适用于医疗成像的 **FlexPod**

FlexPod

NetApp
March 25, 2024

This PDF was generated from https://docs.netapp.com/zh-cn/flexpod/healthcare/medical-imaging_introduction.html on March 25, 2024. Always check docs.netapp.com for the latest.

目录

适用于医疗成像的 FlexPod . . . 1
TR-4865： 适用于医疗成像的 FlexPod . . . 1
架构 . . . 11
解决方案基础架构硬件和软件组件 . . . 21
解决方案规模估算 . . . 22
最佳实践 . . . 24
结论 . . . 28
追加信息 . . . 29

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 的设计采用 "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在 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。

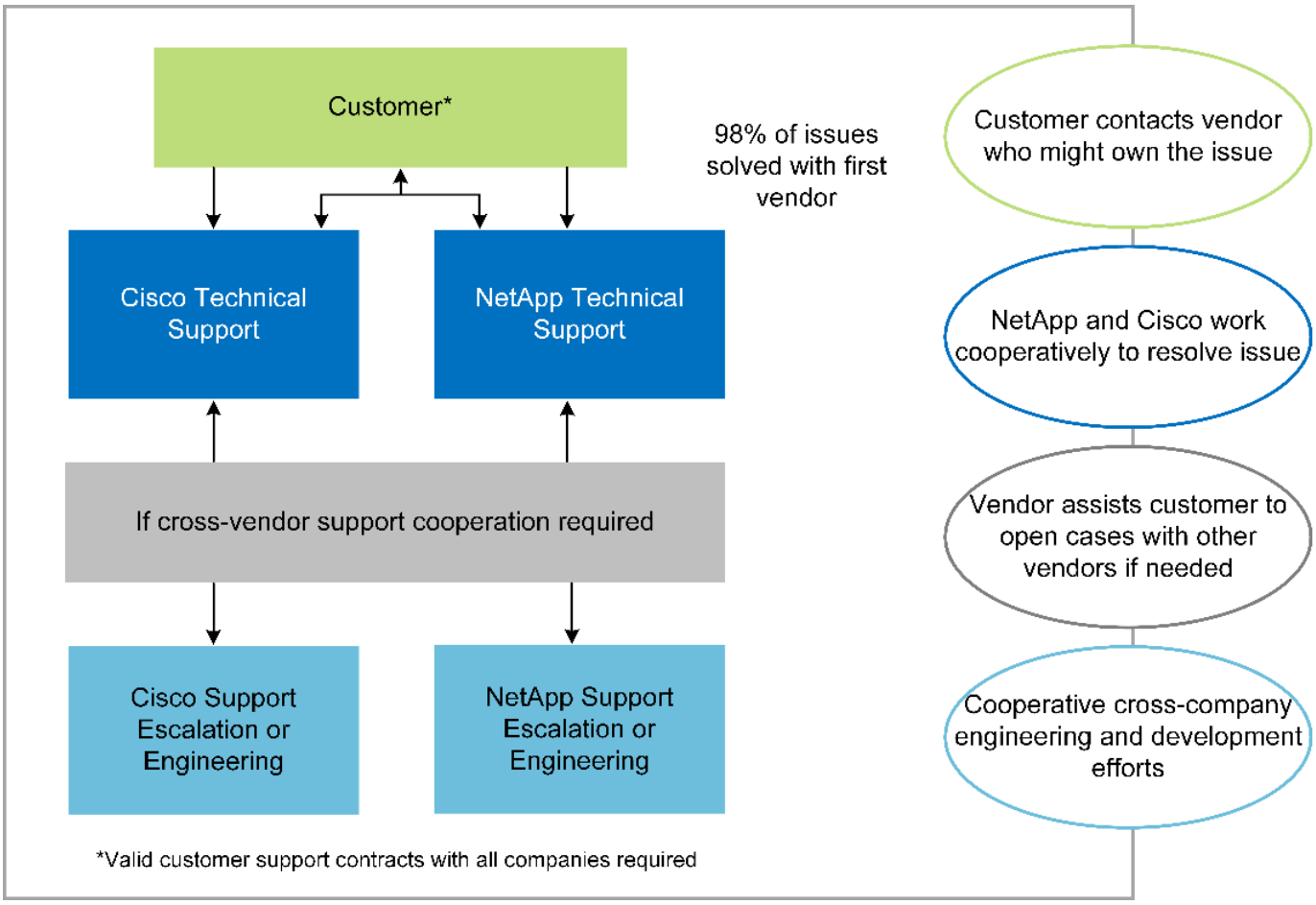
FlexPod 提供了医疗成像行业特有的多项优势：

- * 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，负载平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 Data 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 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 基础架构组件也是联邦信息处理标准 "（ FIPS ） 140-2" 合规。
- * 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。

FlexPod

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，网络和存储集成在一起。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，网络和存储资源。
- 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。

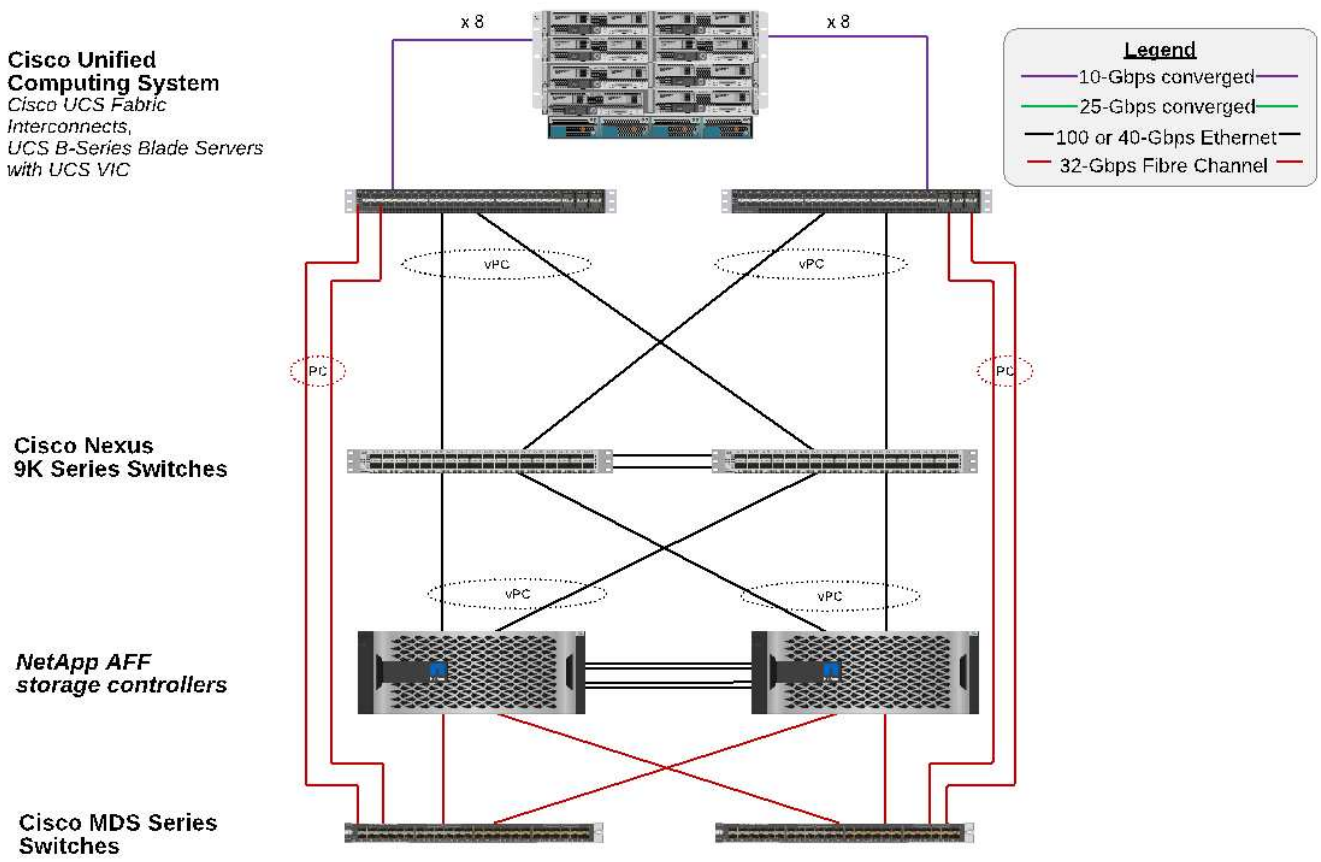
VMware ESXi 集群和 vCenter Server 为您提供了一个集中式平台，用于在 VM 中部署医疗映像环境。您的医疗保健组织可以放心地实现行业领先虚拟基础架构的所有优势，例如：

- * 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 文件系统中的工作负载：
  - 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。

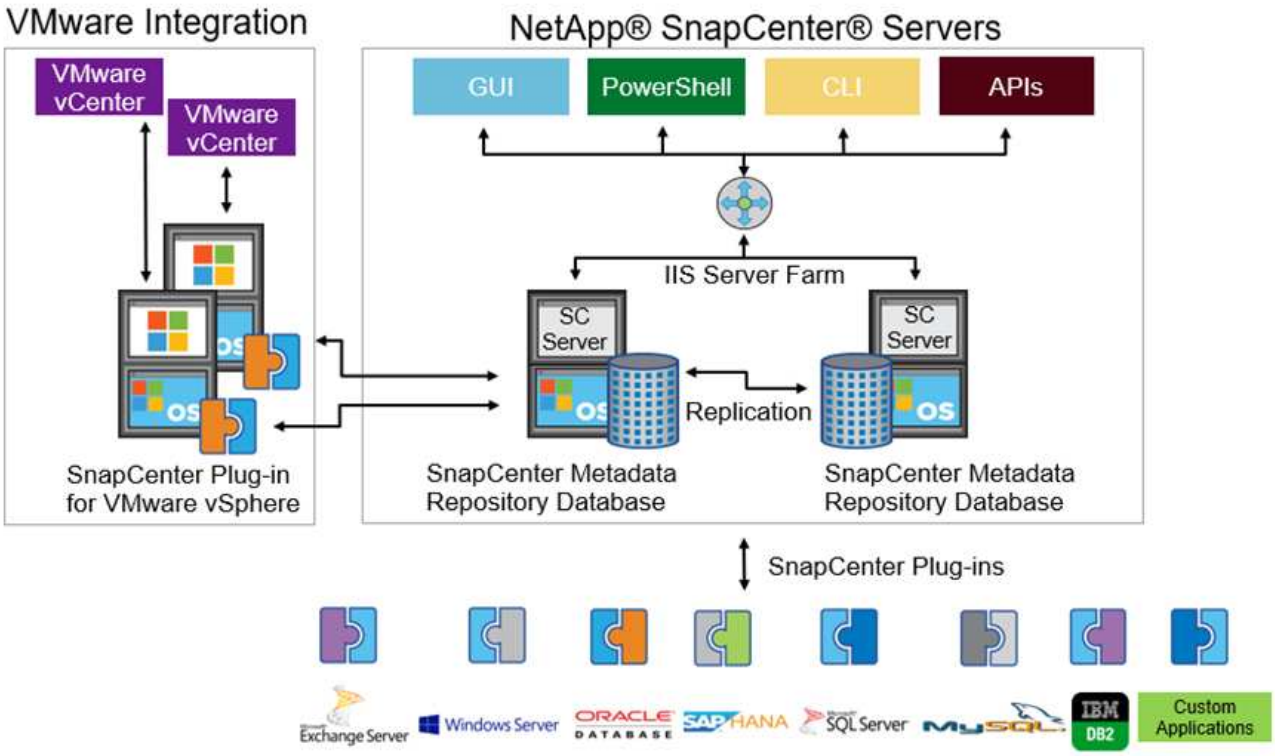
对于 Oracle 数据库备份， Snapshot 副本可节省大量时间。例如，单独使用 RMAN 需要 26 小时才能完成的备份可能需要不到 2 分钟才能使用 SnapCenter 软件完成。

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：

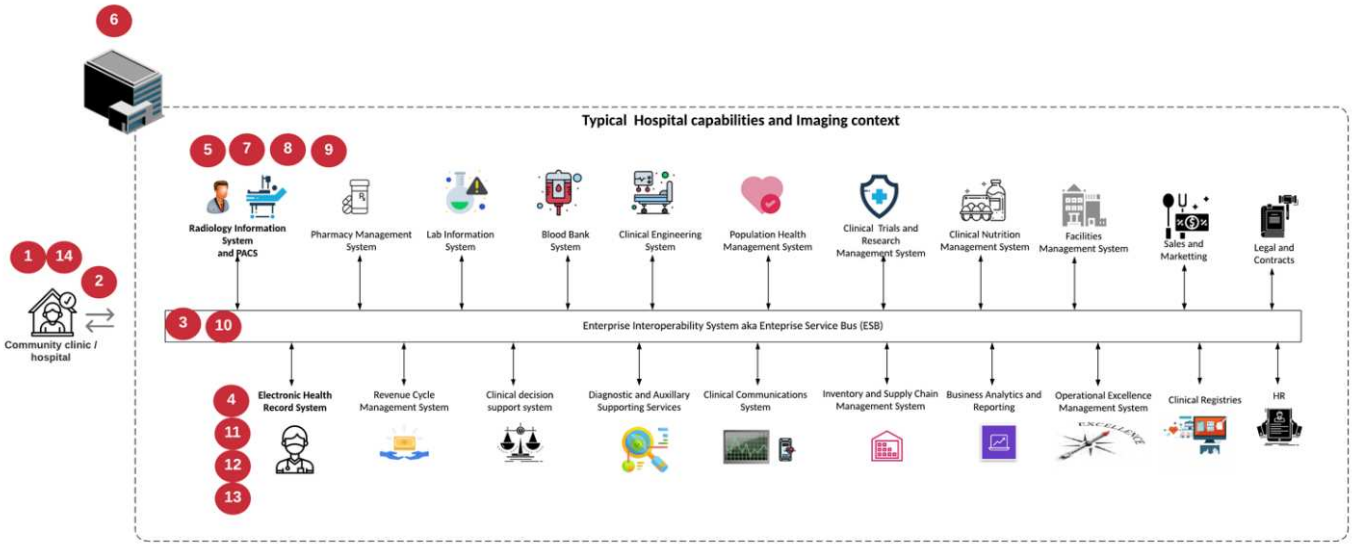
- 通过 FC 或 iSCSI 启动 SAN
- NetApp 存储上的启动 LUN （位于用于启动操作系统的专用 FlexVol 中）
- 两个 vmnic （ Cisco UCS vNIC ），用于 NFS， SMB/CIFS 或管理流量
- 两个存储 HBA （ Cisco UCS FC vHBA ），用于传输到存储的 FC 流量
- 标准交换机或分布式虚拟交换机（根据需要）
- 工作负载 VM 的 NFS 数据存储库
- 虚拟机的管理，客户端流量网络和存储网络端口组
- 用于管理，客户端流量和存储访问（ NFS， iSCSI 或 SMB/CIFS ）的网络适配器
- 已启用 VMware 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。某些映像系统在映像工作流中内置了人工智能（ 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。如果您即将开始虚拟桌面基础架构之旅，可以找到更多信息 "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：

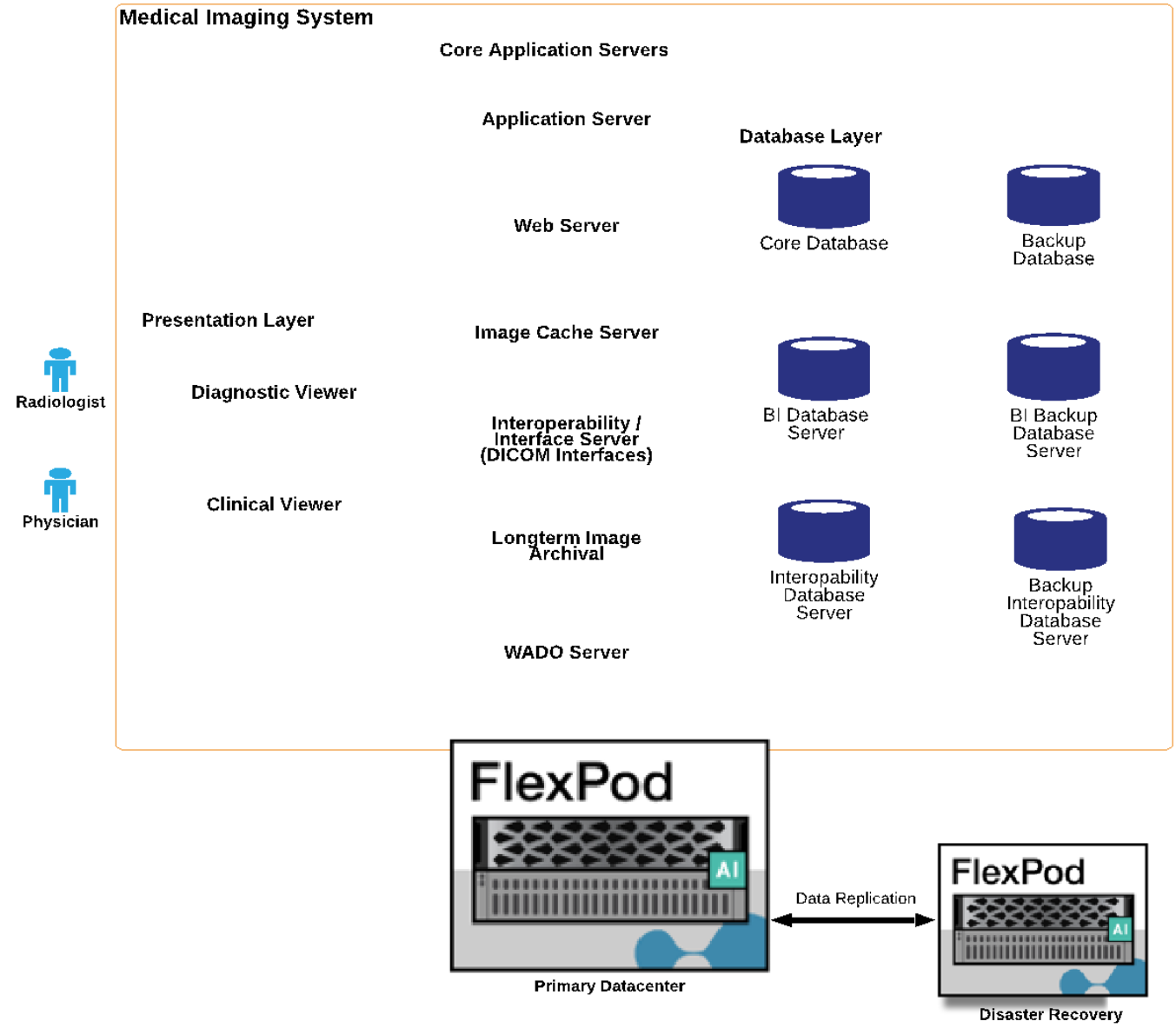
- * 基于 Web 的访问。 * EHR 系统通常使用此功能将 PACS 图像嵌入为上下文感知链接，以链接形式存储到患者的电子病历（ EMR ）中，并可链接到成像工作流，操作步骤工作流，进度注释工作流等。此外，还可以通过基于 Web 的链接通过患者门户访问患者的图像。基于 Web 的访问使用一种称为上下文感知链接的技术模式。上下文感知链接可以是直接指向 Dicom 介质的静态链接 /URI ，也可以是使用自定义宏动态生成的链接 /URI 。
- * 厚客户端。 * 某些企业医疗系统还允许您使用基于厚客户端的方法来查看映像。您可以从患者 EMR 中启动厚客户端，也可以作为独立应用程序启动。

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 系统实现映像互操作性。社区医生可以通过基于 Web 的应用程序访问映像，也可以利用映像交换平台实现映像互操作性。映像交换平台通常使用 WADO 或 Dicom 作为底层映像交换协议。

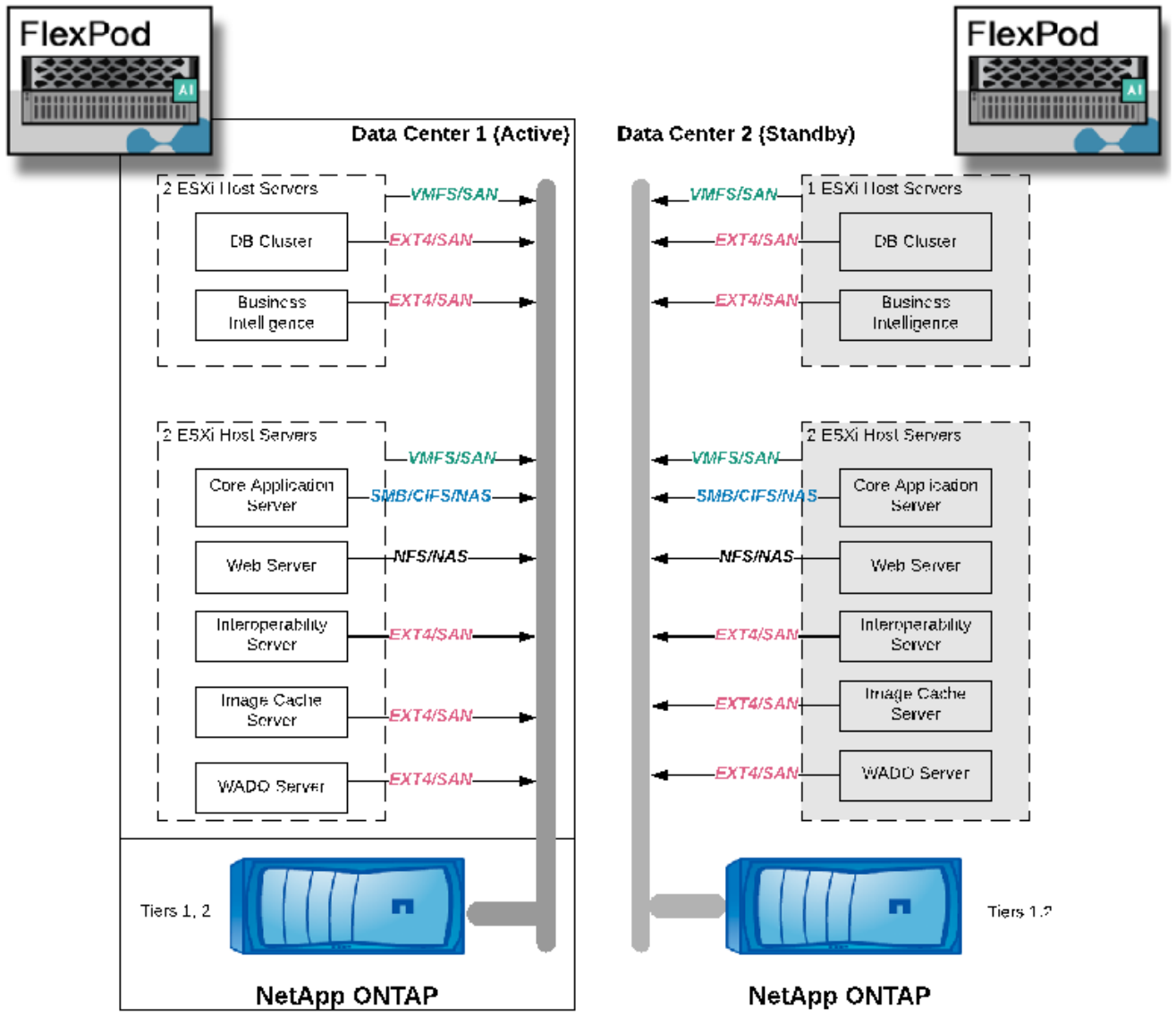
医学影像系统还可以支持需要在课堂上使用 PACS 或影像系统的学术医疗中心。为了支持学术活动，典型的医疗成像系统可以在占用空间较小的情况下拥有 PACS 系统的功能，也可以在仅供教学使用的成像环境中提供此功能。典型的供应商中立归档系统和一些企业级医疗成像系统提供了 "DICOM" 图像标记形态功能，可对用于教学目的的图像进行匿名化处理。标签形态使医疗保健组织能够以供应商中立的方式在不同供应商的医疗影像系统之间交换 Dicom 图像。此外，标记形态化还可以使医疗成像系统在企业范围内对医疗影像实施供应商中立的归档功能。

医疗成像系统正在开始使用 "基于 GPU 的计算功能" 通过预处理图像来增强人类工作流，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 。

NetApp 存储最佳实践

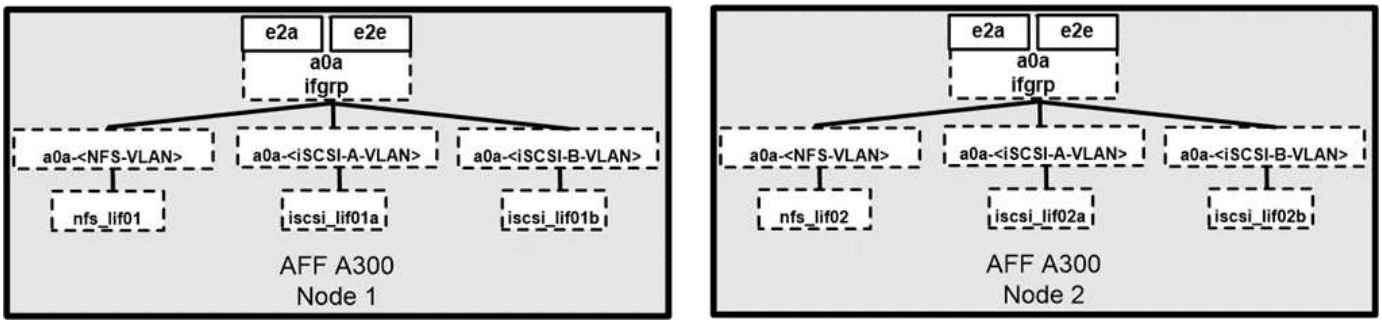
请考虑以下 NetApp 存储最佳实践：

- 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 igroup 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 igroup 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 `vserver` ）， 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映像系统。

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。
- 与医疗映像系统供应商合作，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 。
- 使用名为的基于存储阵列的 NetApp 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"

- 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"

- 《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"

- 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"

- 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"

- 适用于 Microsoft SQL Server 的 FlexPod

  "https://flexpod.com/solutions/use-cases/microsoft-sql-server/"

- Cisco 和 NetApp 的 FlexPod

  "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"

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

  "https://www.netapp.com/us/media/tr-4700.pdf"

- NetApp 产品文档

  "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/"

版权信息

版权所有 © 2024 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。