借助 IBM Spectrum Storage for AI with NVIDIA DGX-2 设计并构建端到端数据管道

用于构建企业数据管道的高性能 IBM Spectrum Storage for AI with NVIDIA DGX-2

目录

引言 3
目标受众 3
用例：通过视频图像烟雾检测实现计划火烧管理 4
AI 数据管道的作用是什么？ 5
基于 IBM Cloud™ Object Storage (COS) 的数据湖摄入 7
借助 IBM Spectrum Discover 实现自动数据标记 7
Data Accelerator for AI and Analytics 及 IBM Elastic Storage® System 3000 (ESS 3000) 8
基于 NVIDIA DGX-2 System 的训练集群 8
部署简化及可扩展性 8
AI 数据管道解决方案的架构概述 9
摄入 10
转换 10
分析/训练 10
优化森林火灾 AI 数据管道 **11**
使用 IBM Spectrum Discover 加速数据标记 11
Autotag 12
使用 Data Accelerator for AI & Analytics 将数据高效缓存到高性能训练层 13
烟雾检测 AI 模型 **15**
借助对象检测技术实现烟雾检测 16
借助图像分割技术实现烟雾检测 17
结论：充分利用端到端 AI 数据管道的高效性 18
附录 1：AI 数据管道的组件 **19**
NVIDIA DGX-2 System 19
Mellanox InfiniBand 网络 19
IBM Elastic Storage System 3000 及 IBM Spectrum Scale™ 20
IBM Spectrum Discover 22
IBM Spectrum LSF 23
IBM Cloud Object Storage 24
附录 2：AI 数据管道的设计与构建要点 **26**
确定数据需求 26
规划训练数据 27
致谢 28
其他资源 29

引言

人工智能 (AI)、机器学习 (ML) 和深度学习 (DL) 即将改变人们和企业的工作和学习方式。这些工具可以从边缘到核心再到云端收集数据，以近乎实时的方式分析数据，基于以前的结果进行推断，并推断影响结果的行动。这种模式几乎可以运用到任何场景，例如工业流程、体验式交互、医疗保健、销售和实时决策等。

数据驱动型组织当前面临的挑战在于：需要在越来越短的时间内摄入和分析呈指数级增长的海量数据，同时支持更复杂的模型和模拟，而在这些模型和模拟中，经常需要实时作出可执行的洞察力和响应。为了解决现有及新兴的数据挑战，组织必须以高效的方式扩展数据中心。

若要高效地采用 AI，需要采用有组织且有效的方式将团队和数据聚集在一起。为了简化 AI 的采用，IBM 和 NVIDIA 提出了这一专为满足森林火灾管理需求而构建的端到端参考架构。该解决方案是一个集成的、可单独扩展的基础架构，旨在实施从摄入到洞察力的 AI 数据管道。它展示了针对真实 DL 用例（训练模型检测烟雾以用于计划防火）的完整 AI 数据管道解决方案。用于训练该模型的数据基于佛罗里达州受控火烧期间由无人机系统 (UAS) 捕获的视频而开发。

尽管本文使用了烟雾检测用例来进行说明，但该模型并非仅可用于烟雾检测，也可以在其他行业中使用。NVIDIA® 一直引领着 AI 计算变革，充分利用现代 GPU 及其广泛的处理器内核计数与并行架构，此类架构特别适用于 ML 和 DL 的大规模并行运算。现代 GPU 超越并丰富了基于 CPU 的传统架构的功能。

IBM 提供了极具成本效益的软件定义存储和硬件解决方案，它们具有久经验证的可扩展性，能够支持大规模并行处理，而且提供有以成本有效的方式将数据从 TB 级扩展到 PB 级和 EB 级的增长路径。IBM 提供的软件定义存储可帮助客户完成这种扩展，让数据科学家和数据工程师可以专注于 AI 问题，而不会陷入数据挑战和成本限制的困境。

目标受众

本文旨在为企业领导者、解决方案架构师及其他感兴趣的读者介绍 IBM Spectrum Storage™ for AI with NVIDIA DGX-2™ 的端到端 AI 数据管道解决方案如何实现 AI 的简化与加速。

本文档的目标受众包括：

- 已开始使用或考虑使用 AI 模型从数据中发掘价值的数据科学家
- 解决方案架构师：他们需要考虑如何将 AI 框架集成到现有基础架构中，以及如何对其进行扩展，以便更好地组织服务
- 首席级高管：利用数据创造新的商机、开展创新并生成由数据驱动的洞察力

用例：通过视频图像烟雾检测实现计划火烧管理

火灾在全世界的森林景观时有发生。森林火灾对全球生态系统而言是一项重大危害，也可能会对人类安全构成威胁。美国加利福尼亚州林业与消防局发布的报告称：“加利福尼亚州在 2017 年和 2018 年经历了有史以来最致命、最具破坏性的森林火灾。受干旱的影响，干燥植被堆积到了前所未有的程度，加上极端风势的推动，这些森林火灾的规模和强度非常大，导致 100 多人丧生，毁坏了成千上万的房屋，并导致加利福尼亚州数百万的城市和农村人口遭受到了空气污染。”[1]

传统的火灾检测方法依靠的是在高地上部署视野开阔的火灾瞭望塔，人们可以在塔上监视着火或烟雾迹象。随着无人机 (UAV) 技术、遥感技术和信息处理技术的发展，通过实时分析和处理大片森林的空中拍摄图像来检测烟雾（火灾指标之一）已变得可行。无人机和 AI 增强视觉检测技术的采用，在减少森林火灾危害方面有着巨大潜力。故意为之的受管火烧可能是减少森林火灾蔓延及影响的方法之一。位于佛罗里达州塔拉哈西的高大林木研究站与土地保护区管理机构的国家计划火烧训练中心 (PFTC) 的使命是“维护计划火烧卓越中心，以实际现场经验为重点，以提升技能和知识水平及培养计划火烧应用信心为目标。”[2]

在 2019 年 3 月 18 日至 29 日举行的“关于女性在计划火烧中的作用的训练交流大会 (WTREX)”中，数据科学家、无人机飞行员、解决方案架构师和摄像师应邀来到了高大林木研究站，共同探索女性在火灾管理中日益重要的作用，同时开展了计划火烧行动，旨在提升女性在野外火灾管理方面的正式资格。这些消防员研究了森林火灾的影响、相关报道及宣传资料、计划火烧政策与规划，同时专门针对该用例研究了使用 DL 神经网络和推理技术的 AI 系统如何用于烟雾和森林火灾监控。有了合适的硬件和软件工具，消防人员便可以更好地武装自己，在火灾失控之前使用智能解决方案扑灭火灾。

该用例的目的是模拟从数据源到处理环节的数据流，并运用 AI 技术检测视频图像中的烟雾，以实现计划火烧管理。NVIDIA 和 IBM 选择通过这个用例来展示在正确的基础架构上精心设计的 AI 数据管道如何提升各种数据集的管理能力、简化数据处理并增强专家之间的协作。我们希望通过简化 AI 模型训练，让数据科学家和森林火灾专家能够识别出防火线上的烟雾，并通过计划火烧来熟悉森林火灾管理。最终目标是在无人机 (UAV) 上部署 AI 模型或将 AI 模型连接到 UAV，而 UAV 可以向控制线上的消防员发送实时警报。本实验中所用的数据集包括在现场捕获的视频数据和图像以及一些现有参考数据集。

在未来，使用实时成像、天气和地形、历史数据的智能 AI 系统可能会增强消防员的知识和经验，并让他们熟悉通过计划火烧来减少森林火灾威胁。

[1] 美国加利福尼亚州林业与消防局：2019 年火灾多发季 (https://www.fire.ca.gov/incidents/2019/)

[2] 高大林木研究站与土地保护区：eNews - PFTC/Tall Timbers 对全球计划火烧的影响 (https://talltimbers.org/pftc-tall-timbers-impact-on-prescribed-fire-around-the-world/)

AI 数据管道的作用是什么？

AI 数据管道应提供数据科学所需的系统、软件及高效且可重复的流程，进而简化流程并降低数据收集（包括摄入）、数据分类和准备、ML/DL 模型训练、推理和完善等环节的成本。AI 数据管道的特定架构会因所使用数据的来源和类型，以及处理数据所需的步骤的不同而有所不同。由于这些原因，灵活的基础架构是确保效率和成功的关键。

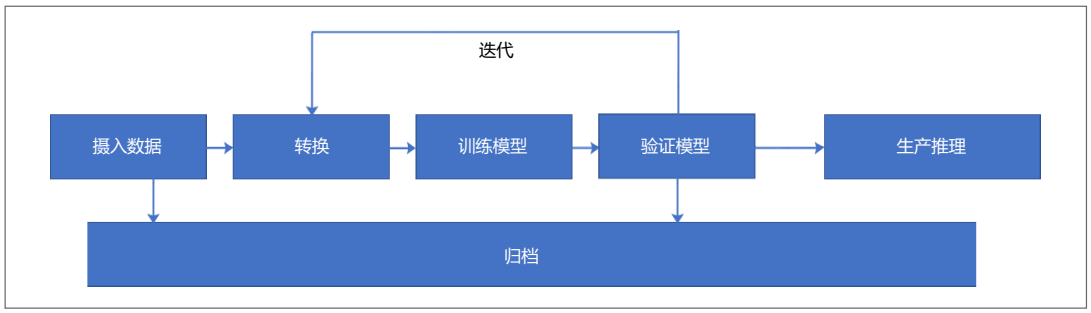


图 1：深度学习 AI 数据管道的各个阶段

图 1 显示了本文所述森林火灾管理项目 AI 数据管道的各个阶段。关于每个阶段的详细信息，请参见本文档的其他部分。

- **摄入数据：**数据摄入通常在边缘进行，但需要集中提供。在用于视频图像烟雾检测的 DL AI 数据管道中，我们使用 UAV 平台捕获实时视频和静止图像，并将其存储在 IBM Cloud™ Object Storage (COS) 中。数据科学家使用 IBM Spectrum Discover 创建相应策略，以便对传入的数据进行分类、标记和注释。
- **转换：**数据转换包括预处理操作，其目的是准备拟由 DL 算法使用的数据。对于图像而言，预处理操作通常包括文件解析、JPEG 解码、裁剪、大小调整、旋转和颜色调整。可以提前对整个数据集进行转换，并存储转换后的数据以备后用。许多转换也可以在训练管道中以内联的方式执行，这样就无需存储中间数据。在视频图像烟雾检测用例中，视频数据的每一帧都会被转换为图像，以便进行进一步处理。
- **训练模型：**使用神经网络对 DL 模型进行训练。神经网络获取已采用数据科学家指定的加权因子进行了处理的输入数据。之后，模型会生成经加权的预测结果。随后对加权因子进行调整，以在后续训练迭代中生成更准确的预测。在本用例中，数据科学家在分离出已标记图像的训练集之后，将会创建一个模型，该模型具有各种参数，包括用以区分烟雾图像与其他类似图像的图像处理参数。
- **验证模型：**在模型训练达到所需的准确度之后，数据科学家会根据验证数据（模型训练过程中之前从未出现过的数据）来测量模型的准确性。然后，针对不同但已知的数据集运行经过训练的烟雾模型，以便基于验证数据进行推理，并将结果与已标记的数据进行对比。

- **生产推理：**将经过训练和验证的模型部署到可以进行实时推理的系统（如 UVA 系统）。它将接受单个图像作为输入，并输出预测的类 - 在本用例中，图像数据已标记为包含或不包含烟雾。
- **归档：**每个训练迭代中使用的数据可能会被无限期保存。许多 AI 团队会将数据归档到对象存储中，以实现成本效益，同时确保数据的易于访问性和简洁性。

所有这些阶段都很重要，不过阶段之间的过渡通常来说也同样重要。从摄入到准备，再到训练和验证，必须确保数据能够高效流动。

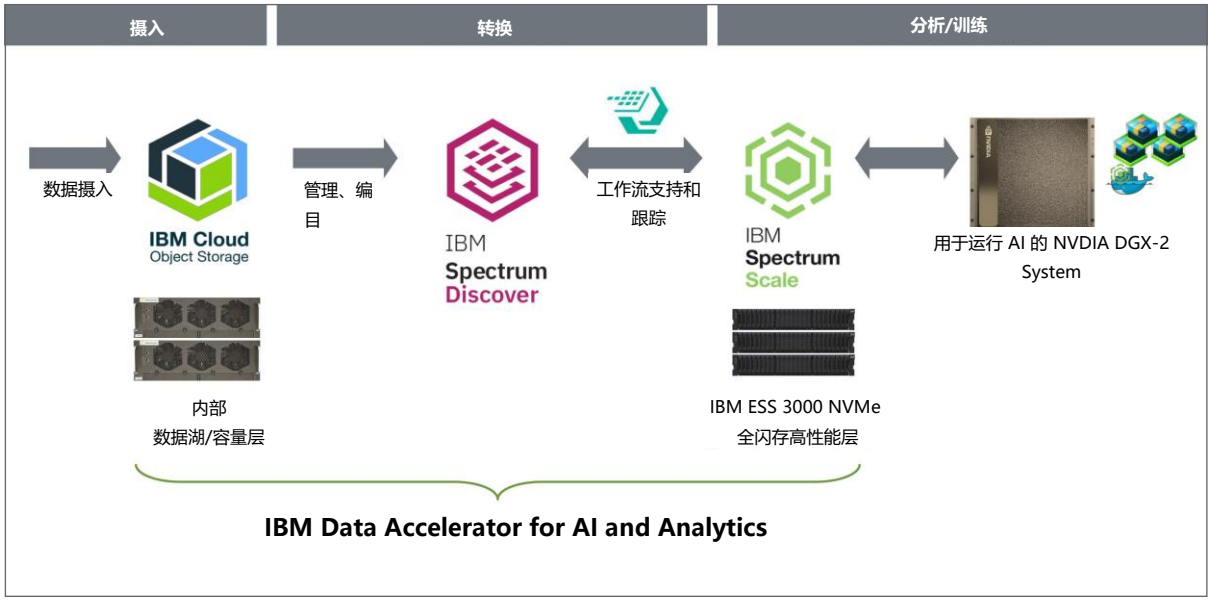


图 2：计划火烧管理所需视频图像烟雾检测模型训练所用的 AI 数据管道

图 2 说明了使用 IBM Spectrum Storage for AI with DGX-2 系统的烟雾检测用例的 AI 数据管道架构。摄入的森林火灾视频和图像数据存储在 COS 中，然后按照数据科学家预先设置的 Spectrum Discover 策略对其进行标记和注释。数据科学家在 IBM Spectrum Discover 进行查询，选择一个相关的数据集，然后将工作负载与该数据集一同提交至 IBM Spectrum Discover。IBM Spectrum Discover 启动工作负载，并使用 IBM® Spectrum LSF、工作负载管理工具和任务调度程序对其进行调度。提交该任务后，将会在基于 IBM Spectrum Scale™ 的 IBM Elastic Storage System 3000 上从数据集中预提取所需数据。

本用例中所用的烟雾检测 AI 模型[3] 是由 Microsoft AI for Good 团队基于 MobileNet-V2 神经网络视觉模型而开发的。IBM LSF 在 DGX-2 System 和 ESS 3000 上调度模型训练任务，生成最终的训练模型，然后将其推回到 COS。之后，IBM Spectrum Discover 对新功能和注释进行标记，并跟踪模型输入、迭代、输入参数和输出。数据科学家对各个迭代进行对比，以便将来在推理过程中进行取证。

最后，该模型准备就绪，可供 IBM Spectrum Discover 中的推理和数据管理策略使用。这时候，便可使用经训练的烟雾检测模型在传入的数据集中检测烟雾。训练过程是个迭代的过程，直到数据科学家对模型感到满意为止。

[3] 有关该 AI 模型的代码，可在本文档结尾处“其他资源”一节中找到。

基于 IBM Cloud Object™ Storage (COS) 的数据湖摄入

数据湖是一个中央数据存储库，它能够以原生格式保留大量的非结构化数据，直到使用其他数据源、实验、协作式探索发现它们的价值为止。

借助 COS，组织可以利用经济高效且可扩展的存储来构建集中式数据存储库，进而便可能收集和存储几乎无限量的任何类型、来自任何来源的数据。数据会保持原生格式，无需将其移入和移出 COS；相反，基于 COS 的数据湖是 AI 数据管道的持久数据存储。凭借对多站点部署和可扩展性能的固有支持，它提供了一个全局数据摄入和多站点数据共享平台。

借助 IBM Spectrum Discover 实现自动数据标记

“数据科学家有 60% 的时间耗费在数据清理和整理上。数据集收集所耗费的时间排在第二位，占比为 19%，这意味着数据科学家有 80% 的时间耗费在分析所需数据的准备和管理上。”[4]

IBM Spectrum Discover 能够自动从源存储系统中捕获系统元数据，支持用户通过搜索结果创建自定义元数据，还支持用户使用基于内容的搜索功能以及一个允许用户进行功能扩展和自定义的丰富 API，从文件标头中提取关键词元数据。

如此一来，便可形成一个由单个集中式解决方案管理的丰富的文件和对象元数据层。内置连接器可提供与内部和云端异构存储系统的集成，包括 COS、IBM Spectrum Scale、IBM Spectrum Protect™、备份、公有云存储及多种第三方存储系统。元数据索引功能可实现快速数据查询，支持用户快速定位数据并创建用于 AI 和分析的自定义数据集。

[4] Forbes：“清理大数据：最耗时、最繁琐的数据科学任务（基于相关调研结果）”，Gil Press，2016 年 3 月 23 日。https://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/03/23/data-preparation-most-time-consuming-least-enjoyable-data-science-task-survey-says/#3d63f5ad6f63

Data Accelerator for AI and Analytics 及 Elastic Storage® System 3000 (IBM ESS 3000)

（交付数据到训练平台）

若要确保数据科学的生产效率和计算利用率，就需要保证适当的数据随时可用，以实现更快的转换、模型训练、推理或实时分析，同时又不会产生数据复制相关开销。在本蓝图中，COS 充当持久性缓存的角色，能够实时从容量层中准确地预提取所需数据，不仅避免了额外的数据复制，还有助于维持单个事实来源。由于所选的数据集是从 COS 数据湖实时预提取到 Elastic Storage System 3000 的 DL 环境中，因此能够加速模型训练。无论是集中式训练，还是面向边缘计算的近边缘平台，均是如此。

基于 IBM Spectrum Scale 的 ESS 3000 可提供训练、验证和推理所需的高速数据访问。小型全闪存存储平台还可用于缓存或管理来自 NAS 文件管理器、Hadoop/Spark、IBM 磁带系统或多个 IBM Spectrum Scale 集群的数据。结合使用 IBM Spectrum Scale 内置的缓存技术及 IBM Spectrum Discover 元数据功能（例如标记和分类功能），能够自动选择合适的数据集到持久性缓存中。

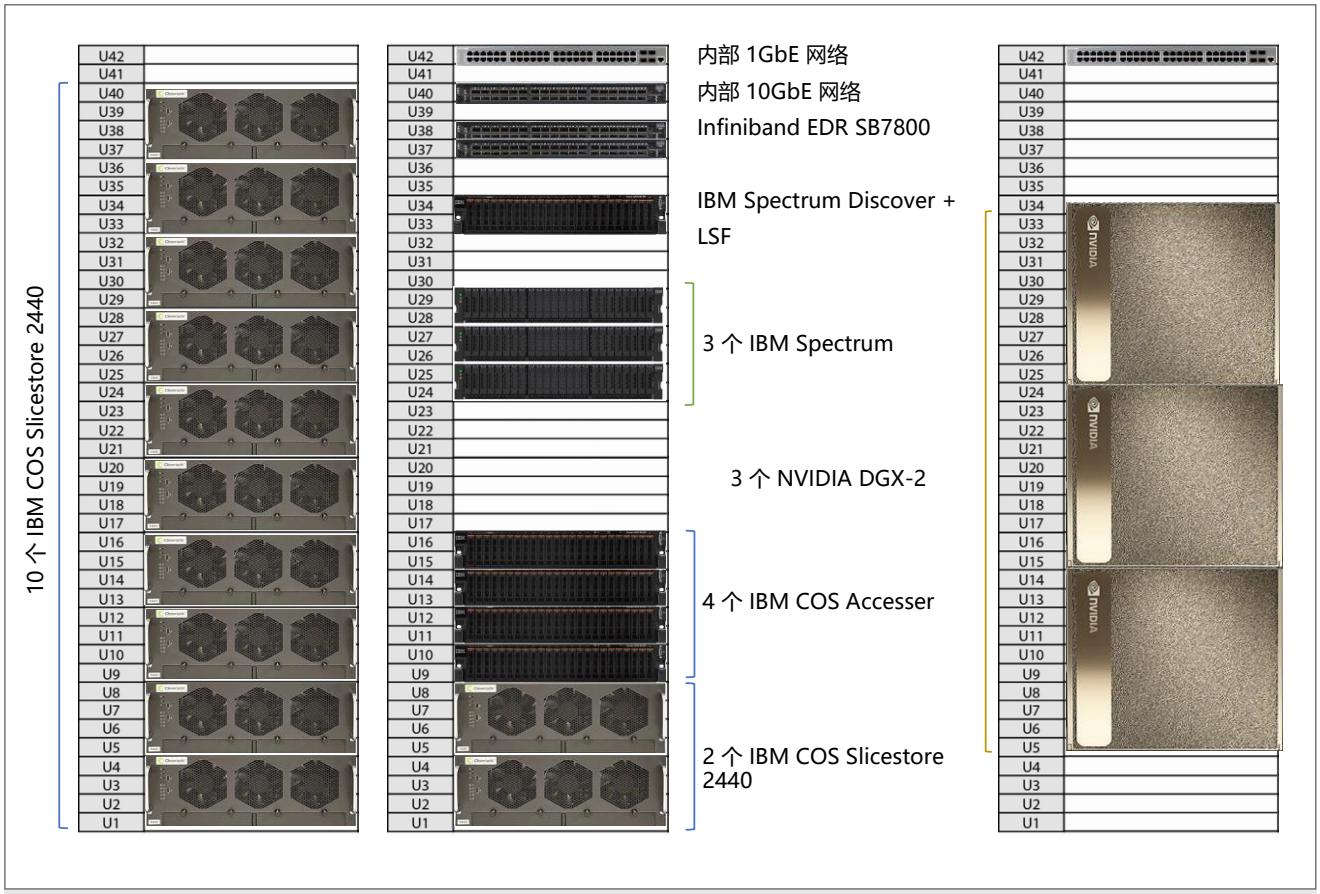
基于 NVIDIA DGX-2 System 的训练集群

森林火灾烟雾检测用例的训练集群基于 DGX-2 System 而构建。与传统服务器丰富的 DL 性能相比，DGX-2 System 可提供 10 倍的性能，而且 DGX-2 System 是全球首款 2 petaFLOPS 系统，在单个机箱中配有 16 个互连的 GPU。DGX-2 System 基于 NVIDIA CUDA-X™ 软件和 NVIDIA® NVSwitch™ 技术的可扩展架构而设计，是一款旨在应对最复杂 AI 挑战的 AI 平台。

部署简化及可扩展性

IBM Spectrum Storage for AI with DGX 提供了容量和性能的可扩展性。在最初部署时，可以从单个 ESS 3000、连接到 InfiniBand 网络的单个 DGX-2 System 开始，然后可以根据不断增长的工作负载定制化扩展到数百个存储和计算系统。额外增加的 DGX-2 System 也可以访问 IBM 软件定义存储解决方案的所有数据，便于数据科学家和解决方案架构师以简单且经济高效的方式实现扩展。

AI 数据管道解决方案的架构概述



架构

软件

- IBM Spectrum Discover (v2.0.1)
- IBM Cloud Object Storage Appliance software (v3.14.3)
- IBM Spectrum LSF (v10.1.0)
- IBM Spectrum Scale RAID (v5.3)
- Ubuntu 18.04
- Docker 19.04-py3
- NVIDIA AI OS
- NVIDIA GPU Cloud（容器注册表）
- TensorFlow 1.13.1
- 精度：FP16

硬件

- IBM Spectrum Scale NVMe 全闪存设备
- Elastic Storage System 3000
- IBM Cloud Object Storage Accesser® 和 Slicestor® 设备
- Mellanox SB7800 Infini Band
- NVIDIA DGX-2 System

网络

- EDR InifiBand
- 10GB 以太网*（管理）*

图 3：物理架构

图 3 显示了森林火灾烟雾检测 AI 数据管道工作流的每个阶段所用最新软件及配套存储、网络和计算技术的关键组件。

摄入

IBM Cloud Object Storage 作为容量层进行部署，用于在森林火灾烟雾检测 DL 端到端 AI 数据管道中的数据摄入。COS 解决方案安装并配置了 4 个 Accesser 节点和 12 个 Slicestor-2440 节点。管理节点在虚拟机中运行。

Accesser 主机软件负责摄入时的数据加密/编码、读取时的数据解码/解密，以及数据切片在 COS Slicestor 节点组中的散播管理。Slicestor 节点主机软件负责切片的存储。

Slicestor 节点与 Accesser 节点之间的网络，以及从 Accesser 到客户端节点的网络使用 10GbE 链路，并使用捆绑了两个链路的链路聚合控制协议 (LACP) 来为 COS 内部网络和客户端网络增加带宽和冗余。

转换

在森林火灾烟雾检测 AI DL 数据管道中，IBM Spectrum Discover 在虚拟机中进行部署和配置。IBM Spectrum LSF 工作负载管理和任务调度程序在主机服务器中安装和配置。它提供了一套全面的策略驱动型智能调度功能。IBM Spectrum LSF 集群配有一个或多个服务器主机（也称作计算主机）来运行提交的任务。

若要将 COS 事件记录摄入到 IBM Spectrum Discover 中，需要用户在 COS 上启用通知 (Notification) 服务。此后，用户必须将 COS 系统连接到 IBM Spectrum Discover 集群上的 COS 连接器 Apache Kafka 主题。

结合采用简单认证与安全层 (SASL) 框架和传输层安全性 (TLS) 协议，对 COS 源系统与驻留在 IBM Spectrum Discover 中的 Apache Kafka 代理之间的连接进行认证和加密。

分析/训练

在本蓝图中，为了确保容量和性能，总共在单个 IBM Spectrum Scale 集群中部署了三个 ESS 3000。IBM Spectrum Scale 集群中的每个 ESS 3000 提供一对完全冗余的存储服务器。ESS 3000 通过带有 8 个链路的 EDR InfiniBand 连接到 Mellanox® SB7800 交换机，可为每个 ESS 3000 提供200 GB/s 的速度。DGX-2 System 还通过 8 个链路连接到 EDR InfiniBand 交换机。除了高速 EDR InfiniBand 结构之外，ESS 3000 和 DGX-2 System 还与 10GbE 网络相连，用于和 COS 之间的数据交换及系统管理。

优化森林火灾 AI 数据管道

使用 IBM Spectrum Discover 加速数据标记

IBM Spectrum Discover 最大的优势在于：它能够容纳由关联数据或 Spectrum Discover 系统本身的用户创建的自定义元数据。元数据的收集非常简单，您只需以逻辑的方式组合现有元数据、利用标头提取工具（如集成到 Spectrum Discover 之中的 Apache Tika）或创建软件代理来提取业务唯一的元数据即可。

用户定义的元数据收集策略分为三个基本类别，分别是：AUTOTAG、CONTENT SEARCH 和 DEEP-INSPECT。标记是策略的先决条件，因为策略的目的在于为一个或多个标记赋值。标记是一个自定义的元数据字段或键值对，可用于通过其他组织特定或领域特定的元数据来补充由 Spectrum Discover 自动索引处理的系统元数据。

策略具有一些通用属性，例如策略名称、与策略关联的过滤器以及策略将为其赋值的一个或多个标记。在定义过滤器时，应使用与标准 SQL 查询中的 WHERE 子句相同的语法。最终，过滤器会识别出策略适用的对象子集。

对于任何策略而言，第一步都是创建策略。要创建策略，在 GUI 左窗格中选择 Metadata（元数据）图标，在右窗格（主窗格）中选择 Policies（策略）选项卡，然后点击 Add Policy（添加策略）按钮，如图 4 所示。

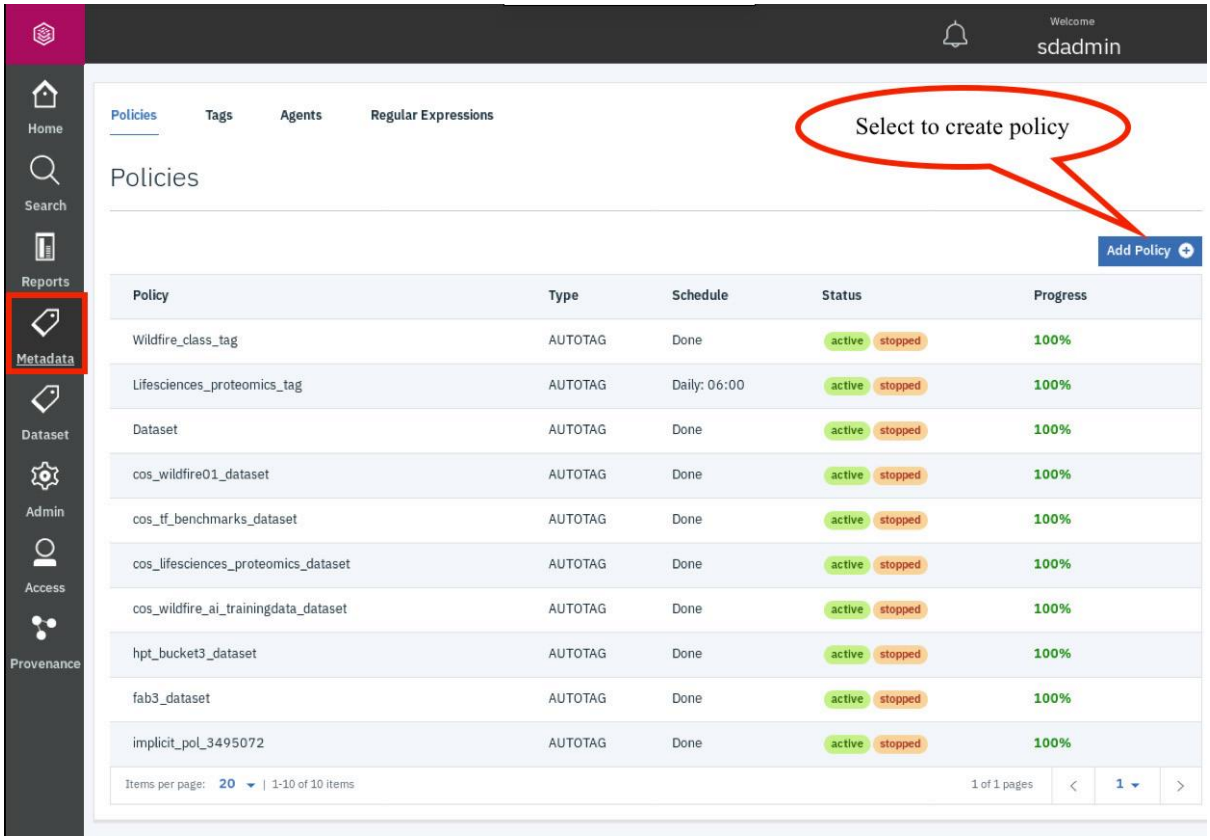


图 4：在 IBM Spectrum Discover 中添加新策略

自动标记

在烟雾检测 DL 用例中，我们已经定义了受限标记 **wildfire_class_tag**，它的值只能是 **TRUE（真）**或 **FALSE（假）**。在 Spectrum Discover GUI 的左窗格中选择 **Metadata（元数据）**图标，然后依次选择 **Policies tab → Add Policy（“策略”选项卡 → 添加策略）**。在随后进入的 **Add new policy（添加新策略）**窗口中，进行以下操作：

1. 为策略命名。
2. 在 **Policy Type（策略类型）**中选择 **AUTOTAG**。
3. 定义为标记赋值的标准，即定义策略过滤器。
4. 选择 **Add tag（添加标记）**。
5. 使用 **Tag（标记）**下拉列表选择想要使用的标记。
6. 使用 **Values（值）**下拉列表选择想要使用的值。

创建 **AUTOTAG** 策略所需的操作都是非常基本的操作。从逻辑的角度来说，这个过程可以用以下语句来表述：

if (<filter>) then <tag> = <value>

> **注：**
> 需要数据源连接 (Data Source Connections) 才能将 IBM Spectrum Discover 连接到系统以进行扫描、索引处理和自动标记。当前支持的类型包括 IBM Cloud Object Storage、IBM Spectrum Scale、IBM Spectrum Protect、网络文件系统 (NFS) 及 Amazon Simple Storage Service (S3)。

使用 Data Accelerator for AI & Analytics 将数据高效缓存到高性能训练层

在烟雾检测 DL 用例中，IBM Elastic Storage System 3000 提供了高性能训练层。IBM COS 用作从无人机 (UAV) 系统等边缘来源摄入数据的容量层。IBM Spectrum Scale 用于缓存数据和元数据，同时确保缓存一致性。它将每个文件映射到 IBM COS 中的一个对象。数据预加载会首先加载元数据，以创建一个目录结构。数据“到达”之前，所有文件都将会被预加载并出现在新创建的目录中。预加载会将数据以并行流的形式加载到 IBM Spectrum Scale。完成对预加载元数据的早期访问之后，只有文件会立即加载文件对应的数据，如图 5 所示。

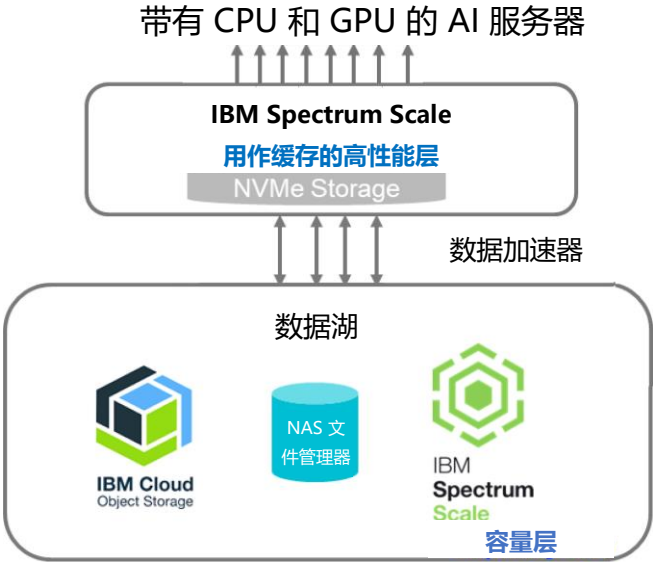


图 5：高速性能层

所有持久性数据和元数据都驻留在 IBM COS 中。IBM Spectrum Scale 仅会缓存模型训练所需的数据和元数据。

> **注：**
>
> IBM Spectrum Scale 还可以用于缓存来自任何经成本优化的容量层（例如 IBM COS 以及使用 NAS 文件管理器或 IBM Spectrum Scale 本身构建的数据湖）的数据。

在烟雾检测 DL 用例中，IBM Spectrum Discover 用于支持元数据管理功能（例如标记和分类），目的在于自动选择正确的数据集，以将其预提取到持久性高速缓存中。见图 6。

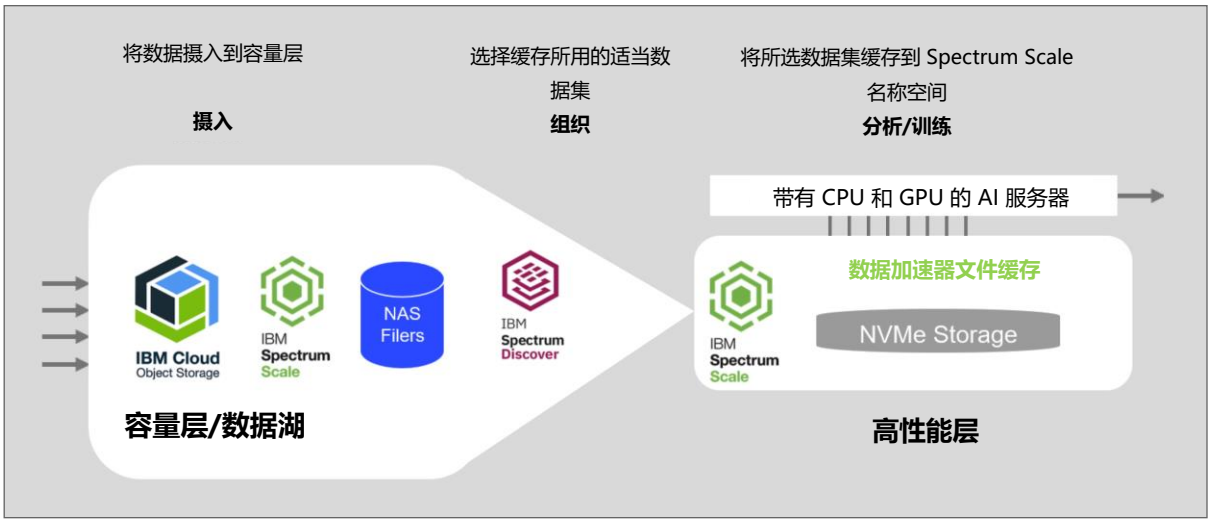


图 6：逻辑架构

烟雾检测 AI 模型

借助烟雾检测 AI 模型，可以通过检查无人机生成的图像和视频文件来识别烟雾。烟雾检测 AI 模型使用 MobileNet-V2 系列通用计算机视觉神经网络而开发，该系列网络在设计时将移动设备考虑在内，以支持 TensorFlow 的分类、检测等。

MobileNet-V2 能够在个人移动设备上运行深度神经网络，进而改善了用户体验、确保了随时随地访问，同时提供了安全、隐私和能耗方面的优势。随着允许用户实时交互的新应用的出现，对更高效的神经网络的需求也随之增加。MobileNet-V2 是移动视觉识别领域的最新技术，包括分类、对象检测和语义分割。

MobileNet-V2 的基础概念是使用深度方向可分离卷积作为有效构建块，并引入了两个新功能：层之间的线性瓶颈以及瓶颈之间的快捷连接。瓶颈能够对模型的中间输入和输出进行编码，而内层则封装了模型从低级概念（如像素）到高级描述符（如图像类别）的转换能力。最后，与传统的残差连接一样，快捷连接可加快训练速度并提高准确性。

一个神经网络由一个输入层和一个输出层组成，两者之间由许多隐藏层隔开，如图 7 所示。

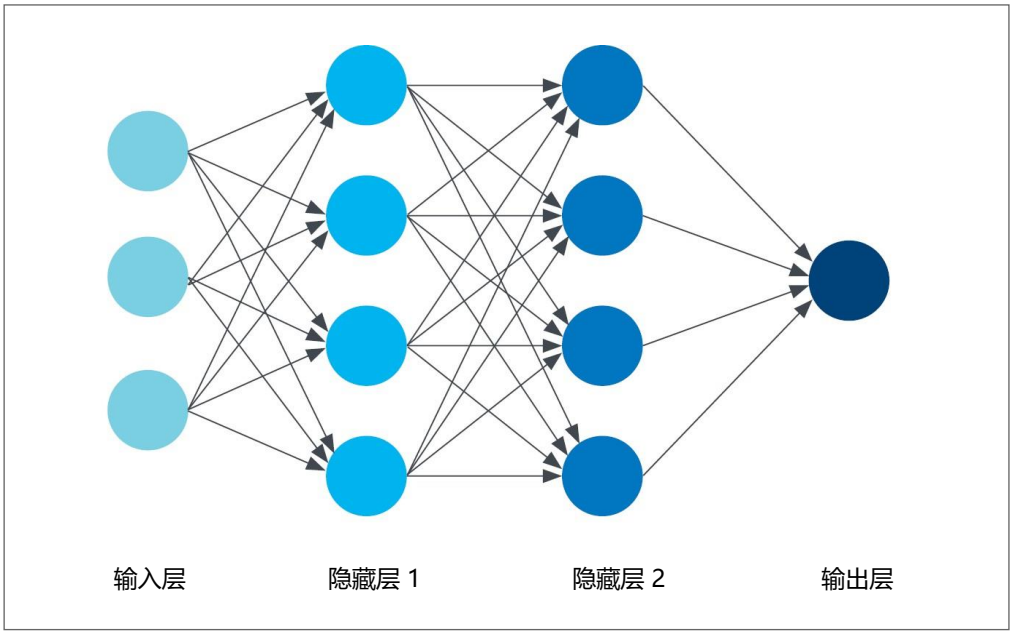


图 7：神经网络架构

神经网络隐藏层中的节点大多执行简单的数学计算，被称为激活函数。节点的互联方式、它们使用的数学函数以及网络的广度和宽度，都会影响深度神经网络的架构，也决定了可用网络的类型。

借助对象检测技术实现烟雾检测

对象检测是一种计算机视觉技术，用于定位图像或视频中的对象实例。对象检测算法通常利用 DL 来生成有意义的结果。我们人类在观看图像或视频时，可以在短时间内识别并找到感兴趣的对象。对象检测的目的是使用计算机来复制这种智能。

在烟雾检测 DL 用例中，第一步是训练模型如何检测对象，然后加载训练后的模型进行推理。

> **注：**
>
> 可以在所提供源代码中的第 42-48 行（对象检测程序调用）和第 168-244 行（对象检测本身实施）中找到相应的代码片段。[1]
>
> 该 AI 模型的一切赞誉都归于 Microsoft AI for Good 团队的高级数据科学家 Anusua Trivedi。该 AI 模型归 ©Microsoft Corporation 版权所有。保留所有权利。

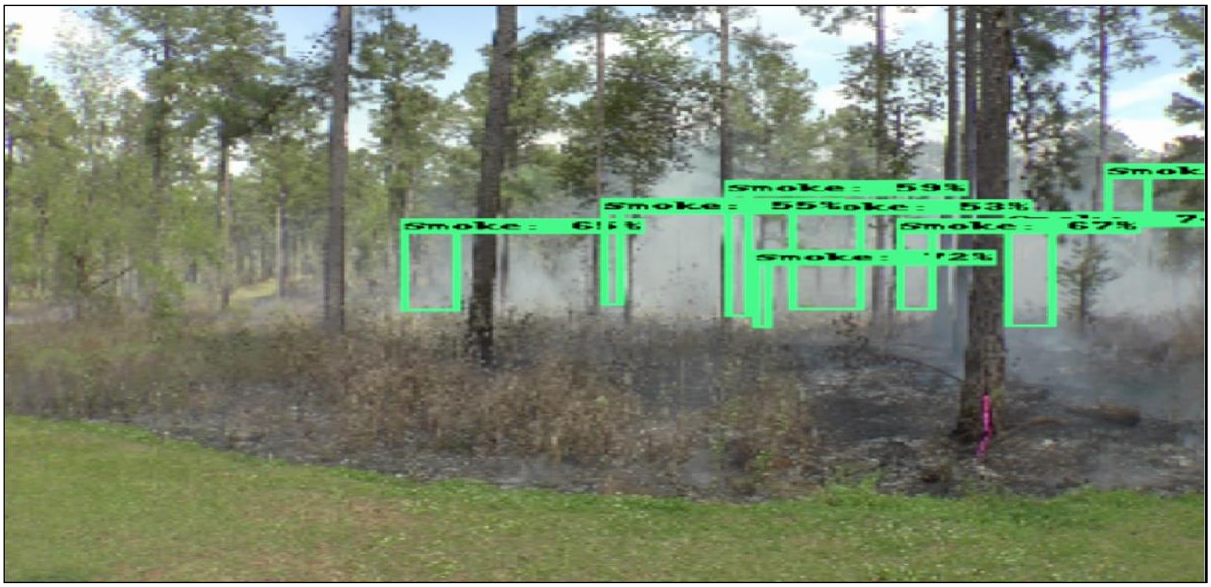


图 8：使用对象检测所得的烟雾检测模型输出

图 8 显示了使用 AI 模型和对象检测方法在图像数据中进行烟雾检测所得的结果。

借助图像分割技术实现烟雾检测

图像分割是指将数字图像分割为多个分段（像素集，也称为超像素）的过程。图像分割的目的在于将像素聚类为显著图像区域，即对应于各个表面、对象或对象的自然部分的区域。图像分割通常用于定位图像中的对象和边界（直线、曲线等）。

更准确地说，图像分割是将标签分配给图像中检测到的区域，使具有相同标签的像素共享某些特征的这么一个过程。图像分割的结果是共同构成整个图像的分段所形成的分段集，或者是从图像中提取的轮廓集。见图 9。

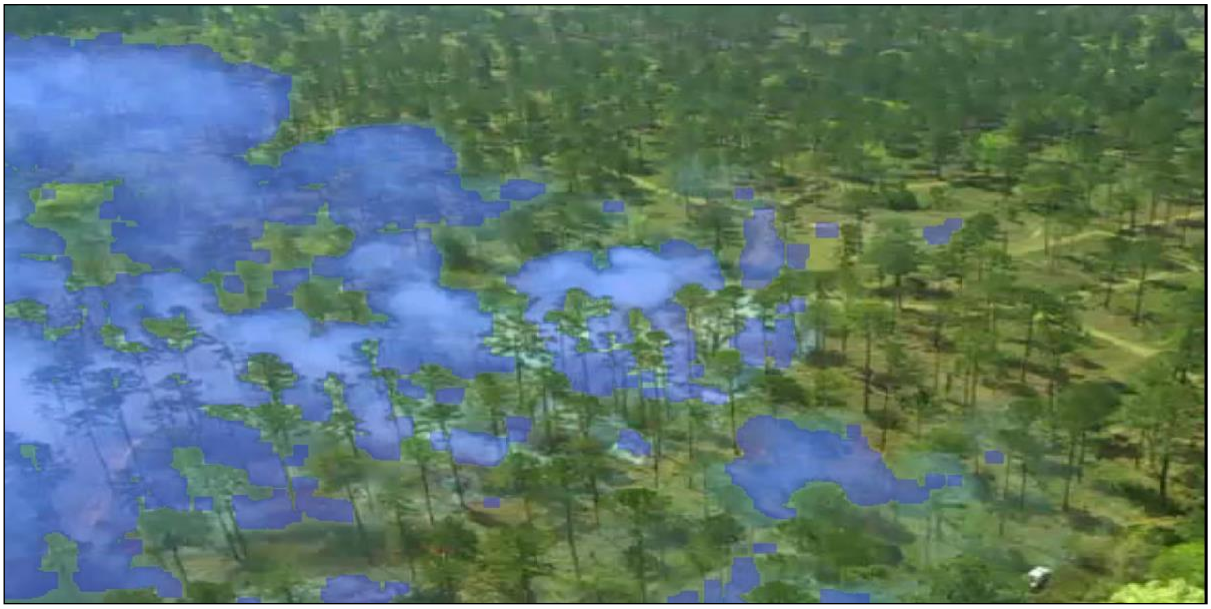


*图 9：*使用图像分割进行烟雾检测的结果。蓝色覆盖区域代表浓烟区域

注：

有关图像分割算法的更多信息，请参见尾注。[2]

创建烟雾分割数据集所用的图像由 AeroVironment，Inc. 提供。

结论：

充分利用端到端 AI 数据管道的高效性

本蓝图文档提供了相应的指南，可帮助企业规划和实施完整的 AI 数据管道。它概述了构建 AI 数据管道，高效收集、准备和管理所有数据，进而训练、验证和操作 AI 算法所需的基本软件和支持系统。

我们在前面以烟雾检测作为用例演示了如何实现 AI 数据管道，不过该示例也可以扩展到从无人驾驶到欺诈检测的任何行业或用例。

我们展示了如何高效利用下列 IBM 存储产品来处理数据和 AI 用例，以实施 AI 数据管道，同时还展示了如何使用高性能的 NVIDIA DGX-2 System 作为 AI 服务器。

- **IBM Elastic Storage System 3000（用作高性能层）**
- **IBM Cloud Object Storage（用作数据湖/容量层）**
- **IBM Spectrum Discover（用作元数据管理平台）**
- **IBM Data Accelerator for AI & Analytics 解决方案（将所需数据自动从容量层预提取到性能层）**

附录 1：AI 数据管道的组件

NVIDIA DGX-2 System

随着 AI 变得越来越复杂，它们所需的计算也达到了前所未有的水平。NVIDIA DGX-2 System （见图 10）是世界上第一个 2 petaFLOPS 系统，它配有 16 个 NVIDIA 高级 GPU，可支持最新的 DL 模型类型。

每个 DGX-2 System 都通过 NVIDIA NVLink™ 技术在 NVIDIA NVSwitch 结构中集成了 16 个 NVIDIA Tesla™ V100 Tensor Core GPU。这种高带宽、低延迟的 GPU-GPU 结构能够消除瓶颈和中间 GPU 中继，进而可提供 2 petaFLOPS 的 DL 计算能力，它还支持可扩展的多 GPU 训练，同时消除了传统架构中存在的基于 PCIe 的互联瓶颈。

图 10：NVIDIA DGX-2 System

DGX-2 System 配有 8 个 Mellanox VPI 卡，用于支持 EDR InfiniBand 或 100 GbE 网络端口，可通过高速 RDMA 功能实现多节点集群，进而在存储与 DGX 系统之间实现一流的数据传输率。

DGX-2 System 基于 NVIDIA CUDA-X 软件堆栈，包括 DGX 操作系统以及由 NVIDIA 设计的优化 DL 容器，可确保 GPU 加速性能。该 CUDA-X 软件堆栈有助于实现在一个或多个 DGX-2 系统上的快速开发和部署，同时支持应用的多 GPU、多系统扩展，进而节省时间、减少开发人员投入。NVIDIA DGX POD™ 所提供的软件组件包括集群管理与编排工具，以及工作负载调度工具，后者可用于管理 AI 工作负载。

Mellanox InfiniBand 网络

Mellanox 是一家行业领先的以太网及 InfiniBand 交换机、电缆和网络适配器供应商。Mellanox 针对 AI 工作负载所用的高性能 GPU 集群提供了一个完整的互联解决方案，充分利用了 RDMA、GPUDirect® 等高级技术加速 GPU 间的通信，并采用 SHARP™ 技术提供最先进的网络内计算功能，进而加速机器学习算法。

Mellanox® EDR InfiniBand 网络可提供 GPU 工作负载和数据集的可扩展性，以及 DGX-2 系统之间的节点间通信。

IBM Elastic Storage System 3000 及 IBM Spectrum Scale™

图 11：IBM Elastic Storage System 3000

Elastic Storage System 3000 是一款基于 IBM Spectrum Scale 而构建的全闪存平台。它通过易于部署的解决方案提供了低延迟和极高的吞吐量。见图 11。

IBM Spectrum Scale 是一款软件定义存储产品，可向外扩展，而且针对 AI 数据工作负载进行了优化。基于 Elastic Storage System 的 IBM Spectrum Scale 为全球计算速度最快和第二快的超级计算机 Summit 和 Sierra（它们分别安装在 Oak Ridge 国家实验室和 Lawrence Livermore 国家实验室）提供存储功能。Summit 能够容纳 300 亿个文件及 300 亿个目录，而且能够以超过 260 万 I/O Flops 的速度创建文件。这种速度相当于在 10 秒内打开美国国会图书馆的所有藏书。[5]

IBM Spectrum Scale 是一个分布式并行文件系统，其容量和性能均可扩展。它提供了跨多个存储平台和协议（包括 NFS、SMB、对象、HDFS 和 POSIX 接口）的单个数据面板。单个名称空间允许数据准备应用、训练应用及推理应用在原位访问数据。

[5] 最快存储用于最快系统：Summit (https://www.ibm.com/blogs/systems/fastest-storage-fastest-system-summit/)

IBM Spectrum Scale 支持跨多个存储平台（包括 NVMe 闪存、硬盘驱动器 (HDD)、磁带和云）自动、透明地进行数据分层，进而提供极具成本效益的容量和高性能数据传输，这种数据传输对最终用户透明且自动进行管理。

与遗留的 NFS 或 SMB 网络存储不同的是，该文件系统允许配置中的所有计算节点并发访问，可有效地满足 AI 应用等现代化向外扩展应用在容量和性能方面的需求。

IBM Elastic Storage Server 3000 配有两个冗余控制器，还采用了存储纠删码技术，可提供高水平的存储性能、可用性和可靠性。

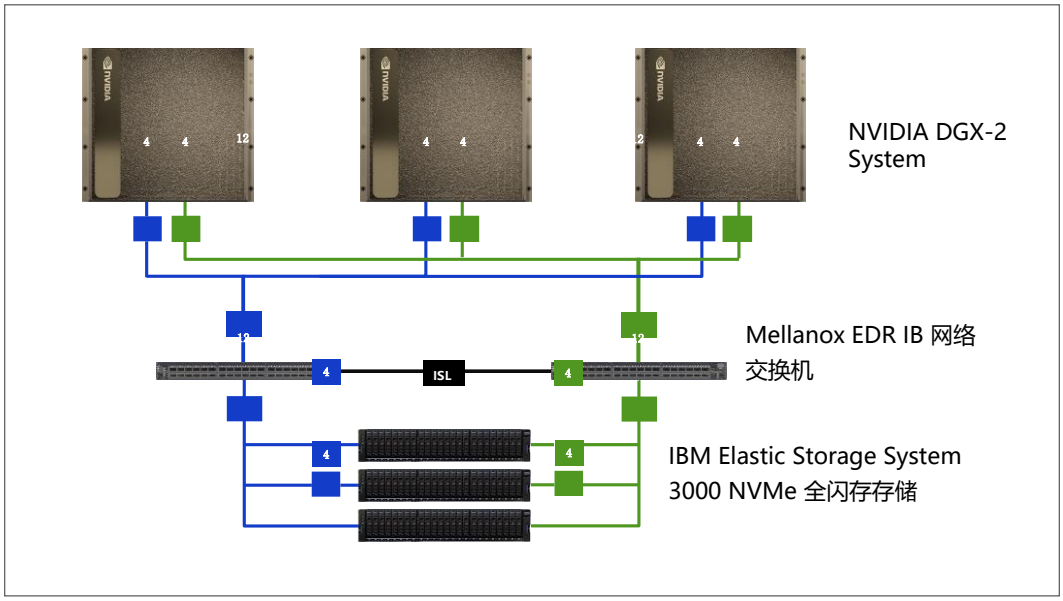


图 12：三个 NVIDIA DGX-2 System + 三个 ESS 单元

图 12 所示为配有三个 2U ESS 3000 单元的三个 DGX-2 System。这是 IBM Elastic Storage Server 3000 与 DGX-2 System 基准配置中所用的蓝图；不过，只需两个 ESS 3000 单元就能够让 DGX-2 System 的文件系统吞吐量达到饱和，并实现本文档中所报告的 DGX-2 System 性能（每秒的模型图像吞吐量）。无论使用多少存储系统，客户均可获得共享存储，以及简单、灵活的增长途径。

IBM Spectrum Discover

IBM Spectrum Discover 是一款现代元数据管理平台，可为跨多个存储解决方案和工作负载提供有关非结构化存储的数据洞察力。IBM Spectrum Discover 能够连接到多个异构数据源，包括 COS、IBM Spectrum Scale、IBM Spectrum Protect 备份、公有云及具有通用元数据索引的多个第三方存储系统。图 13 所示为 IBM Spectrum Discover 的架构。

它可以扩展到数十亿个文件和对象，并在这些存储源的基础上提供了一个丰富的元数据层。这些元数据可以进行自定义和扩展，如此一来，数据科学家便可高效地管理海量的非结构化数据，对其进行分类并从中获取洞察力。

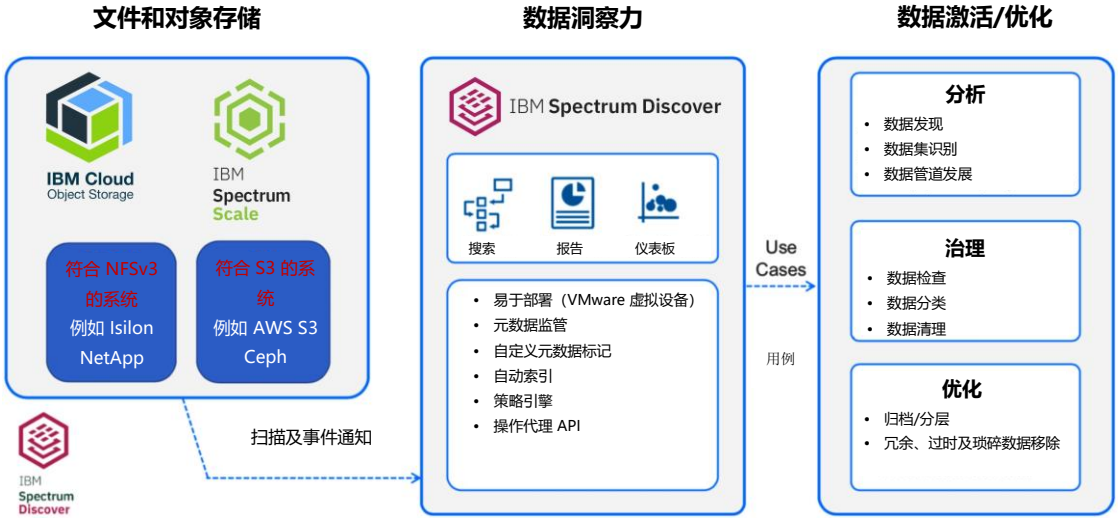


图 13：IBM Spectrum Discover 的架构

IBM Spectrum Discover 可以从源存储系统读取元数据信息，能够自动、实时地对信息进行分类，而对底层存储几乎没有影响。IBM Spectrum Discover 包含有用于文件检查的 Apache Tika 和用于自定义工作流和数据标记的可扩展 API；这些使得 Spectrum Discover 可以快速交付复杂查询的结果，或者与这些数据有关的多面搜索结果。搜索结果还可以在向下钻取 GUI 仪表板中实现可视化。

Spectrum Discover 允许扩展，它提供了一种与应用进行通信的机制，该机制能够查询完整数据的内容（而不只是元数据的内容），进而针对所选数据提供更深入的洞察力。Spectrum Discover 平台内嵌有一个 Apache Kafka 实例，该实例支持可发布和订阅记录流的通信流，类似于企业消息传递系统。

为了充分利用 IBM Spectrum Discover 的灵活、可扩展的架构，提供了两个应用编程接口(API)：

- 策略管理 API
- 操作代理 API

操作代理 API 用于建立消息传递所用的 Apache Kafka 主题接口，以及执行针对所选数据的操作，因此被称为“操作代理”。

策略管理 API 是一种 RESTful Web 服务，用于创建、列出、更新和删除策略。策略管理 API 还提供了立即启动策略或按计划运行的方法。

面向业务的数据映射可通过策略管理 API 来实现。面向业务的数据映射的一个示例是基于数据的位置或路径将项目名称添加到目录中。

IBM Spectrum LSF

IBM Spectrum LSF Suite 重新定义了集群虚拟化和工作负载管理，它能够为要求苛刻的任务关键型 HPC 和 AI 环境提供紧密集成的解决方案，有助于在降低系统管理成本的同时提高用户生产效率和硬件利用率。异构、高度可扩展且高度可用的架构支持传统的高性能计算和高吞吐量工作负载，以及大数据、认知、GPU 机器学习和容器化工作负载。

IBM Spectrum LSF 提供了一组广泛的、由策略驱动的智能化调度功能，使您能够充分利用所有的计算基础架构资源并确保最佳应用性能。这种高度可扩展且高度可用的架构使您可以调度复杂的工作负载并管理数以千万亿计的资源。

IBM Cloud Object Storage

IBM Cloud Object Storage (COS) 是一款颠覆性的对象存储平台，可帮助全球企业解决存储难题。它采用一种极具成本效益的创新方法来存储海量的非结构化数据，同时仍可确保可扩展性、安全性、可用性、可靠性、可管理性和灵活性（见图 14）。您还可以通过分析引擎（Analytics Engine) 对其进行配备，以存储来自多个来源的数据并快速获得洞察力。

COS 由以下关键元素组成：

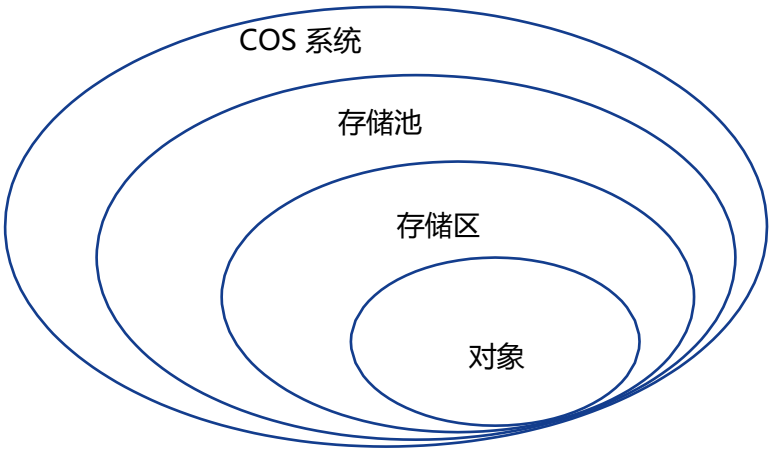


图 14：COS 中的逻辑概念

- **存储区**：存储区是指 COS 系统中的保险库（保险库模式）或容器（容器模式）。存储区是用于存储数据的逻辑抽象。
- **对象**：对象是指上传到 COS 系统的用户数据。它通常是指文件以及与文件一起存储的对象元数据。
- **IBM COS Manager 节点**：是指一种提供管理任务所用管理界面的系统组件，此类管理任务包括系统配置、存储配备、系统运行状况和性能监控等。Manager 节点（也称为 Manager）可以部署为物理设备、VMware 虚拟机或 Docker 容器。
- **IBM Cloud Object Storage Accesser® 节点**：一种能够在写入时对数据进行加密和编码，或在读取时对数据进行解码和解密的系统组件。它是一个无状态组件，用于管理数据转换并面向客户端应用提供存储接口。Accesser 节点可以部署为物理设备、VMware 虚拟机或 Docker 容器，也可以部署为 Slicestor 设备上的内嵌 Accesser。

- **IBM Cloud Object Storage Slicestor® 节点**：一种用于存储数据的系统组件。它能够在写入时从 Accesser 节点接收数据，并在读取时根据需要将数据返回到 Accesser 节点。Slicestor 节点可以部署为物理设备。
- **设备集**：设备集是指一组 Slicestor 设备。设备集可以分布在一个或多个数据中心。
- **存储池**：存储池是一个或多个设备集的逻辑分组，此类设备集可以共同为一个或多个存储区提供物理存储资源。
- **访问池**：访问池是一个或多个用于访问数据的 Accesser 节点的逻辑分组。

COS 与 IBM Analytics Engine、IBM Watson® Studio、IBM Cloud SQL Query 和其他 IBM Cloud 服务集成在一起，提供了诸多自助式数据分析和商业智能解决方案，这些解决方案远远超越了传统解决方案的可扩展性、安全性和成本效益。

附录 2：
AI 数据管道的设计与构建要点

确定数据需求

评估 AI 数据管道必须支持的数据至关重要。如果没有必要的数据集，数据科学家就不得不确定如何获取丢失的数据。在一些情况下，可能要求数据科学家提出用例，直到有适当的流程和基础架构能够收集必要的数据为止。

对于不熟悉大数据和 AI 的组织而言，IBM 建议他们考虑可能会随着时间的推移而获得并得到使用的所有数据资产。制定正确的治理策略有助于确保在数据科学团队需要数据集时数据集的可用性、可使用性和一致性。确保满足有关数据保护和数据隐私的关键法规也很重要。

在思考数据时，我们必须要认识到的一点就是：并非所有的数据集都能得到同等对待；有许多不同的数据类型。某个用例可能只需要一种数据类型，或者可能采用多种类型。所用的数据类型可能决定了 AI 数据管道的每个阶段所需的软件工具。IBM 还建议客户考虑在预期项目生命周期中的增长路径。该项目是否会在 10 年内扩展到 EB 级？如果是的话，增长路径是怎样的？需要保留哪些数据？在冷存储和归档方面将采用哪些战略？

表 1 列出了一些常见的数据类型以及相应的示例和来源。

数据类型	示例	来源
图像	• 装配线摄像 • 医学成像 • 地理空间影像 • 地质图像 • 热成像 • 激光雷达 3D 点云	• NFS • GPFS
视频	• 安全摄像 • 无人驾驶汽车 • 无人机 • 合作机器人	
音频	• 语音邮件 • 客户服务电话访问 • 声音数据	
时序数据	• 物联网 (IoT) • 证券价格 • 科学数据	• NoSQL 数据库（Cassandra、AeroSpike）
文本	• 日志数据 • 非结构化文本 • 文档	• Splunk、ELK 等 • NFS、Hadoop/HDFS • NoSQL 数据库 (MongoDB)
图形	• 社交媒体数据 • GPS 导航	• 图形数据库

***表 1：** DL 中的常见数据类型*

规划训练数据

实施 AI 数据管道的数据规划阶段涵盖了多个功能。数据规划的主要目的是为了创建一个适于训练和验证 DL 模型的数据集。数据规划或准备并不一定是一个单独的功能。这些步骤既可以在数据摄入过程中或训练之前进行一些预处理，也可以全部在训练过程中完成。

数据规划通常包括：

- **探索数据。**训练模型的前提是什么？哪些数据特征可能是可预测的？
- **清理数据类型和数据格式。**如果数据一致的话，训练过程将会更加顺利；但是，大多数情况下不要期望数据会比模型将会收到的实时流量更加一致。
- **调整训练数据集。**确保训练模型所用数据的特征具有充分的代表性，这一点非常重要。举例来说，如果数据集仅包含“良好”图像，就不能很好地建立有效的异常检测模型。
- **标记数据集。**对于监督学习来说，需要对数据集进行适当的标记。
- **将数据集分为训练集、验证集和测试集。**数据科学家需要足够的数据，以同时提供训练集、会在训练过程中使用但模型未对其进行训练的单独验证集，以及用于评估训练后模型性能的测试集。

数据规划和准备，尤其是在模型开发的早期阶段，通常是一个反复的探索性过程，旨在了解哪些流程可以提供最佳结果。表 2 显示了各种数据类型对应的常见数据准备活动。

数据类型	示例
图像	• 确保所有图像的大小和分辨率相同。 • 确保所有图像均为黑白或全彩色图像。 • 标记图像中的特征。 • 纠正任何数据不平衡（使用过度采样、欠采样、数据增强、类权重）。
视频	• 提取每帧的 JPEG 或 BMP。 • 根据需要放大或缩小图像尺寸。 • 纠正任何数据不平衡（使用过度采样、欠采样、数据增强、类权重）。
音频	• 选择采样率。 • 将信号从时域转换到频域。 • 使用幅度压缩。
时序数据	• 规范化（所有值介于 0 和 1 之间）。 • 标准化（缩放比例值的平均值为 0，标准偏差为 1）。
文本	• 规范化（消除大小写和标点，将数字转换为文本等）。 • 记号化（将文本拆分为代表单词、句子或段落的“标记”）。 • 降噪（删除页眉页脚、HTML、元数据等）。

***表 2：**各种数据类型对应的常见数据规划活动*

致谢

非常感谢 NVIDIA、Jacci Cenci、Satinder Nijjar 和 Anish Singhani 的同事对编写本蓝图文档所做的贡献。特别感谢 Microsoft AI for Good 团队的高级数据科学家 Anusua Trivedi 提供烟雾检测 AI 模型。此外还要感谢 Arrow Electronics 的团队。如果没有我们 IBM 关键团队成员的帮助，我们就不可能完成这项研究：IBM Research 实验室的 Constantine Arnold 为我们提供了最初的想法，还负责构建测试系统、建立管道和基准；Brian Porter 也提供了相关支持和指导。

我们在此由衷地感谢所有这些个人，他们提供的深刻见解和专业知识为本文所进行的研究提供了极大的帮助。

其他资源

- **[1]** Microsoft 烟雾检测模型代码片段
https://github.com/antriv/Smoke_Detection_AI_Model/blob/master/smoke_OD_inference.py
- **[2]** 障碍物和掉落物检测自主机器人上的实时自由空间分割
https://arxiv.org/pdf/1902.00842.pdf
- IBM Spectrum Discover：借助元数据管理深入了解非结构化存储
http://www.redbooks.ibm.com/abstracts/redp5550.html
- IBM Cloud Object Storage 的概念和架构
http://www.redbooks.ibm.com/redpapers/pdfs/redp5537.pdf
- 基于无人机航拍数据的森林火灾检测解决方案
https://pdfs.semanticscholar.org/3f90/0c48bf78d5fdc2ace81c68663f9ee8ae131b.pdf
- 预测森林火灾的火烧面积：一种人工智能方法
https://www.researchgate.net/publication/274889641
- 精益、绿色的 AI 机器：五个使用 GPU 打造更美好星球的项目
https://blogs. nvidia.com/blog/2019/04/22/earth-day-ai/
- 面向无人机的深度学习方法及其应用探讨
https://www.hindawi.com/journals/js/2017/3296874/
- IBM Elastic Storage Server 入门指南
http://www.redbooks.ibm.com/redpapers/pdfs/redp5253.pdf
- NVIDIA DGX SuperPOD 及 IBM Elastic Storage Server 联手交付前所未有的性能
https://devblogs.nvidia.com/dgx-superpod-world-record-supercomputing-enterprise/ https://www.nvidia.com/content/dam/en-zz/Solutions/data-center/gated-resources/ nvidia-circe-reference-architecture.pdf

© Copyright IBM Corporation 2020

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 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、NVIDIA DGX、NVIDIA DGX-1、NVIDIA DGX-2、NVSwitch、NVLink 及 NVIDIA CUDA-X 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。

请回收利用