配置和管理卷

Trident

NetApp

July 01, 2026

目录

配置和管理卷

预配卷

创建一个 PersistentVolumeClaim（PVC），该 PVC 使用配置的 Kubernetes StorageClass 来请求对 PV 的访问权限。然后，您可以将 PV 挂载到 pod 上。

概述

> https://kubernetes.io/docs/concepts/storage/persistent-volumes["_PersistentVolumeClaim_"^]（PVC）是访问集群上 PersistentVolume 的请求。

PVC 可以配置为请求特定大小或访问模式的存储。使用关联的 StorageClass，集群管理员可以控制超出 PersistentVolume 大小和访问模式的更多内容——例如性能或服务级别。

创建 PVC 后，您可以将卷挂载到 pod 中。

创建 **PVC**

步骤

1. 创建 PVC。

```
kubectl create -f pvc.yaml
```

2. 验证 PVC 状态。

```
kubectl get pvc
```

```
NAME         STATUS  VOLUME     CAPACITY   ACCESS MODES  STORAGECLASS AGE
pvc-storage Bound   pv-name    1Gi        RWO                   5m
```

1. 在 Pod 中挂载卷。

```
kubectl create -f pv-pod.yaml
```

> 您可以使用 kubectl get pod --watch 监控进度。

2. 验证卷是否已装入 /my/mount/path。

```
kubectl exec -it task-pv-pod -- df -h /my/mount/path
```

3. 现在您可以删除 Pod 了。Pod 应用程序将不再存在，但卷将保持不变。

```
kubectl delete pod pv-pod
```

示例清单

PersistentVolumeClaim 示例清单

这些示例显示了基本的 PVC 配置选项。

带 **RWO** 访问的 **PVC**

此示例显示了一个与名为 `basic-csi`的 StorageClass 相关联的具有 RWO 访问权限的基本 PVC。

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  name: pvc-storage
spec:
  accessModes:
    - ReadWriteOnce
  resources:
    requests:
      storage: 1Gi
  storageClassName: basic-csi
```

带 **NVMe/TCP** 的 **PVC**

此示例显示了一个与名为 `protection-gold`的 StorageClass 相关联的具有 RWO 访问权限的 NVMe/TCP 基本 PVC。

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
name: pvc-san-nvme
spec:
accessModes:
  - ReadWriteOnce
resources:
  requests:
    storage: 300Mi
storageClassName: protection-gold
```

Pod 清单示例

这些示例显示了将 PVC 连接到 pod 的基本配置。

基本配置

```
kind: Pod
apiVersion: v1
metadata:
  name: pv-pod
spec:
  volumes:
    - name: storage
      persistentVolumeClaim:
       claimName: pvc-storage
  containers:
    - name: pv-container
      image: nginx
      ports:
        - containerPort: 80
          name: "http-server"
      volumeMounts:
        - mountPath: "/my/mount/path"
          name: storage
```

基本 NVMe/TCP 配置

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: pod-nginx
spec:
  volumes:
    - name: basic-pvc
      persistentVolumeClaim:
        claimName: pvc-san-nvme
  containers:
    - name: task-pv-container
      image: nginx
      volumeMounts:
        - mountPath: "/my/mount/path"
          name: basic-pvc
```

请参阅"Kubernetes 和 Trident 对象"，了解存储类如何与 `PersistentVolumeClaim`交互，以及用于控制 Trident 配置卷的参数详情。

扩展卷

Trident 为 Kubernetes 用户提供了在创建卷后扩展卷的功能。查找有关扩展 iSCSI、NFS、SMB、NVMe/TCP 和 FC 卷所需配置的信息。

扩展 iSCSI 卷

您可以使用 CSI 置备程序扩展 iSCSI 永久卷 (PV)。

> ⓘ `ontap-san`、 `ontap-san-economy`、 `solidfire-san` 驱动程序支持 iSCSI 卷扩展，并且需要 Kubernetes 1.16 及更高版本。

步骤 1：配置 **StorageClass** 以支持卷扩展

编辑 StorageClass 定义以将 `allowVolumeExpansion` 字段设置为 `true`。

```
cat storageclass-ontapsan.yaml
```

```
apiVersion: storage.k8s.io/v1
kind: StorageClass
metadata:
  name: ontap-san
provisioner: csi.trident.netapp.io
parameters:
  backendType: "ontap-san"
allowVolumeExpansion: True
```

对于已存在的 StorageClass，请对其进行编辑以包含 `allowVolumeExpansion` 参数。

步骤 2：使用创建的 **StorageClass** 创建 **PVC**

编辑 PVC 定义并更新 `spec.resources.requests.storage`以反映新期望的尺寸，该尺寸必须大于原始尺寸。

```
cat pvc-ontapsan.yaml
```

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  name: san-pvc
spec:
  accessModes:
  - ReadWriteOnce
  resources:
    requests:
      storage: 1Gi
  storageClassName: ontap-san
```

Trident 创建持久卷 (PV) 并将其与此持久卷声明 (PVC) 相关联。

```
kubectl get pvc
NAME      STATUS   VOLUME                                     CAPACITY
ACCESS MODES   STORAGECLASS   AGE
san-pvc   Bound    pvc-8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671   1Gi
RWO            ontap-san      8s

kubectl get pv
NAME                                       CAPACITY   ACCESS MODES
RECLAIM POLICY   STATUS   CLAIM              STORAGECLASS   REASON   AGE
pvc-8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671   1Gi        RWO
Delete           Bound    default/san-pvc    ontap-san               10s
```

步骤 **3**：定义一个连接 **PVC** 的 **pod**

将 PV 连接到 pod 以调整其大小。调整 iSCSI PV 大小时有两种情况：

- 如果 PV 连接到 pod，Trident 会扩展存储后端上的卷，重新扫描设备，并调整文件系统的大小。
- 在尝试调整未连接 PV 的大小时，Trident 扩展存储后端上的卷。在 PVC 绑定到 pod 之后，Trident 重新扫描设备并调整文件系统的大小。然后，Kubernetes 在扩展操作成功完成后更新 PVC 大小。

在此示例中，创建了一个使用 `san-pvc` 的 Pod。

```
 kubectl get pod
NAME         READY   STATUS    RESTARTS   AGE
ubuntu-pod   1/1     Running   0          65s

 kubectl describe pvc san-pvc
Name:          san-pvc
Namespace:     default
StorageClass:  ontap-san
Status:        Bound
Volume:        pvc-8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671
Labels:        <none>
Annotations:   pv.kubernetes.io/bind-completed: yes
               pv.kubernetes.io/bound-by-controller: yes
               volume.beta.kubernetes.io/storage-provisioner:
csi.trident.netapp.io
Finalizers:    [kubernetes.io/pvc-protection]
Capacity:      1Gi
Access Modes:  RWO
VolumeMode:    Filesystem
Mounted By:    ubuntu-pod
```

步骤 **4**：扩展 **PV**

要将已创建的 PV 从 1Gi 调整为 2Gi，请编辑 PVC 定义并将 `spec.resources.requests.storage`更新为 2Gi。

```
kubectl edit pvc san-pvc
```

```
# Please edit the object below. Lines beginning with a '#' will be
ignored,
# and an empty file will abort the edit. If an error occurs while saving
this file will be
# reopened with the relevant failures.
#
apiVersion: v1
kind: PersistentVolumeClaim
metadata:
  annotations:
    pv.kubernetes.io/bind-completed: "yes"
    pv.kubernetes.io/bound-by-controller: "yes"
    volume.beta.kubernetes.io/storage-provisioner: csi.trident.netapp.io
  creationTimestamp: "2019-10-10T17:32:29Z"
  finalizers:
  - kubernetes.io/pvc-protection
  name: san-pvc
  namespace: default
  resourceVersion: "16609"
  selfLink: /api/v1/namespaces/default/persistentvolumeclaims/san-pvc
  uid: 8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671
spec:
  accessModes:
  - ReadWriteOnce
  resources:
    requests:
      storage: 2Gi
 # ...
```

步骤 **5**：验证扩展

您可以通过检查 PVC、PV 和 Trident 卷的大小来验证扩展是否正常工作：

```
kubectl get pvc san-pvc
NAME      STATUS   VOLUME                                     CAPACITY
ACCESS MODES   STORAGECLASS   AGE
san-pvc   Bound    pvc-8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671   2Gi
RWO            ontap-san      11m
kubectl get pv
NAME                                       CAPACITY   ACCESS MODES
RECLAIM POLICY   STATUS   CLAIM              STORAGECLASS   REASON   AGE
pvc-8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671   2Gi        RWO
Delete           Bound    default/san-pvc    ontap-san               12m
tridentctl get volumes -n trident
+-----------------------------------------+---------+---------------
+----------+-----------------------------------------+--------+---------+
|                   NAME                  |  SIZE   | STORAGE CLASS |
PROTOCOL |             BACKEND UUID              | STATE  | MANAGED |
+-----------------------------------------+---------+---------------
+----------+-----------------------------------------+--------+---------+
| pvc-8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671 | 2.0 GiB | ontap-san     |
block    | a9b7bfff-0505-4e31-b6c5-59f492e02d33 | online | true    |
+-----------------------------------------+---------+---------------
+----------+-----------------------------------------+--------+---------+
```

扩展 FC 卷

您可以使用 CSI 配置程序扩展 FC 持久卷 (PV)。

ontap-san 驱动程序支持 FC 卷扩展，需要 Kubernetes 1.16 及更高版本。

步骤 1：配置 StorageClass 以支持卷扩展

编辑 StorageClass 定义以将 `allowVolumeExpansion` 字段设置为 `true`。

```
cat storageclass-ontapsan.yaml
```

```
apiVersion: storage.k8s.io/v1
kind: StorageClass
metadata:
  name: ontap-san
provisioner: csi.trident.netapp.io
parameters:
  backendType: "ontap-san"
allowVolumeExpansion: True
```

对于已存在的 StorageClass，请对其进行编辑以包含 `allowVolumeExpansion` 参数。

步骤 2：使用创建的 **StorageClass** 创建 **PVC**

编辑 PVC 定义并更新 `spec.resources.requests.storage`以反映新期望的尺寸，该尺寸必须大于原始尺寸。

```
cat pvc-ontapsan.yaml
```

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  name: san-pvc
spec:
  accessModes:
  - ReadWriteOnce
  resources:
    requests:
      storage: 1Gi
  storageClassName: ontap-san
```

Trident 创建持久卷 (PV) 并将其与此持久卷声明 (PVC) 相关联。

```
kubectl get pvc
NAME       STATUS    VOLUME                                     CAPACITY
ACCESS MODES    STORAGECLASS    AGE
san-pvc    Bound     pvc-8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671   1Gi
RWO             ontap-san       8s

kubectl get pv
NAME                                       CAPACITY    ACCESS MODES
RECLAIM POLICY    STATUS    CLAIM              STORAGECLASS    REASON    AGE
pvc-8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671   1Gi         RWO
Delete            Bound     default/san-pvc    ontap-san                 10s
```

步骤 3：定义一个连接 **PVC** 的 **pod**

将 PV 连接到 pod 以调整其大小。调整 FC PV 大小时有两种情况：

- 如果 PV 连接到 pod，Trident 会扩展存储后端上的卷，重新扫描设备，并调整文件系统的大小。
- 在尝试调整未连接 PV 的大小时，Trident 扩展存储后端上的卷。在 PVC 绑定到 pod 之后，Trident 重新扫描设备并调整文件系统的大小。然后，Kubernetes 在扩展操作成功完成后更新 PVC 大小。

在此示例中，创建了一个使用 `san-pvc` 的 Pod。

```
 kubectl get pod
NAME         READY   STATUS    RESTARTS   AGE
ubuntu-pod   1/1     Running   0          65s

 kubectl describe pvc san-pvc
Name:          san-pvc
Namespace:     default
StorageClass:  ontap-san
Status:        Bound
Volume:        pvc-8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671
Labels:        <none>
Annotations:   pv.kubernetes.io/bind-completed: yes
               pv.kubernetes.io/bound-by-controller: yes
               volume.beta.kubernetes.io/storage-provisioner:
csi.trident.netapp.io
Finalizers:    [kubernetes.io/pvc-protection]
Capacity:      1Gi
Access Modes:  RWO
VolumeMode:    Filesystem
Mounted By:    ubuntu-pod
```

步骤 **4**：扩展 **PV**

要将已创建的 PV 从 1Gi 调整为 2Gi，请编辑 PVC 定义并将 `spec.resources.requests.storage`更新为 2Gi。

```
kubectl edit pvc san-pvc
```

```
# Please edit the object below. Lines beginning with a '#' will be
ignored,
# and an empty file will abort the edit. If an error occurs while saving
this file will be
# reopened with the relevant failures.
#
apiVersion: v1
kind: PersistentVolumeClaim
metadata:
  annotations:
    pv.kubernetes.io/bind-completed: "yes"
    pv.kubernetes.io/bound-by-controller: "yes"
    volume.beta.kubernetes.io/storage-provisioner: csi.trident.netapp.io
  creationTimestamp: "2019-10-10T17:32:29Z"
  finalizers:
  - kubernetes.io/pvc-protection
  name: san-pvc
  namespace: default
  resourceVersion: "16609"
  selfLink: /api/v1/namespaces/default/persistentvolumeclaims/san-pvc
  uid: 8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671
spec:
  accessModes:
  - ReadWriteOnce
  resources:
    requests:
      storage: 2Gi
 # ...
```

步骤 **5**：验证扩展

您可以通过检查 PVC、PV 和 Trident 卷的大小来验证扩展是否正常工作：

```
kubectl get pvc san-pvc
NAME      STATUS   VOLUME                                     CAPACITY
ACCESS MODES   STORAGECLASS   AGE
san-pvc   Bound    pvc-8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671   2Gi
RWO            ontap-san      11m
kubectl get pv
NAME                                       CAPACITY   ACCESS MODES
RECLAIM POLICY   STATUS   CLAIM             STORAGECLASS   REASON   AGE
pvc-8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671   2Gi        RWO
Delete           Bound    default/san-pvc   ontap-san               12m
tridentctl get volumes -n trident
+-----------------------------------------+---------+---------------
+----------+-----------------------------------------+--------+---------+
|                   NAME                  |  SIZE   | STORAGE CLASS |
PROTOCOL |             BACKEND UUID              | STATE  | MANAGED |
+-----------------------------------------+---------+---------------
+----------+-----------------------------------------+--------+---------+
| pvc-8a814d62-bd58-4253-b0d1-82f2885db671 | 2.0 GiB | ontap-san     |
block    | a9b7bfff-0505-4e31-b6c5-59f492e02d33 | online | true    |
+-----------------------------------------+---------+---------------
+----------+-----------------------------------------+--------+---------+
```

扩展 NFS 卷

Trident 支持在 `ontap-nas`、 `ontap-nas-economy`、 `ontap-nas-flexgroup`和 `azure-netapp-files`后端上配置的 NFS PV 的卷扩展。

步骤 1：配置 StorageClass 以支持卷扩展

要调整 NFS PV 的大小，管理员首先需要通过将 `allowVolumeExpansion`字段设置为 `true`来配置存储类以允许卷扩展：

```
cat storageclass-ontapnas.yaml
```

```
apiVersion: storage.k8s.io/v1
kind: StorageClass
metadata:
  name: ontapnas
provisioner: csi.trident.netapp.io
parameters:
  backendType: ontap-nas
allowVolumeExpansion: true
```

如果您已经创建了一个没有此选项的存储类，则可以通过使用 `kubectl edit storageclass` 来允许卷扩展，从而编辑现有存储类。

步骤 2：使用创建的 **StorageClass** 创建 **PVC**

```
cat pvc-ontapnas.yaml
```

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  name: ontapnas20mb
spec:
  accessModes:
  - ReadWriteOnce
  resources:
    requests:
      storage: 20Mi
  storageClassName: ontapnas
```

Trident 应为此 PVC 创建 20 MiB NFS PV：

```
kubectl get pvc
NAME           STATUS    VOLUME
CAPACITY     ACCESS MODES    STORAGECLASS    AGE
ontapnas20mb   Bound    pvc-08f3d561-b199-11e9-8d9f-5254004dfdb7   20Mi
RWO            ontapnas        9s

kubectl get pv pvc-08f3d561-b199-11e9-8d9f-5254004dfdb7
NAME                                       CAPACITY   ACCESS MODES
RECLAIM POLICY   STATUS   CLAIM                  STORAGECLASS    REASON
AGE
pvc-08f3d561-b199-11e9-8d9f-5254004dfdb7   20Mi       RWO
Delete           Bound    default/ontapnas20mb   ontapnas
2m42s
```

步骤 3：扩展 **PV**

要将新创建的 20 MiB PV 调整为 1 GiB，请编辑 PVC 并设置 `spec.resources.requests.storage`为 1 GiB：

```
kubectl edit pvc ontapnas20mb
```

```
# Please edit the object below. Lines beginning with a '#' will be
ignored,
# and an empty file will abort the edit. If an error occurs while saving
this file will be
# reopened with the relevant failures.
#
apiVersion: v1
kind: PersistentVolumeClaim
metadata:
  annotations:
    pv.kubernetes.io/bind-completed: "yes"
    pv.kubernetes.io/bound-by-controller: "yes"
    volume.beta.kubernetes.io/storage-provisioner: csi.trident.netapp.io
  creationTimestamp: 2018-08-21T18:26:44Z
  finalizers:
  - kubernetes.io/pvc-protection
  name: ontapnas20mb
  namespace: default
  resourceVersion: "1958015"
  selfLink: /api/v1/namespaces/default/persistentvolumeclaims/ontapnas20mb
  uid: c1bd7fa5-a56f-11e8-b8d7-fa163e59eaab
spec:
  accessModes:
  - ReadWriteOnce
  resources:
    requests:
      storage: 1Gi
# ...
```

步骤 **4**：验证扩展

您可以通过检查 PVC、PV 和 Trident 卷的大小来验证调整大小是否正确：

```
kubectl get pvc ontapnas20mb
NAME           STATUS   VOLUME
CAPACITY   ACCESS MODES   STORAGECLASS    AGE
ontapnas20mb   Bound    pvc-08f3d561-b199-11e9-8d9f-5254004dfdb7   1Gi
RWO            ontapnas        4m44s

kubectl get pv pvc-08f3d561-b199-11e9-8d9f-5254004dfdb7
NAME                                       CAPACITY   ACCESS MODES
RECLAIM POLICY   STATUS   CLAIM                  STORAGECLASS    REASON
AGE
pvc-08f3d561-b199-11e9-8d9f-5254004dfdb7   1Gi        RWO
Delete           Bound    default/ontapnas20mb   ontapnas
5m35s

tridentctl get volume pvc-08f3d561-b199-11e9-8d9f-5254004dfdb7 -n trident
+-----------------------------------------+---------+---------------
+----------+-----------------------------------------+--------+---------+
|                   NAME                  |  SIZE   | STORAGE CLASS |
PROTOCOL |             BACKEND UUID              | STATE  | MANAGED |
+-----------------------------------------+---------+---------------
+----------+-----------------------------------------+--------+---------+
| pvc-08f3d561-b199-11e9-8d9f-5254004dfdb7 | 1.0 GiB | ontapnas      |
file     | c5a6f6a4-b052-423b-80d4-8fb491a14a22 | online | true    |
+-----------------------------------------+---------+---------------
+----------+-----------------------------------------+--------+---------+
```

了解 RWX NVMe 子系统限制

使用 NVMe 协议的 ReadWriteMany (RWX) 卷的可扩展性限制为每卷 64 个节点。以下包括限制，解释了所涉及的 NVMe 子系统体系结构，并概述了所需的解决步骤。

了解 64 节点限制

如果您计划将 ReadWriteMany (RWX) 卷与 NVMe 协议一起使用，则单个 RWX NVMe 卷不能由 Kubernetes 群集中超过 64 个节点装载。

请勿计划在 64 个以上节点上挂载相同 RWX NVMe PersistentVolumeClaim 的工作负载。

此限制仅适用于使用 NVMe 协议的 RWX 卷。

了解 NVMe 子系统模型

每卷子系统模型（**Trident** 版本早于 **26.02**）

在 26.02 之前的 Trident 版本中，RWX NVMe 卷使用每个卷的子系统模型进行调配。每个 RWX NVMe 卷都映

射到 ONTAP 上其自己的专用 NVMe 子系统。

此模型很简单，但具有较低的可扩展性限制。在大型 Kubernetes 集群中，由于每个 RWX 卷消耗一个专用子系统，因此子系统控制器限制很快就会达到。

超级子系统模型（在 **Trident 26.02** 中引入）

从 Trident 26.02 开始，RWX NVMe 卷使用共享超级子系统模型。多个 RWX NVMe 卷共享同一个 NVMe 子系统。

每个超级子系统最多支持 1024 个命名空间（卷）。该模型显著提高了 RWX 工作负载的可扩展性，并降低了达到 ONTAP 子系统限制的可能性。

每个 RWX NVMe 卷最多支持 64 个节点。

识别错误症状

如果大规模创建或附加 RWX NVMe 卷，您可能会发现类似于以下错误：

```
Maximum number of controllers reached. No more controllers can be created.
```

此错误表示已达到 ONTAP NVMe 子系统控制器限制。

解决子系统限制错误

要超越每卷子系统的限制并利用超级子系统模型，请升级到 Trident 26.02 或更高版本。

升级 **Trident** 以应用超级子系统模型

要为 RWX NVMe 卷应用超级子系统模型：

1. 将 Trident 升级到 26.02 或更高版本。
2. 将使用 RWX NVMe 卷的所有 Pod 缩小到零副本。
3. 确认没有工作负载正在使用 RWX NVMe 卷。
4. 将 pod 重新扩容。

此重新启动顺序可确保使用超级子系统模型连接 RWX NVMe 卷。

- 此限制仅适用于使用 NVMe 协议的 RWX 卷。
- 64 节点限制适用于每个 RWX NVMe 卷。
- 其他访问模式和其他协议不受影响。

控制器可扩展性

Trident 通过改进多个存储驱动程序的并发性来引入控制器可扩展性。客户可以确定哪些 Trident 驱动程序在一般可用时支持控制器可扩展性，以及哪些驱动程序在 Trident 26.02

中作为技术预览可用。这为可扩展的 Kubernetes 环境提供了明智的部署决策和适当的风险管理。

关键概念和定义

控制器可扩展性

控制器可扩展性是指 Trident 控制器并行处理多个存储操作的能力，而不是在单个锁定后对其进行序列化。这些操作包括卷创建、删除、调整大小、快照创建和删除、卷发布和取消发布以及后端管理。

启用控制器可扩展性后，不同卷和后端上的操作将同时进行。这增加了吞吐量，并减少了具有大量并发 PersistentVolumeClaim 和 VolumeSnapshot 操作的环境中的端到端操作时间。

控制器可扩展性支持

Trident 支持不同成熟度级别的控制器可扩展性，具体取决于存储驱动程序。

正式发布

以下驱动程序在 Trident 26.02 正式上市时支持控制器可扩展性：

- `ontap-san`
- `ontap-nas`
- `google-cloud-netapp-volumes`

> `google-cloud-netapp-volumes` 和 `google-cloud-netapp-volumes-san` 驱动程序不同。仅支持 `google-cloud-netapp-volumes`。请勿在后端配置或示例中使用 `google-cloud-netapp-volumes-san`。

启用控制器可扩展性

控制器可扩展性由 `enableConcurrency` 配置选项控制。必须在 Trident 安装期间或通过更新现有部署显式启用此选项。

Trident 操作员部署

要通过 Trident operator 实现控制器可扩展性，请在 `TridentOrchestrator` 自定义资源中将 `enableConcurrency` 设置为 `true`。

新安装

创建或编辑 `TridentOrchestrator` CR，将 `enableConcurrency` 设置为 `true`：

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentOrchestrator
metadata:
  name: trident
spec:
  namespace: trident
  enableConcurrency: true
```

应用 CR：

```
kubectl apply -f tridentorchestrator_cr.yaml
```

现有安装

修补现有 `TridentOrchestrator` CR 以启用控制器可扩展性：

```
kubectl patch torc trident --type=merge -p
'{"spec":{"enableConcurrency":true}}'
```

验证设置是否已应用：

```
kubectl get torc trident -o
jsonpath='{.status.currentInstallationParams.enableConcurrency}'
```

Helm 部署

要使用 Helm 启用控制器可扩展性，请将 `enableConcurrency`值设置为 `true`。

新安装

```
helm install trident netapp-trident/trident-operator --namespace trident
--create-namespace --set enableConcurrency=true
```

现有安装

```
helm upgrade trident netapp-trident/trident-operator --namespace trident
--set enableConcurrency=true
```

或者，在自定义 `values.yaml` 文件中将 `enableConcurrency` 设置为 `true`：

```
# values.yaml
enableConcurrency: true
```

然后使用 values 文件进行安装或升级：

```
helm install trident netapp-trident/trident-operator --namespace trident
--create-namespace -f values.yaml
```

tridentctl 部署

要使用 `tridentctl` 启用控制器可扩展性，请在安装过程中传递 `--enable-concurrency` 标志。

新安装

```
tridentctl install -n trident --enable-concurrency
```

现有安装

要在现有基于 `tridentctl` 的部署上启用控制器可扩展性，请卸载并使用标志重新安装：

```
tridentctl uninstall -n trident
tridentctl install -n trident --enable-concurrency
```

验证是否已启用控制器可扩展性

启用控制器可扩展性后，通过检查控制器 Pod 日志来验证 Trident 控制器正在启用并发运行：

```
kubectl logs -n trident deploy/trident-controller | grep -i concurrency
```

您应该会看到一个日志条目，指示已启用并发。

技术预览

以下驱动程序支持控制器可扩展性作为 Trident 26.02 的技术预览：

- `nas-eco`
- `san-eco`

对于这些驱动程序：

- 控制器并发可用于评估和测试
- 行为在未来版本中可能会发生变化

- 不建议在生产环境中使用

并发行为

启用控制器可扩展性时：

- Trident 将单个全局锁定替换为每个资源的细粒度锁定
- 修改相同资源的操作被序列化，以保持数据的一致性
- 只能从资源读取的操作可以与该资源上的其他读取操作同时进行
- Trident 将并发 ONTAP API 请求限制为每个管理 LIF 20 个，以防止后端存储系统过载
- 如果多个后端共享相同的管理 LIF，则它们共享此 20 个请求的限制

已知限制和注意事项

以下考虑因素适用于控制器可扩展性：

- 并发由 Trident 控制器内部管理
- 此版本中没有用户可配置的并发限制
- 总吞吐量取决于：
  - 正在使用的存储驱动程序
  - 后端响应能力
  - Kubernetes API 服务器性能
- 高并发可能会增加后端存储系统的负载

注意事项和限制

Trident 26.02 适用以下限制：

- 控制器可扩展性行为在所有驱动程序中并不相同
- 技术预览驱动程序可能表现出：
  - 高负载下性能不一致
  - 发布之间的行为变化
- 由于并行执行，调试并发操作可能会更复杂
- 指标和日志可能显示交错操作输出

建议

- 将通用可用性 (GA) 驱动程序用于需要高可扩展性的生产环境
- 在非生产环境中评估技术预览驱动程序
- 大规模运行时监控后端和控制器性能
- 避免在自动化脚本中假设操作顺序

自动卷扩展

自动卷扩展使 Trident 配置的持久卷能够在使用的容量达到定义的阈值时自动增长。此功能可降低运营开销，并有助于防止因容量耗尽而导致的应用程序中断。使用 Autogrow Policies 实现自动卷扩展。Autogrow Policy 定义：

- 触发扩展的利用率阈值
- 卷增长的量
- 卷可以达到的最大大小

当超过定义的利用率阈值时，卷的大小会自动增加。卷永远不会自动缩减。

要求

在配置自动卷扩展之前，请确保满足以下要求：

- Trident 26.02 或更高版本
- 用于创建 `TridentAutogrowPolicy`自定义资源的基于角色的访问控制权限
- StorageClasses 配置为 `allowVolumeExpansion: true`
- 支持的 ONTAP 协议：
  - 网络文件系统 (NFS)
  - Internet 小型计算机系统接口 (iSCSI)
  - 非易失性内存快速通道 (NVMe)
  - 光纤通道协议 (FCP)

限制

- 早于 ONTAP 9.16.1 的 ONTAP Non-Volatile Memory Express 原始块卷不支持自动扩展。
- 对于存储区域网络卷，如果 `growthAmount`小于或等于 `50 mebibytes`，则 `Trident` 会在调整大小之前自动将值增加到 `51 mebibytes`，前提是生成的大小不超过 `maxSize`。
- 在棕地环境中，由于卷发布迁移行为，某些现有卷可能无法自动扩展。
- 当卷达到 `maxSize`时，不会发生进一步的扩展。
- 支持自动卷扩展的协议：
  - 网络文件系统 (NFS)
  - Internet 小型计算机系统接口 (iSCSI)
  - 非易失性内存快速通道 (NVMe)
  - 光纤通道协议 (FCP)

使用自动增长策略配置卷

可以在两个级别配置自动增长策略：

- 存储类级别：为所有卷设置默认值（使用注释）
- PVC 级别：覆盖存储类默认值（使用注释）

创建 **Autogrow** 策略

当卷达到定义的容量阈值时，Autogrow Policies 启用自动卷扩展。

请确保您拥有：

- 已安装 Trident 26.02 或更高版本
- 基于角色的访问控制权限以创建 `TridentAutogrowPolicy` 资源
- 了解工作负载增长需求

Autogrow Policy 定义了卷在达到定义的容量阈值时如何自动扩展。

您可以在工作流程中随时创建 Autogrow Policies：

- 在创建 StorageClasses 和卷之前
- 在 StorageClasses 存在后
- 配置卷后

这种灵活性使您能够引入自动扩展，而无需重新创建现有资源。

Autogrow 策略规范

Autogrow Policies 是 Kubernetes 自定义资源，定义如下：

字段	说明	格式	必填项	示例	默认
name	唯一策略标识符	字符串	是	production-db-policy	无
usedThreshold	触发扩展的容量百分比	百分比字符串	是	"80%"	无
growthAmount	达到阈值时要增长的金额	百分比或大小	否	"10%" 或 "5Gi"	"10%"
maxSize	最大卷大小限制	Kubernetes 数量	否	"500Gi"	无限制

创建 **Autogrow** 策略

步骤

1. 创建定义自动增长策略的 YAML 文件：

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentAutogrowPolicy
metadata:
  name: standard-autogrow
spec:
  usedThreshold: "80%"
  growthAmount: "10%"
  maxSize: "500Gi"
```

2. 将策略应用于您的集群：

```
kubectl apply -f autogrow-policy.yaml
```

3. 验证策略是否已创建：

```
kubectl get tridentautogrowpolicy standard-autogrow
```

预期输出

```
NAME                 USED THRESHOLD   GROWTH AMOUNT   STATE
standard-autogrow    80%              10%             Success
```

策略状态

创建策略后，Trident 验证规范并分配以下状态之一：

州/省	说明	需采取行动
成功	策略已验证并可供使用。	无。
失败	检测到验证错误。	查看并修复规范。
正在删除	正在执行删除。	等待完成。

将策略与 **StorageClass** 关联

您可以使用 `trident.netapp.io/autogrowPolicy`批注将自动增长策略与StorageClass关联起来。从该StorageClass配置的所有卷都会继承该策略。

StorageClass 必须具有 `allowVolumeExpansion: true`。

步骤

1. 使用 Autogrow Policy 注释创建或修改 StorageClass：

```yaml
apiVersion: storage.k8s.io/v1
kind: StorageClass
metadata:
  name: ontap-gold
  annotations:
    trident.netapp.io/autogrowPolicy: "production-db-policy"
provisioner: csi.trident.netapp.io
parameters:
  backendType: "ontap-san"
  fsType: "ext4"
allowVolumeExpansion: true
```

2. 应用 StorageClass：

```
kubectl apply -f storageclass.yaml
```

3. 验证标注：

```
kubectl get storageclass ontap-gold -o
jsonpath='{.metadata.annotations.trident\.netapp\.io/autogrowPolicy}'
```

预期输出

```
production-db-policy
```

策略优先级

当在 StorageClass 和 PVC 上设置 Autogrow Policy 注释时，Trident 应用以下优先级规则：

1. *PVC 注释优先。*如果 PVC 设置 `trident.netapp.io/autogrowPolicy`，则始终使用该值。
2. **StorageClass** 注释仅适用于 **PVC** 没有注释的情况。
3. 如果两者都没有注释， 则不会应用 Autogrow Policy。

StorageClass 标注	**PVC** 标注	有效行为
`trident.netapp.io/autogrowPolicy: standard-agp`	未设置	用途 `standard-agp`。
`trident.netapp.io/autogrowPolicy: standard-agp`	`trident.netapp.io/autogrowPolicy: logs-policy`	使用 `logs-policy`（PVC 覆盖 StorageClass）。

StorageClass 标注	PVC 标注	有效行为
`trident.netapp.io/autogrowPolicy: standard-agp`	`trident.netapp.io/autogrowPolicy: "none"`	无自动增长策略（PVC 禁用自动增长）。
未设置	`trident.netapp.io/autogrowPolicy: dev-policy`	用途 `dev-policy`。
未设置	未设置	无自动增长策略。

配置示例

以下示例显示了不同用例的常见 Autogrow Policy 配置。

生产数据库的保守策略

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentAutogrowPolicy
metadata:
  name: production-db-policy
spec:
  usedThreshold: "75%"
  growthAmount: "20%"
  maxSize: "5Ti"
```

具有固定增长增量的日志存储

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentAutogrowPolicy
metadata:
  name: log-storage-policy
spec:
  usedThreshold: "90%"
  growthAmount: "10Gi"
  maxSize: "100Gi"
```

具有默认值的最小策略

当您忽略 `growthAmount`和 `maxSize`时，Trident 使用默认值(`10%`增长，无限大小）：

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentAutogrowPolicy
metadata:
  name: logs-policy
spec:
  usedThreshold: "85%"
```

具有自定义 **maxSize** 和默认 **growthAmount** 的策略

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentAutogrowPolicy
metadata:
  name: default-ga-policy
spec:
  usedThreshold: "70%"
  maxSize: "100Gi"
```

无限制 **maxSize** 的激进增长

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentAutogrowPolicy
metadata:
  name: aggressive-growth-policy
spec:
  usedThreshold: "80%"
  growthAmount: "150%"
```

具有分数百分比的策略

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentAutogrowPolicy
metadata:
  name: precise-policy
spec:
  usedThreshold: "80.28%"
  growthAmount: "10.65%"
  maxSize: "100Gi"
```

支持分数百分比。如果指定的小数位数超过三位，Trident 会将值舍入到小数点后三位。

NAS StorageClass 使用 Autogrow

```
apiVersion: storage.k8s.io/v1
kind: StorageClass
metadata:
  name: ontap-nas-autogrow
  annotations:
    trident.netapp.io/autogrowPolicy: "standard-autogrow"
provisioner: csi.trident.netapp.io
parameters:
  backendType: "ontap-nas"
  fsType: "ext4"
allowVolumeExpansion: true
```

SAN StorageClass 使用 Autogrow

```
apiVersion: storage.k8s.io/v1
kind: StorageClass
metadata:
  name: database-storage
  annotations:
    trident.netapp.io/autogrowPolicy: "production-db-policy"
provisioner: csi.trident.netapp.io
parameters:
  backendType: "ontap-san"
  fsType: "ext4"
allowVolumeExpansion: true
```

管理 Autogrow 策略

创建 Autogrow 策略后，可以根据需要查看、更新和删除它们。您还可以监控哪些卷正在使用给定的策略。

查看 Autogrow 策略

列出所有策略

使用 `kubectl` 列出集群中的所有 Autogrow Policies：

```
kubectl get tridentautogrowpolicy
```

或者，也可以使用 `tridentctl`：

```
tridentctl get autogrowpolicy
```

查看策略详细信息

要查看策略的完整规范和状态：

```
kubectl describe tridentautogrowpolicy production-db-policy
```

要以 YAML 格式查看策略及其关联的卷：

```
tridentctl get autogrowpolicy production-db-policy -o yaml
```

更新 Autogrow 策略

您可以修改现有策略以更改其阈值、增长量或最大大小。更改将立即对使用该策略的所有卷生效。

更改会影响当前使用此策略的所有卷。尽可能先在非生产环境中测试更改。

步骤

1. 编辑策略：

   ```
   kubectl edit tridentautogrowpolicy production-db-policy
   ```

2. 根据需要修改 `spec`字段：

   ```
   spec:
     usedThreshold: "75%"     # Changed from 80%
     growthAmount: "20%"      # Changed from 10%
     maxSize: "1Ti"           # Changed from 500Gi
   ```

3. 保存并退出。更改立即生效。

更新注意事项

- 即时效应： 所有使用该策略的卷在下一次增长评估时都采用新参数。
- *无需重新启动卷：*更改适用于下一次增长操作。
- 先测试： 尽可能在非生产环境中验证更改。
- *沟通更改：*修改共享策略时通知团队。

删除 **Autogrow** 策略

Autogrow 策略使用终结器保护，以防止在卷正在使用时意外删除。

步骤

1. 删除策略：

```
kubectl delete tridentautogrowpolicy production-db-policy
```

2. 如果卷仍在使用策略，则删除进入 `Deleting` 状态。检查受影响的卷：

```
tridentctl get autogrowpolicy production-db-policy -o yaml
```

3. 从每个受影响的卷中删除策略。从下列选项中选择一项：

   - 选项 **A**：通过将注释设置为 **`"none"`**来显式禁用自动增长：

```
kubectl annotate pvc <pvc-name> \
  trident.netapp.io/autogrowPolicy="none" \
  --overwrite
```

   - 选项 **B**：完全删除注释：

```
kubectl annotate pvc <pvc-name> \
  trident.netapp.io/autogrowPolicy-
```

删除行为

场景	行为
没有卷使用该策略	策略将立即删除。
卷正在使用此策略	策略进入 `Deleting`状态。终结器阻止完成，直到删除所有卷。
所有卷均已从策略中删除	终结器将被删除，策略也将被删除。

监控 **Autogrow** 策略使用情况

使用策略检查卷

```
tridentctl get autogrowpolicy production-db-policy -o json | jq '.volumes'
```

查找卷使用的策略

```
kubectl get pvc database-pvc -o
jsonpath='{.metadata.annotations.trident\.netapp\.io/autogrowPolicy}'
```

监控策略事件

```
kubectl get events --field-selector
involvedObject.kind=TridentAutogrowPolicy
```

支持的协议

Autogrow 支持以下存储协议：

- NFS
- iSCSI
- FCP
- NVMe

> 对于 SAN 卷，如果配置的 `growthAmount`为 `50 MiB` 或更少，`Trident` 会自动将调整大小操作的增长量增加到 `51 MB`，前提是结果大小不超过 `maxSize`。

已知限制

- **ONTAP NVMe** 原始块卷： 使用早于 9.16.1 的 ONTAP 版本创建的卷不支持自动增长。
- *现有卷（brownfield 部署）：*即使应用了有效的 Autogrow Policy，Autogrow 可能也不适用于现有卷。这是由于卷发布的持续迁移。要确认迁移已完成，请检查 Trident 控制器日志中的 `"Migration completed"`消息。

常见问题解答

Trident 何时评估阈值？

Trident 持续监控卷使用情况。当使用的容量超过 `usedThreshold`时，Trident 会创建一个内部调整大小请求，并按配置的 `growthAmount`扩展卷。

例如，此策略将以 80% 的容量触发扩展，并每次将卷增长 10%，最多可达 500 GiB：

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentAutogrowPolicy
metadata:
  name: standard-autogrow
spec:
  usedThreshold: "80%"
  growthAmount: "10%"
  maxSize: "500Gi"
```

是否可以在已配置卷后应用策略?

是您可以随时创建 Autogrow Policy，并通过添加或更新 `trident.netapp.io/autogrowPolicy`注释将其应用于现有 PVC。您无需重新创建 PVC 或 StorageClass。

将策略应用于现有 PVC：

```
kubectl annotate pvc <pvc-name> \
  trident.netapp.io/autogrowPolicy="production-db-policy" \
  --overwrite
```

要将策略应用于现有 StorageClass：

```
kubectl annotate storageclass ontap-gold \
  trident.netapp.io/autogrowPolicy="production-db-policy" \
  --overwrite
```

如果我同时在 **StorageClass** 和 **PVC** 上设置自动增长策略，会发生什么?

PVC 注释始终优先。如果 PVC 具有 `trident.netapp.io/autogrowPolicy`注释，则无论StorageClass指定什么，Trident 都会使用该值。有关详细信息，请参见 "策略优先级"。

例如，假设此 StorageClass：

```
apiVersion: storage.k8s.io/v1
kind: StorageClass
metadata:
  name: ontap-gold
  annotations:
    trident.netapp.io/autogrowPolicy: "standard-agp"
provisioner: csi.trident.netapp.io
allowVolumeExpansion: true
```

此 PVC 覆盖 StorageClass 策略：

```
apiVersion: v1
kind: PersistentVolumeClaim
metadata:
  name: database-pvc
  annotations:
    trident.netapp.io/autogrowPolicy: "logs-policy"
spec:
  accessModes:
    - ReadWriteOnce
  resources:
    requests:
      storage: 50Gi
  storageClassName: ontap-gold
```

Trident 使用 `logs-policy`用于 `database-pvc`，而不是 `standard-agp`。

如何禁用特定卷的自动增长？

将 PVC 注释设置为 `"none"`。这将覆盖该卷的任何 StorageClass 级别策略：

```
kubectl annotate pvc <pvc-name> \
  trident.netapp.io/autogrowPolicy="none" \
  --overwrite
```

您可以验证是否已禁用自动增长：

```
kubectl get pvc <pvc-name> -o jsonpath
='{.metadata.annotations.trident\.netapp\.io/autogrowPolicy}'
```

预期输出

```
none
```

当卷达到 **maxSize** 时会发生什么？

Trident 停止扩展卷。即使使用量继续增加超过 `usedThreshold`，也不会为该卷创建进一步的调整大小请求。

例如，通过此策略，Trident 在卷达到 100 GiB 后停止增长：

```yaml
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentAutogrowPolicy
metadata:
  name: capped-policy
spec:
  usedThreshold: "90%"
  growthAmount: "10Gi"
  maxSize: "100Gi"
```

要允许无限增长，请忽略 `maxSize` 或将其设置为 `0`：

```yaml
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentAutogrowPolicy
metadata:
  name: unlimited-policy
spec:
  usedThreshold: "85%"
  growthAmount: "10%"
```

我可以在不重新启动卷的情况下更改策略吗？

是更新策略时，使用该策略的所有卷将在下一次增长评估时采用新参数。不需要重新启动卷。

要就地更新策略：

```
kubectl edit tridentautogrowpolicy production-db-policy
```

根据需要修改字段：

```yaml
spec:
  usedThreshold: "75%"     # Changed from 80%
  growthAmount: "20%"      # Changed from 10%
  maxSize: "1Ti"           # Changed from 500Gi
```

保存并退出。验证更新后的策略：

```
kubectl get tridentautogrowpolicy production-db-policy
```

预期输出

```
NAME                    USED THRESHOLD   GROWTH AMOUNT   STATE
production-db-policy    75%              20%             Success
```

为什么我的策略处于失败状态?

`Failed` 状态表示策略规范包含验证错误。运行以下命令来查看错误详细信息：

```
kubectl describe tridentautogrowpolicy <policy-name>
```

常见原因包括无效的 `usedThreshold`（必须为 1–99%）、 `growthAmount` 超过 `maxSize`，或无效的 Kubernetes 数量格式。请更正规范并重新应用：

```
kubectl apply -f autogrow-policy.yaml
```

为什么我无法删除策略?

策略使用终结器保护。如果卷仍在使用该策略，则删除将进入 `Deleting` 状态，并等待从策略中删除所有卷。

识别受影响的卷：

```
tridentctl get autogrowpolicy production-db-policy -o yaml
```

然后从每个 PVC 中删除注释：

```
# Option A: Explicitly disable autogrow
kubectl annotate pvc <pvc-name> \
  trident.netapp.io/autogrowPolicy="none" \
  --overwrite

# Option B: Remove the annotation entirely
kubectl annotate pvc <pvc-name> \
  trident.netapp.io/autogrowPolicy-
```

删除所有卷后，将释放终结器并删除策略。

自动增长是否适用于所有 **ONTAP** 后端?

Autogrow 支持 NFS、iSCSI、FCP 和 NVMe 协议。但是，NVMe 原始块卷需要 ONTAP 9.16.1 或更高版本。

棕色字段部署中的现有卷可能需要在自动增长生效之前完成卷发布迁移。通过检查 Trident 控制器日志来验证迁移状态：

```
kubectl logs -l app=trident-controller -n trident | grep "Migration
completed"
```

以下 StorageClass 示例显示为 NAS 和 SAN 后端配置的自动增长：

NAS 后端

```
apiVersion: storage.k8s.io/v1
kind: StorageClass
metadata:
  name: ontap-nas-autogrow
  annotations:
    trident.netapp.io/autogrowPolicy: "standard-autogrow"
provisioner: csi.trident.netapp.io
parameters:
  backendType: "ontap-nas"
  fsType: "ext4"
allowVolumeExpansion: true
```

SAN 后端

```
apiVersion: storage.k8s.io/v1
kind: StorageClass
metadata:
  name: database-storage
  annotations:
    trident.netapp.io/autogrowPolicy: "production-db-policy"
provisioner: csi.trident.netapp.io
parameters:
  backendType: "ontap-san"
  fsType: "ext4"
allowVolumeExpansion: true
```

SAN 卷的最低增长量是多少?

对于 SAN 卷，有效最低增长量为 51 MB。如果将 `growthAmount`配置为 50 MiB 或更少，Trident 会自动将调整大小操作的增长增加到 51 MB。

例如，此策略设置 `growthAmount`的 `"40Mi"`，但 Trident 对使用它的任何 SAN 卷应用 51 MB 增长：

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentAutogrowPolicy
metadata:
  name: san-minimal-policy
spec:
  usedThreshold: "85%"
  growthAmount: "40Mi"
  maxSize: "100Gi"
```

要避免这种自动调整，请将 `growthAmount`设置为大于 50 MiB 的值：

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentAutogrowPolicy
metadata:
  name: san-policy
spec:
  usedThreshold: "85%"
  growthAmount: "100Mi"
  maxSize: "500Gi"
```

导入卷

您可以使用 `tridentctl import`或通过创建带有 Trident 导入注释的持久卷声明 (PVC) 将现有存储卷导入为 Kubernetes PV。

概述和注意事项

您可以将卷导入 Trident 以：

- 容器化应用程序并重用其现有数据集
- 将数据集的克隆用于临时应用程序
- 重建失败的 Kubernetes 集群
- 在灾难恢复期间迁移应用程序数据

注意事项

在导入卷之前，请查看以下注意事项。

- Trident 只能导入 RW（读写）类型的 ONTAP 卷。DP（数据保护）类型卷是 SnapMirror 目标卷。在将卷导入 Trident 之前，您应该中断镜像关系。
- 我们建议导入没有活动连接的卷。要导入正在使用的卷，请克隆该卷，然后执行导入。

这对于块卷尤其重要，因为 Kubernetes 不会意识到以前的连接，并且可以轻松地将活动卷附加到 pod。这可能会导致数据损坏。

- 虽然 `StorageClass`必须在 PVC 上指定，但 Trident 在导入过程中不使用此参数。存储类用于在卷创建期间根据存储特性从可用池中进行选择。由于卷已存在，因此在导入过程中不需要选择池。因此，即使卷存在于与 PVC 中指定的存储类不匹配的后端或池中，导入也不会失败。
- 现有卷大小在 PVC 中确定和设置。卷由存储驱动程序导入后，PV 将使用 ClaimRef 创建到 PVC。
  - 回收策略最初在 PV 中设置为 `retain`。Kubernetes 成功绑定 PVC 和 PV 后，回收策略将更新为与 Storage Class 的回收策略匹配。
  - 如果存储类的回收策略为 `delete`，则在删除 PV 时将删除存储卷。
- 默认情况下，Trident 管理 PVC 并重命名后端上的 FlexVol 卷和 LUN。您可以传递 `--no-manage` 标记以导入非托管卷，并传递 `--no-rename` 标记以保留卷名称。
  - `--no-manage`* - 如果您使用 `--no-manage` 标志，Trident 不会在对象生命周期中对 PVC 或 PV 执行任何附加操作。删除 PV 时不会删除存储卷，也会忽略其他操作，如卷克隆和卷大小调整。
  - `--no-rename`* - 如果使用 `--no-rename` 标志，Trident 保留现有卷名，同时导入卷并管理卷的生命周期。只有 `ontap-nas`、 `ontap-san`（包括 ASA r2 系统）和 `ontap-san-economy` 驱动程序才支持此选项。

    如果要将 Kubernetes 用于容器化工作负载，但要管理 Kubernetes 之外的存储卷的生命周期，则这些选项非常有用。

- 在 PVC 和 PV 上添加了一个注释，该注释具有双重目的，用于指示已导入该卷以及是否已管理 PVC 和 PV。不应修改或删除此注释。

导入卷

您可以使用 `tridentctl import`或通过创建带有 Trident 导入注释的 PVC 来导入卷。

如果使用 PVC 注释，则无需下载或使用 `tridentctl`来导入卷。

使用 **tridentctl**

步骤

1. 创建一个 PVC 文件（例如， `pvc.yaml`），该文件将用于创建 PVC。PVC 文件应包括 `name`、`namespace`、 `accessModes`和 `storageClassName`。或者，您可以在 PVC 定义中指定 `unixPermissions`。

   以下是最小规格的示例：

   ```
   kind: PersistentVolumeClaim
   apiVersion: v1
   metadata:
     name: my_claim
     namespace: my_namespace
   spec:
     accessModes:
       - ReadWriteOnce
     storageClassName: my_storage_class
   ```

   仅包括所需的参数。PV 名称或卷大小等附加参数可能导致导入命令失败。

2. 使用 `tridentctl import`命令可指定包含卷的 Trident 后端的名称以及唯一标识存储上卷的名称（例如：ONTAP FlexVol、Element Volume）。指定 PVC 文件的路径需要 `-f`参数。

   ```
   tridentctl import volume <backendName> <volumeName> -f <path-to-pvc-file>
   ```

使用 **PVC** 注释

步骤

1. 使用所需的 Trident 导入注释创建 PVC YAML 文件（例如， `pvc.yaml`）。PVC 文件应包括：

   - `name` 和 `namespace` 在元数据中
   - `accessModes`、 `resources.requests.storage` 和 `storageClassName` 在规格中
   - 标注：
     - `trident.netapp.io/importOriginalName`: 后端上的卷名称
     - `trident.netapp.io/importBackendUUID`：卷存在的后端 UUID
     - `trident.netapp.io/notManaged` (*Optional*)：为非托管卷设置为 `"true"`。默认值为 `"false"`。

     下面是导入托管卷的示例规范：

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  name: <pvc-name>
  namespace: <namespace>
  annotations:
    trident.netapp.io/importOriginalName: "<volume-name>"
    trident.netapp.io/importBackendUUID: "<backend-uuid>"
spec:
  accessModes:
    - ReadWriteOnce
  resources:
    requests:
      storage: <size>
  storageClassName: <storage-class-name>
```

2. 将 PVC YAML 文件应用到 Kubernetes 集群：

```
kubectl apply -f <pvc-file>.yaml
```

Trident 将自动导入卷并将其绑定到 PVC。

示例

查看以下受支持驱动程序的卷导入示例。

ONTAP NAS 和 ONTAP NAS FlexGroup

Trident 支持使用 `ontap-nas` 和 `ontap-nas-flexgroup` 驱动程序进行卷导入。

- Trident 不支持使用 `ontap-nas-economy` 驱动程序进行卷导入。
- `ontap-nas` 和 `ontap-nas-flexgroup` 驱动程序不允许使用重复的卷名。

使用 `ontap-nas` 驱动程序创建的每个卷都是 ONTAP 集群上的一个 FlexVol 卷。使用 `ontap-nas` 驱动程序导入 FlexVol 卷的工作原理相同。ONTAP 集群上已存在的 FlexVol 卷可以作为 `ontap-nas` PVC 导入。同样，FlexGroup 卷可以作为 `ontap-nas-flexgroup` PVC 导入。

使用 tridentctl 的 ONTAP NAS 示例

以下示例演示如何使用 `tridentctl` 导入托管卷和非托管卷。

托管卷

以下示例导入名为 `managed_volume` 的卷到名为 `ontap_nas` 的后端：

```
tridentctl import volume ontap_nas managed_volume -f <path-to-pvc-file>

+------------------------------------------+---------+---------------
+----------+------------------------------------------+--------+---------+
|                   NAME                   |  SIZE   | STORAGE CLASS |
PROTOCOL |             BACKEND UUID             | STATE  | MANAGED |
+------------------------------------------+---------+---------------
+----------+------------------------------------------+--------+---------+
| pvc-bf5ad463-afbb-11e9-8d9f-5254004dfdb7 | 1.0 GiB | standard      |
file     | c5a6f6a4-b052-423b-80d4-8fb491a14a22 | online | true    |
+------------------------------------------+---------+---------------
+----------+------------------------------------------+--------+---------+
```

非受管卷

使用 `--no-manage`参数时， Trident 不会重命名卷。

以下示例在 `ontap_nas` 后端导入 `unmanaged_volume`：

```
tridentctl import volume nas_blog unmanaged_volume -f <path-to-pvc-
file> --no-manage

+------------------------------------------+---------+---------------
+----------+------------------------------------------+--------+---------+
|                   NAME                   |  SIZE   | STORAGE CLASS |
PROTOCOL |             BACKEND UUID             | STATE  | MANAGED |
+------------------------------------------+---------+---------------
+----------+------------------------------------------+--------+---------+
| pvc-df07d542-afbc-11e9-8d9f-5254004dfdb7 | 1.0 GiB | standard      |
file     | c5a6f6a4-b052-423b-80d4-8fb491a14a22 | online | false   |
+------------------------------------------+---------+---------------
+----------+------------------------------------------+--------+---------+
```

使用 **PVC** 注释的 **ONTAP NAS** 示例

以下示例演示如何使用 PVC 注释导入托管和非托管卷。

托管卷

以下示例从后端 `81abcb27-ea63-49bb-b606-0a5315ac5f21`导入名为 `ontap_volume1`的 1GiB `ontap-nas` 卷，使用 PVC 注释设置了 RWO 访问模式：

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  name: <managed-imported-volume>
  namespace: <namespace>
  annotations:
    trident.netapp.io/importOriginalName: "ontap_volume1"
    trident.netapp.io/importBackendUUID: "81abcb27-ea63-49bb-b606-
0a5315ac5f21"
spec:
  accessModes:
    - ReadWriteOnce
  resources:
    requests:
      storage: 1Gi
  storageClassName: <storage-class-name>
```

非受管卷

以下示例使用 PVC 注释从后端 `34abcb27-ea63-49bb-b606-0a5315ac5f34`导入名为 `ontap-volume2`的 1Gi `ontap-nas` 卷，并设置 RWO 访问模式：

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  name: <umanaged-imported-volume>
  namespace: <namespace>
  annotations:
    trident.netapp.io/importOriginalName: "ontap-volume2"
    trident.netapp.io/importBackendUUID: "34abcb27-ea63-49bb-b606-
0a5315ac5f34"
    trident.netapp.io/notManaged: "true"
spec:
  accessModes:
    - ReadWriteOnce
  resources:
    requests:
      storage: 1Gi
  storageClassName: <storage-class-name>
```

ONTAP SAN

Trident 支持使用 `ontap-san`（iSCSI、NVMe/TCP 和 FC）和 `ontap-san-economy`驱动程序进行卷导入。

Trident 可以导入包含单个 LUN 的 ONTAP SAN FlexVol 卷。这与 `ontap-san`驱动程序一致，该驱动程序为每个 PVC 创建一个 FlexVol 卷，并在 FlexVol 卷中创建一个 LUN。Trident 导入 FlexVol 卷并将其与 PVC 定义相关联。Trident 可以导入包含多个 LUN 的 `ontap-san-economy`卷。

以下示例显示了如何导入托管卷和非托管卷：

托管卷

对于托管卷，Trident 会将 FlexVol 卷重命名为 `pvc-<uuid>` 格式，并将 FlexVol 卷中的 LUN 重命名为 `lun0`。

以下示例导入存在于 `ontap_san_default` 后端的 `ontap-san-managed` FlexVol volume：

```
tridentctl import volume ontapsan_san_default ontap-san-managed -f pvc-
basic-import.yaml -n trident -d

+----------------------------------------+--------+--------------
+----------+----------------------------------------+--------+---------+
|                   NAME                 |  SIZE  | STORAGE CLASS |
PROTOCOL |             BACKEND UUID             | STATE  | MANAGED |
+----------------------------------------+--------+--------------
+----------+----------------------------------------+--------+---------+
| pvc-d6ee4f54-4e40-4454-92fd-d00fc228d74a | 20 MiB | basic         |
block    | cd394786-ddd5-4470-adc3-10c5ce4ca757 | online | true    |
+----------------------------------------+--------+--------------
+----------+----------------------------------------+--------+---------+
```

非受管卷

以下示例在 `ontap_san` 后端导入 `unmanaged_example_volume`：

```
tridentctl import volume -n trident san_blog unmanaged_example_volume
-f pvc-import.yaml --no-manage
+----------------------------------------+---------+--------------
+----------+----------------------------------------+--------+---------+
|                   NAME                 |  SIZE   | STORAGE CLASS |
PROTOCOL |             BACKEND UUID             | STATE  | MANAGED |
+----------------------------------------+---------+--------------
+----------+----------------------------------------+--------+---------+
| pvc-1fc999c9-ce8c-459c-82e4-ed4380a4b228 | 1.0 GiB | san-blog      |
block    | e3275890-7d80-4af6-90cc-c7a0759f555a | online | false   |
+----------------------------------------+---------+--------------
+----------+----------------------------------------+--------+---------+
```

如果您的 LUN 映射到与 Kubernetes 节点 IQN 共享 IQN 的 igroup，如以下示例所示，您将收到错误： `LUN already mapped to initiator(s) in this group`。您需要删除启动器或取消映射 LUN 以导入卷。

```
Vserver   Igroup       Protocol OS Type  Initiators
--------- ------------ -------- -------- ------------------------------------
svm0      k8s-nodename.example.com-fe5d36f2-cded-4f38-9eb0-c7719fc2f9f3
                       iscsi    linux    iqn.1994-05.com.redhat:4c2e1cf35e0
svm0      unmanaged-example-igroup
                       mixed    linux    iqn.1994-05.com.redhat:4c2e1cf35e0
```

ONTAP SAN-economy 示例

以下示例演示如何为 `ontap-san-economy` 后端导入托管和非托管卷。

托管卷

当您导入托管卷时， Trident 将获得 FlexVol 的所有权并重命名它。当您从同一个 FlexVol 导入多个 LUN 时，您必须考虑此重命名。

以下示例将 `lun1`从FlexVol `toimport`导入为名为 `vol-managed-saneco`的受管卷：

```
tridentctl import volume vol-managed-saneco toimport/lun1 -f
import1.yaml
```

导入 `lun1`后，`Trident 将 FlexVol 重命名（例如，重命名为 `trident_lun_pool_xyz）。要从相同的 FlexVol 导入其他 LUN，请使用新的 FlexVol 名称：

```
tridentctl import volume vol-managed-saneco trident_lun_pool_xyz/lun2
-f import2.yaml
```

ontap-san-economy 后端一次导入一个 LUN。您可以使用脚本自动执行多个导入。

非受管卷

当您导入非托管卷时，Trident 不拥有 FlexVol。但是，FlexVol 和 LUN 必须遵循 Trident 命名约定。

FlexVol 命名格式

```
trident_lun_pool_STORAGEPREFIX_RANDOMSTRING
```

- `STORAGEPREFIX` 是后端配置中 `storagePrefix` 的值。默认值为 `trident`。
- `RANDOMSTRING` 是您选择的任何字符串。

LUN 命名要求

必须为 LUN 命名 `lun0`。

示例

如果您的 `storagePrefix`是 `xyz`，则 LUN 的完整路径为：

```
trident_lun_pool_xyz_randomstring/lun0
```

Element

Trident 支持 NetApp Element 软件和 NetApp HCI 卷导入，使用 `solidfire-san`驱动程序。

Element 驱动程序支持重复的卷名。但是，如果存在重复的卷名，Trident 返回错误。作为一种解决方法，请克隆该卷，提供唯一的卷名，然后导入克隆的卷。

以下示例将在后端 `element_default`导入 `element-managed`卷。

```
tridentctl import volume element_default element-managed -f pvc-basic-
import.yaml -n trident -d

+----------------------------------------+--------+--------------
+----------+----------------------------------------+--------+---------+
|                   NAME                 |  SIZE  | STORAGE CLASS |
PROTOCOL |             BACKEND UUID             | STATE  | MANAGED |
+----------------------------------------+--------+--------------
+----------+----------------------------------------+--------+---------+
| pvc-970ce1ca-2096-4ecd-8545-ac7edc24a8fe | 10 GiB | basic-element |
block    | d3ba047a-ea0b-43f9-9c42-e38e58301c49 | online | true    |
+----------------------------------------+--------+--------------
+----------+----------------------------------------+--------+---------+
```

Azure NetApp Files

Trident 支持使用 `azure-netapp-files`驱动程序进行卷导入。

> 若要导入 Azure NetApp Files 卷，请通过其卷路径识别卷。卷路径是卷的导出路径在 `:/`之后的部分。例如，如果装载路径为 `10.0.0.2:/importvol1`，则卷路径为 `importvol1`。

以下示例将在后端 `azurenetappfiles_40517`上导入一个 `azure-netapp-files`卷，卷路径为 `importvol1`。

```
tridentctl import volume azurenetappfiles_40517 importvol1 -f <path-to-
pvc-file> -n trident

+----------------------------------------+---------+--------------
+----------+----------------------------------------+--------+---------+
|                   NAME                 |  SIZE   | STORAGE CLASS |
PROTOCOL |             BACKEND UUID             | STATE  | MANAGED |
+----------------------------------------+---------+--------------
+----------+----------------------------------------+--------+---------+
| pvc-0ee95d60-fd5c-448d-b505-b72901b3a4ab | 100 GiB | anf-storage   |
file     | 1c01274f-d94b-44a3-98a3-04c953c9a51e | online | true    |
+----------------------------------------+---------+--------------
+----------+----------------------------------------+--------+---------+
```

Google Cloud NetApp Volumes

Trident 支持使用 `google-cloud-netapp-volumes`驱动程序进行卷导入。

以下示例在后端 `backend-tbc-gcnv1` 上导入卷 `testvoleasiaeast1`。

```
tridentctl import volume backend-tbc-gcnv1 "testvoleasiaeast1" -f < path-
to-pvc> -n trident

+------------------------------------------+---------
+----------------------+----------+--------------------------------------
+--------+---------+
|                   NAME                   |  SIZE   | STORAGE CLASS
| PROTOCOL |             BACKEND UUID             | STATE  | MANAGED |
+------------------------------------------+---------
+----------------------+----------+--------------------------------------
+--------+---------+
| pvc-a69cda19-218c-4ca9-a941-aea05dd13dc0 |  10 GiB | gcnv-nfs-sc-
identity | file     | 8c18cdf1-0770-4bc0-bcc5-c6295fe6d837 | online | true
|
+------------------------------------------+---------
+----------------------+----------+--------------------------------------
+--------+---------+
```

当两个卷位于同一区域时，以下示例导入 `google-cloud-netapp-volumes`卷：

```
tridentctl import volume backend-tbc-gcnv1
"projects/123456789100/locations/asia-east1-a/volumes/testvoleasiaeast1"
-f <path-to-pvc> -n trident

+------------------------------------------+---------
+----------------------+----------+--------------------------------------
+--------+---------+
|                   NAME                   |  SIZE   | STORAGE CLASS
| PROTOCOL |             BACKEND UUID             | STATE  | MANAGED |
+------------------------------------------+---------
+----------------------+----------+--------------------------------------
+--------+---------+
| pvc-a69cda19-218c-4ca9-a941-aea05dd13dc0 |  10 GiB | gcnv-nfs-sc-
identity | file     | 8c18cdf1-0770-4bc0-bcc5-c6295fe6d837 | online | true
|
+------------------------------------------+---------
+----------------------+----------+--------------------------------------
+--------+---------+
```

自定义卷名和标签

使用 Trident，您可以为创建的卷分配有意义的名称和标签。这有助于您识别卷并轻松映射到相应的 Kubernetes 资源 (PVC)。您还可以在后端级别定义模板，用于创建自定义卷名

和自定义标签；您创建、导入或克隆的任何卷都将遵守模板。

开始之前

可定制的卷名和标签支持：

- 卷创建、导入和克隆操作。
- 对于 `ontap-nas-economy` 驱动程序，只有 Qtree 卷的名称符合名称模板。
- 对于 `ontap-san-economy` 驱动程序，只有 LUN 名称符合名称模板。

限制

- 自定义卷名仅与 ONTAP 本地驱动程序兼容。
- 只有 `ontap-san`、 `ontap-nas` 和 `ontap-nas-flexgroup` 驱动程序才支持自定义标签。
- 自定义卷名称不适用于现有卷。

可定制卷名的关键行为

- 如果由于名称模板中的语法无效而发生故障，则后端创建将失败。但是，如果模板应用失败，将根据现有的命名约定命名卷。
- 当卷使用后端配置中的名称模板命名时，存储前缀不适用。任何所需的前缀值都可以直接添加到模板中。

使用名称模板和标签的后端配置示例

可以在根和/或池级别定义自定义名称模板。

根级别示例

```
{
  "version": 1,
  "storageDriverName": "ontap-nas",
  "backendName": "ontap-nfs-backend",
  "managementLIF": "<ip address>",
  "svm": "svm0",
  "username": "<admin>",
  "password": "<password>",
  "defaults": {
    "nameTemplate":
"{{.volume.Name}}_{{.labels.cluster}}_{{.volume.Namespace}}_{{.volume.Requ
estName}}"
  },
  "labels": {
    "cluster": "ClusterA",
    "PVC": "{{.volume.Namespace}}_{{.volume.RequestName}}"
  }
}
```

Pool 级别示例

```
{
  "version": 1,
  "storageDriverName": "ontap-nas",
  "backendName": "ontap-nfs-backend",
  "managementLIF": "<ip address>",
  "svm": "svm0",
  "username": "<admin>",
  "password": "<password>",
  "useREST": true,
  "storage": [
    {
      "labels": {
        "labelname": "label1",
        "name": "{{ .volume.Name }}"
      },
      "defaults": {
        "nameTemplate": "pool01_{{ .volume.Name }}_{{ .labels.cluster
}}_{{ .volume.Namespace }}_{{ .volume.RequestName }}"
      }
    },
    {
      "labels": {
        "cluster": "label2",
        "name": "{{ .volume.Name }}"
      },
      "defaults": {
        "nameTemplate": "pool02_{{ .volume.Name }}_{{ .labels.cluster
}}_{{ .volume.Namespace }}_{{ .volume.RequestName }}"
      }
    }
  ]
}
```

命名模板示例

示例 **1**：

```
"nameTemplate": "{{ .config.StoragePrefix }}_{{ .volume.Name }}_{{
.config.BackendName }}"
```

示例 **2**：

```
"nameTemplate": "pool_{{ .config.StoragePrefix }}_{{ .volume.Name }}_{{
slice .volume.RequestName 1 5 }}""
```

需要考虑的要点

1. 对于卷导入，仅当现有卷具有特定格式的标签时，才会更新标签。例如：`{"provisioning":{"Cluster":"ClusterA", "PVC": "pvcname"}}`。
2. 对于托管卷导入，卷名遵循后端定义中根级别定义的名称模板。
3. Trident 不支持使用带有存储前缀的切片操作符。
4. 如果模板没有产生唯一的卷名，Trident 将附加几个随机字符以创建唯一的卷名。
5. 如果 NAS 经济卷的自定义名称长度超过 64 个字符，Trident 将根据现有的命名约定命名卷。对于所有其他 ONTAP 驱动程序，如果卷名超过名称限制，则卷创建过程将失败。

跨命名空间共享 NFS 卷

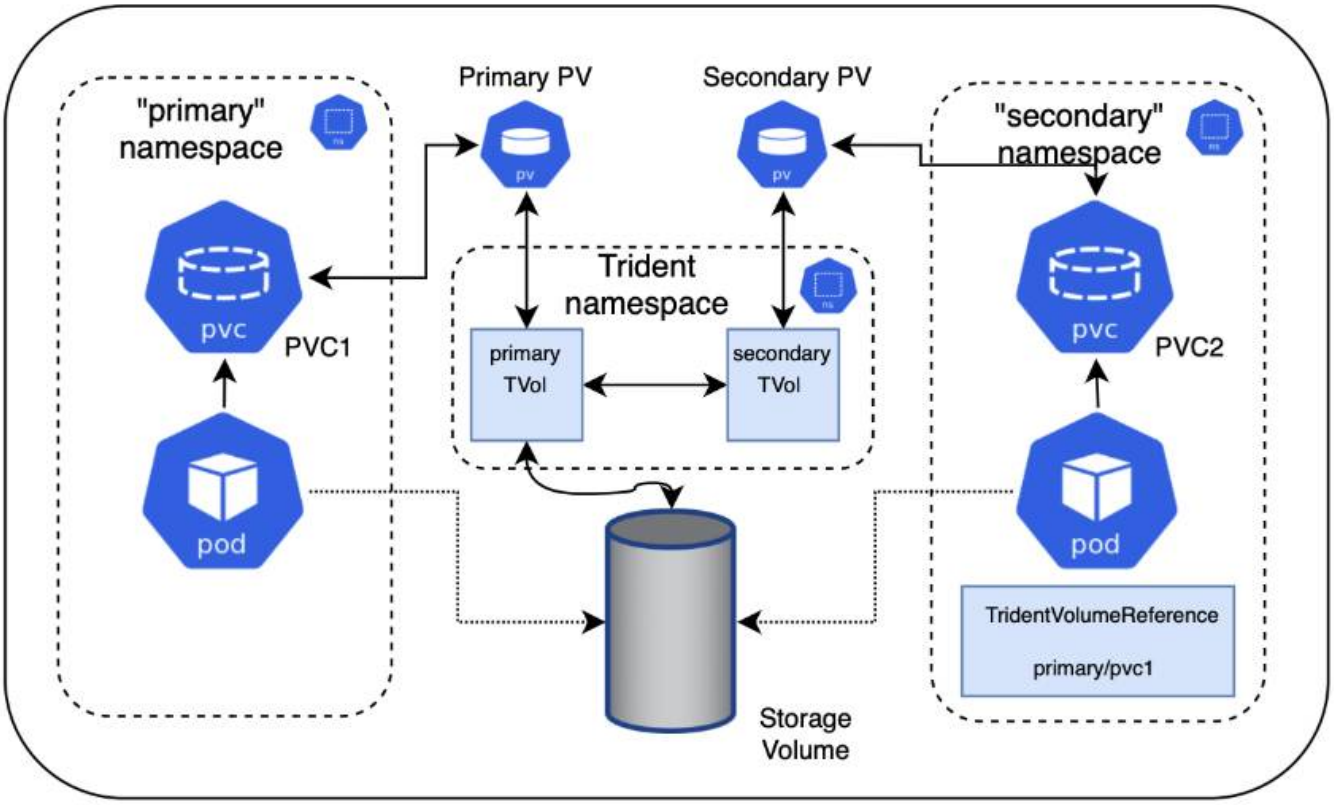
使用 Trident，您可以在主命名空间中创建卷，并在一个或多个辅助命名空间中共享它。

功能

TridentVolumeReference CR 允许您在一个或多个 Kubernetes 命名空间之间安全地共享 ReadWriteMany (RWX) NFS 卷。此 Kubernetes 原生解决方案具有以下优势：

- 多级访问控制，确保安全
- 适用于所有 Trident NFS 卷驱动程序
- 不依赖 tridentctl 或任何其他非本地 Kubernetes 功能

此图说明了两个 Kubernetes 命名空间之间的 NFS 卷共享。



快速入门

只需几个步骤即可设置 NFS 卷共享。

1 配置源 **PVC** 以共享卷

源命名空间所有者授予访问源 PVC 中的数据的权限。

2 授予在目标命名空间中创建 **CR** 的权限

群集管理员授予目标命名空间的所有者创建 TridentVolumeReference CR 的权限。

3 在目标命名空间中创建 **TridentVolumeReference**

目标命名空间的所有者创建 TridentVolumeReference CR 以引用源 PVC。

4 在目标命名空间中创建从属 **PVC**

目标命名空间的所有者创建从属 PVC 以使用来自源 PVC 的数据源。

配置源和目标命名空间

为了确保安全性，跨命名空间共享需要源命名空间所有者、集群管理员和目标命名空间所有者的协作和操作。在每个步骤中指定用户角色。

步骤

1. 源命名空间所有者： 在源命名空间中创建 PVC (`pvc1`)，通过使用 `shareToNamespace`注解，授予与目标命名空间 (`namespace2`)共享的权限。

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  name: pvc1
  namespace: namespace1
  annotations:
    trident.netapp.io/shareToNamespace: namespace2
spec:
  accessModes:
    - ReadWriteMany
  storageClassName: trident-csi
  resources:
    requests:
      storage: 100Gi
```

Trident 创建 PV 及其后端 NFS 存储卷。

- 您可以使用逗号分隔的列表将 PVC 共享到多个命名空间。例如，`trident.netapp.io/shareToNamespace: namespace2,namespace3,namespace4`。
- 您可以使用 `*` 共享到所有命名空间。例如，`trident.netapp.io/shareToNamespace: *`
- 您可以随时更新 PVC 以包含 `shareToNamespace`注释。

2. *集群管理员：*确保已设置正确的 RBAC，以授予目标命名空间所有者在目标命名空间中创建 TridentVolumeReference CR 的权限。
3. 目标命名空间所有者： 在目标命名空间中创建引用源命名空间的 TridentVolumeReference CR `pvc1`。

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentVolumeReference
metadata:
  name: my-first-tvr
  namespace: namespace2
spec:
  pvcName: pvc1
  pvcNamespace: namespace1
```

4. 目标命名空间所有者： 在目标命名空间 (`namespace2`) 中创建一个 PVC (`pvc2`)，并使用 `shareFromPVC` 注解来指定源 PVC。

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  annotations:
    trident.netapp.io/shareFromPVC: namespace1/pvc1
  name: pvc2
  namespace: namespace2
spec:
  accessModes:
    - ReadWriteMany
  storageClassName: trident-csi
  resources:
    requests:
      storage: 100Gi
```

目标 PVC 的大小必须小于或等于源 PVC。

结果

Trident 读取目标 PVC 上的 `shareFromPVC`注释，并将目标 PV 创建为没有自己的存储资源的从属卷，该卷指向源 PV 并共享源 PV 存储资源。目标 PVC 和 PV 显示为正常绑定。

删除共享卷

您可以删除跨多个命名空间共享的卷。Trident 将删除对源命名空间上卷的访问权限，并保留对共享该卷的其他命名空间的访问权限。当引用该卷的所有命名空间都被删除时，Trident 会删除该卷。

使用 `tridentctl get` 查询从属卷

使用该[`tridentctl`实用程序，您可以运行该 `get`命令来获取从属卷。有关详细信息，请参见 `tridentctl` 命令和选项。

```
Usage:
  tridentctl get [option]
```

标记：

- `-h, --help`: 卷的帮助。
- `--parentOfSubordinate string`: 将查询限制为从属源卷。
- `--subordinateOf string`: 将查询限制为卷的下属。

限制

- Trident 无法阻止目标命名空间写入共享卷。您应该使用文件锁定或其他进程来防止覆盖共享卷数据。

- 您不能通过删除 `shareToNamespace`或 `shareFromNamespace`注释或删除 `TridentVolumeReference` CR 来撤销对源 PVC 的访问权限。要撤销访问权限，您必须删除从属 PVC。
- 无法在从属卷上执行快照、克隆和镜像。

了解更多信息

要了解有关跨命名空间卷访问的更多信息：

- 观看 "NetAppTV" 上的演示。

跨命名空间克隆卷

使用 Trident，您可以使用来自同一 Kubernetes 集群内不同命名空间的现有卷或卷快照创建新卷。

前提条件

在克隆卷之前，请确保源和目标后端的类型相同并且具有相同的存储类。

只有 `ontap-san` 和 `ontap-nas` 存储驱动程序才支持跨命名空间克隆。不支持只读克隆。

快速入门

只需几步即可设置卷克隆。

1. 配置源 **PVC** 以克隆卷

源命名空间所有者授予访问源 PVC 中的数据的权限。

2. 授予在目标命名空间中创建 **CR** 的权限

群集管理员授予目标命名空间的所有者创建 TridentVolumeReference CR 的权限。

3. 在目标命名空间中创建 **TridentVolumeReference**

目标命名空间的所有者创建 TridentVolumeReference CR 以引用源 PVC。

4. 在目标命名空间中创建克隆 **PVC**

目标命名空间的所有者创建 PVC 以从源命名空间克隆 PVC。

配置源和目标命名空间

为确保安全性，跨命名空间克隆卷需要源命名空间所有者、集群管理员和目标命名空间所有者的协作和操作。在

每个步骤中指定用户角色。

步骤

1. 源命名空间所有者： 在源命名空间(`namespace1`)中创建 PVC (`pvc1`)，通过使用 `cloneToNamespace`注解，授予与目标命名空间(`namespace2`)共享的权限。

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  name: pvc1
  namespace: namespace1
  annotations:
    trident.netapp.io/cloneToNamespace: namespace2
spec:
  accessModes:
    - ReadWriteMany
  storageClassName: trident-csi
  resources:
    requests:
      storage: 100Gi
```

Trident 创建 PV 及其后端存储卷。

- 您可以使用逗号分隔的列表将 PVC 共享到多个命名空间。例如，`trident.netapp.io/cloneToNamespace: namespace2,namespace3,namespace4`。
- 您可以使用 `*` 共享到所有命名空间。例如，`trident.netapp.io/cloneToNamespace: *`
- 您可以随时更新 PVC 以包含 `cloneToNamespace`注释。

2. 集群管理员： 确保已设置正确的 RBAC，以授予目标命名空间所有者在目标命名空间中创建 TridentVolumeReference CR 的权限(`namespace2`）。
3. 目标命名空间所有者： 在目标命名空间中创建引用源命名空间的 TridentVolumeReference CR `pvc1`。

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentVolumeReference
metadata:
  name: my-first-tvr
  namespace: namespace2
spec:
  pvcName: pvc1
  pvcNamespace: namespace1
```

4. 目标命名空间所有者： 在目标命名空间 (`namespace2`) 中创建一个 PVC (`pvc2`)，使用 `cloneFromPVC` 或

cloneFromSnapshot，以及 cloneFromNamespace 注解来指定源 PVC。

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  annotations:
    trident.netapp.io/cloneFromPVC: pvc1
    trident.netapp.io/cloneFromNamespace: namespace1
  name: pvc2
  namespace: namespace2
spec:
  accessModes:
    - ReadWriteMany
  storageClassName: trident-csi
  resources:
    requests:
      storage: 100Gi
```

限制

- 对于使用 ontap-nas-economy 驱动程序配置的 PVC，不支持只读克隆。

使用 SnapMirror 复制卷

Trident 支持一个集群上的源卷与对等集群上的目标卷之间的镜像关系，用于复制数据以进行灾难恢复。 您可以使用命名空间的自定义资源定义 (CRD)，称为 Trident Mirror Relationship (TMR) 来执行以下操作：

- 创建卷 (PVC) 之间的镜像关系
- 删除卷之间的镜像关系
- 中断镜像关系
- 在灾难情况（故障转移）期间提升辅助卷
- 执行应用程序从集群到集群的无损转换（在计划的故障转移或迁移期间）

复制先决条件

在开始之前，请确保满足以下先决条件：

ONTAP 集群

- **Trident**：Trident 版本 22.10 或更高版本必须存在于使用 ONTAP 作为后端的源和目标 Kubernetes 集群上。
- 许可证：必须在源和目标 ONTAP 集群上启用使用数据保护捆绑包的 ONTAP SnapMirror 异步许可证。请参阅 "ONTAP 中的 SnapMirror 许可概述"以获取更多信息。

从 ONTAP 9.10.1 开始，所有许可证都以 NetApp 许可证文件 (NLF) 的形式交付，该文件是启用多个功能的单个文件。有关详细信息，请参见 "ONTAP One 附带的许可证"。

> 仅支持 SnapMirror 异步保护。

对等

- 集群和 **SVM**：必须对等 ONTAP 存储后端。请参阅 "集群和 SVM 对等概述"以获取更多信息。

> 确保在两个 ONTAP 集群之间的复制关系中使用的 SVM 名称是唯一的。

- **Trident** 和 **SVM**：对等远程 SVM 必须可用于目标集群上的 Trident。

支持的驱动程序

NetApp Trident 支持使用由以下驱动程序支持的存储类的 NetApp SnapMirror 技术进行卷复制： **`ontap-nas`: NFS** `ontap-san`: iSCSI **`ontap-san`: FC** `ontap-san`: NVMe/TCP（需要最低 ONTAP 版本 9.15.1）

> ASA r2 系统不支持使用 SnapMirror 进行卷复制。有关 ASA r2 系统的信息，请参见 "了解 ASA r2 存储系统"。

创建镜像 PVC

按照以下步骤并使用 CRD 示例在主卷和二级卷之间创建镜像关系。

步骤

1. 在主 Kubernetes 集群上执行以下步骤：
   a. 使用 `trident.netapp.io/replication: true` 参数创建 StorageClass 对象。

      示例

      ```
      apiVersion: storage.k8s.io/v1
      kind: StorageClass
      metadata:
        name: csi-nas
      provisioner: csi.trident.netapp.io
      parameters:
        backendType: "ontap-nas"
        fsType: "nfs"
        trident.netapp.io/replication: "true"
      ```

   b. 使用先前创建的 StorageClass 创建 PVC。

示例

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  name: csi-nas
spec:
  accessModes:
  - ReadWriteMany
  resources:
    requests:
      storage: 1Gi
  storageClassName: csi-nas
```

c. 使用本地信息创建 MirrorRelationship CR。

示例

```
kind: TridentMirrorRelationship
apiVersion: trident.netapp.io/v1
metadata:
  name: csi-nas
spec:
  state: promoted
  volumeMappings:
  - localPVCName: csi-nas
```

Trident 获取卷的内部信息和卷的当前数据保护 (DP) 状态，然后填充 MirrorRelationship 的 status 字段。

d. 获取 TridentMirrorRelationship CR 以获取 PVC 的内部名称和 SVM。

```
kubectl get tmr csi-nas
```

```
kind: TridentMirrorRelationship
apiVersion: trident.netapp.io/v1
metadata:
  name: csi-nas
  generation: 1
spec:
  state: promoted
  volumeMappings:
  - localPVCName: csi-nas
status:
  conditions:
  - state: promoted
    localVolumeHandle:
"datavserver:trident_pvc_3bedd23c_46a8_4384_b12b_3c38b313c1e1"
    localPVCName: csi-nas
    observedGeneration: 1
```

2. 请在辅助 Kubernetes 集群上执行以下步骤：

   a. 使用 trident.netapp.io/replication: true 参数创建 StorageClass。

   示例

```
apiVersion: storage.k8s.io/v1
kind: StorageClass
metadata:
  name: csi-nas
provisioner: csi.trident.netapp.io
parameters:
  trident.netapp.io/replication: true
```

   b. 创建包含目标和源信息的 MirrorRelationship CR。

   示例

```
kind: TridentMirrorRelationship
apiVersion: trident.netapp.io/v1
metadata:
  name: csi-nas
spec:
  state: established
  volumeMappings:
  - localPVCName: csi-nas
    remoteVolumeHandle:
"datavserver:trident_pvc_3bedd23c_46a8_4384_b12b_3c38b313c1e1"
```

Trident 将创建一个具有已配置关系策略名称（或 ONTAP 默认值）的 SnapMirror 关系并对其进行初始化。

c. 使用先前创建的 StorageClass 创建 PVC 以充当辅助（SnapMirror 目标）。

示例

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  name: csi-nas
  annotations:
    trident.netapp.io/mirrorRelationship: csi-nas
spec:
  accessModes:
  - ReadWriteMany
resources:
  requests:
    storage: 1Gi
storageClassName: csi-nas
```

Trident 将检查 TridentMirrorRelationship CRD，如果关系不存在，则无法创建卷。如果存在此关系，Trident 将确保将新 FlexVol 卷放置到与 MirrorRelationship 中定义的远程 SVM 对等的 SVM 上。

卷复制状态

Trident 镜像关系（TMR）是表示 PVC 之间复制关系的一端的 CRD。目标 TMR 有一个状态，它告诉 Trident 所需的状态是什么。目标 TMR 具有以下状态：

- **Established**：本地 PVC 是镜像关系的目标卷，这是一种新的关系。
- **Promoted**：本地 PVC 是 ReadWrite 且可挂载的，目前没有镜像关系生效。
- 已重新建立：本地 PVC 是镜像关系的目标卷，此前也处于该镜像关系中。
  - 如果目标卷与源卷之间曾经存在关系，则必须使用重新建立的状态，因为它会覆盖目标卷的内容。
  - 如果卷以前未与源建立关系，则重新建立状态将失败。

在计划外故障转移期间提升辅助 PVC

在辅助 Kubernetes 集群上执行以下步骤：

- 将 TridentMirrorRelationship 的 *spec.state* 字段更新为 `promoted`。

在计划的故障转移期间推广辅助 PVC

在计划的故障转移（迁移）期间，请执行以下步骤来升级辅助 PVC：

步骤

1. 在主 Kubernetes 集群上，创建 PVC 的快照，并等待创建快照。
2. 在主 Kubernetes 集群上，创建 SnapshotInfo CR 以获取内部详细信息。

   示例

```
kind: SnapshotInfo
apiVersion: trident.netapp.io/v1
metadata:
  name: csi-nas
spec:
  snapshot-name: csi-nas-snapshot
```

3. 在辅助 Kubernetes 集群上，将 *TridentMirrorRelationship* CR 的 *spec.state* 字段更新为 *promoted*，将 *spec.promotedSnapshotHandle* 更新为快照的 internalName。
4. 在辅助 Kubernetes 集群上，确认 TridentMirrorRelationship 的状态（status.state 字段）为 promoted。

故障转移后恢复镜像关系

在恢复镜像关系之前，请选择要作为新主要关系的一侧。

步骤

1. 在辅助 Kubernetes 集群上，请确保更新了 TridentMirrorRelationship 上的 *spec.remoteVolumeHandle* 字段的值。
2. 在辅助 Kubernetes 集群上，将 TridentMirrorRelationship 的 *spec.mirror* 字段更新为 `reestablished`。

其他操作

Trident 支持主卷和二级卷上的以下操作：

将主要 **PVC** 复制到新的次要 **PVC**

请确保已有一个主要 PVC 和一个次要 PVC。

步骤

1. 从已建立的辅助（目标）集群中删除 PersistentVolumeClaim 和 TridentMirrorRelationship CRD。
2. 从主（源）集群中删除 TridentMirrorRelationship CRD。
3. 在要建立的新辅助（目标） PVC 的主（源）集群上创建新的 TridentMirrorRelationship CRD。

调整镜像、主 **PVC** 或辅助 **PVC** 的大小

PVC 可以正常调整大小，如果数据量超过当前大小，ONTAP 将自动扩展任何目标 flexvols。

从 **PVC** 中删除复制

要删除复制，请在当前辅助卷上执行以下操作之一：

- 删除辅助 PVC 上的 MirrorRelationship。这会破坏复制关系。
- 或者，将 spec.state 字段更新为 *promoted*。

删除 **PVC**（先前已镜像）

Trident 检查复制的 PVC，并在尝试删除卷之前释放复制关系。

删除 **TMR**

删除镜像关系一侧的 TMR 会导致剩余的 TMR 在 Trident 完成删除之前过渡到 *promoted* 状态。如果选择删除的 TMR 已经处于 *promoted* 状态，则不存在现有的镜像关系，TMR 将被删除，Trident 会将本地 PVC 提升为 *ReadWrite*。此删除将释放 ONTAP 中本地卷的 SnapMirror 元数据。如果将来在镜像关系中使用此卷，则在创建新的镜像关系时，必须使用具有 *established* 卷复制状态的新 TMR。

ONTAP 联机时更新镜像关系

镜像关系建立后可以随时更新。您可以使用 `state: promoted`或 `state: reestablished`字段更新关系。将目标卷升级到常规 ReadWrite 卷时，您可以使用 *promotedSnapshotHandle* 指定要将当前卷还原到的特定快照。

ONTAP 离线时更新镜像关系

您可以使用 CRD 执行 SnapMirror 更新，而无需 Trident 直接连接到 ONTAP 集群。请参阅以下 TridentActionMirrorUpdate 格式示例：

示例

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentActionMirrorUpdate
metadata:
  name: update-mirror-b
spec:
  snapshotHandle: "pvc-1234/snapshot-1234"
  tridentMirrorRelationshipName: mirror-b
```

`status.state` 反映了 TridentActionMirrorUpdate CRD 的状态。它可以取自 *Succeeded*、*In Progress* 或 *Failed* 的值。

使用 CSI 拓扑

Trident 可以通过使用 "CSI 拓扑功能"选择性地创建卷并将其附加到 Kubernetes 集群中的节点。

概述

使用 CSI 拓扑功能，可以根据区域和可用性区域将对卷的访问限制为节点的子集。如今，云提供商使 Kubernetes 管理员能够生成基于区域的节点。节点可以位于一个区域内的不同可用区，也可以位于不同的区域。为了便于在多区域架构中为工作负载配置卷，Trident 使用了 CSI 拓扑。

详细了解 CSI Topology 功能 "此处"。

Kubernetes 提供两种独特的卷绑定模式：

- 当 `VolumeBindingMode`设置为 `Immediate`时，`Trident` 会在没有任何拓扑感知的情况下创建卷。创建 `PVC` 时会处理卷绑定和动态配置。这是默认 `VolumeBindingMode`，适用于不强制执行拓扑约束的集群。创建持久卷时不依赖于请求 Pod 的调度要求。
- 将 `VolumeBindingMode` 设置为 `WaitForFirstConsumer` 时，PVC 的 Persistent Volume 的创建和绑定会被延迟，直到使用该 PVC 的 pod 被调度和创建。通过这种方式，创建的卷可以满足拓扑要求所实施的调度约束。

The `WaitForFirstConsumer` 绑定模式不需要拓扑标签。这可以独立于 CSI 拓扑功能使用。

您需要什么

要使用 CSI 拓扑，您需要以下内容：

- 运行 "支持的 Kubernetes 版本" 的 Kubernetes 集群

```
kubectl version
Client Version: version.Info{Major:"1", Minor:"19",
GitVersion:"v1.19.3",
GitCommit:"1e11e4a2108024935ecfcb2912226cedeafd99df",
GitTreeState:"clean", BuildDate:"2020-10-14T12:50:19Z",
GoVersion:"go1.15.2", Compiler:"gc", Platform:"linux/amd64"}
Server Version: version.Info{Major:"1", Minor:"19",
GitVersion:"v1.19.3",
GitCommit:"1e11e4a2108024935ecfcb2912226cedeafd99df",
GitTreeState:"clean", BuildDate:"2020-10-14T12:41:49Z",
GoVersion:"go1.15.2", Compiler:"gc", Platform:"linux/amd64"}
```

- 集群中的节点应具有引入拓扑感知(`topology.kubernetes.io/region`和 `topology.kubernetes.io/zone`)的标签。在安装 Trident 之前，这些标签*应该存在于集群中的节点上*，以便 Trident 具有拓扑感知能力。

```
kubectl get nodes -o=jsonpath='{range .items[*]}[{.metadata.name},
{.metadata.labels}]{"\n"}{end}' | grep --color "topology.kubernetes.io"
[node1,
{"beta.kubernetes.io/arch":"amd64","beta.kubernetes.io/os":"linux","kube
rnetes.io/arch":"amd64","kubernetes.io/hostname":"node1","kubernetes.io/
os":"linux","node-
role.kubernetes.io/master":"","topology.kubernetes.io/region":"us-
east1","topology.kubernetes.io/zone":"us-east1-a"}]
[node2,
{"beta.kubernetes.io/arch":"amd64","beta.kubernetes.io/os":"linux","kube
rnetes.io/arch":"amd64","kubernetes.io/hostname":"node2","kubernetes.io/
os":"linux","node-
role.kubernetes.io/worker":"","topology.kubernetes.io/region":"us-
east1","topology.kubernetes.io/zone":"us-east1-b"}]
[node3,
{"beta.kubernetes.io/arch":"amd64","beta.kubernetes.io/os":"linux","kube
rnetes.io/arch":"amd64","kubernetes.io/hostname":"node3","kubernetes.io/
os":"linux","node-
role.kubernetes.io/worker":"","topology.kubernetes.io/region":"us-
east1","topology.kubernetes.io/zone":"us-east1-c"}]
```

步骤 1：创建可感知拓扑的后端

Trident 存储后端可以设计为基于可用性区域有选择地配置卷。每个后端都可以携带一个可选 `supportedTopologies`块，该块表示受支持的区域和地区列表。对于使用此类后端的 StorageClasses，只有在支持的地区/区域中调度的应用程序请求时，才会创建卷。

以下是后端定义示例：

YAML

```yaml
---
version: 1
storageDriverName: ontap-san
backendName: san-backend-us-east1
managementLIF: 192.168.27.5
svm: iscsi_svm
username: admin
password: password
supportedTopologies:
  - topology.kubernetes.io/region: us-east1
    topology.kubernetes.io/zone: us-east1-a
  - topology.kubernetes.io/region: us-east1
    topology.kubernetes.io/zone: us-east1-b
```

JSON

```json
{
  "version": 1,
  "storageDriverName": "ontap-san",
  "backendName": "san-backend-us-east1",
  "managementLIF": "192.168.27.5",
  "svm": "iscsi_svm",
  "username": "admin",
  "password": "password",
  "supportedTopologies": [
    {
      "topology.kubernetes.io/region": "us-east1",
      "topology.kubernetes.io/zone": "us-east1-a"
    },
    {
      "topology.kubernetes.io/region": "us-east1",
      "topology.kubernetes.io/zone": "us-east1-b"
    }
  ]
}
```

`supportedTopologies` 用于为每个后端提供区域和可用区的列表。这些区域和可用区表示可以在 StorageClass 中提供的允许值列表。对于包含后端提供的区域和可用区子集的 StorageClasses，Trident 会在后端上创建卷。

您也可以为每个存储池定义 `supportedTopologies`。请参见以下示例：

```
---
version: 1
storageDriverName: ontap-nas
backendName: nas-backend-us-central1
managementLIF: 172.16.238.5
svm: nfs_svm
username: admin
password: password
supportedTopologies:
  - topology.kubernetes.io/region: us-central1
    topology.kubernetes.io/zone: us-central1-a
  - topology.kubernetes.io/region: us-central1
    topology.kubernetes.io/zone: us-central1-b
storage:
  - labels:
      workload: production
    supportedTopologies:
      - topology.kubernetes.io/region: us-central1
        topology.kubernetes.io/zone: us-central1-a
  - labels:
      workload: dev
    supportedTopologies:
      - topology.kubernetes.io/region: us-central1
        topology.kubernetes.io/zone: us-central1-b
```

在此示例中， `region` 和 `zone` 标签代表存储池的位置。 `topology.kubernetes.io/region` 和 `topology.kubernetes.io/zone` 指示可以从哪里使用存储池。

步骤 2：定义拓扑感知的 StorageClasses

根据提供给集群中节点的拓扑标签，StorageClasses 可以定义为包含拓扑信息。这将确定用作 PVC 请求候选项的存储池，以及可以使用 Trident 配置的卷的节点子集。

请参见以下示例：

```
apiVersion: storage.k8s.io/v1
kind: StorageClass
metadata:
  name: netapp-san-us-east1
provisioner: csi.trident.netapp.io
volumeBindingMode: WaitForFirstConsumer
allowedTopologies:
  - matchLabelExpressions:
    - key: topology.kubernetes.io/zone
      values:
        - us-east1-a
        - us-east1-b
    - key: topology.kubernetes.io/region
      values:
        - us-east1
parameters:
  fsType: ext4
```

在上面提供的 StorageClass 定义中， `volumeBindingMode` 设置为 `WaitForFirstConsumer`。使用此 StorageClass 请求的 PVC 在 pod 中引用之前不会被执行。并且， `allowedTopologies` 提供要使用的区域和地区。 `netapp-san-us-east1` StorageClass 在上面定义的 `san-backend-us-east1` 后端上创建 PVC。

步骤 3：创建和使用 PVC

创建 StorageClass 并将其映射到后端后，您现在可以创建 PVC。

请参见以下示例 `spec`：

```
---
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata: null
name: pvc-san
spec: null
accessModes:
  - ReadWriteOnce
resources:
  requests:
    storage: 300Mi
storageClassName: netapp-san-us-east1
```

使用此清单创建 PVC 将导致以下结果：

```
kubectl create -f pvc.yaml
persistentvolumeclaim/pvc-san created
kubectl get pvc
NAME      STATUS    VOLUME   CAPACITY   ACCESS MODES   STORAGECLASS
AGE
pvc-san   Pending                                      netapp-san-us-east1
2s
kubectl describe pvc
Name:          pvc-san
Namespace:     default
StorageClass:  netapp-san-us-east1
Status:        Pending
Volume:
Labels:        <none>
Annotations:   <none>
Finalizers:    [kubernetes.io/pvc-protection]
Capacity:
Access Modes:
VolumeMode:    Filesystem
Mounted By:    <none>
Events:
  Type    Reason                Age   From                         Message
  ----    ------                ----  ----                         -------
  Normal  WaitForFirstConsumer  6s    persistentvolume-controller  waiting
for first consumer to be created before binding
```

要使 Trident 创建卷并将其绑定到 PVC，请在 Pod 中使用 PVC。请参见以下示例：

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: app-pod-1
spec:
  affinity:
    nodeAffinity:
      requiredDuringSchedulingIgnoredDuringExecution:
        nodeSelectorTerms:
        - matchExpressions:
          - key: topology.kubernetes.io/region
            operator: In
            values:
            - us-east1
      preferredDuringSchedulingIgnoredDuringExecution:
      - weight: 1
        preference:
          matchExpressions:
          - key: topology.kubernetes.io/zone
            operator: In
            values:
            - us-east1-a
            - us-east1-b
  securityContext:
    runAsUser: 1000
    runAsGroup: 3000
    fsGroup: 2000
  volumes:
  - name: vol1
    persistentVolumeClaim:
      claimName: pvc-san
  containers:
  - name: sec-ctx-demo
    image: busybox
    command: [ "sh", "-c", "sleep 1h" ]
    volumeMounts:
    - name: vol1
      mountPath: /data/demo
    securityContext:
      allowPrivilegeEscalation: false
```

这个 podSpec 指示 Kubernetes 在 `us-east1` 区域中的节点上调度 pod，并从 `us-east1-a` 或 `us-east1-b` 可用区中的任何节点中进行选择。

请参阅以下输出：

```
kubectl get pods -o wide
NAME         READY    STATUS     RESTARTS    AGE    IP                NODE
NOMINATED NODE   READINESS GATES
app-pod-1    1/1      Running    0           19s    192.168.25.131    node2
<none>           <none>
kubectl get pvc -o wide
NAME       STATUS   VOLUME                                      CAPACITY
ACCESS MODES   STORAGECLASS          AGE    VOLUMEMODE
pvc-san    Bound    pvc-ecb1e1a0-840c-463b-8b65-b3d033e2e62b    300Mi
RWO            netapp-san-us-east1   48s    Filesystem
```

更新后端以包括 supportedTopologies

可以更新预先存在的后端，以包含 `supportedTopologies`使用 `tridentctl backend update`的列表。这不会影响已配置的卷，仅用于后续 PVC。

查找更多信息

- "管理容器的资源"
- "nodeSelector"
- "亲和性和反亲和性"
- "污点和容忍"

使用快照

持久卷 (PV) 的 Kubernetes 卷快照支持卷的时间点副本。您可以创建使用 Trident 创建的卷的快照，导入在 Trident 外部创建的快照，从现有快照创建新卷，并从快照中恢复卷数据。

概述

`ontap-nas`、 `ontap-nas-flexgroup`、 `ontap-san`、 `ontap-san-economy`、 `solidfire-san`、 `azure-netapp-files` 和 `google-cloud-netapp-volumes` 驱动程序支持卷快照。

开始之前

必须具有外部快照控制器和自定义资源定义 (CRD) 才能使用快照。这是 Kubernetes 编排器的职责（例如：Kubeadm、GKE、OpenShift）。

如果您的 Kubernetes 发行版不包括快照控制器和 CRD，请参阅 [部署卷快照控制器]。

如果在 GKE 环境中创建按需卷快照，请勿创建快照控制器。GKE 使用内置的隐藏快照控制器。

创建卷快照

步骤

1. 创建一个 `VolumeSnapshotClass`。有关详细信息，请参见 "VolumeSnapshotClass"。
   - `driver` 指向 Trident CSI 驱动程序。
   - `deletionPolicy` 可以为 `Delete`或 `Retain`。当设置为 `Retain`时，即使删除 `VolumeSnapshot` 对象，也会保留存储集群上的底层物理快照。

   示例

   ```
   cat snap-sc.yaml
   ```

   ```
   apiVersion: snapshot.storage.k8s.io/v1
   kind: VolumeSnapshotClass
   metadata:
     name: csi-snapclass
   driver: csi.trident.netapp.io
   deletionPolicy: Delete
   ```

2. 创建现有 PVC 的快照。

   示例

   - 此示例创建现有 PVC 的快照。

   ```
   cat snap.yaml
   ```

   ```
   apiVersion: snapshot.storage.k8s.io/v1
   kind: VolumeSnapshot
   metadata:
     name: pvc1-snap
   spec:
     volumeSnapshotClassName: csi-snapclass
     source:
       persistentVolumeClaimName: pvc1
   ```

   - 此示例为名为 `pvc1`的 `PVC` 创建卷快照对象，快照的名称设置为 `pvc1-snap`。VolumeSnapshot 类似于 PVC，并与表示实际快照的 `VolumeSnapshotContent`对象相关联。

```
kubectl create -f snap.yaml
volumesnapshot.snapshot.storage.k8s.io/pvc1-snap created

kubectl get volumesnapshots
NAME                    AGE
pvc1-snap               50s
```

- 您可以通过描述 `VolumeSnapshotContent`对象来识别 `pvc1-snap` VolumeSnapshot。`Snapshot Content Name`标识为此快照提供服务的 VolumeSnapshotContent 对象。 `Ready To Use`参数表示快照可用于创建新的 PVC。

```
kubectl describe volumesnapshots pvc1-snap
Name:         pvc1-snap
Namespace:    default
...
Spec:
  Snapshot Class Name:    pvc1-snap
  Snapshot Content Name:  snapcontent-e8d8a0ca-9826-11e9-9807-
525400f3f660
  Source:
    API Group:
    Kind:       PersistentVolumeClaim
    Name:       pvc1
Status:
  Creation Time:  2019-06-26T15:27:29Z
  Ready To Use:   true
  Restore Size:   3Gi
...
```

从卷快照创建 PVC

您可以使用 `dataSource`创建 PVC，使用名为 `<pvc-name>`的 VolumeSnapshot 作为数据源。创建 PVC 后，它可以连接到 pod 并像任何其他 PVC 一样使用。

> PVC 将在与源卷相同的后端创建。请参见 "KB：无法在备用后端从 Trident PVC 快照创建 PVC"。

以下示例使用 `pvc1-snap` 作为数据源创建 PVC。

```
cat pvc-from-snap.yaml
```

```
apiVersion: v1
kind: PersistentVolumeClaim
metadata:
  name: pvc-from-snap
spec:
  accessModes:
    - ReadWriteOnce
  storageClassName: golden
  resources:
    requests:
      storage: 3Gi
  dataSource:
    name: pvc1-snap
    kind: VolumeSnapshot
    apiGroup: snapshot.storage.k8s.io
```

导入卷快照

Trident 支持 "Kubernetes 预置 Snapshot 流程" 使集群管理员能够创建 `VolumeSnapshotContent` 对象并导入在 Trident 外部创建的快照。

开始之前

Trident 必须已创建或导入快照的父卷。

步骤

1. 集群管理员： 创建引用后端快照的 `VolumeSnapshotContent` 对象。这将启动 Trident 中的快照工作流。
   - 将 `annotations` 中的后端快照的名称指定为 `trident.netapp.io/internalSnapshotName: <"backend-snapshot-name">`。
   - 在 `<name-of-parent-volume-in-trident>/<volume-snapshot-content-name>` 中指定 `snapshotHandle`。这是外部快照程序在 `ListSnapshots` 调用中提供给 Trident 的唯一信息。

     由于 CR 命名限制， `<volumeSnapshotContentName>` 无法始终匹配后端快照名称。

     示例

     以下示例创建一个 `VolumeSnapshotContent` 对象，该对象引用后端快照 `snap-01`。

```
apiVersion: snapshot.storage.k8s.io/v1
kind: VolumeSnapshotContent
metadata:
  name: import-snap-content
  annotations:
    trident.netapp.io/internalSnapshotName: "snap-01"  # This is the
name of the snapshot on the backend
spec:
  deletionPolicy: Retain
  driver: csi.trident.netapp.io
  source:
    snapshotHandle: pvc-f71223b5-23b9-4235-bbfe-e269ac7b84b0/import-
snap-content # <import PV name or source PV name>/<volume-snapshot-
content-name>
  volumeSnapshotRef:
    name: import-snap
    namespace: default
```

2. 集群管理员： 创建引用 VolumeSnapshot`对象的 `VolumeSnapshotContent CR。这将请求在指定命名空间中使用 `VolumeSnapshot`的访问权限。

   示例

   以下示例创建了一个 VolumeSnapshot`名为 `import-snap`的 CR，并引用了名为 `import-snap-content`的 `VolumeSnapshotContent。

```
apiVersion: snapshot.storage.k8s.io/v1
kind: VolumeSnapshot
metadata:
  name: import-snap
spec:
  # volumeSnapshotClassName: csi-snapclass (not required for pre-
provisioned or imported snapshots)
  source:
    volumeSnapshotContentName: import-snap-content
```

3. 内部处理（无需执行任何操作）： 外部快照器识别新创建的 VolumeSnapshotContent`并运行 `ListSnapshots`调用。Trident 创建 `TridentSnapshot。
   - 外部快照器将 VolumeSnapshotContent 设置为 readyToUse，将 VolumeSnapshot 设置为 true。
   - Trident 返回 readyToUse=true。
4. 任何用户： 创建 PersistentVolumeClaim`以引用新 `VolumeSnapshot，其中 spec.dataSource（或 spec.dataSourceRef）名称是 `VolumeSnapshot`名称。

   示例

以下示例创建了一个 PVC，引用名为 `VolumeSnapshot`的 `import-snap。

```
apiVersion: v1
kind: PersistentVolumeClaim
metadata:
  name: pvc-from-snap
spec:
  accessModes:
    - ReadWriteOnce
  storageClassName: simple-sc
  resources:
    requests:
      storage: 1Gi
  dataSource:
    name: import-snap
    kind: VolumeSnapshot
    apiGroup: snapshot.storage.k8s.io
```

使用快照恢复卷数据

默认情况下隐藏 snapshot 目录，以促进使用 `ontap-nas`和 `ontap-nas-economy`驱动程序配置的卷的最大兼容性。启用 `.snapshot`目录以直接从快照恢复数据。

使用卷快照还原 ONTAP CLI 将卷还原至先前快照中记录的状态。

```
cluster1::*> volume snapshot restore -vserver vs0 -volume vol3 -snapshot
vol3_snap_archive
```

还原快照副本时，将覆盖现有卷配置。创建快照副本后对卷数据所做的更改将丢失。

从快照就地还原卷

Trident 使用 `TridentActionSnapshotRestore` (TASR) CR 提供快速的就地卷恢复功能。此 CR 作为命令式 Kubernetes 操作，在操作完成后不会持续存在。

Trident 支持在 `ontap-san`、 `ontap-san-economy`、 `ontap-nas`、 `ontap-nas-flexgroup`、 `azure-netapp-files`、 `google-cloud-netapp-volumes` 和 `solidfire-san` 驱动程序上还原快照。

开始之前

您必须具有绑定的 PVC 和可用的卷快照。

- 确认 PVC 状态已绑定。

```
kubectl get pvc
```

- 验证卷快照是否可以使用。

```
kubectl get vs
```

步骤

1. 创建 TASR CR。此示例为 PVC `pvc1` 和卷快照 `pvc1-snapshot`创建 CR。

   TASR CR 必须位于存在 PVC 和 VS 的命名空间中。

```
cat tasr-pvc1-snapshot.yaml
```

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
kind: TridentActionSnapshotRestore
metadata:
  name: trident-snap
  namespace: trident
spec:
  pvcName: pvc1
  volumeSnapshotName: pvc1-snapshot
```

2. 应用 CR 从快照中恢复。此示例从快照中还原 `pvc1`。

```
kubectl create -f tasr-pvc1-snapshot.yaml
```

```
tridentactionsnapshotrestore.trident.netapp.io/trident-snap created
```

结果

Trident 从快照中恢复数据。您可以验证快照还原状态：

```
kubectl get tasr -o yaml
```

```
apiVersion: trident.netapp.io/v1
items:
- apiVersion: trident.netapp.io/v1
  kind: TridentActionSnapshotRestore
  metadata:
    creationTimestamp: "2023-04-14T00:20:33Z"
    generation: 3
    name: trident-snap
    namespace: trident
    resourceVersion: "3453847"
    uid: <uid>
  spec:
    pvcName: pvc1
    volumeSnapshotName: pvc1-snapshot
  status:
    startTime: "2023-04-14T00:20:34Z"
    completionTime: "2023-04-14T00:20:37Z"
    state: Succeeded
kind: List
metadata:
  resourceVersion: ""
```

- 在大多数情况下，出现故障时，Trident 不会自动重试此操作。您需要再次执行此操作。
- 没有管理员访问权的 Kubernetes 用户可能需要管理员授予权限才能在其应用程序命名空间中创建 TASR CR。

删除具有关联快照的 PV

删除具有关联快照的永久卷时，相应的 Trident 卷将更新为"删除状态"。删除卷快照以删除 Trident 卷。

部署卷快照控制器

如果您的 Kubernetes 发行版不包括快照控制器和 CRD，您可以按以下方式部署它们。

步骤

1. 创建卷快照 CRD。

```
cat snapshot-setup.sh
```

```
#!/bin/bash
# Create volume snapshot CRDs
kubectl apply -f https://raw.githubusercontent.com/kubernetes-
csi/external-snapshotter/release-
6.1/client/config/crd/snapshot.storage.k8s.io_volumesnapshotclasses.yaml
kubectl apply -f https://raw.githubusercontent.com/kubernetes-
csi/external-snapshotter/release-
6.1/client/config/crd/snapshot.storage.k8s.io_volumesnapshotcontents.yam
l
kubectl apply -f https://raw.githubusercontent.com/kubernetes-
csi/external-snapshotter/release-
6.1/client/config/crd/snapshot.storage.k8s.io_volumesnapshots.yaml
```

2. 创建快照控制器。

```
kubectl apply -f https://raw.githubusercontent.com/kubernetes-
csi/external-snapshotter/release-6.1/deploy/kubernetes/snapshot-
controller/rbac-snapshot-controller.yaml
```

```
kubectl apply -f https://raw.githubusercontent.com/kubernetes-
csi/external-snapshotter/release-6.1/deploy/kubernetes/snapshot-
controller/setup-snapshot-controller.yaml
```

如有必要，请打开 `deploy/kubernetes/snapshot-controller/rbac-snapshot-controller.yaml`并更新 `namespace`到您的命名空间。

相关链接

- "卷快照"
- "VolumeSnapshotClass"

处理卷组快照

持久卷（PV）的 Kubernetes 卷组快照 NetApp Trident 提供了创建多个卷快照（一组卷快照）的功能。此卷组快照表示在同一时间点拍摄的多个卷的副本。

VolumeGroupSnapshot 是 Kubernetes 中带有 beta API 的 beta 功能。Kubernetes 1.32 是 VolumeGroupSnapshot 所需的最低版本。

创建卷组快照

以下存储驱动程序支持卷组快照：

- `ontap-san` 驱动程序 - 仅适用于 iSCSI 和 FC 协议，不适用于 NVMe/TCP 协议。
- `ontap-san-economy` - 仅适用于 iSCSI 协议。
- `ontap-nas`

NetApp ASA r2 或 AFX 存储系统不支持卷组快照。

开始之前

- 请确保您的 Kubernetes 版本为 K8s 1.32 或更高版本。
- 必须具有外部快照控制器和自定义资源定义 (CRD) 才能使用快照。这是 Kubernetes 编排器的职责（例如：Kubeadm、GKE、OpenShift）。

  如果您的 Kubernetes 发行版不包括外部快照控制器和 CRD，请参阅 [部署卷快照控制器]。

  如果在 GKE 环境中创建按需卷组快照，请勿创建快照控制器。GKE 使用内置的隐藏快照控制器。

- 在快照控制器 YAML 中，将 `CSIVolumeGroupSnapshot` 功能门设置为 'true'，以确保启用卷组快照。
- 在创建卷组快照之前创建所需的卷组快照类。
- 确保所有 PVC/卷都在同一个 SVM 上，以便能够创建 VolumeGroupSnapshot。

步骤

- 在创建 VolumeGroupSnapshot 之前，先创建 VolumeGroupSnapshotClass。有关详细信息，请参阅 "VolumeGroupSnapshotClass"。

```
apiVersion: groupsnapshot.storage.k8s.io/v1beta1
kind: VolumeGroupSnapshotClass
metadata:
  name: csi-group-snap-class
  annotations:
    kubernetes.io/description: "Trident group snapshot class"
driver: csi.trident.netapp.io
deletionPolicy: Delete
```

- 使用现有存储类创建具有所需标签的 PVC，或将这些标签添加到现有 PVC。

  以下示例使用 `pvc1-group-snap` 作为数据源和标签 `consistentGroupSnapshot: groupA` 创建 PVC。根据您的要求定义标签键和值。

```
kind: PersistentVolumeClaim
apiVersion: v1
metadata:
  name: pvc1-group-snap
  labels:
    consistentGroupSnapshot: groupA
spec:
  accessModes:
    - ReadWriteOnce
  resources:
    requests:
      storage: 100Mi
  storageClassName: sc1-1
```

- 创建具有相同标签 (`consistentGroupSnapshot: groupA` 的 VolumeGroupSnapshot，该标签在 PVC 中指定。

  此示例创建卷组快照：

```
apiVersion: groupsnapshot.storage.k8s.io/v1beta1
kind: VolumeGroupSnapshot
metadata:
  name: "vgs1"
  namespace: trident
spec:
  volumeGroupSnapshotClassName: csi-group-snap-class
  source:
    selector:
      matchLabels:
        consistentGroupSnapshot: groupA
```

使用组快照恢复卷数据

您可以使用作为 Volume Group Snapshot 一部分创建的单个快照来恢复单个 Persistent Volume。您无法将 Volume Group Snapshot 作为一个单位进行恢复。

使用卷快照还原 ONTAP CLI 将卷还原至先前快照中记录的状态。

```
cluster1::*> volume snapshot restore -vserver vs0 -volume vol3 -snapshot
vol3_snap_archive
```

还原快照副本时，将覆盖现有卷配置。创建快照副本后对卷数据所做的更改将丢失。

从快照就地还原卷

Trident 使用 `TridentActionSnapshotRestore` (TASR) CR 提供快速的就地卷恢复功能。此 CR 作为命令式 Kubernetes 操作，在操作完成后不会持续存在。

有关详细信息，请参见 "从快照就地还原卷"。

删除具有关联组快照的 PV

删除组卷快照时：

- 您可以整体删除 VolumeGroupSnapshots，而不是删除组中的单个快照。
- 如果在存在该 PersistentVolume 的快照时删除 PersistentVolumes，Trident 会将该卷移动到“deleting”状态，因为必须先删除快照，才能安全地删除该卷。
- 如果已使用分组快照创建克隆，然后要删除该组，则将开始克隆拆分操作，并且在完成拆分之前无法删除该组。

部署卷快照控制器

如果您的 Kubernetes 发行版不包括快照控制器和 CRD，您可以按以下方式部署它们。

步骤

1. 创建卷快照 CRD。

```
cat snapshot-setup.sh
```

```
#!/bin/bash
# Create volume snapshot CRDs
kubectl apply -f https://raw.githubusercontent.com/kubernetes-csi/external-snapshotter/release-8.2/client/config/crd/groupsnapshot.storage.k8s.io_volumegroupsnapshotclasses.yaml
kubectl apply -f https://raw.githubusercontent.com/kubernetes-csi/external-snapshotter/release-8.2/client/config/crd/groupsnapshot.storage.k8s.io_volumegroupsnapshotcontents.yaml
kubectl apply -f https://raw.githubusercontent.com/kubernetes-csi/external-snapshotter/release-8.2/client/config/crd/groupsnapshot.storage.k8s.io_volumegroupsnapshots.yaml
```

2. 创建快照控制器。

```
kubectl apply -f https://raw.githubusercontent.com/kubernetes-csi/external-snapshotter/release-8.2/deploy/kubernetes/snapshot-controller/rbac-snapshot-controller.yaml
```

```
kubectl apply -f https://raw.githubusercontent.com/kubernetes-csi/external-snapshotter/release-8.2/deploy/kubernetes/snapshot-controller/setup-snapshot-controller.yaml
```

如有必要，请打开 `deploy/kubernetes/snapshot-controller/rbac-snapshot-controller.yaml`并更新 `namespace`到您的命名空间。

相关链接

- "VolumeGroupSnapshotClass"
- "卷快照"