



医疗保健 FlexPod

NetApp
October 30, 2025

目录

医疗保健	1
适用于基因组学的 FlexPod	1
TR-4911： FlexPod 基因组学	1
在 FlexPod 上部署基因组工作负载的优势	3
解决方案基础架构硬件和软件组件	7
基因组学— GATK 设置和执行	11
使用 JAR 文件执行 GATK 的输出	20
使用 ./gatk 脚本执行 GATK 的输出	23
使用 Cromwell 引擎执行 GATK 的输出	25
GPU 设置	29
结论	38
《适用于 MEDITECH 的 FlexPod 方向性规模估算指南》	40
TR-4774： 适用于 MEDITECH 定向规模估算的 FlexPod	40
Meditech 工作负载概述	42
小型，中型和大型架构的技术规格	45
追加信息	49
致谢	50
《适用于 MEDITECH 的 FlexPod 数据中心部署指南》	50
TR-4753： 《适用于 MEDITECH 的 FlexPod 数据中心部署指南》	50
设计	60
部署和配置	62
Meditech 模块和组件	74
致谢	76
从何处查找追加信息	76
适用于医疗成像的 FlexPod	77
TR-4865： 适用于医疗成像的 FlexPod	77
架构	87
解决方案基础架构硬件和软件组件	97
解决方案规模估算	98
最佳实践	100
结论	104
追加信息	105

医疗保健

适用于基因组学的 FlexPod

TR-4911：FlexPod 基因组学

NetApp 公司 JayaKishore Esanakula

在医疗保健和生命科学方面，与基因组学相比，医学领域更重要的领域很少，而基因组学正在迅速成为医生和护士的重要临床工具。基因组学与医学影像和数字病理学相结合，可帮助我们了解患者的基因可能会受到治疗协议的影响。基因组学在医疗保健领域的成功越来越取决于大规模数据互操作性。最终目标是，了解大量基因数据，确定临床相关的相关性和变体，以改进诊断并实现精准医学。基因组学有助于我们了解疾病爆发的起源，疾病的演变以及哪些治疗方法和策略可能会很有效。显然，基因组学具有许多涵盖预防，诊断和治疗的优点。医疗保健组织正在努力应对多种挑战，其中包括：

- 提高护理质量
- 基于价值的维护
- 数据爆炸式增长
- 精确医学
- 大流行病
- 可穿戴设备，远程监控和护理
- 网络安全

标准化的临床途径和临床协议是现代医学的重要组成部分之一。标准化的一个关键方面是护理提供商之间的互操作性，不仅对于医疗记录，而且对于基因组数据。一个大问题是，医疗保健组织是否会放弃对基因组数据的所有权，而不是让患者拥有其个人基因组数据和相关医疗记录？

可互操作的患者数据是实现精准医疗的关键，而精准医疗是近期数据激增背后的推动力之一。精准医疗的目标是提高健康维护，疾病预防，诊断和治疗解决方案的有效性和准确性。

数据增长率呈指数级增长。2021 年 2 月初，美国实验室每周对大约 8,000 个 COVID-19 型菌种进行了排序。截至 2021 年 4 月，按顺序排列的基因组数量已增加到每周 29,000 个。每个完全序列化的人类基因组的大小约为 125 GB。因此，按每周排序 29,000 个基因组的速率，剩余的总基因组存储每年将超过 180 PB。许多国家 / 地区已承诺为基因组流行病提供资源，以改进基因组监控并为应对下一波全球健康挑战做好准备。

基因组研究成本的降低正在以前所未有的速度推动基因测试和研究。这三个 PS 处于转折点：计算机电源，数据隐私和医学个性化。到 2025 年，研究人员估计将对 1 亿到 20 亿个人类基因组进行测序。要使基因组学发挥效用并成为一项有价值的主张，基因组学功能必须是护理工作流的无缝组成部分；它应该易于访问，并可在患者就诊期间执行操作。同样重要的是，将患者电子病历数据与患者基因组学数据集成在一起。随着 FlexPod 等一流的融合基础架构的出现，企业可以将其基因组功能融入医生，护士和诊所经理的日常 workflows 中。有关最新的 FlexPod 平台信息，请参见此 ["采用 Cisco UCS X 系列的 FlexPod Datacenter 白皮书"](#)。

对于医生来说，基因组学的真正价值包括精准医学和基于患者基因组数据的个性化治疗计划。过去临床医生和数据科学家之间从未有过这样的协同作用，基因组学也从最近的技术创新以及医疗保健组织与行业技术领导者之间的真正合作中受益。

学术医疗中心和其他医疗保健和生命科学组织正在努力建立基因组科学卓越中心（Center of excellence，COE）。据Charlie Gersbach 博士Greg Crawford 和Duke 大学的 Tim E Reddy 说："我们知道，基因不是通过简单的二进制开关打开或关闭的，而是由多个协同工作的基因监管开关造成的。"他们还确定"基因组的这些部分都不是孤立地工作的。基因组是一个非常复杂的网络，它是进化所交织的"（"ref"）。

10 多年来，NetApp 和 Cisco 一直在努力逐步改进 FlexPod 平台。所有客户反馈都会得到倾听，评估，并与 FlexPod 中的价值流和功能集相关联。正是这一持续的反馈，协作，改进和庆祝活动循环让 FlexPod 在全球范围内成为值得信赖的融合基础架构平台。它经过全面简化和设计，成为医疗保健组织最可靠，最强大，最灵活的平台。

范围

借助 FlexPod 融合基础架构平台，医疗保健组织可以托管一个或多个基因组工作负载以及其他临床和非临床医疗保健应用程序。本技术报告在 FlexPod 平台验证期间使用了一种名为 GATK 的开源行业标准基因组学工具。但是，本文档不会深入探讨基因组学或 GATK。

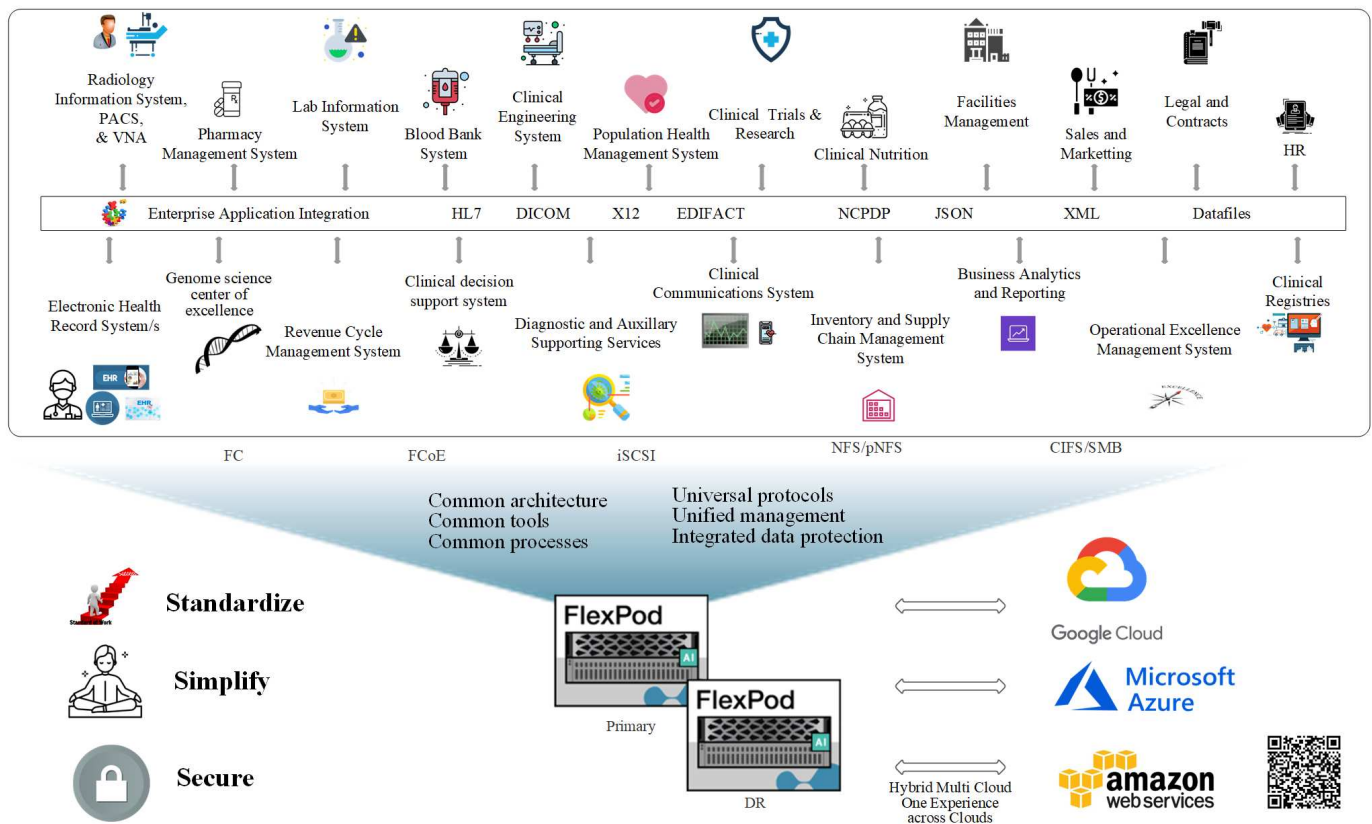
audience

本文档面向医疗保健行业的技术主管以及 Cisco 和 NetApp 合作伙伴解决方案工程师和专业服务人员。NetApp 假定读者已很好地了解计算和存储规模估算概念，并在技术上熟悉医疗保健威胁，医疗保健安全，医疗保健 IT 系统，Cisco UCS 和 NetApp 存储系统。

在 FlexPod 上部署的医院功能

一家典型的医院拥有多种多样的 IT 系统。大多数此类系统都是从供应商购买的，而很少有系统是由医院内部系统构建的。因此，医院系统必须管理其数据中心的多样化基础架构环境。当医院将其系统统一为 FlexPod 等融合基础架构平台时，企业可以将其数据中心运营标准化。借助 FlexPod，医疗保健组织可以在同一平台上实施临床和非临床系统，从而统一数据中心运营。

Hospital capabilities deployed on a FlexPod



"接下来：在 FlexPod 上部署基因组工作负载的优势。"

在 FlexPod 上部署基因组工作负载的优势

"上一页：简介。"

本节简要列出了在 FlexPod 融合基础架构平台上运行基因组工作负载的优势。我们来快速介绍一下医院的功能。以下业务架构视图显示了一家医院在混合云就绪 FlexPod 融合基础架构平台上部署的功能。

- * 避免医疗保健孤岛。* 医疗保健孤岛是一个非常值得关注的问题。各个部门往往不是根据自己的选择而是按照演变过程有机地孤立到自己的一组硬件和软件中。例如，放射学，心脏病学，EHR，基因组学，分析，收入周期和其他部门最终会获得各自的一套专用软件和硬件。医疗保健组织拥有一组有限的 IT 专业人员来管理其硬件和软件资产。当这组人需要管理一组非常多样化的硬件和软件时，就会出现转折点。供应商为医疗保健组织提供的一系列流程不一致，使异构性变得更加糟糕。
- * 从小规模入手，然后不断增长。* GATK 工具套件专为 CPU 执行而设计，最适合 FlexPod 等平台。FlexPod 支持网络，计算和存储的独立可扩展性。从小规模入手，随着您的基因组功能和环境增长进行扩展。医疗保健组织无需投资专用平台即可运行基因组工作负载。相反，企业可以利用 FlexPod 等多种平台在同一平台上运行基因组学和非基因组工作负载。例如，如果儿科部门希望实施基因组学功能，IT 领导层可以在现有 FlexPod 实例上配置计算，存储和网络。随着基因组业务部门的发展，医疗保健组织可以根据需要扩展其 FlexPod 平台。
- * 单一控制窗格和无与伦比的灵活性。* Cisco Intersight 通过将应用程序与基础架构相连接，从裸机服务器和虚拟机管理程序到无服务器应用程序提供可见性和管理，从而显著简化 IT 运营，从而降低成本并降低风险。此统一 SaaS 平台采用统一的开放式 API 设计，可与第三方平台和工具本机集成。此外，它还允许您的

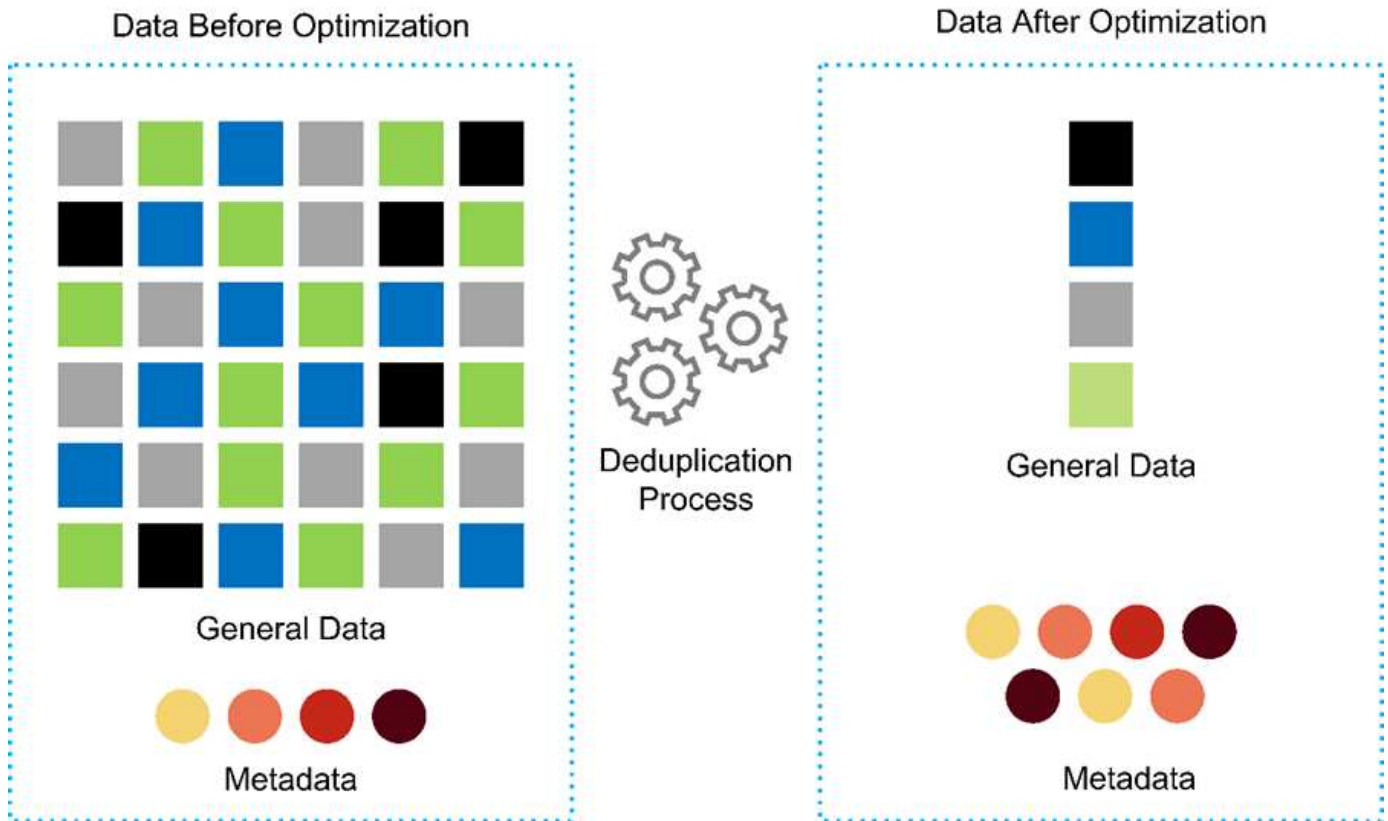
数据中心运营团队在现场或任何位置使用移动应用程序进行管理。

用户可以利用 Intersight 作为管理平台，快速释放环境中的有形价值。Intersight 可以为许多日常手动任务实现自动化，从而消除错误并简化日常操作。此外，借助 Intersight 提供的高级支持功能，采用者可以提前解决问题并加快问题描述解决速度。综合来看，企业在应用程序基础架构上花费的时间和资金远远少于在核心业务开发上花费的时间和资金。

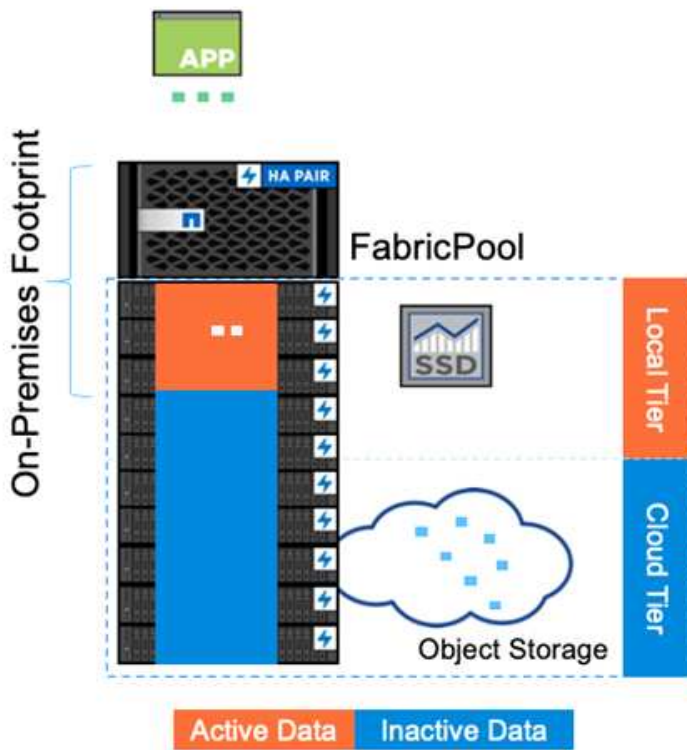
利用 Intersight 管理和 FlexPod 易于扩展的架构，企业可以在一个 FlexPod 平台上运行多个基因组工作负载，从而提高利用率并降低总拥有成本（TCO）。FlexPod 可以灵活地进行规模估算，从小型 FlexPod 快速计划开始，并可扩展到大型 FlexPod 数据中心实施。借助 Cisco Intersight 内置的基于角色的访问控制功能，医疗保健组织可以实施强大的访问控制机制，从而避免需要单独的基础架构堆栈。医疗保健组织内的多个业务部门可以将基因组作为一项关键核心能力。

最终，FlexPod 有助于简化 IT 运营并降低运营成本，IT 基础架构管理员可以将精力集中在帮助临床医生创新的任务上，而不是仅仅为了让他们保持正常运行。

- 经过验证的设计和有保障的结果。* FlexPod 设计和部署指南经过验证，可以重复使用，其中涵盖了放心部署 FlexPod 所需的全面配置详细信息和行业最佳实践。Cisco 和 NetApp 经验验证的设计指南，部署指南和架构可帮助您的医疗保健或生命科学组织从一开始就消除实施经验验证且值得信赖的平台时的猜测。借助 FlexPod，您可以加快部署速度，降低成本，复杂性和风险。FlexPod 经验验证的设计和部署指南将 FlexPod 确立为各种基因组工作负载的理想平台。
- * 创新与敏捷性。* FlexPod 是 Epic，Cerner，Meditech 等 EHR 公司以及 Agfa，GE，飞利浦等成像系统的理想平台。有关的详细信息，请参见 ["史诗般的荣誉卷"](#) 和目标平台架构，请参见 Epic 用户 Web。运行基因组学 ["FlexPod"](#) 让医疗保健组织能够灵活地继续其创新之旅。借助 FlexPod，实施组织变革自然成为必然。当企业在 FlexPod 平台上实现标准化时，医疗保健 IT 专家可以为创新配置时间，精力和资源，从而实现生态系统所需的灵活性。
- * 数据解放。* 借助 FlexPod 融合基础架构平台和 NetApp ONTAP 存储系统，可以通过一个平台上的各种规模协议提供和访问基因组数据。采用 NetApp ONTAP 的 FlexPod 提供了一个简单，直观且功能强大的混合云平台。由 NetApp ONTAP 提供支持的 Data Fabric 可跨站点，跨物理边界和跨应用程序将数据集于一体。您的 Data Fabric 专为以数据为中心的环境中的数据驱动型企业而构建。数据在多个位置创建和使用，通常需要利用并与其他位置，应用程序和基础架构共享。因此，您需要采用一致且集成的方式来管理它。FlexPod 可以让您的 IT 团队掌控一切，并简化日益增加的 IT 复杂性。
- * 安全多租户。* FlexPod 使用符合 FIPS 140-2 的加密模块，因此，企业可以将安全性作为基本要素来实施，而不是事后考虑。无论平台大小如何，FlexPod 都支持企业从一个融合基础架构平台实施安全多租户。采用安全多租户和 QoS 的 FlexPod 有助于分离工作负载并最大程度地提高利用率。这有助于避免资本被锁定到可能未充分利用且需要专业技能集进行管理的专用平台中。
- * 存储效率。* 基因组学要求底层存储具有行业领先的存储效率功能。您可以利用 NetApp 存储效率功能降低存储成本，例如重复数据删除（实时和按需），数据压缩和数据缩减（["ref"](#)）。NetApp 重复数据删除可在 FlexVol 卷中提供块级重复数据删除。从本质上说，重复数据删除会删除重复的块，从而仅在 FlexVol 卷中存储唯一的块。重复数据删除的粒度较高，并在 FlexVol 卷的活动文件系统上运行。下图简要显示了 NetApp 重复数据删除的工作原理。重复数据删除是应用程序透明的。因此，可以使用它对使用 NetApp 系统的任何应用程序生成的数据进行重复数据删除。您可以将卷重复数据删除作为实时进程和后台进程运行。您可以将其配置为自动运行，计划运行或通过命令行界面，NetApp ONTAP System Manager 或 NetApp Active IQ Unified Manager 手动运行。



- * 实现基因组互操作性。* ONTAP FlexCache 是一种远程缓存功能，可简化文件分发，减少 WAN 延迟并降低 WAN 带宽成本 ["ref"](#)）。基因组变体识别和标注期间的一项关键活动是临床医生之间的协作。即使协作临床医生位于不同地理位置，ONTAP FlexCache 技术也能提高数据吞吐量。鉴于 *。bam 文件的典型大小（1 GB 到 100 GB），底层平台必须能够向不同地理位置的临床医生提供文件。采用 ONTAP FlexCache 的 FlexPod 让基因组数据和应用程序真正实现了多站点就绪，让全球各地的研究人员可以无缝协作，实现低延迟和高吞吐量。在多站点环境下运行基因组学应用程序的医疗保健组织可以使用数据网络结构进行横向扩展，以平衡易管理性与成本和速度。
- *智能使用存储平台*采用ONTAP自动层和NetApp Fabric Pool技术的FlexPod可简化数据管理。FabricPool 有助于降低存储成本，而不会影响性能，效率，安全性或保护。FabricPool 对企业级应用程序是透明的，它可以降低存储 TCO，而无需重新构建应用程序基础架构，从而充分利用云效率。FlexPod 可以从 FabricPool 的存储分层功能中受益，从而更高效地利用 ONTAP 闪存存储。有关详细信息，请参见 ["采用 FabricPool 的 FlexPod"](#)。下图简要概述了 FabricPool 及其优势。



Automatic tiering
Zero-touch management
Preserves file system
Lower cost of ownership
Choice of object tier locations



- * 更快的变体分析和标注速度。* FlexPod 平台的部署和实施速度更快。FlexPod 平台可实现大规模数据可用，并提供低延迟和更高吞吐量，从而实现临床医生协作。增强的互操作性有助于创新。医疗保健组织可以并行运行基因组和非基因组工作负载，这意味着组织不需要专门的平台来开始其基因组学之旅。

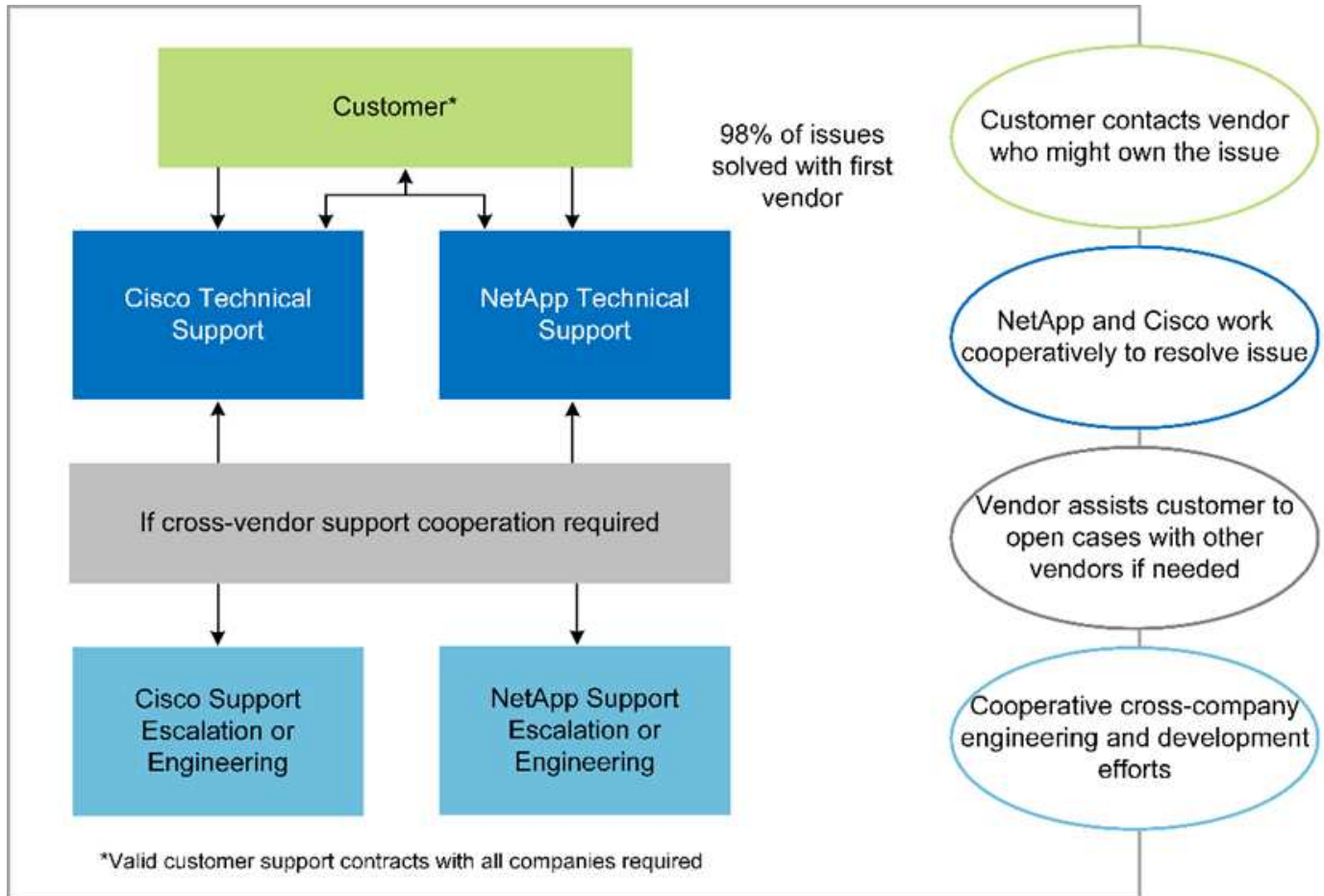
FlexPod ONTAP 会定期为存储平台添加前沿功能。FlexPod 数据中心是部署 FC-NVMe 以允许需要高性能存储访问的应用程序的最佳共享基础架构基础。随着 FC-NVMe 不断发展，包括高可用性，多路径和额外的操作系统支持，FlexPod 非常适合作为首选平台，可提供支持这些功能所需的可扩展性和可靠性。ONTAP 通过端到端 NVMe 实现更快的 I/O，从而加快完成基因组分析的速度（"ref"）。

按顺序排列的原始基因组数据会产生较大的文件大小，因此，请务必将这些文件提供给变体分析器，以减少从样本收集到变体标注所需的总时间。NVMe（非易失性内存快速）用作存储访问和数据传输协议时，可提供前所未有的吞吐量水平和最快的响应时间。FlexPod 可在通过 PCI Express 总线（PCIe）访问闪存存储时部署 NVMe 协议。PCIe 支持实施数万个命令队列，从而提高了并行处理能力和吞吐量。从存储到内存的一个协议可以快速访问数据。

- * 从零到零的灵活性进行临床研究。* 灵活，可扩展的存储容量和性能使医疗保健研究组织能够以弹性或实时（JIT）的方式优化环境。通过将存储与计算和网络基础架构分离，可以在不中断的情况下纵向和横向扩展 FlexPod 平台。使用 Cisco Intersight，可以使用内置和自定义自动化工作流程来管理 FlexPod 平台。借助 Cisco Intersight 工作流，医疗保健组织可以缩短应用程序生命周期管理时间。当学术医疗中心要求将患者数据匿名化并提供给其研究信息学中心和 / 或质量中心时，其 IT 组织可以利用 Cisco Intersight FlexPod 工作流在数秒内（而不是数小时）执行安全数据备份，克隆和还原。借助 NetApp Trident 和 Kubernetes，IT 组织可以配置新的数据科学家，并在几分钟内（有时甚至几秒钟内）为模型开发提供临床数据。
- * 保护基因组数据。* NetApp SnapLock 提供了一个专用卷，可在其中存储文件并将其置于不可擦除，不可重写的状态。用户驻留在 FlexVol 卷中的生产数据可以通过 NetApp SnapMirror 或 SnapVault 技术镜像或存储到 SnapLock 卷。在保留期限结束之前，无法删除 SnapLock 卷，卷本身及其托管聚合中的文件。使用 ONTAP FPolicy 软件，企业可以禁止对具有特定扩展名的文件执行操作，从而防止勒索软件攻击。可以为特定文件操作触发 FPolicy 事件。此事件与策略相关联，策略将调用需要使用的引擎。您可以为策略配置一组可能包含勒索软件的文件扩展名。如果具有不允许扩展名的文件尝试执行未经授权的操作，则 FPolicy 会阻

止执行该操作 ("ref") 。

- * FlexPod 合作支持。* NetApp 和 Cisco 建立了 FlexPod 合作支持，这是一种强大，可扩展且灵活的支持模式，可满足 FlexPod 融合基础架构的独特支持要求。此模式结合了 NetApp 和 Cisco 的经验，资源和技术支持专业知识，可以简化识别和解决 FlexPod 支持问题的流程，而不管问题位于何处。下图概述了 FlexPod 合作支持模式。客户联系可能拥有问题描述的供应商，Cisco 和 NetApp 将合作解决此问题。Cisco 和 NetApp 拥有跨公司工程和开发团队，他们携手解决问题。此支持模式可减少翻译期间的信息丢失，建立信任并减少停机时间。



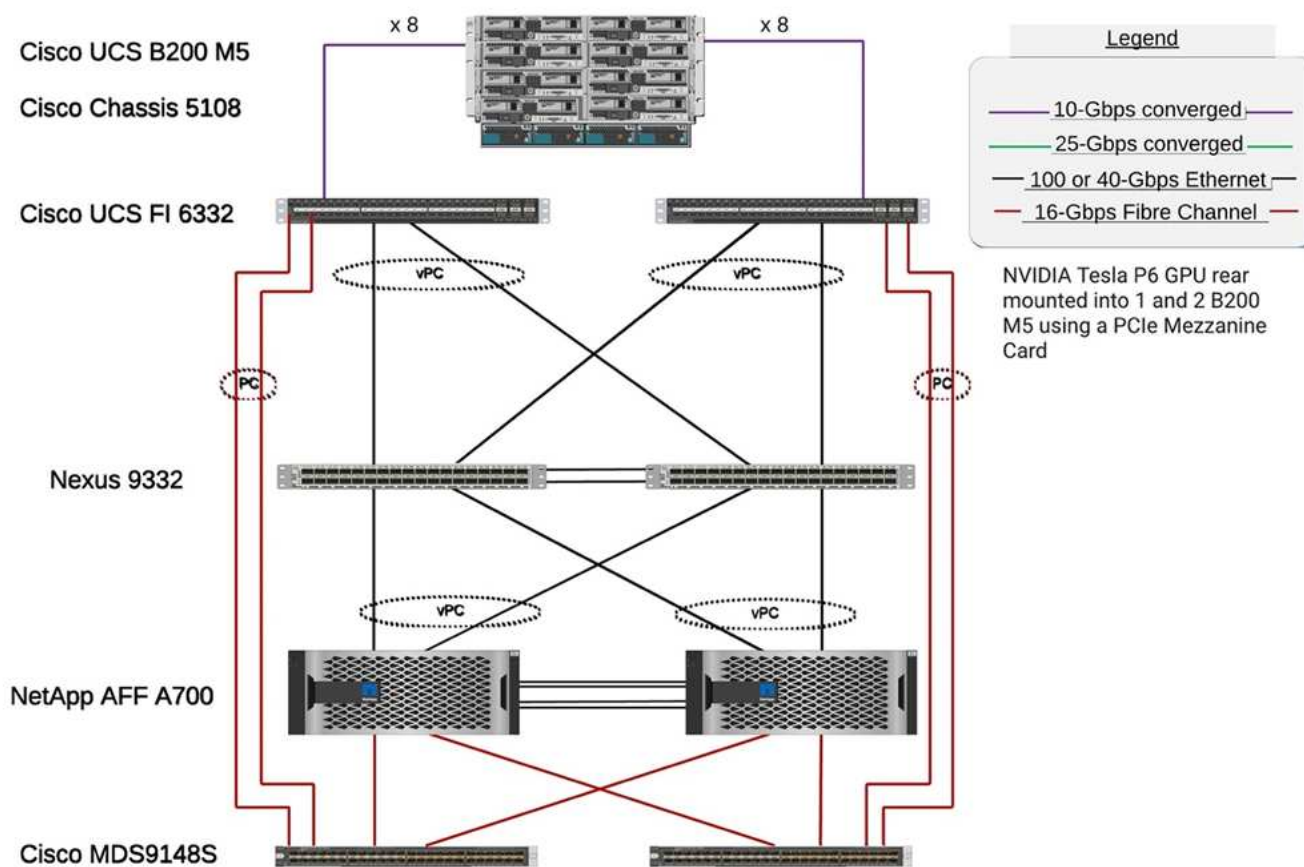
"接下来：解决方案基础架构硬件和软件组件。"

解决方案基础架构硬件和软件组件

"先前版本：在 FlexPod 上部署基因组工作负载的优势。"

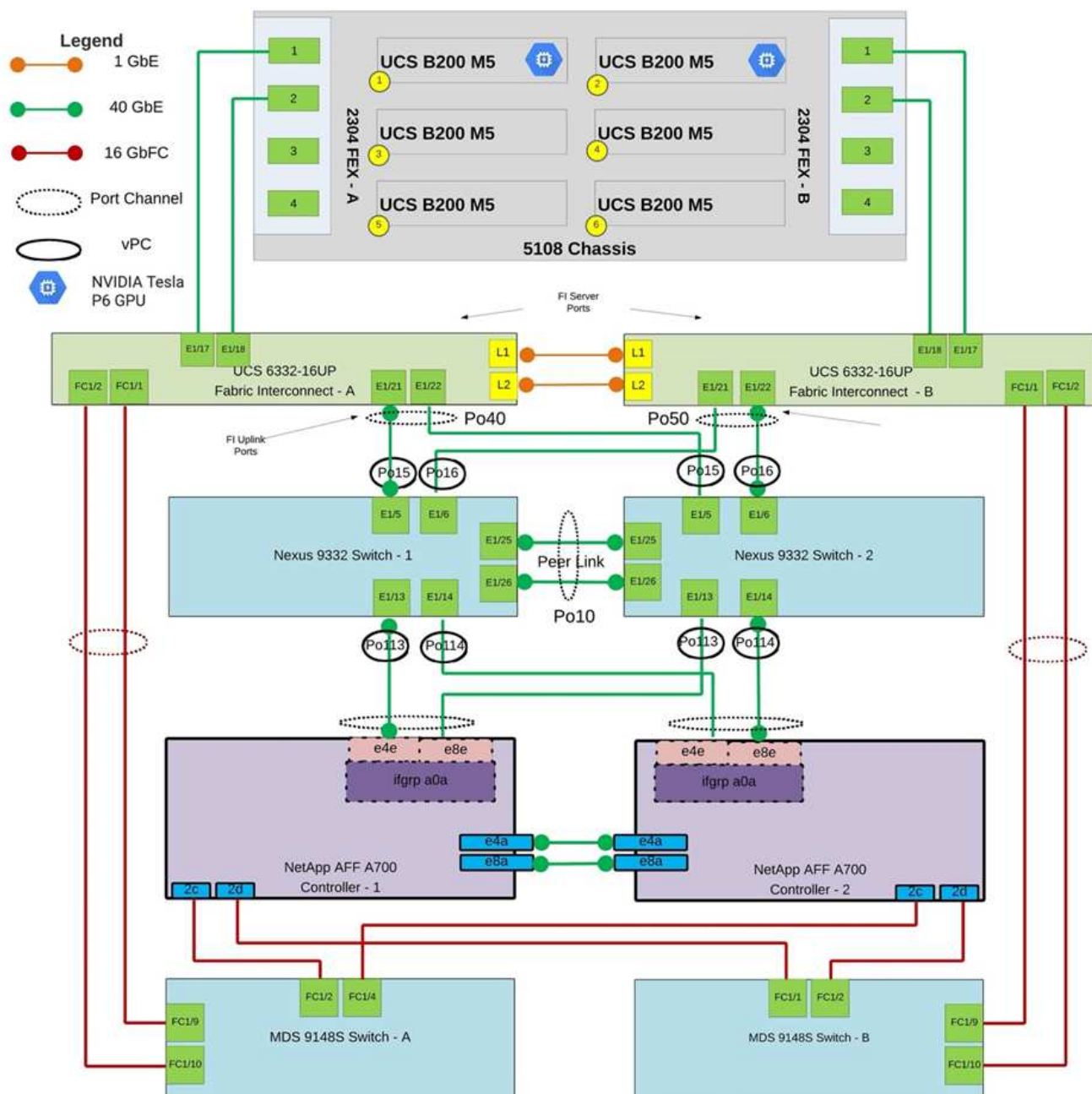
下图显示了用于 GATK 设置和验证的 FlexPod 系统。我们使用了 "采用 VMware vSphere 7.0 和 NetApp ONTAP 9.7 的 FlexPod Datacenter Cisco 验证设计（CVD）" 在设置过程中。

FlexPod for Genomics



下图显示了 FlexPod 布线详细信息。

FlexPod for Genomics



下表列出了在 FlexPod 上启用 GATK 测试期间使用的硬件组件。下面是 "NetApp 互操作性表工具"（IMT）和 "Cisco 硬件兼容性列表（HCL）"。

层	产品系列	数量和型号	详细信息
计算	Cisco UCS 5108 机箱	1 或 2	
	Cisco UCS 刀片式服务器	6 个 B200 M5	每个都具有 2 个 20 或更多核心，2.7 GHz 和 128-384 GB RAM

层	产品系列	数量和型号	详细信息
	Cisco UCS 虚拟接口卡 (VIC)	Cisco UCS 1440	请参见
	2 个 Cisco UCS 互联阵列	6332	-
网络	Cisco Nexus 交换机	2 个 Cisco Nexus 9332	-
存储网络	用于通过 SMB/CIFS , NFS 或 iSCSI 协议进行存储访问的 IP 网络	与上述相同的网络交换机	-
	通过 FC 进行存储访问	2 个 Cisco MDS 9148S	-
存储	NetApp AFF A700 全闪存存储系统	1 个集群	具有两个节点的集群
	磁盘架	一个 DS224C 或 NS224 磁盘架	已完全填充 24 个驱动器
	SSD	24 , 1.2 TB 或更大容量	-

此表列出了基础架构软件。

软件	产品系列	版本或版本	详细信息
各种	Linux	RHEL 8.3	-
	Windows	Windows Server 2012 R2 (64 位)	-
	NetApp ONTAP	ONTAP 9.8 或更高版本	-
	Cisco UCS 互联阵列	Cisco UCS Manager 4.1 或更高版本	-
	Cisco 以太网 3000 或 9000 系列交换机	对于 9000 系列, 对于 3000 系列, 则为 7.0 (3) i7 (7) 或更高版本, 对于 9.2 (4) 或更高版本	-
	Cisco FC : Cisco MDS 9132T	8.4 (1a) 或更高版本	-
	虚拟机管理程序	VMware vSphere ESXi 7.0	-
存储	虚拟机管理程序管理系统	VMware vCenter Server 7.0 (vCSA) 或更高版本	-
网络	NetApp 虚拟存储控制台 (VSC)	VSC 9.7 或更高版本	-
	NetApp SnapCenter	SnapCenter 4.3 或更高版本	-
	Cisco UCS Manager	4.1 (3c) 或更高版本	
虚拟机管理程序	ESXi		

软件	产品系列	版本或版本	详细信息
管理	虚拟机管理程序管理系统 VMware vCenter Server 7.0 (vCSA) 或更高版本		
	NetApp 虚拟存储控制台 (VSC)	VSC 9.7 或更高版本	
	NetApp SnapCenter	SnapCenter 4.3 或更高版本	
	Cisco UCS Manager	4.1 (3c) 或更高版本	

"接下来：基因组学— GATK 设置和执行。"

基因组学— GATK 设置和执行

"先前版本：解决方案基础架构硬件和软件组件。"

根据国家人类基因组研究所 ("NHGRI") ， " 基因组学是对一个人的所有基因 (基因组) 的研究，包括这些基因相互作用以及与人的环境相互作用。 "

根据 "NHGRI" 去氧核糖核酸 (Deoxyribonucleic acid ， DNA/ 脱氧核素) 是一种化合物，其中包含开发和指导几乎所有生物体活动所需的说明。DNA 分子由两个绞合成对的线组成，通常称为双螺旋。 " 一个生物体的一整套基因称为其基因组。 "

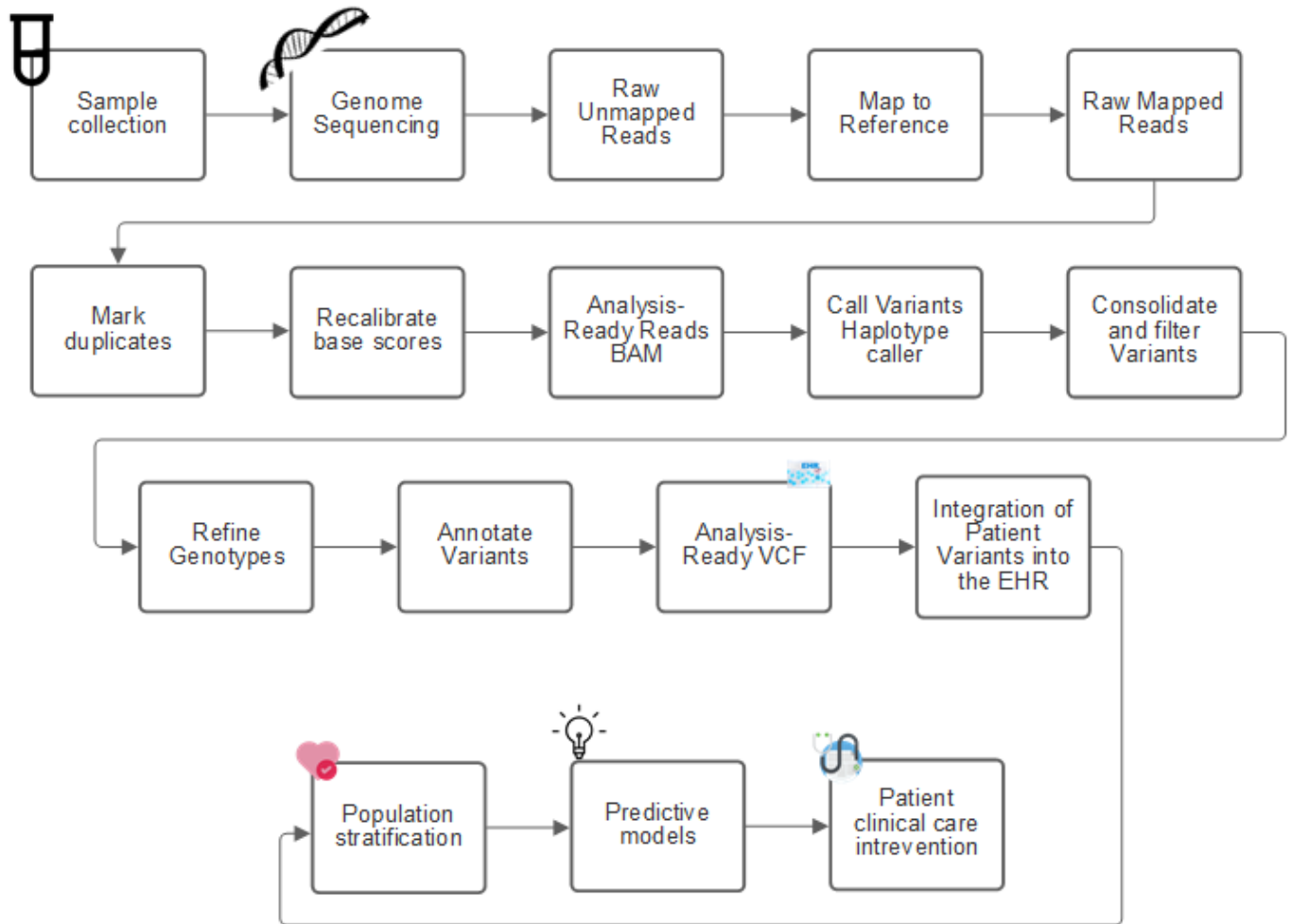
测序是指确定基准在一个 DNA 链中的确切顺序的过程。当今最常见的排序类型之一称为 " 按合成排序 " 。此技术使用荧光信号的辐射来对基准进行排序。研究人员可以使用基因排序来搜索遗传变体以及在某个人仍处于萌芽阶段时可能对疾病的发展或发展起作用的任何变体。

从样本到变体标识，标注和预测

从较高的层面来看，基因组学可以分为以下几个步骤。以下列表并不详尽：

1. 样本收集。
2. "基因组测序" 使用序列发生器生成原始数据。
3. 预处理。例如： "deduplication" 使用 "图标"。
4. 基因组分析。
 - a. 映射到参考基因组。
 - b. "变体" 通常使用 GATK 和类似工具执行标识和标注。
5. 集成到电子运行状况记录 (EHR) 系统中。
6. "人口分层" 并确定跨地理位置和种族背景的遗传变体。
7. "预测模型" 使用显著的单核退潮多形态。
8. "验证"。

下图显示了从采样到变体标识，标注和预测的过程。



人类基因组项目于 2003 年 4 月完成，该项目对公有域中的人类基因组序列进行了高质量的模拟。这种参考基因组引发了基因组功能研究和开发的爆炸式增长。几乎每一种人类疾病都有其基因特征。直到最近，医生一直在利用基因预测和确定诸如镰状细胞性贫血之类的缺陷，这是由一个基因的变化所导致的某种继承模式引起的。人类基因组项目所提供的数据的宝贵财富导致了基因组功能的当前状态的出现。

基因组学具有一系列广泛的优势。以下是医疗保健和生命科学领域的一小部分优势：

- 更好地在护理点进行诊断
- 预后更好
- 精确医学
- 个性化的治疗计划
- 改善疾病监控
- 减少不利事件
- 改善获得治疗的途径
- 改进了疾病监控
- 有效地参与临床试验，并根据基因型更好地选择患者进行临床试验。

基因组学是一种 "四向 Beast ，" 因为数据集的整个生命周期都有计算需求：采集，存储，分布和分析。

基因组分析工具包（GATK）

GATK 是作为中的数据科学平台而开发的 "[Broad Institute](#)"。GATK 是一组开源工具，可用于进行基因组分析，尤其是变体发现，标识，标注和基因分型。GATK 的一个优势是，可以将一组工具和 / 或命令链接在一起，形成一个完整的工作流。广义学院要应对的主要挑战如下：

- 了解疾病的根本原因和生物机制。
- 确定可用于基本发生原因 of a disease 的治疗干预措施。
- 了解从各种变体到在人类物理中发挥作用的视觉特征。
- 制定标准和策略 "框架" 用于基因组数据表示，存储，分析，安全性等。
- 实现可互操作的基因组聚合数据库（gnomAD）的标准化和社交化。
- 基于基因组的患者监控，诊断和治疗更加精确。
- 帮助实施能够在症状出现之前很好地预测疾病的工具。
- 创建一个跨学科合作伙伴社区并赋予其能力，帮助解决生物医学领域最棘手，最重要的问题。

GATK 和 Broad Institute 表示，基因组测序应视为病理学实验室的一种协议；每个任务都经过了详细记录，优化，可重现，并在样本和实验中保持一致。下面是 Broad Institute 建议的一组步骤，有关详细信息，请参见 "[GATK 网站](#)"。

FlexPod 设置

基因组工作负载验证包括从头开始设置 FlexPod 基础架构平台。FlexPod 平台具有高可用性，可以独立扩展；例如，可以独立扩展网络，存储和计算。我们使用以下经过 Cisco 验证的设计指南作为参考架构文档来设置 FlexPod 环境："[采用 VMware vSphere 7.0 和 NetApp ONTAP 9.7 的 FlexPod Datacenter](#)"。请参见以下 FlexPod 平台设置亮点：

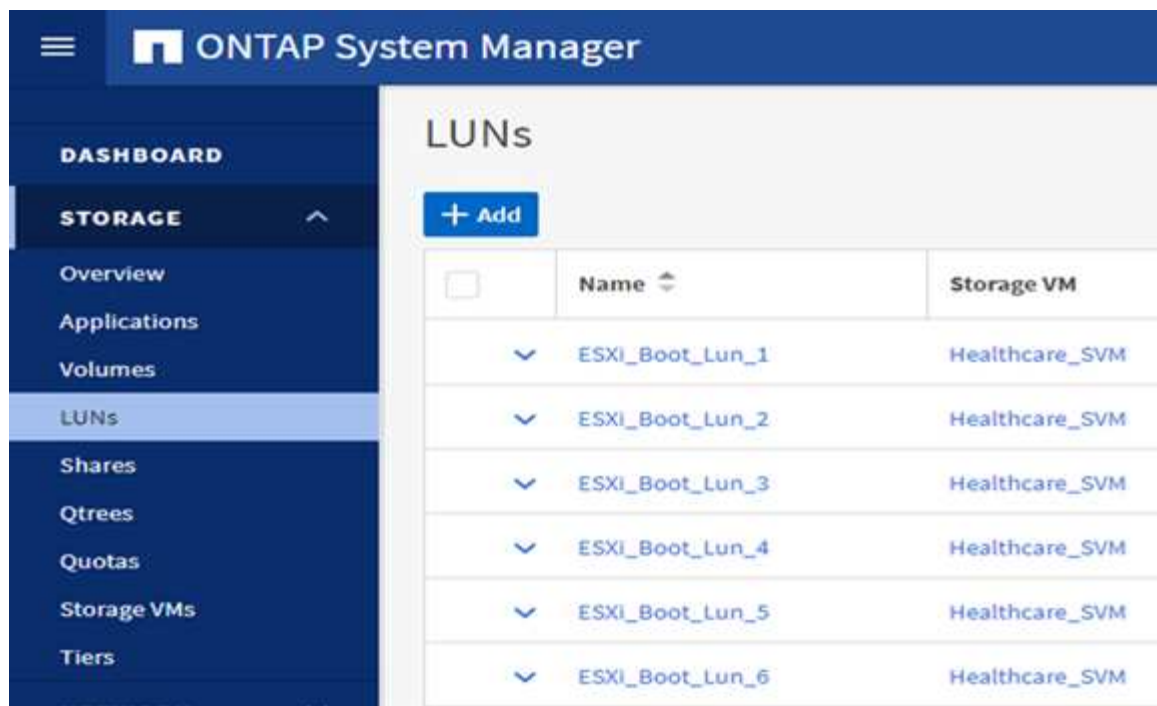
要执行 FlexPod 实验室设置，请完成以下步骤：

1. FlexPod 实验室设置和验证使用以下 IP4 预留和 VLAN 。

IP Reservations

VLAN	IP Range	Subnet Mask	Purpose
3281	172.21.25 /24	255.255.255.0	IB-MGMT
3282	172.21.26 /24	255.255.255.0	vMotion
3283	172.21.27 /24	255.255.255.0	VM
3284	172.21.28 /24	255.255.255.0	NFS
3285	172.21.29 /24	255.255.255.0	iSCSI-A
3286	172.21.30 /24	255.255.255.0	iSCSI-B

2. 在 ONTAP SVM 上配置基于 iSCSI 的启动 LUN 。

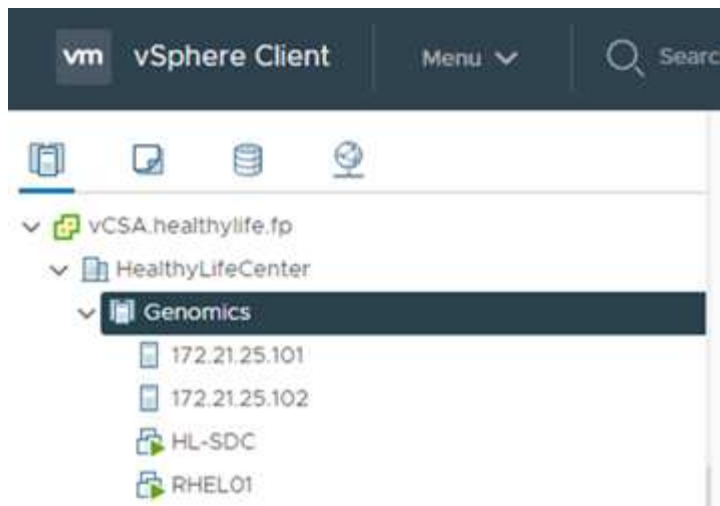


3. 将 LUN 映射到 iSCSI 启动程序组。

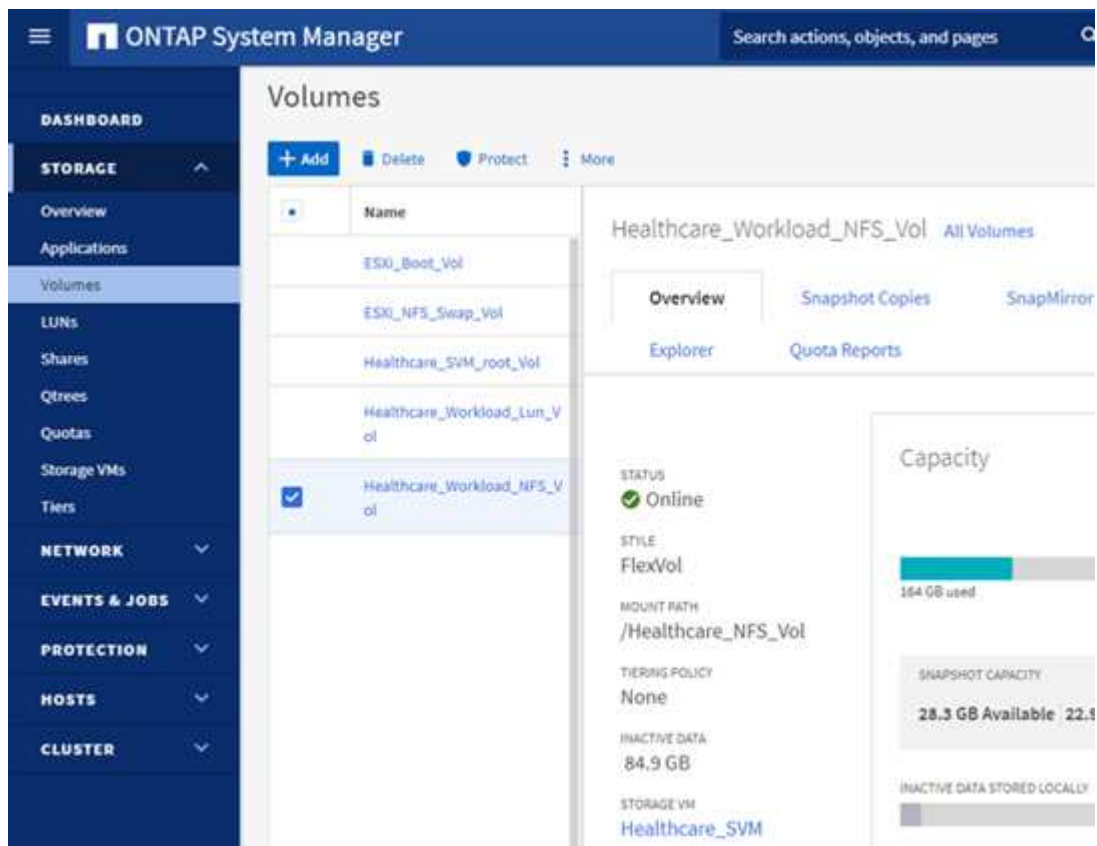
☐	Name	Storage VM	Volume	Size	IOPS	Latency (ms)	Throughput (MB/s)
☐	ESXi_Boot_Lun_1	Healthcare_SVM	ESXi_Boot_Vol	20 GB	3	0.16	0.01
STATUS Online VOLUME ESXi_Boot_Vol DESCRIPTION - SERIAL NUMBER 80A4X+R8rAhP QOS POLICY GROUP - MAPPED TO INITIATORS GenomicsESXi_1 (1) iqn.1992-08.com.cisco:ucs-... ID 0 SNAPSHOT COPIES (LOCAL) STATUS Protected SNAPMIRROR (LOCAL OR REMOTE) STATUS Unprotected CAPACITY (AVAILABLE % TOTAL) 95% 20 GB LUN FORMAT VMware PATH /vol/ESXi_Boot_Vol/ESXi_Boot_Lun_1							
☐	Name	Storage VM	Volume	Size	IOPS	Latency (ms)	Throughput (MB/s)
☐	ESXi_Boot_Lun_1	Healthcare_SVM	ESXi_Boot_Vol	20 GB	1	0.25	0.01
☐	ESXi_Boot_Lun_2	Healthcare_SVM	ESXi_Boot_Vol	20 GB	4	0.18	0.02
STATUS Online VOLUME ESXi_Boot_Vol DESCRIPTION - SERIAL NUMBER 80A4X+R8rAhU QOS POLICY GROUP - MAPPED TO INITIATORS GenomicsESXi_2 (1) iqn.1992-08.com.cisco:ucs-... ID 0 SNAPSHOT COPIES (LOCAL) STATUS Protected SNAPMIRROR (LOCAL OR REMOTE) STATUS Unprotected CAPACITY (AVAILABLE % TOTAL) 96% 20 GB LUN FORMAT VMware							

4. 使用 iSCSI 启动安装 vSphere 7.0 。

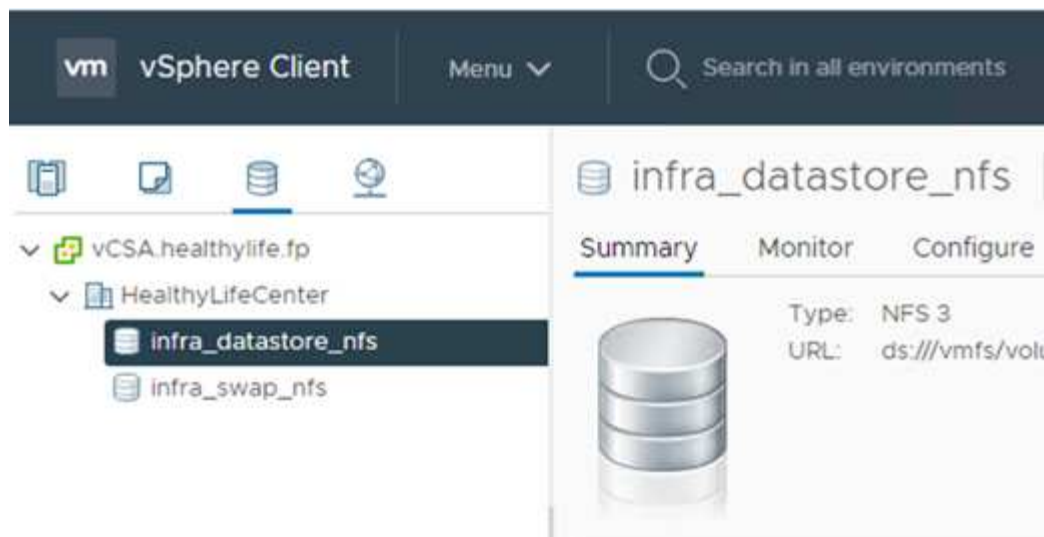
5. 向 vCenter 注册 ESXi 主机。



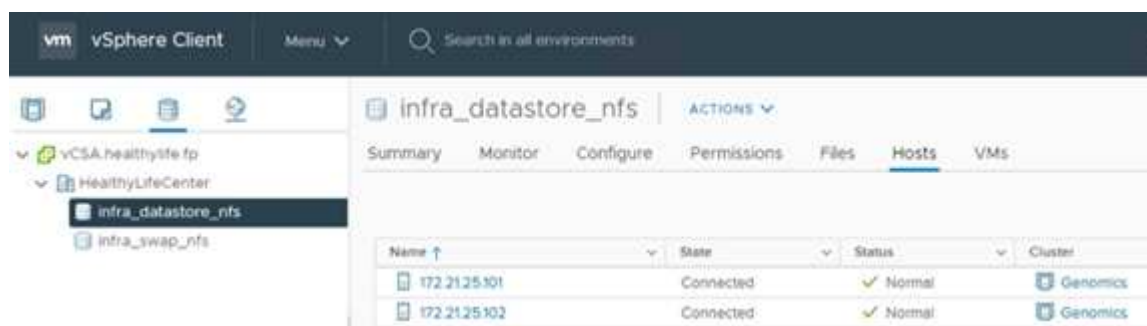
6. 在 ONTAP 存储上配置 NFS 数据存储库 infra_datastore_nfs。



7. 将数据存储库添加到 vCenter。



8. 使用 vCenter 向 ESXi 主机添加 NFS 数据存储库。



9. 使用 vCenter 创建 Red Hat Enterprise Linux （ RHEL ） 8.3 VM 以运行 GATK 。

10. NFS 数据存储库会提供给虚拟机并挂载在 ` /mnt/genomics ` 中，用于存储 GATK 可执行文件，脚本，二进制对齐映射（ BAM ）文件，参考文件，索引文件，词典文件和输出文件，以用于变量调用。

```
[root@genomics1 genomics]# df | grep genomics
/dev/sdb          308587328  5699492 287142812   2% /mnt/genomics
[root@genomics1 genomics]#
```

GATK 设置和执行

在 RedHat Enterprise 8.3 Linux VM 上安装以下前提条件：

- Java 8 或 SDK 1.8 或更高版本
- 从 Broad Institute 下载 GATK 4.2.0.0 "[GitHub 站点](#)"。基因组序列数据通常以一系列制表符分隔的 ASCII 列的形式存储。但是，ASCII 需要的存储空间太多。因此，一个新标准会逐渐演变为 BAM（*.bam）文件。BAM 文件以压缩，索引和二进制形式存储序列数据。我们 "[已下载](#)" 一组公开可用的 BAM 文件，用于从执行 GATK "[公有域](#)"。我们还下载了索引文件（*.bai），词典文件（*.dict）和引用数据文件（*.FASAA）公有。

下载后， GATK 工具包将包含一个 JAR 文件和一组支持脚本。

- gatk-package-4.2.0.0-local.jar 可执行文件

- gatk 脚本文件。

我们下载了一个由父，母和子 *。bam 文件组成的系列的 BAM 文件以及相应的索引，词典和参考基因组文件。

克伦威尔引擎

Cromwell 是一款开源引擎，适用于支持工作流管理的科学工作流。可以将 Cromwell 引擎分为两种运行方式 "模式"，服务器模式或单工作流运行模式。可以使用控制 Cromwell 引擎的行为 "Cromwell 引擎配置文件"。

- * 服务器模式。* 启用 "RESTful" 在 Cromwell 引擎中执行工作流。
- * 运行模式。* 运行模式最适合在克伦威尔执行单个工作流，"ref" 查看运行模式下的一整套可用选项。

我们使用克伦威尔引擎大规模执行工作流和管道。Cromwell 引擎使用用户友好型 "Workflow 问题描述语言" (WDL) 编写脚本的语言。此外，还支持第二个工作流脚本编写标准，称为通用工作流语言 (Common Workflow Language, CWL)。在本技术报告中，我们使用了 WDL。WDL 最初是由广泛的基因组分析管道研究所开发的。使用 WDL 工作流可以通过多种策略来实施，其中包括：

- * 线性链。* 顾名思义，任务 1 的输出将作为输入发送到任务 2。
- * 多输入 / 输出。* 这与线性链类似，因为每个任务都可以将多个输出作为输入发送到后续任务。
- * 散点收集。* 这是最强大的企业应用程序集成 (EAI) 策略之一，尤其是在事件驱动型架构中使用。每个任务以分离的方式执行，每个任务的输出将整合到最终输出中。

使用 WDL 在独立模式下运行 GATK 的步骤有三个：

1. 使用 womtool.jar 验证语法。

```
[root@genomics1 ~]# java -jar womtool.jar validate ghplo.wdl
```

2. 生成输入 JSON。

```
[root@genomics1 ~]# java -jar womtool.jar inputs ghplo.wdl > ghplo.json
```

3. 使用 Cromwell 引擎和 Cromwell.jar 运行工作流。

```
[root@genomics1 ~]# java -jar cromwell.jar run ghplo.wdl --inputs ghplo.json
```

可以使用多种方法执行 GATK；本文档将探讨其中三种方法。

使用 JAR 文件执行 GATK

下面我们来了解一下使用哈普斯特型变量调用程序执行单一变体调用管道的情况。

```
[root@genomics1 ~]# java -Dsamjdk.use_async_io_read_samtools=false \
-Dsamjdk.use_async_io_write_samtools=true \
-Dsamjdk.use_async_io_write_tribble=false \
-Dsamjdk.compression_level=2 \
-jar /mnt/genomics/GATK/gatk-4.2.0.0/gatk-package-4.2.0.0-local.jar \
HaplotypeCaller \
--input /mnt/genomics/GATK/TEST\ DATA/bam/workshop_1906_2-
germline_bams_father.bam \
--output workshop_1906_2-germline_bams_father.validation.vcf \
--reference /mnt/genomics/GATK/TEST\ DATA/ref/workshop_1906_2-
germline_ref_ref.fasta
```

在这种执行方法中，我们使用 GATK 本地执行 JAR 文件，使用一个 Java 命令调用该 JAR 文件，并将多个参数传递到该命令。

1. 此参数表示我们正在调用 Haplotypecaller 变量调用程序管道。
2. `-input` 指定输入 BAM 文件。
3. `-output` 以变体调用格式 (*.vcf) 指定变体输出文件 ("ref")。
4. 使用 `-reference` 参数时，我们将传递一个参考基因组。

执行后，可以在部分中找到输出详细信息 ["使用 JAR 文件执行 GATK 的输出。"](#)

使用 `./gatk` 脚本执行 GATK

GATK 工具套件可使用 `./gatk` 脚本执行。让我们来看看以下命令：

```
[root@genomics1 execution]# ./gatk \
--java-options "-Xmx4G" \
HaplotypeCaller \
-I /mnt/genomics/GATK/TEST\ DATA/bam/workshop_1906_2-
germline_bams_father.bam \
-R /mnt/genomics/GATK/TEST\ DATA/ref/workshop_1906_2-
germline_ref_ref.fasta \
-O /mnt/genomics/GATK/TEST\ DATA/variants.vcf
```

我们会向命令传递多个参数。

- 此参数表示我们正在调用 Haplotypecaller 变量调用程序管道。
- `-i` 指定输入 BAM 文件。
- `-O` 以变体调用格式 (*.vcf) 指定变体输出文件 ("ref")。
- 使用 `-R` 参数时，我们会传递一个参考基因组。

执行后，可以在部分中找到输出详细信息 ["016e203cf9beada735f224ab14d0b3af"](#)

使用 Cromwell 引擎执行 GATK

我们使用 Cromwell 引擎管理 GATK 执行。我们来检查命令行及其参数。

```
[root@genomics1 genomics]# java -jar cromwell-65.jar \  
run /mnt/genomics/GATK/seq/ghplo.wdl \  
--inputs /mnt/genomics/GATK/seq/ghplo.json
```

在此，我们通过传递 `-JAR` 参数来调用 Java 命令，以指示我们要执行 JAR 文件，例如，Cromwell-65.jar。传递的下一个参数 (run) 表示 Cromwell 引擎正在运行模式，另一个可能的选项是服务器模式。下一个参数为 `\*.wdl`，运行模式应使用该参数执行管道。下一个参数是要执行的工作流的一组输入参数。

以下是 ghplo.wdl 文件的内容：

```
[root@genomics1 seq]# cat ghplo.wdl  
workflow helloHaplotypeCaller {  
  call haplotypeCaller  
}  
task haplotypeCaller {  
  File GATK  
  File RefFasta  
  File RefIndex  
  File RefDict  
  String sampleName  
  File inputBAM  
  File bamIndex  
  command {  
    java -jar ${GATK} \  
      HaplotypeCaller \  
      -R ${RefFasta} \  
      -I ${inputBAM} \  
      -O ${sampleName}.raw.indels.snps.vcf  
  }  
  output {  
    File rawVCF = "${sampleName}.raw.indels.snps.vcf"  
  }  
}  
[root@genomics1 seq]#
```

下面是相应的 JSON 文件以及对 Cromwell 引擎的输入。

```
[root@genomics1 seq]# cat ghplo.json
{
  "helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller.GATK": "/mnt/genomics/GATK/gatk-4.2.0.0/gatk-package-4.2.0.0-local.jar",
  "helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller.RefFasta": "/mnt/genomics/GATK/TEST DATA/ref/workshop_1906_2-germline_ref_ref.fasta",
  "helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller.RefIndex": "/mnt/genomics/GATK/TEST DATA/ref/workshop_1906_2-germline_ref_ref.fasta.fai",
  "helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller.RefDict": "/mnt/genomics/GATK/TEST DATA/ref/workshop_1906_2-germline_ref_ref.dict",
  "helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller.sampleName": "fatherbam",
  "helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller.inputBAM": "/mnt/genomics/GATK/TEST DATA/bam/workshop_1906_2-germline_bams_father.bam",
  "helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller.bamIndex": "/mnt/genomics/GATK/TEST DATA/bam/workshop_1906_2-germline_bams_father.bai"
}
[root@genomics1 seq]#
```

请注意，Cromwell 使用内存数据库来执行。执行后，输出日志将显示在一节中 ["使用 Cromwell 引擎执行 GATK 的输出。"](#)

有关如何执行 GATK 的一组完整步骤，请参见 ["GATK 文档"](#)。

["下一步：使用 JAR 文件执行 GATK 的输出。"](#)

使用 JAR 文件执行 GATK 的输出

["上一篇：基因组学— GATK 设置和执行。"](#)

使用 Jar 文件执行 GATK 会生成以下示例输出。

```
[root@genomics1 execution]# java -Dsamjdk.use_async_io_read_samtools=false \
-Dsamjdk.use_async_io_write_samtools=true \
-Dsamjdk.use_async_io_write_tribble=false \
-Dsamjdk.compression_level=2 \
-jar /mnt/genomics/GATK/gatk-4.2.0.0/gatk-package-4.2.0.0-local.jar \
HaplotypeCaller \
--input /mnt/genomics/GATK/TEST\ DATA/bam/workshop_1906_2-germline_bams_father.bam \
--output workshop_1906_2-germline_bams_father.validation.vcf \
--reference /mnt/genomics/GATK/TEST\ DATA/ref/workshop_1906_2-germline_ref_ref.fasta \
22:52:58.430 INFO NativeLibraryLoader - Loading libgkl_compression.so
from jar:file:/mnt/genomics/GATK/gatk-4.2.0.0/gatk-package-4.2.0.0-
```

```

local.jar!/com/intel/gkl/native/libgkl_compression.so
Aug 17, 2021 10:52:58 PM
shaded.cloud_nio.com.google.auth.oauth2.ComputeEngineCredentials
runningOnComputeEngine
INFO: Failed to detect whether we are running on Google Compute Engine.
22:52:58.541 INFO HaplotypeCaller -
-----
22:52:58.542 INFO HaplotypeCaller - The Genome Analysis Toolkit (GATK)
v4.2.0.0
22:52:58.542 INFO HaplotypeCaller - For support and documentation go to
https://software.broadinstitute.org/gatk/
22:52:58.542 INFO HaplotypeCaller - Executing as
root@genomics1.healthylife.fp on Linux v4.18.0-305.3.1.el8_4.x86_64 amd64
22:52:58.542 INFO HaplotypeCaller - Java runtime: OpenJDK 64-Bit Server
VM v1.8.0_302-b08
22:52:58.542 INFO HaplotypeCaller - Start Date/Time: August 17, 2021
10:52:58 PM EDT
22:52:58.542 INFO HaplotypeCaller -
-----
22:52:58.542 INFO HaplotypeCaller -
-----
22:52:58.542 INFO HaplotypeCaller - HTSJDK Version: 2.24.0
22:52:58.542 INFO HaplotypeCaller - Picard Version: 2.25.0
22:52:58.542 INFO HaplotypeCaller - Built for Spark Version: 2.4.5
22:52:58.542 INFO HaplotypeCaller - HTSJDK Defaults.COMPRESSION_LEVEL : 2
22:52:58.543 INFO HaplotypeCaller - HTSJDK
Defaults.USE_ASYNC_IO_READ_FOR_SAMTOOLS : false
22:52:58.543 INFO HaplotypeCaller - HTSJDK
Defaults.USE_ASYNC_IO_WRITE_FOR_SAMTOOLS : true
22:52:58.543 INFO HaplotypeCaller - HTSJDK
Defaults.USE_ASYNC_IO_WRITE_FOR_TRIBBLE : false
22:52:58.543 INFO HaplotypeCaller - Deflater: IntelDeflater
22:52:58.543 INFO HaplotypeCaller - Inflater: IntelInflater
22:52:58.543 INFO HaplotypeCaller - GCS max retries/reopens: 20
22:52:58.543 INFO HaplotypeCaller - Requester pays: disabled
22:52:58.543 INFO HaplotypeCaller - Initializing engine
22:52:58.804 INFO HaplotypeCaller - Done initializing engine
22:52:58.809 INFO HaplotypeCallerEngine - Disabling physical phasing,
which is supported only for reference-model confidence output
22:52:58.820 INFO NativeLibraryLoader - Loading libgkl_utils.so from
jar:file:/mnt/genomics/GATK/gatk-4.2.0.0/gatk-package-4.2.0.0-
local.jar!/com/intel/gkl/native/libgkl_utils.so
22:52:58.821 INFO NativeLibraryLoader - Loading libgkl_pairhmm_omp.so
from jar:file:/mnt/genomics/GATK/gatk-4.2.0.0/gatk-package-4.2.0.0-
local.jar!/com/intel/gkl/native/libgkl_pairhmm_omp.so
22:52:58.854 INFO IntelPairHmm - Using CPU-supported AVX-512 instructions

```

```

22:52:58.854 INFO   IntelPairHmm - Flush-to-zero (FTZ) is enabled when
running PairHMM
22:52:58.854 INFO   IntelPairHmm - Available threads: 16
22:52:58.854 INFO   IntelPairHmm - Requested threads: 4
22:52:58.854 INFO   PairHMM - Using the OpenMP multi-threaded AVX-
accelerated native PairHMM implementation
22:52:58.872 INFO   ProgressMeter - Starting traversal
22:52:58.873 INFO   ProgressMeter -           Current Locus   Elapsed Minutes
Regions Processed   Regions/Minute
22:53:00.733 WARN   InbreedingCoeff - InbreedingCoeff will not be
calculated at position 20:9999900 and possibly subsequent; at least 10
samples must have called genotypes
22:53:08.873 INFO   ProgressMeter -           20:17538652           0.2
58900              353400.0
22:53:17.681 INFO   HaplotypeCaller - 405 read(s) filtered by:
MappingQualityReadFilter
0 read(s) filtered by: MappingQualityAvailableReadFilter
0 read(s) filtered by: MappedReadFilter
0 read(s) filtered by: NotSecondaryAlignmentReadFilter
6628 read(s) filtered by: NotDuplicateReadFilter
0 read(s) filtered by: PassesVendorQualityCheckReadFilter
0 read(s) filtered by: NonZeroReferenceLengthAlignmentReadFilter
0 read(s) filtered by: GoodCigarReadFilter
0 read(s) filtered by: WellformedReadFilter
7033 total reads filtered
22:53:17.681 INFO   ProgressMeter -           20:63024652           0.3
210522             671592.9
22:53:17.681 INFO   ProgressMeter - Traversal complete. Processed 210522
total regions in 0.3 minutes.
22:53:17.687 INFO   VectorLoglessPairHMM - Time spent in setup for JNI call
: 0.010347438
22:53:17.687 INFO   PairHMM - Total compute time in PairHMM
computeLogLikelihoods() : 0.259172573
22:53:17.687 INFO   SmithWatermanAligner - Total compute time in java
Smith-Waterman : 1.27 sec
22:53:17.687 INFO   HaplotypeCaller - Shutting down engine
[August 17, 2021 10:53:17 PM EDT]
org.broadinstitute.hellbender.tools.walkers.haplotypecaller.HaplotypeCalle
r done. Elapsed time: 0.32 minutes.
Runtime.totalMemory()=5561122816
[root@genomics1 execution]#

```

请注意，输出文件位于执行后指定的位置。

"fb08e15744e912200b45cf04b5fce2ad"

使用 `./gatk` 脚本执行 **GATK** 的输出

"previous：使用 JAR 文件执行 GATK 的输出。"

使用 ```。 `./gatk`` 脚本执行 GATK 后，生成了以下示例输出。

```
[root@genomics1 gatk-4.2.0.0]# ./gatk --java-options "-Xmx4G" \
HaplotypeCaller \
-I /mnt/genomics/GATK/TEST\ DATA/bam/workshop_1906_2-
germline_bams_father.bam \
-R /mnt/genomics/GATK/TEST\ DATA/ref/workshop_1906_2-
germline_ref_ref.fasta \
-O /mnt/genomics/GATK/TEST\ DATA/variants.vcf
Using GATK jar /mnt/genomics/GATK/gatk-4.2.0.0/gatk-package-4.2.0.0-
local.jar
Running:
    java -Dsamjdk.use_async_io_read_samtools=false
-Dsamjdk.use_async_io_write_samtools=true
-Dsamjdk.use_async_io_write_tribble=false -Dsamjdk.compression_level=2
-Xmx4G -jar /mnt/genomics/GATK/gatk-4.2.0.0/gatk-package-4.2.0.0-local.jar
HaplotypeCaller -I /mnt/genomics/GATK/TEST DATA/bam/workshop_1906_2-
germline_bams_father.bam -R /mnt/genomics/GATK/TEST
DATA/ref/workshop_1906_2-germline_ref_ref.fasta -O /mnt/genomics/GATK/TEST
DATA/variants.vcf
23:29:45.553 INFO NativeLibraryLoader - Loading libgkl_compression.so
from jar:file:/mnt/genomics/GATK/gatk-4.2.0.0/gatk-package-4.2.0.0-
local.jar!/com/intel/gkl/native/libgkl_compression.so
Aug 17, 2021 11:29:45 PM
shaded.cloud_nio.com.google.auth.oauth2.ComputeEngineCredentials
runningOnComputeEngine
INFO: Failed to detect whether we are running on Google Compute Engine.
23:29:45.686 INFO HaplotypeCaller -
-----
23:29:45.686 INFO HaplotypeCaller - The Genome Analysis Toolkit (GATK)
v4.2.0.0
23:29:45.686 INFO HaplotypeCaller - For support and documentation go to
https://software.broadinstitute.org/gatk/
23:29:45.687 INFO HaplotypeCaller - Executing as
root@genomics1.healthyliife.fp on Linux v4.18.0-305.3.1.el8_4.x86_64 amd64
23:29:45.687 INFO HaplotypeCaller - Java runtime: OpenJDK 64-Bit Server
VM v11.0.12+7-LTS
23:29:45.687 INFO HaplotypeCaller - Start Date/Time: August 17, 2021 at
11:29:45 PM EDT
23:29:45.687 INFO HaplotypeCaller -
-----
23:29:45.687 INFO HaplotypeCaller -
```

```

-----
23:29:45.687 INFO HaplotypeCaller - HTSJDK Version: 2.24.0
23:29:45.687 INFO HaplotypeCaller - Picard Version: 2.25.0
23:29:45.687 INFO HaplotypeCaller - Built for Spark Version: 2.4.5
23:29:45.688 INFO HaplotypeCaller - HTSJDK Defaults.COMPRESSION_LEVEL : 2
23:29:45.688 INFO HaplotypeCaller - HTSJDK
Defaults.USE_ASYNC_IO_READ_FOR_SAMTOOLS : false
23:29:45.688 INFO HaplotypeCaller - HTSJDK
Defaults.USE_ASYNC_IO_WRITE_FOR_SAMTOOLS : true
23:29:45.688 INFO HaplotypeCaller - HTSJDK
Defaults.USE_ASYNC_IO_WRITE_FOR_TRIBBLE : false
23:29:45.688 INFO HaplotypeCaller - Deflater: IntelDeflater
23:29:45.688 INFO HaplotypeCaller - Inflater: IntelInflater
23:29:45.688 INFO HaplotypeCaller - GCS max retries/reopens: 20
23:29:45.688 INFO HaplotypeCaller - Requester pays: disabled
23:29:45.688 INFO HaplotypeCaller - Initializing engine
23:29:45.804 INFO HaplotypeCaller - Done initializing engine
23:29:45.809 INFO HaplotypeCallerEngine - Disabling physical phasing,
which is supported only for reference-model confidence output
23:29:45.818 INFO NativeLibraryLoader - Loading libgkl_utils.so from
jar:file:/mnt/genomics/GATK/gatk-4.2.0.0/gatk-package-4.2.0.0-
local.jar!/com/intel/gkl/native/libgkl_utils.so
23:29:45.819 INFO NativeLibraryLoader - Loading libgkl_pairhmm_omp.so
from jar:file:/mnt/genomics/GATK/gatk-4.2.0.0/gatk-package-4.2.0.0-
local.jar!/com/intel/gkl/native/libgkl_pairhmm_omp.so
23:29:45.852 INFO IntelPairHmm - Using CPU-supported AVX-512 instructions
23:29:45.852 INFO IntelPairHmm - Flush-to-zero (FTZ) is enabled when
running PairHMM
23:29:45.852 INFO IntelPairHmm - Available threads: 16
23:29:45.852 INFO IntelPairHmm - Requested threads: 4
23:29:45.852 INFO PairHMM - Using the OpenMP multi-threaded AVX-
accelerated native PairHMM implementation
23:29:45.868 INFO ProgressMeter - Starting traversal
23:29:45.868 INFO ProgressMeter -          Current Locus  Elapsed Minutes
Regions Processed  Regions/Minute
23:29:47.772 WARN InbreedingCoeff - InbreedingCoeff will not be
calculated at position 20:9999900 and possibly subsequent; at least 10
samples must have called genotypes
23:29:55.868 INFO ProgressMeter -          20:18885652          0.2
63390          380340.0
23:30:04.389 INFO HaplotypeCaller - 405 read(s) filtered by:
MappingQualityReadFilter
0 read(s) filtered by: MappingQualityAvailableReadFilter
0 read(s) filtered by: MappedReadFilter
0 read(s) filtered by: NotSecondaryAlignmentReadFilter
6628 read(s) filtered by: NotDuplicateReadFilter

```

```

0 read(s) filtered by: PassesVendorQualityCheckReadFilter
0 read(s) filtered by: NonZeroReferenceLengthAlignmentReadFilter
0 read(s) filtered by: GoodCigarReadFilter
0 read(s) filtered by: WellformedReadFilter
7033 total reads filtered
23:30:04.389 INFO ProgressMeter - 20:63024652 0.3
210522 681999.9
23:30:04.389 INFO ProgressMeter - Traversal complete. Processed 210522
total regions in 0.3 minutes.
23:30:04.395 INFO VectorLoglessPairHMM - Time spent in setup for JNI call
: 0.0121292030000000002
23:30:04.395 INFO PairHMM - Total compute time in PairHMM
computeLogLikelihoods() : 0.267345217
23:30:04.395 INFO SmithWatermanAligner - Total compute time in java
Smith-Waterman : 1.23 sec
23:30:04.395 INFO HaplotypeCaller - Shutting down engine
[August 17, 2021 at 11:30:04 PM EDT]
org.broadinstitute.hellbender.tools.walkers.haplotypecaller.HaplotypeCalle
r done. Elapsed time: 0.31 minutes.
Runtime.totalMemory()=2111832064
[root@genomics1 gatk-4.2.0.0]#

```

请注意，输出文件位于执行后指定的位置。

"下一步：使用 [Cromwell 引擎执行 GATK 的输出。](#)"

使用 **Cromwell** 引擎执行 **GATK** 的输出

"[11fffe01d469840980d9b9a5f45bf9ed](#)"

使用 **Cromwell** 引擎执行 **GATK** 后，生成了以下示例输出。

```

[root@genomics1 genomics]# java -jar cromwell-65.jar run
/mnt/genomics/GATK/seq/ghplo.wdl --inputs
/mnt/genomics/GATK/seq/ghplo.json
[2021-08-18 17:10:50,78] [info] Running with database db.url =
jdbc:hsqldb:mem:856a1f0d-9a0d-42e5-9199-
5e6c1d0f72dd;shutdown=false;hsqldb.tx=mvcc
[2021-08-18 17:10:57,74] [info] Running migration
RenameWorkflowOptionsInMetadata with a read batch size of 100000 and a
write batch size of 100000
[2021-08-18 17:10:57,75] [info] [RenameWorkflowOptionsInMetadata] 100%
[2021-08-18 17:10:57,83] [info] Running with database db.url =
jdbc:hsqldb:mem:6afe0252-2dc9-4e57-8674-
ce63c67aa142;shutdown=false;hsqldb.tx=mvcc
[2021-08-18 17:10:58,17] [info] Slf4jLogger started

```

```

[2021-08-18 17:10:58,33] [info] Workflow heartbeat configuration:
{
  "cromwellId" : "cromid-41b7e30",
  "heartbeatInterval" : "2 minutes",
  "ttl" : "10 minutes",
  "failureShutdownDuration" : "5 minutes",
  "writeBatchSize" : 10000,
  "writeThreshold" : 10000
}
[2021-08-18 17:10:58,38] [info] Metadata summary refreshing every 1
second.
[2021-08-18 17:10:58,38] [info] No metadata archiver defined in config
[2021-08-18 17:10:58,38] [info] No metadata deleter defined in config
[2021-08-18 17:10:58,40] [info] KvWriteActor configured to flush with
batch size 200 and process rate 5 seconds.
[2021-08-18 17:10:58,40] [info] WriteMetadataActor configured to flush
with batch size 200 and process rate 5 seconds.
[2021-08-18 17:10:58,44] [info] CallCacheWriteActor configured to flush
with batch size 100 and process rate 3 seconds.
[2021-08-18 17:10:58,44] [warn] 'docker.hash-lookup.gcr-api-queries-per-
100-seconds' is being deprecated, use 'docker.hash-lookup.gcr.throttle'
instead (see reference.conf)
[2021-08-18 17:10:58,54] [info] JobExecutionTokenDispenser - Distribution
rate: 50 per 1 seconds.
[2021-08-18 17:10:58,58] [info] SingleWorkflowRunnerActor: Version 65
[2021-08-18 17:10:58,58] [info] SingleWorkflowRunnerActor: Submitting
workflow
[2021-08-18 17:10:58,64] [info] Unspecified type (Unspecified version)
workflow 3e246147-b1a9-41dc-8679-319f81b7701e submitted
[2021-08-18 17:10:58,66] [info] SingleWorkflowRunnerActor: Workflow
submitted 3e246147-b1a9-41dc-8679-319f81b7701e
[2021-08-18 17:10:58,66] [info] 1 new workflows fetched by cromid-41b7e30:
3e246147-b1a9-41dc-8679-319f81b7701e
[2021-08-18 17:10:58,67] [info] WorkflowManagerActor: Starting workflow
3e246147-b1a9-41dc-8679-319f81b7701e
[2021-08-18 17:10:58,68] [info] WorkflowManagerActor: Successfully started
WorkflowActor-3e246147-b1a9-41dc-8679-319f81b7701e
[2021-08-18 17:10:58,68] [info] Retrieved 1 workflows from the
WorkflowStoreActor
[2021-08-18 17:10:58,70] [info] WorkflowStoreHeartbeatWriteActor
configured to flush with batch size 10000 and process rate 2 minutes.
[2021-08-18 17:10:58,76] [info] MaterializeWorkflowDescriptorActor
[3e246147]: Parsing workflow as WDL draft-2
[2021-08-18 17:10:59,34] [info] MaterializeWorkflowDescriptorActor
[3e246147]: Call-to-Backend assignments:
helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller -> Local

```

```

[2021-08-18 17:11:00,54] [info] WorkflowExecutionActor-3e246147-b1a9-41dc-
8679-319f81b7701e [3e246147]: Starting
helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller
[2021-08-18 17:11:01,56] [info] Assigned new job execution tokens to the
following groups: 3e246147: 1
[2021-08-18 17:11:01,70] [info] BackgroundConfigAsyncJobExecutionActor
[3e246147helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller:NA:1]: java -jar
/mnt/genomics/cromwell-executions/helloHaplotypeCaller/3e246147-b1a9-41dc-
8679-319f81b7701e/call-haplotypeCaller/inputs/-179397211/gatk-package-
4.2.0.0-local.jar \
    HaplotypeCaller \
    -R /mnt/genomics/cromwell-executions/helloHaplotypeCaller/3e246147-
b1a9-41dc-8679-319f81b7701e/call-
haplotypeCaller/inputs/604632695/workshop_1906_2-germline_ref_ref.fasta \
    -I /mnt/genomics/cromwell-executions/helloHaplotypeCaller/3e246147-
b1a9-41dc-8679-319f81b7701e/call-
haplotypeCaller/inputs/604617202/workshop_1906_2-germline_bams_father.bam
\
    -O fatherbam.raw.indels.snps.vcf
[2021-08-18 17:11:01,72] [info] BackgroundConfigAsyncJobExecutionActor
[3e246147helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller:NA:1]: executing: /bin/bash
/mnt/genomics/cromwell-executions/helloHaplotypeCaller/3e246147-b1a9-41dc-
8679-319f81b7701e/call-haplotypeCaller/execution/script
[2021-08-18 17:11:03,49] [info] BackgroundConfigAsyncJobExecutionActor
[3e246147helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller:NA:1]: job id: 26867
[2021-08-18 17:11:03,53] [info] BackgroundConfigAsyncJobExecutionActor
[3e246147helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller:NA:1]: Status change from -
to WaitingForReturnCode
[2021-08-18 17:11:03,54] [info] Not triggering log of token queue status.
Effective log interval = None
[2021-08-18 17:11:23,65] [info] BackgroundConfigAsyncJobExecutionActor
[3e246147helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller:NA:1]: Status change from
WaitingForReturnCode to Done
[2021-08-18 17:11:25,04] [info] WorkflowExecutionActor-3e246147-b1a9-41dc-
8679-319f81b7701e [3e246147]: Workflow helloHaplotypeCaller complete.
Final Outputs:
{
    "helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller.rawVCF": "/mnt/genomics/cromwell-
executions/helloHaplotypeCaller/3e246147-b1a9-41dc-8679-319f81b7701e/call-
haplotypeCaller/execution/fatherbam.raw.indels.snps.vcf"
}
[2021-08-18 17:11:28,43] [info] WorkflowManagerActor: Workflow actor for
3e246147-b1a9-41dc-8679-319f81b7701e completed with status 'Succeeded'.
The workflow will be removed from the workflow store.
[2021-08-18 17:11:32,24] [info] SingleWorkflowRunnerActor workflow
finished with status 'Succeeded'.

```

```

{
  "outputs": {
    "helloHaplotypeCaller.haplotypeCaller.rawVCF":
"/mnt/genomics/cromwell-executions/helloHaplotypeCaller/3e246147-b1a9-
41dc-8679-319f81b7701e/call-
haplotypeCaller/execution/fatherbam.raw.indels.snps.vcf"
  },
  "id": "3e246147-b1a9-41dc-8679-319f81b7701e"
}
[2021-08-18 17:11:33,45] [info] Workflow polling stopped
[2021-08-18 17:11:33,46] [info] 0 workflows released by cromid-41b7e30
[2021-08-18 17:11:33,46] [info] Shutting down WorkflowStoreActor - Timeout
= 5 seconds
[2021-08-18 17:11:33,46] [info] Shutting down WorkflowLogCopyRouter -
Timeout = 5 seconds
[2021-08-18 17:11:33,46] [info] Shutting down JobExecutionTokenDispenser -
Timeout = 5 seconds
[2021-08-18 17:11:33,46] [info] Aborting all running workflows.
[2021-08-18 17:11:33,46] [info] JobExecutionTokenDispenser stopped
[2021-08-18 17:11:33,46] [info] WorkflowStoreActor stopped
[2021-08-18 17:11:33,47] [info] WorkflowLogCopyRouter stopped
[2021-08-18 17:11:33,47] [info] Shutting down WorkflowManagerActor -
Timeout = 3600 seconds
[2021-08-18 17:11:33,47] [info] WorkflowManagerActor: All workflows
finished
[2021-08-18 17:11:33,47] [info] WorkflowManagerActor stopped
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] Connection pools shut down
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] Shutting down SubWorkflowStoreActor -
Timeout = 1800 seconds
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] Shutting down JobStoreActor - Timeout =
1800 seconds
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] Shutting down CallCacheWriteActor -
Timeout = 1800 seconds
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] SubWorkflowStoreActor stopped
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] Shutting down ServiceRegistryActor -
Timeout = 1800 seconds
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] Shutting down DockerHashActor - Timeout =
1800 seconds
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] Shutting down IoProxy - Timeout = 1800
seconds
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] CallCacheWriteActor Shutting down: 0
queued messages to process
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] JobStoreActor stopped
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] CallCacheWriteActor stopped
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] KvWriteActor Shutting down: 0 queued
messages to process

```

```
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] IoProxy stopped
[2021-08-18 17:11:33,64] [info] WriteMetadataActor Shutting down: 0 queued
messages to process
[2021-08-18 17:11:33,65] [info] ServiceRegistryActor stopped
[2021-08-18 17:11:33,65] [info] DockerHashActor stopped
[2021-08-18 17:11:33,67] [info] Database closed
[2021-08-18 17:11:33,67] [info] Stream materializer shut down
[2021-08-18 17:11:33,67] [info] WDL HTTP import resolver closed
[root@genomics1 genomics]#
```

"下一步： GPU 设置。"

GPU 设置

"previous：使用 Cromwell 引擎执行 GATK 的输出。"

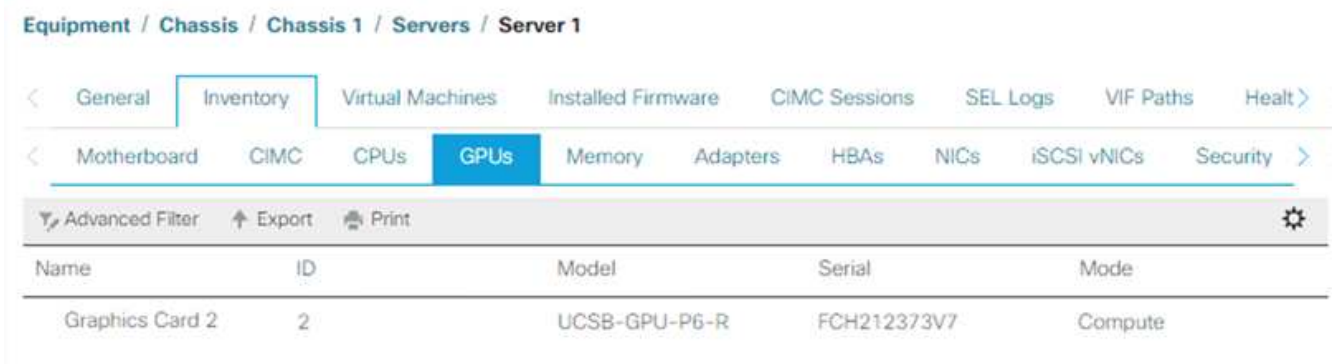
截至发布时，GATK 工具不支持在内部执行基于 GPU 的原生。我们提供了以下设置和指导，帮助读者了解使用 GATK PCIe 夹层卡在后部安装的 NVIDIA Tesla P6 GPU 上使用 FlexPod 的简单程度。

我们使用以下 Cisco 验证设计（Cisco Validated Design，CVD）作为参考架构和最佳实践指南来设置 FlexPod 环境，以便可以运行使用 GPU 的应用程序。

- ["适用于 AI/ML 的 FlexPod 数据中心与适用于深度学习的 Cisco UCS 480 ML"](#)

下面是此设置期间的一组要点：

1. 我们在 UCS B200 M5 服务器的夹层插槽中使用了 PCIe NVIDIA Tesla P6 GPU。



Equipment / Chassis / Chassis 1 / Servers / Server 1				
< General	Inventory	Virtual Machines	Installed Firmware	CIMC Sessions
< Motherboard	CIMC	CPUs	GPUs	Memory
Advanced Filter Export Print				
Name	ID	Model	Serial	Mode
Graphics Card 2	2	UCSB-GPU-P6-R	FCH212373V7	Compute

Equipment / Chassis / Chassis 1 / Servers / Server 2

< General **Inventory** Virtual Machines Installed Firmware CIMC Sessions SEL Logs VIF Paths Health >

< Motherboard CIMC CPUs **GPUs** Memory Adapters HBAs NICs iSCSI vNICs Security >

Advanced Filter Export Print

Name	ID	Model	Serial	Mode
Graphics Card 2	2	UCSB-GPU-P6-R	FCH212373Y1	Compute

2. 对于此设置，我们已在 NVIDIA 合作伙伴门户上注册，并获得了一个评估许可证（也称为授权），以便能够在计算模式下使用 GPU。
3. 我们从 NVIDIA 合作伙伴网站下载了所需的 NVIDIA vGPU 软件。
4. 我们从 NVIDIA 合作伙伴网站下载了授权 `\*.bin` 文件。
5. 我们安装了一个 NVIDIA vGPU 许可证服务器，并使用从 NVIDIA 合作伙伴站点下载的 `\*.bin` 文件将授权添加到许可证服务器。
6. 确保在 NVIDIA 合作伙伴门户上为您的部署选择正确的 NVIDIA vGPU 软件版本。在此设置中，我们使用的驱动程序版本为 460.73.02。
7. 此命令将安装 **"NVIDIA vGPU Manager"** 在 ESXi 中。

```
[root@localhost:~] esxcli software vib install -v
/vmfs/volumes/infra_datastore_nfs/nvidia/vib/NVIDIA_bootbank_NVIDIA-
VMware_ESXi_7.0_Host_Driver_460.73.02-1OEM.700.0.0.15525992.vib
Installation Result
Message: Operation finished successfully.
Reboot Required: false
VIBs Installed: NVIDIA_bootbank_NVIDIA-
VMware_ESXi_7.0_Host_Driver_460.73.02-1OEM.700.0.0.15525992
VIBs Removed:
VIBs Skipped:
```

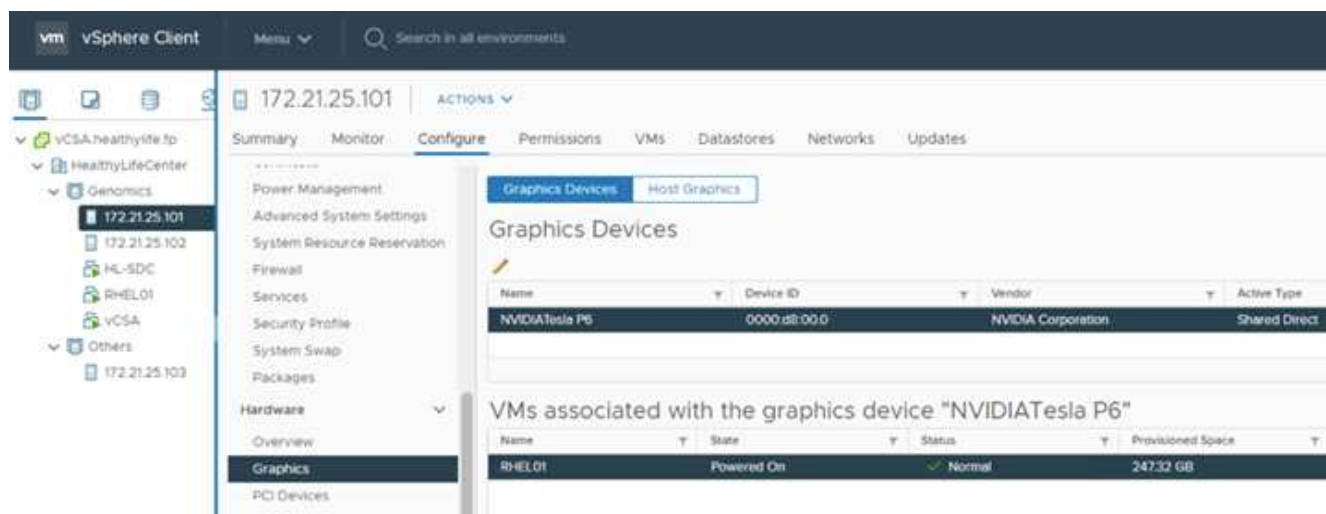
8. 重新启动 ESXi 服务器后，运行以下命令以验证 GPU 的安装并检查其运行状况。

```

[root@localhost:~] nvidia-smi
Wed Aug 18 21:37:19 2021
+-----+
+-----+
| NVIDIA-SMI 460.73.02      Driver Version: 460.73.02      CUDA Version: N/A
|
|-----+-----+
+-----+
| GPU  Name           Persistence-M| Bus-Id        Disp.A | Volatile
Uncorr. ECC |
| Fan  Temp  Perf  Pwr:Usage/Cap|      Memory-Usage | GPU-Util
Compute M. |
|
|
MIG M. |
|=====+=====+=====
=====|
|   0   Tesla P6             On   | 00000000:D8:00.0 Off |
0 |
| N/A    35C    P8      9W /  90W |  15208MiB / 15359MiB |      0%
Default |
|
|
N/A |
+-----+-----+
+-----+
+-----+
+-----+
+-----+
| Processes:
|
| GPU    GI    CI          PID    Type    Process name                  GPU
Memory |
|          ID    ID                                   Usage
|
|=====+=====+=====
=====|
|   0    N/A   N/A     2812553      C+G     RHEL01
15168MiB |
+-----+-----+
+-----+
[root@localhost:~]

```

9. 使用 vCenter ， "配置" 图形设备设置为 "shared direction" 。



10. 确保已为 RedHat VM 禁用安全启动。
11. 确保 VM 启动选项固件设置为 EFI （"ref"）。

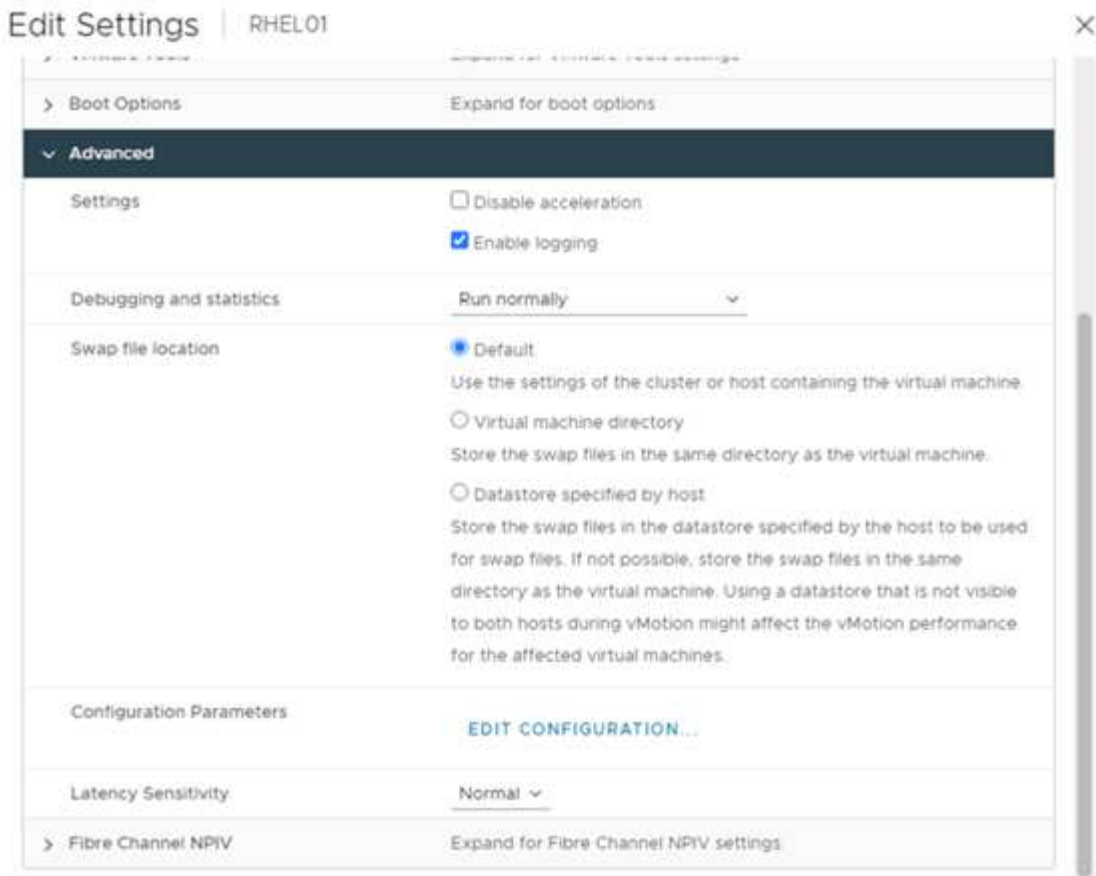
Edit Settings
RHEL01

Virtual Hardware
VM Options

> General Options	VM Name: RHEL01
> VMware Remote Console Options	☐ Lock the guest operating system when the last remote user disconnects
> Encryption	Expand for encryption settings
> Power management	Expand for power management settings
> VMware Tools	Expand for VMware Tools settings
> Boot Options	
Firmware	EFI (recommended) ▼
Secure Boot	☐ Enabled
Boot Delay	When powering on or resetting, delay boot order by 0 milliseconds
Force EFI setup	☐ During the next boot, force entry into the EFI setup screen
Failed Boot Recovery	☐ If the VM fails to find boot device, automatically retry after 10 seconds
> Advanced	Expand for advanced settings
> Fibre Channel NPIV	Expand for Fibre Channel NPIV settings

CANCEL
OK

12. 确保已将以下参数添加到 VM 选项高级编辑配置中。pciPassthru .64bitMMIOSizeGB 参数的值取决于 GPU 内存和分配给虚拟机的 GPU 数量。例如：
- a. 如果为虚拟机分配了 4 个 32 GB V100 GPU ，则此值应为 128 。
 - b. 如果为虚拟机分配了 4 个 16 GB P6 GPU ，则此值应为 64 。

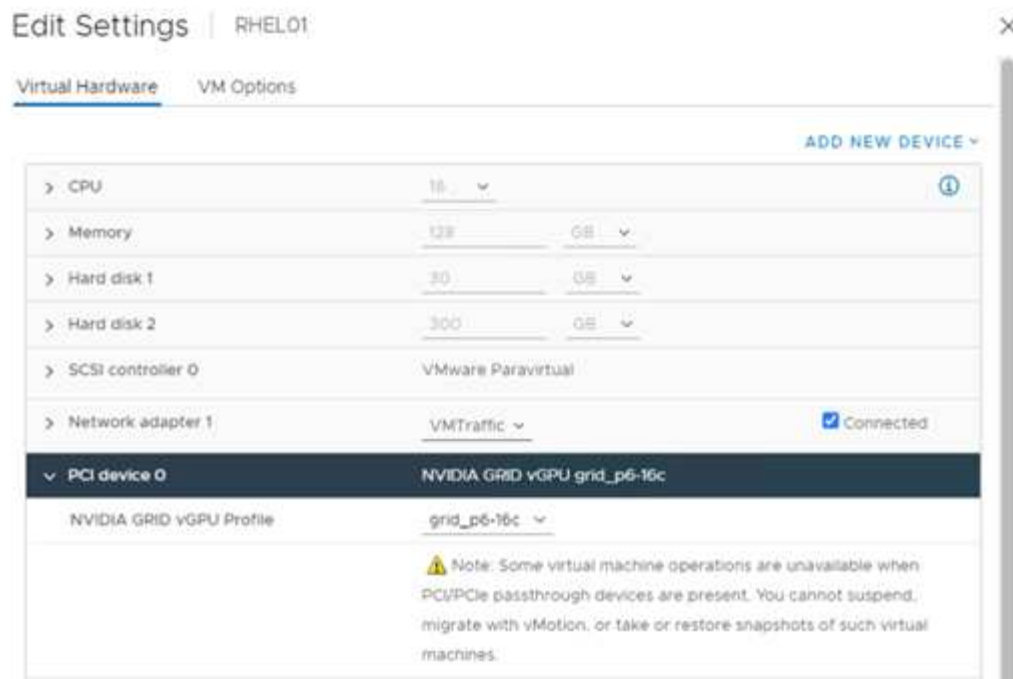


Configuration Parameters

Modify or add configuration parameters as needed for experimental features or as instructed by technical support. Empty values will be removed (supported on ESXi 6.0 and later).

Name	Value
pciPassthru.64bitMMIOSizeGB	64
pciPassthru.use64bitMMIO	TRUE

13. 在 vCenter 中将 vGPU 作为新的 PCI 设备添加到虚拟机时，请确保选择 NVIDIA GRID vGPU 作为 PCI 设备类型。
14. 选择适合所用 GPU ， GPU 内存和使用目的的正确 GPU 配置文件：例如，图形与计算。



15. 在 RedHat Linux VM 上，可以运行以下命令来安装 NVIDIA 驱动程序：

```
[root@genomics1 genomics]# sh NVIDIA-Linux-x86_64-460.73.01-grid.run
```

16. 运行以下命令，验证是否报告了正确的 vGPU 配置文件：

```
[root@genomics1 genomics]# nvidia-smi -query-gpu=gpu_name  
-format=csv,noheader -id=0 | sed -e 's/ /-/g'  
GRID-P6-16C  
[root@genomics1 genomics]#
```

17. 重新启动后，验证是否报告了正确的 NVIDIA vGPU 以及驱动程序版本。

```

[root@genomics1 genomics]# nvidia-smi
Wed Aug 18 20:30:56 2021
+-----+
+-----+
| NVIDIA-SMI 460.73.01      Driver Version: 460.73.01      CUDA Version:
11.2      |
|-----+-----+
+-----+
| GPU  Name           Persistence-M| Bus-Id        Disp.A | Volatile
Uncorr. ECC |
| Fan  Temp  Perf  Pwr:Usage/Cap|      Memory-Usage | GPU-Util
Compute M. |
|
MIG M. |
|=====+=====+=====
=====|
|   0  GRID P6-16C           On   | 00000000:02:02.0 Off |
N/A |
| N/A   N/A    P8    N/A /  N/A |   2205MiB / 16384MiB |      0%
Default |
|
N/A |
+-----+-----+
+-----+
+-----+
+-----+
+-----+
| Processes:
|
| GPU    GI    CI          PID    Type    Process name                  GPU
Memory |
|          ID    ID                                   Usage
|
|=====+=====+=====
=====|
|   0    N/A  N/A        8604      G    /usr/libexec/Xorg
13MiB |
+-----+-----+
+-----+
[root@genomics1 genomics]#

```

18. 确保已在 vGPU 网络配置文件中的 VM 上配置许可证服务器 IP。

a. 复制模板。

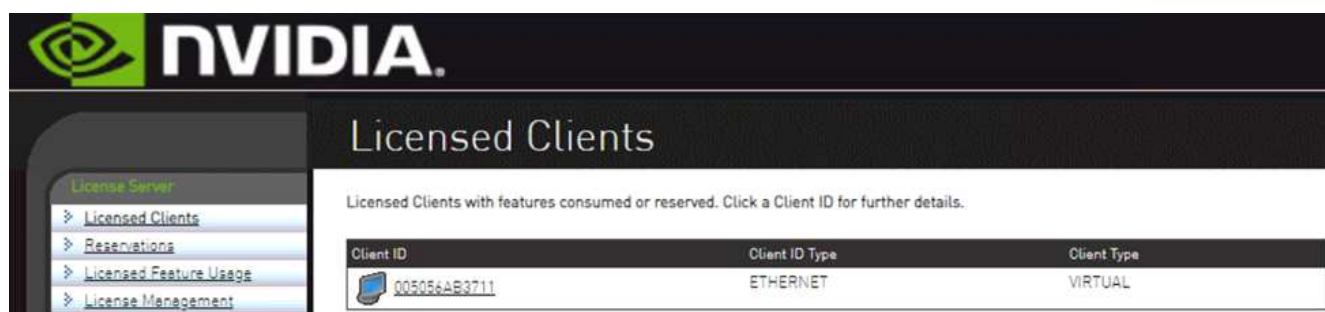
```
[root@genomics1 genomics]# cp /etc/nvidia/gridd.conf.template  
/etc/nvidia/gridd.conf
```

- b. 编辑文件 `/etc/nvidia/rid`，添加许可证服务器 IP 地址，并将功能类型设置为 1。

```
ServerAddress=192.168.169.10
```

```
FeatureType=1
```

19. 重新启动虚拟机后，您应在许可证服务器中的 " 已许可客户端 " 下看到一个条目，如下所示。



20. 有关下载 GATK 和 Cromwell 软件的详细信息，请参见 " 解决方案设置 " 一节。
21. 在 GATK 可以在内部使用 GPU 之后，工作流问题描述语言为 `\*`。WDL` 具有运行时属性，如下所示。

```

task ValidateBAM {
  input {
    # Command parameters
    File input_bam
    String output_basename
    String? validation_mode
    String gatk_path
    # Runtime parameters
    String docker
    Int machine_mem_gb = 4
    Int additional_disk_space_gb = 50
  }
  Int disk_size = ceil(size(input_bam, "GB")) + additional_disk_space_gb
  String output_name = "${output_basename}_${validation_mode}.txt"
  command {
    ${gatk_path} \
      ValidateSamFile \
      --INPUT ${input_bam} \
      --OUTPUT ${output_name} \
      --MODE ${default="SUMMARY" validation_mode}
  }
  runtime {
    gpuCount: 1
    gpuType: "nvidia-tesla-p6"
    docker: docker
    memory: machine_mem_gb + " GB"
    disks: "local-disk " + disk_size + " HDD"
  }
  output {
    File validation_report = "${output_name}"
  }
}

```

"接下来：总结。"

结论

"上一步：GPU 设置。"

全球许多医疗保健组织都将 FlexPod 作为一个通用平台进行了标准化。借助 FlexPod，您可以放心地部署医疗保健功能。采用 NetApp ONTAP 的 FlexPod 标配，能够即装即用，地实施一组行业领先的协议。无论对给定患者运行基因组学的请求来自何处，FlexPod 平台都标配了互操作性，可访问性，可用性和可扩展性。在 FlexPod 平台上实现标准化后，创新文化将具有传染性。

从何处查找追加信息

要了解有关本文档所述信息的更多信息，请查看以下文档和网站：

- 适用于 AI/ML 的 FlexPod 数据中心与适用于深度学习的 Cisco UCS 480 ML

["https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_480ml_aiml_deployement.pdf"](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_480ml_aiml_deployement.pdf)

- 采用 VMware vSphere 7.0 和 NetApp ONTAP 9.7 的 FlexPod Datacenter

["https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/fp_vmware_vsphere_7_0_ontap_9_7.html"](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/fp_vmware_vsphere_7_0_ontap_9_7.html)

- ONTAP 9 文档中心

["http://docs.netapp.com"](http://docs.netapp.com)

- 敏捷高效— FlexPod 如何推动数据中心现代化

["https://www.flexpod.com/idc-white-paper/"](https://www.flexpod.com/idc-white-paper/)

- 医疗保健领域的人工智能

["https://www.netapp.com/us/media/na-369.pdf"](https://www.netapp.com/us/media/na-369.pdf)

- FlexPod for HealthCare 可帮助您轻松实现转型

["https://flexpod.com/solutions/verticals/healthcare/"](https://flexpod.com/solutions/verticals/healthcare/)

- Cisco 和 NetApp 的 FlexPod

["https://flexpod.com/"](https://flexpod.com/)

- 适用于医疗保健的 AI 和分析（ NetApp ）

["https://www.netapp.com/us/artificial-intelligence/healthcare-ai-analytics/index.aspx"](https://www.netapp.com/us/artificial-intelligence/healthcare-ai-analytics/index.aspx)

- 医疗保健智能基础架构选择中的人工智能有助于取得更大成功

<https://www.netapp.com/pdf.html?item=/media/7410-wp-7314.pdf>

- 采用 ONTAP 9.8 的 FlexPod 数据中心，适用于 Cisco Intersight 的 ONTAP 存储连接器和 Cisco Intersight 托管模式。

<https://www.netapp.com/pdf.html?item=/media/25001-tr-4883.pdf>

- 采用 Red Hat Enterprise Linux OpenStack Platform 的 FlexPod Datacenter

["https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_openstack_osp6.html"](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_openstack_osp6.html)

版本历史记录

version	Date	文档版本历史记录
版本 1.0	2021年11月	初始版本。

《适用于 MEDITECH 的 FlexPod 方向性规模估算指南》

TR-4774：适用于 MEDITECH 定向规模估算的 FlexPod

Branon Agee， John Duignan， NetApp Mike Brennan， Jon Ebmeir， Cisco



与以下合作伙伴：

本报告为 MEDITECH EHR 应用程序软件环境的 FlexPod 规模估算提供了指导。

目的

可以部署 FlexPod 系统来托管 MEDITECH expanse， 6.x， 5.x 和 Magic 服务。托管 MEDITECH 应用程序层的 FlexPod 服务器为可靠的高性能基础架构提供了一个集成平台。FlexPod 集成平台由经验丰富的 FlexPod 渠道合作伙伴快速部署，并由 Cisco 和 NetApp 技术支持中心提供支持。

规模估算基于 MEDITECH 的硬件配置提案和 MEDITECH 任务文档中的信息。目标是确定计算，网络和存储基础架构组件的最佳大小。

。"Meditech 工作负载概述" 第节介绍了可在 MEDITECH 环境中找到的计算和存储工作负载类型。

。"小型，中型和大型架构的技术规格" 第节详细介绍了本节所述不同存储架构的示例材料清单。提供的配置仅供一般参考。请始终根据工作负载使用规模估算器调整系统的大小，并相应地调整配置。

解决方案的整体优势

在 FlexPod 架构基础上运行 MEDITECH 环境可以帮助医疗保健组织提高工作效率并降低资本和运营支出。FlexPod 提供了一个经过严格测试的预先验证的融合基础架构，该基础架构由 Cisco 和 NetApp 的战略合作伙伴关系提供。它经过专门设计和设计，可提供可预测的低延迟系统性能和高可用性。这种方法可以加快 MEDITECH EHR 系统用户的响应速度。

Cisco 和 NetApp 的 FlexPod 解决方案通过高性能，模块化，预先验证，融合，虚拟化，高效，可扩展且经济高效的平台。采用 MEDITECH 的 FlexPod 数据中心可为医疗保健行业带来以下优势：

- * 模块化架构 *。FlexPod 可通过针对每个特定工作负载的自定义 FlexPod 系统来满足 MEDITECH 模块化架构的各种需求。所有组件均通过集群模式服务器和存储管理网络结构进行连接，并使用一个统一的管理工具集。
- * 简化操作并降低成本 *。您可以通过使用更高效，可扩展的共享资源来取代原有平台，从而消除原有平台的成本和复杂性，无论临床医生身在何处，均可为其提供支持。此解决方案可提高资源利用率，从而提高投资回报率（ROI）。
- * 加快基础架构部署 *。FlexPod 数据中心与 MEDITECH 的集成设计使客户可以快速轻松地现场和远程数据中心启动和运行新的基础架构。

- * 横向扩展架构 *。您可以将 SAN 和 NAS 从 TB 扩展到数十 PB，而无需重新配置正在运行的应用程序。
- * 无中断运行 *。您可以在不中断业务的情况下执行存储维护，硬件生命周期操作和软件升级。
- * 安全多租户 *。此优势可满足日益增长的虚拟化服务器和共享存储基础架构需求，从而可以安全地多租户处理特定于设施的信息。如果您要托管多个数据库和软件实例，则此优势非常重要。
- * 池化资源优化 *。这一优势有助于减少物理服务器和存储控制器数量，平衡工作负载需求，提高利用率并同时提高性能。
- * 服务质量（QoS）。* FlexPod 可在整个堆栈上提供服务质量（QoS）。行业领先的 QoS 存储策略可在共享环境中提供不同的服务级别。这些策略可以为工作负载提供最佳性能，并有助于隔离和控制失控的应用程序。
- * 存储效率 *。您可以利用 NetApp 7：1 存储效率降低存储成本。
- * 灵活性 *。FlexPod 系统提供行业领先的工作流自动化，编排和管理工具，可以使 IT 更快速地响应业务请求。这些业务请求包括从 MEDITECH 备份和配置更多测试和培训环境到为人口健康管理计划复制分析数据库等。
- * 工作效率 *。您可以快速部署和扩展此解决方案，以获得最佳临床医生最终用户体验。
- * 数据网络结构 *。NetApp Data Fabric 架构可以跨站点，跨物理边界和跨应用程序将数据集于一体。NetApp Data Fabric 专为以数据为中心的世界中的数据驱动型企业而构建。数据在多个位置创建和使用，通常与应用程序和基础架构共享。Data Fabric 提供了一种一致且集成的数据管理方式。它还可以让 IT 更好地控制数据，并简化日益增加的 IT 复杂性。

范围

本文档介绍了使用 Cisco UCS 和基于 NetApp ONTAP 的存储的环境。它提供了用于托管 MEDITECH 的示例参考架构。

它不包括：

- 使用 NetApp System Performance Modeler（SPM）或其他 NetApp 规模估算工具提供详细的规模估算指南。
- 针对非生产工作负载进行规模估算。

audience

本文档面向 NetApp 和合作伙伴系统工程师以及 NetApp 专业服务人员。NetApp 假定读者已很好地了解计算和存储规模估算概念，并在技术上熟悉 Cisco UCS 和 NetApp 存储系统。

相关文档

以下技术报告和其他文档与本技术报告相关，并构成在 FlexPod 基础架构上对 MEDITECH 进行规模估算，设计和部署所需的一整套文档。

- ["TR-4753：《适用于 MEDITECH 的 FlexPod 数据中心部署指南》"](#)
- ["TR-4190：《适用于 MEDITECH 环境的 NetApp 规模估算准则》"](#)
- ["TR-4319：《适用于 MEDITECH 环境的 NetApp 部署准则》"](#)



要访问其中某些报告，需要 NetApp Field Portal 的登录凭据。

Meditech 工作负载概述

本节介绍在 MEDITECH 环境中可能会发现的计算和存储工作负载类型。

Meditech 和备份工作负载

在为 MEDITECH 环境估算 NetApp 存储系统的规模时，您必须同时考虑 MEDITECH 生产工作负载和备份工作负载。

MEDITECH 主机
MEDITECH 主机是数据库服务器。此主机也称为 MEDITECH 文件服务器（对于 expanse ， 6.x 或 C/S 5.x 平台）或魔力机器（对于魔力平台）。本文档使用术语 MEDITECH 主机来指代 MEDITECH 文件服务器和魔力机器。

以下各节将介绍这两个工作负载的 I/O 特征和性能要求。

Meditech 工作负载

在 MEDITECH 环境中，运行 MEDITECH 软件的多个服务器作为一个称为 MEDITECH 系统的集成系统执行各种任务。有关 MEDITECH 系统的详细信息，请参见 MEDITECH 文档：

- 对于生产型 MEDITECH 环境，请参阅相应的 MEDITECH 文档，以确定在调整 NetApp 存储系统规模时必须包含的 MEDITECH 主机数量和存储容量。
- 对于新的 MEDITECH 环境，请参阅硬件配置提案文档。对于现有的 MEDITECH 环境，请参阅硬件评估任务文档。硬件评估任务与 MEDITECH 服务单关联。客户可以向 MEDITECH 申请上述任一文档。

您可以通过添加主机来扩展 MEDITECH 系统，以提高容量和性能。每个主机都需要存储容量来存储其数据库和应用程序文件。每个 MEDITECH 主机可用的存储还必须支持该主机生成的 I/O 。在 MEDITECH 环境中，每个主机都有一个 LUN ，以满足该主机的数据库和应用程序存储要求。您部署的 MEDITECH 类别类型和平台类型决定了每个 MEDITECH 主机的工作负载特征，因此也决定了整个系统的工作负载特征。

MEDITECH 类别

Meditech 会将部署规模与 1 到 6 之间的类别编号关联起来。类别 1 表示最小的 MEDITECH 部署；类别 6 表示最大的部署。与每个类别关联的 MEDITECH 应用程序规范示例包括以下指标：

- 医院床位数
- 每年住院患者数
- 每年门诊患者
- 每年的紧急房间访问量
- 每年的考试
- 每天为患者开处方
- 每天提供门诊处方

有关 MEDITECH 类别的详细信息，请参见 MEDITECH 类别参考表。您可以通过客户或通过 MEDITECH 系统安装程序从 MEDITECH 获取此表。

Meditech 平台

Meditech 有四个平台：

- 贵
- Meditech 6.x
- 客户端 / 服务器 5.x （ C/S 5.x ）
- 魔力

对于 MEDITECH expanse ， 6.x 和 C/S 5.x 平台，每个主机的 I/O 特征均定义为 100% 随机，请求大小为 4 ， 000 。对于 MEDITECH 魔力平台，每台主机的 I/O 特征均定义为 100% 随机，请求大小为 8 ， 000 或 16 ， 000 。据 MEDITECH 报告，典型的魔力生产部署的请求大小为 8 ， 000 或 16 ， 000 。

读取和写入比率因部署的平台而异。Meditech 会估算读写的平均混合比例，然后将其表示为百分比。Meditech 还会估算特定 MEDITECH 平台上的每个 MEDITECH 主机所需的平均持续 IOPS 值。下表总结了 MEDITECH 提供的平台专用 I/O 特征。

MEDITECH 类别	Meditech 平台	平均随机读取 %	平均随机写入 %	每个 MEDITECH 主机的平均持续 IOPS
1.	expanse ， 6.x	20	80	750
2-6	贵	20	80	750
	6.x	20	80	750
	C/S 5.x	40	60	600
	魔力	90	10	400

在 MEDITECH 系统中，每个主机的平均 IOPS 级别必须等于上表中定义的 IOPS 值。要根据每个平台确定正确的存储规模估算，请在中所述的规模估算方法中使用上表中指定的 IOPS 值 "[小型，中型和大型架构的技术规格](#)" 部分。

Meditech 要求每台主机的平均随机写入延迟保持在 1 毫秒以下。但是，在备份和重新分配作业期间，写入延迟临时增加到 2 毫秒是可以接受的。Meditech 还要求 1 类主机的平均随机读取延迟低于 7 毫秒，2 类主机的平均随机读取延迟低于 5 毫秒。无论使用哪种 MEDITECH 平台，这些延迟要求都适用于每个主机。

下表总结了在为 MEDITECH 工作负载估算 NetApp 存储规模时必须考虑的 I/O 特征。

参数	MEDITECH 类别	贵	Meditech 6.x	C/S 5.x	魔力
请求大小	1 至 6	4k	4k	4k	8 K 或 16 K
随机 / 顺序		100% 随机	100% 随机	100% 随机	100% 随机
平均持续 IOPS	1.	750	750	不适用	不适用
	2-6	750	750	600	400
读 / 写比率	1 至 6	20% 读取， 80% 写入	20% 读取， 80% 写入	读取率为 40% ， 写入率为 60%	读取率为 90% ， 写入率为 10%
写入延迟		小于 1 毫秒	小于 1 毫秒	小于 1 毫秒	小于 1 毫秒

参数	MEDITECH 类别	贵	Meditech 6.x	C/S 5.x	魔力
临时峰值写入延迟	1 至 6	小于 2 毫秒	小于 2 毫秒	小于 2 毫秒	小于 2 毫秒
读取延迟	1.	< 7 毫秒	< 7 毫秒	不适用	不适用
	2-6	小于 5 毫秒	小于 5 毫秒	小于 5 毫秒	小于 5 毫秒



3 到 6 类的 Meditech 主机与 2 类具有相同的 I/O 特征。对于 MEDITECH 类别 2 到 6，在每个类别中部署的主机数量会有所不同。

NetApp 存储系统的大小应满足前面几节所述的性能要求。除了 MEDITECH 生产工作负载之外，NetApp 存储系统还必须能够在备份操作期间保持这些 MEDITECH 性能目标，如下一节所述。

备份工作负载问题描述

经过 Meditech 认证的备份软件可备份由 MEDITECH 系统中的每个 MEDITECH 主机使用的 LUN。要使备份处于应用程序一致的状态，备份软件将暂停 MEDITECH 系统并暂停对磁盘的 I/O 请求。在系统处于静默状态时，备份软件会向 NetApp 存储系统发出一条命令，为包含 LUN 的卷创建 NetApp Snapshot 副本。备份软件稍后会使用 MEDITECH 系统退出静默状态，从而可以继续向数据库发出生产 I/O 请求。该软件将基于 Snapshot 副本创建 NetApp FlexClone 卷。此卷由备份源使用，而生产 I/O 请求则继续在托管 LUN 的父卷上发出。

备份软件生成的工作负载来自对 FlexClone 卷中 LUN 的顺序读取。此工作负载是指请求大小为 64,000 的 100% 顺序读取工作负载。对于 MEDITECH 生产工作负载，性能标准是保持所需的 IOPS 以及相关的读 / 写延迟级别。但是，对于备份工作负载，需要注意备份操作期间生成的整体数据吞吐量（MBps）。Meditech LUN 备份需要在八小时的备份时间内完成，但 NetApp 建议在六小时或更短的时间内完成所有 MEDITECH LUN 的备份。如果要在不到六小时的时间内完成备份，则可以减少 MEDITECH 工作负载计划外增加，NetApp ONTAP 后台操作或数据随时间增长等事件的影响。任何此类事件都可能会导致备份时间过长。无论存储的应用程序数据量如何，备份软件都会为每个 MEDITECH 主机对整个 LUN 执行完整的块级备份。

根据其他相关因素，计算完成此窗口中的备份所需的顺序读取吞吐量：

- 所需的备份持续时间
- LUN 的数量
- 要备份的每个 LUN 的大小

例如，在一个 50 主机的 MEDITECH 环境中，每个主机的 LUN 大小为 200 GB，在此环境中，要备份的 LUN 总容量为 10 TB。

要在八小时内备份 10 TB 的数据，需要以下吞吐量：

- = $(10 \times 10^6) \text{ MB} (8 \times 3,600) \text{ s}$
- = 347.2 MBps

但是，为了考虑计划外事件，我们会选择一个 5.5 小时的保守备份窗口，以提供超过建议的 6 小时的余量。

要在八小时内备份 10 TB 的数据，需要以下吞吐量：

- = $(10 \times 10^6) \text{ MB} (5.5 \times 3,600) \text{ s}$
- = 500 Mbps

以 500 Mbps 的吞吐量速率，备份可以在 5.5 小时的时间范围内完成，并且可以在 8 小时的备份要求范围内轻松完成。

下表总结了在估算存储系统规模时要使用的备份工作负载的 I/O 特征。

参数	所有平台
请求大小	64K
随机 / 顺序	100% 顺序
读 / 写比率	100% 读取
平均吞吐量	取决于 MEDITECH 主机的数量和每个 LUN 的大小： 备份必须在 8 小时内完成。
所需的备份持续时间	8 小时

适用于 **MEDITECH** 的 **Cisco UCS** 参考架构

基于 FlexPod 的 MEDITECH 的架构基于 MEDITECH，Cisco 和 NetApp 的指导以及合作伙伴在与各种规模的 MEDITECH 客户合作方面的经验。该架构具有适应性，并会根据客户的数据中心战略应用 MEDITECH 的最佳实践：无论是小型还是大型，集中式，分布式还是多租户。

在部署 MEDITECH 时，Cisco 设计的 Cisco UCS 参考架构直接符合 MEDITECH 的最佳实践。Cisco UCS 提供紧密集成的解决方案，可提供高性能，高可用性，可靠性和可扩展性，支持医生诊疗以及配备数千张床位的医院系统。

小型，中型和大型架构的技术规格

本节将讨论不同大小的存储架构的示例材料清单。

小型，中型和大型架构的材料清单。

FlexPod 设计是一种灵活的基础架构，包含许多不同的组件和软件版本。使用 ... ["TR-4036： FlexPod 技术规格"](#) 作为汇编有效 FlexPod 配置的指南。下表中的配置是 FlexPod 的最低要求，只是一个示例。可以根据不同环境和使用情形的需要扩展每个产品系列的配置。

对于此规模估算练习，"小型" 对应于 3 类 MEDITECH 环境，"中型" 对应于 5 类，"大型" 对应于 6 类。

	小型	中等	大型
平台	一个 NetApp AFF A220 全闪存存储系统 HA 对	一个 NetApp AFF A220 HA 对	一个 NetApp AFF A300 全闪存存储系统 HA 对
磁盘架	9 TB x 3.8 TB	13 TB x 3.8 TB	19 TB x 3.8 TB
Meditech 数据库大小	3TB-12 TB	17 TB	大于 30 TB
Meditech IOPS	少于 22 ， 000 IOPS	超过 25 ， 000 IOPS	超过 32 ， 000 个 IOPS
总 IOPS	2000 年	27000	35000
原始	34.2 TB	49.4TB	68.4TB
可用容量	18.53 TiB	27.96 TiB	33.82 TiB

	小型	中等	大型
有效容量（2：1 存储效率）	55.6 TiB	83.89 TiB	101.47 TiB



某些客户环境可能会同时运行多个 MEDITECH 生产工作负载，或者 IOPS 要求可能更高。在这种情况下，请与 NetApp 客户团队合作，根据所需的 IOPS 和容量对存储系统进行规模估算。您应该能够确定适合工作负载的平台。例如，有些客户成功地在 NetApp AFF A700 全闪存存储系统 HA 对上运行了多个 MEDITECH 环境。

下表显示了 MEDITECH 配置所需的标准软件。

软件	产品系列	版本或版本	详细信息
存储	ONTAP	ONTAP 9.4 常规可用性（GA）	
网络	Cisco UCS 互联阵列	Cisco UCSM 4.x	当前建议版本
	Cisco Nexus 以太网交换机	7.0（3） i7（6）	当前建议版本
	Cisco FC：Cisco MDS 9132T	8.3（2）	当前建议版本
虚拟机管理程序	虚拟机管理程序	VMware vSphere ESXi 6.7	
	虚拟机（VM）	Windows 2016	
管理	虚拟机管理程序管理系统	VMware vCenter Server 6.7 U1（VCSA）	
	NetApp 虚拟存储控制台（VSC）	VSC 7.0P1	
	NetApp SnapCenter	SnapCenter 4.0	
	Cisco UCS Manager	4.x	

下表显示了一个小型（第 3 类）配置示例—基础架构组件。

层	产品系列	数量和型号	详细信息
计算	Cisco UCS 5108 机箱	1.	最多支持八个半宽刀片式服务器或四个全宽刀片式服务器。随着服务器需求的增长，请添加机箱。
	Cisco 机箱 I/O 模块	2 x 2208	8 GB x 10 GB 上行链路端口
	Cisco UCS 刀片式服务器	4 个 B200 M5	每个系统具有 2 个 14 核，2.6 GHz 或更高时钟速度以及 384 GB BIOS 3.2 （3#）
	Cisco UCS 虚拟接口卡	4 个 UCS 1440	VMware ESXi fNIC FC 驱动程序： 1.6.0.47 VMware ESXi eNIC 以太网驱动程序： 1.0.27.0 （请参见互操作性表：
	2 个 Cisco UCS 互联阵列（FI）	2 个 UCS 6454 FI	第四代互联阵列，支持 10/25/100GB 以太网和 32 Gb FC
网络	Cisco 以太网交换机	2 个 Nexus 9336c-x2	1 GB ， 10 GB ， 25 GB ， 40 GB ， 100 GB
存储网络	用于 BLOB 存储的 IP 网络 Nexus 9k		FI 和 UCS 机箱
	FC ： Cisco MDS 9132T		两台 Cisco 9132T 交换机
存储	NetApp AFF A300 全闪存存储系统	1 个 HA 对	适用于所有 MEDITECH 工作负载的双节点集群（文件服务器，映像服务器，SQL Server ， VMware 等）
	DS224C 磁盘架	1 个 DS224C 磁盘架	
	固态驱动器（SSD）	9 个 3.8 TB	

下表显示了中型（5 类）配置示例—基础架构组件

层	产品系列	数量和型号	详细信息
计算	Cisco UCS 5108 机箱	1.	最多支持八个半宽刀片式服务器或四个全宽刀片式服务器。随着服务器需求的增长，请添加机箱。
	Cisco 机箱 I/O 模块	2 x 2208	8 GB x 10 GB 上行链路端口
	Cisco UCS 刀片式服务器	6 个 B200 M5	每个系统具有 2 个 16 核，2.5 GHz/ 或更高时钟速度以及 384 GB 或更多内存 BIOS 3.2 （3#）
	Cisco UCS 虚拟接口卡（VIC）	6 个 UCS 1440 VIC	VMware ESXi fNIC FC 驱动程序： 1.6.0.47 VMware ESXi eNIC 以太网驱动程序： 1.0.27.0 （请参见互操作性表：）
	2 个 Cisco UCS 互联阵列（FI）	2 个 UCS 6454 FI	第四代互联阵列，支持 10 GB/25 GB/100 GB 以太网和 32 Gb FC
网络	Cisco 以太网交换机	2 个 Nexus 9336c-x2	1 GB ， 10 GB ， 25 GB ， 40 GB ， 100 GB
存储网络	用于 BLOB 存储的 IP 网络 Nexus 9k		
	FC： Cisco MDS 9132T		两台 Cisco 9132T 交换机
存储	NetApp AFF A220 全闪存存储系统	2 个 HA 对	适用于所有 MEDITECH 工作负载的双节点集群（文件服务器，映像服务器，SQL Server ， VMware 等）
	DS224C 磁盘架	1 个 DS224C 磁盘架	
	SSD	13 个 3.8 TB	

下表显示了一个大型（第 6 类）配置示例—基础架构组件。

层	产品系列	数量和型号	详细信息
计算	Cisco UCS 5108 机箱	1.	
	Cisco 机箱 I/O 模块	2 x 2208	8 个 10 GB 上行链路端口
	Cisco UCS 刀片式服务器	8 个 B200 M5	每个模块具有 2 个 24 核，2.7 GHz 和 768 GB BIOS 3.2 (3#)
	Cisco UCS 虚拟接口卡 (VIC)	8 个 UCS 1440 VIC	VMware ESXi fNIC FC 驱动程序: 1.6.0.47 VMware ESXi eNIC 以太网驱动程序: 1.0.27.0 (请查看互操作性表:
	2 个 Cisco UCS 互联阵列 (FI)	2 个 UCS 6454 FI	第四代互联阵列, 支持 10 GB/25 GB/100 GB 以太网和 32 Gb FC
网络	Cisco 以太网交换机	2 个 Nexus 9336c-x2	2 个 Cisco Nexus 9332PQ1, 10 GB, 25 GB, 40 GB, 100 GB
存储网络	用于 BLOB 存储的 IP 网络 N9k		
	FC: Cisco MDS 9132T		两台 Cisco 9132T 交换机
存储	AFF A300	1 个 HA 对	适用于所有 MEDITECH 工作负载的双节点集群 (文件服务器, 映像服务器, SQL Server, VMware 等)
	DS224C 磁盘架	1 个 DS224C 磁盘架	
	SSD	19 个 3.8 TB	



这些配置为规模估算指导提供了一个起点。某些客户环境可能会同时运行多个 MEDITECH 生产工作负载和非 MEDITECH 工作负载, 或者它们的 IOP 要求可能更高。您应与 NetApp 客户团队合作, 根据所需的 IOPS, 工作负载和容量来估算存储系统的规模, 以确定适合为工作负载提供服务的平台。

追加信息

要了解有关本文档所述信息的更多信息, 请参见以下文档或网站:

- 采用 FC Cisco 验证设计的 FlexPod 数据中心。

["https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_esxi65u1_n9fc.html"](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_esxi65u1_n9fc.html)

- 《适用于 MEDITECH 环境的 NetApp 部署准则》。

["https://fieldportal.netapp.com/content/248456"](https://fieldportal.netapp.com/content/248456) (需要 NetApp 登录)

- 《适用于 MEDITECH 环境的 NetApp 规模估算准则》。

["www.netapp.com/us/media/tr-4190.pdf"](http://www.netapp.com/us/media/tr-4190.pdf)

- 适用于 Epic EHR 部署的 FlexPod 数据中心

["www.netapp.com/us/media/tr-4693.pdf"](http://www.netapp.com/us/media/tr-4693.pdf)

- FlexPod 设计区域

["https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/design-zone/data-center-design-guides/flexpod-design-guides.html"](https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/design-zone/data-center-design-guides/flexpod-design-guides.html)

- 使用 NetApp AFF ， vSphere 6.5U1 和 Cisco UCS Manager 的具有 FC 存储（ MDS 交换机）的 FlexPod DC

["https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_esxi65u1_n9fc.html"](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_esxi65u1_n9fc.html)

- Cisco 医疗保健

<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/industries/healthcare.html?dtid=ossdc000283>

致谢

以下人员为本指南的编写和创建做出了贡献。

- NetApp 技术营销工程师布兰登·阿吉
- NetApp 医疗保健部门解决方案架构师 John Duignan
- NetApp 产品经理 Ketan Mota
- Cisco Systems ， Inc 技术解决方案架构师 Jon Ebmeier
- Cisco Systems ， Inc 产品经理 Mike Brennan

《适用于 MEDITECH 的 FlexPod 数据中心部署指南》

TR-4753 ： 《适用于 MEDITECH 的 FlexPod 数据中心部署指南》

NetApp 公司的 Brandon Agee ， John Duignan ， Mike Brennan 和 Cisco 公司的 Jon Ebmeier



与以下合作伙伴：

解决方案的整体优势

通过在 FlexPod 架构基础上运行 MEDITECH 环境，您的医疗保健组织有望提高员工工作效率，并减少资本和运营支出。适用于 MEDITECH 的 FlexPod 数据中心提供了医疗保健行业特有的多项优势，包括：

- * 简化操作并降低成本。 * 通过使用更高效且可扩展的共享资源来取代原有平台，从而消除原有平台的成本和复杂性，从而为临床医生提供支持，无论这些平台位于何处。此解决方案可提高资源利用率，从而提高投资回报率（ROI）。

- * 加快基础架构部署速度。* 无论是现有数据中心还是远程位置，借助经过测试的集成 FlexPod 数据中心设计，您可以在更短的时间内完成新基础架构的启动和运行，而无需费力。
- * 认证存储。* 采用 MEDITECH 的 NetApp ONTAP 数据管理软件可为您提供经过测试和认证的存储供应商所具有的卓越可靠性。Meditech 不会对其他基础架构组件进行认证。
- * 横向扩展架构。* 无需重新配置正在运行的应用程序，即可将 SAN 和 NAS 从 TB 扩展到数十 PB。
- * 无中断运行。* 在不中断业务的情况下执行存储维护，硬件生命周期操作和 FlexPod 升级。
- * 安全多租户。* 支持日益增长的虚拟化服务器和存储共享基础架构需求，支持对设施特定信息进行安全多租户，尤其是在您的系统托管多个数据库和软件实例时。
- * 池化资源优化。* 有助于减少物理服务器和存储控制器数量，负载均衡工作负载需求并提高利用率，同时提高性能。
- * 服务质量（QoS）。* FlexPod 可在整个堆栈上提供 QoS。行业领先的 QoS 网络，计算和存储策略可在共享环境中实现不同的服务级别。这些策略可以为工作负载提供最佳性能，并有助于隔离和控制失控的应用程序。
- * 存储效率*使用降低存储成本 "[NetApp 7：1 存储效率担保](#)"。
- * 灵活性。* 借助 FlexPod 系统提供的行业领先的工作流自动化，流程编排和管理工具，您的 IT 团队可以更快速地响应业务请求。这些业务请求包括从 MEDITECH 备份和配置更多测试和培训环境到为人口健康管理计划复制分析数据库等。
- * 提高了工作效率。* 快速部署和扩展此解决方案，以获得最佳临床医生最终用户体验。
- * NetApp Data Fabric。* NetApp Data Fabric 架构可以跨站点，跨物理边界和跨应用程序将数据集于一体。NetApp Data Fabric 专为以数据为中心的世界中的数据驱动型企业而构建。数据是在多个位置创建和使用的，通常您需要利用并与其他位置，应用程序和基础架构共享数据。您需要一种一致且集成的数据管理方式。Data Fabric 提供了一种数据管理方式，可以控制数据并简化日益增加的 IT 复杂性。

FlexPod

适用于 **MEDITECH EHR** 的新基础架构方法

像您这样的医疗保健提供商组织仍然面临着最大程度地从行业领先的 MEDITECH 电子健康记录（Electronic Health records，EHR）的大量投资中获益的压力。对于任务关键型应用程序，客户在为 MEDITECH 解决方案设计数据中心时，通常会为其数据中心架构确定以下目标：

- MEDITECH 应用程序的高可用性
- 高性能
- 在数据中心轻松实施 MEDITECH
- 灵活性和可扩展性，支持通过新的 MEDITECH 版本或应用程序实现增长
- 成本效益
- 与 MEDITECH 指南和目标平台保持一致
- 易管理性，稳定性和易支持性
- 强大的数据保护，备份，恢复和业务连续性

随着 MEDITECH 用户不断发展，成为负责的医疗保健组织，并根据捆绑式强化报销模式进行调整，在以更高效，更灵活的 IT 交付模式交付所需的 MEDITECH 基础架构时，面临的挑战就会越来越大。

由于提供可预测的低延迟系统性能和高可用性的总体要求，MEDITECH 对其客户的硬件要求具有规范性。

FlexPod 是一款经过预先验证，经过严格测试的融合基础架构，由 Cisco 和 NetApp 的战略合作伙伴合作打造。它经过专门设计和设计，可提供可预测的低延迟系统性能和高可用性。这种方法可确保 MEDITECH 合规，并最终为 MEDITECH 系统的用户提供最佳响应时间。

Cisco 和 NetApp 推出的 FlexPod 解决方案采用高性能，模块化，预先验证，融合，虚拟化，高效，可扩展且经济高效的平台。它提供：

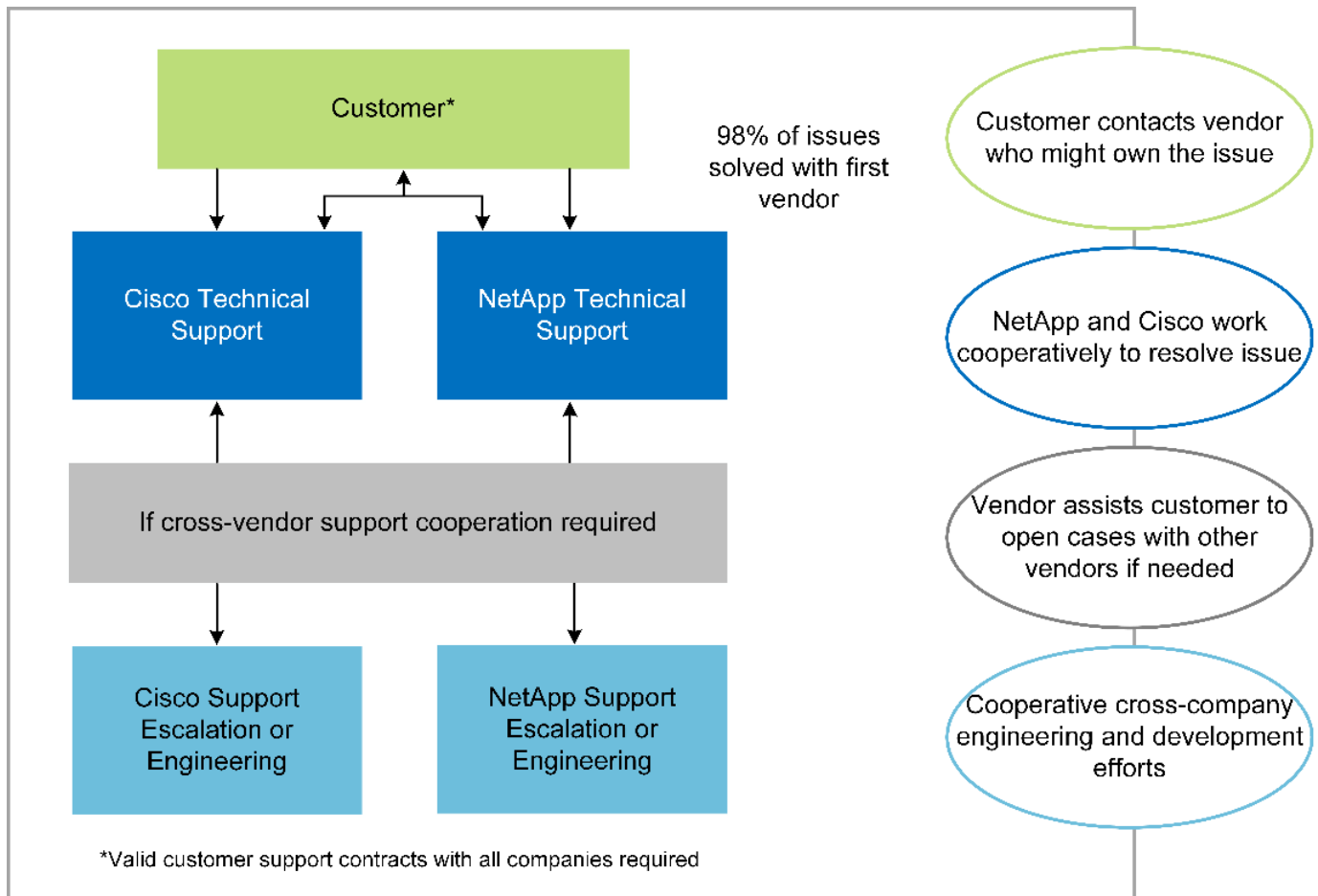
- * 模块化架构。* FlexPod 可通过针对每个特定工作负载专门配置的 FlexPod 平台来满足 MEDITECH 模块化架构的各种需求。所有组件均通过集群服务器，存储管理网络结构和一个统一的管理工具集进行连接。
- * 融合堆栈各级均采用行业领先的技术。* Cisco，NetApp，VMware 和 Microsoft Windows 在服务器，网络，存储和操作系统的各个类别中均被行业分析师评为第一或第二。
- * 利用标准化，灵活的 IT 保护投资。* FlexPod 参考架构可预测新产品版本和更新，并持续进行严格的互操作性测试，以适应未来技术的推出。
- * 在广泛的环境中进行成熟的部署。* FlexPod 已通过广泛的虚拟机管理程序，操作系统，应用程序和基础架构软件的预先测试和联合验证，安装在多个 MEDITECH 客户组织中。

经验证的 FlexPod 架构和合作支持

FlexPod 是一款经验证的数据中心解决方案，可提供灵活的共享基础架构，可轻松扩展以满足不断增长的工作负载需求，而不会对性能产生负面影响。通过利用 FlexPod 架构，此解决方案可提供 FlexPod 的全部优势，包括：

- * 性能可满足 MEDITECH 工作负载要求。* 根据您的 MEDITECH 硬件配置提案要求，可以部署不同的 ONTAP 平台来满足您所需的 I/O 和延迟要求。
- * 可扩展性可轻松适应临床数据增长。* 可按需动态扩展虚拟机（VM），服务器和存储容量，而不受传统限制。
- * 提高了效率。* 借助融合虚拟化基础架构缩短管理时间并降低 TCO，这种基础架构更易于管理，更高效地存储数据，同时利用 MEDITECH 软件提高性能。
- * 降低风险。* 利用基于定义的架构构建的预先验证的平台，最大程度地减少业务中断，消除部署猜测并适应持续的工作负载优化。
- * FlexPod 合作支持。* NetApp 和 Cisco 建立了合作支持，这是一种强大，可扩展且灵活的支持模式，可满足 FlexPod 融合基础架构的独特支持要求。此模式结合了 NetApp 和 Cisco 的经验，资源和技术支持专业知识，可简化识别和解决 FlexPod 支持问题描述的流程，而无论问题位于何处。借助 FlexPod 合作支持模式，您的 FlexPod 系统可以高效运行并受益于最新技术，您还可以与经验丰富的团队合作，帮助您解决集成问题。

对于在 FlexPod 融合基础架构上运行业务关键型应用程序（例如 MEDITECH）的医疗保健组织来说，FlexPod 合作支持尤其重要。下图显示了 FlexPod 合作支持模式。



除了这些优势之外，采用 MEDITECH 解决方案的 FlexPod 数据中心堆栈的每个组件还为 MEDITECH EHR 工作流提供了特定优势。

Cisco Unified Computing System

Cisco Unified Computing System (Cisco UCS) 是一个自我集成的自我感知系统，由一个管理域组成，该管理域与统一 I/O 基础架构互连。为了使基础架构能够提供最可用的关键患者信息，适用于 MEDITECH 环境的 Cisco UCS 已与 MEDITECH 基础架构建议和最佳实践保持一致。

基于 Cisco UCS 架构的 MEDITECH 的基础是 Cisco UCS 技术，它具有集成的系统管理，Intel Xeon 处理器和服务器虚拟化功能。这些集成技术可解决数据中心挑战，并帮助您实现 MEDITECH 数据中心设计的目标。Cisco UCS 将 LAN，SAN 和系统管理统一为一个简化的链路，用于机架式服务器，刀片式服务器和 VM。Cisco UCS 是一种端到端 I/O 架构，它整合了 Cisco Unified Fabric 和 Cisco Fabric Extender Technology (FEX 技术)，可将 Cisco UCS 中的每个组件连接到一个网络结构和一个网络层。

该系统可以部署为一个或多个逻辑单元，这些逻辑单元可整合并扩展到多个刀片式服务器机箱，机架服务器，机架和数据中心。该系统实施了一个彻底简化的架构，消除了传统刀片式服务器机箱和机架服务器中填充多个冗余设备的情况。在传统系统中，以太网和 FC 适配器以及机箱管理模块等冗余设备会造成多层复杂性。Cisco UCS 由一对冗余的 Cisco UCS 互联阵列 (Fabric Interconnects, CLI) 组成，可为所有 I/O 流量提供单点管理和单点控制。

Cisco UCS 使用服务配置文件来帮助确保 Cisco UCS 基础架构中的虚拟服务器配置正确。服务配置文件由网络，存储和计算策略组成，这些策略由每个领域的主题专家创建一次。服务配置文件包括有关服务器标识的关键服务器信息，例如 LAN 和 SAN 寻址，I/O 配置，固件版本，启动顺序，网络虚拟 LAN (VLAN)，物理端口和 QoS 策略。可以在几分钟内动态创建服务配置文件并将其与系统中的任何物理服务器相关联，而无需花费数小时或数天的时间。将服务配置文件与物理服务器关联起来只需执行一项简单的操作，即可在环境中的服务器之间

迁移身份，而无需更改任何物理配置。它有助于为已停用的服务器快速配置更换件。

使用服务配置文件有助于确保服务器在整个企业中的配置一致。如果使用多个 Cisco UCS 管理域，则 Cisco UCS Central 可以使用全局服务配置文件在各个域之间同步配置和策略信息。如果需要在域中执行维护，则可以将虚拟基础架构迁移到另一个域。这种方法有助于确保即使单个域脱机，应用程序也能继续以高可用性运行。

为了证明它符合服务器配置要求，Cisco UCS 已在多年的时间里与 MEDITECH 进行了广泛的测试。Cisco UCS 是一个受支持的服务器平台，如 MEDITECH 产品资源系统支持站点所示。

Cisco 网络

Cisco Nexus 交换机和 Cisco MDS 多层控制器可提供企业级连接和 SAN 整合。Cisco 多协议存储网络通过提供以下灵活性和选项降低业务风险：FC，光纤连接（Fibre Connection，Ficon），以太网 FC（FCoE），IP 上 SCSI（iSCSI）和 IP 上 FC（FCIP）。

Cisco Nexus 交换机可在一个平台中提供最全面的数据中心网络功能集之一。它们可以为数据中心和园区核心提供高性能和高密度。此外，它们还为数据中心聚合，行尾和数据中心互连部署提供了一整套功能，可在一个具有高度弹性的模块化平台中实现。

Cisco UCS 可将计算资源与 Cisco Nexus 交换机和统一 I/O 网络结构相集成，从而识别和处理不同类型的网络流量。此流量包括存储 I/O，流式桌面流量，管理以及对临床和业务应用程序的访问。您可以获得：

- 基础架构可扩展性。* 虚拟化，高效的电耗和散热，自动化的云扩展，高密度和高性能都支持高效的数据中心增长。
- 操作连续性。* 该设计集成了硬件，NX-OS 软件功能和管理功能，可支持零停机环境。
- 网络和计算机 QoS。* Cisco 在网络，存储和计算网络结构中提供策略驱动型服务级别（CoS）和 QoS，以实现任务关键型应用程序的最佳性能。
- 传输灵活性。* 利用经济高效的解决方案逐步采用新的网络技术。

Cisco UCS 与 Cisco Nexus 交换机和 Cisco MDS 多层控制器相结合，可为 MEDITECH 提供最佳的计算，网络和 SAN 连接解决方案。

NetApp ONTAP

运行 ONTAP 软件的 NetApp 存储可降低整体存储成本，同时提供 MEDITECH 工作负载所需的低延迟读写响应时间和 IOPS。ONTAP 支持全闪存和混合存储配置，可创建满足 MEDITECH 要求的最佳存储平台。NetApp 闪存加速系统已获得 MEDITECH 的验证和认证，可为作为 MEDITECH 客户的您提供性能和响应能力，这是对延迟敏感的 MEDITECH 运营的关键。通过在一个集群中创建多个故障域，NetApp 系统还可以将生产与非生产隔离开来。此外，NetApp 系统还可以为采用 ONTAP QoS 的工作负载提供最低性能保障，从而减少性能问题。

ONTAP 软件的横向扩展架构可以灵活地适应各种 I/O 工作负载。为了提供临床应用程序所需的必要吞吐量和低延迟，同时提供模块化横向扩展架构，全闪存配置通常用于 ONTAP 架构。NetApp AFF 节点可以在同一个横向扩展集群中与混合（HDD 和闪存）存储节点组合使用，这些存储节点适用于存储高吞吐量的大型数据集。除了经过 MEDITECH 批准的备份解决方案之外，您还可以将 MEDITECH 环境从昂贵的固态驱动器（SSD）存储克隆，复制和备份到其他节点上更经济的 HDD 存储。此方法符合或超出了 MEDITECH 对基于 SAN 的克隆和生产池备份的指导原则。

许多 ONTAP 功能在 MEDITECH 环境中特别有用：简化管理，提高可用性和自动化以及减少所需的总存储量。借助这些功能，您可以：

- 卓越的性能。* NetApp AFF 解决方案共享统一存储架构，ONTAP 软件，管理界面，丰富的数据服务以及

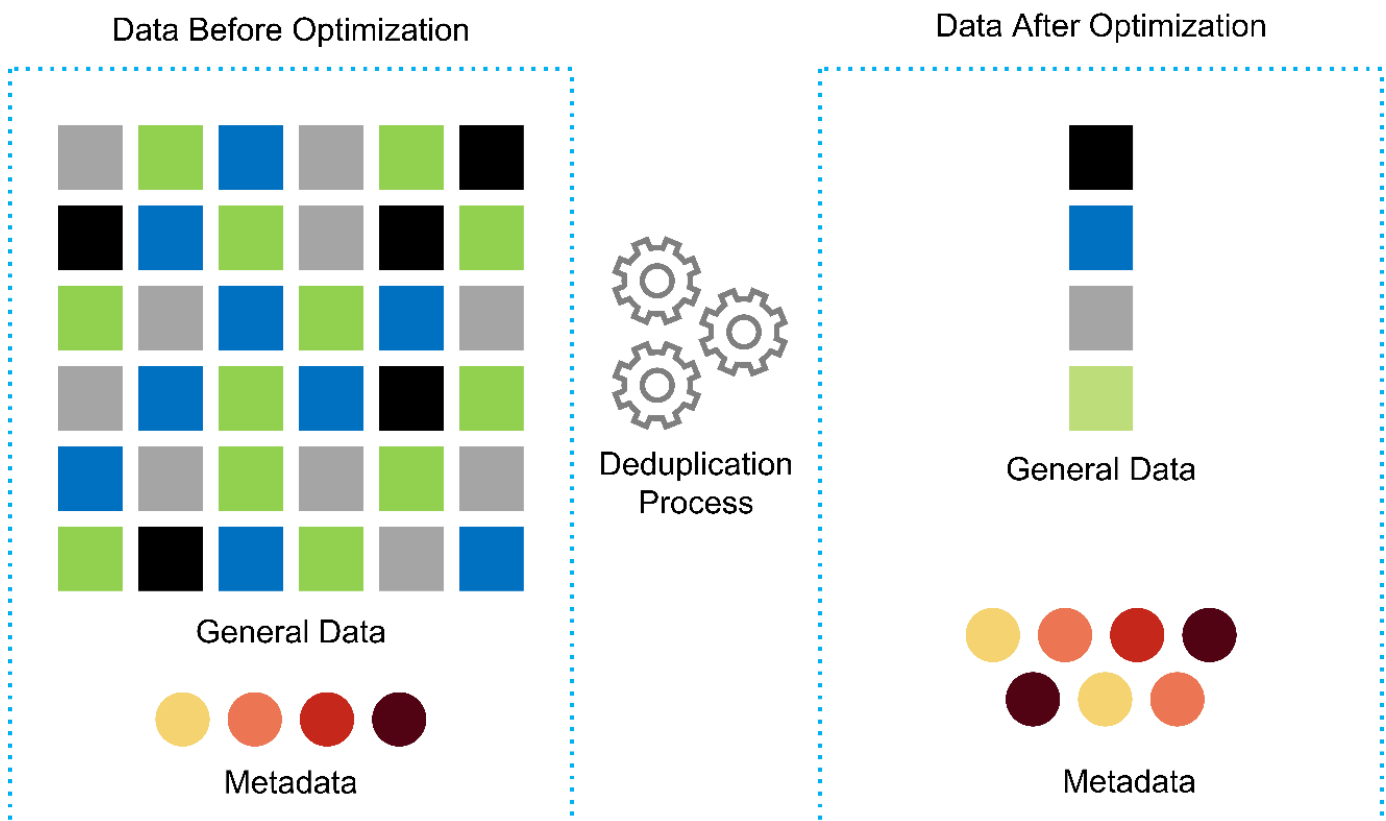
其他 NetApp FAS 产品系列所具有的高级功能集。全闪存介质与 ONTAP 的这种创新组合，通过行业领先的 ONTAP 软件质量，为全闪存存储提供稳定一致的低延迟和高 IOPS。

- * 存储效率。* 利用重复数据删除，NetApp FlexClone 数据复制技术，实时压缩，实时数据缩减，精简复制，精简配置，和聚合重复数据删除。

NetApp 重复数据删除可在 NetApp FlexVol 卷或数据成分卷中提供块级重复数据删除。从本质上说，重复数据删除会删除重复的块，从而仅在 FlexVol 卷或数据成分卷中存储唯一的块。

重复数据删除的粒度较高，并且在 FlexVol 卷或数据成分卷的活动文件系统上运行。它是应用程序透明的；因此，您可以使用它对使用 NetApp 系统的任何应用程序生成的数据进行重复数据删除。您可以将卷重复数据删除作为实时进程运行（从 ONTAP 8.3.2 开始）。您也可以将其作为后台进程运行，您可以将其配置为自动运行，计划运行或通过命令行界面，NetApp ONTAP System Manager 或 NetApp Active IQ Unified Manager 手动运行。

下图显示了 NetApp 重复数据删除在最高级别的工作原理。

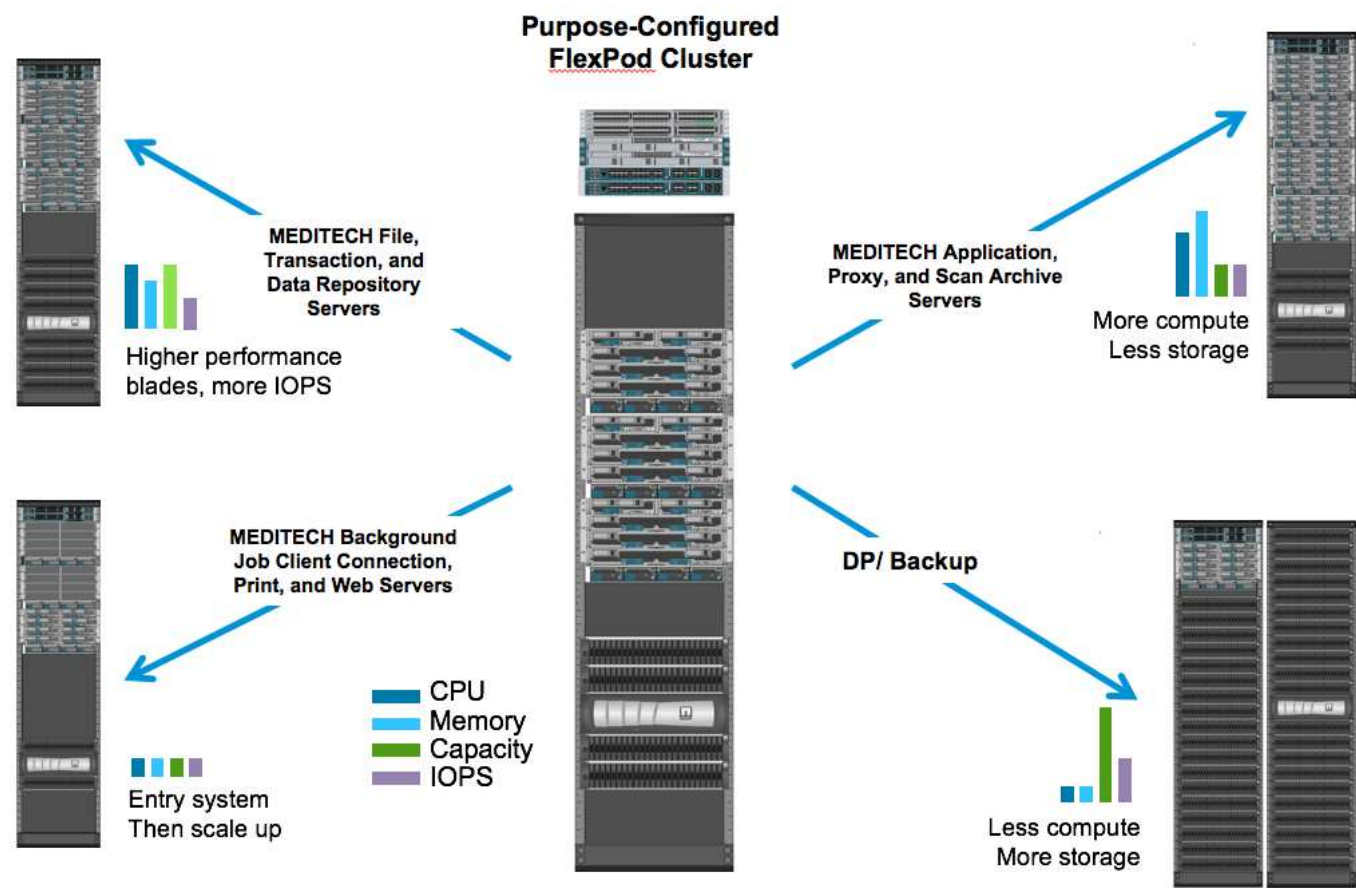


- * 节省空间的克隆。* 借助 FlexClone 功能，您几乎可以即时创建克隆，以支持备份和测试环境刷新。只有在进行更改后，这些克隆才会占用更多存储。
- * NetApp Snapshot 和 SnapMirror 技术。* ONTAP 可以为 MEDITECH 主机使用的逻辑单元号（LUN）创建节省空间的 Snapshot 副本。对于双站点部署，您可以实施 SnapMirror 软件，以实现更多数据复制和故障恢复能力。
- * 集成数据保护。* 完整的数据保护和灾难恢复功能可帮助您保护关键数据资产并提供灾难恢复。
- * 无中断运行。* 您可以执行升级和维护，而无需使数据脱机。
- * QoS 和自适应 QoS（AQoS）。* 存储 QoS 可用于限制潜在的抢占资源的工作负载。更重要的是，QoS 可以保证像 MEDITECH 生产这样的关键工作负载的最低性能。通过限制争用，NetApp QoS 可以减少与性能相关的问题。AQoS 可与预定义的策略组结合使用，您可以将这些策略组直接应用于卷。这些策略组

可以自动扩展吞吐量上限或下限到卷大小，从而在卷大小发生变化时保持 IOPS 与 TB 和 GB 的比率。

- * NetApp Data Fabric 。 * NetApp Data Fabric 简化并集成了云和内部环境中的数据管理，加快了数字化转型的步伐。它提供一致且集成的数据管理服务 and 应用程序，以提高数据可见性和洞察力，实现数据访问和控制以及数据保护和安全性。NetApp 与 Amazon Web Services （ AWS ） ， Azure ， Google Cloud Platform 和 IBM Cloud Cloud Cloud Cloud Cloud Cloud Cloud 相集成，为您提供广泛的选择。

下图显示了适用于 MEDITECH 工作负载的 FlexPod 架构。



MEDITECH 概述

Medical Information Technology ， Inc. （通常称为 MEDITECH ）是一家总部位于马萨诸塞州的软件公司，负责为医疗保健组织提供信息系统。Meditech 提供了一个 EHR 系统，用于存储和组织最新的患者数据，并为临床工作人员提供数据。患者数据包括但不限于人口统计信息，病历，药物，实验室测试结果；放射学图像；以及年龄，高度和重量等个人信息。

本文档不会介绍 MEDITECH 软件支持的广泛功能。附录 A 提供了有关这些广泛的 MEDITECH 功能集的详细信息。Meditech 应用程序需要多个 VM 来支持这些功能。要部署这些应用程序，请参见 MEDITECH 的建议。

从存储系统角度来看，对于每个部署，所有 MEDITECH 软件系统都需要一个分布式以患者为中心的数据库。Meditech 拥有自己的专有数据库，该数据库使用 Windows 操作系统。

bridgehead 和 Commvault 是两个备份软件应用程序，均已通过 NetApp 和 MEDITECH 的认证。本文档不会介绍这些备份应用程序的部署。

本文档的主要重点是，使 FlexPod 堆栈（服务器和存储）能够满足 MEDITECH 数据库的性能驱动型要求以及 EHR 环境中的备份要求。

专为特定的 **MEDITECH** 工作负载而设计

Meditech 不会转售服务器，网络或存储硬件，虚拟机管理程序或操作系统；但是，它对基础架构堆栈的每个组件都有特定的要求。因此，Cisco 和 NetApp 携手测试并支持 FlexPod 数据中心的成功配置，部署和支持，以满足像您这样的客户对 MEDITECH 生产环境的要求。

Meditech 类别

Meditech 会将部署规模与 1 到 6 之间的类别编号关联起来。类别 1 表示最小的 MEDITECH 部署，类别 6 表示最大的 MEDITECH 部署。

有关每个类别中 MEDITECH 主机的 I/O 特征和性能要求的信息，请参见 NetApp ["TR-4190：《适用于 MEDITECH 环境的 NetApp 规模估算准则》"](#)。

Meditech 平台

MEDITECH expanse 平台是该公司 EHR 软件的最新版本。早期的 MEDITECH 平台是客户端 / 服务器 5.x 和魔力平台。本节介绍与 MEDITECH 主机及其存储要求相关的 MEDITECH 平台（适用于 expanse，6.x，C/S 5.x 和 Magic）。

对于上述所有 MEDITECH 平台，多个服务器运行 MEDITECH 软件并执行各种任务。上图显示了一个典型的 MEDITECH 系统，其中包括用作应用程序数据库服务器的 MEDITECH 主机和其他 MEDITECH 服务器。其他 MEDITECH 服务器的示例包括数据存储库应用程序，扫描和归档应用程序以及后台作业客户端。有关其他 MEDITECH 服务器的完整列表，请参见《硬件配置建议》（对于新部署）和《硬件评估任务》（对于现有部署）文档。您可以通过 MEDITECH 系统集成商或您的 MEDITECH 技术客户经理（Technical Account Manager，TAM）从 MEDITECH 获取这些文档。

MEDITECH 主机

MEDITECH 主机是数据库服务器。此主机也称为 MEDITECH 文件服务器（对于 expanse，6.x 或 C/S 5.x 平台）或魔力机器（对于魔力平台）。本文档使用术语 MEDITECH 主机来指代 MEDITECH 文件服务器或魔力机器。

Meditech 主机可以在 Microsoft Windows Server 操作系统上运行的物理服务器或 VM。在现场最常见的情况是，MEDITECH 主机部署为在 VMware ESXi 服务器上运行的 Windows VM。截至本文撰写时，VMware 是 MEDITECH 唯一支持的虚拟机管理程序。MEDITECH 主机将其程序，词典和数据文件存储在 Windows 系统上的 Microsoft Windows 驱动器（例如驱动器 E）上。

在虚拟环境中，Windows E 驱动器驻留在通过物理兼容模式下的原始设备映射（Raw Device Mapping，RDM）连接到 VM 的 LUN 上。在这种情况下，MEDITECH 不支持将虚拟机磁盘（VMDK）文件用作 Windows E 驱动器。

Meditech 主机工作负载 I/O 特征

每个 MEDITECH 主机和整个系统的 I/O 特征取决于您部署的 MEDITECH 平台。所有 MEDITECH 平台（expanse，6.x，C/S 5.x 和 Magic）都会生成 100% 随机的工作负载。

MEDITECH expanse 平台产生的工作负载要求最高，因为它的每台主机写入操作和整体 IOPS 百分比最高，其次是 6.x，C/S 5.x 和魔力平台。

有关 MEDITECH 工作负载说明的更多详细信息，请参见 ["TR-4190：《适用于 MEDITECH 环境的 NetApp 规模估算准则》"](#)。

Meditech 要求对 NetApp FAS 或 AFF 系统与所有类别的 MEDITECH 主机之间的数据流量使用 FC 协议。

MEDITECH 主机的存储表示

每个 MEDITECH 主机都使用两个 Windows 驱动器：

- * 驱动器 C.* 此驱动器用于存储 Windows Server 操作系统和 MEDITECH 主机应用程序文件。
- * 驱动器 e* MEDITECH 主机将其程序，词典和数据文件存储在 Windows Server 操作系统的驱动器 E 上。驱动器 E 是使用 FC 协议从 NetApp FAS 或 AFF 系统映射的 LUN。Meditech 要求使用 FC 协议，以满足 MEDITECH 主机的 IOPS 以及读写延迟要求。

卷和 LUN 命名约定

Meditech 要求对所有 LUN 使用特定的命名约定。

在进行任何存储部署之前，请验证 MEDITECH 硬件配置建议，以确认 LUN 的命名约定。MEDITECH 备份过程依靠卷和 LUN 命名约定来正确标识要备份的特定 LUN。

全面的管理工具和自动化功能

采用 Cisco UCS Manager 的 Cisco UCS

Cisco 侧重于提供卓越数据中心基础架构的三个关键要素：简化，安全性和可扩展性。Cisco UCS Manager 软件与平台模块化相结合，可提供一个简化，安全且可扩展的桌面虚拟化平台：

- * 简化。* Cisco UCS 提供了一种全新的行业标准计算方法，并为所有工作负载提供了数据中心基础架构的核心。Cisco UCS 具有许多功能和优势，包括减少所需服务器数量以及减少每台服务器使用的缆线数量。另一项重要功能是能够通过 Cisco UCS 服务配置文件快速部署或重新配置服务器。由于需要管理的服务器和缆线更少，并且服务器和应用程序工作负载配置更简化，因此操作也得到了简化。使用 Cisco UCS Manager 服务配置文件，可以在几分钟内配置多个刀片式服务器和机架式服务器。Cisco UCS 服务配置文件消除了服务器集成操作手册并消除了配置偏差。这种方法可以加快最终用户的工作效率，提高业务灵活性，并允许将 IT 资源分配给其他任务。

Cisco UCS Manager 可自动执行许多常见且容易出错的数据中心操作，例如配置和配置服务器，网络和存储访问基础架构。此外，具有较大内存占用空间的 Cisco UCS B 系列刀片式服务器和 C 系列机架式服务器还可以提高应用程序用户密度，从而有助于降低服务器基础架构要求。

通过简化，可以更快，更成功地部署 MEDITECH 基础架构。

- * 安全。* 虽然虚拟机本身比物理前代产品更安全，但它们带来了新的安全挑战。使用虚拟桌面等通用基础架构的任务关键型 Web 和应用程序服务器现在面临的安全威胁风险更高。现在，VM 间流量已经成为 IT 经理必须考虑的一个重要安全问题，尤其是在 VM 使用 VMware vMotion 在服务器基础架构间移动的动态环境中。

因此，虚拟化显著增加了对 VM 级别策略和安全性的感知需求，尤其是考虑到 VM 在扩展计算基础架构中的移动性具有动态性和流动性。新虚拟桌面的快速普及进一步增强了虚拟化感知型网络和安全基础架构的重要性。适用于桌面虚拟化的 Cisco 数据中心基础架构（Cisco UCS，Cisco MDS 和 Cisco Nexus 系列解决方案）可提供强大的数据中心，网络和桌面安全性，并提供从桌面到虚拟机管理程序的全面安全性。通过对虚拟桌面进行分段，虚拟机感知型策略和管理以及 LAN 和 WAN 基础架构中的网络安全性，增强了安全性。

- * 可扩展。* 虚拟化解决方案的增长是不可避免的，因此解决方案必须能够随着这种增长进行扩展和可预测

的扩展。Cisco 虚拟化解决方案支持高 VM 密度（每台服务器具有 VM），更多服务器可通过近乎线性的性能进行扩展。Cisco 数据中心基础架构提供了一个灵活的平台来实现增长并提高业务灵活性。Cisco UCS Manager 服务配置文件允许按需配置主机，并使部署数百台主机与部署数十台主机一样简单。

Cisco UCS 服务器可提供近乎线性的性能和可扩展性。Cisco UCS 实施了获得专利的 Cisco 扩展内存技术，可通过更少的插槽提供较大的内存占用空间（通过双插槽和四插槽服务器可扩展到 1 TB 的内存）。通过使用统一网络结构技术作为组件，Cisco UCS 服务器聚合带宽可扩展到每台服务器高达 80 Gbps，而北向 Cisco UCS 互联阵列可按线路速率输出 2Tbps。此功能有助于防止桌面虚拟化 I/O 和内存瓶颈。Cisco UCS 采用基于统一网络结构的高性能，低延迟网络架构，可支持大量虚拟桌面流量，包括高分辨率视频和通信流量。此外，作为 FlexPod 虚拟化解决方案的一部分，ONTAP 还有助于在启动和登录风暴期间保持数据可用性和最佳性能。

Cisco UCS，Cisco MDS 和 Cisco Nexus 数据中心基础架构设计为增长提供了一个出色的平台。您可以透明地扩展服务器，网络和存储资源，以支持桌面虚拟化，数据中心应用程序和云计算。

VMware vCenter Server

VMware vCenter Server 为管理 MEDITECH 环境提供了一个集中式平台，使您的医疗保健组织可以放心地自动化和交付虚拟基础架构：

- * 部署简单。* 使用虚拟设备快速轻松地部署 vCenter Server。
- * 集中控制和可见性。* 从一个位置管理整个 VMware vSphere 基础架构。
- * 主动式优化。* 分配和优化资源以实现最高效率。
- * 管理。* 使用功能强大的插件和工具简化管理并扩展控制。

适用于 VMware vSphere 的 Virtual Storage Console

NetApp 的 Virtual Storage Console（VSC），vSphere API for Storage Awareness（VASA）Provider 和 VMware Storage Replication Adapter（SRA）for VMware vSphere 构成了一个虚拟设备。此产品套件将 SRA 和 VASA Provider 作为 vCenter Server 的插件，可为使用 NetApp 存储系统的 VMware 环境中的 VM 提供端到端生命周期管理。

VSC，VASA Provider 和 SRA 虚拟设备可与 VMware vSphere Web Client 平稳集成，并支持您使用 SSO 服务。在具有多个 VMware vCenter Server 实例的环境中，要管理的每个 vCenter Server 实例都必须有自己注册的 VSC 实例。通过 VSC 信息板页面，您可以快速检查数据存储库和 VM 的整体状态。

通过部署 VSC，VASA Provider 和 SRA 虚拟设备，您可以执行以下任务：

- * 使用 VSC 部署和管理存储以及配置 ESXi 主机。* 您可以使用 VSC 为 VMware 环境中的存储控制器添加凭据，删除凭据，分配凭据以及设置权限。此外，您还可以管理连接到 NetApp 存储系统的 ESXi 服务器。只需单击几下鼠标，即可为所有主机设置主机超时，NAS 和多路径的建议最佳实践值。您还可以查看存储详细信息并收集诊断信息。
- * 使用 VASA Provider 创建存储功能配置文件并设置警报。* 启用 VASA Provider 扩展后，适用于 ONTAP 的 VASA Provider 将注册到 VSC 中。您可以创建和使用存储功能配置文件和虚拟数据存储库。您还可以设置警报，以便在卷和聚合的阈值接近全满时向您发出警报。您可以监控 VMDK 以及在虚拟数据存储库上创建的 VM 的性能。
- * 使用 SRA 进行灾难恢复。* 您可以使用 SRA 在环境中配置受保护站点和恢复站点，以便在发生故障时进行灾难恢复。

NetApp OnCommand Insight 将基础架构管理集成到了 MEDITECH 服务交付链中。这种方法可以使医疗保健组织更好地控制，自动化和分析存储，网络和计算基础架构。它可以优化您当前的基础架构，以获得最大收益，同时简化确定购买内容和购买时间的过程。它还可以降低与复杂技术迁移相关的风险。由于不需要代理，因此安装简单，无中断。系统会持续发现已安装的存储和 SAN 设备，并收集详细信息以全面了解整个存储环境。您可以快速识别滥用，错位，未充分利用或孤立的资产，并回收这些资产以推动未来的扩展。OnCommand Insight 可帮助您：

- 优化现有资源。* 利用已建立的最佳实践来识别滥用，未充分利用或孤立的资产，以避免出现问题并满足服务级别要求。
- 做出更明智的决策。* 实时数据有助于更快地解决容量问题，从而准确规划未来的购买，避免超支并推迟资本支出。
- 加速 IT 计划。* 更好地了解您的虚拟环境，帮助您管理风险，最大限度地减少停机时间并加快云部署速度。

设计

适用于 MEDITECH 的 FlexPod 架构基于 MEDITECH，Cisco 和 NetApp 的指导以及合作伙伴与各种规模的 MEDITECH 客户合作的经验。该架构具有适应性，并会根据您的数据中心战略，组织规模以及您的系统是集中式系统，分布式系统还是多租户系统，应用 MEDITECH 的最佳实践。

正确的存储架构可通过总 IOPS 大小来确定。性能本身并不是唯一的因素，您可能会根据其他客户需求决定使用更大的节点数。使用 NetApp 存储的优势在于，您可以根据需求的变化轻松无中断地扩展集群。您也可以从集群中无中断删除节点，以重新利用设备或在设备更新期间使用。

以下是 NetApp ONTAP 存储架构的一些优势：

- 轻松，无中断地纵向扩展和横向扩展。* 您可以使用 ONTAP 无中断操作升级，添加或删除磁盘和节点。您可以从四个节点开始，然后移至六个节点或无中断升级到更大的控制器。
- 存储效率。* 利用重复数据删除，NetApp FlexClone，实时压缩，实时数据缩减，精简复制，精简配置和聚合重复数据删除。通过 FlexClone 功能，您几乎可以即时创建克隆，以支持备份和测试环境更新。只有在进行更改后，这些克隆才会占用更多存储。
- 灾难恢复卷影数据库服务器。* 灾难恢复卷影数据库服务器是业务连续性策略的一部分（用于支持存储只读功能，并可能配置为存储读 / 写实例）。因此，第三个存储系统的放置和规模估算通常与生产数据库存储系统中的放置和规模估算相同。
- 数据库一致性（需要考虑一些因素）。* 如果您使用 NetApp SnapMirror 备份副本来保持业务连续性，请参见 ["TR-3446：《SnapMirror 异步概述和最佳实践指南》"](#)。

存储布局

用于 **MEDITECH** 主机的专用聚合

要满足 MEDITECH 的高性能和高可用性要求，第一步是为 MEDITECH 环境正确设计存储布局，以便将 MEDITECH 主机生产工作负载隔离到专用的高性能存储上。

应在每个存储控制器上配置一个专用聚合，用于存储 MEDITECH 主机的程序，词典和数据文件。为了消除其他工作负载使用相同磁盘并影响性能的可能性，不会从这些聚合配置任何其他存储。



为其他 MEDITECH 服务器配置的存储不应放置在 MEDITECH 主机所使用的 LUN 的专用聚合上。您应将其他 MEDITECH 服务器的存储放置在一个单独的聚合上。有关其他 MEDITECH 服务器的存储要求，请参见《硬件配置建议》（针对新部署）和《硬件评估任务》（针对现有部署）文档。您可以通过 MEDITECH 系统集成商或您的 MEDITECH 技术客户经理（Technical Account Manager，TAM）从 MEDITECH 获取这些文档。NetApp 解决方案工程师可以咨询 NetApp MEDITECH 独立软件供应商（ISV）团队，以便正确，完整地配置 NetApp 存储规模估算。

将 **MEDITECH** 主机工作负载均匀分布在所有存储控制器上

NetApp FAS 和 AFF 系统部署为一个或多个高可用性对。NetApp 建议您在每个存储控制器之间均匀分布 MEDITECH expance 和 6.x 工作负载，以便在每个存储控制器上应用计算，网络和缓存资源。

请按照以下准则在每个存储控制器之间均匀分布 MEDITECH 工作负载：

- 如果您知道每个 MEDITECH 主机的 IOPS，则可以通过确认每个控制器从 MEDITECH 主机提供的 IOPS 数量相似，在所有存储控制器之间均匀分布 MEDITECH expance 和 6.x 工作负载。
- 如果您不知道每个 MEDITECH 主机的 IOPS，则仍然可以在所有存储控制器之间均匀分布 MEDITECH expance 和 6.x 工作负载。要完成此任务，请确认 MEDITECH 主机的聚合容量均匀分布在所有存储控制器上。这样，专用于 MEDITECH 主机的所有数据聚合中的磁盘数量都是相同的。
- 使用相似的磁盘类型和相同的 RAID 组为两个控制器创建存储聚合，以便平均分布工作负载。在创建存储聚合之前，请联系 NetApp 认证集成商。



据 MEDITECH 报告，MEDITECH 系统中的两个主机生成的 IOPS 高于其余主机。这两个主机的 LUN 应放置在不同的存储控制器上。在部署系统之前，您应在 MEDITECH 团队的协助下确定这两台主机。

存储放置

MEDITECH 主机的数据库存储

MEDITECH 主机的数据库存储将作为 NetApp FAS 或 AFF 系统中的块设备（即 LUN）提供。LUN 通常作为 E 驱动器挂载到 Windows 操作系统。

其他存储

MEDITECH 主机操作系统和数据库应用程序通常会在存储上生成大量 IOPS。如果需要，MEDITECH 主机 VM 及其 VMDK 文件的存储配置会被视为独立于满足 MEDITECH 性能阈值所需的存储。

为其他 MEDITECH 服务器配置的存储不应放置在 MEDITECH 主机使用的 LUN 的专用聚合上。将其他 MEDITECH 服务器的存储置于单独的聚合上。

存储控制器配置

高可用性

要缓解控制器故障的影响并实现存储系统无中断升级，您应在高可用性模式下为存储系统配置高可用性对中的控制器。

在高可用性控制器对配置中，磁盘架应通过多条路径连接到控制器。此连接可防止单路径故障，从而提高存储故障恢复能力，并可在发生控制器故障转移时提高性能一致性。

对于在高可用性对中配置了控制器的存储系统，如果发生控制器故障的可能性不大，则配对控制器将接管发生故障的控制器的存储资源和工作负载。请务必咨询客户，以确定发生控制器故障时必须满足的性能要求，并相应地调整系统大小。

硬件辅助接管

NetApp 建议您在两个存储控制器上启用硬件辅助接管功能。

硬件辅助接管旨在最大程度地缩短存储控制器故障转移时间。它使一个控制器的远程 LAN 模块或服务处理器模块能够以比检测信号超时触发器更快的速度向其配对节点通知控制器故障，从而缩短故障转移所需的时间。默认情况下，高可用性配置中的存储控制器会启用硬件辅助接管功能。

有关硬件辅助接管的详细信息，请参见 ["ONTAP 9 文档中心"](#)。

Disk type

为了满足 MEDITECH 工作负载的低读取延迟要求，NetApp 建议您对专用于 MEDITECH 主机的 AFF 系统上的聚合使用高性能 SSD。

NetApp AFF

NetApp 提供高性能 AFF 阵列，以满足需要高吞吐量，具有随机数据访问模式和低延迟要求的 MEDITECH 工作负载的需求。对于 MEDITECH 工作负载，与基于 HDD 的系统相比，AFF 阵列具有性能优势。闪存技术与企业数据管理相结合，可在三个主要方面提供优势：性能，可用性和存储效率。

NetApp 支持工具和服务

NetApp 提供了一整套支持工具和服务。应在 NetApp AFF/FAS 系统上启用和配置 NetApp AutoSupport 工具，以便在发生硬件故障或系统配置不当时回电。致电主页可提醒 NetApp 支持团队及时修复任何问题。NetApp Active IQ 是一款基于 Web 的应用程序，它基于您的 NetApp 系统中的 AutoSupport 信息，可提供预测性和主动式洞察力，帮助提高可用性，效率和性能。

部署和配置

概述

本文档中提供的适用于 FlexPod 部署的 NetApp 存储指南包括：

- 使用 ONTAP 的环境
- 使用 Cisco UCS 刀片式服务器和机架式服务器的环境

本文档不涉及以下内容：

- 详细部署 FlexPod 数据中心环境

有关详细信息，请参见 ["采用 FC Cisco 验证设计的 FlexPod 数据中心"（CVD）](#)。

- MEDITECH 软件环境，参考架构和集成最佳实践指南概述。

有关详细信息，请参见 ["TR-4300i：《适用于 MEDITECH 环境的 NetApp FAS 和全闪存存储系统最佳实践](#)

指南》"（需要 NetApp 登录）。

- 量化性能要求和规模估算指南。

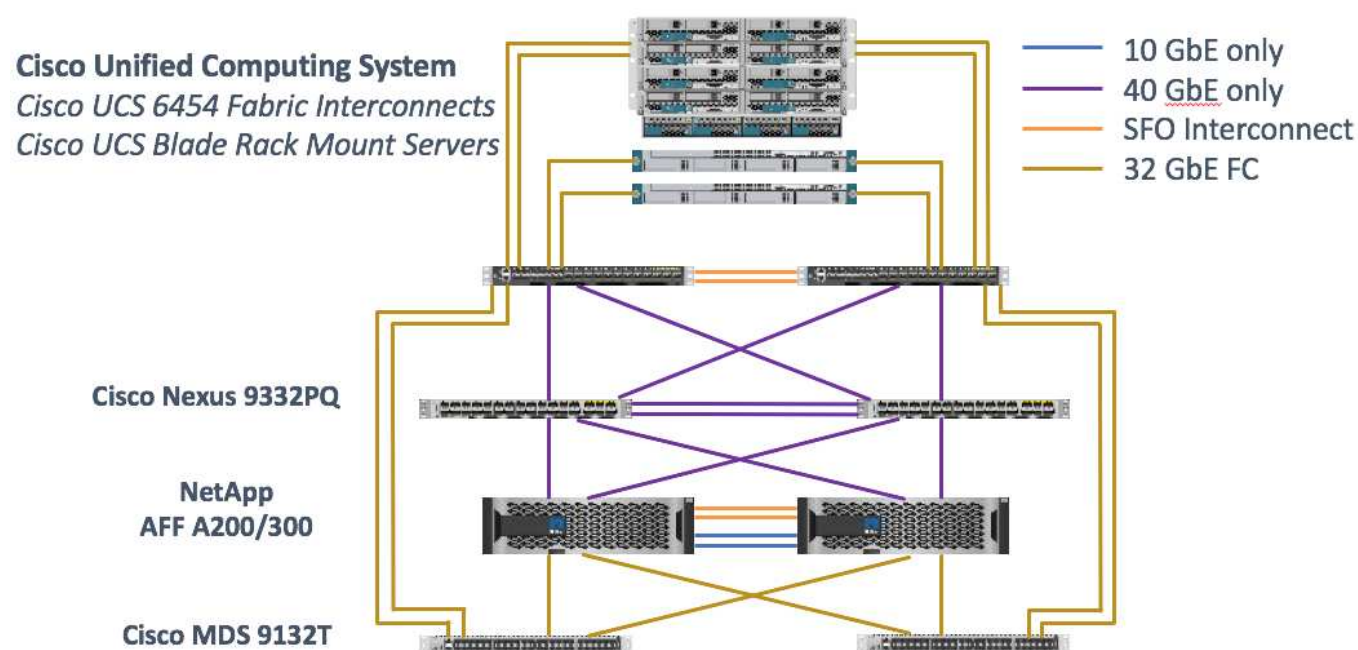
有关详细信息，请参见 "TR-4190：《适用于 MEDITECH 环境的 NetApp 规模估算准则》"。

- 使用 NetApp SnapMirror 技术满足备份和灾难恢复要求。
- 通用 NetApp 存储部署指南。

本节提供了一个配置示例，其中包含基础架构部署最佳实践，并列出了各种基础架构硬件和软件组件以及您可以使用的版本。

布线图

下图显示了 MEDITECH 部署的 32 Gb FC/40GbE 拓扑图。



请始终使用 "互操作性表工具（IMT）" 验证是否支持所有版本的软件和固件。第节中的表 "Meditech 模块和组件" 列出了解决方案测试中使用的基础架构硬件和软件组件。

"接下来：基础架构配置。"

基础架构配置

网络连接

在配置基础架构之前，必须建立以下网络连接：

- 使用端口通道和虚拟端口通道（Virtual Port Channel，vPC）的链路聚合可在整个环境中使用，从而实现更高带宽和高可用性的设计：
 - VPC 用于 Cisco FI 和 Cisco Nexus 交换机之间。
 - 每个服务器都具有虚拟网络接口卡（Virtual Network Interface Card，vNIC），并可通过冗余连接到

统一网络结构。在 CLI 之间使用 NIC 故障转移来实现冗余。

- 每个服务器都具有虚拟主机总线适配器（vHBA），并与统一网络结构建立冗余连接。
- Cisco UCS FI 会按照建议配置为终端主机模式，以便将 vNIC 动态固定到上行链路交换机。

存储连接

在配置基础架构之前，必须建立以下存储连接：

- 存储端口接口组（ifgroups，vPC）
- 连接到交换机 N9K-A 的 10 Gb 链路
- 连接到交换机 N9K-B 的 10 Gb 链路
- 带内管理（主动 - 被动绑定）：
 - 1 GB 到管理交换机 N9K-A 的链路
 - 1 GB 到管理交换机 N9K-B 的链路
- 通过 Cisco MDS 交换机实现 32 Gb FC 端到端连接；配置了单个启动程序分区
- FC SAN 启动可完全实现无状态计算；服务器从 AFF 存储集群上托管的启动卷中的 LUN 启动
- 所有 MEDITECH 工作负载都托管在 FC LUN 上，这些 LUN 分布在存储控制器节点上

主机软件

必须安装以下软件：

- ESXi 安装在 Cisco UCS 刀片式服务器上
- 已安装并配置 VMware vCenter（已在 vCenter 中注册所有主机）
- 已在 VMware vCenter 中安装并注册 VSC
- 已配置 NetApp 集群

"接下来：[Cisco UCS 刀片式服务器和交换机配置](#)。"

Cisco UCS 刀片式服务器和交换机配置

适用于 MEDITECH 的 FlexPod 软件在各个级别均具有容错功能。系统中没有单点故障。为了获得最佳性能，Cisco 建议使用热备用刀片式服务器。

本文档提供了有关为 MEDITECH 软件配置 FlexPod 环境的高级指导。在本节中，我们将简要介绍一些步骤以及一些示例，以准备 FlexPod 配置中的 Cisco UCS 计算平台要素。本指南的前提条件是，按照中的说明对 FlexPod 配置进行机架安装，供电和布线 ["使用 VMware vSphere 6.5 Update 1，NetApp AFF A 系列和 Cisco UCS Manager 3.2 的采用光纤通道存储的 FlexPod 数据中心"](#)CVD。

Cisco Nexus 交换机配置

为解决方案部署了一对容错 Cisco Nexus 9300 系列以太网交换机。您应按照中所述为这些交换机布线 ["布线图"](#) 部分。Cisco Nexus 配置有助于确保为 MEDITECH 应用程序优化以太网流量。

1. 完成初始设置和许可后，运行以下命令在两台交换机上设置全局配置参数：

```
spanning-tree port type network default
spanning-tree port type edge bpduguard default
spanning-tree port type edge bpdufilter default
port-channel load-balance src-dst l4port
ntp server <global-ntp-server-ip> use-vrf management
ntp master 3
ip route 0.0.0.0/0 <ib-mgmt-vlan-gateway>
copy run start
```

2. 使用全局配置模式在每个交换机上为解决方案创建 VLAN：

```
vlan <ib-mgmt-vlan-id>
name IB-MGMT-VLAN
vlan <native-vlan-id>
name Native-VLAN
vlan <vmotion-vlan-id>
name vMotion-VLAN
vlan <vm-traffic-vlan-id>
name VM-Traffic-VLAN
vlan <infra-nfs-vlan-id>
name Infra-NFS-VLAN
exit
copy run start
```

3. 创建网络时间协议（NTP）分发接口，端口通道，端口通道参数和端口说明以进行故障排除 "使用 VMware vSphere 6.5 Update 1，NetApp AFF A 系列和 Cisco UCS Manager 3.2 的采用光纤通道存储的 FlexPod 数据中心"CVD。

Cisco MDS 9132T 配置

Cisco MDS 9100 系列 FC 交换机可在 NetApp AFF A200 或 AFF A300 控制器与 Cisco UCS 计算网络结构之间提供 32 Gb 冗余 FC 连接。您应按照中所述连接这些缆线 "布线图" 部分。

1. 从每个 MDS 交换机的控制台上，运行以下命令以启用解决方案所需的功能：

```
configure terminal
feature npiv
feature fport-channel-trunk
```

2. 按照中的 FlexPod Cisco MDS 交换机配置部分配置各个端口，端口通道和说明 "采用 FC Cisco 验证设计的 FlexPod 数据中心"。

3. 要为解决方案创建所需的虚拟 SAN（VSAN），请在全局配置模式下完成以下步骤：

a. 对于 Fabric-A MDS 交换机，运行以下命令：

```
vsan database
vsan <vsan-a-id>
vsan <vsan-a-id> name Fabric-A
exit
zone smart-zoning enable vsan <vsan-a-id>
vsan database
vsan <vsan-a-id> interface fc1/1
vsan <vsan-a-id> interface fc1/2
vsan <vsan-a-id> interface port-channel110
vsan <vsan-a-id> interface port-channel112
```

命令最后两行中的端口通道编号是在使用参考文档配置各个端口，端口通道和说明时创建的。

b. 对于 Fabric-B MDS 交换机，运行以下命令：

```
vsan database
vsan <vsan-b-id>
vsan <vsan-b-id> name Fabric-B
exit
zone smart-zoning enable vsan <vsan-b-id>
vsan database
vsan <vsan-b-id> interface fc1/1
vsan <vsan-b-id> interface fc1/2
vsan <vsan-b-id> interface port-channel111
vsan <vsan-b-id> interface port-channel113
```

命令最后两行中的端口通道编号是在使用参考文档配置各个端口，端口通道和说明时创建的。

4. 对于每个 FC 交换机，请使用参考文档中的详细信息创建设备别名，以便在日常操作中直观地识别每个设备。
5. 最后，使用在步骤 4 中为每个 MDS 交换机创建的设备别名创建 FC 分区，如下所示：
 - a. 对于 Fabric-A MDS 交换机，运行以下命令：

```

configure terminal
zone name VM-Host-Infra-01-A vsan <vsan-a-id>
member device-alias VM-Host-Infra-01-A init
member device-alias Infra-SVM-fcp_lif01a target
member device-alias Infra-SVM-fcp_lif02a target
exit
zone name VM-Host-Infra-02-A vsan <vsan-a-id>
member device-alias VM-Host-Infra-02-A init
member device-alias Infra-SVM-fcp_lif01a target
member device-alias Infra-SVM-fcp_lif02a target
exit
zoneset name Fabric-A vsan <vsan-a-id>
member VM-Host-Infra-01-A
member VM-Host-Infra-02-A
exit
zoneset activate name Fabric-A vsan <vsan-a-id>
exit
show zoneset active vsan <vsan-a-id>

```

b. 对于 Fabric-B MDS 交换机，运行以下命令：

```

configure terminal
zone name VM-Host-Infra-01-B vsan <vsan-b-id>
member device-alias VM-Host-Infra-01-B init
member device-alias Infra-SVM-fcp_lif01b target
member device-alias Infra-SVM-fcp_lif02b target
exit
zone name VM-Host-Infra-02-B vsan <vsan-b-id>
member device-alias VM-Host-Infra-02-B init
member device-alias Infra-SVM-fcp_lif01b target
member device-alias Infra-SVM-fcp_lif02b target
exit
zoneset name Fabric-B vsan <vsan-b-id>
member VM-Host-Infra-01-B
member VM-Host-Infra-02-B
exit
zoneset activate name Fabric-B vsan <vsan-b-id>
exit
show zoneset active vsan <vsan-b-id>

```

Cisco UCS 配置指南

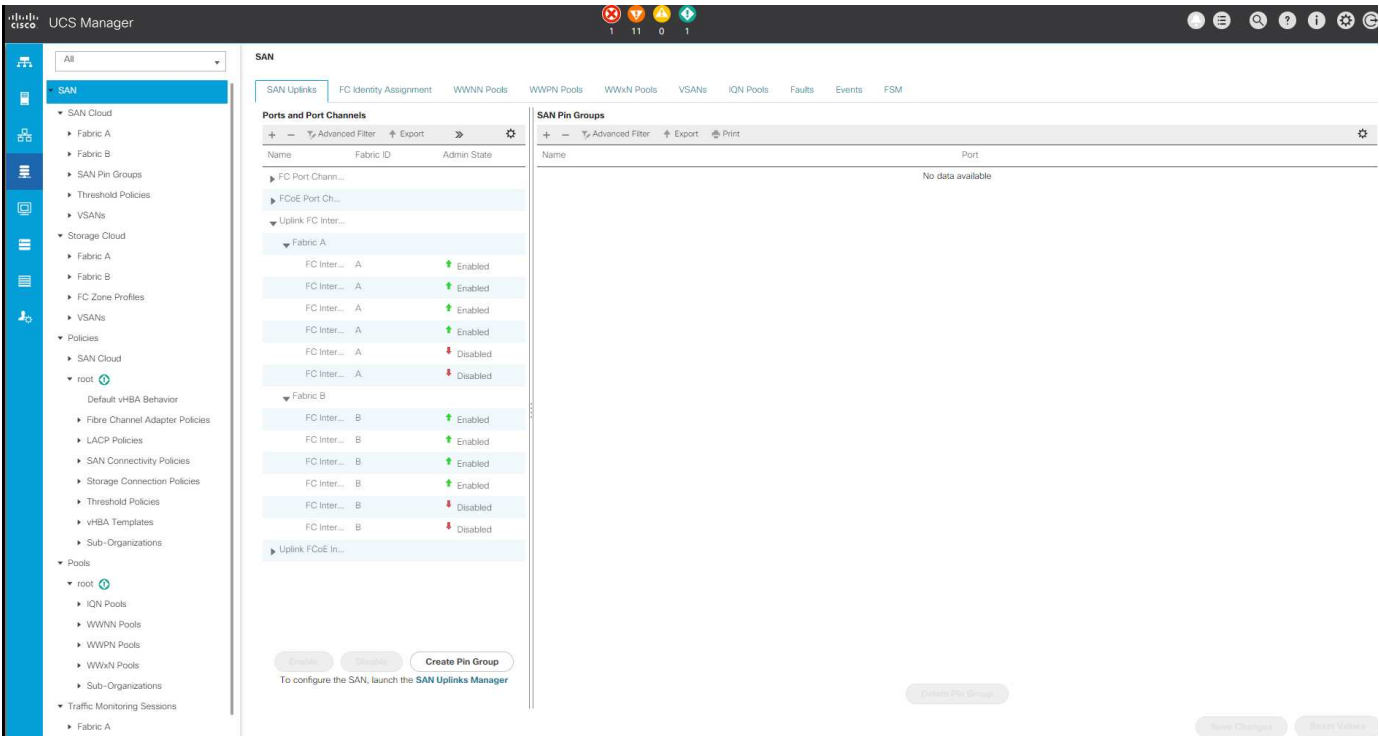
作为 MEDITECH 客户，您可以利用网络，存储和计算领域的主题专家来创建策略和模板，以便根据您的特定需求定制环境。创建这些策略和模板后，可以将这些策略和模板组合到服务配置文件中，以便为 Cisco 刀片式服务

器和机架式服务器提供一致，可重复，可靠且快速的部署。

Cisco UCS 提供了三种管理 Cisco UCS 系统的方法，称为域：

- Cisco UCS Manager HTML5 图形用户界面
- Cisco UCS 命令行界面
- 适用于多域环境的 Cisco UCS Central

下图显示了 Cisco UCS Manager 中 SAN 节点的屏幕截图示例。



在大型部署中，可以构建独立的 Cisco UCS 域，以便在主要的 MEDITECH 功能组件级别实现更强的容错能力。

在具有两个或更多数据中心的高度容错设计中，Cisco UCS Central 在设置全局策略和全局服务配置文件以确保整个企业内主机之间的一致性方面发挥着关键作用。

要设置 Cisco UCS 计算平台，请完成以下过程。在 Cisco UCS 5108 AC 刀片式服务器机箱中安装 Cisco UCS B200 M5 刀片式服务器后，请执行以下步骤。此外，您还必须与中所述的布线要求进行竞争 "布线图" 部分。

1. 将 Cisco UCS Manager 固件升级到 3.2 （2f）或更高版本。
2. 配置域的报告，Cisco 自动通报功能和 NTP 设置。
3. 在每个互联阵列上配置服务器和上行链路端口。
4. 编辑机箱发现策略。
5. 创建用于带外管理的地址池，通用唯一标识符（UUID），MAC 地址，服务器，全球通用节点名称（WWNN）和全球通用端口名称（WWPN）。
6. 创建以太网和 FC 上行链路端口通道和 VSAN。
7. 为 SAN 连接，网络控制，服务器池资格认定，电源控制，服务器 BIOS 创建策略 和默认维护。

8. 创建 vNIC 和 vHBA 模板。
9. 创建 vMedia 和 FC 启动策略。
10. 为每个 MEDITECH 平台元素创建服务配置文件模板和服务配置文件。
11. 将服务配置文件与相应的刀片式服务器相关联。

有关为 FlexPod 配置 Cisco UCS 服务配置文件中每个关键要素的详细步骤，请参见 ["使用 VMware vSphere 6.5 Update 1，NetApp AFF A 系列和 Cisco UCS Manager 3.2 的采用光纤通道存储的 FlexPod 数据中心" CVD 文档](#)。

"下一步：ESXi 配置最佳实践。"

ESXi 配置最佳实践

对于 ESXi 主机端配置，按照运行任何企业数据库工作负载的方式配置 VMware 主机：

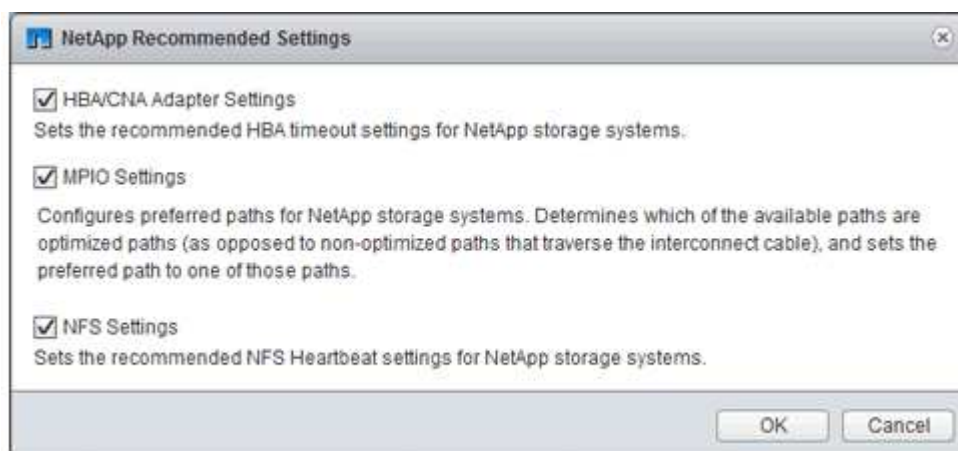
- 适用于 VMware vSphere 的 VSC 会检查并设置最适合 NetApp 存储系统的 ESXi 主机多路径设置和 HBA 超时设置。VSC 设置的值基于 NetApp 的严格内部测试。
- 要获得最佳存储性能，请考虑使用支持 VMware vStorage API - 阵列集成（VAAI）的存储硬件。适用于 VAAI 的 NetApp 插件是一个软件库，它集成了 ESXi 主机上安装的 VMware 虚拟磁盘库。通过 VMware VAAI 软件包，可以将某些任务从物理主机卸载到存储阵列。

您可以在阵列级别执行精简配置和硬件加速等任务，以减少 ESXi 主机上的工作负载。副本卸载功能和空间预留功能可提高 VSC 操作的性能。您可以从 NetApp 支持站点下载此插件安装包并获取此插件的安装说明。

VSC 可设置 ESXi 主机超时，多路径设置和 HBA 超时设置以及其他值，以实现最佳性能并成功对 NetApp 存储控制器进行故障转移。请按照以下步骤操作：

- a. 从 VMware vSphere Web Client 主页页面中，选择 vCenter > 主机。
- b. 右键单击某个主机，然后选择操作 > NetApp VSC > 设置建议值。
- c. 在 NetApp 建议设置对话框中，选择最适合您的系统的值。

默认情况下会设置标准建议值。



- a. 单击确定。

"下一步：NetApp 配置。"

NetApp 配置

为 MEDITECH 软件环境部署的 NetApp 存储使用高可用性对配置中的存储控制器。必须通过 FC 协议将存储从两个控制器提供给 MEDITECH 数据库服务器。此配置可提供两个控制器的存储，以便在正常操作期间均匀平衡应用程序负载。

ONTAP 配置

本节介绍使用相关 ONTAP 命令的部署和配置过程示例。重点是展示如何配置存储以实施 NetApp 建议的存储布局，该布局使用高可用性控制器对。ONTAP 的主要优势之一是能够在不影响现有高可用性对的情况下进行横向扩展。

ONTAP 许可证

设置存储控制器后，应用许可证以启用 NetApp 建议的 ONTAP 功能。MEDITECH 工作负载的许可证包括 FC，CIFS 和 NetApp Snapshot，SnapRestore，FlexClone，和 SnapMirror 技术。

要配置许可证，请打开 NetApp ONTAP 系统管理器，转至配置许可证，然后添加相应的许可证。

或者，也可以使用命令行界面运行以下命令来添加许可证：

```
license add -license-code <code>
```

AutoSupport 配置

NetApp AutoSupport 工具可通过 HTTPS 向 NetApp 发送摘要支持信息。要配置 AutoSupport，请运行以下 ONTAP 命令：

```
autosupport modify -node * -state enable
autosupport modify -node * -mail-hosts <mailhost.customer.com>
autosupport modify -node prod1-01 -from prod1-01@customer.com
autosupport modify -node prod1-02 -from prod1-02@customer.com
autosupport modify -node * -to storageadmins@customer.com
autosupport modify -node * -support enable
autosupport modify -node * -transport https
autosupport modify -node * -hostnamesubj true
```

硬件辅助接管配置

在每个节点上，启用硬件辅助接管，以便在发生控制器故障的情况下尽可能地缩短启动接管所需的时间。要配置硬件辅助接管，请完成以下步骤：

1. 将以下 ONTAP 命令运行到 xxx。

将配对地址选项设置为 prod1-01 的管理端口的 IP 地址。

```
MEDITECH::> storage failover modify -node prod1-01 -hwassist-partner-ip  
<prod1-02-mgmt-ip>
```

2. 将以下 ONTAP 命令运行到 xxx：

将配对地址选项设置为 cluster1-02 的管理端口的 IP 地址。

```
MEDITECH::> storage failover modify -node prod1-02 -hwassist-partner-ip  
<prod1-01-mgmt-ip>
```

3. 运行以下 ONTAP 命令，在 prod1-01 和 prod1-02 HA 控制器对上启用硬件辅助接管。

```
MEDITECH::> storage failover modify -node prod1-01 -hwassist true  
MEDITECH::> storage failover modify -node prod1-02 -hwassist true
```

"下一步：聚合配置。"

聚合配置

NetApp RAID DP

NetApp 建议将 NetApp RAID DP 技术作为 NetApp FAS 或 AFF 系统中所有聚合的 RAID 类型，包括常规 NetApp Flash Pool 聚合。Meditech 文档可能会指定使用 RAID 10，但 MEDITECH 已批准使用 RAID DP。

RAID 组大小和 RAID 组数量

默认 RAID 组大小为 16。此大小对于特定站点的 MEDITECH 主机的聚合可能是最佳的，也可能不是最佳的。有关 NetApp 建议在 RAID 组中使用的磁盘数量，请参见 ["NetApp TR-3838：《存储子系统配置指南》"](#)。

RAID 组大小对于存储扩展非常重要，因为 NetApp 建议您将磁盘添加到一个聚合中，该聚合包含一个或多个与 RAID 组大小相等的磁盘组。RAID 组的数量取决于数据磁盘的数量和 RAID 组的大小。要确定所需的数据磁盘数量，请使用 NetApp System Performance Modeler（SPM）规模估算工具。确定数据磁盘数量后，请调整 RAID 组大小，以将奇偶校验磁盘数量降至每个磁盘类型的 RAID 组大小建议范围内。

有关如何在 MEDITECH 环境中使用 SPM 规模估算工具的详细信息，请参见 ["NetApp TR-4190：《适用于 MEDITECH 环境的 NetApp 规模估算准则》"](#)。

存储扩展注意事项

扩展包含更多磁盘的聚合时，请添加组中与聚合 RAID 组大小相等的磁盘。遵循此方法有助于在整个聚合中提供性能一致性。

例如，要向 RAID 组大小为 20 的聚合添加存储，NetApp 建议添加的磁盘数为一个或多个 20 磁盘组。因此，您应添加 20，40，60 等磁盘。

扩展聚合后，您可以通过在受影响的卷或聚合上运行重新分配任务来将现有数据条带分布到新磁盘上来提高性能。此操作非常有用，尤其是在现有聚合接近全满时。



您应计划在非生产时间重新分配计划，因为这是一项 CPU 和磁盘密集型任务。

有关在聚合扩展后使用重新分配的详细信息，请参见 ["NetApp TR-3929：《重新分配最佳实践指南》"](#)。

聚合级 **Snapshot** 副本

将聚合级别的 NetApp Snapshot 副本预留设置为零并禁用默认聚合 Snapshot 计划。如果可能，请删除任何已存在的聚合级别 Snapshot 副本。

["下一步：Storage Virtual Machine 配置。"](#)

Storage Virtual Machine 配置

本节介绍在 ONTAP 8.3 及更高版本上部署的相关信息。



Storage Virtual Machine （SVM）在 ONTAP API 和 ONTAP 命令行界面中也称为 Vserver。

用于 MEDITECH 主机 LUN 的 SVM

您应为每个 ONTAP 存储集群创建一个专用 SVM，以便拥有和管理包含 MEDITECH 主机的 LUN 的聚合。

SVM 语言编码设置

NetApp 建议您为所有 SVM 设置语言编码。如果在创建 SVM 时未指定语言编码设置，则使用默认语言编码设置。对于 ONTAP，默认语言编码设置为 C.UTF-8。设置语言编码后，您将无法稍后修改带有限卷的 SVM 的语言。

与 SVM 关联的卷将继承 SVM 语言编码设置，除非您在创建卷时明确指定其他设置。要使某些操作正常运行，您应在站点的所有卷中一致地使用语言编码设置。例如，SnapMirror 要求源和目标 SVM 具有相同的语言编码设置。

["下一步：卷配置。"](#)

卷配置

卷配置

专用于 MEDITECH 主机的 Meditech 卷可以采用厚配置或精简配置。

默认卷级 **Snapshot** 副本

Snapshot 副本是在备份工作流中创建的。每个 Snapshot 副本可用于在不同时间访问存储在 MEDITECH LUN 中的数据。经 MEDITECH 批准的备份解决方案会基于这些 Snapshot 副本创建精简配置的 FlexClone 卷，以提供 MEDITECH LUN 的时间点副本。MEDITECH 环境与经过批准的备份软件解决方案集成在一起。因此，NetApp 建议您在构成 MEDITECH 生产数据库 LUN 的每个 NetApp FlexVol 卷上禁用默认 Snapshot 副本计划。

- **重要信息：** * FlexClone 卷共享父数据卷空间，因此卷必须有足够的空间来容纳 MEDITECH 数据 LUN 和备份服务器创建的 FlexClone 卷。FlexClone 卷占用的空间不像数据卷那样多。但是，如果在短时间内对 MEDITECH LUN 进行了大量删除，则克隆卷可能会增加。

每个聚合的卷数

对于使用 Flash Pool 或 NetApp Flash Cache 缓存的 NetApp FAS 系统， NetApp 建议为每个聚合配置三个或更多卷，这些卷专用于存储 MEDITECH 程序，词典和数据文件。

对于 AFF 系统， NetApp 建议为每个聚合指定四个或更多卷，用于存储 MEDITECH 程序，词典和数据文件。

卷级别重新分配计划

随着时间的推移，存储的数据布局变得不太理想，尤其是当它被诸如 MEDITECH expanse ， 6.x 和 C/S 5.x 平台等写入密集型工作负载使用时。随着时间的推移，这种情况可能会增加顺序读取延迟，从而导致完成备份的时间更长。数据布局或碎片化不良也会影响写入延迟。您可以使用卷级别重新分配来优化磁盘上的数据布局，以改善写入延迟和顺序读取访问。经过改进的存储布局有助于在分配的 8 小时时间内完成备份。

最佳实践

NetApp 建议您至少实施每周卷重新分配计划，以便在分配的维护停机时间或生产站点的非高峰时段运行重新分配操作。



NetApp 强烈建议您在每个控制器上一次对一个卷运行重新分配任务。

有关为生产数据库存储确定适当的卷重新分配计划的详细信息，请参见中的第 3.12 节 "[NetApp TR-3929 ： 《重新分配最佳实践指南》](#)"。该节还将指导您如何为繁忙站点创建每周重新分配计划。

"下一步： LUN 配置。"

LUN 配置

环境中的 MEDITECH 主机数量决定了在 NetApp FAS 或 AFF 系统中创建的 LUN 数量。硬件配置建议用于指定每个 LUN 的大小。

LUN 配置

专用于 MEDITECH 主机的 Meditech LUN 可以采用厚配置或精简配置。

LUN 操作系统类型

要正确对齐创建的 LUN ，必须正确设置 LUN 的操作系统类型。未对齐的 LUN 会产生不必要的写入操作开销，并且更正错位的 LUN 会产生高昂的成本。

MEDITECH 主机服务器通常使用 VMware vSphere 虚拟机管理程序在虚拟化的 Windows Server 环境中运行。主机服务器也可以在裸机服务器上的 Windows Server 环境中运行。要确定要设置的正确操作系统类型值，请参阅的 "LUN 创建 " 一节 "[《集群模式 Data ONTAP 8.3 命令：手册页参考》](#)"。

LUN 大小

要确定每个 MEDITECH 主机的 LUN 大小，请参见 MEDITECH 提供的硬件配置建议（新部署）或硬件评估任务（现有部署）文档。

LUN 显示

Meditech 要求使用 FC 协议将程序，词典和数据文件的存储作为 LUN 提供给 MEDITECH 主机。在 VMware 虚拟环境中，LUN 会提供给托管 MEDITECH 主机的 VMware ESXi 服务器。然后，在物理兼容模式下使用 RDM 将呈现给 VMware ESXi 服务器的每个 LUN 映射到每个 MEDITECH 主机 VM。

您应使用适当的 LUN 命名约定将 LUN 呈现给 MEDITECH 主机。例如，为了便于管理，您必须将 LUN `MTFS01E` 提供给 MEDITECH 主机 `mt-host-01`。

在向 MEDITECH 和备份系统安装程序咨询以为 MEDITECH 主机使用的 LUN 设计一致的命名约定时，请参见 MEDITECH 硬件配置提案。

例如，MEDITECH LUN 名称是 `MTFS05E`，其中：

- `MTFS` 表示 MEDITECH 文件服务器（对于 MEDITECH 主机）。
- `05` 表示主机编号 5。
- `E` 表示 Windows E 驱动器。

"下一步：启动程序组配置。"

启动程序组配置

使用 FC 作为数据网络协议时，请在每个存储控制器上创建两个启动程序组（igroup）。第一个 igroup 包含托管 MEDITECH 主机 VM 的 VMware ESXi 服务器上 FC 主机接口卡的 WWPN（对于 MEDITECH 为 igroup）。

您必须根据环境设置设置 MEDITECH igroup 操作系统类型。例如：

- 对于 Windows Server 环境中裸机服务器硬件上安装的应用程序，请使用 igroup 操作系统类型 `Windows`。
- 对于使用 VMware vSphere 虚拟机管理程序进行虚拟化的应用程序，请使用 igroup 操作系统类型 `VMware`。



igroup 的操作系统类型可能与 LUN 的操作系统类型不同。例如，对于虚拟化的 MEDITECH 主机，您应将 igroup 操作系统类型设置为 `vmware`。对于虚拟化 MEDITECH 主机使用的 LUN，应将操作系统类型设置为 `Windows 2008` 或更高版本。请使用此设置，因为 MEDITECH 主机操作系统是 Windows Server 2008 R2 64 位企业版。

要确定正确的操作系统类型值，请参见中的 "LUN igroup Create" 和 "LUN Create" 两节 "[《集群模式 Data ONTAP 8.2 命令：手册页参考》](#)"。

"下一步：LUN 映射。"

LUN 映射

创建 LUN 时会为 MEDITECH 主机建立 LUN 映射。

Meditech 模块和组件

MEDITECH 应用程序涵盖多个模块和组件。下表列出了这些模块所涵盖的功能。有关追加

信息设置和部署这些模块的信息，请参见 MEDITECH 文档。

功能	Type
连接	• Web 服务器 • 实时应用程序服务器（Wi — Web 集成） • 测试应用程序服务器（Wi） • SAML 身份验证服务器（Wi） • SAML 代理服务器（Wi） • 数据库服务器
基础架构	• 文件服务器 • 后台作业客户端 • 连接服务器 • 事务服务器
扫描和归档	• 映像服务器
数据存储库	• SQL 服务器
业务和临床分析	• 实时智能服务器（BCA） • 测试智能服务器（BCA） • 数据库服务器（BCA）
家庭护理	• 远程站点解决方案 • 连接 • 基础架构 • 打印 • 现场设备 • 扫描 • 托管站点要求 • 防火墙配置
支持	• 后台作业客户端（CAL — 客户端访问许可证）
用户设备	• 平板电脑 • 固定设备

功能	Type
打印	• 实时网络打印服务器（必需；可能已存在） • 测试网络打印服务器（必需；可能已存在）
第三方要求	• 首款 Databank （ FDB ） 医疗知识框架 v4.3

致谢

以下人员为本指南的创建做出了贡献。

- NetApp 技术营销工程师布兰登·阿吉
- NetApp 技术营销工程师 Atul Bhalodia
- NetApp 高级产品经理 Ketan Mota
- NetApp 医疗保健解决方案架构师 John Duignan
- Cisco 公司 Jon Ebmeier
- Cisco 公司 Mike Brennan

从何处查找追加信息

要了解有关本文档所述信息的更多信息，请查看以下文档或网站：

FlexPod 设计区域

- ["FlexPod 设计区域"](#)
- ["使用 NetApp AFF ， vSphere 6.5U1 和 Cisco UCS Manager 的具有 FC 存储（ MDS 交换机）的 FlexPod 数据中心"](#)

NetApp 技术报告

- ["TR-3929：《重新分配最佳实践指南》"](#)
- ["TR-3987：适用于 InterSystems Cach 的 Snap Creator Framework 插件"](#)
- ["TR-4300i：《适用于 MEDITECH 环境的 NetApp FAS 和全闪存存储系统最佳实践指南》"](#)
- ["TR-4017：《FC SAN 最佳实践》"](#)
- ["TR-3446：《SnapMirror 异步概述和最佳实践指南》"](#)

ONTAP 文档

- ["NetApp 产品文档"](#)
- ["适用于 vSphere 的 Virtual Storage Console （ VSC ） 文档"](#)
- ["ONTAP 9 文档中心"](#):
 - ["适用于 ESXi 的 FC 快速指南"](#)

- "所有 ONTAP 9.3 文档":
 - "软件设置指南"
 - "磁盘和聚合高级指南"
 - "《 SAN 管理指南》"
 - "《 SAN 配置指南》"
 - "《适用于 Windows 的 FC 配置快速指南》"
 - "《 FC SAN 优化的 AFF 设置指南》"
 - "《 High-Availability 配置指南》"
 - "《逻辑存储管理指南》"
 - "性能管理高级指南"
 - "《 SMB/CIFS 配置高级指南》"
 - "SMB/CIFS 参考"
 - "数据保护高级指南"
 - "《数据保护磁带备份和恢复指南》"
 - "《 NetApp 加密高级指南》"
 - "《网络管理指南》"
 - "命令：《 ONTAP 9.3 手册页参考》"

《 Cisco Nexus ， MDS ， Cisco UCS 和 Cisco UCS Manager 指南》

- "Cisco UCS 服务器概述"
- "Cisco UCS 刀片式服务器概述"
- "Cisco UCS B200 M5 产品规格"
- "Cisco UCS Manager 概述"
- "Cisco UCS Manager 3.2 （ 3a ）基础架构捆绑包"（需要 Cisco.com 授权）
- "Cisco Nexus 9300 平台交换机"
- "Cisco MDS 9132T FC 交换机"

适用于医疗成像的 FlexPod

TR-4865 ： 适用于医疗成像的 FlexPod

NetApp 公司 Jaya Kishore Esanakula 和 Atul Bhalodia

医疗成像占医疗保健组织生成的所有数据的 70% 。随着数字模式的不断发展以及新模式的出现，数据量将继续增加。例如，从模拟病理学向数字病理学的过渡将大幅增加图像大小，这将挑战当前实施的任何数据管理策略。

COVID-19 显然重塑了数字化转型；据最近的一项调查显示 "report"， COVID-19 将数字商务加速了 5 年。问题

解决者推动的技术创新正在从根本上改变我们的日常生活方式。这一技术驱动的变革将彻底改变我们生活中的许多关键方面，包括医疗保健。

医疗保健行业有望在未来几年发生重大变化。COVID 正在加速医疗保健领域的创新，将推动行业发展至少几年。这一变化的核心是，需要在不影响可靠性的情况下提高医疗保健的经济性，可用性和可访问性，从而使医疗保健在处理流行病方面更加灵活。

这一医疗保健变革的基础是一个精心设计的平台。衡量平台的一个关键指标是，平台变更的实施是否容易。速度是新的扩展，数据保护不会受到影响。全球一些最关键的数据正由为临床医生提供支持的临床系统创建和使用。NetApp 已在临床医生需要的地方，内部，云端或混合环境中为患者提供关键数据。混合多云环境是当前 IT 架构最先进的环境。

众所周知，医疗保健是围绕提供商（医生，护士，放射科医生，医疗设备技术人员等）和患者进行的。随着我们将患者和提供商紧密联系在一起，使地理位置成为一个数据点，当提供商和患者需要时，提供底层平台变得更加重要。该平台必须长期高效且经济高效。他们努力降低患者护理成本，["负责的护理组织"](#)（ACoS）将通过一个高效的平台来实现。

对于医疗保健组织所使用的健康信息系统，构建与购买问题往往只涉及一个问题解答：购买。这可能是出于许多主观原因。多年的购买决策可以创建异构信息系统。每个系统都有一组特定的部署平台要求。最重要的问题描述是信息系统所需的多种大型存储协议和性能级别，这使得平台标准化和最佳运营效率成为一项重大挑战。医疗保健组织不能专注于任务关键型问题，因为它们的注意力分散在一些琐碎的运营需求上，例如需要多种技能和 SME 保留能力的大型平台上。

这些挑战可分为以下几类：

- 异构存储需求
- 部门孤岛
- IT 运营复杂性
- 云连接
- 网络安全
- 人工智能和深度学习

借助 FlexPod，您可以从一个平台获得一个支持 FC，FCoE，iSCSI，NFS/pNFS，SMB/CIFS 等的平台。人员，流程和技术是 FlexPod 设计和构建的基因的一部分。FlexPod 自适应 QoS 可在同一底层 FlexPod 平台上支持多个任务关键型临床系统，从而有助于细分部门孤岛。FlexPod 已通过 FedRAMP 认证和 FIPS 140-2 认证。此外，医疗保健组织还面临着人工智能和深度学习等机会。FlexPod 和 NetApp 解决了这些难题，并在标准平台中的内部环境或混合多云环境中按需提供数据。有关详细信息和一系列客户成功案例，请参见 ["FlexPod 医疗保健"](#)。

典型的医学影像信息和 PACS 系统具有以下功能集：

- 接收和注册
- 计划
- 映像
- 记录
- 管理
- 数据交换

- 映像归档
- 为技术人员提供图像查看功能，用于图像采集和读取，并为临床医生提供图像查看功能

在成像方面，医疗保健部门正在努力解决以下临床挑战：

- 更广泛地采用 **"自然语言处理"**（NLP）辅助技术人员和医生执行图像读取。放射部门可以从语音识别到记录报告中受益。NLP 可用于识别患者的记录并将其匿名化，尤其是嵌入在 Dicom 图像中的 Dicom 标记。NLP 功能需要高性能平台以及低延迟响应时间来处理映像。FlexPod QoS 不仅可以提供高性能，还可以为未来的增长提供成熟的容量预测。
- ACoS 和社区健康组织更广泛地采用标准化的临床途径和协议。以往，临床路径一直是一组静态准则，而不是一个用于指导临床决策的集成工作流。随着 NLP 和图像处理的进步，可以将图像中的 Dicom 标记作为事实集成到临床路径中，以推动临床决策。因此，这些流程需要底层基础架构平台和存储系统的高性能，低延迟和高吞吐量。
- 利用卷积神经网络的 ML 模型可以实时实现图像处理功能的自动化，因此需要支持 GPU 的基础架构。FlexPod 提供了内置于同一系统中的 CPU 和 GPU 计算组件，并且 CPU 和 GPU 可以彼此独立扩展。
- 如果在临床最佳实践建议中将 Dicom 标记用作事实，则系统必须以低延迟和高吞吐量执行更多的 Dicom 项目读取。
- 在评估图像时，各组织的放射科医生之间的实时协作要求最终用户计算设备中具有高性能的图形处理能力。NetApp 提供行业领先的 VDI 解决方案，这些解决方案专为高端图形使用情形而设计并经过验证。有关详细信息，请参见 ["此处"](#)。
- 在整个 ACO 运行状况组织中，无论映像的记录系统如何，都可以使用一个平台来管理图像和介质，方法是使用医学数字成像和通信等协议（**"Dicom"**）和对持续使用 DICOM- 的对象的 Web 访问（**"WADO"**）
- 运行状况信息交换（**"HIE"**）包括消息中嵌入的图像。
- 移动设备，例如手持式，无线扫描设备（例如，连接到手机的便携手持式超声波扫描仪），需要一个强大的网络基础架构，在边缘，核心和云端都具有 DoD 级别的安全性，可靠性和延迟。["NetApp 支持的数据网络结构"](#) 为企业大规模提供此功能。
- 较新的模式具有指数级存储需求；例如，CT 和 MRI 对于每个模式都需要几百 MB 的容量，但数字病理学图像（包括整个幻灯片成像）的大小可能只有几 GB。FlexPod 采用设计 **"性能，可靠性和扩展是基本特征"**。

精心设计的医疗成像系统平台是创新的核心。FlexPod 架构提供灵活的计算和存储功能以及行业领先的存储效率。

解决方案的整体优势

通过在 FlexPod 架构基础上运行映像应用程序环境，您的医疗保健组织可以看到员工工作效率的提高以及资本和运营支出的降低。FlexPod 提供经过严格测试，预先验证和融合的产品，经过精心设计和设计，可提供可预测的低延迟系统性能和高可用性。这种方法可为医疗成像系统的用户带来较高的舒适程度，并最终实现最佳的响应时间。

映像系统的不同组件可能需要将数据存储于 SMB/CIFS，NFS，ext4 或 NTFS 文件系统中。这一要求意味着基础架构必须通过 NFS，SMB/CIFS 和 SAN 协议提供数据访问。一个 NetApp 存储系统可以支持 NFS，SMB/CIFS 和 SAN 协议，因此不再需要传统的协议专用存储系统。

FlexPod 基础架构是一个模块化，融合，虚拟化，可扩展（横向扩展和纵向扩展）且经济高效的平台。借助 FlexPod 平台，您可以独立横向扩展计算，网络和存储，加快应用程序部署速度。模块化架构支持无中断运行，即使在系统横向扩展和升级活动期间也是如此。

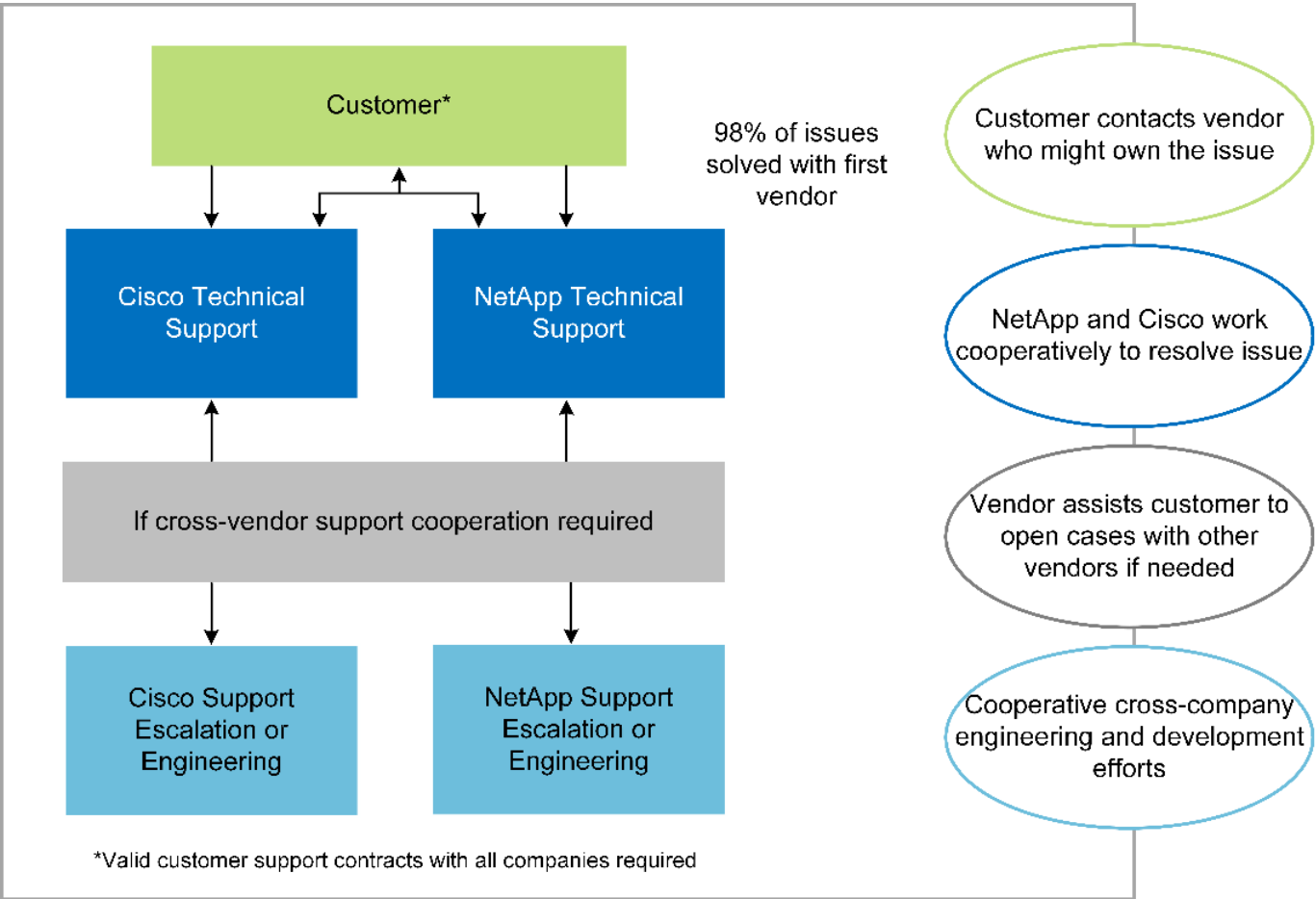
FlexPod 提供了医疗成像行业特有的多项优势：

- * 低延迟系统性能。* 放射科医生时间是一种高价值资源，高效利用放射科医生的时间至关重要。等待图像或视频加载可能会导致临床医生突发，并可能影响临床医生的效率和患者安全。
- * 模块化架构。* FlexPod 组件通过集群服务器，存储管理网络结构和综合管理工具集进行连接。随着成像设施的逐年增长以及研究次数的增加，底层基础架构也需要相应地进行扩展。FlexPod 可以独立扩展计算，存储和网络。
- * 更快地部署基础架构。* 无论位于现有数据中心还是远程位置，FlexPod 数据中心与医疗成像的集成和测试设计都能帮助您以更少的工作量在更短的时间内启动和运行新基础架构。
- * 加速应用程序部署。* 经过预先验证的架构可减少任何工作负载的实施集成时间和风险，NetApp 技术可自动部署基础架构。无论您是使用解决方案首次推出医疗映像，硬件更新还是扩展，您都可以将更多资源转移到项目的业务价值上。
- * 简化操作并降低成本。* 您可以将原有专有平台替换为更高效，可扩展的共享资源，以满足工作负载的动态需求，从而消除其成本和复杂性。此解决方案可提高基础架构资源利用率，从而提高投资回报率（ROI）。
- * 横向扩展架构。* 您无需重新配置正在运行的应用程序，即可将 SAN 和 NAS 从 TB 扩展到数十 PB。
- * 无中断运行。* 您可以在不中断业务的情况下执行存储维护，硬件生命周期操作和软件升级。
- * 安全多租户。* 此优势可满足日益增长的虚拟化服务器和存储共享基础架构需求，从而可以安全地多租户特定于设施的信息，尤其是在托管多个数据库和软件实例时。
- * 池化资源优化。* 此优势可帮助您减少物理服务器和存储控制器数量，负载均衡工作负载需求并提高利用率，同时提高性能。
- * 服务质量（QoS）。* FlexPod 可在整个堆栈上提供 QoS。这些行业领先的 QoS 存储策略可在共享环境中提供不同的服务级别。这些策略有助于优化工作负载的性能，并有助于隔离和控制失控的应用程序。
- * 使用 QoS 支持存储层 SLA。* 您不必为医疗映像环境通常需要的不同存储层部署不同的存储系统。一个存储集群包含多个 NetApp FlexVol 卷，并为不同的层提供特定的 QoS 策略，即可实现这一目的。通过这种方法，可以动态满足特定存储层不断变化的需求来共享存储基础架构。NetApp AFF 可以通过在 FlexVol 卷级别启用 QoS 来支持不同的存储层 SLA，从而无需为应用程序的不同存储层使用不同的存储系统。
- * 存储效率。* 医疗映像通常由映像应用程序预先压缩为 jpeg2k 无损压缩，压缩率约为 2.5 : 1。但是，这是特定于映像应用程序和供应商的。在大型成像应用程序环境（大于 1 PB）中，可以节省 5-10% 的存储空间，您可以利用 NetApp 存储效率功能降低存储成本。与您的映像应用程序供应商和 NetApp 主题专家合作，释放您的医疗映像系统潜在的存储效率。
- * 灵活性。* 借助 FlexPod 系统提供的行业领先的工作流自动化，流程编排和管理工具，您的 IT 团队可以更快速地响应业务请求。这些业务请求包括医疗映像备份和配置额外的测试和培训环境，以及为人口健康管理计划复制分析数据库等。
- * 工作效率更高。* 您可以快速部署和扩展此解决方案，以获得最佳临床医生最终用户体验。
- * Data Fabric。* 由 NetApp 提供支持的数据 Fabric 可以跨站点，跨物理边界和跨应用程序将数据集于一体。NetApp 支持的数据 Fabric 专为以数据为中心的世界中的数据驱动型企业而构建。数据在多个位置创建和使用，通常需要利用并与其他位置，应用程序和基础架构共享。因此，您需要一种一致且集成的方式来管理它。此解决方案提供了一种数据管理方式，可让您的 IT 团队掌控一切，并简化日益增加的 IT 复杂性。
- * FabricPool。* NetApp ONTAP FabricPool 有助于降低存储成本，而不会影响性能、效率、安全性或保护。FabricPool 对企业级应用程序是透明的，它可以降低存储 TCO，而无需重新构建应用程序基础架构，从而充分利用云效率。FlexPod 可以从 FabricPool 的存储分层功能中受益，从而更高效地利用 ONTAP 闪存存储。有关完整信息，请参见["采用 FabricPool 的 FlexPod"](#)。
- * FlexPod 安全性。* 安全性是 FlexPod 的基础。在过去几年中，勒索软件已成为一种日益严重的威胁。勒索软件是一种基于密码病毒的恶意软件，它使用加密技术构建恶意软件。此恶意软件可以使用对称密钥加密和非对称密钥加密来锁定受影响的数据，并要求勒索以提供密钥来对数据进行解密。要了解 FlexPod 如何帮助缓解勒索软件等威胁，请参见["解决方案到勒索软件"](#)。FlexPod 基础架构组件也符合[（FIPS） 140-2](#)符合联邦

信息处理标准。

- * FlexPod 合作支持。 * NetApp 和 Cisco 建立了 FlexPod 合作支持，这是一种强大，可扩展且灵活的支持模式，可满足 FlexPod 融合基础架构的独特支持要求。此模式结合了 NetApp 和 Cisco 的经验，资源和技术支持专业知识，可简化识别和解决 FlexPod 支持问题描述的流程，而无论问题位于何处。FlexPod 合作支持模式有助于确认您的 FlexPod 系统运行效率高，并受益于最新技术，同时还可以提供经验丰富的团队来帮助解决集成问题。

如果您的医疗保健组织运行业务关键型应用程序， FlexPod 合作支持就显得尤为重要。下图显示了 FlexPod 合作支持模式的概述。



范围

本文档从技术角度概述了用于托管此医疗成像解决方案的 Cisco 统一计算系统（ Cisco UCS ）和基于 NetApp ONTAP 的 FlexPod 基础架构。

audience

本文档面向医疗保健行业的技术主管以及 Cisco 和 NetApp 合作伙伴解决方案工程师和专业服务人员。NetApp 假定读者已很好地了解计算和存储规模估算概念，并在技术上熟悉医疗成像系统， Cisco UCS 和 NetApp 存储系统。

医学影像应用程序

典型的医疗成像应用程序提供了一套应用程序，这些应用程序共同构成了适合中小型和大型医疗保健组织的企业

级成像解决方案。

该产品套件的核心是以下临床功能：

- 企业映像存储库
- 支持传统图像源，例如放射学和心脏病学。此外，还支持其他护理领域，例如眼科，皮肤科，柱镜检查以及照片和视频等其他医学影像对象。
- "图片归档和通信系统"（PACS），这是一种计算机手段，用于取代传统辐射胶片的角色
- 企业级映像供应商中立归档（VNA）：
 - 可扩展地整合了 Dicom 和非 Dicom 文档
 - 集中式医疗成像系统
 - 支持企业中多个（CRS）之间的文档同步和数据完整性
 - 通过基于规则的专家系统进行文档生命周期管理，利用文档元数据，例如：
 - 设备类型
 - 研究年限
 - 患者年龄（当前和图像采集时）
 - 企业内部和外部单点集成（HIE）：
 - 上下文感知文档链接
 - Health Level Seven International（HL7），Dicom 和 WADO
 - 与存储无关的归档功能
- 与使用了 HL7 和上下文感知链接的其他运行状况信息系统集成：
 - 使 EHRs 能够通过患者图表，成像工作流等实现与患者图像的直接链接。
 - 帮助将患者的纵向护理图像历史记录嵌入到 EHRs 中。
- 放射科技术人员工作流
- 企业级零占用空间查看器，可在任何功能强大的设备上从任意位置查看图像
- 利用可追溯性和实时数据的分析工具：
 - 合规性报告
 - 操作报告
 - 质量控制和质量保证报告

医疗保健组织的规模和平台规模估算

医疗保健组织可以采用基于标准的方法进行广泛分类，从而为 ACO 等计划提供帮助。其中一种分类采用临床集成网络（CIN）的概念。如果一组医院相互协作并遵循成熟的标准临床协议和途径来提高护理价值并降低患者成本，则可以称为 CIN。CIN 中的医院对遵循 CIN 核心值的机上医生实施控制和实践。传统上，集成交付网络（IDN）仅限于医院和医生组。一个 CIN 跨越传统的 IDN 边界，一个 CIN 仍可属于一个 ACO。根据 CIN 的原则，医疗保健组织可以分为小型，中型和大型。

小型医疗保健组织

如果医疗保健机构仅包括一家医院，并设有门诊和住院部门，则该机构规模较小，但不属于 CIN。医生作为护理人员，在整个护理过程中协调患者护理。这些小型组织通常包括由医生运营的设施。他们可能会或不会将紧急和精神创伤护理作为患者的综合护理。通常，一家小型医疗保健组织每年执行大约 25 万次临床成像研究。成像中心被视为小型医疗保健组织，它们提供成像服务。有些组织还向其他组织提供放射科口授服务。

中型医疗保健组织

如果医疗保健组织包含多个医院系统，并以以下组织为重点，则视为中型组织：

- 成人护理诊所和成人住院医院
- 人力和交付部门
- 儿童护理诊所和儿童住院医院
- 癌症治疗中心
- 成人紧急部门
- 儿童紧急部门
- 家庭医学和初级护理办公室
- 一个成人精神创伤护理中心
- 儿童精神创伤护理中心

在中型医疗保健组织中，医生遵循 CIN 的原则，并作为一个整体运行。医院具有单独的医院，医生和药房计费功能。医院可能与学术研究机构有联系，并进行介入临床研究和试验。一家中型医疗保健组织每年执行多达 500,000 次临床成像研究。

大型医疗保健组织

如果医疗保健组织具备中型医疗保健组织的特征，并向位于多个地理位置的社区提供中型临床功能，则该组织就会被视为大型组织。

大型医疗保健组织通常执行以下功能：

- 设有一个中央办公室来管理整体职能
- 与其他医院合作
- 每年与付款方组织协商费率
- 按州和地区协商付款人费率
- 参与有意义的使用（MU）计划
- 使用基于标准的人口健康管理（PHM）工具对人口健康组执行高级临床研究
- 每年执行多达 100 万次临床成像研究

一些参与 CIN 的大型医疗保健组织也具有基于 AI 的成像读取功能。这些组织通常每年执行 100 万到 200 万次临床成像研究。

在了解这些规模不同的组织如何转换为规模最佳的 FlexPod 系统之前，您应了解各种 FlexPod 组件以及 FlexPod 系统的不同功能。

Cisco Unified Computing System

Cisco UCS 由一个与统一 I/O 基础架构互连的管理域组成。适用于医疗成像环境的 Cisco UCS 已与 NetApp 医疗成像系统基础架构建议和最佳实践保持一致，以便该基础架构能够提供关键的患者信息并最大限度地提高可用性。

企业级医疗成像的计算基础是 Cisco UCS 技术，它具有集成的系统管理，Intel Xeon 处理器和服务器虚拟化功能。这些集成技术可以解决数据中心的难题，并帮助您通过典型的医疗成像系统实现数据中心设计目标。Cisco UCS 将 LAN，SAN 和系统管理统一为一个简化的链路，用于连接机架式服务器，刀片式服务器和虚拟机（VM）。Cisco UCS 由一对冗余 Cisco UCS 互联阵列组成，可为所有 I/O 流量提供单点管理和单点控制。

Cisco UCS 使用服务配置文件，以便正确一致地配置 Cisco UCS 基础架构中的虚拟服务器。服务配置文件包括有关服务器标识的关键服务器信息，例如 LAN 和 SAN 寻址，I/O 配置，固件版本，启动顺序，网络虚拟 LAN（VLAN），物理端口和 QoS 策略。可以在几分钟内动态创建服务配置文件并将其与系统中的任何物理服务器关联，而无需花费数小时或数天的时间。将服务配置文件与物理服务器关联起来是一项简单的操作，可以在环境中的服务器之间迁移身份，而无需更改任何物理配置。此外，它还有助于快速裸机配置故障服务器的更换件。

使用服务配置文件有助于确认服务器在整个企业中的配置是否一致。使用多个 Cisco UCS 管理域时，Cisco UCS Central 可以使用全局服务配置文件在域之间同步配置和策略信息。如果必须在一个域中执行维护，则可以将虚拟基础架构迁移到另一个域。通过这种方法，即使一个域脱机，应用程序也会继续以高可用性运行。

Cisco UCS 是适用于刀片式服务器和机架式服务器计算的下一代解决方案。该系统将低延迟，无损的 40GbE 统一网络结构与企业级 x86 架构服务器集成在一起。该系统是一个集成的可扩展多机箱平台，其中所有资源都属于一个统一的管理域。Cisco UCS 可通过对虚拟化和非虚拟化系统的端到端配置和迁移支持，轻松，可靠，安全地加快新服务的交付。Cisco UCS 提供以下功能：

- 全面的管理
- 彻底简化
- 高性能

Cisco UCS 包含以下组件：

- * 计算。* 该系统基于全新的计算系统，该系统采用基于 Intel Xeon 可扩展处理器产品系列的机架式服务器和刀片式服务器。
- * 网络。* 该系统集成到低延迟，无损，40Gbps 统一网络结构中。这一网络基础整合了 LAN，SAN 和高性能计算网络，这些网络目前是独立的网络。统一网络结构可减少网络适配器，交换机和缆线的数量，并降低电耗和散热需求，从而降低成本。
- * 虚拟化。* 系统通过增强虚拟环境的可扩展性，性能和操作控制，充分发挥虚拟化的潜能。Cisco 安全性，策略实施和诊断功能现已扩展到虚拟化环境中，以更好地支持不断变化的业务和 IT 需求。
- * 存储访问。* 系统可通过统一网络结构对 SAN 存储和 NAS 进行整合访问。它也是软件定义存储的理想系统。通过将一个框架的优势相结合，在一个窗格中管理计算和存储服务器，可以在需要时实施 QoS，以便在系统中注入 I/O 限制。此外，您的服务器管理员还可以为存储资源预先分配存储访问策略，从而简化存储连接和管理，并有助于提高工作效率。除了外部存储之外，机架和刀片式服务器都具有内部存储，可通过内置硬件 RAID 控制器访问这些存储。通过在 Cisco UCS Manager 中设置存储配置文件和磁盘配置策略，主机操作系统和应用程序数据的存储需求将由用户定义的 RAID 组来满足。因此，可用性高，性能更好。
- * 管理。* 系统可唯一集成所有系统组件，以便 Cisco UCS Manager 将整个解决方案作为一个实体进行管理。为了管理所有系统配置和操作，Cisco UCS Manager 提供了一个直观的 GUI，一个 CLI 以及一个基于强大 API 构建的适用于 Microsoft Windows PowerShell 的功能强大的脚本库模块。

Cisco Unified Computing System 将访问层网络和服务器结合使用。这款高性能下一代服务器系统为您的数据中心提供了高度的工作负载灵活性和可扩展性。

Cisco UCS Manager

Cisco UCS Manager 可为 Cisco UCS 中的所有软件和硬件组件提供统一的嵌入式管理。通过使用单连接技术，UCS Manager 可以管理、控制和管理数千个 VM 的多个机箱。通过直观的 GUI，CLI 或 XML API，管理员可以使用该软件将整个 Cisco UCS 作为一个逻辑实体进行管理。Cisco UCS Manager 位于一对 Cisco UCS 6300 系列互联阵列上，这些互联阵列使用集群模式主动 - 备用配置来实现高可用性。

Cisco UCS Manager 提供了一个统一的嵌入式管理界面，可将您的服务器、网络 and 存储集成在一起。Cisco UCS Manager 会执行自动发现，以检测您添加或更改的系统组件的清单，管理和配置这些组件。它提供了一组用于第三方集成的完整 XML API，并提供了 9,000 个集成点。此外，它还有助于自定义开发，以实现自动化，流程编排，并实现更高水平的系统可见性和控制。

服务配置文件既有利于虚拟化环境，也有利于非虚拟化环境。它们可以提高非虚拟化服务器的移动性，例如在将工作负载从服务器移动到服务器时，或者在使服务器脱机以进行服务或升级时。此外，您还可以将配置文件与虚拟化集群结合使用，以便轻松地将新资源联机，从而完善现有的 VM 移动性。

有关 Cisco UCS Manager 的详细信息，请参见 ["Cisco UCS Manager 产品页面"](#)。

Cisco UCS 的差异化优势

Cisco Unified Computing System 正在彻底改变数据中心服务器的管理方式。请参见以下 Cisco UCS 和 Cisco UCS Manager 的独特优势：

- **嵌入式管理。** * 在 Cisco UCS 中，服务器由互联阵列中的嵌入式固件管理，因此无需任何外部物理或虚拟设备来管理它们。
- **统一网络结构。** * 在 Cisco UCS 中，从刀片式服务器机箱或机架服务器到互联阵列，一根以太网缆线用于传输 LAN，SAN 和管理流量。这种融合 I/O 可减少所需的缆线，SFP 和适配器数量，进而降低整个解决方案的资本和运营支出。
- **自动发现。** * 只需将刀片式服务器插入机箱或将机架服务器连接到互联阵列，即可自动发现和清点计算资源，无需任何管理干预。统一网络结构和自动发现相结合，可实现 Cisco UCS 的线一次架构，在该架构中，可以轻松扩展计算功能，同时保持与 LAN，SAN 和管理网络的现有外部连接。
- **基于策略的资源分类。** * 如果 Cisco UCS Manager 发现计算资源，则可以根据您定义的策略将其自动分类到给定资源池。此功能在多租户云计算中非常有用。
- **机架和刀片式服务器管理相结合。** * Cisco UCS Manager 可以在同一 Cisco UCS 域下管理 B 系列刀片式服务器和 C 系列机架式服务器。此功能以及无状态计算使计算资源真正不受硬件外形因素的限制。
- **基于模型的管理架构。** * Cisco UCS Manager 架构和管理数据库是基于模型和数据驱动的。通过提供的开放式 XML API 可在管理模式上运行，可以轻松、可扩展地将 Cisco UCS Manager 与其他管理系统集成在一起。
- **策略、池和模板。** * Cisco UCS Manager 中的管理方法基于定义策略、池和模板，而不是混乱的配置。它支持采用简单、松散耦合的数据驱动方法来管理计算、网络 and 存储资源。
- **参考完整性松散。** * 在 Cisco UCS Manager 中，服务配置文件、端口配置文件或策略可以引用其他策略或引用完整性松散的其他逻辑资源。在编写转介策略时，不能存在转介策略，但即使其他策略正在引用转介策略，也可以删除该转介策略。通过此功能，不同的主题专家可以彼此独立工作。您可以通过让来自不同领域的不同专家（例如网络、存储、安全、服务器和虚拟化）共同完成一项复杂任务来获得极大的灵活性。
- **策略解析。** * 在 Cisco UCS Manager 中，您可以创建组织单位层次结构的树结构，以模拟实际租户和组织关系。您可以在组织层次结构的不同级别定义各种策略、池和模板。按名称引用其他策略的策略将在策略匹配最接近的组织层次结构中进行解析。如果在根组织的层次结构中未找到具有特定名称的策略，则会搜索名

为 "defaultion" 的特殊策略。这种策略解决实践可实现易于自动化的管理 API ，并为不同组织的所有者提供极大的灵活性。

- * 服务配置文件和无状态计算。 * 服务配置文件是服务器的逻辑表示，它包含服务器的各种身份和策略。您可以将此逻辑服务器分配给任何物理计算资源，只要它满足资源要求即可。无状态计算支持在几分钟内采购服务器，而在传统服务器管理系统中，这种情况过去需要数天时间。
- * 内置多租户支持。 * 策略，池，模板，松散的引用完整性，组织层次结构中的策略解析以及基于服务配置文件的计算资源方法的组合，使得 Cisco UCS Manager 本质上有利于多租户环境，而这种环境通常在私有云和公有云中运行。
- * 扩展内存。 * 企业级 Cisco UCS B200 M5 刀片式服务器采用半宽刀片式外形，扩展了 Cisco Unified Computing System 产品组合的功能。Cisco UCS B200 M5 可利用最新 Intel Xeon 可扩展处理器 CPU 的强大功能，RAM 高达 3 TB 。此功能可以实现许多部署所需的巨大虚拟机与物理服务器比率，也可以使某些架构支持大数据等大内存操作。
- * 支持虚拟化的网络。 * Cisco Virtual Machine Fabric Extender （ VM-FEX ）技术可使访问网络层能够识别主机虚拟化。如果虚拟网络由网络管理员团队定义的端口配置文件管理，则这种感知可防止虚拟化对计算和网络域造成的影响。VM-FEX 还可以通过在硬件中执行切换来减轻虚拟机管理程序 CPU 的负载，从而使虚拟机管理程序 CPU 能够执行更多与虚拟化相关的任务。为了简化云管理，VM-FEX 技术与 VMware vCenter ， Linux 基于内核的虚拟机（ KVM ）和 Microsoft Hyper-V SR-IOV 完美集成。
- * 简化的 QoS 。 * 尽管 FC 和以太网已在 Cisco UCS 中融合，但对 QoS 和无损以太网的内置支持仍可实现无缝连接。通过在一个 GUI 面板中表示所有系统类，可在 Cisco UCS Manager 中简化网络 QoS 。

Cisco Nexus IP 和 MDS 交换机

Cisco Nexus 交换机和 Cisco MDS 多层控制器为您提供企业级连接和 SAN 整合。Cisco 多协议存储网络可提供以下灵活性和选项，帮助您降低业务风险： FC ， 光纤连接（ Fibre Connection ， Ficon ）， 以太网 FC （ FCoE ）， iSCSI 和 IP FC （ FCIP ）。

Cisco Nexus 交换机可在一个平台中提供最全面的数据中心网络功能集之一。它们可以为数据中心和园区核心提供高性能和高密度。此外，它们还为数据中心聚合，行尾和数据中心互连部署提供了一整套功能，可在一个具有高度弹性的模块化平台中实现。

Cisco UCS 可将计算资源与 Cisco Nexus 交换机和一个统一网络结构集成在一起，用于识别和处理不同类型的网络流量。此流量包括存储 I/O ， 流式桌面流量，管理以及对临床和业务应用程序的访问。您可以获得以下功能：

- * 基础架构可扩展性。 * 虚拟化，高效的电耗和散热，自动化的云扩展，高密度和高性能都支持高效的数据中心增长。
- * 操作连续性。 * 该设计集成了硬件， Cisco NX-OS 软件功能和管理功能，可支持零停机环境。
- * 传输灵活性。 * 借助这款经济高效的解决方案，您可以逐步采用新的网络技术。

Cisco UCS 与 Cisco Nexus 交换机和 MDS 多层控制器相结合，可为企业级医疗成像系统提供计算，网络和 SAN 连接解决方案。

NetApp 全闪存存储

运行 ONTAP 软件的 NetApp 存储可降低整体存储成本，同时提供医疗成像系统工作负载所需的低延迟读写响应时间和高 IOPS 。为了创建满足典型医疗成像系统要求的最佳存储系统， ONTAP 同时支持全闪存和混合存储配置。NetApp 闪存存储为像您这样的医疗成像系统客户提供了高性能和响应能力的关键组件，可支持延迟敏感型医疗成像系统操作。通过在一个集群中创建多个故障域， NetApp 技术还可以将生产环境与非生产环境隔离开来。此外， NetApp 还可以通过确保使用 ONTAP 最低 QoS 的工作负载的系统性能不低于某个级别来减少系统的性能问题。

ONTAP 软件的横向扩展架构可以灵活地适应各种 I/O 工作负载。为了提供临床应用程序所需的必要吞吐量和低延迟，并提供模块化横向扩展架构，ONTAP 架构通常使用全闪存配置。NetApp AFF 节点可以与混合（HDD 和闪存）存储节点组合在同一个横向扩展集群中，适用于存储高吞吐量的大型数据集。您可以将医疗成像系统环境从昂贵的 SSD 存储克隆，复制和备份到其他节点上更经济的 HDD 存储。借助 NetApp 支持云的存储和 NetApp 提供的数据网络结构，您可以备份到内部或云中的对象存储。

对于医学影像，ONTAP 已通过大多数领先的医学影像系统的验证。这意味着它已经过测试，可为医疗成像提供快速可靠的性能。此外，以下功能还可以简化管理，提高可用性和自动化程度，并减少所需的总存储量。

- * 卓越的性能。* NetApp AFF 解决方案与 NetApp FAS 产品系列的其他产品系列共享相同的统一存储架构，ONTAP 软件，管理界面，丰富的数据服务和高级功能集。全闪存介质与 ONTAP 的这种创新组合，可以为全闪存存储提供稳定一致的低延迟和高 IOPS，同时还可以使用行业领先的 ONTAP 软件。
- * 存储效率。* 您可以通过与 NetApp SME 合作来降低总容量需求，以了解此功能如何应用于您的特定医疗成像系统。
- * 节省空间的克隆。* 借助 FlexClone 功能，您的系统几乎可以即时创建克隆以支持备份和测试环境刷新。只有在进行更改后，这些克隆才会占用额外的存储空间。
- * 集成数据保护。* 完整的数据保护和灾难恢复功能可帮助您保护关键数据资产并提供灾难恢复。
- * 无中断运行。* 您可以执行升级和维护，而无需使数据脱机。
- * qos.* 存储 QoS 可帮助您限制潜在的抢占资源的工作负载。更重要的是，QoS 可以为关键工作负载（例如医疗成像系统的生产环境）提供最低性能保证，确保系统性能不会低于特定水平。通过限制争用，NetApp QoS 还可以减少与性能相关的问题。
- * Data Fabric。* 为了加速数字化转型，NetApp 提供的 Data Fabric 可简化并集成云和内部环境中的数据管理。它提供一致且集成的数据管理服务和应用程序，可提供卓越的数据可见性和洞察力，数据访问和控制以及数据保护和安全性。NetApp 与 AWS，Azure，Google Cloud 和 IBM Cloud 等大型公有云相集成，为您提供广泛的选择。

主机虚拟化—VMware vSphere

FlexPod 架构已通过行业领先的虚拟化平台 VMware vSphere 6.x 的验证。VMware ESXi 6.x 用于部署和运行 VM。vCenter Server 设备 6.x 用于管理 ESXi 主机和 VM。使用在 Cisco UCS B200 M5 刀片式服务器上运行的多个 ESXi 主机构成 VMware ESXi 集群。VMware ESXi 集群可对所有集群节点中的计算，内存和网络资源进行池化，并为集群上运行的 VM 提供一个弹性平台。VMware ESXi 集群功能，vSphere 高可用性和分布式资源计划程序（DRS）都有助于使 vSphere 集群承受故障的能力，并有助于在 VMware ESXi 主机之间分布资源。

NetApp 存储插件和 Cisco UCS 插件与 VMware vCenter 集成在一起，可为您所需的存储和计算资源提供操作工作流。

VMware ESXi 集群和 vCenter Server 为您提供了一个集中式平台，用于在 VM 中部署医疗映像环境。您的医疗保健组织可以放心地实现行业领先虚拟基础架构的所有优势，例如：

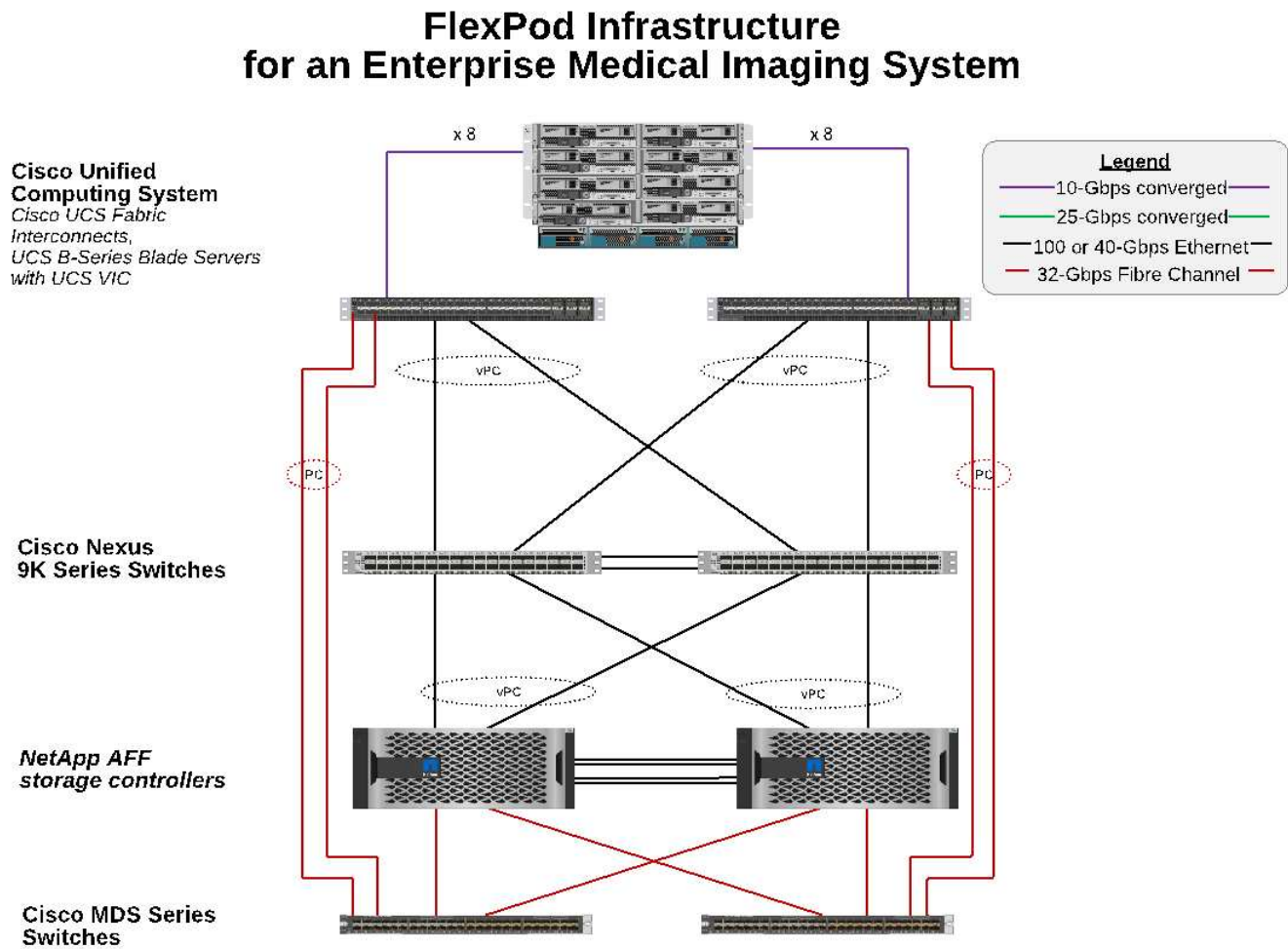
- * 部署简单。* 使用虚拟设备快速轻松地部署 vCenter Server。
- * 集中控制和可见性。* 从一个位置管理整个 vSphere 基础架构。
- * 主动式优化。* 分配，优化和迁移资源以实现最高效率。
- * 管理。* 使用功能强大的插件和工具简化管理并扩展控制。

架构

FlexPod 架构旨在在整个计算，网络和存储堆栈中的组件或链路发生故障时提供高可用

性。多个用于客户端访问和存储访问的网络路径可实现负载平衡并优化资源利用率。

下图显示了用于医疗成像系统解决方案部署的 16 Gb FC/40 Gb 以太网（40GbE）拓扑结构。



存储架构

使用本节中的存储架构准则为企业级医疗映像系统配置存储基础架构。

存储层

典型的企业级医疗成像环境由多个不同的存储层组成。每个层都有特定的性能和存储协议要求。NetApp 存储支持各种 RAID 技术；有关详细信息，请参见 ["此处"](#)。以下是 NetApp AFF 存储系统如何满足映像系统不同存储层的需求：

- * 性能存储（第 1 层）。* 此层可为数据库，操作系统驱动器，VMware 虚拟机文件系统（VMFS）数据存储库等提供高性能和高冗余。根据 ONTAP 中的配置，块 I/O 会通过光纤移动到 SSD 的共享存储阵列。最小延迟为 1 毫秒到 3 毫秒，偶尔峰值为 5 毫秒。此存储层通常用于短期存储缓存，通常用于 6 到 12 个月的映像存储，以便快速访问联机的 Dicom 映像。此层可为映像缓存，数据库备份等提供高性能和高冗余。NetApp 全闪存阵列可在持续带宽下提供低于 1 毫秒的延迟，远远低于典型企业级医疗成像环境所需的服务时间。NetApp ONTAP 既支持 RAID-TEC（三重奇偶校验 RAID，用于承受三个磁盘故障），也支持 RAID DP（双奇偶校验 RAID，用于承受两个磁盘故障）。

- * 归档存储（第 2 层）。* 此层用于典型的成本优化文件访问，较大卷的 RAID 5 或 RAID 6 存储以及长期低成本 / 性能归档。NetApp ONTAP 既支持 RAID-TEC（三重奇偶校验 RAID，用于承受三个磁盘故障），也支持 RAID DP（双奇偶校验 RAID，用于承受两个磁盘故障）。FlexPod 中的 NetApp FAS 支持通过 NFS/SMB 将应用程序 I/O 映像到 SAS 磁盘阵列。NetApp FAS 系统可在持续带宽下提供 ~10 毫秒的延迟，远远低于企业级医疗成像系统环境中存储层 2 的预期服务时间。

在混合云环境中，基于云的归档可用于使用 S3 或类似协议归档到公有云存储提供商。通过 NetApp SnapMirror 技术，可以将映像数据从全闪存或 FAS 阵列复制到基于磁盘的速度较慢的存储阵列或 Cloud Volumes ONTAP for AWS，Azure 或 Google Cloud。

NetApp SnapMirror 可提供行业领先的数据复制功能，通过统一数据复制帮助保护您的医疗映像系统。通过跨平台复制（从闪存到磁盘再到云）简化整个数据网络结构的数据保护管理：

- 在 NetApp 存储系统之间无缝高效地传输数据，以使用相同的目标卷和 I/O 流支持备份和灾难恢复。
- 故障转移到任何二级卷。从二级存储上的任何时间点 Snapshot 进行恢复。
- 利用零数据丢失同步复制（RPO=0）保护最关键的工作负载。
- 减少网络流量。通过高效运营减少存储占用空间。
- 仅传输更改的数据块，以减少网络流量。
- 在传输期间，保持主存储的存储效率优势，包括重复数据删除，数据压缩和数据缩减。
- 利用网络压缩提高实时效率。

有关详细信息，请参见 ["此处"](#)。

下表列出了典型医疗成像系统在特定延迟和吞吐量性能特征方面所需的每一层。

存储层	要求	NetApp 建议
1.	延迟 1 – 5 毫秒 35 – 500 Mbps 吞吐量	延迟小于 1 毫秒的 AFF 具有两个磁盘架的 AFF A300 高可用性（HA）对，可处理高达 ~1.6 GBps 的吞吐量
2.	内部归档	FAS，延迟长达 30 毫秒
	归档到云	SnapMirror 复制到 Cloud Volumes ONTAP 或使用 NetApp StorageGRID 软件进行备份归档

存储网络连接

FC 网络结构

- FC 网络结构用于从计算到存储的主机操作系统 I/O。
- 两个 FC 网络结构（阵列 A 和阵列 B）分别连接到 Cisco UCS 阵列 A 和 UCS 阵列 B。
- 每个控制器节点上都有一个具有两个 FC 逻辑接口（LIF）的 Storage Virtual Machine（SVM）。在每个节点上，一个 LIF 连接到阵列 A，另一个 LIF 连接到阵列 B
- 16 Gbps FC 端到端连接通过 Cisco MDS 交换机实现。一个启动程序，多个目标端口和分区均已配置。
- FC SAN 启动用于创建完全无状态计算。服务器从 AFF 存储集群上托管的启动卷中的 LUN 启动。

用于通过 iSCSI ， NFS 和 SMB/CIFS 进行存储访问的 IP 网络

- 每个控制器节点上的 SVM 中有两个 iSCSI LIF 。在每个节点上，一个 LIF 连接到阵列 A ，另一个 LIF 连接到阵列 B
- 每个控制器节点上的 SVM 中有两个 NAS 数据 LIF 。在每个节点上，一个 LIF 连接到阵列 A ，另一个 LIF 连接到阵列 B
- 存储端口接口组（虚拟端口通道 vPC ） ，用于连接到交换机 N9kA 的 10 Gbps 链路和连接到交换机 N9k-B 的 10 Gbps 链路
- 从 VM 到存储的 ext4 或 NTFS 文件系统的工作负载：
 - 基于 IP 的 iSCSI 协议。
- NFS 数据存储库中托管的 VM ：
 - VM OS I/O 通过 Nexus 交换机通过多个以太网路径。

带内管理（主动 - 被动绑定）

- 连接到管理交换机 N9kA 的 1 Gbps 链路，连接到管理交换机 N9k-B 的 1 Gbps 链路

备份和恢复

FlexPod 数据中心基于由 NetApp ONTAP 数据管理软件管理的存储阵列构建。ONTAP 软件经过 20 多年的发展，为 VM ， Oracle 数据库， SMB/CIFS 文件共享和 NFS 提供了许多数据管理功能。它还提供保护技术，例如 NetApp Snapshot 技术， SnapMirror 技术和 NetApp FlexClone 数据复制技术。NetApp SnapCenter 软件具有一个服务器和一个 GUI 客户端，可用于对 VM ， SMB/CIFS 文件共享， NFS 以及 Oracle 数据库备份和恢复使用 ONTAP Snapshot ， SnapRestore 和 FlexClone 功能。

NetApp SnapCenter 软件采用 "获得专利" Snapshot 技术，用于在 NetApp 存储卷上瞬时创建整个 VM 或 Oracle 数据库的备份。与 Oracle Recovery Manager （ RMAN ）相比， Snapshot 副本不需要完整的基线备份副本，因为它们不会存储为块的物理副本。创建 Snapshot 副本时， Snapshot 副本会作为指向 ONTAP WAFL 文件系统中存储块的指针进行存储。由于这种紧密的物理关系， Snapshot 副本会与原始数据保持在同一存储阵列上。您还可以在文件级别创建 Snapshot 副本，以便更精细地控制备份。

Snapshot 技术基于写入时重定向技术。它最初仅包含元数据指针，在首次将数据更改为存储块之前不会占用太多空间。如果现有块由 Snapshot 副本锁定，则 ONTAP WAFL 文件系统会将新块作为活动副本写入。这种方法可避免写入时更改技术发生的双写入。

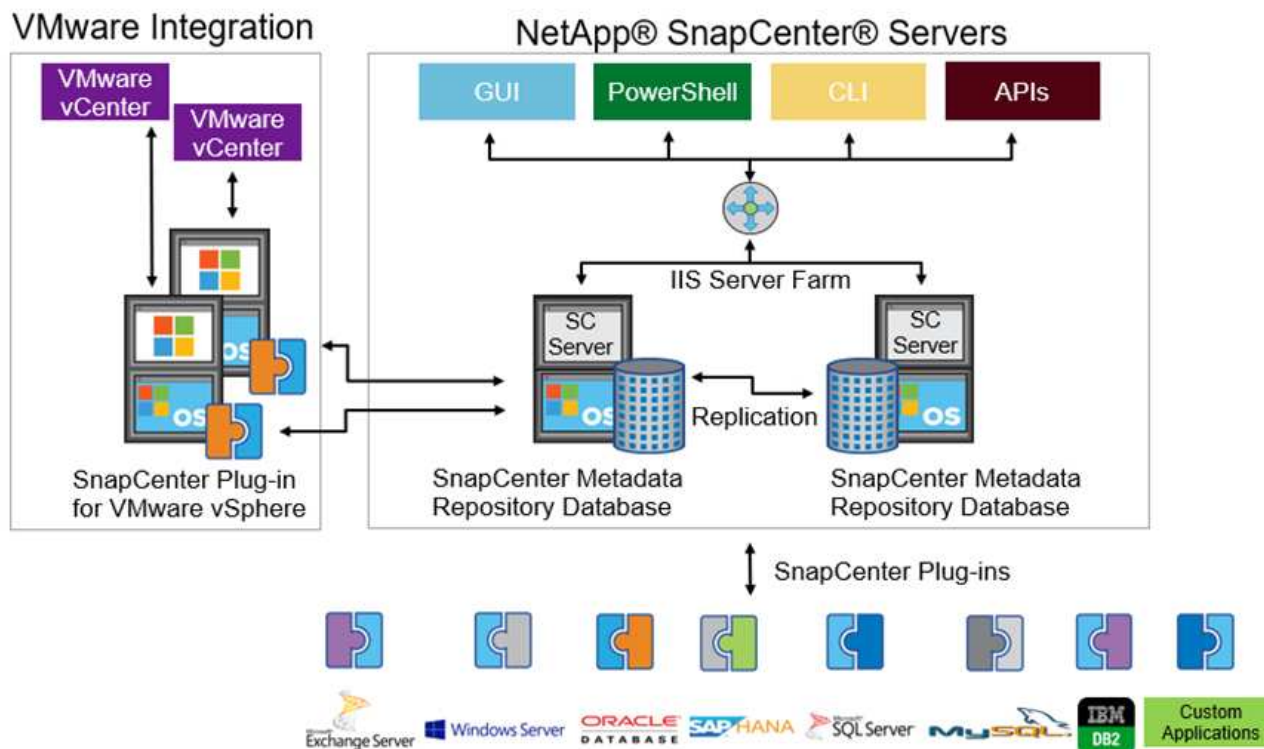
对于 Oracle 数据库备份， Snapshot 副本可节省大量时间。例如，单独使用 RMAN 需要 26 小时才能完成的备份可能需要不到 2 分钟才能使用 SnapCenter 软件完成。

由于数据还原不会复制任何数据块，而是会在创建 Snapshot 副本时将指针翻转到应用程序一致的 Snapshot 块映像，因此 Snapshot 备份副本几乎可以瞬时还原。SnapCenter 克隆会为现有 Snapshot 副本创建一个单独的元数据指针副本，并将新副本挂载到目标主机。此过程速度快，存储效率高。

下表总结了 Oracle RMAN 与 NetApp SnapCenter 软件之间的主要区别。

	备份	还原	克隆	需要完整备份	空间使用量	异地副本
RMAN	速度较慢	速度较慢	速度较慢	是的。	高	是的。
SnapCenter	快速	快速	快速	否	低	是的。

下图显示了 SnapCenter 架构。



全球数千家企业都在使用 NetApp MetroCluster 配置在数据中心内外实现高可用性（HA），零数据丢失和无中断运行。MetroCluster 是 ONTAP 软件的一项免费功能，用于在位于不同位置或故障域的两个 ONTAP 集群之间同步镜像数据和配置。MetroCluster 通过自动处理两个目标为应用程序提供持续可用的存储：零恢复点目标（RPO），通过同步镜像写入集群的数据。通过镜像配置和自动访问第二个站点的数据实现接近零恢复时间目标（RTO） MetroCluster 可在两个站点的两个独立集群之间自动镜像数据和配置，从而简化操作。由于存储是在一个集群中配置的，因此它会自动镜像到第二个站点的第二个集群。NetApp SyncMirror 技术可为所有数据提供一个完整副本，并且 RPO 为零。因此，一个站点的工作负载可以随时切换到另一个站点，并继续提供数据而不会丢失数据。有关详细信息，请参见 ["此处"](#)。

网络

一对 Cisco Nexus 交换机可为从计算到存储的 IP 流量以及医学影像系统图像查看器的外部客户端提供冗余路径：

- 使用端口通道和 vPC 的链路聚合可在整个系统中使用，从而实现更高带宽和高可用性的设计：
 - VPC 用于 NetApp 存储阵列和 Cisco Nexus 交换机之间。
 - VPC 用于 Cisco UCS 互联阵列和 Cisco Nexus 交换机之间。
 - 每台服务器都具有虚拟网络接口卡（Virtual Network Interface Card，vNIC），可通过冗余连接到统一网络结构。在互联阵列之间使用 NIC 故障转移来实现冗余。
 - 每个服务器都具有虚拟主机总线适配器（vHBA），并与统一网络结构建立冗余连接。
- Cisco UCS 互联阵列会按照建议配置在终端主机模式下，以便将 vNIC 动态固定到上行链路交换机。
- FC 存储网络由一对 Cisco MDS 交换机提供。

计算— Cisco Unified Computing System

通过不同互联阵列连接的两个 Cisco UCS 网络结构提供两个故障域。每个网络结构都连接到两个 IP 网络交换机和不同的 FC 网络交换机。

为了运行 VMware ESXi，系统会根据 FlexPod 最佳实践为每个 Cisco UCS 刀片式服务器创建相同的服务配置文件。每个服务配置文件应包含以下组件：

- 两个 vNIC（每个网络结构上一个），用于传输 NFS，SMB/CIFS 以及客户端或管理流量
- 为 vNIC 提供所需的其他 VLAN，以传输 NFS，SMB/CIFS 和客户端或管理流量
- 两个 vNIC（每个网络结构上一个），用于传输 iSCSI 流量
- 两个存储 FC HBA（每个网络结构上一个），用于向存储传输 FC 流量
- SAN 启动

虚拟化

VMware ESXi 主机集群运行工作负载 VM。集群包含在 Cisco UCS 刀片式服务器上运行的 ESXi 实例。

每个 ESXi 主机都包含以下网络组件：

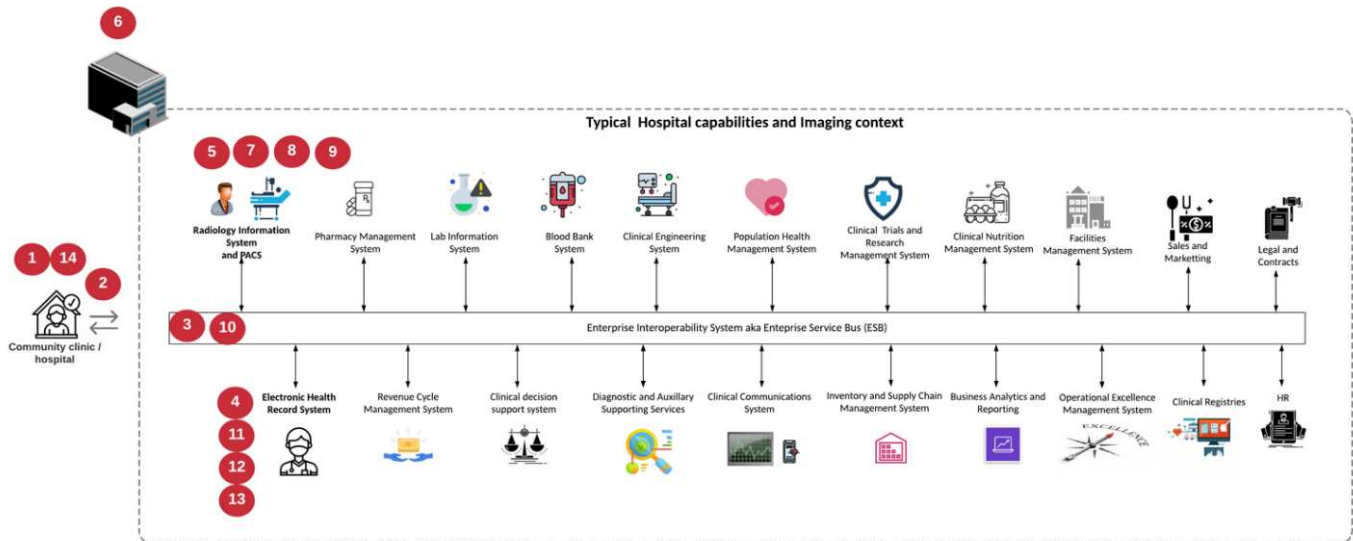
- 通过 FC 或 iSCSI 启动 SAN
- NetApp 存储上的启动 LUN（位于用于启动操作系统的专用 FlexVol 中）
- 两个 vmnic（Cisco UCS vNIC），用于 NFS，SMB/CIFS 或管理流量
- 两个存储 HBA（Cisco UCS FC vHBA），用于传输到存储的 FC 流量
- 标准交换机或分布式虚拟交换机（根据需要）
- 工作负载 VM 的 NFS 数据存储库
- 虚拟机的管理，客户端流量网络和存储网络端口组
- 用于管理，客户端流量和存储访问（NFS，iSCSI 或 SMB/CIFS）的网络适配器
- 已启用 VMware DRS
- 为存储的 FC 或 iSCSI 路径启用了原生多路径
- 已关闭虚拟机的 VMware 快照
- 为 VMware 部署的 NetApp SnapCenter 用于 VM 备份

医疗成像系统架构

在医疗保健组织中，医疗成像系统是关键应用程序，可与从患者注册到收入周期计费相关活动的临床工作流完美集成。

下图显示了典型大型医院涉及的各种系统；此图旨在在我们放大典型医疗成像系统的架构组件之前为医疗成像系统提供架构环境。工作流千差万别，并且因医院和使用情形而异。

下图显示了患者，社区诊所和大型医院环境下的医疗成像系统。



1. 患者前往社区诊所时出现症状。在咨询期间，社区医生会发出一个成像指令，该指令将以一条 HL7 顺序消息的形式发送到较大的医院。
2. 社区医生的 EHR 系统会向大型医院发送 "HL7 Order/ORD" 消息。
3. 企业互操作性系统（也称为企业服务总线（Enterprise Service Bus，ESB））处理订单消息并将订单消息发送到 EHR 系统。
4. EHR 将处理订单消息。如果不存在患者记录，则会创建新的患者记录。
5. EHR 会向医疗成像系统发送成像顺序。
6. 患者致电大医院预约成像。
7. 成像接收和注册台使用放射学信息或类似系统为患者安排成像预约。
8. 患者到达后将进行成像预约，此时将创建图像或视频并将其发送到 PACS。
9. 放射科医生使用支持高端 /GPU 图形的诊断查看器在 PACS 中读取这些图像并为这些图像添加标注。某些成像系统在映像工作流程中内置了人工智能（AI）效率提升功能。
10. 图像顺序结果将通过 ESB-发送到 EHR，形式为 Order Results HL7 ORU 消息。
11. EHR 会将顺序结果处理到患者的记录中，并将缩略图放置在可识别上下文的链接中以指向实际的 Dicom 图像。如果需要从 EHR 中获取更高分辨率的图像，医生可以启动诊断查看器。
12. 医生会查看该图像并将医生备注输入到患者记录中。医生可以使用临床决策支持系统来改进审核流程，并协助正确诊断患者。
13. 然后，EHR 系统会将订单结果以订单结果消息的形式发送到社区医院。此时，如果社区医院可以接收完整的映像，则该映像将通过 WADO 或 Dicom 发送。
14. 社区医生完成诊断，并为患者提供后续步骤。

典型的医疗成像系统使用 N 层架构。医疗成像系统的核心组件是一个用于托管各种应用程序组件的应用程序服务器。典型的应用程序服务器基于 Java 运行时或 C# .Net CLR-。大多数企业级医疗成像解决方案都使用 Oracle 数据库服务器，MS SQL Server 或 Sybase 作为主数据库。此外，某些企业医疗成像系统还使用数据库在一个地理区域内加速和缓存内容。某些企业医疗成像系统还会将 MongoDB，Redis 等 NoSQL 数据库与企业集成服务器结合使用，以便使用这些数据库作为 Dicom 接口和 / 或 API。

典型的医疗成像系统可为两组不同的用户提供对图像的访问权限：诊断用户 / 放射科医生或订购该图像的临床医生。

放射科医生通常使用支持图形的高端诊断查看器，这些查看器运行在物理或虚拟桌面基础架构中的高端计算和图形工作站上。如果您即将开始您的虚拟桌面基础架构之旅，请访问了解更多信息 ["此处"](#)。

当卡特里娜飓风毁坏了路易斯安那州两家主要教学医院时，各级领导者们聚集在一起，构建了一个弹性电子健康记录系统，在创纪录的时间内包含 3000 多个虚拟桌面。有关使用情形参考架构和 FlexPod 参考捆绑包的详细信息，请参见 ["此处"](#)。

临床医生主要通过两种方式访问图像：

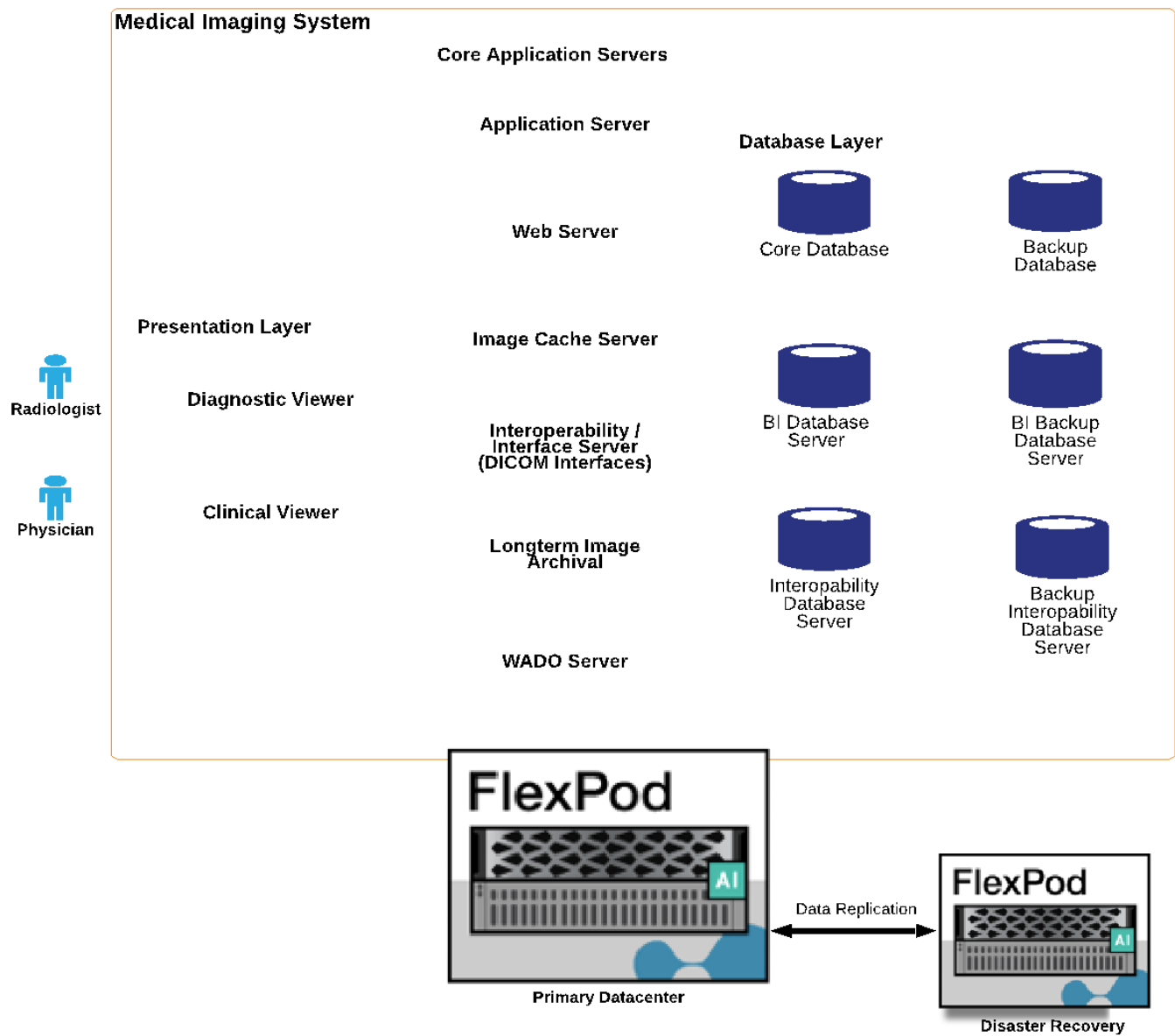
- 基于 Web 的访问。EHR 系统通常使用此功能将 PACS 图像嵌入为上下文感知链接，以链接形式存储到患者的电子病历（EMR）中，并可链接到成像 workflow，操作步骤 workflow，进度注释 workflow 等。此外，还可以通过基于 Web 的链接通过患者门户访问患者的图像。基于 Web 的访问使用一种称为上下文感知链接的技术模式。上下文感知链接可以是直接指向 Dicom 介质的静态链接 /URI，也可以是使用自定义宏动态生成的链接 /URI。
- 厚客户端。某些企业医疗系统还允许您使用基于厚客户端的方法来查看影像。您可以从患者 EMR 中启动厚客户端，也可以作为独立应用程序启动。

通过医学影像系统，可以访问一个由医生或加入 CIN 的医生参加的社区。典型的医疗成像系统包括一些组件，这些组件可以使您的医疗保健组织内外的其他医疗 IT 系统实现影像互操作性。社区医生可以通过基于 Web 的应用程序访问影像，也可以利用影像交换平台实现影像互操作性。影像交换平台通常使用 WADO 或 Dicom 作为底层影像交换协议。

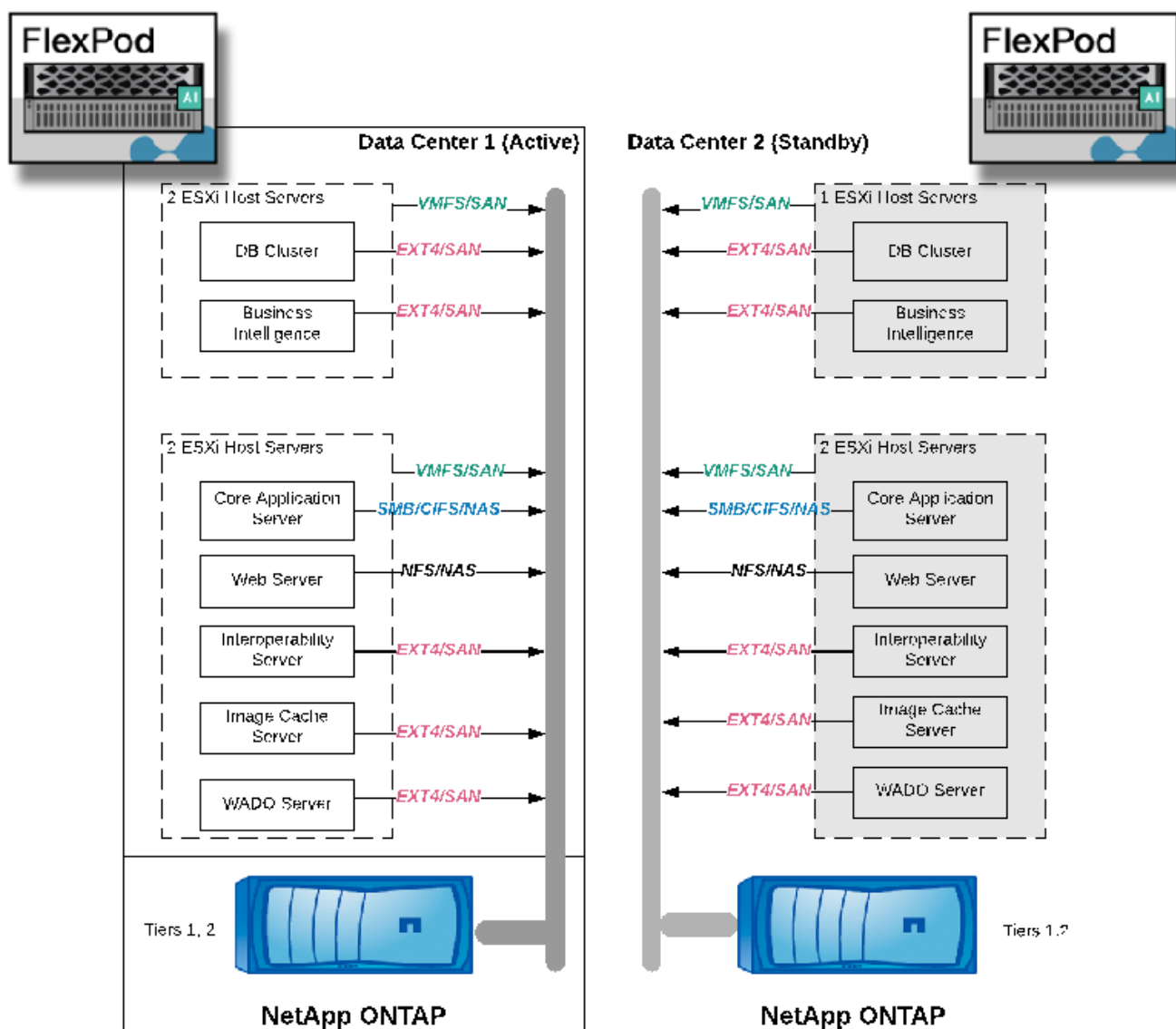
医学影像系统还可以支持需要在课堂上使用 PACS 或影像系统的学术医疗中心。为了支持学术活动，典型的医疗成像系统可以在占用空间较小的情况下拥有 PACS 系统的功能，也可以在仅供教学使用的成像环境中提供此功能。典型的供应商中立归档系统和一些企业级医疗成像系统提供了 "DICOM" 图像标记形态功能，可对用于教学目的的图像进行匿名化处理。标签形态使医疗保健组织能够以供应商中立的方式在不同供应商的医疗影像系统之间交换 Dicom 图像。此外，标记形态化还可以使医疗成像系统在企业范围内对医疗影像实施供应商中立的归档功能。

医学成像系统开始 ["基于 GPU 的计算功能"](#)通过预处理图像来增强人类工作流程、从而提高效率。典型的企业级医疗成像系统可利用行业领先的 NetApp 存储效率功能。企业级医疗成像系统通常使用 RMAN 执行备份，恢复和还原活动。为了提高性能并缩短创建备份所需的时间，可以使用 Snapshot 技术进行备份操作，并使用 SnapMirror 技术进行复制。

下图显示了分层架构视图中的逻辑应用程序组件。



下图显示了物理应用程序组件。



逻辑应用程序组件要求基础架构支持多种协议和文件系统。NetApp ONTAP 软件支持一组行业领先的协议和文件系统。

下表列出了应用程序组件，存储协议和文件系统要求。

应用程序组件	SAN/NAS	文件系统类型	存储层	复制类型
VMware 主机产品数据库	本地	SAN	VMFS	第 1 层
应用程序	VMware 主机产品数据库	代表	SAN	VMFS
第 1 层	应用程序	VMware 主机 prod 应用程序	本地	SAN
VMFS	第 1 层	应用程序	VMware 主机 prod 应用程序	代表
SAN	VMFS	第 1 层	应用程序	核心数据库服务器

应用程序组件	SAN/NAS	文件系统类型	存储层	复制类型
SAN	ext4	第 1 层	应用程序	备份数据库服务器
SAN	ext4	第 1 层	无	映像缓存服务器
NAS	SMB/CIFS	第 1 层	无	归档服务器
NAS	SMB/CIFS	第 2 层	应用程序	Web 服务器
NAS	SMB/CIFS	第 1 层	无	WADO 服务器
SAN	NFS	第 1 层	应用程序	业务智能服务器
SAN	NTFS	第 1 层	应用程序	业务智能备份
SAN	NTFS	第 1 层	应用程序	互操作性服务器
SAN	ext4	第 1 层	应用程序	互操作性数据库服务器

解决方案基础架构硬件和软件组件

下表分别列出了医疗成像系统的 FlexPod 基础架构的硬件和软件组件。

层	产品系列	数量和型号	详细信息
计算	Cisco UCS 5108 机箱	1 或 2	根据支持年度研究数量所需的刀片式服务器数量
	Cisco UCS 刀片式服务器	B200 M5	刀片式服务器数量，根据每年的研究次数计算，每个研究中有 2 个或 20 个以上的核心，2.7 GHz 和 128-384 GB RAM
	Cisco UCS 虚拟接口卡（VIC）	Cisco UCS 1440	请参见
	2 个 Cisco UCS 互联阵列	6454 或更高版本	—
网络	Cisco Nexus 交换机	2 个 Cisco Nexus 3000 系列或 9000 系列	—
存储网络	用于通过 SMB/CIFS，NFS 或 iSCSI 协议进行存储访问的 IP 网络	与上述相同的网络交换机	—
	通过 FC 进行存储访问	2 个 Cisco MDS 9132T	—
存储	NetApp AFF A400 全闪存存储系统	1 个或多个 HA 对	包含两个或更多节点的集群
	磁盘架	1 个或多个 DS224C 或 NS224 磁盘架	已完全填充 24 个驱动器
	SSD	大于 24，1.2 TB 或更大的容量	—

软件	产品系列	版本或版本	详细信息
企业级医疗成像系统	MS SQL 或 Oracle 数据库服务器	按照医疗成像系统供应商的建议	
	没有像 MongoDB Server 这样的 SQL 数据库	按照医疗成像系统供应商的建议	
	应用程序服务器	按照医疗成像系统供应商的建议	
	集成服务器（MS BizTalk，MuleSoft，Rhapsody，Tibco）	按照医疗成像系统供应商的建议	
	虚拟机	Linux（64 位）	
	虚拟机	Windows Server（64 位）	
存储	ONTAP	ONTAP 9.7 或更高版本	
网络	Cisco UCS 互联阵列	Cisco UCS Manager 4.1 或更高版本	
	Cisco 以太网交换机	9.2（3）i7（2）或更高版本	
	Cisco FC：Cisco MDS 9132T	8.4（2）或更高版本	
虚拟机管理程序	虚拟机管理程序	VMware vSphere ESXi 6.7 U2 或更高版本	
管理	虚拟机管理程序管理系统	VMware vCenter Server 6.7 U1（vCSA）或更高版本	
	NetApp 虚拟存储控制台（VSC）	VSC 9.7 或更高版本	
	SnapCenter	SnapCenter 4.3 或更高版本	

解决方案规模估算

存储规模估算

本节介绍了研究的数量以及相应的基础架构要求。

下表列出的存储要求假定现有数据为 1 年值加上主系统（第 1 层，第 2 层）研究一年的预计增长。对于前两年之后 3 年的预计增长，还会单独列出其他存储需求。

	小型	中等	大型
年度研究	少于 25 万项研究	25 万– 50 万项研究	50 万到 100 万项研究
第 1 层存储			

	小型	中等	大型
IOPS（平均）	1.5 万– 5 千	5 K 到 15 K	15 K 到 40 K
IOPS（峰值）	5 公里	20 万	65 万
吞吐量	50 – 100 Mbps	50 – 150 MBps	100 – 300 Mbps
容量数据中心 1（旧数据 1 年，新研究 1 年）	70 TB	140 TB	260 TB
容量数据中心 1（新研究还需要 4 年时间）	25 TB	45 TB	80 TB
容量数据中心 2（旧数据 1 年，新研究 1 年）	45 TB	110 TB	165 TB
容量数据中心 2（新研究还需要 4 年时间）	25 TB	45 TB	80 TB
第 2 层存储			
IOPS（平均）	1k	2k	3 K
容量数据中心 1.	320 TB	800 TB	2000 TB

计算规模估算

下表列出了小型，中型和大型医疗成像系统的计算要求。

	小型	中等	大型
年度研究	少于 25 万项研究	25 万– 50 万项研究	50 万到 100 万项研究
数据中心 1.			
VM 数量	21	27	35
虚拟 CPU（vCPU）总数	56	124.	220
总内存要求	225 GB	450 GB	900 GB
物理服务器（刀片式服务器）规格（假设 1 个 vCPU =1 个核心）	4 个服务器，每个服务器具有 20 个核心和 192 GB RAM	8 个服务器，每个服务器具有 20 个核心和 128 GB RAM	14 个服务器，每个服务器具有 20 个核心和 128 GB RAM
数据中心 2.			
VM 数量	15	17	22.
vCPU 总数	42	72.	140
总内存要求	179 GB	243 GB	513 GB
物理服务器（刀片式服务器）规格（假设 1 个 vCPU = 1 个核心）	3 个服务器，每个服务器具有 20 个核心和 16 GB RAM	6 个服务器，每个服务器具有 20 个核心和 128 GB RAM	8 个服务器，每个服务器具有 24 个核心和 128 GB RAM

网络和 Cisco UCS 基础架构规模估算

下表列出了小型，中型和大型医疗成像系统的网络连接和 Cisco UCS 基础架构要求。

	小型	中等	大型
数据中心 1.			
存储节点端口的数量	2 个融合网络适配器（CNA）； 2 个 FC	2 个 CNA； 2 个 FC	2 个 CNA； 2 个 FC
IP 网络交换机端口（Cisco Nexus 9000）	48 端口交换机	48 端口交换机	48 端口交换机
FC 交换机（Cisco MDS）	32 端口交换机	32 端口交换机	48 端口交换机
Cisco UCS 机箱计数	1 x 5108	1 x 5108	2 x 5108
Cisco UCS 互联阵列	2 个 6332	2 个 6332	2 个 6332
数据中心 2.			
Cisco UCS 机箱计数	1 x 5108	1 x 5108	1 x 5108
Cisco UCS 互联阵列	2 个 6332	2 个 6332	2 个 6332
存储节点端口的数量	2 个 CNA； 2 个 FC	2 个 CNA； 2 个 FC	2 个 CNA； 2 个 FC
IP 网络交换机端口（Cisco Nexus 9000）	48 端口交换机	48 端口交换机	48 端口交换机
FC 交换机（Cisco MDS）	32 端口交换机	32 端口交换机	48 端口交换机

最佳实践

存储最佳实践

高可用性

NetApp 存储集群设计可在每个级别提供高可用性：

- 集群节点
- 后端存储连接
- RAID TEC，可承受三个磁盘故障
- 可承受两个磁盘故障的 RAID DP
- 从每个节点物理连接到两个物理网络
- 存储 LUN 和卷的多个数据路径

安全多租户

NetApp Storage Virtual Machine（SVM）提供了一个虚拟存储阵列构造，用于分隔安全域，策略和虚拟网络。NetApp 建议您为存储集群上托管数据的每个租户组织创建单独的 SVM。

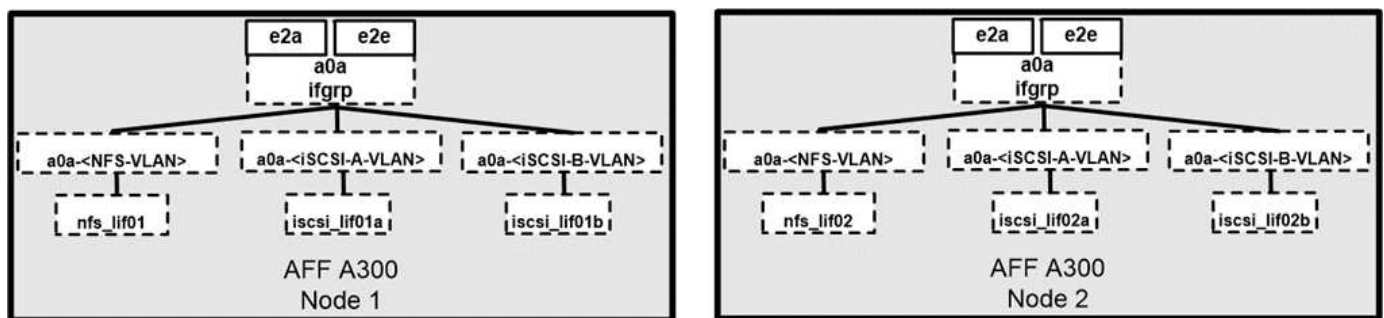
请考虑以下 NetApp 存储最佳实践：

- 始终启用 NetApp AutoSupport 技术，该技术会通过 HTTPS 向 NetApp 发送支持摘要信息。
- 为了最大程度地提高可用性和移动性，请确保为 NetApp ONTAP 集群中每个节点上的每个 SVM 创建一个 LIF。非对称逻辑单元访问（Asymmetric Logical Unit Access，ALUA）用于解析路径并识别活动优化（Direct）路径与活动非优化路径。ALUA 既适用于 FC，也适用于 FCoE 和 iSCSI。
- 仅包含 LUN 的卷不需要在内部挂载，也不需要接合路径。
- 如果您在 ESXi 中使用质询握手身份验证协议（Challenge-Handshake Authentication Protocol，CHAP）进行目标身份验证，则还必须在 ONTAP 中对其进行配置。使用命令行界面（`vserver iscsi security create`）或 NetApp ONTAP 系统管理器（在 "Storage">"SVM">"SVM Settings">"Protocols">"iSCSI" 下编辑启动程序安全性）。

SAN 启动

NetApp 建议您在 FlexPod Datacenter 解决方案中为 Cisco UCS 服务器实施 SAN 启动。通过此步骤，可以通过 NetApp AFF 存储系统安全地保护操作系统，从而提高性能。本解决方案概述的设计使用 iSCSI SAN 启动。

在 iSCSI SAN 启动中，为每个 Cisco UCS 服务器分配两个 iSCSI vNIC（每个 SAN 网络结构一个），以便在通往存储的整个过程中提供冗余连接。此示例中连接到 Cisco Nexus 交换机的存储端口 E2a 和 e2e 将分组在一起，形成一个名为接口组（ifgrp）的逻辑端口（在此示例中为 a0a）。iSCSI VLAN 在 ifgrp 上创建，iSCSI LIF 在 iSCSI 端口组（在此示例中为 a0a-iscsi-a-VLAN）上创建。iSCSI 启动 LUN 通过 iSCSI LIF 使用 ifgrp 公开给服务器。此方法仅允许授权服务器访问启动 LUN。有关端口和 LIF 布局，请参见下图。



与 NAS 网络接口不同，SAN 网络接口未配置为在发生故障期间进行故障转移。相反，如果网络接口不可用，则主机将选择一个新的优化路径来访问可用的网络接口。ALUA 是 NetApp 支持的一种标准，可提供有关 SCSI 目标的信息，从而使主机能够确定最佳存储路径。

存储效率和精简配置

NetApp 在存储效率创新方面一直处于行业领先地位，例如首次针对主工作负载执行重复数据删除，以及通过实时数据缩减增强数据压缩并高效存储小文件和 I/O。ONTAP 支持实时和后台重复数据删除，以及实时和后台数据压缩。

要在块环境中实现重复数据删除的优势，必须对 LUN 进行精简配置。尽管 VM 管理员仍认为 LUN 占用了已配置的容量，但重复数据删除节省的空间会返回到卷中以用于其他需求。NetApp 建议您将这些 LUN 部署在 FlexVol 卷中，这些卷也采用精简配置，其容量是 LUN 大小的两倍。这样部署 LUN 时，FlexVol 卷仅充当配额。LUN 占用的存储会在 FlexVol 卷及其所属聚合中进行报告。

要最大程度地节省重复数据删除的空间，请考虑计划后台重复数据删除。但是，这些进程在运行时会使用系统资源。因此，理想情况下，您应将其计划在活动较少的时间（例如周末），或者更频繁地运行，以减少要处理的更

改数据量。AFF 系统上的自动后台重复数据删除对前台活动的影响要小得多。后台数据压缩（对于基于硬盘的系统）也会占用资源，因此您应仅考虑性能要求有限的二级工作负载。

Quality of service

运行 ONTAP 软件的系统可以使用 ONTAP 存储服务质量功能来限制吞吐量（以每秒兆位数（MBps）为单位），并限制文件，LUN，卷或整个 SVM 等不同存储对象的 IOPS。自适应 QoS 用于设置 IOPS 下限（QoS 最小值）和上限（QoS 最大值），此上限可根据数据存储库容量和已用空间动态调整。

吞吐量限制可用于在部署之前控制未知工作负载或测试工作负载，以确认它们不会影响其他工作负载。在确定抢占资源的工作负载后，您也可以使用这些限制来对其进行限制。此外，还支持基于 IOPS 的最低服务级别，以便为 ONTAP 中的 SAN 对象提供稳定一致的性能。

对于 NFS 数据存储库，可以将 QoS 策略应用于整个 FlexVol 卷或其中的各个虚拟机磁盘（Virtual Machine Disk，VMDK）文件。对于使用 ONTAP LUN 的 VMFS 数据存储库（Hyper-V 中的集群共享卷 [CSV]），您可以将 QoS 策略应用于包含 LUN 的 FlexVol 卷或各个 LUN。但是，由于 ONTAP 无法识别 VMFS，因此无法将 QoS 策略应用于单个 VMDK 文件。在 VSC 7.1 或更高版本中使用 VMware 虚拟卷（VVOL）时，您可以使用存储功能配置文件在各个 VM 上设置最大 QoS。

要为 LUN（包括 VMFS 或 CSV）分配 QoS 策略，您可以从 ONTAP 主页上的存储系统菜单中获取 SVM（显示为 vservers），LUN 路径和序列号。选择存储系统（SVM），然后选择相关对象 > SAN。在使用 ONTAP 工具之一指定 QoS 时，请使用此方法。

您可以为对象设置 QoS 最大吞吐量限制，以 MBps 和 IOPS 为单位。如果同时使用这两者，则 ONTAP 会强制实施达到的第一个限制。一个工作负载可以包含多个对象，一个 QoS 策略可以应用于一个或多个工作负载。将策略应用于多个工作负载时，这些工作负载将共享策略的总限制。不支持嵌套对象（例如，对于卷中的某个文件，不能每个对象都有自己的策略）。QoS 最小值只能以 IOPS 为单位进行设置。

存储布局

本节介绍有关存储上 LUN，卷和聚合布局的最佳实践。

存储 LUN

为了获得最佳性能，管理和备份，NetApp 建议采用以下 LUN 设计最佳实践：

- 创建单独的 LUN 以存储数据库数据和日志文件。
- 为每个实例创建一个单独的 LUN 以存储 Oracle 数据库日志备份。LUN 可以属于同一个卷。
- 为数据库文件和日志文件配置 LUN 并进行精简配置（禁用空间预留选项）。
- 所有映像数据都托管在 FC LUN 中。在分布在不同存储控制器节点所拥有的聚合中的 FlexVol 卷中创建这些 LUN。

要在存储卷中放置 LUN，请遵循下一节中的准则。

存储卷

为了获得最佳性能和管理，NetApp 建议采用以下卷设计最佳实践：

- 在单独的存储卷上隔离具有 I/O 密集型查询的数据库。
- 数据文件可以放置在一个 LUN 或一个卷上，但为了提高吞吐量，建议使用多个卷/LUN。

- 使用多个LUN时、可以通过使用任何受支持的文件系统来实现I/O并行。
- 将数据库文件和事务日志放在不同的卷上、以提高恢复粒度。
- 请考虑使用自动调整大小、Snapshot预留、QoS等卷属性。

聚合

聚合是 NetApp 存储配置的主存储容器，包含一个或多个 RAID 组，这些 RAID 组同时包含数据磁盘和奇偶校验磁盘。

NetApp 使用共享聚合和专用聚合执行各种 I/O 工作负载特征测试，这些聚合的数据文件和事务日志文件是分开的。测试显示，一个包含更多 RAID 组和驱动器（HDD 或 SSD）的大型聚合可优化和提高存储性能，并且更便于管理员管理，原因有两个：

- 一个大型聚合可使所有驱动器的 I/O 功能对所有文件可用。
- 一个大型聚合可以最高效地利用磁盘空间。

为了实现有效的灾难恢复，NetApp 建议您将异步副本放置在灾难恢复站点中独立存储集群的聚合上，并使用 SnapMirror 技术复制内容。

为了获得最佳存储性能，NetApp 建议聚合中至少有 10% 的可用空间。

AFF A300 系统（具有两个磁盘架和 24 个驱动器）的存储聚合布局指南包括：

- 保留两个备用驱动器。
- 使用高级磁盘分区功能在每个驱动器上创建三个分区：根分区和数据分区。
- 每个聚合总共使用 20 个数据分区和两个奇偶校验分区。

备份最佳实践

NetApp SnapCenter 用于 VM 和数据库备份。NetApp 建议采用以下备份最佳实践：

- 部署 SnapCenter 以创建用于备份的 Snapshot 副本时，请关闭托管 VM 和应用程序数据的 FlexVol 的 Snapshot 计划。
- 为主机启动 LUN 创建专用 FlexVol。
- 对具有相同用途的 VM 使用类似或单个备份策略。
- 每个工作负载类型使用类似的或单个备份策略；例如，对所有数据库工作负载使用类似的策略。对数据库，Web 服务器，最终用户虚拟桌面等使用不同的策略。
- 在 SnapCenter 中启用备份验证。
- 配置将备份 Snapshot 副本归档到 NetApp SnapVault 备份解决方案。
- 根据归档计划在主存储上配置备份保留。

基础架构最佳实践

网络最佳实践

NetApp 建议采用以下网络最佳实践：

- 确保您的系统包含用于生产和存储流量的冗余物理 NIC 。
- 为计算和存储之间的 iSCSI ， NFS 和 SMB/CIFS 流量分隔 VLAN 。
- 确保您的系统包含一个专用 VLAN ， 用于客户端访问医疗影像系统。

您可以在 FlexPod 基础架构设计和部署指南中找到其他网络最佳实践。

计算最佳实践

NetApp 建议采用以下计算最佳实践：

- 确保每个指定的 vCPU 都由一个物理核心支持。

虚拟化最佳实践

NetApp 建议采用以下虚拟化最佳实践：

- 使用 VMware vSphere 6 或更高版本。
- 将 ESXi 主机服务器 BIOS 和操作系统层设置为 Custom Controlled – High Performance 。
- 在非高峰时段创建备份。

医学影像系统最佳实践

请参见典型医疗成像系统的以下最佳实践和一些要求：

- 请勿过量使用虚拟内存。
- 确保 vCPU 总数等于物理 CPU 数量。
- 如果环境较大，则需要专用 VLAN 。
- 使用专用 HA 集群配置数据库 VM 。
- 确保 VM OS VMDK 托管在快速第 1 层存储中。
- 与医疗影像系统供应商合作，确定准备 VM 模板以快速部署和维护的最佳方法。
- 管理，存储和生产网络需要对数据库进行 LAN 隔离，并为 VMware vMotion 提供隔离的 VLAN 。
- 使用名为的基于 NetApp 存储阵列的复制技术、 "SnapMirror" 而不是基于 vSphere 的复制。
- 使用利用 VMware API 的备份技术；备份时间应在正常生产时间之外。

结论

通过在 FlexPod 上运行医疗影像环境，您的医疗保健组织可以看到员工工作效率的提高以及资本和运营支出的降低。FlexPod 提供经过 Cisco 和 NetApp 战略合作伙伴关系严格测试的预先验证的融合基础架构。它经过专门设计和设计，可提供可预测的低延迟系统性能和高可用性。这种方法可为医疗成像系统的用户提供卓越的用户体验和最佳的响应时间。

医疗成像系统的不同组件需要在 SMB/CIFS ， NFS ， ext4 和 NTFS 文件系统中存储数据。因此，您的基础架构必须通过 NFS ， SMB/CIFS 和 SAN 协议提供数据访问。NetApp 存储系统可从一个存储阵列支持这些协议。

高可用性，存储效率，基于 Snapshot 副本的计划快速备份，快速还原操作，用于灾难恢复的数据复制以及

FlexPod 存储基础架构功能均可提供行业领先的数据存储和管理系统。

追加信息

要了解有关本文档所述信息的更多信息，请查看以下文档和网站：

- 《采用 Cisco UCS 480 ML 的 FlexPod Datacenter for AI/ML 深度学习设计指南》

["https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_c480m5l_aiml_design.html"](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_c480m5l_aiml_design.html)

- 采用 VMware vSphere 6.7 U1 ， Cisco UCS 第四代和 NetApp AFF A 系列的 FlexPod 数据中心基础架构

["https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_datacenter_vmware_netappaffa.html"](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_datacenter_vmware_netappaffa.html)

- 《使用 SnapCenter 解决方案备份 FlexPod 数据中心 Oracle 数据库简介》

["https://www.netapp.com/us/media/sb-3999.pdf"](https://www.netapp.com/us/media/sb-3999.pdf)

- FlexPod 数据中心与基于 Cisco UCS 和 NetApp AFF A 系列的 Oracle RAC 数据库

["https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_orc12cr2_affaseries.html"](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_orc12cr2_affaseries.html)

- 基于 Oracle Linux 的 FlexPod Datacenter 和 Oracle RAC

["https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_orcrac_12c_bm.html"](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/flexpod_orcrac_12c_bm.html)

- 适用于 Microsoft SQL Server 的 FlexPod

["https://flexpod.com/solutions/use-cases/microsoft-sql-server/"](https://flexpod.com/solutions/use-cases/microsoft-sql-server/)

- Cisco 和 NetApp 的 FlexPod

["https://flexpod.com/"](https://flexpod.com/)

- "适用于 MongoDB 的 NetApp 解决方案" 解决方案简介（需要登录到 NetApp）

["https://fieldportal.netapp.com/content/734702"](https://fieldportal.netapp.com/content/734702)

- TR-4700：适用于 Oracle 数据库的 SnapCenter 插件

["https://www.netapp.com/us/media/tr-4700.pdf"](https://www.netapp.com/us/media/tr-4700.pdf)

- NetApp 产品文档

["https://www.netapp.com/us/documentation/index.aspx"](https://www.netapp.com/us/documentation/index.aspx)

- 适用于虚拟桌面基础架构的 FlexPod (VDI) 解决方案

["https://flexpod.com/solutions/use-cases/virtual-desktop-infrastructure/"](https://flexpod.com/solutions/use-cases/virtual-desktop-infrastructure/)

版权信息

版权所有 © 2025 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，本文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。

有限权利说明：政府使用、复制或公开本文档受 DFARS 252.227-7013（2014 年 2 月）和 FAR 52.227-19（2007 年 12 月）中“技术数据权利 — 非商用”条款第 (b)(3) 条规定的限制条件的约束。

本文档中所含数据与商业产品和/或商业服务（定义见 FAR 2.101）相关，属于 NetApp, Inc. 的专有信息。根据本协议提供的所有 NetApp 技术数据和计算机软件具有商业性质，并完全由私人出资开发。美国政府对这些数据的使用权具有非排他性、全球性、受限且不可撤销的许可，该许可既不可转让，也不可再许可，但仅限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)（2014 年 2 月）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。