

# 用于数字媒体创作、后期制作和集中式内容管理的高速网络

视觉特效、CGI 和动画领域的发展充分展现了创意人才的想象力。巧合的是，对于此类内容的需求也呈爆炸式增长，增长速度与内容查看者所使用显示设备的数量和种类的增长几乎一样快。整个创意、制作和发行网络基础架构已成为一种关键任务资源。

## 加速内容增长

- 增加容量来处理更加逼真的剧场工作负载和广播工作流
- 合并内容创作、权限管理、转码和发行
- 提供开放、基于标准的传输，支持成本低廉的商用创作、渲染、转码和存储系统

## 简介

媒体制作公司，无论是从事前期或后期制作还是实时内容管理，在快速将产品投入市场的过程中，都面临着数据爆炸式增长带来的问题。虽然数字化技术和基于文件的工作流程已经引发了内容创作、非线性编辑（NLE）和发行革命，它们也带来了新的挑战。大多数挑战，如快速配置和重新分配用于各种项目的技术基础架构，都与特定于应用的技术各不相同有关。同样，这些挑战也会影响其它业务策略和流程。媒体和娱乐公司意识到，为了更有效地利用计算资产，他们不仅需要将 IT 设备整合到通用基础架构中，更高效地管理存储，还必须降低他们所部署的技术的多样性，以帮助简化运营并降低成本。能够可靠、高效、大规模连接许多不同端点系统的高速交换网络基础架构为这种转型奠定了基础。

## 需求概述

更高分辨率的成像标准正由 HD 发展到 2K、4K，未来的 6K/8K 分辨率会显著增加文件尺寸。3D 技术更是火上浇油，一下子将存储需求提高了一倍。当前，全长故事片的原始视频可能需要 1.5-2 PB 的存储容量。即使是高清数码中间片，其需要的存储容量也将增加到数百 TB。

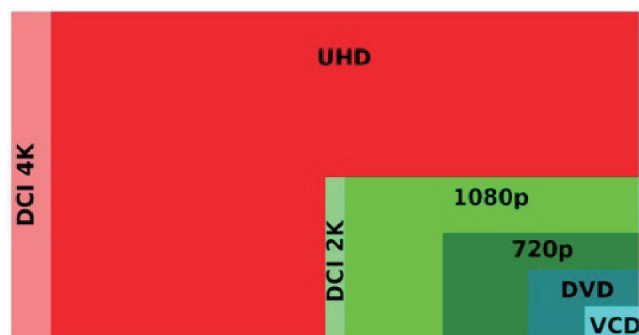


图 1：图像 / 像素大小比较

制作部门和职能部门的工作流程已不再孤立。它们属于汇集到公用保管库或发行渠道的主要资产。合作伙伴协作——有时在全球范围内展开——也进一步提高了数据工作流程的复杂性，因为利益相关方需要进行无缝协作才能制作出最终作品。其它工作流程挑战包括资产定位、转码及其它后期处理。这些工作流程会使原作品的版本成倍增加。版本控制和内容权限必须加以管理，而其它政策决定着必须归档哪些内容以及如何存储资产。这些现实情况促使人们开发出一种“主要格式”来支持发行衍生产品的动态创作过程，以免于需要归档所有这些独立的版本。

媒体内容激增的其它刺激因素包括如今的观众要求提高图形图像和逼真的计算机生成图像（CGI）的质量。制作现代化大片的成本显著增加，达到数亿美元。为帮助确保制作质量，同时降低成本，制作工作室正部署电子游戏和建模工具，帮助在投入大量制作成本之前对整部电影进行建模。这些工具会模拟场景，协调情节和对话，检查画面，并为许多动作和集成动画建模。这些前期制作工作负载会控制成本并检验创造性工作，同时优化剧情和动作，以避免出错造成巨大损失和预算超支。

采用这些创新需要高性能计算、存储和高速网络基础架构，以支持内容开发工作流程。这些新架构将实施商用服务器、快速高效的通用网络，以及可在内容增长时轻松扩展到 PB 规模的文件存储系统。整个行业都在淘汰个人工作站、松散耦合的存储系统和临时内容管理。



图 2：标准化编辑工作站

数字化制作这一新兴事物已经彻底改变了 CGI 环境。为了生成逼真、高清视觉特效（VFX）和动画，现代 CGI 工作室正投资采用并行计算，使用数百台搭载数万个计算内核的服务器。这些 HPC 集群中包括集中式存储系统和文件缓存加速器，所有设备均通过极其可靠的高速交换系统建立互连。

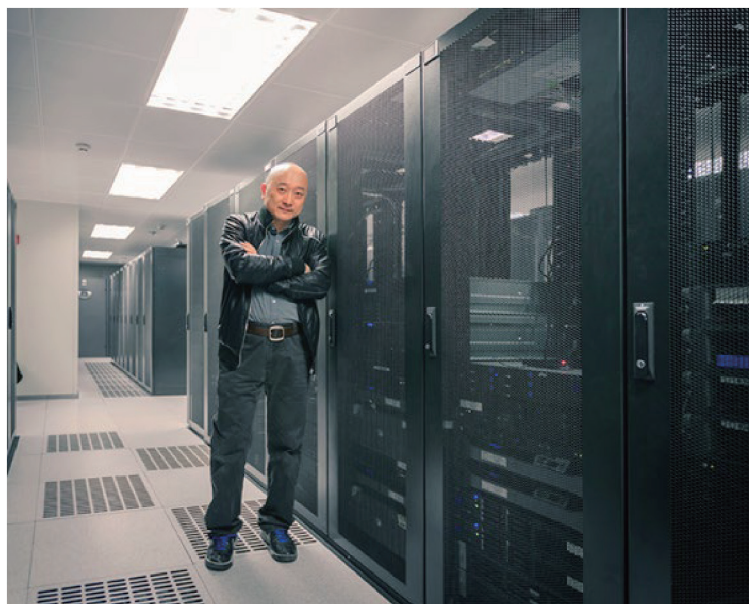


图 3: Render Farms 与 HPC 数据中心  
之间惊人地相似

由于对数字化制作基础架构的依赖不断增强，这进一步提高了对于更高可靠性、不间断管理和维护的需求。再加上 I/O 密集型、面向文件的后期制作工作流程（如故事片长度的影片或电视剧集）提出的带宽要求，或实时工作流（如实况或近实时编辑的广播）提出的低延时要求，这生成了可由大多数首映或基础架构提供商满足的迫切功能列表。但是，这种新的模式正为创新型专业团队创造新机会，使他们能够进入过去只向最富有的参与者开放的行业。能够利用这些新兴数字化技术开展创新，在最短时间内制作出高品质内容的企业将成为赢家并不断发展壮大。

虽然以前只有最优秀的研发社区才能承担得起高性能计算的成本，但如今，这种技术的成本已经大大降低，许多应用中都采用了高性能并行计算基础架构。这些应用包括汽车安全性测试、油气勘探、药物开发（生物科学研究）、金融交易和云托管。媒体与娱乐公司也纷纷采用这些技术。

### 数字化媒体技术变革

利用这些技术的小型数字化工作室和后期制作机构正与大型企业展开激烈竞争。这些小型工作室采用各种不同的流媒体和播放格式制作了 HD 或更高质量的电影、广告和特效。值得一提的是，他们以较少的预算在更短时间内完成了这些项目。一些工作室甚至将他们的工作外包给云服务提供商。由于了解到在非高峰时段外包计算工作的成本效益，采用异地 CPU 和存储的低廉成本，以及管理云爆发的开发和管理成本，这些制作公司已经重新定义了他们的业务模式和工作流程。这些企业不仅利用了高性能计算和外包，他们还发现，自动化工具可确保无错误地执行渲染 / CGI 工作负载，进而帮助降低成本。



图 4: 数字化媒体云托管站点

如今，由于用户淘汰了昂贵的专有系统，开始采用更加开放的商用平台，竞争环境变得公平起来。这种转变明显提升了性价比优势，也给运营技术带来了可观的投资回报。例如，在网络技术领域，如果众多供应商具有可替代的融合以太网技术选项来交付可互操作的 10Gb、25Gb、40Gb、50Gb 甚至 100Gb 的可用网络，那么，保留孤立的光纤通道存储网络会产生不必要的高额成本。

创新型工作室将从采用这些技术中受益，并在其数据中心部署与 HPC 类似的集群。下面我们简要介绍五个主要的技术要求：

- 托管媒体库的集中式存储库，用于内容再利用和更加结构化的资产管理。部署的最常用存储系统为基于文件的系统，它们通过多个 10Gb 或 40Gb 以太网接口使用缓存或并行技术，以支持大型基础架构和网络扇入（fan-in）设计。
- 用于后期制作、复杂 3D、视觉特效、动画和修饰的渲染应用。这些渲染应用通过高性能 10Gb 或 25Gb 以太网交换平台使用互连服务器，需要在数据中心建立更高带宽的 40GbE、50GbE 或 100GbE 聚集互连。该网络交换基础架构的电源和冷却效率必须符合数据中心级要求，并且必须满足布线和运营自动化要求。
- 在艺术设计人员的工作站与集中式存储或计算设备之间快速转移大量数据（主帧）。这包括用于极低延时、亚微秒网络或具有缓冲基础架构（特点是流量传输几乎没有损失）的选项。这些选项为远程渲染和虚拟桌面 / PC over IP 技术（VDI / PColP）或近实时编辑广播工作流提供了经过优化的解决方案。任何应用场景都需要用到高速以太网交换，利用低成本效益的双绞线布线和深度数据包缓冲来处理办公室工作站与数据中心服务器 / 存储节点之间网络速度的变化。常用的配线柜式交换机不适用于这种类型的文件传输。



- 由于订户会在许多类型的设备上传送内容，因此，工作室必须能够同时将内容动态转码为多种格式。这需要强大的并行服务器处理能力——与数据中心集群类似。在某些情况下，数据速率将超过 10Gbps。幸运的是，在最近推出符合行业标准的 25Gb 以太网后，先前存在的使用 10GbE 的二层或三层负载共享方案就可以采用一些更加经济低廉的选项。可扩展的网络选项有助于确保网络基础架构能够处理不断演变的格式，并帮助实时交付这些衍生产品。
- 所有这些应用场景（包括存储、渲染、数字化制作和转码）需要具有 7x24 正常运行时间。CGI、渲染和后期制作工作现在将实时完成 / 全时服务。由于工作室日以继夜地工作以将其最终产品投入各种类型的全球市场，它们的 IT 基础架构必须不断进化才能满足日益增长的需求并确保始终正常运行。因此，工作室正在重新设计其基础架构，将许多流程转移到现代数据中心，并采用现代网络架构。管理员将在数据中心网络中应用高可用性、主用 / 主用二层特性以及三层负载共享功能。此外，通过使用自动化工具，他们还在对管理系统进行扩展，以支持日益庞大而复杂的工作负载，同时最大限度地降低与人为错误相关的风险。可靠性大大增强，同时，配置和重新配置速度也有所加快，可帮助提高生产率并缩短周转时间。

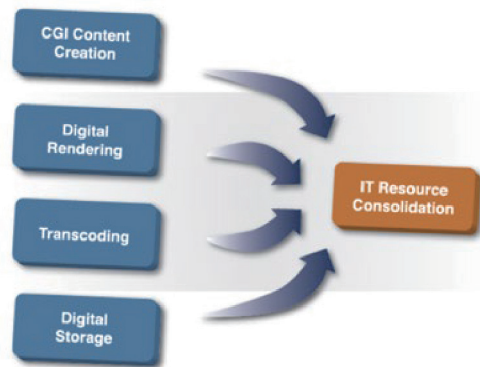


图 5: 数字化媒体整合的驱动因素

### 用于制作电脑动画的高速网络

由电影动画师、场景设计师和灯光师创建的图像包含大型数据集——必须合成这些数据集并进行显示才能制作出电影。为了节省数百小时的后期制作时间，这些数据将传送到数百台并行运行的计算机中；所有这些计算机通过线速、非阻塞交换机采用高速以太网相互连接。非阻塞以太网交换技术已经成为首选的技术标准。

同样，现代动画电影中的图像也通过数据集以数字方式呈现。与传统动画电影一样，呈现动画单元的数据集将链接在一起，才能制作出全长数字电影。动画师、场景设计师和灯光师使用计算机来创建和编辑每一个最终生成可见帧的数据集。2K 帧的像素数量约为 HD 视频图像的四倍。同一个呈现 3D 效果的帧，其像素密度将提高一倍，或为 HD 帧数据的八倍！现代数字电影将以每秒约 30 帧的速度放映，比过去每秒 24 帧的速度更快。每个像素包含四字节数据时，每个帧的大小将增加到数百 MB，真实电影的成品大小将达到数 TB。

考虑到动画帧的大小，以及用于创建更加逼真的图像的渲染算法日渐复杂，因此需要部署计算能力更加强大的服务器来加快渲染速度。此外，随着 4K 3D 影院采用 8K RealD 3DTM 成像技术，保存这些分辨率越来越高的图像还需要更高容量的存储设备。数百台搭载数万个内核的计算机将在渲染流水线中进行协作，分担图像处理工作。这往往可以节省数天、数周甚至是数月的制作时间。

平均长度为 90-120 分钟的全长故事片可能需要数 PB 的存储容量。因此，动画电影制作在很大程度上依赖于大量多核服务器、大型文件存储系统——存储性能随着缓存在闪存和固态硬盘（SSD）上的活动数据增多而不断扩展。由此可知，该网络还将通过缓冲技术来实现线速高性能，以管理数百个计算节点将其输出汇集到存储和缓存系统时出现的瞬时拥塞。

### **需要通过新一代 X86 工作站和服务器来提高速度**

用户已开始从专有 CGI 工作站迁移到高性能计算和渲染集群。利用 PC over IP 技术的虚拟桌面将降低每个座次的运营开支，保护知识产权，并提供新的灵活性来转移和再利用工作室的设备和人员。网络基础架构必须进行升级才能满足这些技术以及其它创新（如远程工作站渲染）产生的需求。现在，几乎所有工作站都附带 1Gbps 非屏蔽双绞线（UTP）网络连接，服务器则标配 10Gb 以太网 UTP 网络。鉴于推出了这些新功能，网络架构师必须用具有强大数据缓冲能力的现代化、多速率交换机来支持这种功能增强。如果忽略上述需求，新应用和平台可能会迅速使传统网络基础架构超载，导致 I/O 瓶颈，进而造成数据丢失，使创意团队的生产率下降。

利用芯片技术的进展，以太网服务器和存储网络选项已在过去五年取得巨大进步。开始在 UTP 上提供用于计算和客户端的 10G 以太网，用于连接服务器、在成本上兼容 10GbE 小型可插拔（SFP+）网络的 25Gb 以太网之后，性价比也有了明显提高。现在，10GbE 工作站连接的成本比两条传统 1GbE 连接的成本更低，并且 25GbE 服务器连接的定价与 10GbE 网络相近。此外，新一代存储平台还提供了 40Gb 以太网

服务来支持前所未有的 IOPS，这大大提高了存储服务的性价比。总体而言，存储和计算性能不断提高，再结合分布式渲染和远程创作解决方案，将会刺激网络容量需求。因此，通过支持从 1/10/25GbE 到 40GbE 高速连接以及可选的 100GbE 互连的网络交换平台已成为一种硬性要求。这些产品已经在行业内高度成熟，并将通过比传统 1Gbps 网络技术更高的性价比实现向后兼容。

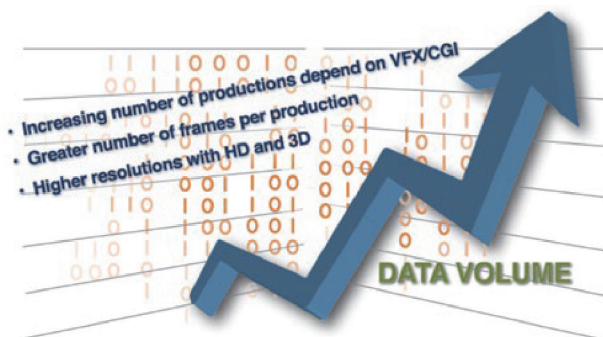


图 6: 数字化媒体呈指数级增长

### Arista Networks 产品成为制作工作室的首选

Arista Networks 是云数据中心网络市场的领导者，很多客户已经部署 Arista 的数据中心级交换机来支持其关键任务应用。这其中的许多应用都需要数百或数千台服务器和计算节点以用于：在数微秒内处理数百万个消息流；通过互联网流式传输数百个实时广播、视频和电影流；或以线速在数据中心间可靠转移大型数据文件。所有这些应用都具有一个共同要求，即加速成品的上市时间。这意味着需要更快、更高效、以更低的管理开销完成工作，并且不会出现停机或中断，同时能够在网络需求增加时进行扩展。

Arista 提供了一整套线速、低延时 1/10/25/40 和 100Gb 以太网交换机。这个产品组合定义了数据中心网络解决方案的新标准。Arista 的系列固定和模块化机箱式交换机采用在此产品系列中通用的可扩展操作系统（EOS®）。这是一个模块化、可扩展、开放且基于标准的操作系统，支持演播室制作数据中心的复杂和可定制开关功能的快速启用和可扩展性。EOS 采用以客户为中心的独有模型：管理员可以创建他们自己的脚本和工具，以执行专业的网络配置和操作。没有其它网络操作系统（NOS）能够提供这种适应性和供应商支持，因此，它成为用户的首选操作系统。事实上，客户可以使用某个作为 VM 运行的 EOS 版本，为网络架构建模。这里只是提供了一个示例，用于说明 Arista 如何重新定义用于设计、部署和维护现代媒体制作数据中心的流程和工具。

## EOS：可扩展性、自动化和可靠性

从根本上说，Arista 的 EOS 是一个全新的云架构。它基于独有的多进程状态共享架构，该架构可将状态信息和包转发功能与协议处理和应用逻辑隔离开来。在 EOS 中，系统状态和数据将在一个高效、集中化的系统数据库（SysDB）中进行存储和维护。存储在 SysDB 中的数据将通过自动化发布 / 订阅 / 通知模型进行访问。这种独特的架构设计原理支持软件自愈弹性、更轻松的软件维护和模块独立性、更高的总体软件质量，并可更快速地将客户所需的新特性推向市场。

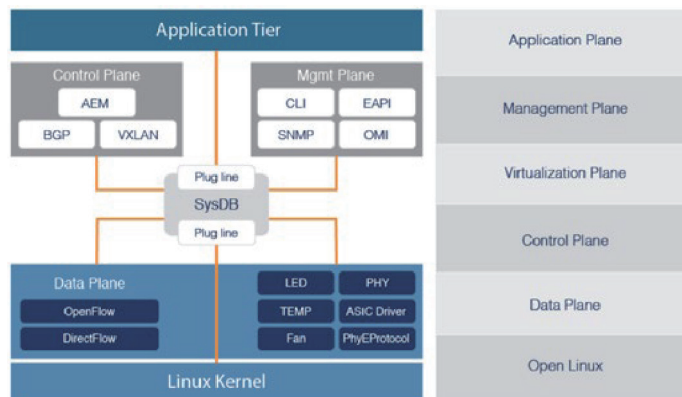


图 7: EOS 架构

为了自动完成变更管理，从一开始构建时，EOS 就大力支持集成技术生态系统合作伙伴和云规模网络可编程性。Arista EOS 架构可完全以编程方式访问软件的各种要素，包括事件驱动、基于状态的基础架构 SysDB。已经在云规模范围内得到证实的是，EOS 方法提供了自动化和集成灵活性，可帮助提高在 DevOps 环境中应用时的效率并降低成本。

利用开放式 API 和开发人员在 GitHub 等公共存储库中贡献的内容，管理员可以创建或改写他们自己的 DevOps 工具，满足各种运营需求，如配置、变更管理和监视。管理员可以基于 Puppet®、Ansible® 或 Chef® 等自动化工具实施解决方案，并可以集成自动化部署 ZTP 服务器之类的 Arista 配置工具。

针对既没有时间也没有人员开发管理系统的管理员，Arista 开发了用于网络系统管理的 CloudVision® 工具套件。CloudVision 运行在可轻松部署的虚拟化平台上，帮助满足审计和合规要求，包括设备库存、配置和映像版本管理。CloudVision 提供了各种方法，可通过用于执行无错误、无干扰管理的 Smart System Upgrade (SSU) 和



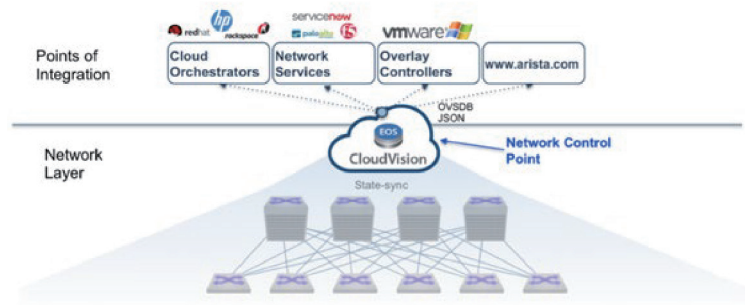


图 8: EOS CloudVision

ECMP 维护机制来进行映像修复，而不会影响到服务。与 Arista 的开放和可编程模型一致，在强大的管理生态系统中，CloudVision 也提供了开放、全面的 API 来集成企业现有的管理和监视框架。

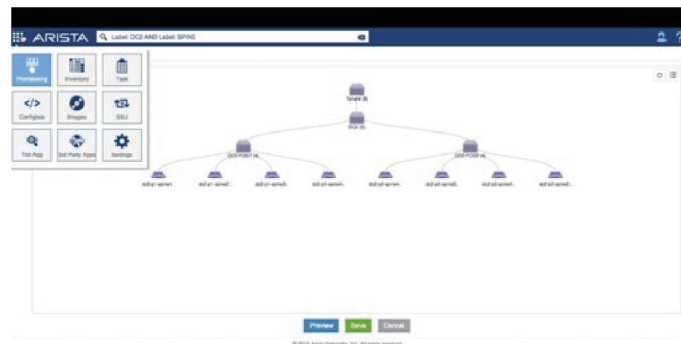


图 9: EOS CloudVision 图形界面

### Arista 7000 交换产品系列：面向任何规模的数据中心的平台架构

Arista 的产品组合提供了许多特性，可帮助提高媒体后期制作流水线的绩效，并简化 CGI 和计算机动画应用向数据中心的迁移过程。根据所运行的应用，管理员可以为广播工作流部署低延时 1GBASE-T 交换机，或者部署深度缓冲交换机以便无损、大规模转移工作流程。管理员可以将安装的 RJ-45 连接铜缆用于数据中心的 1Gbps 工作站和传统服务器连接。多数情况下，同一 UTP 基础架构还可用于在支持新型 10GbE UTP 适配器的工作站或服务器上部署 10GBASE-T 网络。这种灵活性为下一代生产工作负载的复杂工作站座位或服务器机架节省了时间和金钱。

性能必须优于 10Gb 以太网的数据中心架构也具有类似的性价比优势。行业标准 25GbE 规格采用与当前的 10Gb 以太网相同的双芯电缆和光纤。



图 10: Arista 交换产品组合

服务器适配器和交换机连接的成本与 10GbE 相同，因此，在预算相同的情况下，管理员如今可以提供二倍以上的网络带宽。这些交换平台还为高带宽应用（如存储和交换机间连接）提供了极具成本效益的 40GbE 和 100GbE。所有 Arista 平台在构建时都专门考虑到了可靠性。所有平台都配备了 N+1 冗余现场可更换部件，并且可运行多年时间。最重要的是，所有 Arista 平台都运行相同的 EOS 二进制映像，这有助于简化资格认证和维护，同时提高可靠性。此外，通过提供经过云端验证的线速二层多机箱 LAG（MLAG）捆绑功能和三层等价多路径路由（ECMP）服务，这确保了数据中心基础架构可以提高吞吐量和可靠性，并在罕见的链路或系统故障情况下无故障地维护工作负载。Arista 还提供了领先的数据包深度缓冲功能，可确保流量不会由于速度变化、拥塞或数据突发而丢失。研究表明，缓冲功能可确保流量可靠性，优化吞吐量，并提供了一个重要工具来将传统设备集成到现代化平台，而不会影响这二者的性能。

### 媒体和娱乐架构

随着需求增长，管理员可以利用数据中心接入 - 骨干架构高效扩展其高性能网络：从一个机架高度、高密度固定架顶式交换机开始，然后在机架与交换机的汇聚骨干层之间建立相互连接。网络规模和带宽由交叉连接的速度、分布层交换机的数量以及接入与骨干层之间的数据路径决定。Arista 提供了一系列支持此架构的交换机。

对于更大规模的应用，Arista 提供了模块化 7500E 系列交换机箱，最多支持 1152 个完全非阻塞 10Gbps 以太网端口、288 个 40Gb 端口和 96 个 100G 以太网端口。此机箱提供了 30Tbps 的总带宽，每个插槽的交换吞吐量达 3.84 TB。它采用虚拟输出排队（VOQ）架构来确保接近 100% 的交换矩阵效率，而不会丢失流量或造成线头阻塞（HOLB）。这项关键特性确保了数百台服务器之间的工作流程不会由于孤立网络事件或特定设备拥塞而受到影响。最后，7500E 系列模块化机箱为最终需要更高密度的 40 和 100Gbps 骨干技术的客户提供了面向未来的功能。

### Arista 媒体和娱乐解决方案

用于大规模数字化渲染工场的模块化 7500E 平台能够部署支持横向扩展服务器机架的二层网络架构：

- 具备二三层功能的 1152 个线速 1/10G 端口，支持冗余链路之间的负载均衡
- 虚拟输出排队和深度缓冲可在计算与存储节点之间实现非拥塞低延时性能
- 所有系统组件采用 N+1 冗余

- 为大规模数字化内容创作和存储整合提供高密度 288 X 40G 和 96 X 100G 连接
- 7050X 架顶式交换机用于构建高密度 10G 服务器和存储机架
- 灵活的平台产品组合采用低延时 10G 光纤或低成本 10GBASE-T 结构化铜缆
- 非阻塞线速 L2/L3 性能可满足上市时间压力要求
- 低功率、高效冷却和零接触式部署特性可降低运营成本
- 深度缓冲架顶式 7048T 或低延时 7010T 平台用于将 1GbE 工作站连接到大规模工作流程或实时广播 workflow
- 深度交换机缓冲用于处理从 1GbE 到 100GbE 的速度转换
- 所有 Arista 平台安装通用的可扩展操作系统 (EOS)
- EOS 和 CloudVision 中的软件可扩展性和 API 可提供定制监视、自动配置和变更管理功能
- Smart System Upgrade (SSU) 和 MLAG 特性支持亚秒级系统高可用性和可维护性

## 结语

媒体渲染和后期制作 CGI 的技术革命为数字现实、以前难以想象的图像和电影故事叙述开启了新的可能性。平台和工具的标准化提高了生产经济性，向更广泛的受众开放了这些功能。生产管线通过自动化和增强功能大大简化了艺术家和管理员的工作。这种简化和自动化也必须适用于演播室制作网络基础设施。

Arista Networks 凭借软件定义云网络方法（包括极高性价比、创新型扩展、自动化和管理）引领着行业发展浪潮。Arista 的业界一流交换平台搭载创新型可扩展网络操作系统 (EOS)：一个支持自愈、重新配置和可扩展性的基于 Linux 技术的平台。整个产品组合都采用一致的 EOS，确保了在数据中心实现可复制的可靠性和可扩展性。利用行业标准 Dev-Ops 工具或 Arista 自己的 CloudVision，可在不断扩展的数据中心加快配置、变更和维护，同时降低管理成本。使用这些自动化工具还可避免出现可能影响生产率、造成重大损失的错误。借助 Arista 解决方案，媒体制作公司可以利用高性能计算 (HPC) 和云服务提供商实现相同的管理能力、性能和扩展效率。工作室的制作资源将得到更有效利用，将变得更加可靠，并且成本更加低廉，工作室的艺术设计人员、设计师和制作人将拥有更多的时间和资源。

表 1：工作流程类型和推荐的平台

工作流程 / 工作流	要求	解决方案
CGI、VFX、动画创作	1G UTP 连接以几乎无损的方式处理大量流量	采用深度缓冲 VOQ 架构的 7048T-A 1G 交换机
近实时广播编辑或合成	1G UTP 连接，低延时交换	端到端延时不到 3 微秒的 7010T 1G 交换机
计算渲染平台，低带宽	提供缓冲功能来支持速度变化和高速上行链路	采用深度缓冲 VOQ 架构的 7048T-A 1G 交换机
计算渲染平台，高带宽	10G 服务器连接和高速上游连接	使用 40/100G 上行链路的 7050T/SX 10G 交换机
性能最高的渲染平台	10G 和 25G 服务器连接，支持面向未来的可扩展性	7060CX 和 7260CX 系列，支持 10/25/40/50/100G、低延时和线速性能
内容存储连接	高带宽和深度缓冲，以实现接近无损的保真性	使用 40/100G 上行链路的 Arista 7280E 或 7500E 深度缓冲 VOQ 交换机
内容转码系统	高带宽，低延时	Arista 7050SX 或 7150S 10G/40G 低延时交换机。 Arista 7060CX 40/100G 低延时交换机
数据中心主干连接	高带宽，几乎无损，高密度连接，10-100G 选项	支持深度缓冲、VOQ 架构和连接的 Arista 7500E 模块化平台，可扩展为支持一千多个 10G 端口和约 100 个 100G 端口
Co-Lo 数据中心托管	可扩展、灵活的性能，支持一系列接口速度	可实现低延时和高性能的 Arista 7300X Spline 系统
在同一 DC 基础架构上支持 VMware 或 OpenStack 的虚拟化扩展	更高效、成本更加低廉的扩展，共享通用基础架构，可靠并具备自愈能力	Arista CloudVision VXLAN 控制服务 (VCS)，支持 VMware、OpenStack 和其它 OVSDB 协同控制器
基础架构配置管理自动化，支持自我诊断和修复	变更管理自动化，Bug 检测和修复保持代码合规，而无需人为干预，也不会影响生产。	Arista CloudVision 门户。提供工具来接收现有配置，执行合理性检查，验证主要的 Bug 报告，以及自动推荐和实施修复操作。

**圣克拉拉—公司总部**

5453 Great America Parkway, Santa Clara,  
CA 95054

电话: +1-408-547-5500

传真: +1-408-538-8920

Email: info@arista.com

**爱尔兰—国际总部**

3130 Atlantic Avenue  
Westpark Business Campus  
Shannon, Co. Clare  
Ireland

**温哥华—研发办事处**

9200 Glenlyon Pkwy, Unit 300  
Burnaby, British Columbia  
Canada V5J 5J8

**旧金山—研发和销售办事处**

1390 Market Street,  
Suite 800 San Francisco,  
CA 94102

**印度—研发办事处**

Global Tech Park, Tower A & B, 11th  
Floor Marathahalli Outer Ring Road  
Devarabeesanahalli Village, Varthur Hobli  
Bangalore, India 560103

**新加坡—亚太区管理办事处**

9 Temasek Boulevard  
#29-01, Suntec Tower Two  
Singapore 038989

**纳舒厄 (Nashua)—研发办事处**

10 Tara Boulevard  
Nashua, NH 03062

