuell ausführen.

Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass der Initiator-Port die Daten der Erkennungsprotokollseite über die unterstützten NVMe/TCP-LIFs abrufen kann:

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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
treq:    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
treq:    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
treq:    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.sample_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.sample_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.sample_tcp_sub

```



```

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. Vergewissern Sie sich, dass alle anderen LIF-Kombinationen aus NVMe/TCP-Initiator und Ziel erfolgreich Daten der Erkennungsprotokollseite abrufen können:

```
nvme discover -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

Beispiel anzeigen

```

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. Führen Sie die aus `nvme connect-all` Befehl über alle unterstützten NVMe/TCP Initiator-Ziel-LIFs der Nodes hinweg:

```
nvme connect-all -t tcp -w <host-traddr> -a <traddr>
```

Beispiel anzeigen

```
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
```

Ab SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 ist die Einstellung für NVMe/TCP `ctrl_loss_tmo` timeout ist automatisch auf „Aus“ eingestellt. Infolge:

- Es gibt keine Begrenzung für die Anzahl der Wiederholungsversuche (unbegrenzte Wiederholung).
- Sie müssen kein bestimmtes `ctrl_loss_tmo` timeout Dauer bei Verwendung des `nvme connect` oder `nvme connect-all` Befehle (Option `-l`).
- Bei den NVMe/TCP-Controllern kommt es im Falle eines Pfadausfalls nicht zu Timeouts und die Verbindung bleibt unbegrenzt bestehen.

Schritt 4: Optional können Sie die iopolicy in den udev-Regeln ändern.

Ab SUSE Linux Enterprise Server 15 SP6 ist die Standard-IO-Richtlinie für NVMe-oF auf Folgendes eingestellt: `round-robin`. Wenn Sie die iopolicy ändern möchten `queue-depth` Ändern Sie die udev-Regeldatei wie folgt:

Schritte

1. Öffnen Sie die Udev-Regeldatei in einem Texteditor mit Root-Rechten:

```
/usr/lib/udev/rules.d/71-nvmf-netapp.rules
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
vi /usr/lib/udev/rules.d/71-nvmf-netapp.rules
```

2. Suchen Sie die Zeile, die die iopolicy für den NetApp ONTAP Controller festlegt, wie im folgenden Beispiel gezeigt:

```
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{subsysctype}=="nvm",
ATTR{model}=="NetApp ONTAP Controller", ATTR{iopolicy}="round-robin"
```

3. Ändern Sie die Regel so, dass `round-robin` wird `queue-depth` :

```
ACTION=="add", SUBSYSTEM=="nvme-subsystem", ATTR{subsysstype}=="nvm",  
ATTR{model}=="NetApp ONTAP Controller", ATTR{iopolicy}="queue-depth"
```

4. Laden Sie die `udev`-Regeln neu und wenden Sie die Änderungen an:

```
udevadm control --reload  
udevadm trigger --subsystem-match=nvme-subsystem
```

5. Überprüfen Sie die aktuelle E/A-Richtlinie für Ihr Subsystem. Ersetzen Sie beispielsweise `<subsystem>`, `nvme-subsys0` Die

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<subsystem>/iopolicy
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
queue-depth.
```



Die neue `iopolicy` wird automatisch auf passende NetApp ONTAP Controller-Geräte angewendet. Ein Neustart ist nicht erforderlich.

Schritt 5: Optional: Aktivieren Sie 1 MB I/O für NVMe/FC.

ONTAP meldet in den Identify Controller-Daten eine maximale Datenübertragungsgröße (MDTS) von 8. Dies bedeutet, dass die maximale E/A-Anforderungsgröße bis zu 1 MB betragen kann. Um E/A-Anfragen der Größe 1 MB für einen Broadcom NVMe/FC-Host auszugeben, sollten Sie die `lpfc` Wert des `lpfc_sg_seg_cnt` Parameter vom Standardwert 64 auf 256.



Diese Schritte gelten nicht für Qlogic NVMe/FC-Hosts.

Schritte

1. Setzen Sie den `lpfc_sg_seg_cnt` Parameter auf 256:

```
cat /etc/modprobe.d/lpfc.conf
```

Sie sollten eine Ausgabe ähnlich dem folgenden Beispiel sehen:

```
options lpfc lpfc_sg_seg_cnt=256
```

2. Führen Sie den Befehl aus `dracut -f`, und starten Sie den Host neu.

3. Stellen Sie sicher, dass der Wert für `lpfc_sg_seg_cnt` 256 lautet:

```
cat /sys/module/lpfc/parameters/lpfc_sg_seg_cnt
```

Schritt 6: NVMe-Bootdienste überprüfen

Der `nvmeof-boot-connections.service` Und `nvmmf-autoconnect.service` In NVMe/FC enthaltene Boot-Dienste `nvme-cli` Paket werden beim Systemstart automatisch aktiviert.

Überprüfen Sie nach dem Booten, ob die `nvmeof-boot-connections.service` Und `nvmmf-autoconnect.service` Boot-Dienste sind aktiviert.

Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass `nvmmf-autoconnect.service` aktiviert ist:

```
systemctl status nvmmf-autoconnect.service
```

Beispielausgabe anzeigen

```
nvmmf-autoconnect.service - Connect NVMe-oF subsystems automatically
during boot
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/nvmmf-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]: nvmmf-autoconnect.service:
Deactivated successfully.
Jul 04 23:56:38 localhost systemd[1]: Finished Connect NVMe-oF
subsystems automatically during boot.
```

2. Vergewissern Sie sich, dass `nvmeof-boot-connections.service` aktiviert ist:

```
systemctl status nvmeof-boot-connections.service
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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.
```

Schritt 7: Überprüfen Sie die Multipathing-Konfiguration

Vergewissern Sie sich, dass der in-Kernel-Multipath-Status, der ANA-Status und die ONTAP-Namespace für die NVMe-of-Konfiguration richtig sind.

Schritte

1. Vergewissern Sie sich, dass das in-Kernel NVMe Multipath aktiviert ist:

```
cat /sys/module/nvme_core/parameters/multipath
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
Y
```

2. Überprüfen Sie, ob die entsprechenden NVMe-oF-Einstellungen (z. B. Modell auf NetApp ONTAP Controller und Load-Balancing-IOPolicy auf Warteschlangentiefe eingestellt) für die jeweiligen ONTAP Namespaces korrekt auf dem Host abgebildet werden:

- a. Zeigen Sie die Subsysteme an:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/model
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
NetApp ONTAP Controller
NetApp ONTAP Controller
```

b. Zeigen Sie die Richtlinie an:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys*/iopolicy
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
queue-depth
queue-depth
```

3. Überprüfen Sie, ob die Namespaces auf dem Host erstellt und richtig erkannt wurden:

```
nvme list
```

Beispiel anzeigen

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. Überprüfen Sie, ob der Controller-Status jedes Pfads aktiv ist und den korrekten ANA-Status aufweist:

NVMe/FC

```
nvme list-subsys /dev/nvme4n5
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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. Vergewissern Sie sich, dass das NetApp Plug-in für jedes ONTAP Namespace-Gerät die richtigen Werte anzeigt:

Spalte

```
nvme netapp ontapdevices -o column
```

Beispiel anzeigen

Device	Vserver	Namespace	Path	Size
NSID	UUID			
-----	-----			
-----			----	
-----				-----
/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
```

Beispiel anzeigen

```
{
  "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,
}
]
```

Schritt 8: Erstellen eines persistenten Discovery-Controllers

Sie können einen persistenten Discovery Controller (PDC) für einen SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx-Host erstellen. Ein PDC ist erforderlich, um automatisch eine Hinzufügungs- oder Entfernungsoperation des NVMe-Subsystems sowie Änderungen an den Daten der Discovery-Log-Seite zu erkennen.

Schritte

1. Überprüfen Sie, ob die Daten der Erkennungsprotokollseite verfügbar sind und über den Initiator-Port und die Ziel-LIF-Kombination abgerufen werden können:

```
nvme discover -t <trtype> -w <host-traddr> -a <traddr>
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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. Erstellen Sie ein PDC für das Erkennungs-Subsystem:

```
nvme discover -t <trtype> -w <host-traddr> -a <traddr> -p
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
nvme discover -t tcp -w 192.168.111.80 -a 192.168.111.66 -p
```

3. Überprüfen Sie vom ONTAP-Controller aus, ob das PDC erstellt wurde:

```
vserver nvme show-discovery-controller -instance -vserver <vserver_name>
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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.nvmeexpress: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
```

Schritt 9: Einrichten einer sicheren In-Band-Authentifizierung

Eine sichere In-Band-Authentifizierung wird über NVMe/TCP zwischen einem SUSE Linux Enterprise Server 15 SPx-Host und einem ONTAP Controller unterstützt.

Jeder Host oder Controller muss einem zugeordnet sein. DH-HMAC-CHAP Schlüssel zur Einrichtung einer sicheren Authentifizierung. Ein DH-HMAC-CHAP-Schlüssel ist eine Kombination aus dem NQN des NVMe-Hosts oder -Controllers und einem vom Administrator konfigurierten Authentifizierungsgeheimnis. Zur Authentifizierung seines Gegenübers muss ein NVMe-Host oder -Controller den zum Gegenüber gehörenden Schlüssel erkennen.

Schritte

Richten Sie eine sichere In-Band-Authentifizierung mithilfe der CLI oder einer JSON-Konfigurationsdatei ein. Wenn Sie unterschiedliche dhchap-Schlüssel für verschiedene Subsysteme angeben müssen, müssen Sie eine Konfigurations-JSON-Datei verwenden.

CLI

Richten Sie die sichere bandinterne Authentifizierung über die CLI ein.

1. Rufen Sie die Host-NQN ab:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

2. Generieren Sie den DHCP-Schlüssel für den Host.

In der folgenden Ausgabe werden die Befehlsparameter beschrieben `gen-dhchap-key`:

```
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

Im folgenden Beispiel wird ein zufälliger Dhchap-Schlüssel mit HMAC auf 3 (SHA-512) generiert.

```
nvme gen-dhchap-key -m 3 -n nqn.2014-
08.org.nvmexpress:uuid:e6dade64-216d-11ec-b7bb-7ed30a5482c3
DHHC-
1:03:1CFivw9ccz58gAcOUJrM7Vs98hd2ZHSr+iw+Amg6xZPl5D2Yk+HDTZiUAgliGgx
TYqnxukqvYedA55Bw3wtz6sJNpR4=:
```

3. Fügen Sie auf dem ONTAP-Controller den Host hinzu und geben Sie beide dhchap-Schlüssel an:

```
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. Ein Host unterstützt zwei Arten von Authentifizierungsmethoden, unidirektional und bidirektional. Stellen Sie auf dem Host eine Verbindung zum ONTAP-Controller her, und geben Sie dhchap-Schlüssel basierend auf der gewählten Authentifizierungsmethode an:

```
nvme connect -t tcp -w <host-traddr> -a <tr-addr> -n <host_nqn> -S
<authentication_host_secret> -C <authentication_controller_secret>
```

5. Validieren Sie den `nvme connect authentication` Durch Überprüfen der `dhchap`-Schlüssel für Host und Controller:

- a. Überprüfen Sie die Host-dhchap-Schlüssel:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-subsysX>/nvme*/dhchap_secret
```

Beispielausgabe für eine unidirektionale Konfiguration anzeigen

```
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. Überprüfen Sie die Dhchap-Tasten des Controllers:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/<nvme-
subsysX>/nvme*/dhchap_ctrl_secret
```

Beispielausgabe für eine bidirektionale Konfiguration anzeigen

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-
subsys6/nvme*/dhchap_ctrl_secret
DHHC-
1:03:1CFivw9ccz58gAcOUJrM7Vs98hd2ZHSr+iw+Amg6xZP15D2Yk+HDTZiUA
gliGgxTYqnxukqvYedA55Bw3wtz6sJNpR4=:
DHHC-
1:03:1CFivw9ccz58gAcOUJrM7Vs98hd2ZHSr+iw+Amg6xZP15D2Yk+HDTZiUA
gliGgxTYqnxukqvYedA55Bw3wtz6sJNpR4=:
DHHC-
1:03:1CFivw9ccz58gAcOUJrM7Vs98hd2ZHSr+iw+Amg6xZP15D2Yk+HDTZiUA
gliGgxTYqnxukqvYedA55Bw3wtz6sJNpR4=:
DHHC-
1:03:1CFivw9ccz58gAcOUJrM7Vs98hd2ZHSr+iw+Amg6xZP15D2Yk+HDTZiUA
gliGgxTYqnxukqvYedA55Bw3wtz6sJNpR4=:
```


JSON

Wenn in der ONTAP-Controller-Konfiguration mehrere NVMe-Subsysteme verfügbar sind, kann die Datei mit dem `nvme connect-all` Befehl verwendet `/etc/nvme/config.json` werden.

Verwenden Sie die `-o` Option zum Generieren der JSON-Datei. Weitere Syntaxoptionen finden Sie in den Manpages zu `NVMe connect-all`.

1. Konfigurieren Sie die JSON-Datei:

Beispielausgabe anzeigen

```
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.samp
le_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+XqAf2X6twr9ngBpr2n0MGWbmZIZq4PieKZCoilKGef8lAvh
YS0PNK7T+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+XqAf2X6twr9ngBpr2n0MGWbmZIZq4PieKZCoilKGef8lAvh
YS0PNK7T+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+XqAf2X6twr9ngBpr2n0MGWbmZIZq4PieKZCoilKGef8lAvh
YS0PNK7T+04YD5CRPjh+m3qjJU++yR8s="
          },
          {
            "transport": "tcp",
            "traddr": "192.168.211.71",
```

```

        "host_traddr": "192.168.211.80",
        "trsvcid": "4420",
        "dhchap_ctrl_key": "DHHC-
1:03:jqgYcJSKp73+XqAf2X6twr9ngBpr2n0MGWbmZIZq4PieKZCoilKGef8lAvh
YS0PNK7T+04YD5CRPjh+m3qjJU++yR8s="
    }
}
]
}
]

```



Im folgenden Beispiel `dhchap_key` entspricht `dhchap_secret` Und `dhchap_ctrl_key` entspricht `dhchap_ctrl_secret`.

2. Stellen Sie mithilfe der Konfigurations-JSON-Datei eine Verbindung zum ONTAP Controller her:

```
nvme connect-all -J /etc/nvme/config.json
```

Beispielausgabe anzeigen

```

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. Überprüfen Sie, ob die `dhchap`-Geheimnisse für die jeweiligen Controller für jedes Subsystem aktiviert wurden:

- a. Überprüfen Sie die Host-`dhchap`-Schlüssel:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-subsys0/nvme0/dhchap_secret
```

Das folgende Beispiel zeigt einen `dhchap`-Schlüssel:

```
DHHC-1:01:i4i789R11sMuHLCY27RVI8Xl0C/GzjRwyhxiP5hmIELsHrBq:
```

b. Überprüfen Sie die Dhchap-Tasten des Controllers:

```
cat /sys/class/nvme-subsystem/nvme-  
subsys0/nvme0/dhchap_ctrl_secret
```

Sie sollten eine Ausgabe ähnlich dem folgenden Beispiel sehen:

```
DHHC-  
1:03:jqqYcJSKp73+XqAf2X6tWr9ngBpr2n0MGWbmZIZq4PieKZCoilKGef8lAvhYS0P  
NK7T+04YD5CRPjh+m3qjJU++yR8s=:
```

Schritt 10: Transport Layer Security konfigurieren

Transport Layer Security (TLS) bietet eine sichere Ende-zu-Ende-Verschlüsselung für NVMe-Verbindungen zwischen NVMe-oF-Hosts und einem ONTAP Array. Sie können TLS 1.3 mithilfe der CLI und eines konfigurierten Pre-Shared Key (PSK) konfigurieren.



Führen Sie die folgenden Schritte auf dem SUSE Linux Enterprise Server-Host durch, außer wenn angegeben ist, dass Sie einen Schritt auf dem ONTAP -Controller durchführen müssen.

Schritte

1. Überprüfen Sie, ob Sie über Folgendes verfügen `ktls-utils`, `openssl`, Und `libopenssl` Auf dem Host installierte Pakete:

a. Überprüfen Sie die `ktls-utils`:

```
rpm -qa | grep ktls
```

Sie sollten die folgende Ausgabe sehen:

```
ktls-utils-0.10+33.g311d943-150700.1.5.x86_64
```

a. Überprüfen Sie die SSL-Pakete:

```
rpm -qa | grep ssl
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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. Stellen Sie sicher, dass Sie die richtige Einstellung für haben `/etc/tlsd.conf`:

```
cat /etc/tlsd.conf
```

Beispielausgabe anzeigen

```
[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. Start beim Systemstart aktivieren `tlshd`:

```
systemctl enable tlshd
```

4. Überprüfen Sie, ob der `tlshd` Daemon ausgeführt wird:

```
systemctl status tlshd
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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. Generieren Sie das TLS PSK mithilfe der folgenden Funktion `nvme gen-tls-key`:

a. Überprüfen Sie den Host:

```
cat /etc/nvme/hostnqn
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
nqn.2014-08.org.nvmexpress:uuid:4c4c4544-0035-5910-804b-b2c04f444d33
```

b. Überprüfen Sie den Schlüssel:

```
nvme gen-tls-key --hmac=1 --identity=1 --subsysnqn= nqn.1992-
08.com.netapp:sn.a2d41235b78211efb57dd039eab67a95:subsystem.nvme1
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
NVMeTLSkey-1:01:C50EsaGtuOp8n5fGE9EuWjbBCtshmfoHx4XTqTJUmydf0gIj:
```

6. Fügen Sie auf dem ONTAP-Controller das TLS PSK zum ONTAP-Subsystem hinzu:

Beispielausgabe anzeigen

```
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. Legen Sie das TLS PSK in den Host-Kernel-Schlüsselring ein:

```
nvme check-tls-key --identity=1 --subsysnqn=nqn.1992
-08.com.netapp:sn.a2d41235b78211efb57dd039eab67a95:subsystem.nvme1
--keydata=NVMeTLSkey
-1:01:C50EsaGtuOp8n5fGE9EuWjbBCtshmfoHx4XTqTJUmydf0gIj: --insert
```

Sie sollten den folgenden TLS-Schlüssel sehen:

```
Inserted TLS key 22152a7e
```



Die PSK zeigt als NVMe1R01 weil es verwendet identity v1 vom TLS-Handshake-Algorithmus. Identity v1 ist die einzige Version, die von ONTAP unterstützt wird.

8. Überprüfen Sie, ob TLS PSK korrekt eingesetzt ist:

```
cat /proc/keys | grep NVMe
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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. Verbinden Sie sich mit dem ONTAP-Subsystem über das eingelegte TLS PSK:

a. Überprüfen Sie den 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
```

Die folgende Ausgabe sollte angezeigt werden:

```
connecting to device: nvme0
```

a. Überprüfen Sie die Liste der Subsysteme:

```
nvme list-subsys
```

Beispielausgabe anzeigen

```
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. Fügen Sie das Ziel hinzu, und überprüfen Sie die TLS-Verbindung zum angegebenen ONTAP-Subsystem:

```
nvme subsystem controller show -vserver sles15_tls -subsystem sles15 -instance
```


Beispielausgabe anzeigen

```
(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
```

Schritt 11: Überprüfen Sie die bekannten Probleme

Es sind keine Probleme bekannt.

Copyright-Informationen

Copyright © 2026 NetApp. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt in den USA. Dieses urheberrechtlich geschützte Dokument darf ohne die vorherige schriftliche Genehmigung des Urheberrechtsinhabers in keiner Form und durch keine Mittel – weder grafische noch elektronische oder mechanische, einschließlich Fotokopieren, Aufnehmen oder Speichern in einem elektronischen Abrufsystem – auch nicht in Teilen, vervielfältigt werden.

Software, die von urheberrechtlich geschütztem NetApp Material abgeleitet wird, unterliegt der folgenden Lizenz und dem folgenden Haftungsausschluss:

DIE VORLIEGENDE SOFTWARE WIRD IN DER VORLIEGENDEN FORM VON NETAPP ZUR VERFÜGUNG GESTELLT, D. H. OHNE JEGLICHE EXPLIZITE ODER IMPLIZITE GEWÄHRLEISTUNG, EINSCHLIESSLICH, JEDOCH NICHT BESCHRÄNKT AUF DIE STILLSCHWEIGENDE GEWÄHRLEISTUNG DER MARKTGÄNGIGKEIT UND EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK, DIE HIERMIT AUSGESCHLOSSEN WERDEN. NETAPP ÜBERNIMMT KEINERLEI HAFTUNG FÜR DIREKTE, INDIREKTE, ZUFÄLLIGE, BESONDERE, BEISPIELHAFTE SCHÄDEN ODER FOLGESCHÄDEN (EINSCHLIESSLICH, JEDOCH NICHT BESCHRÄNKT AUF DIE BESCHAFFUNG VON ERSATZWAREN ODER -DIENSTLEISTUNGEN, NUTZUNGS-, DATEN- ODER GEWINNVERLUSTE ODER UNTERBRECHUNG DES GESCHÄFTSBETRIEBS), UNABHÄNGIG DAVON, WIE SIE VERURSACHT WURDEN UND AUF WELCHER HAFTUNGSTHEORIE SIE BERUHEN, OB AUS VERTRAGLICH FESTGELEGTER HAFTUNG, VERSCHULDENSUNABHÄNGIGER HAFTUNG ODER DELIKTSHAFTUNG (EINSCHLIESSLICH FAHRLÄSSIGKEIT ODER AUF ANDEREM WEGE), DIE IN IRGEND EINER WEISE AUS DER NUTZUNG DIESER SOFTWARE RESULTIEREN, SELBST WENN AUF DIE MÖGLICHKEIT DERARTIGER SCHÄDEN HINGEWIESEN WURDE.

NetApp behält sich das Recht vor, die hierin beschriebenen Produkte jederzeit und ohne Vorankündigung zu ändern. NetApp übernimmt keine Verantwortung oder Haftung, die sich aus der Verwendung der hier beschriebenen Produkte ergibt, es sei denn, NetApp hat dem ausdrücklich in schriftlicher Form zugestimmt. Die Verwendung oder der Erwerb dieses Produkts stellt keine Lizenzierung im Rahmen eines Patentrechts, Markenrechts oder eines anderen Rechts an geistigem Eigentum von NetApp dar.

Das in diesem Dokument beschriebene Produkt kann durch ein oder mehrere US-amerikanische Patente, ausländische Patente oder anhängige Patentanmeldungen geschützt sein.

ERLÄUTERUNG ZU „RESTRICTED RIGHTS“: Nutzung, Vervielfältigung oder Offenlegung durch die US-Regierung unterliegt den Einschränkungen gemäß Unterabschnitt (b)(3) der Klausel „Rights in Technical Data – Noncommercial Items“ in DFARS 252.227-7013 (Februar 2014) und FAR 52.227-19 (Dezember 2007).

Die hierin enthaltenen Daten beziehen sich auf ein kommerzielles Produkt und/oder einen kommerziellen Service (wie in FAR 2.101 definiert) und sind Eigentum von NetApp, Inc. Alle technischen Daten und die Computersoftware von NetApp, die unter diesem Vertrag bereitgestellt werden, sind gewerblicher Natur und wurden ausschließlich unter Verwendung privater Mittel entwickelt. Die US-Regierung besitzt eine nicht ausschließliche, nicht übertragbare, nicht unterlizenzierbare, weltweite, limitierte unwiderrufliche Lizenz zur Nutzung der Daten nur in Verbindung mit und zur Unterstützung des Vertrags der US-Regierung, unter dem die Daten bereitgestellt wurden. Sofern in den vorliegenden Bedingungen nicht anders angegeben, dürfen die Daten ohne vorherige schriftliche Genehmigung von NetApp, Inc. nicht verwendet, offengelegt, vervielfältigt, geändert, aufgeführt oder angezeigt werden. Die Lizenzrechte der US-Regierung für das US-Verteidigungsministerium sind auf die in DFARS-Klausel 252.227-7015(b) (Februar 2014) genannten Rechte beschränkt.

Markeninformationen

NETAPP, das NETAPP Logo und die unter <http://www.netapp.com/TM> aufgeführten Marken sind Marken von NetApp, Inc. Andere Firmen und Produktnamen können Marken der jeweiligen Eigentümer sein.