配置和管理磁碟區
Trident

NetApp
July 01, 2026

目錄

配置和管理磁碟區

配置磁碟區

建立一個 PersistentVolumeClaim（PVC），使用已配置的 Kubernetes StorageClass 來請求存取 PV。然後，您可以將 PV 掛載到 Pod 中。

概況

`https://kubernetes.io/docs/concepts/storage/persistent-volumes["_PersistentVolumeClaim_"^]`（PVC）是對叢集上 `PersistentVolume` 的存取請求。

PVC 可以配置為請求特定大小的儲存空間或存取模式。透過關聯的 StorageClass，叢集管理員不僅可以控制 PersistentVolume 大小和存取模式，還可以控制效能或服務等級等更多參數。

建立 PVC 之後，您可以在 Pod 中掛載磁碟區。

建立 **PVC**

步驟

1. 建立 PVC 。

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

2. 核實 PVC 狀態。

```
kubectl get pvc
```

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

1. 在 pod 中掛載 volume 。

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

> 您可以使用 `kubectl get pod --watch` 監控進度。

2. 確認磁碟區已掛載到 `/my/mount/path`。

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

3. 現在您可以刪除 Pod 了。Pod 應用程式將不復存在，但卷將保留。

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

範例資訊清單

PersistentVolumeClaim 樣本清單

這些範例展示了 PVC 的基本配置選項。

具有 RWO 存取權限的 PVC

此範例顯示了一個與名為 `basic-csi` 的 StorageClass 關聯的具有 RWO 存取權限的基本 PVC。

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

PVC 與 NVMe/TCP

此範例展示了一個與名為 `protection-gold`的 StorageClass 關聯的、具有 RWO 存取權限的 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 清單範例

這些範例展示了將 PVC 連接到 pod 的基本組態。

基本組態

```
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 組態

```
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
```

請參閱"Kubernetes 和 Trident 物件"以瞭解儲存類別如何與 `PersistentVolumeClaim`互動，以及控制 Trident 配置磁碟區的參數詳細資訊。

擴充磁碟區

Trident 為 Kubernetes 使用者提供了在建立磁碟區後擴充磁碟區的功能。尋找有關擴充 iSCSI、NFS、SMB、NVMe/TCP 和 FC 磁碟區所需的組態資訊。

擴充 iSCSI Volume

您可以使用 CSI 配置程式擴充 iSCSI 持續性磁碟區（PV）。

> ⓘ iSCSI 磁碟區擴充受 `ontap-san`、 `ontap-san-economy`、 `solidfire-san` 驅動程式支援，並且需要 Kubernetes 1.16 及更高版本。

步驟 1：設定 **StorageClass** 以支援磁碟區擴充

編輯 StorageClass 定義，將 `allowVolumeExpansion` 欄位設為 `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
```

對於已存在的 StorageClass，對其進行編輯以包含 `allowVolumeExpansion` 參數。

步驟 2：使用您建立的 **StorageClass** 建立 **PVC**

編輯 PVC 定義並更新 `spec.resources.requests.storage` 以反映新的所需尺寸，該尺寸必須大於原始尺寸。

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

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

Trident 會建立持續磁碟區（PV），並將其與此持續磁碟區宣告（PVC）建立關聯。

```
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
```

步驟 **3**：定義連接 **PVC** 的 **pod**

將 PV 附加至 Pod 以調整其大小。調整 iSCSI PV 大小時有兩種情況：

- 如果 PV 連接到 pod，Trident 會擴展儲存後端上的 Volume、重新掃描裝置並調整檔案系統大小。
- 嘗試調整未掛載的 PV 的大小時，Trident 會在儲存後端擴充該磁碟區。PVC 綁定到 Pod 後，Trident 會重新掃描裝置並調整檔案系統的大小。擴充操作成功完成後，Kubernetes 會更新 PVC 的大小。

在此範例中、會建立使用 `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
```

步驟 **4**：展開 **PV**

若要將已建立的 PV 的大小從 1Gi 調整為 2Gi，請編輯 PVC 定義並將 `spec.resources.requests.storage` 更新為 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
 # ...
```

步驟 **5**：驗證擴充

您可以檢查 PVC、PV 和 Trident Volume 的大小，以驗證擴充是否正常運作：

```
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    |
+-----------------------------------------+---------+---------------
+----------+-----------------------------------------+--------+---------+
```

擴充 FC Volume

您可以使用 CSI 設定程式擴充 FC Persistent Volume（PV）。

FC Volume 擴充受 `ontap-san` 驅動程式支援，需要 Kubernetes 1.16 及更高版本。

步驟 1：設定 StorageClass 以支援磁碟區擴充

編輯 StorageClass 定義，將 `allowVolumeExpansion` 欄位設為 `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
```

對於已存在的 StorageClass，對其進行編輯以包含 `allowVolumeExpansion` 參數。

步驟 2：使用您建立的 **StorageClass** 建立 **PVC**

編輯 PVC 定義並更新 `spec.resources.requests.storage` 以反映新的所需尺寸，該尺寸必須大於原始尺寸。

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

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

Trident 會建立持續磁碟區（PV），並將其與此持續磁碟區宣告（PVC）建立關聯。

```
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
```

步驟 3：定義連接 **PVC** 的 **pod**

將 PV 附加至 Pod 以調整其大小。調整 FC PV 大小時有兩種情況：

- 如果 PV 連接到 pod，Trident 會擴展儲存後端上的 Volume、重新掃描裝置並調整檔案系統大小。
- 嘗試調整未掛載的 PV 的大小時，Trident 會在儲存後端擴充該磁碟區。PVC 綁定到 Pod 後，Trident 會重新掃描裝置並調整檔案系統的大小。擴充操作成功完成後，Kubernetes 會更新 PVC 的大小。

在此範例中、會建立使用 `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
```

步驟 **4**：展開 **PV**

若要將已建立的 PV 的大小從 1Gi 調整為 2Gi，請編輯 PVC 定義並將 `spec.resources.requests.storage` 更新為 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
 # ...
```

步驟 **5**：驗證擴充

您可以檢查 PVC、PV 和 Trident Volume 的大小，以驗證擴充是否正常運作：

```
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    |
+-----------------------------------------+---------+---------------
+----------+-----------------------------------------+--------+---------+
```

擴充 NFS Volume

Trident 支援在 `ontap-nas`、 `ontap-nas-economy`、 `ontap-nas-flexgroup`和 `azure-netapp-files`後端上配置的 NFS PV 的磁碟區擴充。

步驟 1：設定 StorageClass 以支援磁碟區擴充

要調整 NFS PV 的大小，管理員首先需要配置儲存類別以允許磁碟區擴展，方法是將 `allowVolumeExpansion`欄位設為 `true`：

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

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

如果您已經建立了一個沒有此選項的儲存類別，您可以簡單地使用 `kubectl edit storageclass` 編輯現有儲存類別以允許磁碟區擴充。

步驟 **2**：使用您建立的 **StorageClass** 建立 **PVC**

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

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

Trident 應該為此 PVC 建立 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
```

步驟 **3**：展開 **PV**

若要將新建的 20 MiB PV 調整為 1 GiB，請編輯 PVC 並將 `spec.resources.requests.storage` 設為 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
# ...
```

步驟 **4**：驗證擴充

您可以檢查 PVC、PV 和 Trident Volume 的大小來驗證調整大小是否正確：

```
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 子系統限制

使用 NVMe 協定的 ReadWriteMany （RWX）磁碟區的擴充性限制為每個磁碟區 64 個節點。以下內容包括這些限制、解釋了所涉及的 NVMe 子系統架構、並概述了所需的解決步驟。

了解 64 節點限制

如果您打算將 ReadWriteMany（RWX）磁碟區與 NVMe 協定一起使用，則單一 RWX NVMe 磁碟區不能在 Kubernetes 叢集中被超過 64 個節點掛載。

不要在超過 64 個節點上排程掛載相同 RWX NVMe PersistentVolumeClaim 的工作負載。

此限制僅適用於使用 NVMe 傳輸協定的 RWX Volume。

了解 NVMe 子系統模型

每個磁碟區子系統模型（**Trident 26.02** 之前的版本）

在 Trident 26.02 之前的版本中，RWX NVMe 磁碟區採用每個磁碟區子系統模型進行配置。每個 RWX NVMe 磁碟區都對應到 ONTAP 上專屬的 NVMe 子系統。

此模型雖然簡單，但可擴展性限制較低。在大型 Kubernetes 叢集中，子系統控制器限制會很快達到，因為每個 RWX 磁碟區都會佔用一個專用子系統。

超子系統模型（在 **Trident 26.02** 中引入）

從 Trident 26.02 開始，RWX NVMe 磁碟區使用共享的超級子系統模型。多個 RWX NVMe 磁碟區共用同一個 NVMe 子系統。

每個超級子系統最多支援 1024 個命名空間（磁碟區）。此模型顯著提高了 RWX 工作負載的可擴充性，並降低了達到 ONTAP 子系統限制的可能性。

每個 RWX NVMe 磁碟區最多支援 64 個節點。

識別錯誤症狀

如果大規模建立或附加 RWX NVMe Volume，可能會遇到類似以下的錯誤：

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

此錯誤表示已達到 ONTAP NVMe 子系統控制器限制。

解決子系統限制錯誤

若要突破每個磁碟區子系統的限制，並利用超級子系統模型，請升級至 Trident 26.02 或更新版本。

升級 **Trident** 以套用超子系統模型

若要將超子系統模型套用於 RWX NVMe 磁碟區：

1. 將 Trident 升級到 26.02 或更高版本。
2. 將所有使用 RWX NVMe 磁碟區的 Pod 縮減為零個複本。
3. 確認沒有工作負載正在使用 RWX NVMe 磁碟區。
4. 將 Pod 重新擴展。

此重新啟動順序可確保使用超級子系統模型附加 RWX NVMe 磁碟區。

- 此限制僅適用於使用 NVMe 傳輸協定的 RWX Volume。
- 每個 RWX NVMe 磁碟區的 64 節點限制適用。
- 其他存取模式和其他傳輸協定不受影響。

控制器擴充性

Trident 透過提升多個儲存驅動程式之間的並發性，實現了控制器可擴充性。客戶可以了解哪些 Trident 驅動程式在正式發佈時支援控制器可擴充性，以及哪些驅動程式在 Trident 26.02 中以技術預覽版的形式提供。這有助於客戶做出明智的部署決策，並為可擴充的 Kubernetes 環境進行適當的風險管理。

關鍵概念和定義

控制器擴充性

控制器可擴展性是指 Trident 控制器能夠並行處理多個儲存操作，而不是將它們串行化並置於單一鎖定之後。這些操作包括磁碟區的建立、刪除、調整大小、快照的建立和刪除、磁碟區的發布和取消發布以及後端管理。

啟用控制器可擴充性後，對不同磁碟區和後端執行的操作將同時進行。這可以提高吞吐量，並縮短並發 PersistentVolumeClaim 和 VolumeSnapshot 操作數量較多環境下的端對端操作時間。

控制器擴充性支援

Trident 支援不同成熟度等級的控制器可擴充性，視儲存驅動程式而定。

正式發行

以下驅動程式在 Trident 26.02 正式版中支援控制器擴充性：

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

> `google-cloud-netapp-volumes` 和 `google-cloud-netapp-volumes-san` 驅動程式不同。僅支援 `google-cloud-netapp-volumes`。請勿在後端組態或範例中使用 `google-cloud-netapp-volumes-san`。

啟用控制器擴充性

控制器的可擴充性由 `enableConcurrency` 配置選項控制。必須在 Trident 安裝期間或透過更新現有部署明確啟用此選項。

Trident 操作程式部署

若要使用 Trident operator 啟用控制器可擴展性，請在 `TridentOrchestrator` 自訂資源中將 `enableConcurrency` 設定為 `true`。

新安裝

建立或編輯 `TridentOrchestrator` CR，並將 `enableConcurrency` 設定為 `true`：

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

套用 CR：

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

現有安裝

對現有 `TridentOrchestrator` CR 進行修補，以啟用控制器可擴充性：

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

確認設定已套用：

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

Helm 部署

若要使用 Helm 啟用控制器可擴充性，請將 `enableConcurrency` 值設為 `true`。

新安裝

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

現有安裝

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

或者，在自訂的 `values.yaml` 檔案中，將 `enableConcurrency` 設定為 `true`：

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

然後使用 values 檔案進行安裝或升級：

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

Tridentctl 部署

若要啟用控制器可擴充性與 `tridentctl`，請在安裝期間傳遞 `--enable-concurrency`標誌。

新安裝

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

現有安裝

若要在現有的 `tridentctl`型部署上啟用控制器擴充性，請使用旗標解除安裝並重新安裝：

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

確認控制器可擴充性已啟用

啟用控制器可擴充性後，請檢查控制器 pod 日誌，以驗證 Trident 控制器是否已啟用並發功能：

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

您應該會看到一條日誌條目，表示並發已啟用。

技術預覽

以下驅動程式在 Trident 26.02 中以技術預覽版的形式支援控制器擴充性：

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

對於這些驅動程式：

- 控制器並發功能可用於評估和測試
- 行為可能會在未來版本中變更
- 不建議在正式作業環境中使用

並行行為

啟用控制器可擴充性時：

- Trident 以精細的每個資源鎖定取代單一全域鎖定
- 修改相同資源的作業會序列化，以維持資料一致性
- 僅從資源讀取資料的操作可以與對該資源的其他讀取操作並發進行
- Trident 將每個管理 LIF 的同時 ONTAP API 請求數限制為 20 個，以防止後端儲存系統過載。
- 如果多個後端共用同一個管理 LIF、則它們共用這 20 次請求的限制

已知限制和注意事項

以下考量事項適用於控制器擴充性：

- 並行處理由 Trident 控制器在內部管理
- 此版本中沒有使用者可設定的並行限制
- 整體處理量取決於：
  - 正在使用的儲存驅動程式
  - 後端回應能力
  - Kubernetes API 伺服器效能
- 高並發性會增加後端儲存系統的負載

注意事項和限制

Trident 26.02 有以下限制：

- 控制器的可擴充性行為在不同的驅動程式中並不完全相同
- 技術預覽版驅動程式可能出現：
  - 高負載下效能不穩定
  - 版本之間的行為變更
- 由於並行執行，偵錯並發操作可能更加複雜
- 指標和記錄可能會顯示交錯的作業輸出

建議

- 對於需要高可擴展性的正式作業環境，請使用通用版本 (GA) 驅動程式
- 在非正式作業環境中評估技術預覽驅動程式

- 在大規模運作時監控後端和控制器效能
- 避免在自動化指令碼中假設作業順序

自動磁碟區擴充

自動磁碟區擴充功能可讓 Trident 配置的持續磁碟區能夠在已使用容量達到定義的閾值時自動擴展。此功能可降低營運開銷，並有助於防止因容量耗盡而導致的應用程式中斷。自動磁碟區擴充是使用 Autogrow Policies 實作的。Autogrow Policy 定義：

- 觸發擴充的使用率臨界值
- 磁碟區增長的量
- 磁碟區可達到的最大大小

> 當超過定義的使用率臨界值時，磁碟區大小會自動增加。磁碟區大小永遠不會自動減少。

需求

在配置自動磁碟區擴充之前、請確保滿足以下要求：

- Trident 26.02 或更新版本
- 基於角色的存取控制權限，用於建立 `TridentAutogrowPolicy` 自訂資源
- StorageClasses 配置 `allowVolumeExpansion: true`
- 支援的 ONTAP 通訊協定：
  - 網路檔案系統 (NFS)
  - 網際網路小型電腦系統介面（iSCSI）
  - 非揮發性記憶體高速介面 （NVMe）
  - 光纖通道協定（FCP）

限制

- ONTAP 9.16.1 之前的 ONTAP Non-Volatile Memory Express 原始區塊磁碟區不支援自動擴充。
- 對於儲存區域網路磁碟區，如果 `growthAmount`小於或等於 `50 mebibytes`，`Trident` 會在調整大小之前自動將該值增加到 `51 mebibytes`，前提是產生的大小不超過 `maxSize`。
- 在棕地環境中，由於磁碟區發佈遷移行為，自動擴充功能可能無法對某些現有磁碟區生效。
- 當磁碟區達到 `maxSize`時，就不會再發生擴充。
- 支援自動磁碟區擴充的通訊協定：
  - 網路檔案系統 (NFS)
  - 網際網路小型電腦系統介面（iSCSI）
  - 非揮發性記憶體高速介面 （NVMe）
  - 光纖通道協定（FCP）

使用自動增長策略配置磁碟區

Autogrow Policy 可以在兩個層級進行設定：

- 儲存類別層級：設定所有磁碟區的預設值（使用註釋）
- PVC 等級：覆蓋儲存類別預設值（使用註解）

建立 **Autogrow** 策略

自動增長策略可在磁碟區達到定義的容量臨界值時自動擴展磁碟區。

請確保您已具備：

- 已安裝 Trident 26.02 或更新版本
- 基於角色的存取控制權限，用於建立 `TridentAutogrowPolicy` 資源
- 了解工作負載成長需求

Autogrow Policy 定義了當磁碟區達到定義的容量臨界值時如何自動擴充。

您可以在工作流程中的任何階段建立 Autogrow 策略：

- 在創建 StorageClasses 和磁碟區之前
- StorageClasses 存在之後
- 配置磁碟區之後

這種靈活性使您能夠在不重新建立現有資源的情況下引入自動擴充。

自動增長策略規格

Autogrow Policies 是 Kubernetes 自訂資源，定義如下：

欄位	說明	格式	必填	範例	預設
姓名	唯一原則識別碼	字串	是的	production-db-policy	無
usedThreshold	觸發擴充的容量百分比	百分比字串	是的	"80%"	無
growthAmount	達到臨界值時的增長量	百分比或大小	否	"10%" 或 "5Gi"	"10%"
maxSize	最大磁碟區大小限制	Kubernetes 數量	否	"500Gi"	無限

建立 **Autogrow** 策略

步驟

1. 建立定義 Autogrow Policy 的 YAML 檔案：

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

2. 將原則套用至您的叢集：

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

3. 確認策略已建立：

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

預期輸出

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

政策狀態

建立原則後、Trident 會驗證規格並指派下列其中一種狀態：

狀態	說明	需要採取行動
成功	策略已驗證，可以投入使用。	無。
失敗	偵測到驗證錯誤。	檢閱並修正規格。
刪除	刪除作業正在進行中。	等待完成。

將政策與 StorageClass 建立關聯

您可以使用 `trident.netapp.io/autogrowPolicy` 註解將 Autogrow Policy 與 StorageClass 關聯起來。所有從該 StorageClass 配置的磁碟區都將繼承該策略。

StorageClass 必須具有 `allowVolumeExpansion: true`。

步驟

1. 建立或修改帶有 Autogrow Policy 註解的 StorageClass：

```
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. 應用 StorageClass：

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

3. 驗證註釋：

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

預期輸出

```
production-db-policy
```

政策優先順序

當 StorageClass 和 PVC 上都設定了自動成長策略註解時，Trident 應用以下優先規則：

1. *PVC 註釋優先。*如果 PVC 設定 `trident.netapp.io/autogrowPolicy`，則始終使用該值。
2. **StorageClass** 註解僅適用於 **PVC** 沒有註解的情況。
3. 如果兩者都沒有註解、 則不會套用 Autogrow Policy 。

StorageClass 註解	**PVC** 註釋	有效行為
`trident.netapp.io/autogrowPolicy: standard-agp`	未設定	用途 `standard-agp`。
`trident.netapp.io/autogrowPolicy: standard-agp`	`trident.netapp.io/autogrowPolicy: logs-policy`	使用 `logs-policy`（PVC 覆寫 StorageClass）。

StorageClass 註解	PVC 註釋	有效行為
`trident.netapp.io/autogrowPolicy: standard-agp`	`trident.netapp.io/autogrowPolicy: "none"`	無自動增長策略（PVC 停用自動增長）。
未設定	`trident.netapp.io/autogrowPolicy: dev-policy`	用途 `dev-policy`。
未設定	未設定	無自動成長政策。

組態範例

以下範例展示了不同使用情境下的常見 Autogrow Policy 配置。

生產資料庫的保守原則

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

具有固定增長增量的日誌儲存

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

包含預設設定的最小原則

當您省略 `growthAmount`和 `maxSize`時，Trident 使用預設的(`10%`成長、無限大小）：

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

具有自訂 **maxSize** 和預設 **growthAmount** 的策略

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

無限制的積極成長 **maxSize**

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

包含小數百分比的原則

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

支援小數百分比。若您指定超過三位小數，Trident 會將數值四捨五入至小數點後三位。

具有自動增長功能的 **NAS StorageClass**

```
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
```

具有自動增長功能的 **SAN StorageClass**

```
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

建立 Autogrow Policies 後，您可以根據需要查看、更新和刪除它們。您還可以監控哪些磁碟區正在使用特定策略。

檢視自動成長原則

列出所有原則

使用 `kubectl`列出叢集中的所有 Autogrow 原則：

```
kubectl get tridentautogrowpolicy
```

或者，使用 `tridentctl`：

```
tridentctl get autogrowpolicy
```

檢視原則詳細資料

若要檢視原則的完整規格和狀態：

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

若要以 YAML 格式檢視策略及其相關磁碟區：

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

更新 Autogrow 策略

您可以修改現有原則，以變更其臨界值、成長量或大小上限。變更會立即對所有使用該原則的磁碟區生效。

變更會影響目前使用該原則的所有磁碟區。請盡可能先在非正式作業環境中測試變更。

步驟

1. 編輯原則：

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

2. 根據需要修改 `spec`欄位：

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

3. 儲存並退出。變更會立即生效。

更新考量事項

- 立即生效： 所有採用此策略的磁碟區將在下次成長評估時採用新的參數。
- 無需重新啟動磁碟區： 變更將應用於下一次成長作業。
- 先測試： 盡可能在非生產環境中驗證變更。
- 溝通變更： 當您修改共享策略時，請通知團隊。

刪除 **Autogrow** 策略

Autogrow 策略使用終結器保護來防止在磁碟區正在積極使用時意外刪除。

步驟

1. 刪除原則：

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

2. 如果磁碟區仍在使用該原則，則刪除操作將進入 `Deleting`狀態。檢查哪些磁碟區受到影響：

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

3. 從每個受影響的磁碟區中移除該原則。請選擇下列其中一個選項：

   - 選項 **A**：明確停用自動增長，方法是將註解設定為 `"none"`：

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

   - 選項 **B**：完全移除註解：

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

刪除行為

情境	行為
沒有磁碟區使用此原則	原則會立即刪除。
磁碟區正在使用該原則	策略進入 `Deleting` 狀態。終結器會阻止完成，直到所有磁碟區都被移除。
所有磁碟區均已從該原則中移除	最終處理程序被移除，該政策被刪除。

監控 **Autogrow Policy** 使用情況

使用原則檢查磁碟區

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

尋找磁碟區使用的原則

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

監控原則事件

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

支援的通訊協定

Autogrow 支援以下儲存傳輸協定：

- NFS
- iSCSI
- FCP
- NVMe

> 對於 SAN 磁碟區，如果設定的 `growthAmount`為 `50 MiB` 或更小，`Trident` 會自動將調整大小作業的成長量增加到 `51 MB`，只要產生的大小不超過 `maxSize`。

已知限制

- *ONTAP NVMe 原始區塊磁碟區：*使用 ONTAP 9.16.1 之前版本建立的磁碟區不支援自動成長。
- 現有磁碟區（棕地部署）： 即使應用了有效的自動成長策略，自動成長功能也可能無法對現有磁碟區生效。這是由於磁碟區發布正在進行遷移。若要確認遷移已完成，請檢查 Trident 控制器日誌中的 `"Migration completed"`訊息。

常見問題

Trident 何時評估閾值？

Trident 持續監控磁碟區使用量。當已使用容量超過 `usedThreshold`時，Trident 會建立內部調整大小請求，並依據設定的 `growthAmount`擴充磁碟區。

例如，此原則會在容量達到 80% 時觸發擴充，每次將磁碟區增加 10%，最多可達 500 GiB：

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

磁碟區已配置完畢後，我還能套用原則嗎？

是的。您可以隨時建立 Autogrow Policy，並透過新增或更新 `trident.netapp.io/autogrowPolicy`註解將其應用於現有的 PVC。您無需重新建立 PVC 或 StorageClass。

將原則套用至現有的 PVC：

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

將原則套用至現有的 StorageClass：

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

如果我在 **StorageClass** 和 **PVC** 上都設定了自動成長策略會發生什麼事？

PVC 註解始終優先。如果 PVC 具有 `trident.netapp.io/autogrowPolicy`註解，Trident 將使用該值，而不管 StorageClass 中指定了什麼值。詳情請參閱 "政策優先順序"。

例如，假設有以下 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
```

而這個 PVC 覆寫了 StorageClass 原則：

```
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`for `database-pvc`，不是 `standard-agp`。

如何停用特定磁碟區的自動增長？

將 PVC 註釋設定為 `"none"`。這將覆蓋該磁碟區的任何 StorageClass 層級原則：

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

您可以確認自動增長功能已停用：

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

預期輸出

```
none
```

當磁碟區達到 **maxSize** 時會發生什麼事？

Trident 停止擴充磁碟區。即使使用量持續增加超過 `usedThreshold`，也不會再為該磁碟區建立調整大小的請求。

例如，根據此原則，Trident 在磁碟區達到 100 GiB 後將停止成長：

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

若要允許無限增長，請省略 `maxSize` 或將其設為 `0`：

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

我可以在不重新啟動磁碟區的情況下變更原則嗎？

是的。更新原則後，所有使用該原則的磁碟區都會在下次成長評估時採用新參數。無需重新啟動磁碟區。

若要就地更新原則：

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

根據需要修改欄位：

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

儲存並退出。驗證更新的原則：

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

預期輸出

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

為什麼我的原則處於失敗狀態？

`Failed` 狀態表示原則規格包含驗證錯誤。執行下列命令以檢視錯誤詳細資料：

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

常見原因包括無效的 `usedThreshold`（必須為 1-99%）、 `growthAmount`超過 `maxSize`或無效的 Kubernetes 數量格式。請更正規格並重新應用：

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

為什麼我無法刪除原則？

策略使用終結器保護。如果磁碟區仍在使用該策略，刪除操作將進入 `Deleting`狀態，並等待直到所有磁碟區都從該策略中移除。

識別受影響的磁碟區：

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

然後從每個 PVC 中移除註解：

```
# 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-
```

移除所有磁碟區後，最終處理程式將被釋放，策略將被刪除。

自動增長功能是否適用於所有 **ONTAP** 後端？

Autogrow 支援 NFS、iSCSI、FCP 和 NVMe 協定。但是，NVMe 原始區塊磁碟區需要 ONTAP 9.16.1 或更高版本。

對於現有部署環境中的磁碟區，可能需要先完成磁碟區發布遷移，然後自動增長功能才能生效。請透過檢查 Trident 控制器日誌來驗證遷移狀態：

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

以下 StorageClass 範例展示了為 NAS 和 SAN 後端配置的自動成長功能：

NAS 後端

```
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 後端

```
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 磁碟區的最小成長量是多少？

對於 SAN 磁碟區，有效最小增長量為 51 MB。如果您配置的 `growthAmount`為 50 MiB 或更少，Trident 會自動將調整大小作業的增長量增加到 51 MB。

例如，此原則設定了 `growthAmount`為 `"40Mi"`，但 Trident 會對使用該原則的任何 SAN 磁碟區套用 51 MB 的成長：

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

為避免自動調整，請將 `growthAmount` 設定為大於 50 MiB 的值：

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

匯入磁碟區

您可以使用 `tridentctl import`或透過使用 Trident 匯入註解建立持久性磁碟區宣告（PVC），將現有儲存磁碟區匯入為 Kubernetes PV。

概述和注意事項

您可以將磁碟區匯入 Trident 以：

- 將應用程式容器化並重複使用其現有資料集
- 為臨時應用程式使用資料集的複本
- 重建失敗的 Kubernetes 叢集
- 在災難復原期間遷移應用程式資料

考量事項

在匯入磁碟區之前，請檢閱下列考量事項。

- Trident 只能匯入 RW（讀寫）類型的 ONTAP 磁碟區。DP（資料保護）類型的磁碟區是 SnapMirror 目標磁碟區。在將磁碟區匯入 Trident 之前，您應該中斷鏡射關係。
- 我們建議匯入沒有作用中連線的磁碟區。若要匯入正在使用的磁碟區，請複製該磁碟區，然後執行匯入。

這一點對於區塊磁碟區尤其重要，因為 Kubernetes 無法感知先前的連線，很容易將作用中磁碟區附加到 Pod 上。這可能導致資料毀損。

- 雖然 `StorageClass`必須在 PVC 上指定，但 Trident 在匯入期間不會使用此參數。儲存類別用於在建立磁碟區時根據儲存特性從可用的儲存池中進行選擇。由於磁碟區已存在，因此在匯入期間不需要選擇儲存池。因此，即使磁碟區存在於與 PVC 中指定的儲存類別不符的後端或儲存池上，匯入也不會失敗。
- 現有磁碟區的大小在 PVC 中決定和設定。儲存驅動程式匯入磁碟區後，會建立 PV 並將其 ClaimRef 與 PVC 關聯起來。
  - 回收原則最初在 PV 中設定為 `retain`。在 Kubernetes 成功繫結 PVC 和 PV 後，回收原則會更新為與 Storage Class 的回收原則相符。
  - 如果 Storage Class 的回收策略為 `delete`，則當 PV 被刪除時，儲存磁碟區也會被刪除。
- 預設情況下， Trident 會管理 PVC ，並在後端重新命名 FlexVol Volume 和 LUN 。您可以傳遞 `--no-manage`旗標來匯入非託管 Volume ，以及 `--no-rename`旗標來保留 Volume 名稱。
  - `--no-manage`* - 如果使用 `--no-manage`標誌，Trident 在物件生命週期內不會對 PVC 或 PV 執行任何其他操作。刪除 PV 時，儲存磁碟區不會被刪除，其他操作（例如磁碟區複製和磁碟區調整大小）也會被忽略。
  - `--no-rename`* - 如果使用 `--no-rename` 標誌、Trident 會在匯入磁碟區時保留現有磁碟區名稱、並管理磁碟區的生命週期。此選項僅支援 `ontap-nas`、 `ontap-san`（包括 ASA r2 系統）和 `ontap-san-economy` 驅動程式。

    如果您想使用 Kubernetes 進行容器化工作負載，但又想在 Kubernetes 之外管理儲存磁碟區的生命週期，那麼這些選項非常有用。
- PVC 和 PV 會新增一個註釋，其作用有兩個：一是指示該磁碟區已匯入，二是指示 PVC 和 PV 是否受管理。此註釋不應修改或刪除。

匯入磁碟區

您可以使用 `tridentctl import` 或透過建立具有 Trident 匯入註解的 PVC 來匯入磁碟區。

如果使用 PVC 註釋，則無需下載或使用 `tridentctl`匯入磁碟區。

使用 **tridentctl**

步驟

1. 建立 PVC 檔案（例如 `pvc.yaml`），用於建立 PVC。PVC 檔案應包含 `name`、 `namespace`、 `accessModes`和 `storageClassName`。您也可以在 PVC 定義中指定 `unixPermissions`。

   以下是最低規格範例：

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

   僅包含必需參數。其他參數（例如 PV 名稱或磁碟區大小）可能會導致匯入命令失敗。

2. 使用 `tridentctl import` 指令指定包含磁碟區的 Trident 後端名稱以及儲存上唯一標識該磁碟區的名稱（例如：ONTAP FlexVol、Element Volume）。 `-f` 參數是必需的，用於指定 PVC 檔案的路徑。

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

使用 **PVC** 註釋

步驟

1. 建立一個 PVC YAML 檔案（例如， `pvc.yaml`），其中包含所需的 Trident 匯入註解。PVC 檔案應包含：

   - `name` 和 `namespace` 在中繼資料中
   - `accessModes`、 `resources.requests.storage` 和 `storageClassName` 在規格中
   - 註釋：
     - `trident.netapp.io/importOriginalName`：後端的磁碟區名稱
     - `trident.netapp.io/importBackendUUID`：磁碟區所在的後端 UUID
     - `trident.netapp.io/notManaged`（可選）：設定為 `"true"`表示非託管磁碟區。預設為 `"false"`。

       以下是匯入託管磁碟區的範例規格：

```
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. 將 PVC YAML 檔案套用到您的 Kubernetes 叢集：

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

Trident 會自動匯入磁碟區並將其繫結至 PVC。

範例

請查看以下磁碟區匯入範例，以了解支援的驅動程式。

ONTAP NAS 和 ONTAP NAS FlexGroup

Trident 支援使用 `ontap-nas` 和 `ontap-nas-flexgroup` 驅動程式進行磁碟區匯入。

- Trident 不支援使用 `ontap-nas-economy` 驅動程式進行磁碟區匯入。
- `ontap-nas` 和 `ontap-nas-flexgroup` 驅動程式不允許重複的磁碟區名稱。

使用 `ontap-nas`驅動程式建立的每個磁碟區都是 `ONTAP` 叢集上的 `FlexVol` 磁碟區。使用 `ontap-nas`驅動程式匯入 `FlexVol` 磁碟區的操作方式相同。`ONTAP` 叢集上已存在的 `FlexVol` 磁碟區可以作為 `ontap-nas` PVC 匯入。同樣、FlexGroup 磁碟區也可以作為 `ontap-nas-flexgroup` PVC 匯入。

使用 **tridentctl** 的 **ONTAP NAS** 範例

以下範例展示如何使用 `tridentctl`匯入託管磁碟區和非託管磁碟區。

託管磁碟區

以下範例匯入名為 `managed_volume`的 Volume，該 Volume 位於名為 `ontap_nas`的後端：

```
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    |
+-----------------------------------------+---------+---------------
+----------+-----------------------------------------+---------+---------+
```

未託管磁碟區

使用 `--no-manage` 參數時、Trident 不會重新命名磁碟區。

以下範例會在 `unmanaged_volume` `ontap_nas` 後端匯入：

```
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** 註解的 **ONTAP NAS** 範例

以下範例展示如何使用 PVC 註解匯入託管和非託管磁碟區。

託管磁碟區

以下範例從後端 `81abcb27-ea63-49bb-b606-0a5315ac5f21`匯入一個名為 `ontap_volume1`的 1GiB `ontap-nas` 磁碟區，並使用 PVC 註解設定了 RWO 存取模式：

```
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>
```

未託管磁碟區

以下範例從後端 `34abcb27-ea63-49bb-b606-0a5315ac5f34`匯入名為 `ontap-volume2`的 1Gi `ontap-nas` 磁碟區，並使用 PVC 註解設定 RWO 存取模式：

```
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 支援使用 `ontap-san`（iSCSI、NVMe/TCP 和 FC）及 `ontap-san-economy` 驅動程式進行磁碟區匯入。

Trident 可以匯入包含單一 LUN 的 ONTAP SAN FlexVol Volume 。這與 `ontap-san`驅動程式一致、此驅動程式會為每個 PVC 建立一個 FlexVol Volume 、並在 FlexVol Volume 內建立一個 LUN 。Trident 會匯入 FlexVol Volume 並將其與 PVC 定義建立關聯。Trident 可以匯入 `ontap-san-economy`包含多個 LUN 的 Volume 。

以下範例展示如何匯入託管和非託管磁碟區：

託管磁碟區

對於託管磁碟區、 Trident 會將 FlexVol 磁碟區重新命名為 `pvc-<uuid>`格式、並將 `FlexVol` 磁碟區內的 `LUN` 重新命名為 `lun0。

以下範例匯入 `ontap-san-managed` FlexVol volume，該磁碟區存在於 `ontap_san_default`後端：

```
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    |
+-----------------------------------------+--------+--------------
+----------+-----------------------------------------+--------+---------+
```

未託管磁碟區

以下範例會在 `unmanaged_example_volume` `ontap_san` 後端匯入：

```
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   |
+-----------------------------------------+---------+--------------
+----------+-----------------------------------------+--------+---------+
```

如果您將 LUN 對應到與 Kubernetes 節點 IQN 共用相同 IQN 的 igroup，如下例所示，您將收到以下錯誤：`LUN already mapped to initiator(s) in this group`。您需要移除啟動器或取消映射 LUN 才能匯入磁碟區。

```
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 範例

以下範例展示如何為 `ontap-san-economy` 後端匯入託管磁碟區和非託管磁碟區。

託管磁碟區

當您匯入託管磁碟區時、Trident 會取得 FlexVol 的所有權並將其重新命名。當您從相同的 FlexVol 匯入多個 LUN 時、您必須考慮此重新命名。

以下範例將 `lun1`從FlexVol `toimport`匯入為名為 `vol-managed-saneco`的受管理磁碟區：

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

匯入後 `lun1`， Trident 會重新命名 FlexVol （例如、重新命名為 `trident_lun_pool_xyz`）。若要從相同的 FlexVol 匯入其他 LUN 、請使用新的 FlexVol 名稱：

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

`ontap-san-economy` 後端一次匯入一個 LUN 。您可以使用指令碼自動執行多個匯入作業。

未託管磁碟區

匯入非託管磁碟區時、 Trident 不會取得 FlexVol 的所有權。但是、 FlexVol 和 LUN 必須遵循 Trident 命名慣例。

FlexVol 命名格式

```
trident_lun_pool_STORAGEPREFIX_RANDOMSTRING
```

- `STORAGEPREFIX` 是您後端組態中 `storagePrefix` 的值。預設值為 `trident`。
- `RANDOMSTRING` 可以是您選擇的任何字串。

LUN 命名要求

LUN 必須命名為 `lun0`。

範例

如果您的 `storagePrefix`是 `xyz`，則 LUN 的完整路徑為：

```
trident_lun_pool_xyz_randomstring/lun0
```

元素

Trident 支援使用 `solidfire-san`驅動程式匯入 NetApp Element 軟體和 NetApp HCI 磁碟區。

Element 驅動程式支援重複的磁碟區名稱。但是，如果存在重複的磁碟區名稱，Trident 會傳回錯誤。因應措施是複製磁碟區、提供唯一的磁碟區名稱，然後匯入複製的磁碟區。

以下範例會在後端 `element_default` 匯入一個 `element-managed` volume。

```
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 支援使用 `azure-netapp-files` 驅動程式導入磁碟區。

若要匯入 Azure NetApp Files 磁碟區，請透過磁碟區路徑識別該磁碟區。磁碟區路徑是磁碟區匯出路徑中 `:/` 後的部分。例如，如果掛載路徑為 `10.0.0.2:/importvol1`，則磁碟區路徑為 `importvol1`。

以下範例會在後端 `azurenetappfiles_40517` 匯入一個 `azure-netapp-files` volume，並使用 volume 路徑 `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 支援使用 `google-cloud-netapp-volumes` 驅動程式導入磁碟區。

以下範例使用磁碟區 `testvoleasiaeast1` 從後端 `backend-tbc-gcnv1` 匯入磁碟區。

```
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
|
+------------------------------------------+---------
+----------------------+----------+--------------------------------------
+--------+---------+
```

以下範例示範如何在同一區域存在兩個磁碟區時匯入 `google-cloud-netapp-volumes`磁碟區：

```
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
|
+------------------------------------------+---------
+----------------------+----------+--------------------------------------
+--------+---------+
```

自訂磁碟區名稱和標籤

使用 Trident ，您可以為建立的磁碟區指派有意義的名稱和標籤。這有助於您識別磁碟區並將其輕鬆對應到相應的 Kubernetes 資源（ PVC ）。您也可以在後端定義模板，用於建立自訂磁碟區名稱和自訂標籤；您建立、匯入或複製的任何磁碟區都會遵循這些模板。

開始之前

支援自訂磁碟區名稱和標籤：

- Volume 建立、匯入和複製作業。
- 對於 `ontap-nas-economy` 驅動程式而言，只有 Qtree 磁碟區的名稱符合名稱範本。
- 對於 `ontap-san-economy` 驅動程式而言，只有 LUN 名稱符合名稱範本。

限制

- 自訂磁碟區名稱僅與 ONTAP 內部部署驅動程式相容。
- 僅 `ontap-san`、 `ontap-nas` 和 `ontap-nas-flexgroup` 驅動程式支援自訂標籤。
- 自訂磁碟區名稱不適用於現有磁碟區。

可自訂磁碟區名稱的關鍵行為

- 如果由於名稱範本中的語法無效而導致故障，則後端建立將失敗。但是，如果範本應用程式失敗，則磁碟區將根據現有的命名慣例命名。
- 當使用後端組態中的名稱範本命名磁碟區時，儲存前置字元不適用。任何所需的前置字元值都可以直接新增至範本。

後端組態範例、名稱範本和標籤

可以在根層級和 / 或池層級定義自訂名稱範本。

根層級範例

```
{
  "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}}"
  }
}
```

資源池層級範例

```
{
  "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 }}"
      }
    }
  ]
}
```

名稱範本範例

範例 **1**：

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

範例 **2**：

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

需要考慮的要點

1. 對於磁碟區匯入，僅當現有磁碟區的標籤採用特定格式時，才會更新標籤。例如：`{"provisioning":{"Cluster":"ClusterA", "PVC": "pvcname"}}`
2. 對於託管磁碟區匯入，磁碟區名稱遵循後端定義中根層級定義的名稱範本。
3. Trident 不支援將切片運算子與儲存前置字元一起使用。
4. 如果範本無法產生唯一的磁碟區名稱，Trident 將附加一些隨機字元以建立唯一的磁碟區名稱。
5. 如果 NAS 經濟型磁碟區的自訂名稱長度超過 64 個字元，Trident 將依照現有的命名規則命名磁碟區。對於所有其他 ONTAP 驅動程式，如果磁碟區名稱超過名稱限制，則磁碟區建立程序將會失敗。

跨命名空間共享 NFS Volume

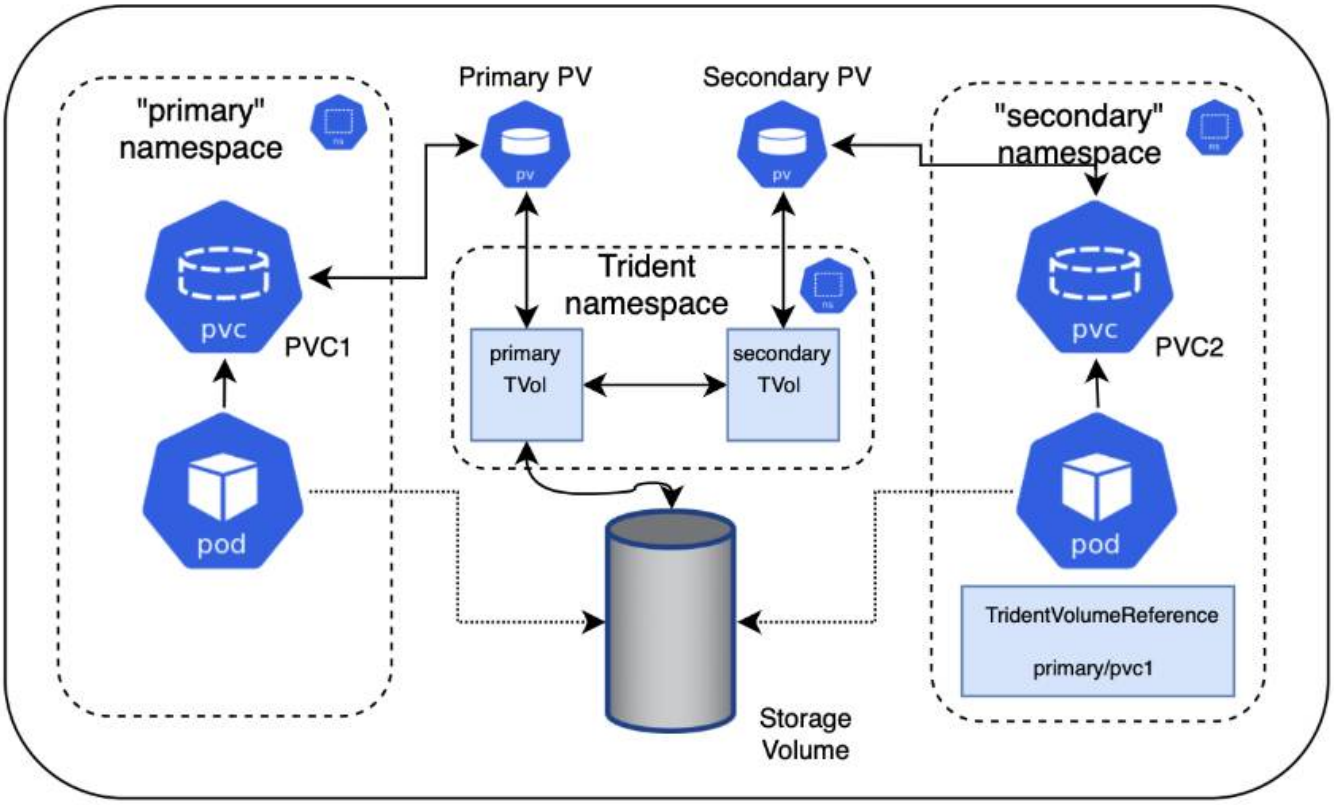
使用 Trident、您可以在主命名空間中建立磁碟區、並在一個或多個次要命名空間中共用該磁碟區。

功能

TridentVolumeReference CR 可讓您在一個或多個 Kubernetes 命名空間之間安全地共用 ReadWriteMany（RWX）NFS 磁碟區。這種 Kubernetes 原生解決方案具有以下優勢：

- 多層級存取控制以確保安全性
- 適用於所有 Trident NFS Volume 驅動程式
- 不依賴 tridentctl 或任何其他非原生 Kubernetes 功能

此圖展示了跨兩個 Kubernetes 命名空間的 NFS 磁碟區共用。



快速入門

只需幾個步驟即可設定 NFS 磁碟區共用。

1 配置來源 **PVC** 以共用磁碟區

來源命名空間擁有者授予存取來源 PVC 中資料的權限。

2 授予在目標命名空間中建立 **CR** 的權限

叢集管理員授予目標命名空間的擁有者建立 TridentVolumeReference CR 的權限。

3 在目標命名空間中建立 **TridentVolumeReference**

目標命名空間的擁有者建立 TridentVolumeReference CR 以引用來源 PVC。

4 在目標命名空間中建立從屬 **PVC**

目標命名空間的擁有者建立從屬 PVC，以使用來源 PVC 中的資料來源。

設定來源和目的地命名空間

為確保安全，跨命名空間共用需要來源命名空間擁有者、叢集管理員和目標命名空間擁有者的協作和操作。每個步驟都會指定使用者角色。

步驟

1. 來源命名空間擁有者： 在來源命名空間中建立 PVC(`pvc1`，該 PVC 授予與目標命名空間(`namespace2`共享的權限，使用 `shareToNamespace`註解。

```
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 會建立 PV 及其後端 NFS 儲存磁碟區。

- 您可以使用逗號分隔的清單將 PVC 共用給多個命名空間。例如，`trident.netapp.io/shareToNamespace: namespace2,namespace3,namespace4`。
- 您可以使用 `*` 共用到所有命名空間。例如，`trident.netapp.io/shareToNamespace: *`
- 您可以隨時更新 PVC 以包含 `shareToNamespace`註釋。

2. 叢集管理員： 確保已部署適當的基於角色的存取控制（RBAC），以授予目標命名空間擁有者在目標命名空間中建立 TridentVolumeReference CR 的權限。
3. 目標命名空間擁有者： 在目標命名空間中建立一個 TridentVolumeReference CR，引用來源命名空間 `pvc1`。

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

4. 目標命名空間擁有者： 在目標命名空間 (`namespace2`）中建立一個 PVC (`pvc2`），並使用 `shareFromPVC` 註解來指定來源 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
```

目的地 PVC 的大小必須小於或等於來源 PVC。

結果

Trident 讀取 `shareFromPVC`目標 PVC 上的註解，並將目標 PV 建立為從屬磁碟區，該磁碟區本身沒有儲存資源，指向來源 PV 並共用來源 PV 的儲存資源。目標 PVC 和 PV 看起來就像正常綁定一樣。

刪除共享磁碟區

您可以刪除跨多個命名空間共享的磁碟區。Trident 將移除來源命名空間對該磁碟區的存取權限，並保留其他共用該磁碟區的命名空間的存取權限。當所有引用該磁碟區的命名空間都被移除後，Trident 才會刪除該磁碟區。

使用 `tridentctl get`查詢從屬磁碟區

使用 [`tridentctl` 公用程式，您可以執行 `get` 命令來取得從屬磁碟區。如需詳細資訊、請參閱 `tridentctl` 命令和選項。

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

標記：

- `-h, --help`：有關磁碟區的說明。
- `--parentOfSubordinate string`：將查詢限制在從屬來源磁碟區。
- `--subordinateOf string`：將查詢限制在 Volume 的下級。

限制

- Trident 無法阻止目的地命名空間寫入共用磁碟區。您應該使用檔案鎖定或其他程序來防止覆寫共用磁碟區資料。

- 您無法透過移除 `shareToNamespace` 或 `shareFromNamespace` 註解或刪除 `TridentVolumeReference` CR 來撤銷對來源 PVC 的存取權限。若要撤銷存取權限，您必須刪除從屬 PVC。
- 從屬磁碟區無法進行 Snapshot、複本和鏡射操作。

如需更多資訊

若要深入瞭解跨命名空間磁碟區存取：

- 觀看 "NetAppTV" 上的示範影片。

跨命名空間複製磁碟區

使用 Trident、您可以利用同一 Kubernetes 叢集中不同命名空間內的現有磁碟區或磁碟區快照建立新磁碟區。

先決條件

在複製磁碟區之前、請確保來源和目的地後端的類型相同、且具有相同的儲存類別。

跨命名空間複製僅支援 `ontap-san` 和 `ontap-nas` 儲存驅動程式。不支援唯讀複製。

快速入門

只需幾個步驟即可設定磁碟區複製。

1. 配置來源 **PVC** 以複製磁碟區

來源命名空間擁有者授予存取來源 PVC 中資料的權限。

2. 授予在目標命名空間中建立 **CR** 的權限

叢集管理員授予目標命名空間的擁有者建立 TridentVolumeReference CR 的權限。

3. 在目標命名空間中建立 **TridentVolumeReference**

目標命名空間的擁有者建立 TridentVolumeReference CR 以引用來源 PVC。

4. 在目標命名空間中建立複製 **PVC**

目標命名空間的擁有者建立 PVC 以複製來源命名空間中的 PVC 。

設定來源和目的地命名空間

為確保安全，跨命名空間複製磁碟區需要來源命名空間擁有者、叢集管理員和目標命名空間擁有者的協作和操

作。每個步驟都會指定使用者角色。

步驟

1. 來源命名空間擁有者： 在來源命名空間(namespace1)中建立 PVC(pvc1)，並使用 cloneToNamespace` 註解授權與目標命名空間 (`namespace2)共享。

```
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 建立 PV 及其後端儲存磁碟區。

- 您可以使用逗號分隔的清單將 PVC 共用給多個命名空間。例如， `trident.netapp.io/cloneToNamespace: namespace2,namespace3,namespace4`。
- 您可以使用 * 共用到所有命名空間。例如， `trident.netapp.io/cloneToNamespace: *`
- 您可以隨時更新 PVC 以包含 `cloneToNamespace`註釋。

2. 叢集管理員： 確保已配置正確的 RBAC，以授予目標命名空間擁有者在目標命名空間中建立 TridentVolumeReference CR 的權限(namespace2）。
3. 目標命名空間擁有者： 在目標命名空間中建立一個 TridentVolumeReference CR，引用來源命名空間 pvc1。

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

4. 目標命名空間擁有者： 在目標命名空間 (`namespace2`) 中建立一個 PVC (`pvc2`) ，使用 `cloneFromPVC` 或 `cloneFromSnapshot`，以及 `cloneFromNamespace` 註解來指定來源 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

- 對於使用 ontap-nas-economy 驅動程式配置的 PVC、不支援唯讀複本。

使用 SnapMirror 複製磁碟區

Trident 支援在叢集上的來源磁碟區和對等叢集上的目標磁碟區之間建立鏡像關係，以複製資料進行災難復原。 您可以使用名為 Trident Mirror Relationship（TMR）的命名空間自訂資源定義（CRD）來執行下列操作：

- 在磁碟區（PVC）之間建立鏡像關係
- 移除磁碟區之間的鏡射關係
- 打破鏡像關係
- 在災難情況下（容錯移轉）提升次要磁碟區
- 在計劃內故障轉移或遷移期間，實現應用程式在叢集間的無損遷移

複寫的前提條件

在開始之前、請確保符合下列先決條件：

ONTAP 叢集

- **Trident**：使用 ONTAP 作為後端的來源 Kubernetes 叢集和目標 Kubernetes 叢集上必須存在 Trident 版本 22.10 或更新版本。
- 授權：必須在來源和目的地 ONTAP 叢集上啟用使用資料保護套件的 ONTAP SnapMirror 非同步授權。如需

詳細資訊，請參閱 "SnapMirror 授權總覽（ONTAP）"。

從 ONTAP 9.10.1 開始，所有授權均以 NetApp 授權檔案（NLF）的形式提供，這是一個可啟用多項功能的單一檔案。請參閱 "ONTAP One 隨附的授權" 以取得更多資訊。

> 僅支援 SnapMirror 非同步保護。

對等

- 叢集和 **SVM**：ONTAP 儲存後端必須建立對等連線。如需詳細資訊，請參閱 "叢集和 SVM 對等連接概述"。

> 確保兩個 ONTAP 叢集之間複寫關係中使用的 SVM 名稱是唯一的。

- **Trident** 和 **SVM**：對等遠端 SVM 必須可供目的地叢集上的 Trident 使用。

支援的驅動程式

NetApp Trident 支援使用下列驅動程式支援的儲存類別、透過 NetApp SnapMirror 技術進行磁碟區複寫：**`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 系統不支援使用 SnapMirror 的磁碟區複寫。如需 ASA r2 系統的相關資訊、請參閱"了解 ASA r2 儲存系統"。

建立鏡射 PVC

請依照這些步驟並使用 CRD 範例，在主磁碟區和次要磁碟區之間建立鏡像關係。

步驟

1. 在主要 Kubernetes 叢集上執行下列步驟：
   a. 建立一個帶有 `trident.netapp.io/replication: true` 參數的 StorageClass 物件。

      範例

      ```
      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. 使用先前建立的 StorageClass 建立 PVC。

範例

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

c. 建立包含本機資訊的 MirrorRelationship CR。

範例

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

Trident 取得磁碟區的內部資訊和磁碟區的目前資料保護（DP）狀態，然後填入 MirrorRelationship 的狀態欄位。

d. 取得 TridentMirrorRelationship CR 以取得 PVC 的內部名稱和 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. 在次要 Kubernetes 叢集上執行下列步驟：

   a. 建立 StorageClass 並設定 trident.netapp.io/replication: true 參數。

   範例

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

   b. 建立包含目標和來源資訊的 MirrorRelationship CR。

   範例

```
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 將使用已設定的關係原則名稱（或 ONTAP 的預設值）建立 SnapMirror 關係並將其初始化。

c. 建立一個 PVC，將先前建立的 StorageClass 作為輔助（SnapMirror 目標）。

範例

```
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 將檢查 TridentMirrorRelationship CRD，如果關係不存在，則建立磁碟區失敗。如果關係存在，Trident 將確保將新 FlexVol 磁碟區放置在與 MirrorRelationship 中定義的遠端 SVM 對等的 SVM 上。

Volume 複寫狀態

Trident 鏡像關係（TMR）是一種 CRD，它表示 PVC 之間複製關係的一端。目標 TMR 具有一個狀態，該狀態告知 Trident 所需的狀態。目標 TMR 具有以下狀態：

- 已建立：本地 PVC 是鏡像關係的目標磁碟區，這是一個新的關係。
- **Promoted**：本機 PVC 為 ReadWrite 且可掛載，目前沒有鏡像關係生效。
- 重新建立：本機 PVC 是鏡像關係的目的地 Volume，且先前也處於該鏡像關係中。
  - 如果目標 volume 曾經與來源 volume 有關聯，則必須使用重新建立的狀態，因為它會覆寫目標 volume 的內容。
  - 如果磁碟區之前未與來源建立關係，則重新建立的狀態將會失敗。

在非計劃性容錯移轉期間提升次要 PVC

在次要 Kubernetes 叢集上執行下列步驟：

- 將 TridentMirrorRelationship 的 *spec.state* 欄位更新為 `promoted`。

在計劃故障切換期間推廣次要 PVC

在計劃性容錯移轉（移轉）期間，執行以下步驟以提升次要 PVC：

步驟

1. 在主 Kubernetes 叢集上、建立 PVC 的快照、並等待快照建立完成。
2. 在主 Kubernetes 叢集上、建立 SnapshotInfo CR 以取得內部詳細資訊。

   範例

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

3. 在輔助 Kubernetes 叢集上，將 *TridentMirrorRelationship* CR 的 *spec.state* 欄位更新為 *promoted*，並將 *spec.promotedSnapshotHandle* 更新為快照的 internalName。
4. 在輔助 Kubernetes 叢集上，確認 TridentMirrorRelationship 的狀態（status.state 欄位）是否已提升。

故障轉移後還原鏡像關係

在還原鏡射關係之前、請選擇您要做為新主要端的一端。

步驟

1. 在輔助 Kubernetes 叢集上，確保 TridentMirrorRelationship 上 *spec.remoteVolumeHandle* 欄位的值已更新。
2. 在輔助 Kubernetes 叢集上，將 TridentMirrorRelationship 的 *spec.mirror* 欄位更新為 `reestablished`。

其他作業

Trident 支援對主要磁碟區和次要磁碟區執行下列操作：

將主要 **PVC** 複寫到新的次要 **PVC**

請確保您已備有主要 PVC 和次要 PVC。

步驟

1. 從已建立的輔助（目標）叢集中刪除 PersistentVolumeClaim 和 TridentMirrorRelationship CRD。
2. 從主（來源）叢集中刪除 TridentMirrorRelationship CRD。
3. 在主（來源）叢集上為要建立的新輔助（目標）PVC 建立一個新的 TridentMirrorRelationship CRD。

調整鏡像、主要或次要 **PVC** 的大小

PVC 可以像往常一樣調整大小，如果資料量超過目前大小，ONTAP 將自動擴展任何目標 FlexVol。

從 **PVC** 移除複寫

若要移除複寫，請對目前的次要磁碟區執行下列其中一項作業：

- 刪除輔助 PVC 上的 MirrorRelationship。這將破壞複寫關係。
- 或者，將 spec.state 欄位更新為 *promoted* 。

刪除一個 **PVC**（之前已鏡像）

Trident 會檢查是否有複寫的 PVC，並在嘗試刪除磁碟區之前釋放複寫關係。

刪除 **TMR**

刪除鏡像關係一側的 TMR 會導致剩餘的 TMR 在 Trident 完成刪除作業之前轉換為 *promoted* 狀態。如果選擇刪除的 TMR 已處於 *promoted* 狀態，表示不存在鏡像關係，此時 TMR 將被移除，Trident 會將本機 PVC 提升為 *ReadWrite* 狀態。此刪除操作會釋放 ONTAP 中本機磁碟區的 SnapMirror 中繼資料。如果將來在鏡像關係中使用此磁碟區，則在建立新鏡像關係時必須使用狀態為 *established* 的磁碟區複寫新 TMR。

ONTAP 上線時更新鏡像關係

鏡像關係建立後可隨時更新。您可以使用 `state: promoted`或 `state: reestablished`欄位來更新關係。將目標磁碟區提升為常規 ReadWrite 磁碟區時、您可以使用 *promotedSnapshotHandle* 指定要將目前磁碟區還原到的特定快照。

ONTAP 離線時更新鏡像關係

您可以使用 CRD 執行 SnapMirror 更新，而無需 Trident 與 ONTAP 叢集直接連線。請參考以下 TridentActionMirrorUpdate 範例格式：

範例

```
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 TridentActionMirrorUpdate CRD 的狀態。它可以取值於 *Succeeded*、*In Progress* 或 *Failed*。

使用 CSI 拓撲

Trident 可以利用 "CSI Topology 功能"選擇性地建立磁碟區並將其附加到 Kubernetes 叢集中的節點。

概況

使用 CSI Topology 功能，可以根據區域和可用區將磁碟區的存取權限限制在部分節點上。如今，雲端供應商允許 Kubernetes 管理員建立基於可用區的節點。節點可以位於同一區域內的不同可用區，也可以跨越多個區域。為了方便在多可用區架構中為工作負載配置磁碟區，Trident 使用 CSI Topology。

深入瞭解 CSI Topology 功能 "這裡"。

Kubernetes 提供兩種獨特的磁碟區繫結模式：

- 將 `VolumeBindingMode`設為 `Immediate`時、Trident 會在不感知拓撲的情況下建立磁碟區。磁碟區繫結和動態資源配置會在建立 PVC 時處理。這是預設 `VolumeBindingMode、適用於不強制執行拓撲限制的叢集。持續磁碟區的建立不會依賴要求 Pod 的排程需求。
- 將 `VolumeBindingMode`設為 `WaitForFirstConsumer`時、系統會延遲建立 PVC 的持續磁碟區並將其繫結、直到排程並建立使用該 PVC 的 Pod 為止。如此一來、建立的磁碟區就能符合拓撲需求所強制執行的排程限制。

`WaitForFirstConsumer` 綁定模式不需要拓樸標籤。它可以獨立於 CSI 拓樸功能使用。

您需要準備的項目

若要使用 CSI Topology，您需要下列項目：

- 執行 "支援的 Kubernetes 版本" 的 Kubernetes 叢集

```
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"}
```

- 叢集中的節點應該帶有用於引入拓撲感知的標籤(`topology.kubernetes.io/region`和 `topology.kubernetes.io/zone`）。這些標籤*應該在安裝 Trident 之前就存在於叢集中的節點上*，以便 Trident 能夠感知拓撲。

```
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"}]
```

步驟 1：建立拓樸感知後端

Trident 儲存後端可設計為根據可用區選擇性地配置磁碟區。每個後端都可以包含一個可選的 `supportedTopologies` 資料區塊，用於指定支援的區域和可用區清單。對於使用此類後端的 StorageClasses ，僅當調度到受支援區域/可用區的應用程式請求時，才會建立相應的磁碟區。

以下是後端定義範例：

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` 用於為每個後端提供區域和可用區清單。這些區域和可用區代表可以在 StorageClass 中提供的允許值清單。對於包含後端提供的區域和可用區子集的 StorageClasses，Trident 會在後端建立一個磁碟區。

您也可以按儲存池定義 `supportedTopologies`。請參閱以下範例：

```
---
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
```

在此範例中、 `region` 和 `zone` 標籤代表儲存資源池的位置。 `topology.kubernetes.io/region` 和 `topology.kubernetes.io/zone` 則指定可從何處使用儲存資源池。

步驟 2：定義可感知拓撲的 StorageClasses

根據提供給叢集中節點的拓樸標籤、StorageClasses 可定義為包含拓樸資訊。這將決定哪些儲存資源池可作為 PVC 要求的候選對象、以及哪些節點子集可以使用 Trident 所配置的磁碟區。

請參閱以下範例：

```
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
```

在上述提供的 StorageClass 定義中， `volumeBindingMode` 被設定為 `WaitForFirstConsumer` 。使用此 StorageClass 請求的 PVC 只有在 Pod 中被引用後才會生效。而且， `allowedTopologies` 提供要使用的 zone 和 region 。 `netapp-san-us-east1` StorageClass 會在上述定義的 `san-backend-us-east1` 後端上建立 PVC 。

步驟 3：建立並使用 PVC

建立 StorageClass 並映射到後端後，您現在可以建立 PVC 。

請看下面的例子 `spec` ：

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

使用此資訊清單建立 PVC 將產生下列結果：

```
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
```

若要讓 Trident 建立磁碟區並將其繫結至 PVC，請在 Pod 中使用 PVC。請參閱以下範例：

```
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
```

這個 podSpec 指示 Kubernetes 將 pod 排程到 `us-east1` 區域中存在的節點上，並從 `us-east1-a` 或 `us-east1-b` 區域中存在的任何節點中進行選擇。

請參閱下列輸出：

```
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
```

更新後端以包含 supportedTopologies

可以更新現有後端，使其包含 supportedTopologies`清單，使用 `tridentctl backend update。這不會影響已配置的磁碟區，並且僅用於後續的 PVC。

尋找更多資訊

- "管理容器資源"
- "nodeSelector"
- "親和性與反親和性"
- "污點與容忍度"

使用快照

Kubernetes 持久磁碟區（PV）的磁碟區快照功能可以建立磁碟區的特定時間點副本。您可以建立使用 Trident 建立的磁碟區快照、匯入在 Trident 外部建立的快照、從現有快照建立新磁碟區，以及從快照還原磁碟區資料。

概況

Volume snapshot 受 ontap-nas、 ontap-nas-flexgroup、 ontap-san、 ontap-san-economy、 solidfire-san、 `azure-netapp-files`和 `google-cloud-netapp-volumes`驅動程式支援。

開始之前

若要使用快照，您必須擁有外部快照控制器和自訂資源定義（CRD）。這是 Kubernetes 編排器（例如：Kubeadm、GKE、OpenShift）的職責。

如果您的 Kubernetes 發行版不包含快照控制器和 CRD ，請參閱 部署 Volume Snapshot Controller。

> 如果要在 GKE 環境中建立按需磁碟區快照、請勿建立快照控制器。GKE 使用內建的隱藏快照控制器。

建立 Volume Snapshot

步驟

1. 建立 `VolumeSnapshotClass`。如需詳細資訊、請參閱 "VolumeSnapshotClass"。
   - `driver` 指向 Trident CSI 驅動程式。
   - `deletionPolicy` 可以是 `Delete` 或 `Retain`。設定為 `Retain` 時，即使 `VolumeSnapshot` 物件被刪除，儲存叢集上的底層實體快照也會被保留。

   範例

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

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

2. 建立現有 PVC 的快照。

   範例
   - 此範例會建立現有 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
   ```

   - 此範例為名為 `pvc1`的 PVC 建立磁碟區快照物件，並將快照名稱設為 `pvc1-snap`。VolumeSnapshot 類似於 PVC，並與 `VolumeSnapshotContent`物件相關聯，該物件代表實際快照。

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

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

- 您可以透過描述該 `VolumeSnapshotContent` 物件來識別 `pvc1-snap` VolumeSnapshot。該 `Snapshot Content Name` 會識別提供此快照的 VolumeSnapshotContent 物件。該 `Ready To Use` 參數表示此快照可用於建立新的 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
...
```

從磁碟區快照建立 PVC

您可以使用 `dataSource`來建立 PVC，使用名為 `<pvc-name>`的 VolumeSnapshot 作為資料來源。建立 PVC 後，可以將其附加到 pod 上，並像使用其他 PVC 一樣使用它。

> PVC 將在與來源磁碟區相同的後端建立。請參閱"知識庫：無法在備用後端從 Trident PVC 快照建立 PVC"。

以下範例使用 `pvc1-snap` 作為資料來源建立 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
```

匯入磁碟區快照

Trident 支援"Kubernetes 預先配置快照流程"讓叢集管理員建立 `VolumeSnapshotContent`物件並匯入在 Trident 外部建立的快照。

開始之前

Trident 必須已建立或匯入快照的父 Volume 。

步驟

1. 叢集管理員： 建立一個 `VolumeSnapshotContent`物件，參照後端快照。這會在 Trident 中啟動快照工作流程。
   - 在 `annotations`中將後端快照的名稱指定為 `trident.netapp.io/internalSnapshotName: <"backend-snapshot-name">`。
   - 請在 `<name-of-parent-volume-in-trident>/<volume-snapshot-content-name>`中指定 `snapshotHandle`。這是外部快照工具在 `ListSnapshots`呼叫中提供給 Trident 的唯一資訊。

     <volumeSnapshotContentName> 由於 CR 命名限制，無法始終與後端快照名稱相符。

     範例

     以下範例建立了一個 `VolumeSnapshotContent`物件，該物件引用後端快照 `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. **Cluster admin**： 建立 `VolumeSnapshot` CR，參照 `VolumeSnapshotContent`物件。這會要求存取權限，以便在指定的命名空間中使用 `VolumeSnapshot`。

   範例

   以下範例會建立一個 `VolumeSnapshot` CR，名為 `import-snap`，該 CR 會參照 `VolumeSnapshotContent`，名為 `import-snap-content`。

```
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. *內部處理（無需操作）：*外部快照程式識別新建立的 `VolumeSnapshotContent`並執行 `ListSnapshots`呼叫。`Trident` 建立 `TridentSnapshot`。
   - 外部 snapshotter 會將 `VolumeSnapshotContent` 設為 `readyToUse`，並將 `VolumeSnapshot` 設為 `true`。
   - Trident 返回 `readyToUse=true`。
4. 任何使用者： 建立一個 `PersistentVolumeClaim` 以參照新的 `VolumeSnapshot`，其中 `spec.dataSource`（或 `spec.dataSourceRef`）名稱是 `VolumeSnapshot` 名稱。

範例

以下範例建立了一個 PVC，參考名為 `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
```

使用快照恢復磁碟區資料

預設情況下，快照目錄處於隱藏狀態，以確保使用 `ontap-nas` 和 `ontap-nas-economy` 驅動程式配置的磁碟區的最大相容性。啟用 `.snapshot` 目錄即可直接從快照還原資料。

使用 volume snapshot restore ONTAP CLI 將磁碟區還原到先前快照中記錄的狀態。

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

還原 Snapshot 複本時、現有的 Volume 組態會被覆寫。建立 Snapshot 複本後對 Volume 資料所做的變更將會遺失。

從快照進行就地 **Volume** 還原

Trident 使用 `TridentActionSnapshotRestore` (TASR) CR 從快照快速進行原廠磁碟區復原。此 CR 作為一項命令式 Kubernetes 操作運行，操作完成後不會持久保存。

Trident 支援在 `ontap-san`、 `ontap-san-economy`、 `ontap-nas`、 `ontap-nas-flexgroup`、 `azure-netapp-files`、 `google-cloud-netapp-volumes`和 `solidfire-san`驅動程式上進行快照還原。

開始之前

您必須擁有已綁定的 PVC 和可用的磁碟區快照。

- 確認 PVC 狀態為已綁定。

```
kubectl get pvc
```

- 確認磁碟區快照已準備就緒可供使用。

```
kubectl get vs
```

步驟

1. 建立 TASR CR。此範例為 PVC `pvc1` 和磁碟區快照 `pvc1-snapshot`建立 CR。

   TASR CR 必須位於 PVC 和 VS 存在的命名空間中。

```
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. 套用 CR 從快照還原。此範例從快照還原 `pvc1`。

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

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

結果

Trident 會從快照還原資料。您可以驗證快照還原狀態：

```
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: ""
```

- 在大多數情況下，Trident 不會在操作失敗後自動重試。您需要再次執行該操作。
- 沒有管理員權限的 Kubernetes 使用者可能需要管理員授予權限才能在其應用程式命名空間中建立 TASR CR。

刪除具有相關快照的 PV

刪除包含關聯快照的持久性磁碟區時，對應的 Trident 磁碟區會更新為「正在刪除」狀態。刪除磁碟區快照即可刪除 Trident 磁碟區。

部署 Volume Snapshot Controller

如果您的 Kubernetes 發行版不包含快照控制器和 CRD、您可以依照下列方式部署它們。

步驟

1. 建立 Volume Snapshot 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. 建立 Snapshot Controller。

```
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，請打開 `deploy/kubernetes/snapshot-controller/rbac-snapshot-controller.yaml` 並更新 `namespace` 到您的命名空間。

相關連結

- "Volume 快照"
- "VolumeSnapshotClass"

使用磁碟區群組快照

Kubernetes 持久性磁碟區（PV）的磁碟區群組快照 NetApp Trident 提供建立多個磁碟區快照（磁碟區快照群組）的功能。此磁碟區群組快照代表在同一時間點從多個磁碟區取得的複本。

VolumeGroupSnapshot 是 Kubernetes 中的一項測試版功能，使用測試版 API。Kubernetes 1.32 是 VolumeGroupSnapshot 的最低版本要求。

建立 Volume Group 快照

以下儲存驅動程式支援 Volume group snapshot：

- `ontap-san` driver - 僅適用於 iSCSI 和 FC 協定，不適用於 NVMe/TCP 協定。
- `ontap-san-economy` - 僅適用於 iSCSI 協定。
- `ontap-nas`

NetApp ASA r2 或 AFX 儲存系統不支援 Volume group snapshot。

開始之前

- 請確保您的 Kubernetes 版本為 K8s 1.32 或更高版本。
- 若要使用快照，您必須擁有外部快照控制器和自訂資源定義（CRD）。這是 Kubernetes 編排器（例如：Kubeadm、GKE、OpenShift）的職責。

  如果您的 Kubernetes 發行版不包含外部快照控制器和 CRD ，請參閱 部署 Volume Snapshot Controller 。

  如果要在 GKE 環境中建立按需磁碟區組快照，請勿建立快照控制器。GKE 使用內建的隱藏快照控制器。

- 在快照控制器 YAML 中，將 `CSIVolumeGroupSnapshot` 功能閘設定為 'true'，以確保啟用磁碟區群組快照。
- 在建立磁碟區群組快照之前，請先建立所需的磁碟區群組快照類別。
- 確保所有 PVC/ 磁碟區都在同一 SVM 上、才能建立 VolumeGroupSnapshot。

步驟

- 在建立 VolumeGroupSnapshot 之前，請先建立 VolumeGroupSnapshotClass。如需更多資訊，請參閱 "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
```

- 使用現有的儲存類別建立具有所需標籤的 PVC，或將這些標籤新增至現有的 PVC。

  以下範例使用 `pvc1-group-snap` 作為資料來源和標籤 `consistentGroupSnapshot: groupA` 建立 PVC。請根據您的需求定義標籤的鍵和值。

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

- 建立具有與 PVC 中指定的標籤(`consistentGroupSnapshot: groupA`相同的 VolumeGroupSnapshot。

  此範例會建立磁碟區群組快照：

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

使用群組快照恢復磁碟區資料

您可以使用作為 Volume Group Snapshot 一部分建立的個別快照來還原個別 Persistent Volume 。您無法將 Volume Group Snapshot 作為一個單元進行還原。

使用 volume snapshot restore ONTAP CLI 將磁碟區還原到先前快照中記錄的狀態。

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

還原 Snapshot 複本時、現有的 Volume 組態會被覆寫。建立 Snapshot 複本後對 Volume 資料所做的變更將會遺失。

從快照進行就地 Volume 還原

Trident 使用 `TridentActionSnapshotRestore` (TASR) CR 從快照快速進行原廠磁碟區復原。此 CR 作為一項命令式 Kubernetes 操作運行，操作完成後不會持久保存。

如需詳細資訊，請參閱 "從快照進行就地 Volume 還原"。

刪除具有相關群組快照的 PV

刪除群組 Volume 快照時：

- 您可以整體刪除 VolumeGroupSnapshots，而不是刪除群組中的單一快照。
- 如果刪除 PersistentVolumes 時該 PersistentVolume 已存在快照，Trident 會將該磁碟區移至「刪除中」狀態，因為必須先移除快照才能安全地移除該磁碟區。
- 如果使用分組快照建立了複本，然後要刪除該群組，則會開始複本分割作業，並且在分割完成之前無法刪除該群組。

部署 Volume Snapshot Controller

如果您的 Kubernetes 發行版不包含快照控制器和 CRD、您可以依照下列方式部署它們。

步驟

1. 建立 Volume Snapshot 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_volumegroupsnapshotcl
asses.yaml
kubectl apply -f https://raw.githubusercontent.com/kubernetes-
csi/external-snapshotter/release-
8.2/client/config/crd/groupsnapshot.storage.k8s.io_volumegroupsnapshotco
ntents.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. 建立 Snapshot Controller。

```
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，請打開 `deploy/kubernetes/snapshot-controller/rbac-snapshot-controller.yaml` 並更新 `namespace` 到您的命名空間。

相關連結

- "VolumeGroupSnapshotClass"
- "Volume 快照"