



经验证的 NetApp 架构

采用 NVIDIA DGX A100 系统和 Mellanox Spectrum 以太网交换机的 NetApp ONTAP AI NVA 部署

NetApp 公司 David Arnette
2020年11月 | NVA-1153-DEPLOY

摘要

本文档介绍了使用 NetApp® AFF A800 存储系统，NVIDIA DGX® A100 系统和 NVIDIA® Mellanox® Spectrum® SN3700V 200 GB 以太网交换机的 NetApp 经验证的机器学习（ML）和人工智能（AI）工作负载存储系统部署说明。此外，还提供了部署完成后执行验证基准测试的说明。

目录

内容提要.....	4
计划摘要.....	4
NetApp ONTAP AI 解决方案	4
解决方案概述.....	5
使用情形摘要.....	6
技术要求 7	
硬件要求.....	7
软件要求.....	7
解决方案硬件安装和布线.....	7
硬件安装和基本设置	7
解决方案布线.....	8
部署过程.....	8
存储系统部署和配置	8
DGX A100 系统配置	13
解决方案验证.....	15
FIO 存储吞吐量基准测试.....	15
FIO 存储 IOPS 基准测试.....	15
MLPerf 培训 v0.7 基准测试	15
结论.....	15
从何处查找其他信息.....	16

表格目录

表 1) 硬件要求	7
表 2) 软件要求	7
表 3) NetApp AFF A800 端口连接	8
表 4) NetApp A800 接口组配置	10
表 5) 存储的网络交换机配置.....	12

插图目录

图 1) 采用 NVIDIA DGX A100 系统的 NetApp ONTAP AI 系列	5
图 2) NetApp ONTAP AI 验证的架构	6

内容提要

本文档包含适用于机器学习（ML）和人工智能（AI）工作负载的 NetApp ONTAP® AI 参考架构的验证信息。此设计是使用 [NetApp AFF A800 全闪存存储系统](#)，八个 DGX A100 系统和 SN3700V 交换机实施的。该系统的运行和性能已通过行业标准基准工具的验证。根据验证测试结果，此架构可提供卓越的训练性能。您还可以轻松、独立地将计算和存储资源从半机架配置扩展到多机架配置，并凭借可预测的性能满足任何机器学习工作负载要求。

计划摘要

经验证的 NetApp 架构计划为客户提供针对特定工作负载和使用情形的参考配置和规模估算指导。这些解决方案包括：

- 经过全面测试
- 旨在最大程度地降低部署风险
- 旨在加快上市速度

本文档主要面向 NetApp 及其合作伙伴的解决方案工程师以及客户的战略决策者。本节介绍了用于确定支持经验证的工作负载所需的特定设备，布线和配置的架构设计注意事项。

NetApp ONTAP AI 解决方案

NetApp ONTAP AI 参考架构由 DGX A100 系统和 NetApp 云互联存储系统提供支持，由 NetApp 和 NVIDIA 开发并验证。它为 IT 组织提供了一种架构，可以：

- 消除复杂设计
- 支持独立扩展计算和存储
- 支持从小规模起步，然后无缝扩展
- 提供广泛的存储选项，满足各种性价比需求

NetApp ONTAP AI 将 DGX A100 系统和 NetApp AFF A800 存储系统与一流的网络紧密集成在一起。NetApp ONTAP AI 可消除复杂设计，避免盲目猜测，从而简化人工智能 (AI) 的部署。贵企业可以从小规模起步然后进行无中断扩展，同时还能智能地管理从边缘到核心再到云以及反向的数据传输。

图 1 显示了采用 DGX A100 系统的 ONTAP AI 系列解决方案的多种变体。AFF A800 系统性能目前已通过多达八个 DGX A100 系统的验证。通过向 ONTAP 集群添加存储控制器对，该架构可以扩展到多个机架，以支持多个 DGX A100 系统和数 PB 的存储容量，并实现线性性能。采用这种方法时，可以根据数据湖大小、所使用深度学习 (DL) 模型以及所需性能指标灵活地独立调整计算与存储的比例。

图 1) 采用 NVIDIA DGX A100 系统的 NetApp ONTAP AI 系列。



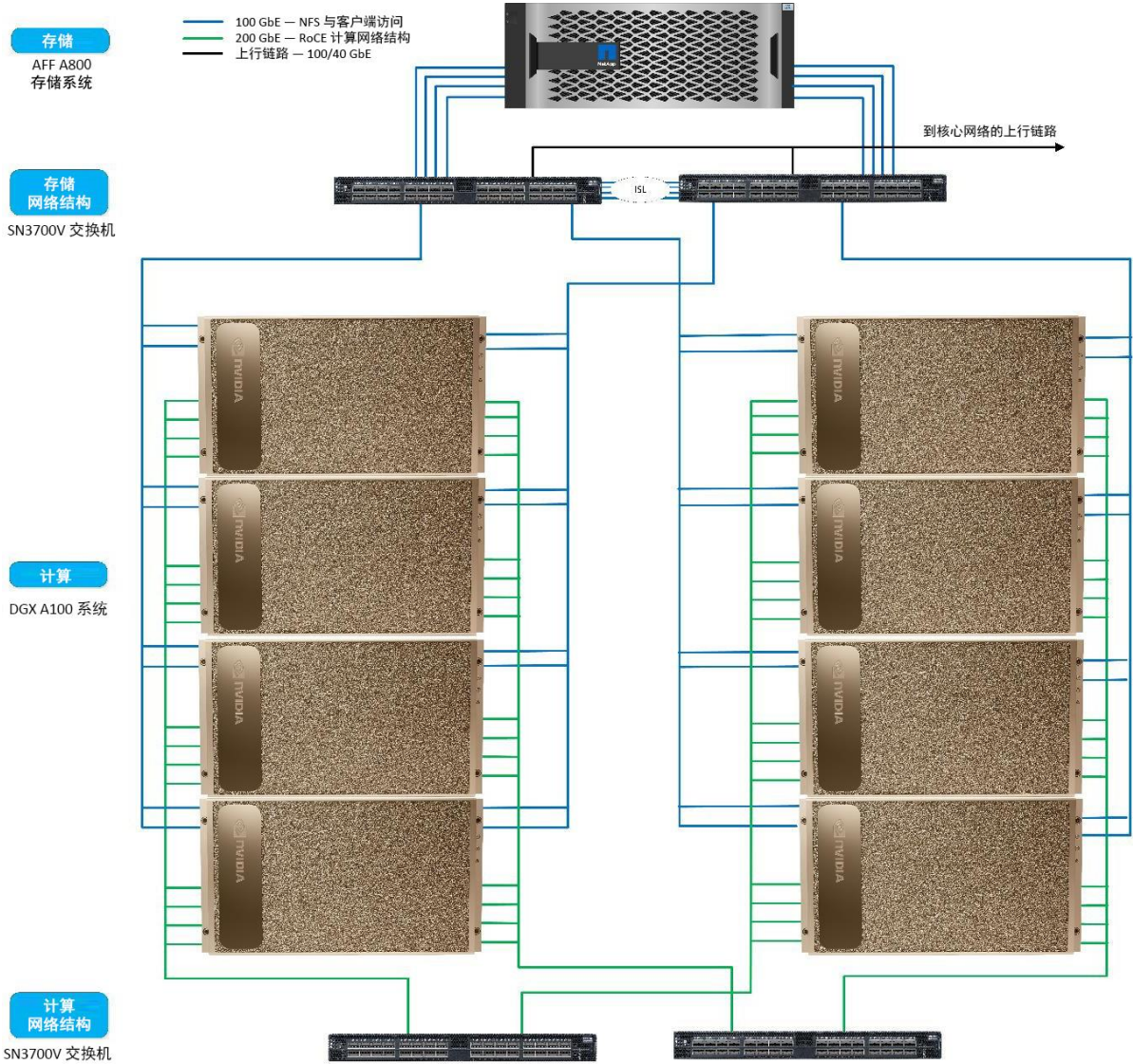
每个机架中 DGX-A100 服务器和 AFF 系统的数量取决于所使用机架的电源和散热规格。系统的最终位置取决于计算流体动力学分析、气流控制和数据中心设计。

解决方案概述

深度学习系统所采用的算法属于计算密集型算法，而且特别适合 NVIDIA GPU 的架构。深度学习算法中执行的计算涉及并行运行的巨量矩阵乘法。利用 DGX 系统的单个和集群 GPU 计算架构的进步使其成为高性能计算（HPC），DL，视频处理和分析等工作负载的首选平台。要在这些环境中最大限度地提高性能，需要一个支持性基础架构，包括存储和网络，以使 GPU 能够始终为数据提供支持。因此，必须能以超低延迟和高带宽访问数据集。

此参考架构已通过以下验证：一个 NetApp AFF A800 系统，八个 DGX A100 系统，两个 NVIDIA Mellanox Spectrum SN3700V 200 GB 以太网交换机（用于计算网络结构）以及另外两个 SN3700V 交换机（用于存储和客户端访问）。图 2 显示了基础解决方案架构。

图 2) NetApp ONTAP AI 验证的架构。



使用情形概要

此解决方案用于支持 AI 和 DL 管道的培训和推理阶段。根据应用程序的不同，深度学习模型将处理大量不同类型的数据（结构化数据和非结构化数据）。这种不同会对底层存储系统提出各种不同的要求，包括存储数据的大小以及数据集中文件的数量。

高级存储要求包括：

- 能同时存储和检索数百万个文件
- 存储和检索多种数据对象，例如图像、音频、视频和时序数据
- 以低延迟提供并行高性能以满足 GPU 处理速度要求
- 实现跨边缘、核心和云的无缝数据管理和数据服务

在关键的深度学习训练阶段，通常会定期将数据从数据湖复制到训练集群中。然后，DL 模型会重复处理这些数据，以达到所需的机器学习能力。此阶段所用服务器使用 GPU 并行进行计算，从而形成巨大的数据处理能力。满足原始 I/O 带宽需求对于保持高 GPU 利用率至关重要。

技术要求

本节介绍了在下面的解决方案验证一节中所述的所有测试中使用的硬件和软件。

硬件要求

表 1 列出了用于验证此解决方案的硬件组件。

表 1) 硬件要求。

硬件	数量
DGX A100 系统	8
AFF A800 存储系统	1 个高可用性 (HA) 对, 包括 48 个 1.92 TB NVMe SSD
SN3700V 以太网交换机	2 用于计算集群互连
	2 用于存储, 客户端访问和带外管理

软件要求

表 2 列出了用于验证解决方案的软件组件。

表 2) 软件要求。

软件	版本
ONTAP 存储 OS	9.7P6
网络交换机操作系统 (全部)	Cumulus Linux 4.2.1
DGX 操作系统	4.99.10
Docker 容器平台	19.03.8
容器版本	nvcr.io/nvidia/mxnet:20.06-py3 — MLPerf 测试 tensorflow:20.05-tf2-py3 — 其他测试
OFED 版本	5.0-2.1.8
NCCL 测试版本	https://github.com/NVIDIA/nccl-tests/tree/ec1b5e22e618d342698fda659efdd5918da6bd9f
FIO 版本	3.1

解决方案硬件安装和布线

硬件安装和基本设置

所有硬件组件都应按照供应商建议的准则安装在数据中心机架中。验证此解决方案时使用的所有组件均可装入一个机架, 并可容纳更多 DGX A100 系统。特定机架电源和散热容量决定了每个机架可支持的服务器数量。

使用相应的安装文档对每个组件执行基本设置。以下配置过程假定已安装并配置所有组件以进行管理访问，并已升级到此验证中建议的软件和 / 或固件版本。有关基本安装和设置的具体详细信息，请参见相应的供应商文档。部署过程一节提供了链接，以供参考。

解决方案布线

本节包含有关验证此解决方案时使用的特定布线的信息。可以修改此布线配置，以满足客户特定的实施要求。

表 3 显示了解决方案的存储系统布线。

注意： 本文档仅介绍存储系统组件的布线。

存储控制器端口连接

表 3 显示了连接到 NetApp AFF A800 存储系统的端口。

表 3) NetApp AFF A800 端口连接。

控制器名称	端口名称	已连接设备和端口
ontap-01	e0M	管理交换机
ontap-01	e0a	ontap-02: e0a
ontap-01	e1a	ontap-02: e1a
ontap-01	e3a	switch-01: < 任何可用 >
ontap-01	E3B	交换机 -02: < 任何可用 >
ontap-01	e5a	switch-01: < 任何可用 >
ontap-01	e5b	交换机 -02: < 任何可用 >
ontap-02	e0M	管理交换机
ontap-02	e0a	ontap-01: e0a
ontap-02	e1a	ontap-01: e1a
ontap-02	e3a	switch-01: < 任何可用 >
ontap-02	E3B	交换机 -02: < 任何可用 >
ontap-02	e5a	switch-01: < 任何可用 >
ontap-02	e5b	交换机 -02: < 任何可用 >

部署流程

部署用于 DGX A100 系统的 NetApp 存储系统涉及以下任务：

- 存储系统部署和配置
- 针对单文件工作负载优化配置
- 网络交换机配置
- 主机配置

存储系统部署和配置

有关 NetApp AFF A800 存储系统的安装和基本设置的详细说明，请参见[此处](#)。

完成存储系统设置并按照上述布线准则为系统布线后，以下存储配置过程将按照此解决方案验证中的测试创建配置。

验证并安装许可证

此解决方案需要 NFS 协议的许可证。此许可证包含在所有 AFF 存储系统随附的高级软件包中。要确认已安装许可证，请运行以下命令：

```
license show
  (system license show)

Serial Number: 1-80-000011
Owner: ontap
Package          Type      Description          Expiration
-----
Base             site     Cluster Base License -
NFS              site     NFS License
FlexClone        site     FlexClone License   -
3 entries were displayed.
```

如有必要，可以使用 `license add` 命令添加其他许可证：

```
license add <license key>
```

管理默认广播域

广播域用于将 L2 相邻端口分组在一起，以便进行故障转移。如果链路发生故障，逻辑接口（LIF）会自动故障转移到同一广播域中的另一个端口。如果可能，LIF 会尝试故障转移到同一控制器上的其他端口，或者根据需要故障转移到另一控制器上的相应端口。由于每个 VLAN 代表一个单独的 L2 子网，因此会为每个 VLAN 创建一个存储广播域。

默认情况下，所有网络端口都包含在默认广播域中。应从默认广播域中删除用于数据服务的网络端口（E3a, e3b, e5a 和 e5b），而只保留管理网络端口（e0M）。要执行此任务，请运行以下命令：

```
broadcast-domain remove-ports -broadcast-domain Default -ports ontap-01:e3a,ontap-01:e3b,ontap-01:e5a,ontap-01:e5b,ontap-02:e3a,ontap-02:e3b,ontap-02:e5a,ontap-02:e5b
```

创建数据聚合

此解决方案已使用 AFF A800 的默认聚合配置进行验证，其中每个控制器托管一个使用 47 个磁盘分区创建的数据聚合。如果在初始集群设置期间未创建数据聚合，请运行以下命令创建两个数据聚合：

```
aggr create -aggregate n01_data01 -node ontap-01 -diskcount 47
aggr create -aggregate n02_data02 -node ontap-02 -diskcount 47
```

请注意，ONTAP 会将每个 SSD 分区为两个小型根分区和两个较大的数据分区，每个分区都分配给每个控制器一个。根分区用于控制器节点的根聚合，较大的分区用于数据聚合。在初始设置期间会自动创建根聚合，并且每个控制器上会保留一个根分区作为备用分区。创建数据聚合时，应在每个控制器上至少保留一个未使用的数据分区作为备用分区，以便在驱动器发生故障时提供冗余。

创建接口组并设置 MTU

接口组用于将多个存储系统网络端口绑定在一起，以实现带宽聚合和容错。表 4 显示了在存储系统上创建的接口组：

表 4) NetApp A800 接口组配置。

控制器名称	接口组	分发功能	模式	MTU	端口
ontap-01	a11a	端口 (IP + L4 端口)	multimode_lacp	9000	e3a, e5a
ontap-01	a21a	端口 (IP + L4 端口)	multimode_lacp	9000	e3B, e5b
ontap-02	a12a	端口 (IP + L4 端口)	multimode_lacp	9000	e3a, e5a
ontap-02	a22a	端口 (IP + L4 端口)	multimode_lacp	9000	e3B, e5b

运行以下命令以创建接口组 (ifgrp) 并配置 MTU：

```
ifgrp create -node ontap-01 -ifgrp a11a -distr-func port -mode multimode_lacp
ifgrp add-port -node ontap-01 -ifgrp a11a -port e3a
ifgrp add-port -node ontap-01 -ifgrp a11a -port e5a
ifgrp create -node ontap-01 -ifgrp a21a -distr-func port -mode multimode_lacp
ifgrp add-port -node ontap-01 -ifgrp a21a -port e3b
ifgrp add-port -node ontap-01 -ifgrp a21a -port e5b
ifgrp create -node ontap-02 -ifgrp a12a -distr-func port -mode multimode_lacp
ifgrp add-port -node ontap-02 -ifgrp a12a -port e3a
ifgrp add-port -node ontap-02 -ifgrp a12a -port e5a
ifgrp create -node ontap-02 -ifgrp a22a -distr-func port -mode multimode_lacp
ifgrp add-port -node ontap-02 -ifgrp a22a -port e3b
ifgrp add-port -node ontap-02 -ifgrp a22a -port e5b

network port modify -node ontap-01 -port a11a -mtu 9000
network port modify -node ontap-01 -port a21a -mtu 9000
network port modify -node ontap-02 -port a12a -mtu 9000
network port modify -node ontap-02 -port a22a -mtu 9000
```

创建存储 VLAN

一个 VLAN 用于与主机建立存储连接。此 VLAN 是在每个控制器的两个接口组中的每个接口组上创建的，为每个 VLAN 总共提供四个可能的故障转移目标。除了上述配置的端口之外，还必须在每个 VLAN 上设置 MTU。要配置存储 VLAN 并设置 MTU，请运行以下命令：

```
network port vlan create -node ontap-01 -vlan-name a11a-3111
network port vlan create -node ontap-01 -vlan-name a21a-3111
network port vlan create -node ontap-02 -vlan-name a12a-3111
network port vlan create -node ontap-02 -vlan-name a22a-3111

network port modify -node ontap-01 -port a11a-3111 -mtu 9000
network port modify -node ontap-01 -port a21a-3111 -mtu 9000
network port modify -node ontap-02 -port a12a-3111 -mtu 9000
network port modify -node ontap-02 -port a22a-3111 -mtu 9000
```

创建 / 修改广播域

要为新创建的 VLAN 创建广播域并分配适当的端口，请运行以下命令：

```
broadcast-domain create -broadcast-domain vlan3111 -mtu 9000
```

```
broadcast-domain add-ports -broadcast-domain vlan3111 -ports ontap-01:a11a-3111, ontap-01:a21a-3111, ontap-02:a12a-3111, ontap-02:a22a-3111
```

创建 SVM

ONTAP 系统的数据访问由 **Storage Virtual Machine (SVM)** 提供。主机必须先使用适当的协议创建数据 SVM，然后才能访问存储系统。要使用 NFS 协议创建 SVM 并允许访问数据聚合，请运行以下命令：

```
vserver create -vserver data01 -rootvolume data01_rootvol -aggregate n01_data01 -rootvolume-  
security-style unix  
vserver modify -vserver data01 -aggr-list n01_data01,n02_data01 -allowed-protocols nfs
```

创建 NFS 服务

要使客户端能够访问存储系统，将在 SVM 上创建一个逻辑 NFS 服务器。要启用最大吞吐量，应将最大传输大小从默认值更改为 256k。要创建 NFS 服务并配置传输大小，请运行以下命令：

```
vserver nfs create -vserver data01 -access true -v3 enabled  
set advanced
```

Warning: These advanced commands are potentially dangerous; use them only when directed to do so by NetApp personnel.

Do you want to continue? {y|n}: y

```
nfs modify -vserver data01 -tcp-max-xfer-size 262144 -v3-64bit-identifiers enabled
```

创建 LIF。

LIF 是客户端服务器用于挂载 NFS 导出的 IP 地址。对于此解决方案，在每个控制器的每个接口组上创建两个 LIF，从而提供八个可利用所有可用物理连接的离散潜在挂载点。要创建此解决方案中使用的 LIF，请运行以下命令：

```
network interface create -vserver data01 -lif data01-n01-a -role data -data-protocol nfs -home-  
node ontap-01 -home-port a11a-3111 -address 192.168.0.101 -netmask 255.255.255.0 -status-admin up  
network interface create -vserver data01 -lif data01-n01-b -role data -data-protocol nfs -home-  
node ontap-01 -home-port a11a-3111 -address 192.168.0.102 -netmask 255.255.255.0 -status-admin up  
network interface create -vserver data01 -lif data01-n01-c -role data -data-protocol nfs -home-  
node ontap-01 -home-port a21a-3111 -address 192.168.0.103 -netmask 255.255.255.0 -status-admin up  
network interface create -vserver data01 -lif data01-n01-d -role data -data-protocol nfs -home-  
node ontap-01 -home-port a21a-3111 -address 192.168.0.104 -netmask 255.255.255.0 -status-admin up  
  
network interface create -vserver data01 -lif data01-n02-a -role data -data-protocol nfs -home-  
node ontap-02 -home-port a12a-3111 -address 192.168.0.105 -netmask 255.255.255.0 -status-admin up  
network interface create -vserver data01 -lif data01-n02-b -role data -data-protocol nfs -home-  
node ontap-02 -home-port a12a-3111 -address 192.168.0.106 -netmask 255.255.255.0 -status-admin up  
network interface create -vserver data01 -lif data01-n02-c -role data -data-protocol nfs -home-  
node ontap-02 -home-port a22a-3111 -address 192.168.0.107 -netmask 255.255.255.0 -status-admin up  
network interface create -vserver data01 -lif data01-n02-d -role data -data-protocol nfs -home-  
node ontap-02 -home-port a22a-3111 -address 192.168.0.108 -netmask 255.255.255.0 -status-admin up
```

创建 FlexGroup 卷

创建了一个 NetApp FlexGroup 卷，每个节点包含八个成分卷，以支持多文件工作负载。此验证中使用的 FIO 基准以及 TensorFlow 和大多数其他 ML/DL 框架通常使用多个数据文件来并行处理数据载入过程，而 FlexGroup 卷旨在最大程度地提高这些工作负载的存储吞吐量。此配置可通过将 FlexGroup 扩展到新节点来扩展到多个节点，从而提供一个命名空间，最大大小由集群中控制器的数量和型号决定。要创建 FlexGroup 卷，请运行以下命令：

```
volume create -vserver data01 -volume data_flexgroup_01 -auto-provision-as flexgroup -size 20TB -
space-guarantee none -junction-path /data_flexgroup_01
```

对于本白皮书中测试的单文件工作负载，例如 MXNet 基准测试，请参见下面的单文件工作负载配置一节。

创建导出策略

导出策略用于确定哪些客户端主机可以访问存储系统。要配置导出策略以允许 DGX A100 系统使用 NFS 挂载数据集，请运行以下命令：

```
vserver export-policy rule create -vserver data01 -policyname default -protocol nfs -clientmatch
192.168.0.0/24 -rorule sys -rwrule sys -superuser sys
Network Switch configuration
```

本文档不会介绍对本验证中使用的 Mellanox SN3700V 交换机进行完整的网络交换机安装和配置。要在初始配置完成后为 A800 存储系统启用连接，必须在每个交换机上为这些交换机配置两个 LACP LAG 组。表 5 显示了与上述存储系统接口组配置匹配所需的 LAG 组配置。

表 5) 存储的网络交换机配置

交换机名称	LAG 名称	负载均衡算法	模式	MTU	端口
switch01	storage_one	L4 端口	LACP	9216	swp1, swp2
switch01	storage_two	L4 端口	LACP	9216	swp11, swp12
交换机 02	storage_one	L4 端口	LACP	9216	swp1, swp2
交换机 02	storage_two	L4 端口	LACP	9216	swp11, swp12

以下是存储网络的网络交换机配置命令示例：

```
net del all
net add dns nameserver ipv4 10.150.224.204 vrf mgmt
net add time ntp server 0.cumulusnetworks.pool.ntp.org iburst
net add time ntp server 1.cumulusnetworks.pool.ntp.org iburst
net add time ntp server 2.cumulusnetworks.pool.ntp.org iburst
net add time ntp server 3.cumulusnetworks.pool.ntp.org iburst
net add time ntp source eth0
net add snmp-server listening-address localhost
net add routing defaults datacenter
net add routing log syslog informational
net add routing service integrated-vtysh-config
net add time zone Etc/UTC
net add interface swp1-32 breakout 1x
net add ptp global slave-only no
net add ptp global priority1 255
net add ptp global priority2 255
net add ptp global domain-number 0
net add ptp global logging-level 5
net add ptp global path-trace-enabled no
net add ptp global use-syslog yes
net add ptp global verbose no
net add ptp global summary-interval 0
net add ptp global time-stamping
net add bond bond_eight bond slaves swp31
net add bond bond_eleven bond slaves swp4
net add bond bond_fifteen bond slaves swp8
net add bond bond_five bond slaves swp28
net add bond bond_four bond slaves swp27
net add bond bond_fourteen bond slaves swp7
net add bond bond_nine bond slaves swp32
```

```

net add bond bond_seven bond slaves swp30
net add bond bond_seventeen bond slaves swp10
net add bond bond_six bond slaves swp29
net add bond bond_sixteen bond slaves swp9
net add bond bond_ten bond slaves swp3
net add bond bond_thirteen bond slaves swp6
net add bond bond_three bond slaves swp26
net add bond bond_twelve bond slaves swp5
net add bond bond_two bond slaves swp25
net add bond peerlink bond slaves swp15,swp16,swp17,swp18
net add bond storage_one bond slaves swp1,swp2
net add bond storage_two bond slaves swp11,swp12
net add bond bond_eight clag id 8
net add bond bond_eleven clag id 11
net add bond bond_fifteen clag id 15
net add bond bond_five clag id 5
net add bond bond_four clag id 4
net add bond bond_fourteen clag id 14
net add bond bond_nine clag id 9
net add bond bond_seven clag id 7
net add bond bond_seventeen clag id 17
net add bond bond_six clag id 6
net add bond bond_sixteen clag id 16
net add bond bond_ten clag id 10
net add bond bond_thirteen clag id 13
net add bond bond_three clag id 3
net add bond bond_twelve clag id 12
net add bond bond_two clag id 2
net add bridge bridge ports
bond_eight,bond_eleven,bond_fifteen,bond_five,bond_four,bond_fourteen,bond_nine,bond_seven,bond_s
eventeen,bond_six,bond_sixteen,bond_ten,bond_thirteen,bond_three,bond_twelve,bond_two,peerlink,st
orage_one,storage_two
net add bridge bridge vids 3000,3111-3112
net add bridge bridge vlan-aware
net add interface eth0 ip address 10.150.33.7/26
net add interface eth0 ip gateway 10.150.33.1
net add interface eth0 vrf mgmt
net add interface peerlink.4094 clag backup-ip 10.150.33.8
net add interface peerlink.4094 clag peer-ip linklocal
net add interface peerlink.4094 clag priority 1000
net add interface peerlink.4094 clag sys-mac 44:38:39:FF:07:07
net add interface swp1-32 link speed 100000
net add vrf mgmt ip address 127.0.0.1/8
net add vrf mgmt ipv6 address ::1/128
net add vrf mgmt vrf-table auto
net add hostname RL-SN37V-C23-U47
net add dot1x radius accounting-port 1813
net add dot1x eap-reauth-period 0
net add dot1x default-dacl-preauth-filename default_preauth_dacl.rules
net add dot1x radius authentication-port 1812
net add dot1x mab-activation-delay 30
net commit

```

DGX A100 系统配置

DGX A100 系统的完整安装和配置不在本文档的讨论范围之内。为了能够连接到 A800，将两个 100GbE 端口配置为存储 VLAN 的 LACP LAG 组，并将另外两个端口配置为带内管理和客户端访问 VLAN 的绑定。以下验证使用了一个网络接口配置示例：

```

# This file describes the network interfaces available on your system
# For more information, see netplan(5).
network:
  version: 2
  renderer: networkd
  ethernets:
    enp225s0f0:
      match:
        macaddress: 0c:42:a1:0a:2e:ba

```

```

    mtu: 9000
    enp225s0f1:
      match:
        macaddress: 0c:42:a1:0a:2e:bb
    mtu: 9000
    enp97s0f0:
      match:
        macaddress: 0c:42:a1:0a:35:fa
    mtu: 9000
    enp97s0f1:
      match:
        macaddress: 0c:42:a1:0a:35:fb
    mtu: 9000
  bonds:
    storage:
      mtu: 9000
      dhcp4: false
      dhcp6: false
      interfaces: [enp97s0f0, enp225s0f0]
      parameters:
        mode: 802.3ad
        miimonitor-interval: 1
        transmit-hash-policy: layer3+4
  vlans:
    storage.3111:
      id: 3111
      link: storage
      addresses: [192.168.0.13/24]
      mtu: 9000

```

与存储网络的网络连接完成后，必须将上述创建的 **NetApp** 卷挂载到每个 **DGX A100** 系统上。要实现最佳性能，需要在主机上使用多个挂载选项。此外，每个 **DGX** 系统都使用一个专用 IP 地址来确保在整个网络中实现最佳负载平衡。要挂载用于 **FIO** 基准测试的 **FlexGroup** 卷，请运行以下命令：

在 **DGX A100** 系统 1 上：

```
mount -o nconnect=16,rsz=262144,wsz=262144 192.168.0.101:/data_flexgroup_01
```

在 **DGX A100** 系统 2 上：

```
mount -o nconnect=16,rsz=262144,wsz=262144 192.168.0.102:/data_flexgroup_01
```

在 **DGX A100** 系统 3 上：

```
mount -o nconnect=16,rsz=262144,wsz=262144 192.168.0.103:/data_flexgroup_01
```

在 **DGX A100** 系统 4 上：

```
mount -o nconnect=16,rsz=262144,wsz=262144 192.168.0.104:/data_flexgroup_01
```

在 **DGX A100** 系统 5 上：

```
mount -o nconnect=16,rsz=262144,wsz=262144 192.168.0.105:/data_flexgroup_01
```

在 **DGX A100** 系统 6 上：

```
mount -o nconnect=16,rsz=262144,wsz=262144 192.168.0.106:/data_flexgroup_01
```

在 **DGX A100** 系统 7 上：

```
mount -o nconnect=16,rsz=262144,wsz=262144 192.168.0.107:/data_flexgroup_01
```

在 **DGX A100** 系统 8 上：

```
mount -o nvconnect=16,rsz=262144,wsz=262144 192.168.0.108:/data_flexgroup_01
```

解决方案验证

此解决方案已通过综合存储基准测试和 MLPerf v0.7 培训基准测试进行验证。验证测试结果可在《NVA-1153 设计指南》中找到。

FIO 存储吞吐量基准测试

要执行 FIO 吞吐量基准测试，请运行以下命令创建测试文件并对其执行 I/O：

```
/usr/bin/fio --create_only=1 --rw=write --direct=1 --ioengine=posixaio -- iodepth=32 --
create_serialize=0 --fallocate=none --group_reporting=1 -- disable_lat=1 --disable_clat=1 --
disable_slart=1 --startdelay=5 --ramp_time=3 --runtime=180 --time_based=1 --invalidate=1 --
blocksize=1024k -- size=4194304k --numjobs=120 --
directory=/mnt/fs_under_test/fiodir.20200629205829 /usr/bin/fio --rw=write --direct=1 --
ioengine=posixaio --iodepth=32 -- create_serialize=0 --fallocate=none --group_reporting=1 --
disable_lat=1 -- disable_clat=1 --disable_slart=1 --startdelay=5 --ramp_time=3 --runtime=180 --
time_based=1 --invalidate=1 --blocksize=1024k --size=4194304k --numjobs=120 --
directory=/mnt/fs_under_test/fiodir.20200629205829 /usr/bin/fio --rw=read --direct=1 --
ioengine=posixaio --iodepth=32 -- create_serialize=0 --fallocate=none --group_reporting=1 --
disable_lat=1 -- disable_clat=1 --disable_slart=1 --startdelay=5 --ramp_time=3 --runtime=180 --
time_based=1 --invalidate=1 --blocksize=1024k --size=4194304k --numjobs=120 --
directory=/mnt/fs_under_test/fiodir.20200629205829
```

FIO 存储 IOPS 基准测试

要执行 FIO IOPS 基准测试，请运行以下命令：

```
/usr/bin/fio --create_only=1 --rw=write --direct=1 --ioengine=posixaio -- iodepth=32 --
create_serialize=0 --fallocate=none --group_reporting=1 -- disable_lat=1 --disable_clat=1 --
disable_slart=1 --startdelay=5 --ramp_time=3 --runtime=180 --time_based=1 --invalidate=1 --
blocksize=1024k -- size=4194304k --numjobs=180 --
directory=/mnt/fs_under_test/fiodir.20200629213502 /usr/bin/fio --rw=write --direct=1 --
ioengine=posixaio --iodepth=32 -- create_serialize=0 --fallocate=none --group_reporting=1 --
disable_lat=1 -- disable_clat=1 --disable_slart=1 --startdelay=5 --ramp_time=3 --runtime=180 --
time_based=1 --invalidate=1 --blocksize=4k --size=4194304k --numjobs=180 --
directory=/mnt/fs_under_test/fiodir.20200629213502 /usr/bin/fio --rw=read --direct=1 --
ioengine=posixaio --iodepth=32 -- create_serialize=0 --fallocate=none --group_reporting=1 --
disable_lat=1 -- disable_clat=1 --disable_slart=1 --startdelay=5 --ramp_time=3 --runtime=180 --
time_based=1 --invalidate=1 --blocksize=4k --size=4194304k --numjobs=180 --
directory=/mnt/fs_under_test/fiodir.20200629213502
```

MLPerf 培训 v0.7 基准测试

此测试是根据 MLPerf Training v0.7 基准规范中定义的配置执行的。本文档不会介绍此基准测试的配置，但有关使用 MLPerf 执行此测试和其他 DL 基准测试的详细信息，请参见 [MLPerf 培训概述](#)。

结论

本文档提供了使用 NetApp AFF A800 存储系统和 DGX A100 系统的高性能 ML/DL 培训基础架构的存储实施详细信息。DGX A100 系统是下一代深度学习平台，需要同样高级的存储和数据管理功能。通过将 DGX A100 与 NetApp AFF 系统相结合，可以几乎任意规模地实施这一经过验证的架构，从与 AFF A400 存储系统配对的单个 DGX A100 到 24 节点 AFF A800 集群上可能有 96 个 DGX A100 系统。AFF 与 NetApp ONTAP 的卓越云集成功能以及软件定义的功能相结合，可为成功实施深度学习项目提供跨边缘、核心和云的完整数据管道。

从何处查找其他信息

如需详细了解本文档所述的信息，请参阅以下文档和/或网站：

- NVA-1153-design: 采用 NVIDIA DGX A100 系统和 Mellanox Spectrum 以太网交换机的 NetApp ONTAP AI
www.netapp.com/pdf.html?item=/media/21793-nva-1153-design.pdf

NetApp AFF 系统：

- AFF 产品规格
<https://www.netapp.com/cn/media/ds-3582.pdf>
- NetApp 借助 AFF 展现闪存优势
<https://www.netapp.com/us/media/ds-3733.pdf>
- ONTAP 9.x 文档
<http://mysupport.netapp.com/documentation/productlibrary/index.html?productID=62286>
- NetApp FlexGroup 技术报告
<https://www.netapp.com/cn/media/tr-4557.pdf>

NetApp 互操作性表：

- NetApp 互操作性表工具
<http://support.netapp.com/matrix>

NetApp Trident：

- <https://netapp.io/persistent-storage-provisioner-for-kubernetes/>
- <https://netapp-trident.readthedocs.io/en/stable-v19.04/kubernetes/index.html>
- <https://github.com/NetApp/trident>

NVIDIA DGX A100 系统：

- NVIDIA DGX A100 系统
<https://www.nvidia.com/zh-cn/data-center/dgx-a100/>
- NVIDIA Tesla A100 Tensor 核心 GPU
<https://www.nvidia.com/zh-cn/data-center/dgx-a100/>
- NVIDIA GPU Cloud
<https://www.nvidia.com/en-us/gpu-cloud/>

NVIDIA Mellanox 网络：

- NVIDIA Mellanox Spectrum SN3000 系列交换机
<https://www.mellanox.com/products/ethernet-switches/sn3000>

机器学习框架：

- TensorFlow: 适合所有人的开源机器学习框架
<https://www.tensorflow.org/>
- Horovod: Uber 适用于 TensorFlow 的开源分布式深度学习框架
<https://eng.uber.com/horovod/>
- 在容器运行时生态系统中启用 GPU
<https://devblogs.nvidia.com/gpu-containers-runtime/>

数据集与基准测试：

- ImageNet
<http://www.image-net.org/>
- MLPerf 培训和推理基准
<https://mlperf.org/>

要验证您的特定环境是否支持本文档所述的确切产品和功能版本，请参见 NetApp 支持站点上的[互操作性表工具 \(IMT\)](#)。NetApp IMT 中定义的产品组件和版本可用于构建 NetApp 所支持的配置。具体的配置结果取决于每个客户如何依照所发布规格进行安装。

版权信息

版权所有 © 2020 NetApp, Inc. 保留所有权利。中国印刷。未经版权所有者事先书面许可，本档中受版权保护的任何部分不得以任何形式或通过任何手段（图片、电子或机械方式，包括影印、录音、录像或存储在电子检索系统中）进行复制。

从受版权保护的 NetApp 资料派生的软件受以下许可和免责声明的约束：

本软件由 NetApp 按“原样”提供，不含任何明示或暗示担保，包括但不限于适销性以及针对特定用途的适用性的隐含担保，特此声明不承担任何责任。在任何情况下，对于因使用本软件而以任何方式造成的任何直接性、间接性、偶然性、特殊性、惩罚性或后果性损失（包括但不限于购买替代商品或服务；使用、数据或利润方面的损失；或者业务中断），无论原因如何以及基于何种责任理论，无论出于合同、严格责任或侵权行为（包括疏忽或其他行为），NetApp 均不承担责任，即使已被告知存在上述损失的可能性。

NetApp 保留在不另行通知的情况下随时对本文档所述的任何产品进行更改的权利。除非 NetApp 以书面形式明确同意，否则 NetApp 不承担因使用本文档所述产品而产生的任何责任或义务。使用或购买本产品不表示获得 NetApp 的任何专利权、商标权或任何其他知识产权许可。

本手册中描述的产品可能受一项或多项美国专利、外国专利或正在申请的专利的保护。

本文档中所含数据与商用项目（按照 FAR 2.101 中的定义）相关，属于 NetApp, Inc. 的专有信息。美国政府对这些数据的使用权具有非排他性、不可转让权、无转授权、全球性、受限不可撤销的许可，但仅限于在与交付数据所依据的美国政府合同有关且受合同支持的情况下使用。除本文档规定的情形外，未经 NetApp, Inc. 事先书面批准，不得使用、披露、复制、修改、操作或显示这些数据。美国政府对国防部的授权仅限于 DFARS 的第 252.227-7015(b) 条款中明确的权利。

商标信息

NetApp、NetApp 标识和 <http://www.netapp.com/TM> 上所列的商标是 NetApp, Inc. 的商标。其他公司和产品名称可能是其各自所有者的商标。

