

IBM Spectrum Storage for AI with NVIDIA DGX 的性能概览

摘要

本文汇总了我们使用下一代 NVMe 阵列针对 IBM Spectrum Scale 进行的 AI 和吞吐量测试结果。

近期，IBM® 与 NVIDIA® 一同参与了参考架构的开发。作为该项目的一部分，我们对大量常见的 AI 工作负载及 IBM Spectrum Storage for AI with NVIDIA DGX 参考架构的性能进行了测试。这款可扩展的基础架构解决方案将 NVIDIA DGX-1™ 服务器与 IBM Spectrum Scale™ 集成一体，后者是 IBM Elastic Storage Server (ESS) 及即将在 2019 年推出的 NVMe 全闪存阵列的基础技术。在此次基准测试中，我们测试了 IBM Spectrum Scale NVMe 全闪存设备的近线性存储性能，使用了综合工作负载及 ImageNet 数据，将 DGX-1 服务器数量从 1 个扩展到 9 个。

基准测试

我们测试了 IBM Spectrum Scale NVMe 全闪存设备的深度学习 (DL) 模型训练性能和 DL 模型推理性能，还测试了从一台 DGX-1 服务器向上扩展到完全的 DGX POD 时的提升情况和总吞吐量。我们使用 IOR 和 fio 等综合吞吐量测试应用进行了性能评估，而且还使用 ResNet-50、ResNet-152、Inception-v3、AlexNet 等多个模型及其他网络通过 DL 框架 TensorFlow 进行了性能评估。在所有测试中，我们都使用了 ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge 2012 (ILSVRC2012) 数据集。我们进行的基准测试使用了 NVIDIA GPU Cloud (NGC) 容器。每个 AI 容器均配备了 NVIDIA GPU Cloud 软件堆栈，这是一个 GPU 加速软件的预集成集。该堆栈包括所选的应用或框架、NVIDIA CUDA 工具包、NVIDIA DL 库和一个 Linux OS，所有这些均已经过了测试和调优，确保在测试时无需进行额外配置。

对于负责为不断扩大的数据科学团队提供支持的 IT 专业人员而言，确保足够的模型训练性能非常关键。尽管许多组织尝试编纂可扩展的 ML/DL 测试套件（如 ML Perf），但没有任何一个基准套件展示出的 AI 存储限值能得到广泛认可。SpecSFS 基准测试无法对当今运行的 AI 工作负载进行直接对比，只能提供最高存储配置所呈现出的顶级性能的一些指标。之所以难以对比，是因为缺乏性价比、单位机架单元性能等相对比较信息。不过，无论是 IBM 还是我们的合作伙伴和初创公司，在大多数的 SpecSFS 基准测试中，但凡是希望展示性能最高、延迟最低的共享文件系统的情况，都会使用 IBM Spectrum Scale。

他们对 AI 数据的需求各不相同。普遍认可的观点是，在模型训练阶段，随着模型在多个 GPU 中加载，大多数的存储数据流都是随机读取。不过，在 IBM 的研究中和客户的生产过程中，还出现了一些其他模式。通过小文件目录的元数据性能非常关键，具体视数据结构而定。在另一个示例中，比如我们客户的基因研究，AI 训练实际上分为两个阶段。第一个阶段是使用 AI 开发初步模型，然后写出大型数据文件，以训练一个补充性模型，该模型会使用第一个模型的数据分类来提升模型的准确性。

最重要的一点是，专为训练而构建的配置必须达到一流的端到端性能，能够高效地为 GPU 加速服务器提供数据。作为整个测试的一部分，IBM 同时测试了顺序读取与随机读取数据吞吐量，而且两者均采用的是 FIO 框架。



什么是 IBM Spectrum Storage for AI with NVIDIA DGX 解决方案?

受测的参考架构

IBM 的测试在一个经完全配备的 IBM Spectrum Storage for AI with NVIDIA DGX 参考架构上进行。我们通过 Mellanox EDR Infiniband 将 9 台 NVIDIA DGX-1 服务器连接至 3 台 IBM 下一代 NVMe 阵列 (运行 IBM Spectrum Scale)。每台 DGX-1 服务器均配备 8 个 NVIDIA Tesla™ V100 Tensor Core GPU。有关配置的更多信息, 请参阅: [IBM Spectrum Storage for AI with NVIDIA DGX 参考架构](#)。

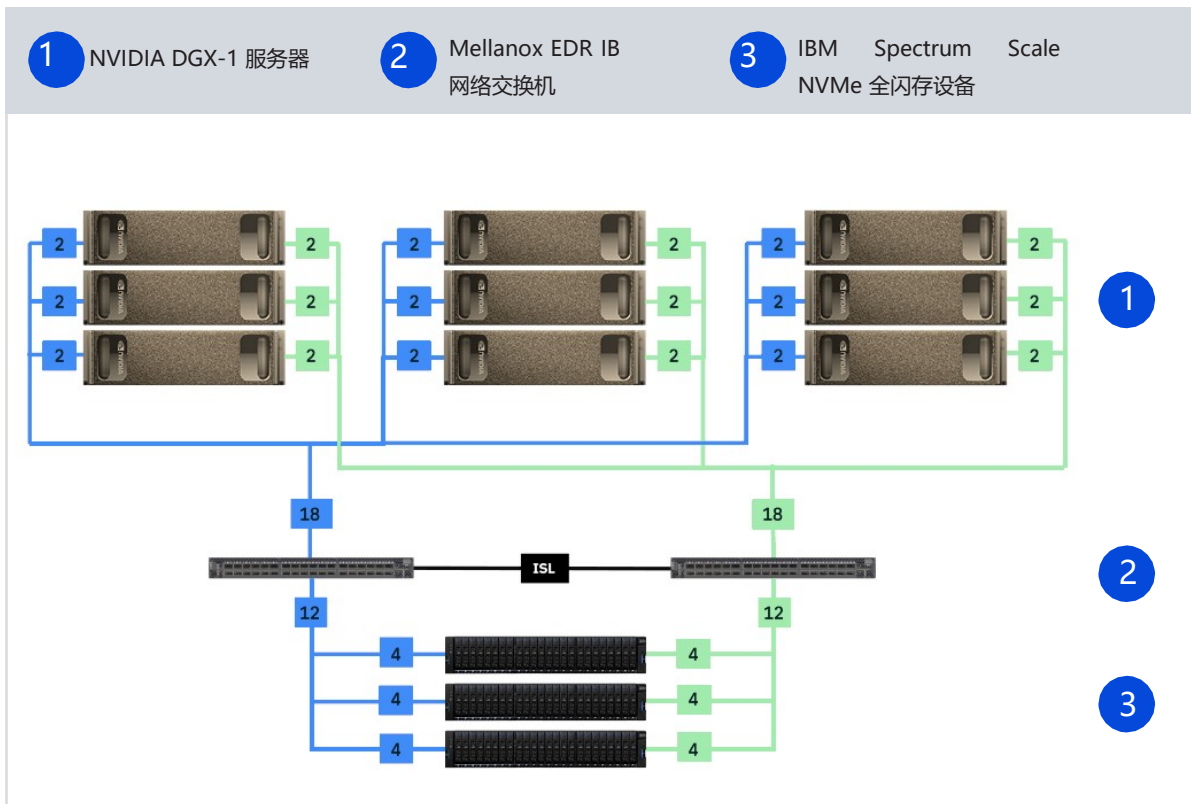


图 1: 采用 9 台 DGX-1 服务器 + 3 台 Spectrum Scale NVMe 全闪存设备配置的 IBM Spectrum Storage for AI with NVIDIA

IBM Spectrum Scale NVMe 全闪存设备的部署细节

在这个最前沿的测试环境中, 我们使用了 IBM Spectrum Scale v5。IBM Spectrum Scale RAID 安装在采用 Linux OS 的 NVMe 全闪存阵列上。IBM Spectrum Scale RAID 软件在提供时通常会作为 IBM Spectrum Scale 软件堆栈的一部分, 以便进行 IBM Elastic Storage Server (ESS) 部署。在配置时, 每台 Spectrum Scale NVMe 全闪存设备均可通过 EDR IB 网络在 Spectrum Scale 集群中提供一对完全冗余的 NSD 服务器。

存储与网络性能测试

我们进行了一系列测试，在 1 到 9 台 DGX-1 服务器上，配备 1 到 3 台 IBM Spectrum Scale NVMe 全闪存阵列，测试使用综合数据和 ImageNet 数据进行 DL 图像训练和 DL 图像推理时的系统总吞吐量。为了确定存储性能特性，我们测试了随机 IO 存取与顺序 IO 存取模式。我们还测试了在单个 NVIDIA DGX-1 服务器上使用 IBM Spectrum Scale 文件系统和随机磁盘对性能的影响。

系统吞吐量结果

在不断增加 9 台 DGX-1 服务器 fio 线程的情况下，我们测试了最大的总读取吞吐量。图 2 所示为 NVMe 的近线性性能扩展情况，当在 2 个机架单元中配备 1 个 IBM NVMe 全闪存阵列时，读取性能为 40 GB/s，当增加到 3 个 NVMe 全闪存阵列时，读取性能会提升到 120 GB/s。在该配置中，IBM Spectrum Scale 解决方案在 DGX-1 系统上展示的数据吞吐量是参考解决方案的 4.5 倍。DL 基准测试结果表明，IBM NVMe 全闪存解决方案能够让所有的 DGX-1 服务器 GPU 保持饱和状态。

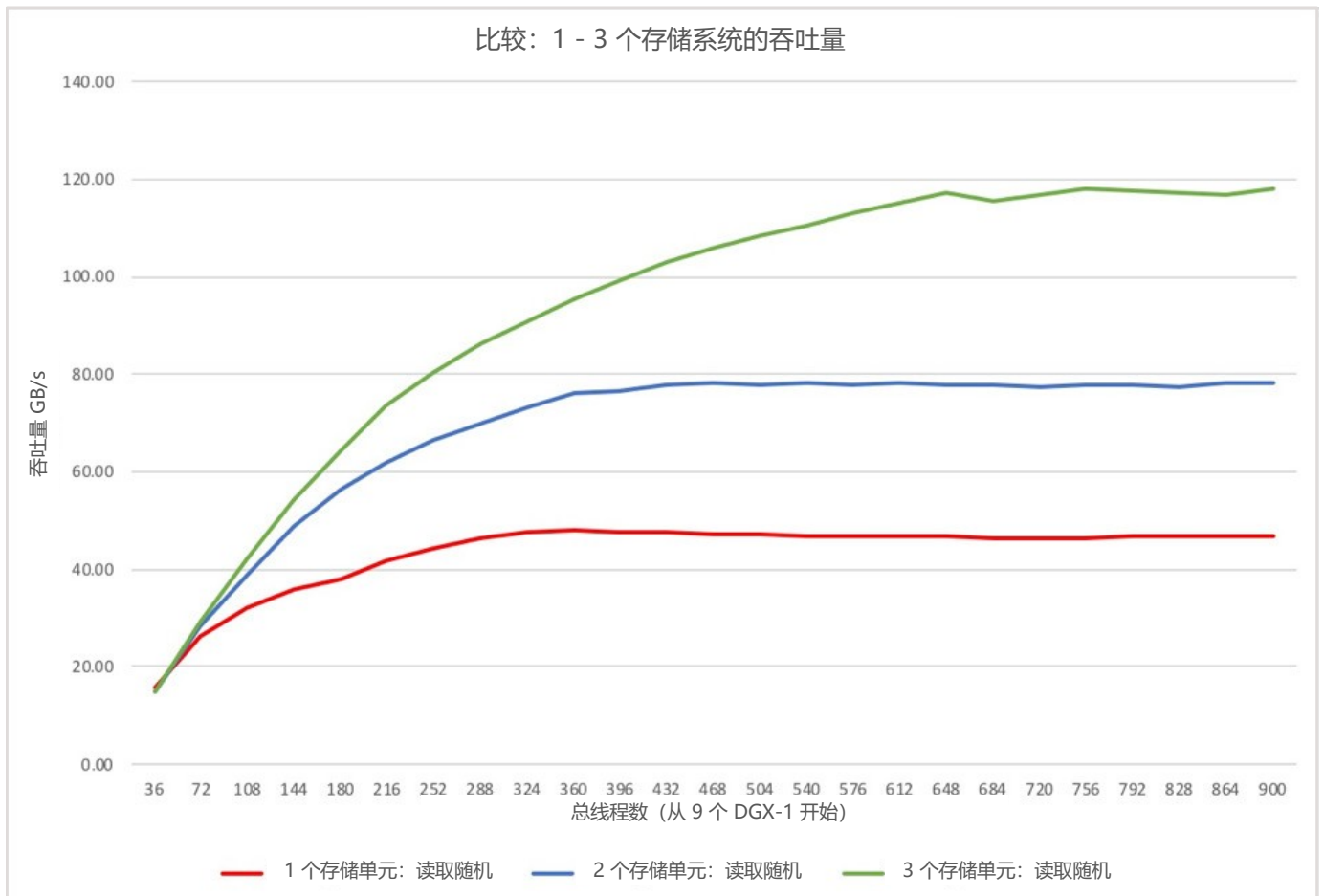


图 2：使用 fio 基准确定的系统可扩展吞吐量

我们还运行了 IO 吞吐量测试，旨在验证 NVMe 全闪存存储解决方案的灵活性。对顺序读取性能和随机读取性能的对比测试结果表明，当任务线程数量增加时，会导致预读取优势受到一些影响。无论采用何种 IO 类型，NVMe 全闪存解决方案都能确保强大的吞吐量。

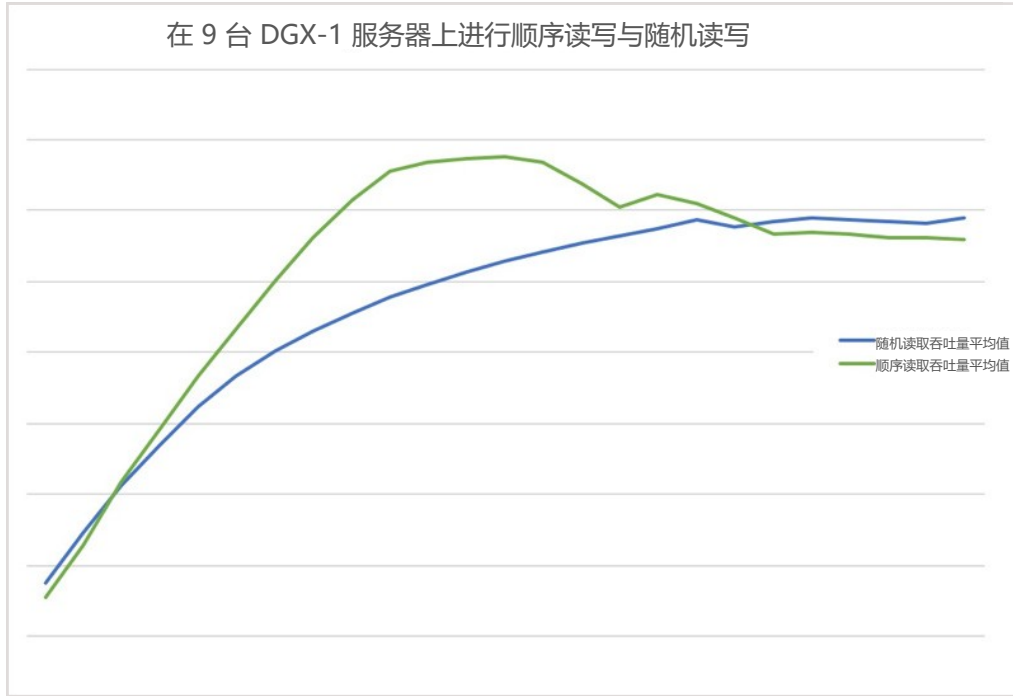


图 3: DGX-1 服务器的 GPU 利用率与 IO 带宽

图 3 表明，相比单个 DGX-1 服务器的整体带宽需求，DL 工作负载的 GPU 平均利用率几乎达到 100%。在基准测试中，配备 8 个 GPU 的单个 DGX-1 服务器并未拖垮 Spectrum Scale on NVMe 设备。

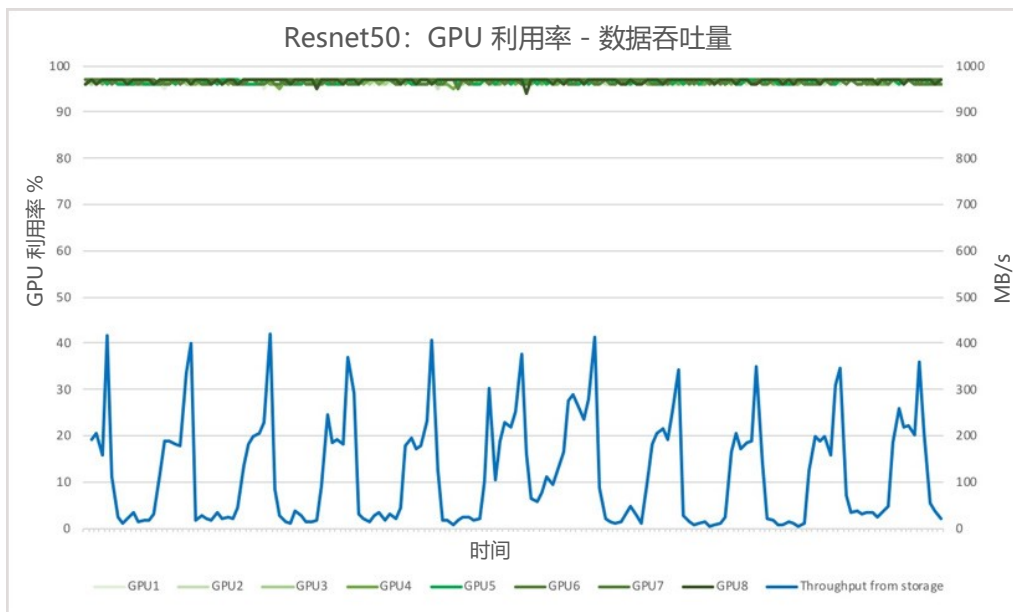


图 4: 使用 fio 基准确定的顺序/随机读取吞吐量

单个 DGX-1 服务器的 ImageNet 训练结果

我们首先在单个 NVIDIA DGX-1 服务器上配备了不同数量的 GPU 并部署了 IBM Spectrum Scale，然后使用不同的模型测试了训练吞吐量（每秒图像数），然后在仅采用本地随机磁盘的情况下进行了测试。通过对比本地随机磁盘存储的性能与 IBM Spectrum Scale 文件系统网络存储的性能，我们发现受测应用呈现出相似的性能。

注：在每个客户端上卸载网络存储，然后重新安装网络存储，以达到在每次测试运行之前清除缓存的目的。IBM Spectrum Scale 的 Pagepool 缓冲池设置为较低的 16 GB，因此它只能容纳部分测试数据集（约 140 GB）。我们还对比了 NVMe 设备的吞吐量与 NVIDIA DGX-1 服务器的吞吐量，以验证缓存是否已清除。

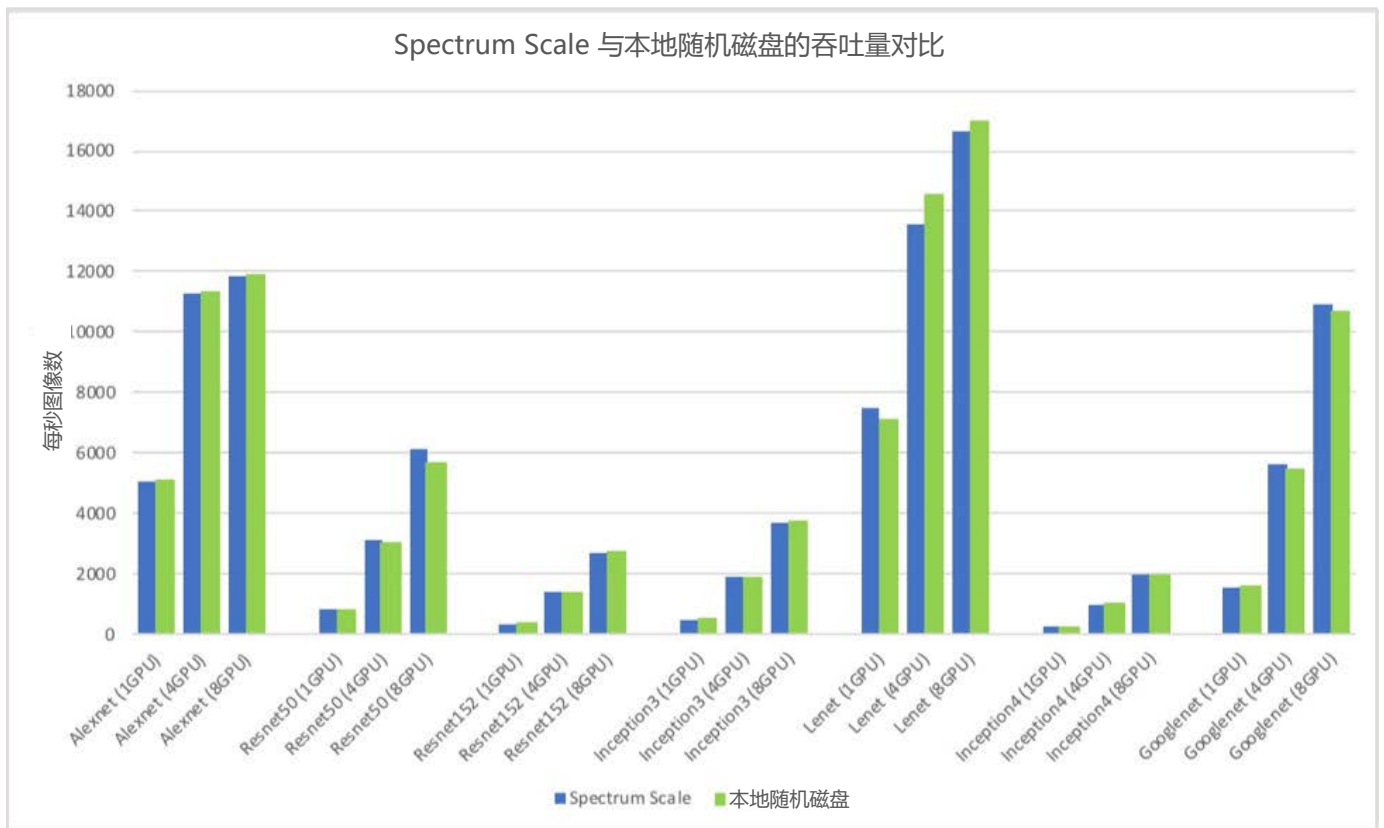


图 5: 单个 DGX-1 服务器的 GPU 性能及 Spectrum Scale 文件系统与随机磁盘性能对比

无论是使用 IBM Spectrum Scale on NVMe 存储还是本地随机磁盘，随着 GPU 数量的增加，一些模型都能够以近线性方式向上扩展，而一些模型则会呈现出统一的非线性向上扩展。这表明，可扩展性并不受存储 IO 性能的影响（无论是本地存储还是共享存储），仅仅与计算基础架构本身中的 DL 模型的可扩展性有关。

多个 NVIDIA DGX-1 服务器的 ImageNet 训练结果

在采用多个 NVIDIA DGX-1 服务器的情况下，IBM Spectrum Scale NVMe 全闪存设备能够以近线性方式向上扩展，使所有的 DGX-1 服务器 GPU 同时达到饱和状态，无论是运行 1 个使用 IBM Spectrum Scale 的 DGX-1 服务器还是 9 个 DGX-1 服务器 (72 个 GPU)，均是如此。

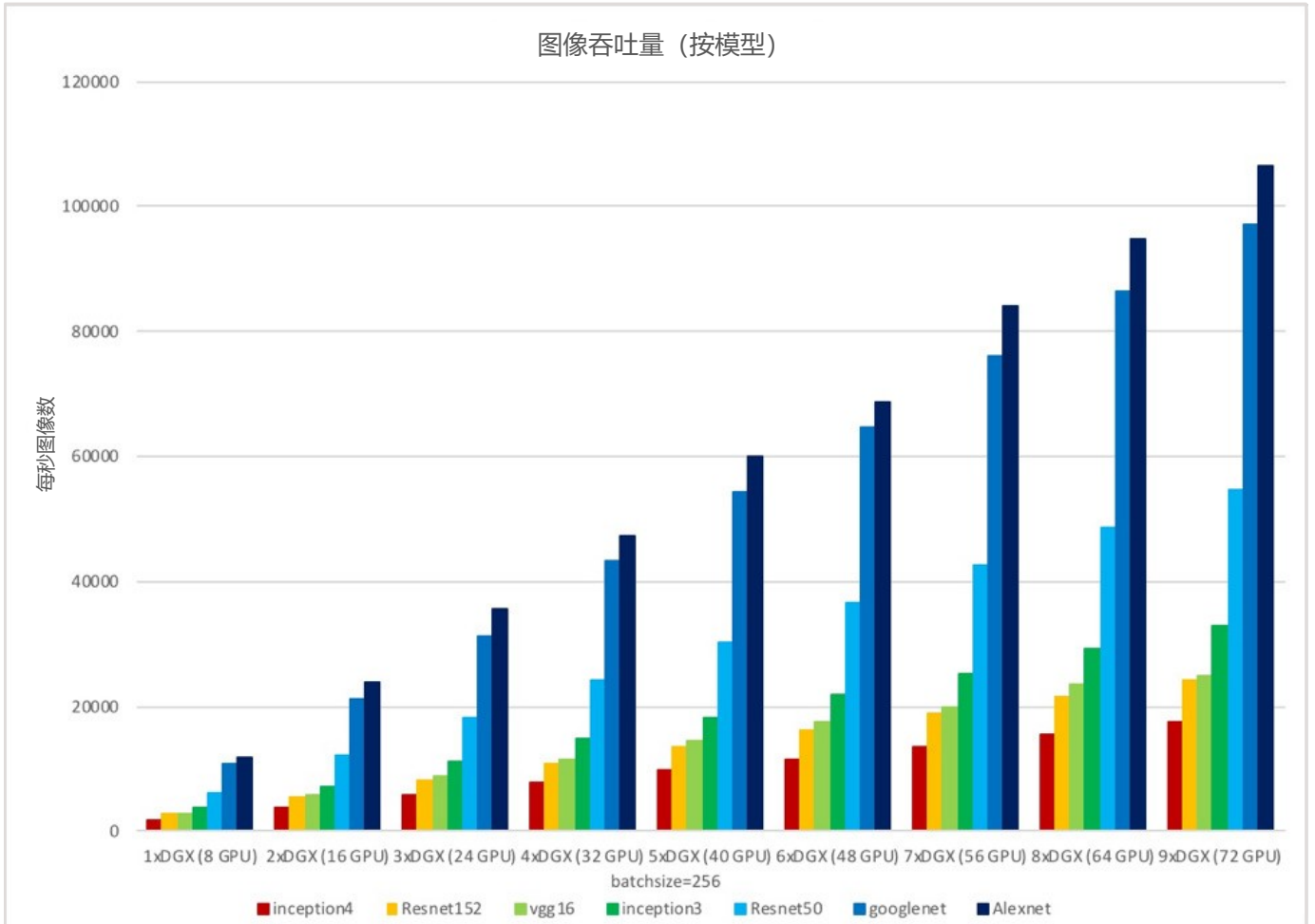


图 6: 多个 DGX-1 服务器采用 TensorFlow 模型时的训练速率

多个 DGX-1 服务器的 ImageNet 推理结果

由于受基准测试时间的限制，我们仅对采用下列的各种 DGX-1 服务器 GPU 数量与模型搭配组合进行了测试。测试结果表明，IBM Spectrum Scale on NVMe 的架构能够以近线性方式向上扩展，使所有的 DGX-1 服务器 GPU 同时达到饱和状态，即便是 GPU 数量达到 72 个时也是如此。

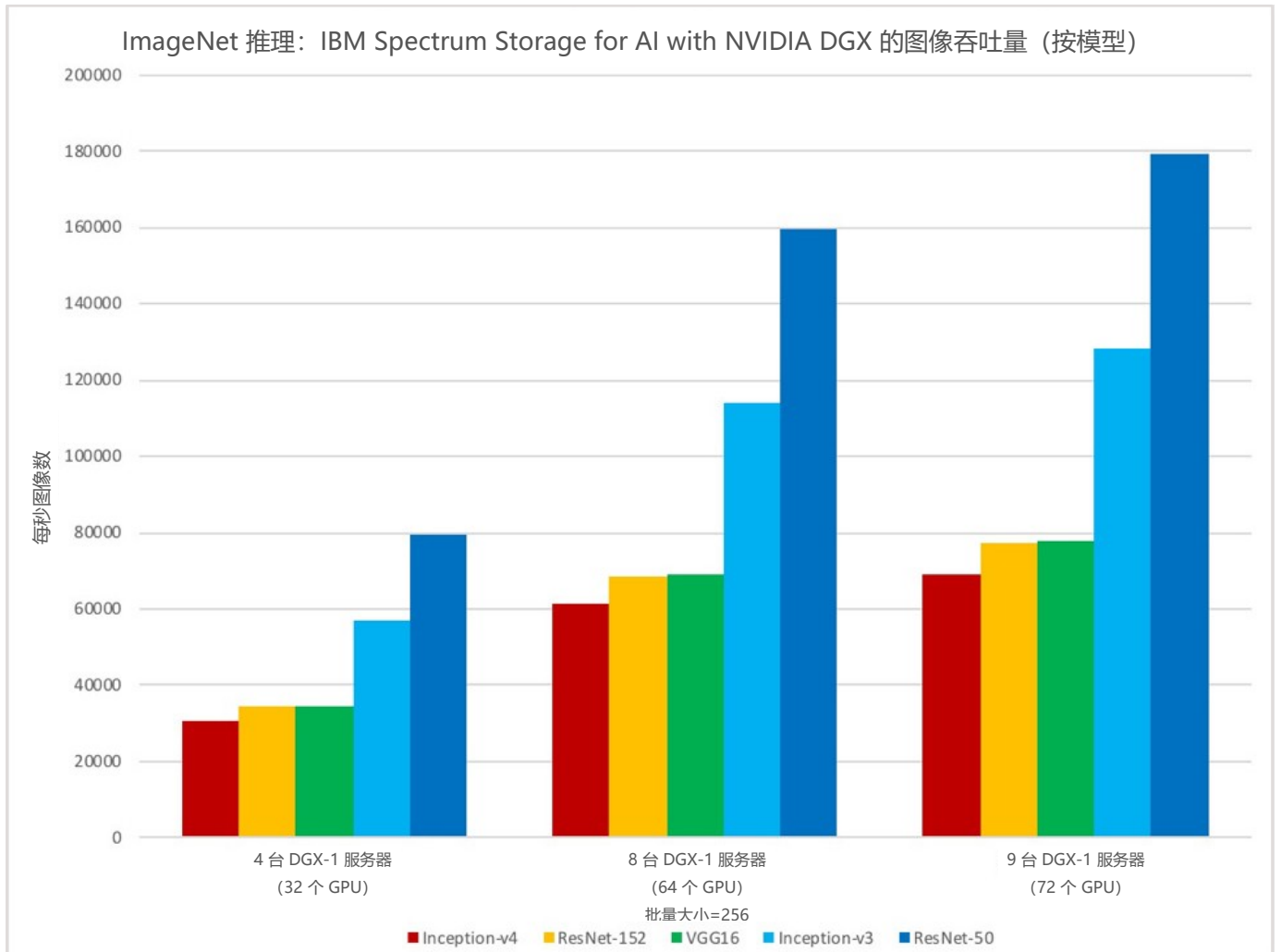


图 6: 多个 DGX-1 服务器采用 TensorFlow 时的推理速率

测试结果表明，图像推理的处理速率可达到对应 TensorFlow 模型训练速率的 1.5 倍到 4 倍之间。该结果表明，借助 DGX-1 服务器及 Spectrum Scale on NVMe 解决方案，数据科学家可根据需求在单个 DGX-1 服务器上运行混合训练和推理，指派 1 到 2 个 GPU 进行推理，而 DGX-1 服务器上的剩余 GPU 则负责完成训练任务。

结语

IBM Storage 可为 AI 解决方案提供一流的存储性能。Elastic Storage Server (ESS) 系列产品和下一代 NVMe 平台中提供了多个共享文件存储选项，均可为 AI 工作负载提供一流的存储性能。IBM Spectrum Scale 软件和解决方案可交付可扩展的存储吞吐量，能够帮助您满足未来的数据增长或计算需求。除了性能之外，IBM Spectrum Storage for AI with NVIDIA DGX 还能够为 NVIDIA 生态系统和 AI 数据管道提供支持，帮助您提升开发效率。

基于 Mellanox EDR InfiniBand 网络的 IBM Spectrum Scale NVMe 全闪存架构不仅是前沿 DL 工作负载训练与推理的理想之选，还能够任何 GPU 加速系统上实现高性能并行处理，同时确保高带宽和低延迟。使用各种 AI 训练和推理模型对 NVIDIA DGX-1 服务器进行的测试结果表明，它们均可充分利用 GPU 的性能。

其他资源

有关 IBM Storage for AI 及 IBM Spectrum Storage for AI with NVIDIA DGX 的更多信息，敬请访问：

www.ibm.com/it-infrastructure/storage/ai-infrastructure

有关 IBM Systems 的各种 AI 解决方案（包括 IBM Storage、IBM AC922、IBM PowerAI Enterprise 及 IBM Spectrum Computing）的更多信息，敬请参阅：

- [IBM AI 基础架构解决方案](#)
- [IBM Systems AI 基础架构参考架构](#)
- [IBM Spectrum Computing for AI](#)



© Copyright IBM Corporation 2018
IBM Systems
3039 Cornwallis Road
RTP, NC 27709
美国印刷

IBM、IBM 徽标及 ibm.com 是 International Business Machines Corporation 在美国和/或其他国家/地区的商标。如果这些和其他 IBM 商标术语在此类信息中首次出现时使用商标符号（® 或 ™）做了标记，则表明在此类信息发布时，这些术语已在美国进行了注册或者已为 IBM 所拥有的普通法商标。这些商标也可能是在其他国家或地区的注册商标或普通法商标。Web 站点 www.ibm.com/legal/copytrade.shtml 上的“Copyright and trademark information”部分中包含了 IBM 商标的最新列表。

NVIDIA、NVIDIA 徽标及 DGX-1 是 NVIDIA, Inc. 或其分公司在美国和其他国家/地区的商标或注册商标。

Linux 是 Linus Torvalds 在美国和/或其他国家或地区的注册商标。

Microsoft、Windows、Windows NT 及 Windows 徽标是 Microsoft Corporation 在美国和/或其他国家或地区的商标。

其他产品、公司和服务名称可能是其他公司的商标或服务标记。

在本出版物中，但凡提及 IBM 产品或服务时，并不表示 IBM 可以在 IBM 业务所涉及的所有国家或地区予以提供。