

?? 2 : ?? ?? (Virtual Devices)

在 虚拟机 中 使用 虚拟 设备 时 ， 我们 需要 了解 一些 基本概念 。 首先 ， 虚拟机 的 磁盘 设备 通常 是 通过 虚拟 磁盘 文件 来 实现 的 。 其次 ， 虚拟机 的 网络 设备 通常 是 通过 虚拟 网络 接口 来 实现 的 。 最后 ， 虚拟机 的 存储 设备 通常 是 通过 虚拟 存储 池 来 实现 的 。

ZFS 文件系统 是 一个 非常 强大 的 文件系统 ， 它 支持 各种 存储 设备 和 存储 池 。 ZFS 文件系统 的 主要 特点 包括 ： 数据 冗余 、 快照 、 克隆 、 迁移 等 。

??? ? ?? ?? ?? (Disks and Other Storage Media)

ZFS 文件系统 支持 各种 存储 设备 和 存储 池 。 FreeBSD GEOM 子系统 是 一个 非常 强大 的 子系统 ， 它 支持 各种 存储 设备 和 存储 池 。 ZFS 文件系统 的 主要 特点 包括 ： 数据 冗余 、 快照 、 克隆 、 迁移 等 。

?? ??? ??? (Raw Disk Storage)

在 虚拟机 中 使用 原始 磁盘 存储 时 ， 我们 需要 了解 一些 基本概念 。 首先 ， 虚拟机 的 磁盘 设备 通常 是 通过 虚拟 磁盘 文件 来 实现 的 。 其次 ， 虚拟机 的 网络 设备 通常 是 通过 虚拟 网络 接口 来 实现 的 。 最后 ， 虚拟机 的 存储 设备 通常 是 通过 虚拟 存储 池 来 实现 的 。

在 虚拟机 中 使用 原始 磁盘 存储 时 ， 我们 需要 了解 一些 基本概念 。 首先 ， 虚拟机 的 磁盘 设备 通常 是 通过 虚拟 磁盘 文件 来 实现 的 。 其次 ， 虚拟机 的 网络 设备 通常 是 通过 虚拟 网络 接口 来 实现 的 。 最后 ， 虚拟机 的 存储 设备 通常 是 通过 虚拟 存储 池 来 实现 的 。

在 虚拟机 中 使用 原始 磁盘 存储 时 ， 我们 需要 了解 一些 基本概念 。 首先 ， 虚拟机 的 磁盘 设备 通常 是 通过 虚拟 磁盘 文件 来 实现 的 。 其次 ， 虚拟机 的 网络 设备 通常 是 通过 虚拟 网络 接口 来 实现 的 。 最后 ， 虚拟机 的 存储 设备 通常 是 通过 虚拟 存储 池 来 实现 的 。

??? ????

在 虚拟机 中 使用 原始 磁盘 存储 时 ， 我们 需要 了解 一些 基本概念 。 首先 ， 虚拟机 的 磁盘 设备 通常 是 通过 虚拟 磁盘 文件 来 实现 的 。 其次 ， 虚拟机 的 网络 设备 通常 是 通过 虚拟 网络 接口 来 实现 的 。 最后 ， 虚拟机 的 存储 设备 通常 是 通过 虚拟 存储 池 来 实现 的 。

本文將探討在 FreeBSD 系統中，如何透過 ZFS 實現數據的高可用性和容錯能力。

在 Solaris 中，ZFS 是作為一個獨立的分區系統（即 Solaris 的 UFS 分區系統）實現的。而在 FreeBSD 中，ZFS 則是作為一個內核模塊（即 FreeBSD 的 ZFS 模塊）實現的。Solaris 的 ZFS 實現與 FreeBSD 的 ZFS 實現存在一些差異，這些差異主要體現在數據結構、性能優化以及兼容性等方面。FreeBSD 的 ZFS 實現通常被認為是更成熟、更穩定的，因此在生產環境中得到了廣泛的應用。

FreeBSD 的 ZFS 實現支持多種分區表格式，包括 MBR 和 GPT。GPT 格式支持更大的分區大小（最高可達 128TB），並且支持更多的分區數量（最高可達 128 個）。MBR 格式則支持較小的分區大小（最高可達 2TB）和較少的分區數量（最高可達 4 個）。在選擇分區表格式時，需要根據具體的硬件配置和數據需求進行選擇。此外，FreeBSD 還支持多種數據加密算法，包括 AES-XTS 和 AES-NI，以確保數據的安全性。

在 FreeBSD 中，ZFS 的數據結構是基於塊的（block-based）。這意味著數據是以塊的形式存儲在磁盤上的，而不是以文件的形式。這種數據結構使得 ZFS 能夠實現數據的冗余和容錯，並支持數據的快照和克隆功能。

在 Solaris 中，ZFS 的數據結構是基於文件的（file-based）。這意味著數據是以文件的形式存儲在磁盤上的，而不是以塊的形式。這種數據結構使得 ZFS 能夠實現數據的冗余和容錯，並支持數據的快照和克隆功能。

GEOM 設備存儲 (GEOM Device Storage)

ZFS 在 FreeBSD 中是通過 GEOM 設備存儲（GEOM Device Storage）實現的。GEOM 是一個內核模塊，它為 ZFS 提供了一個抽象的數據存儲接口。通過 GEOM，ZFS 可以訪問各種不同的存儲設備，包括硬盤、SSD 和網絡存儲設備。GEOM 還支持數據加密、數據壓縮和數據冗余等功能，以確保數據的安全性和可靠性。

在 FreeBSD 中，ZFS 的數據加密是通過 GELI（FreeBSD Disk Encryption Subsystem）實現的。GELI 是一個內核模塊，它為 ZFS 提供了一個數據加密接口。通過 GELI，ZFS 可以對數據進行加密，以確保數據的安全性。GELI 支持多種加密算法，包括 AES-XTS 和 AES-NI。此外，GELI 還支持數據的快照和克隆功能，以確保數據的可用性和容錯能力。在配置 GELI 時，需要選擇合適的加密算法和密匙長度，以確保數據的安全性。

在 FreeBSD 中，ZFS 的高可用性（High Availability, HA）是通過 HAST（High Availability Storage Technology）實現的。HAST 是一個內核模塊，它為 ZFS 提供了一個高可用性接口。通過 HAST，ZFS 可以在多個節點之間實現數據的冗余和容錯，以確保數據的可用性和可靠性。HAST 支持多種數據冗余策略，包括鏡像（mirror）和 RAID-Z。在配置 HAST 時，需要選擇合適的冗余策略和節點數量，以確保數據的高可用性。

RAID ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ .

000 VDEV 3000 0000 00 00000 . 00 0000 4000 000 000 0 00
 00000 . 000 00 00000 000 00 00 000 000 000 00 0000 00000 . ZFS
 0 00 00 0000 00 0000 00000 .

[illegible]

```

# 1000 1000 1000 VDEVs 1000 1000 RAID 1000 1000 1000 1000 . RAID-Z2 1000
RAID-6 1000 1000 , 1000 RAID-Z2 VDEVs 1000 ZFS 1000 RAID-60 1000 1000 . 1000 VDEVs
RAID-1 1000 1000 , 1000 RAID-10 1000 1000 . 1000 1000 ZFS 1000 1000 1000 VDEVs 1000
1000 1000 1000 . 1000 VDEVs 1000 1000 .

```

VDEV ??? (VDEVs Redundancy)

1. 在 `VDEV` 中，每个 `zfs` 数据集都有一个 `zfs` 数据集。

2. 在 `ZFS` 中，每个 `zfs` 数据集都有一个 `zfs` 数据集。

3. 在 `ZFS` 中，每个 `zfs` 数据集都有一个 `zfs` 数据集。

4. 在 `ZFS` 中，每个 `zfs` 数据集都有一个 `zfs` 数据集。

5. 在 `ZFS` 中，每个 `zfs` 数据集都有一个 `zfs` 数据集。

6. 在 `ZFS` 中，每个 `zfs` 数据集都有一个 `zfs` 数据集。

7. 在 `ZFS` 中，每个 `zfs` 数据集都有一个 `zfs` 数据集。

8. 在 `ZFS` 中，每个 `zfs` 数据集都有一个 `zfs` 数据集。

9. 在 `ZFS` 中，每个 `zfs` 数据集都有一个 `zfs` 数据集。

10. 在 `ZFS` 中，每个 `zfs` 数据集都有一个 `zfs` 数据集。

Stripe (1? ???)

\square $\square\square\square$ $\square\square$ VDEV $\square\square\square\square\square\square$ \square , $\square\square\square$ $\square\square\square$. $\square\square$ \square $\square\square$ \square $\square\square\square$

$\square\square\square$ $\square\square\square$ \square $\square\square\square$ $\square\square\square\square$. $\square\square\square\square$ $\square\square$ \square $\square\square$ VDEV $\square\square\square\square$.

ZFS 11 11 11 VDEV 11 1111 11111111 1111 1111 11 VDEV 111111 .
 11 11111 11111 11 1111 11 11 11 11111 . 11 111 11 1111
 11111 . 11111 1111 11 1 111 11111 1111 11111 11111 11111 VDEV
 11 11111 .

Mirrors (2? ??? ???)

$\square \square$ VDEV $\square \square$ $\square \square \square \square$ $\square \square$ $\square \square \square \square$ $\square \square$ $\square \square \square \square$. $\square \square \square \square$ $\square \square \square \square$ \square $\square \square \square \square$ $\square \square \square \square$

$\square \square$ $\square \square \square \square$ $\square \square \square \square$ $\square \square \square \square$ $\square \square \square \square$ \square $\square \square \square \square$. $\square \square \square \square$ $\square \square \square \square$ $\square \square$ $\square \square \square \square$ $\square \square \square \square$ \square

$\square \square \square \square$.

RAID-Z1(3? ??? ???)

Diagram illustrating various RAID configurations:

- RAID 0: Striping across two disks.
- RAID 1: Mirroring across two disks.
- RAID 5: Striping with parity across three disks.
- RAID 6: Striping with double parity across four disks.
- RAID 10: Combining RAID 1 and RAID 0 across four disks.
- JBOD: Concatenating disks without RAID.
- RAID 2: Bit-level striping across three disks.
- RAID 3: Byte-level striping across three disks.
- RAID 4: Block-level striping with parity across three disks.
- RAID 7: Block-level striping with parity and a dedicated cache disk across four disks.
- RAID 8: Block-level striping with parity across four disks.
- RAID 9: Block-level striping with parity across five disks.

寫入 讀取 寫入 讀取 .

ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 (Copy-on-write, 7) 的 方式 來 處理 的 . 寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . 寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 .

?? VDEV (Special VDEVs)

寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . 寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . 寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 .

??? ??? ??(Seperate Intent Log; SLOG, ZIL)

ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 .

寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . 寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . 寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 .

ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 .

寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . 寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . 寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . 寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 .

ZIL 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 .

??(Cache: L2ARC)

寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . 寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . 寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 .

寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 .

寫 入 緩 存 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . RAM 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 . ZFS 的 寫 入 是 採用 寫 入 緩 存 的 方式 來 處理 的 .

2 ARC L2ARC

RAM ZFS L2ARC SSD NVMe SSD ZFS

VDEV? ??? ?? (How VDEVs Affect Performance)

VDEV

IOPS

12 1 (12 x 1TB) 6 2 (6 x 2TB) ZFS IOPS

IOPS RAID-Z

VDEV VDEV

VDEV 1TB 250 IOPS 100MB/s

??? ?? (One Disk)

1. 1 disk: ZFS VDEV configuration. 1 disk, 1 VDEV. Read IOPS: 250, Write IOPS: 250, Read MB/s: 100, Write MB/s: 100, Usable Space: 1 TB (100%), Fault Tolerance: none.

Table 1. Single Disk Virtual Device Configurations

Disks	Config	Read IOPS	Write IOPS	Read MB/s	Write MB/s	Usable Space	Fault Tolerance
1	Stripe	250	250	100	100	1 TB (100%)	none

2. 2 disks: ZFS VDEV configuration. 2 disks, 1 VDEV. Read IOPS: 500, Write IOPS: 250, Read MB/s: 200, Write MB/s: 100, Usable Space: 1 TB (50%), Fault Tolerance: 1.

3. 3 disks: ZFS VDEV configuration. 3 disks, 1 VDEV. Read IOPS: 750, Write IOPS: 250, Read MB/s: 300, Write MB/s: 100, Usable Space: 1 TB (33%), Fault Tolerance: 2.

4. 4 disks: ZFS VDEV configuration. 4 disks, 1 VDEV. Read IOPS: 1000, Write IOPS: 250, Read MB/s: 400, Write MB/s: 100, Usable Space: 1 TB (25%), Fault Tolerance: 3.

5. 2 disks: ZFS VDEV configuration. 2 disks, 2 VDEVs. Read IOPS: 500, Write IOPS: 500, Read MB/s: 200, Write MB/s: 200, Usable Space: 2 TB (100%), Fault Tolerance: none.

6. 2 disks: ZFS VDEV configuration. 2 disks, 1 VDEV. Read IOPS: 500, Write IOPS: 250, Read MB/s: 200, Write MB/s: 100, Usable Space: 1 TB (50%), Fault Tolerance: 1.

Table 2: Two-Disk Virtual Device Configurations

Disks	Config	Read IOPS	Write IOPS	Read MB/s	Write MB/s	Usable Space	Fault Tolerance
2	2 x Stripe	500	500	200	200	2 TB (100%)	none
2	1 x 2 disk Mirror	500	250	200	100	1 TB (50%)	1

7. 3 disks: ZFS VDEV configuration. 3 disks, 1 VDEV. Read IOPS: 750, Write IOPS: 250, Read MB/s: 300, Write MB/s: 100, Usable Space: 1 TB (33%), Fault Tolerance: 2.

8. 3 disks: ZFS VDEV configuration. 3 disks, 1 VDEV. Read IOPS: 750, Write IOPS: 250, Read MB/s: 300, Write MB/s: 100, Usable Space: 1 TB (33%), Fault Tolerance: 2.

9. 3 disks: ZFS VDEV configuration. 3 disks, 1 VDEV. Read IOPS: 750, Write IOPS: 250, Read MB/s: 300, Write MB/s: 100, Usable Space: 1 TB (33%), Fault Tolerance: 2.

10. 3 disks: ZFS VDEV configuration. 3 disks, 1 VDEV. Read IOPS: 750, Write IOPS: 250, Read MB/s: 300, Write MB/s: 100, Usable Space: 1 TB (33%), Fault Tolerance: 2.

RAID-Z1 的 性能 比 VDEV 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。 因此 在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID-Z 的 性能 比 VDEV 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。

Table 3: Three-Disk Virtual Device Configurations

Disks	Config	Read IOPS	Write IOPS	Read MB/s	Write MB/s	Usable Space	Fault Tolerance
3	1 x 3 disk Mirror	750	250	300	100	1 TB (33%)	2
3	1 x 3 disk RAID-Z1	250	250	200	200	2 TB (66%)	1

在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID-Z 的 性能 比 VDEV 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。 因此 在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID-Z 的 性能 比 VDEV 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。 因此 在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID-Z 的 性能 比 VDEV 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。

??? 4? ?? 5? ??? (Four or Five Disks)

4 个 5 个 磁盘 的 性能 比 3 个 磁盘 的 性能 高 很多 倍 。

在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID 10 的 性能 比 VDEV 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。 因此 在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID-Z 的 性能 比 VDEV 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。 因此 在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID-Z 的 性能 比 VDEV 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。

在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID-Z2 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。 因此 在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID-Z 的 性能 比 VDEV 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。 因此 在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID-Z 的 性能 比 VDEV 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。

5 个 磁盘 的 性能 比 RAID-Z3 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。 因此 在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID-Z 的 性能 比 VDEV 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。 因此 在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID-Z 的 性能 比 VDEV 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。

在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID-Z1 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。 因此 在 需要 高 性能 的 场景 下 ， 使用 RAID-Z 的 性能 比 VDEV 的 性能 低 很多 倍 。 但是 它 的 性能 比 RAID-Z 的 性能 高 很多 倍 。

Table 4: Four- or Five-Disk Virtual Device Configurations

Disks	Config	Read IOPS	Write IOPS	Read MB/s	Write MB/s	Usable Space	Fault Tolerance
4	2 x 2 disk Mirror	1000	500	400	200	2 TB (50%)	2 (1/VDEV)
4	1 x 4 disk RAIDZ-Z1	250	250	300	300	3 TB (75%)	1

4	1 x 4 disk RAIDZ-Z2	250	250	200	200	2 TB (50%)	2
5	1 x 5 disk RAIDZ-Z1	250	250	400	400	4 TB (80%)	1
5	1 x 5 disk RAIDZ-Z2	250	250	300	300	3 TB (60%)	2
5	1 x 5 disk RAIDZ-Z3	250	250	200	200	2 TB (40%)	3

RAID-Z1의 읽기 속도 (MB/s)는 쓰기 속도보다 빠르며, RAID-Z2의 읽기 속도는 쓰기 속도의 절반이며, RAID-Z3의 읽기 속도는 쓰기 속도의三分之一입니다. 쓰기 속도는 RAID-Z 레벨에 따라 달라집니다.

각각의 VDEV은 여러 개의 디스크로 구성됩니다. 각 VDEV은 n-1개의 디스크를 포함하며, n개의 디스크를 포함하는 VDEV은 n-1개의 디스크를 포함하는 VDEV과 비교하여 1개의 디스크를 더 포함합니다. 각 VDEV은 n개의 디스크를 포함하며, n개의 디스크를 포함하는 VDEV은 n-1개의 디스크를 포함하는 VDEV과 비교하여 1개의 디스크를 더 포함합니다. 각 VDEV은 n개의 디스크를 포함하며, n개의 디스크를 포함하는 VDEV은 n-1개의 디스크를 포함하는 VDEV과 비교하여 1개의 디스크를 더 포함합니다.

6~12개의 디스크 (Six to Twelve Disks)

6개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있으며, 12개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있습니다.

6개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있으며, 12개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있습니다. 6개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있으며, 12개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있습니다. 6개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있으며, 12개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있습니다.

6개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있으며, 12개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있습니다. 6개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있으며, 12개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있습니다. 6개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있으며, 12개의 디스크를 사용하여 RAID-Z를 구성할 수 있습니다.

Table 5: Six- to Twelve-Disk Virtual Device Configurations

Disks	Config	Read IOPS	Write IOPS	Read MB/s	Write MB/s	Usable Space	Fault Tolerance
6	3 x 2 disk Mirror	1500	750	600	300	3 TB (50%)	3 (1/VDEV)
6	2 x 3 disk Mirror	1500	500	600	200	2 TB (33%)	4 (2/VDEV)
6	1 x 6 disk RAIDZ-Z1	250	250	500	500	5 TB (83%)	1
6	1 x 6 disk RAIDZ-Z2	250	250	400	400	4 TB (66%)	2
6	1 x 6 disk RAIDZ-Z3	250	250	300	300	3 TB (50%)	3

12	6 x 2 disk Mirror	3000	1500	1200	600	6 TB (50%)	6 (1/VDEV)
12	4 x 3 disk Mirror	3000	1000	1200	400	4 TB (33%)	8 (2/VDEV)
12	1 x 12 disk RAIDZ-Z1	250	250	1100	1100	11 TB (92%)	1
12	2 x 6 disk RAIDZ-Z1	500	500	1000	1000	10 TB (83%)	2 (1/VDEV)
12	3 x 4 disk RAIDZ-Z1	750	750	900	900	9 TB (75%)	3 (1/VDEV)
12	1 x 12 disk RAIDZ-Z2	250	250	1000	1000	10 TB (83%)	2
12	2 x 6 disk RAIDZ-Z2	500	500	800	800	8 TB (66%)	4 (2/VDEV)
12	1 x 12 disk RAIDZ-Z3	250	250	900	900	9 TB (75%)	3
12	2 x 6 disk RAIDZ-Z3	500	500	600	600	6 TB (50%)	6 (3/VDEV)

RAID-Z 12 디스크 3000 IOPS, 1500 쓰기 IOPS, 1200 읽기 MB/s, 600 쓰기 MB/s, 6 TB (50%) 사용 가능 공간, 6 (1/VDEV) 내구성. RAID-Z 2 디스크 500 IOPS, 500 쓰기 IOPS, 1000 읽기 MB/s, 1000 쓰기 MB/s, 10 TB (83%) 사용 가능 공간, 2 (1/VDEV) 내구성. RAID-Z 3 디스크 750 IOPS, 750 쓰기 IOPS, 900 읽기 MB/s, 900 쓰기 MB/s, 9 TB (75%) 사용 가능 공간, 3 (1/VDEV) 내구성. RAID-Z 4 디스크 1000 IOPS, 1000 쓰기 IOPS, 800 읽기 MB/s, 800 쓰기 MB/s, 8 TB (66%) 사용 가능 공간, 4 (2/VDEV) 내구성. RAID-Z 6 디스크 1500 IOPS, 1500 쓰기 IOPS, 1200 읽기 MB/s, 600 쓰기 MB/s, 6 TB (50%) 사용 가능 공간, 6 (3/VDEV) 내구성.

RAID-Z (Many Disks)

RAID-Z 12 디스크 3000 IOPS, 1500 쓰기 IOPS, 1200 읽기 MB/s, 600 쓰기 MB/s, 6 TB (50%) 사용 가능 공간, 6 (1/VDEV) 내구성. RAID-Z 2 디스크 500 IOPS, 500 쓰기 IOPS, 1000 읽기 MB/s, 1000 쓰기 MB/s, 10 TB (83%) 사용 가능 공간, 2 (1/VDEV) 내구성. RAID-Z 3 디스크 750 IOPS, 750 쓰기 IOPS, 900 읽기 MB/s, 900 쓰기 MB/s, 9 TB (75%) 사용 가능 공간, 3 (1/VDEV) 내구성. RAID-Z 4 디스크 1000 IOPS, 1000 쓰기 IOPS, 800 읽기 MB/s, 800 쓰기 MB/s, 8 TB (66%) 사용 가능 공간, 4 (2/VDEV) 내구성. RAID-Z 6 디스크 1500 IOPS, 1500 쓰기 IOPS, 1200 읽기 MB/s, 600 쓰기 MB/s, 6 TB (50%) 사용 가능 공간, 6 (3/VDEV) 내구성.

Table 5: Six- to Twelve-Disk Virtual Device Configurations

Disks	Config	Read IOPS	Write IOPS	Read MB/s	Write MB/s	Usable Space	Fault Tolerance
36	18 x 2 disk Mirror	9000	4500	3600	1800	18 TB (50%)	18 (1/VDEV)
36	12 x 3 disk Mirror	9000	3000	3600	1200	12 TB (33%)	24 (2/VDEV)
36	1 x 36 disk RAID-Z2	250	250	3400	3400	34 TB (94%)	2
36	2 x 18 disk RAID-Z2	500	500	3200	3200	32 TB (89%)	4 (2/VDEV)
36	4 x 9 disk RAID-Z2	1000	1000	2800	2800	28 TB (78%)	8 (2/VDEV)

