



# 灾难恢复

## Enterprise applications

NetApp  
February 11, 2026

# 目录

- 灾难恢复 ..... 1
  - 灾难恢复 ..... 1
    - SnapMirror ..... 1
    - SnapMirror活动同步 ..... 1
  - SnapMirror ..... 1
  - SnapMirror活动同步 ..... 2
  - 概述 ..... 2
  - ONTAP调解器 ..... 3
  - 首选站点 ..... 5
  - 网络拓扑 ..... 6
  - 概述 ..... 12
  - 故障情形 ..... 14

# 灾难恢复

## 灾难恢复

企业数据库和应用程序基础架构通常需要进行复制、以防止发生自然灾害或意外业务中断、同时最大限度地减少停机时间。

SQL Server无中断可用性组复制功能是一个绝佳的选择、NetApp提供了将数据保护与无中断集成的选项。但是、在某些情况下、您可能需要考虑使用以下选项的ONTAP复制技术。

### SnapMirror

SnapMirror技术为通过LAN和广域网复制数据提供了快速灵活的企业解决方案。SnapMirror技术仅在创建初始镜像后将更改后的数据块传输到目标、从而显著降低网络带宽要求。它可以配置为同步或异步模式。NetApp ASA中的SnapMirror同步复制使用SnapMirror活动同步进行配置。

### SnapMirror活动同步

对于许多客户来说、业务连续性不仅需要拥有远程数据副本、还需要能够快速利用这些数据、而在NetApp ONTAP中、可以使用SnapMirror主动同步来实现这一点

使用SnapMirror主动同步时、您实际上拥有两个不同的ONTAP系统、它们会维护LUN数据的独立副本、但会相互协作、为该LUN提供一个实例。从主机角度来看、它是一个LUN实体。基于iSCSI/FC的LUN支持SnapMirror主动同步。

SnapMirror主动同步可以提供RPO = 0复制、并且可以轻松地在两个独立的集群之间实施。当两个数据副本处于同步状态后、两个集群只需镜像写入即可。在一个集群上进行写入时、该写入会复制到另一个集群。只有在两个站点上的写入均已完成时、才会向主机确认写入。除了此协议拆分行为之外、这两个集群在其他方面都是正常的ONTAP集群。

SM-AS的一个关键用例是粒度复制。有时、您不希望将所有数据作为一个单元进行复制、或者您需要能够有选择地对某些工作负载进行故障转移。

SM-AS的另一个主要用例是主动-主动操作、您希望在位于两个不同位置的两个不同集群上提供完全可用的数据副本、这些集群具有相同的性能特征、如果需要、也不需要站点间延伸SAN。如果应用程序受支持、则您的应用程序可能已在这两个站点上运行、这样可以减少故障转移操作期间的整体恢复时间。

## SnapMirror

下面是有关适用于SQL Server的SnapMirror的建议：

- 同步复制与SnapMirror主动同步结合使用、后者对快速数据恢复的需求较高、而异步解决方案则可实现RPO的灵活性。
- 如果您使用SnapCenter备份数据库并将快照复制到远程集群、请勿出于一致性目的从控制器计划SnapMirror更新。而是应启用SnapCenter中的SnapMirror更新、以便在完整备份或日志备份完成后更新SnapMirror。
- 在集群中的不同节点之间平衡包含SQL Server数据的存储单元、以允许所有集群节点共享SnapMirror复制活动。此分布可优化节点资源的使用。

有关SnapMirror的详细信息、请参见 ["TR-4015: 《适用于ONTAP 9的SnapMirror配置和最佳实践指南》"](#)。

## SnapMirror活动同步

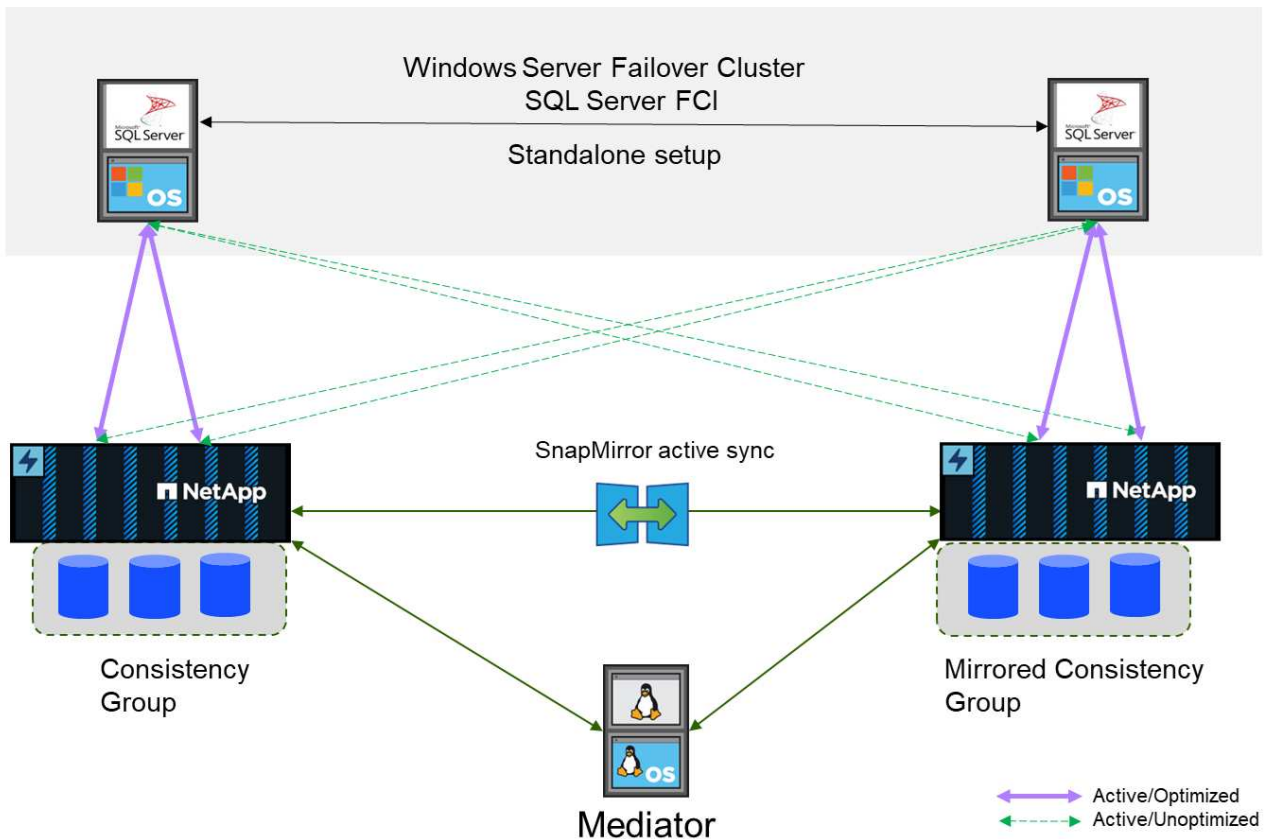
### 概述

通过SnapMirror主动同步、各个SQL Server数据库和应用程序可以在存储和网络中断期间继续运行、并可实现透明的存储故障转移、而无需任何手动干预。

SnapMirror主动同步支持对称主动/主动架构、可提供同步双向复制、以实现业务连续性和灾难恢复。它可以跨多个故障域同时对数据进行读写访问、从而帮助您保护关键SAN工作负载的数据访问、从而确保无中断运行、并在发生灾难或系统故障时最大限度地减少停机时间。

SQL Server主机使用光纤通道(Fibre Channel、FC)或iSCSI LUN访问存储。在托管已复制数据副本的每个集群之间进行复制。由于此功能是存储级别复制、因此在独立主机或故障转移集群实例上运行的SQL Server实例可以对任一集群执行读/写操作。有关规划和配置步骤,请参阅["有关SnapMirror active sync的ONTAP文档"](#)。

### SnapMirror主动与对称主动/主动的架构



### 同步复制

在正常操作下、每个副本始终是一个RPO = 0的同步副本、但有一个例外。如果无法复制数据、则ONTAP将不再需要复制数据并恢复在一个站点上提供IO、而另一个站点上的LUN将脱机。

### 存储硬件

与其他存储灾难恢复解决方案不同、SnapMirror主动同步可提供非对称平台灵活性。每个站点的硬件不必相同。通过此功能、您可以调整用于支持SnapMirror活动同步的硬件的大小。如果需要支持完整的生产工作负载、远程存储系统可以与主站点完全相同；但是、如果灾难导致I/O减少、则与远程站点上较小的系统相比、可能会更经济高效。

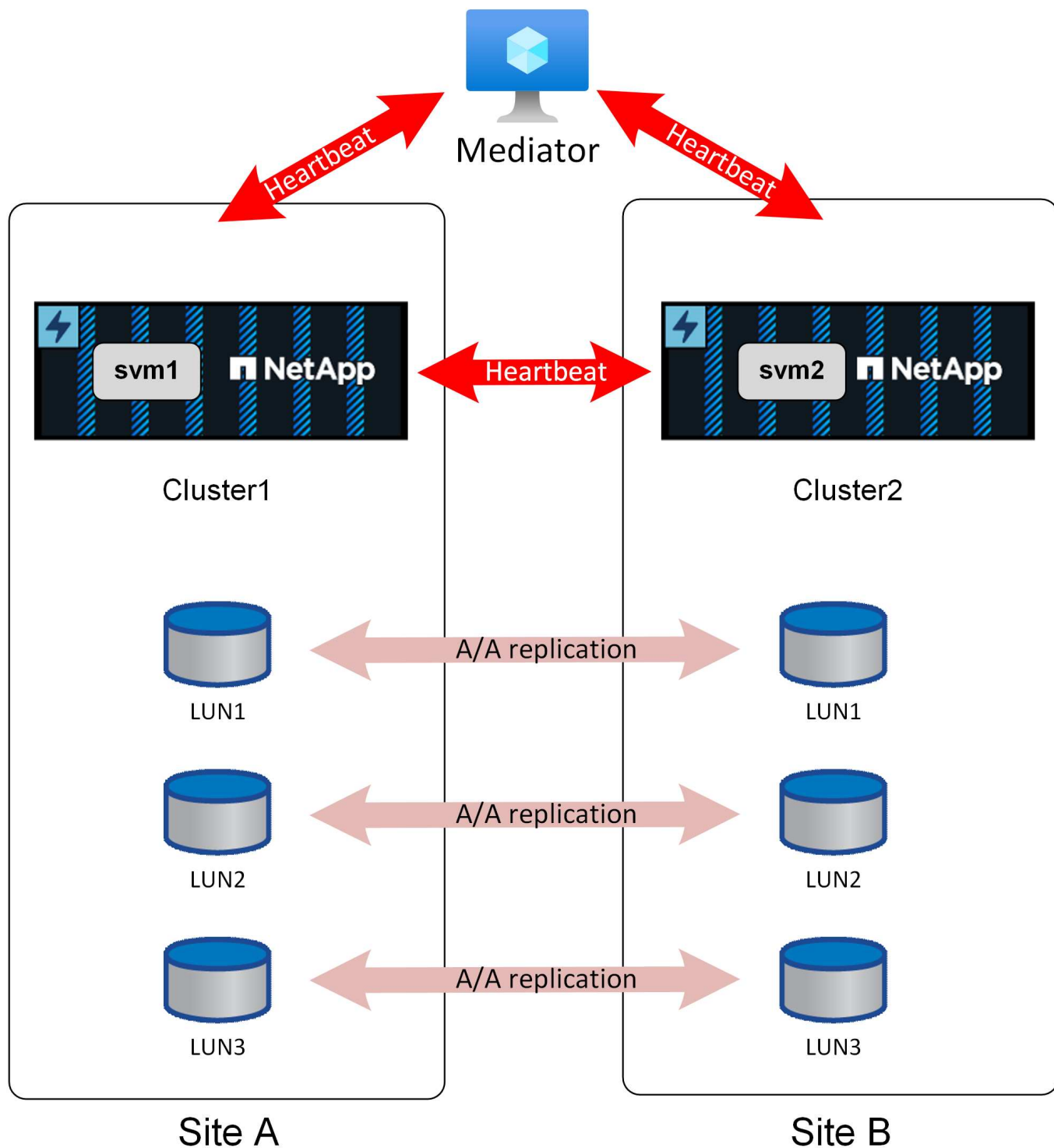
- **ONTAP调解器\*\***

ONTAP调解器是从NetApp支持下载的软件应用程序、通常部署在小型虚拟机上。ONTAP调解器不是Tieb破碎机。它是参与SnapMirror活动同步复制的两个集群的备用通信通道。ONTAP根据通过直接连接和调解器从合作伙伴处收到的响应来推动自动化操作。

## **ONTAP调解器**

要安全地自动执行故障转移、需要使用调解器。理想情况下、它会放置在独立的第三个站点上、但如果与参与复制的集群之一主机代管、它仍可满足大多数需求。

调解器并不是真正的断路器、但它提供的功能实际上就是这样。它不会执行任何操作、而是为集群到集群的通信提供备用通信通道。



自动化故障转移的第一大挑战是脑裂问题、如果两个站点彼此断开连接、就会出现该问题。应该发生什么？您不希望让两个不同的站点将自己指定为数据的无故障副本、但单个站点如何区分实际丢失相对站点与无法与相反站点通信之间的区别？

这是调解者进入画面的地方。如果放置在第三个站点上、并且每个站点都与该站点建立了单独的网络连接、则每个站点都有一条额外的路径来验证另一个站点的运行状况。再次查看上图、并考虑以下情形。

- 如果调解器发生故障或无法从一个或两个站点访问、会发生什么情况？

- 两个集群仍可通过复制服务所使用的同一链路彼此通信。
- 数据仍会提供RPO = 0保护
- 如果站点A发生故障、会发生什么情况？
  - 站点B将看到两个通信通道关闭。
  - 站点B将接管数据服务、但没有RPO = 0镜像
- 如果站点B发生故障、会发生什么情况？
  - 站点A将看到两个通信通道关闭。
  - 站点A将接管数据服务、但没有RPO = 0镜像

还需要考虑另一种情形：丢失数据复制链路。如果站点之间的复制链路丢失、显然无法执行RPO = 0镜像。那么应该发生什么呢？

这由首选站点状态控制。在SM-AS关系中、其中一个站点是另一个站点的二级站点。这对正常操作没有影响、并且所有数据访问都是对称的、但是如果复制中断、则必须断开连接才能恢复操作。结果是、首选站点将继续操作而不进行镜像、而二级站点将暂停IO处理、直到复制通信恢复为止。

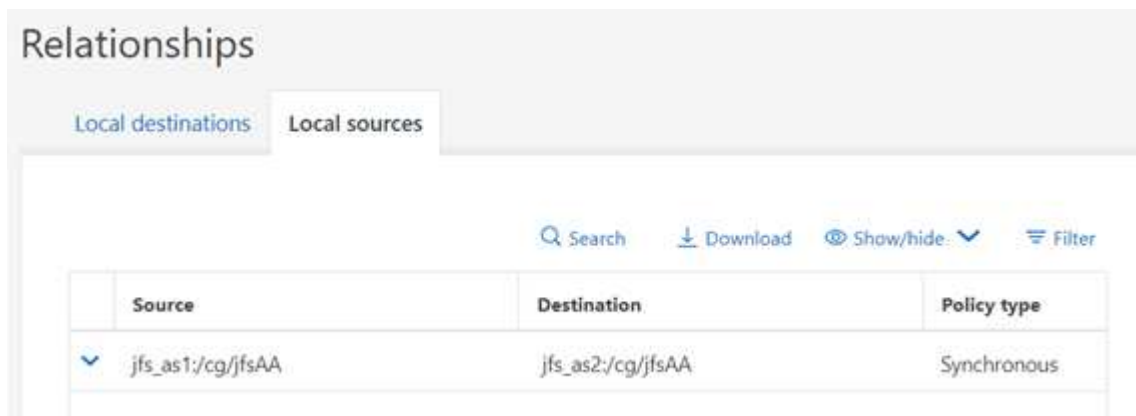
## 首选站点

SnapMirror主动同步行为是对称的、但有一个重要例外-首选站点配置。

SnapMirror主动同步会将一个站点视为"源"、而将另一个站点视为"目标"。这意味着单向复制关系、但这不适用于IO行为。复制是双向的、对称的、镜像两端的IO响应时间相同。

该 `source` 名称用于控制首选站点。如果复制链路丢失、则源副本上的LUN路径将继续提供数据、而目标副本上的LUN路径将变得不可用、直到重新建立复制并使SnapMirror重新进入同步状态为止。然后、这些路径将恢复提供数据。

可通过SystemManager查看源/目标配置：



Source	Destination	Policy type
jfs_as1:/cg/jfsAA	jfs_as2:/cg/jfsAA	Synchronous

或在命令行界面上：

```
Cluster2::> snapmirror show -destination-path jfs_as2:/cg/jfsAA

          Source Path: jfs_as1:/cg/jfsAA
          Destination Path: jfs_as2:/cg/jfsAA
          Relationship Type: XDP
Relationship Group Type: consistencygroup
          SnapMirror Schedule: -
          SnapMirror Policy Type: automated-failover-duplex
          SnapMirror Policy: AutomatedFailOverDuplex
          Tries Limit: -
          Throttle (KB/sec): -
          Mirror State: Snapmirrored
          Relationship Status: InSync
```

关键在于源是位于第一个Storage Virtual Machine上的SVM。如上所述、术语"源"和"目标"并不表示复制的数据流。两个站点都可以处理写入并将其复制到相反站点。实际上、两个集群都是源和目标。将一个集群指定为源集群的效果只是控制在复制链路丢失时哪个集群作为读写存储系统继续存在。

## 网络拓扑

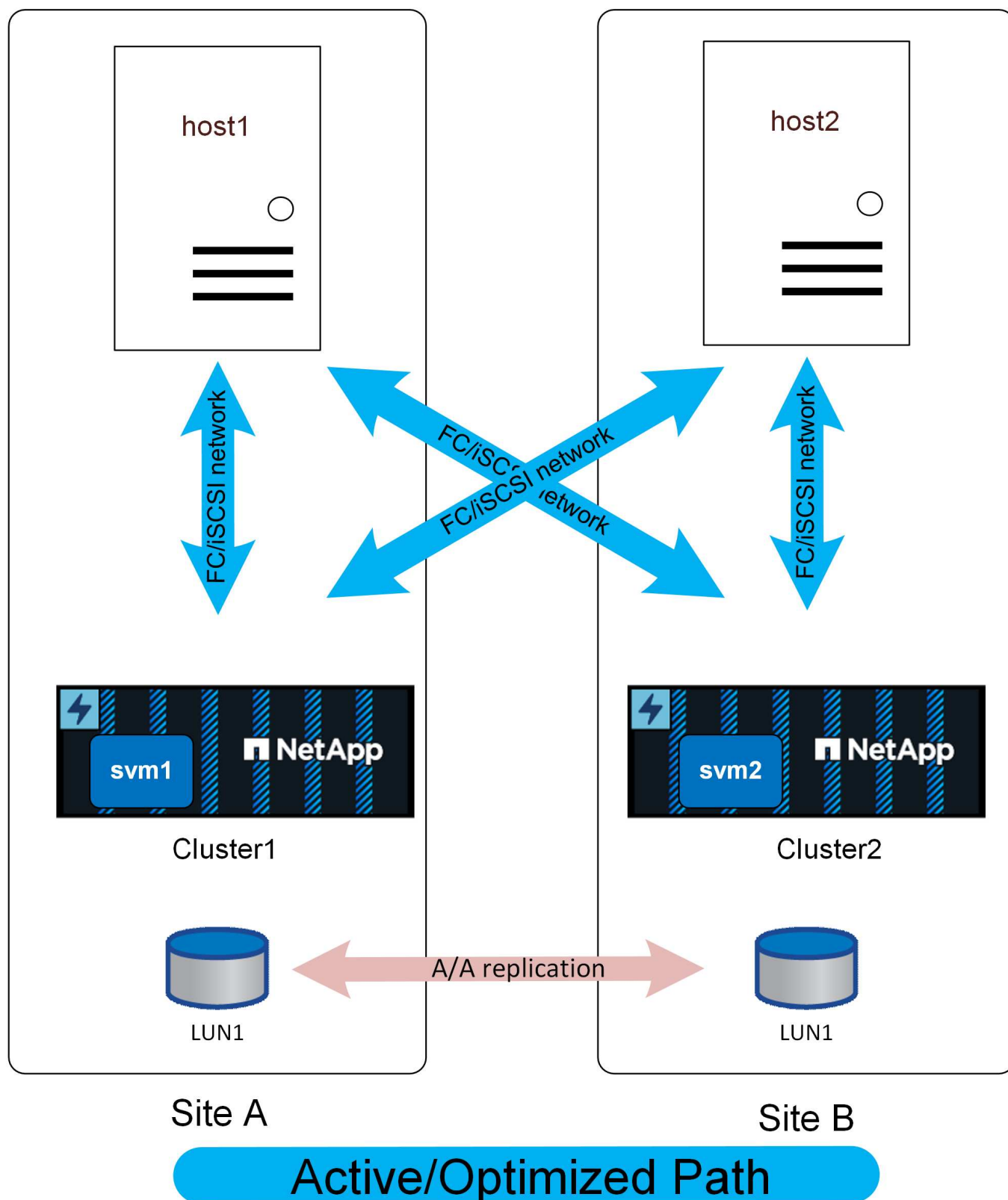
### 统一访问

统一访问网络意味着主机能够访问两个站点(或同一站点中的故障域)上的路径。

SM-AS的一项重要功能是、可以对存储系统进行配置、使其知道主机所在的位置。将LUN映射到给定主机时、您可以指示它们是否接近给定存储系统。

NetApp ASA系统可在集群上的所有路径之间提供主动-主动多路径功能。这也适用于SM-AS配置。





使用统一访问时、IO将跨越WAN。这是一个全网状网络集群、在所有使用情形中、这可能是可取的、也可能不理想。

如果两个站点之间相距100米且具有光纤连接、则WAN上不会出现可检测到的额外延迟、但如果两个站点相距较远、则两个站点上的读取性能都会受到影响。使用非一致访问网络的ASA可以获得ASA的成本和功能优势、而不

会造成跨站点延迟访问损失、也不会使用主机邻近功能允许两个站点进行站点本地读/写访问。

在低延迟配置中使用SM-A的ASA具有两个有趣的优势。首先、从本质上说、它可以将任何一台主机的性能提高一倍、因为使用两倍路径的控制器可以为IO提供服务。其次、在单站点环境中、它可以提供极高的可用性、因为整个存储系统可能会丢失、而不会中断主机访问。

#### 邻近设置

接近是指每个集群的配置、表示特定主机WWN或iSCSI启动程序ID属于本地主机。这是配置LUN访问的第二个可选步骤。

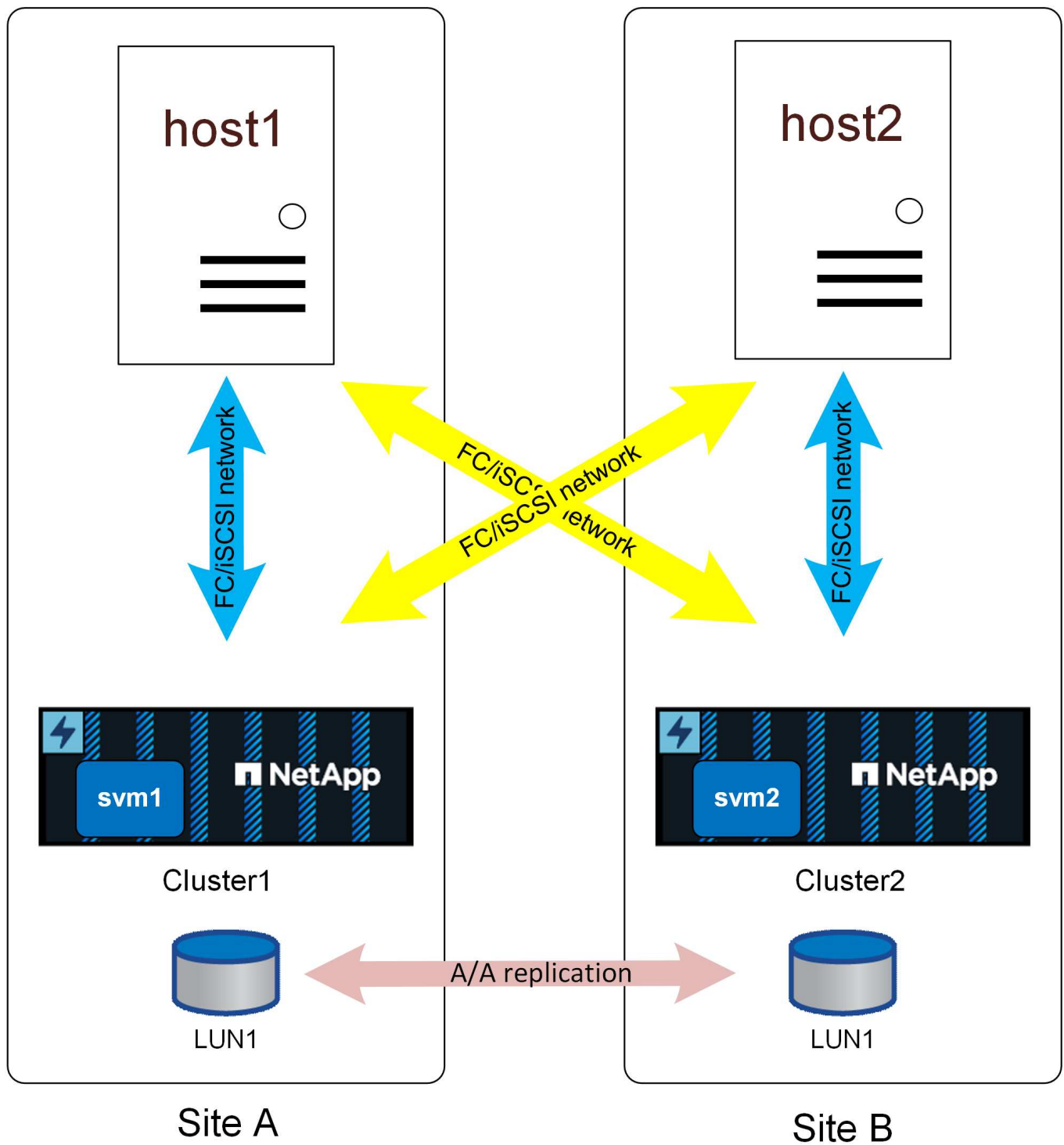
第一步是常规的igrop配置。每个LUN都必须映射到一个igrop、该igrop包含需要访问该LUN的主机的wwn/iSCSI ID。此选项用于控制哪个主机对LUN具有\_access\_访问权限。

第二个可选步骤是配置主机邻近性。这不控制访问、而是控制\_priority\_。

例如、可以将站点A的主机配置为访问受SnapMirror活动同步保护的LUN、并且由于SAN跨站点扩展、因此可以使用站点A上的存储或站点B上的存储为该LUN提供路径

如果没有邻近设置、则该主机将平等使用这两个存储系统、因为这两个存储系统都会公布主动/优化路径。如果站点之间的SAN延迟和/或带宽有限、则可能无法实现这一点、您可能希望确保在正常操作期间、每个主机优先使用指向本地存储系统的路径。这可通过将主机的wwn/iSCSI ID作为近端主机添加到本地集群来配置。可通过命令行界面或SystemManager完成此操作。

配置主机邻近性后、路径将如下所示。

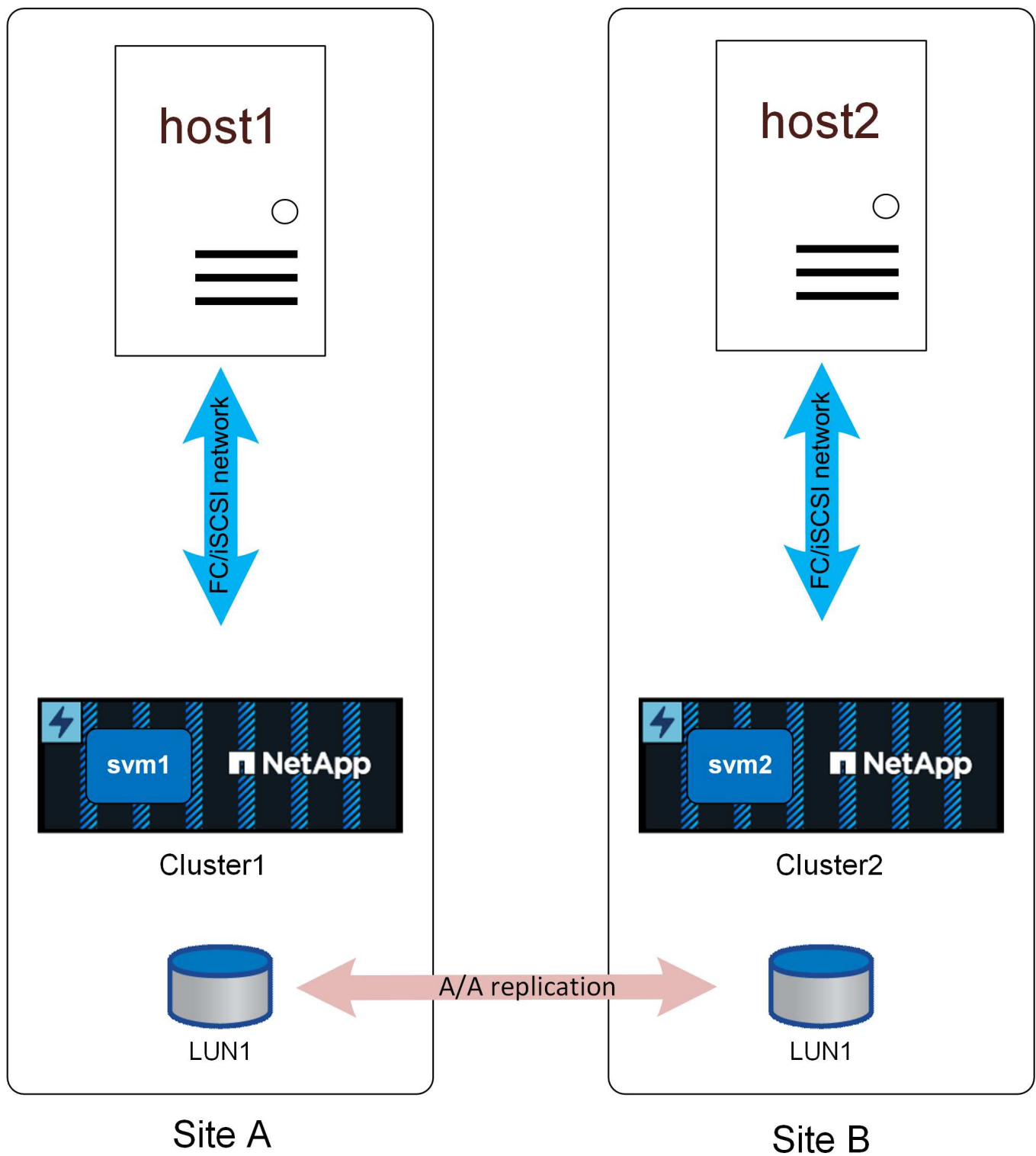


Active/Optimized Path

Active Path

## 非一致访问

非一致访问网络意味着每个主机只能访问本地存储系统上的端口。SAN不会跨站点(或同一站点内的故障域)进行扩展。



## Active/Optimized Path

这种方法的主要优势是SAN的精简性、您无需在网络上延伸SAN。某些客户的站点间连接延迟不足、或者缺少通过站点间网络传输FC SAN流量的基础架构。

非一致访问的缺点是、某些故障情形(包括丢失复制链路)将导致某些主机无法访问存储。如果本地存储连接丢

失、则作为单个实例运行的应用程序(例如、本质上仅在任何给定挂载的单个主机上运行的非集群数据库)将失败。数据仍会受到保护、但数据库服务器将无法再访问。它需要在远程站点上重新启动、最好是通过自动化过程重新启动。例如、VMware HA可以在一台服务器上检测到全路径关闭的情况、并在具有可用路径的另一台服务器上重新启动VM。

相比之下、Oracle RAC等集群应用程序可以提供在两个不同站点上同时提供的服务。丢失站点并不意味着整个应用程序服务都会丢失。实例仍可用、并且在正常运行的站点上运行。

在许多情况下、通过站点间链路访问存储的应用程序所产生的额外延迟开销是不可接受的。这意味着统一网络可用性的提高微乎其微、因为如果站点上丢失存储、则无论如何都需要关闭故障站点上的服务。

为了简单起见、这些图中未显示通过本地集群的冗余路径。ONTAP存储系统本身就是HA、因此控制器故障不应导致站点故障。它只会导致受影响站点上使用的本地路径发生更改。

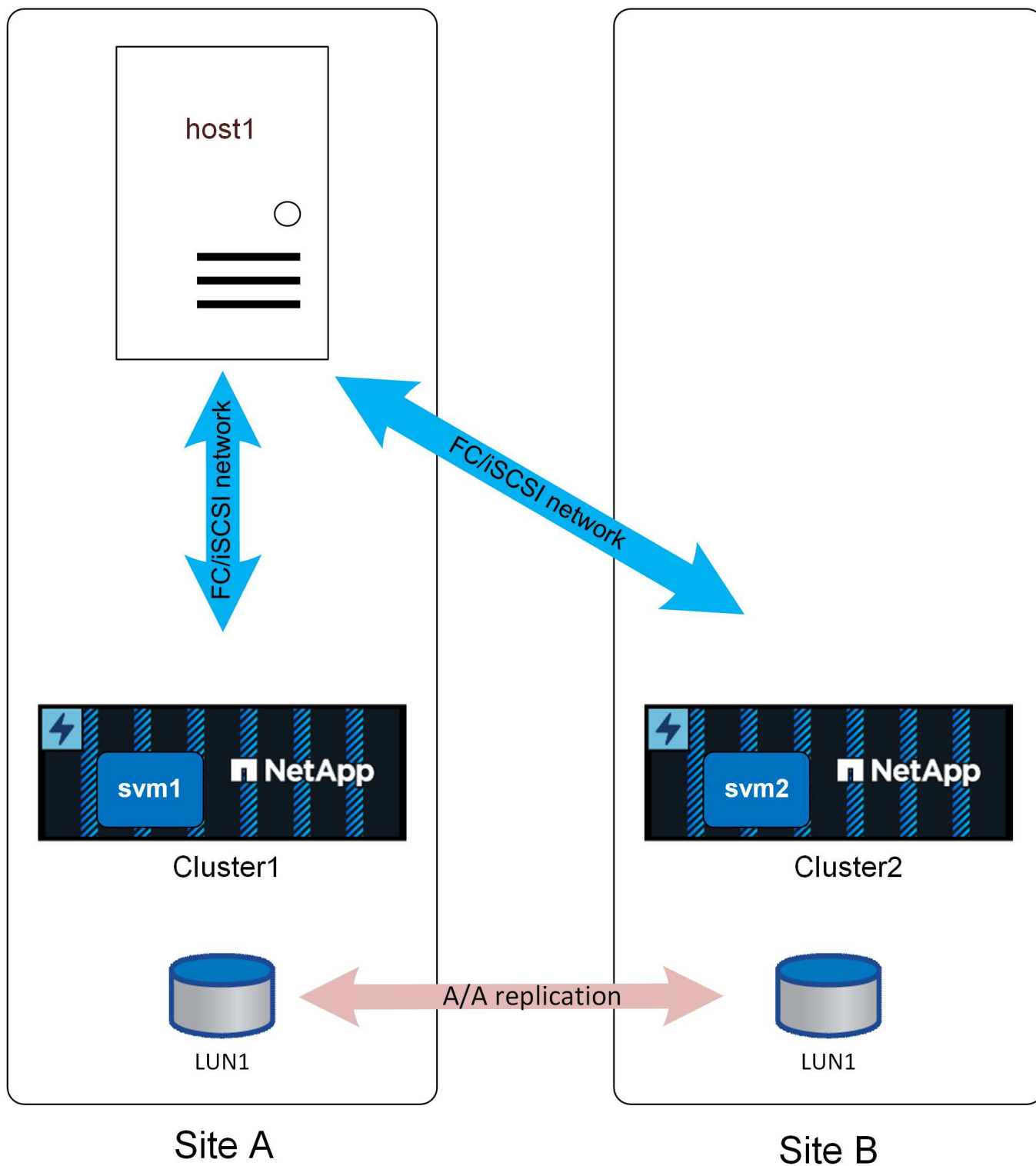
## 概述

可以将SQL Server配置为以多种方式与SnapMirror活动同步配合使用。正确答案取决于可用的网络连接、RPO要求和可用性要求。

### SQL Server的独立实例

文件布局和服务器配置的最佳实践与文档中建议的相同["基于ONTAP的SQL Server"](#)。

使用独立设置时、SQL Server只能在一个站点上运行。可能["统一"](#)会使用访问权限。



使用统一访问时、任一站点的存储故障都不会中断数据库操作。当然、如果包含数据库服务器的站点发生完全故障、则会导致中断。

某些客户可以为在远程站点上运行的操作系统配置预先配置的SQL Server设置、并使用与生产实例相同的构建版本进行更新。故障转移需要激活备用站点上的独立SQL Server实例、发现LUN并启动数据库。由于不需要从存储端执行任何操作、因此可以使用Windows PowerShell cmdlet自动完成整个过程。

"非一致性"也可以使用访问、但如果数据库服务器所在的存储系统因数据库没有可用的存储路径而出现故障、则

会导致数据库中断。在某些情况下、这种情况仍可接受。SnapMirror主动同步仍可提供RPO = 0的数据保护、并且在站点发生故障时、运行正常的副本将处于活动状态、并可使用与上述统一访问相同的过程恢复操作。

使用虚拟化主机可以更轻松地配置简单的自动化故障转移过程。例如、如果SQL Server数据文件与启动VMDK一起同步复制到二级存储、则在发生灾难时、可以在备用站点上激活整个环境。管理员可以在正常运行的站点上手动激活主机、也可以通过VMware HA等服务自动执行此过程。

## SQL Server故障转移集群实例

SQL Server故障转移实例也可以托管在作为子操作系统运行在物理服务器或虚拟服务器上的Windows故障转移集群上。这种多主机架构可提供SQL Server实例和存储故障恢复能力。在需要在保持增强性能的同时实现强大故障转移流程的高需求环境中、此类部署非常有用。在故障转移集群设置中、当主机或主存储受到影响时、SQL服务将故障转移到二级主机、同时、二级存储将可用于提供IO。无需自动化脚本或管理员干预。

## 故障情形

要规划完整的SnapMirror主动同步应用程序架构、需要了解SM-AS如何在各种计划内和计划外故障转移场景中做出响应。

在以下示例中、假设站点A已配置为首选站点。

### 复制连接丢失

如果SM-AS复制中断、则无法完成写入IO、因为集群无法将更改复制到相反站点。

### 站点A (首选站点)

首选站点上的复制链路故障会导致写入IO处理暂停大约15秒、因为ONTAP会在确定复制链路确实无法访问之前重试复制的写入操作。15秒后、站点A系统将恢复读取和写入IO处理。SAN路径不会更改、LUN将保持联机状态。

### 站点 B

由于站点B不是SnapMirror主动同步首选站点、因此其LUN路径将在大约15秒后变得不可用。

### 存储系统故障

存储系统故障的结果与丢失复制链路的结果几乎相同。正常运行的站点应出现大约15秒的IO暂停。15秒过后、IO将照常在该站点上恢复。

### 调解器丢失

调解器服务不直接控制存储操作。它可用作集群之间的备用控制路径。它主要用于自动执行故障转移、而不存在脑裂情况的风险。在正常操作下、每个集群都会将更改复制到其配对集群、因此、每个集群都可以验证配对集群是否联机并提供数据。如果复制链路失败、复制将停止。

安全自动故障转移需要调解器的原因是、否则存储集群将无法确定双向通信丢失是网络中断还是实际存储故障所致。

调解器为每个集群提供一个备用路径、以验证其配对集群的运行状况。具体情形如下：

- 如果集群可以直接与其配对集群联系、则复制服务将正常运行。无需执行任何操作。



- 如果首选站点无法直接或通过调解器与其配对站点联系、则会假定配对站点实际不可用或已隔离、并且其LUN路径已脱机。然后、首选站点将继续释放RPO = 0状态、并继续处理读写IO。
- 如果非首选站点无法直接与其配对站点联系、但可以通过调解器与其联系、则它会使其路径脱机、并等待复制连接返回。
- 如果非首选站点无法直接联系其配对站点或无法通过操作调解器联系其配对站点、则会假定配对站点实际不可用或已隔离、并且其LUN路径已脱机。然后、非首选站点将继续释放RPO = 0状态、并继续处理读写IO。它将承担复制源的角色、并成为新的首选站点。

如果调解器完全不可用：

- 复制服务因任何原因发生故障(包括非首选站点或存储系统发生故障)、都会导致首选站点释放RPO = 0状态并恢复读写IO处理。非首选站点将使其路径脱机。
- 首选站点发生故障将导致中断、因为非首选站点无法验证对等站点是否真正脱机、因此非首选站点无法安全地恢复服务。

### 正在还原服务

解决故障(例如、还原站点间连接或启动故障系统)后、SnapMirror活动同步端点将自动检测是否存在故障复制关系、并将其恢复为RPO = 0状态。重新建立同步复制后、故障路径将再次联机。

在许多情况下、集群模式应用程序会自动检测故障路径的返回情况、这些应用程序也会恢复联机。在其他情况下、可能需要进行主机级SAN扫描、或者可能需要手动将应用程序恢复联机。它取决于应用程序及其配置方式、通常、此类任务可以轻松实现自动化。ONTAP本身具有自我修复能力、不需要任何用户干预即可恢复RPO = 0存储操作。

### 手动故障转移

更改首选站点只需简单的操作即可。在集群之间切换复制行为的权限时、IO将暂停一两秒钟、但IO不会受到影响。

## 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。