

Remote PHY 架构： 运营的挑战和机会

除非您近两年以来一直与世隔绝，否则您一定知道，我们目前正在经历着一个 HFC 网络发生前所未有的变化的时代。客户对下行带宽无止境的需求是造成这些变化的主要动力，而且所有迹象都表明，这一趋势即使不会加速发展，也会继续保持下去。尽管客户所要求的速度提升已经达到或超过了尼尔森曲线的预测值，但客户并不愿意支付更高的价格或者牺牲服务质量或可靠性来实现速度提升。采用光纤的竞争对手（不管是老牌公司还是新兴公司）已经准备好填补有线网络公司无力应对的空白，失败不是他们的选项。在本文中，我们将讨论近几年来与网络设备制造商（开发分布式接入架构来解决这些难题）以及早期采用该技术的有线运营商（规划如何以最佳方式部署这些强大的突破性全新 HFC 架构）密切合作所获得的经验。

为何以往增加带宽的业务方式不再起作用

对于有线运营商来说，要求提升带宽并不是什么新鲜事，但用于提升带宽的传统方法已经达到了极限：

- **更多载波**：许多现有的 750/860MHz 网络（甚至是一些 1GHz 网络）已经使用了所有的可用频谱，即使通过回收模拟频道可释放一些额外的空间，但仍然没有充足的频谱来增加足够的 DOCSIS 载波以满足未来的需求
- **更高的频谱效率（比特-赫兹比）**：由于 HFC 固有的性能受限的原因，DOCSIS 3.0 及其 TDMA 载波通常被限制为 256QAM，因此无法真正地从现有载波中挤出更多空间
- **更小的业务分组**：节点拆分仍然被用来缩减业务组规模，但也面临着成本增加以及机房机架空间/电源/冷却方面的难题

为了在控制成本的同时实现快速带宽提升这些看似相互矛盾的目标，有线网络运营商已经采用了 CableLabs 的技术方案，其中包括：

- **更多载波**：DOCSIS 3.1 对上行和下行链路制定了可选的扩展频段
- **更高的 比特-赫兹比**：DOCSIS 3.1 OFDM/OFDM-A 和 LDPC 纠错功能使得 1024QAM 易于实现，并使得 4096QAM 对于许多网段而言也不在话下
 - 全双工 DOCSIS (FDX) 即将来临。这是一项实现上下行对称千兆带宽的颠覆性技术，但其架构受限制，本文不做讨论
- **更小的服务分组**：分布式接入架构 (DAA) 使光纤部署更深入
 - Remote PHY、Remote MAC/PHY、Remote CCAP

这些创新中的每一项本身都带来了巨大的价值，但在 HFC 网络维护方面也呈现出了新的挑战和机会，而这些创新技术如果同时应用，挑战将会成倍增加。在本文中，我们将主要侧重讨论 DAA 及其对网络维护和定位故障的影响。

为何运营商正在调研可替代当前网络的架构

如上所述，即使 DOCSIS 3.1 能够扩展频段范围并提高频谱的传输效率，但为了满足下行带宽要求，拆分光节点正在以前所未有的速度进行。举例来说，全球一些主流运营商预期光纤节点数在未来 5-10 年期间将增加 5-10 倍，而且还有一些增长更为极端的个案。节点数的指数级增长带来以下挑战：

- **成本**：每个光纤节点以及为其提供支持的后端设备的成本并未呈现快速下降的趋势，不足以与每个节点的客户数的降低相匹配
- **机房设备的空间占用**：CMTS/CCAP 设备的密度越来越高，但其端口密度的增加速度还不够抵消端口数的增长所需的机房空间，尤其是计入光接收机的机架以及分路/合路器网络所占的空间
- **机房电源功耗和散热**：类似的挑战 – 随着越来越多的设备塞满现有的机房，将会超出机房原有的电源和散热系统的工作能力

值得注意的是，有线网络运营商正在寻求包括 N+0 在内的策略进行光纤深入部署，其目的不仅仅为了缩减业务组规模。光线的深入部署可以减少网络受入侵干扰的机会，并且，因为 80-90% 的入侵干扰都源于户内网/入户电缆，所以减少每个节点的户数在这一方面也有所帮助。N+0 的部署方式还可以从系统中去除有源器件，减少了功率消耗并降低了维护开销（放大器调整/调平）。展望未来，全双工 DOCSIS (FDX) 预期将会需要 N+0，因此现在就更加深入地部署光纤是一种良策，为将来 FDX 可用时做好准备。有线网络运营商从来不会对部署更多光纤感到后悔，并且，因为 5G 移动业务需要大量的基站（每个基站都需要回传），因此光纤将不可能会出现未尽其用的情况。

解决方案：分布式接入架构

针对上面列出的这些挑战，主要应对方法就在于分布式接入架构。通过将以前集中安装在机房内的 HFC 设备分布部署，DAA 可以克服许多成本/空间/电源/冷却难题。当前有多种的 DAA 产品正在开发之中，而业界共识是，没有一种产品能够独赢。而在正在开发中的诸多不同 DAA 产品之中，有三种产品占据主导地位，即 Remote PHY、Remote MAC/PHY 以及 Remote CCAP。

每种产品的主要不同之处在于网络结构中的哪个部分是分布式部署的：

- **物理层 (PHY)**：负责传送和接收在终端和接入网之间传输的数据；支持连接物理介质的电气或机械接口 (IEEE) (Bastian, 2017)
- **MAC 层 (MAC)**：负责控制网络设备访问介质的方式以及传输数据的权限 (IEEE) (Bastian, 2017)

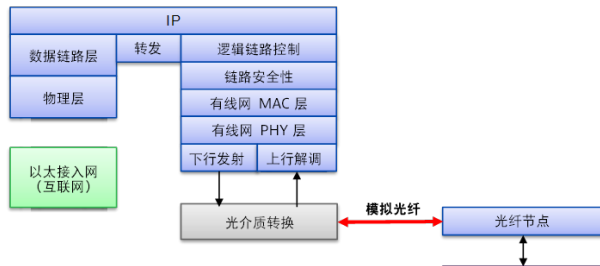


图1 当前 - 集中式接入架构

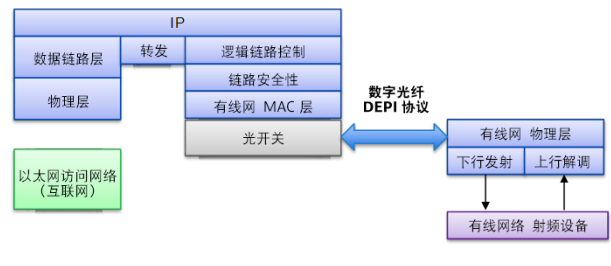


图2 Remote PHY 架构

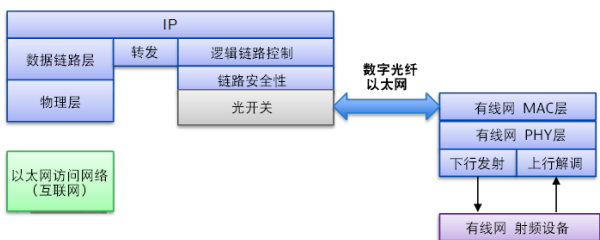


图3 Remote MAC/PHY 架构

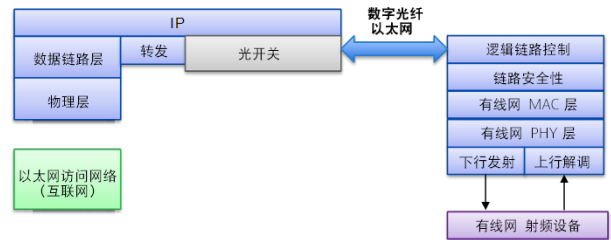


图4 Remote CCAP 架构

每种方法都有优缺点：

所有 DAA 方法所共有的一些主要优点包括：

- 减少了机房对机架空间/功耗/散热的需求（节省额因方法而异）
- 取消了模拟光链路
 - 与模拟链路相比，数字链路的信噪比可改善约 8db
 - 与模拟链路相比，可以铺设更长的光纤
 - 成本更低，因为数字链路已经是商品，不是有线网络所独有的
 - 降低了维护成本，因为数字链路更易于设置，并且更稳定
 - 数字光链路的可靠性更出色

每种方法的详细信息、优点和缺点

Remote PHY: 在 Remote PHY 中, CCAP 的 PHY 层实现模块已外移至光节点 - 即上行解调和下行调制功能。MAC 及之上各层仍位于机房。位于机房的 CCAP 核心 与位于外场光节点的PHY 层通过伪线通信, 以管理时间同步和其他关键功能。此实现方式中, 对头端机房的 空间/电源功耗/散热的益处比较适中, 因为如同 CAA 一样, CMTS 机柜通常仍然保留, 但可以取消光接收机和相关射频电缆布线的机架。传统 CMTS/CCAP 供应商通常倾向于这种方法, 尽管也有些新的厂家采用此方式。

优点:

- 完全符合 CableLabs 规范
- 有最多的研发制造商支持
- 最简单的现场部署

缺点:

- 长距离光纤的时钟问题
- 对机房空间/电源功耗/散热的要求未大幅降低

Remote MAC/PHY、Remote CCAP: 在这些实现中, 调制/解调以及 MAC 层都已外移至光节点。根据每种特定的实现方式所采用的虚拟化级别不同, 对机房/电源的需求差别会很大。在最极端的 Remote CCAP 例子中, 据说这些解决方案将只需要 10% 的机房空间, 消耗 10% 的电能, 并且, 与使用传统集中式接入架构的类似部署相比, 前期成本至少减少了一半。这种方法往往受到业界新加入者的青睐, 他们的设备表中不存在现成的头端设备。

优点:

- 使用商用的 10G 以太网光链路和协议
- 可最大程度地减少所需的机房空间/电源/散热要求
- 节点处有真正的以太网

缺点:

- 现场设备的复杂度高 (升级、维护、失窃)
- 采用该方法的供应商较少
- 存在互操作性问题, 行业标准不够全面

DAA 的优点显而易见, 所以在最近的一次 SNL Kagan 调查中, 大多数受访运营商表示他们将在 2018 年底开始部署 DDA 也就不足为奇了。

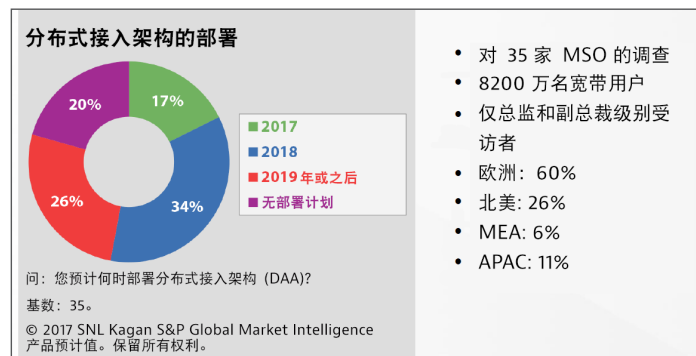


图 5 准备采用DAA的时间

挑战

人们还不太了解 实施 DAA 将会给运营带来的挑战，以及如何利用其创造的机会。运营商已经在监控系统和现场仪器中投入了大量的资金，通过与这些系统和仪器，进行最优的标准化的网络维护和故障定位。由于下行调制和下行解调功能被外移到现场设备，所有 DAA 产品都去除了机房内射频测试点，这是一项重大变化，因为已有的针对许多最常见网络维护的测试设备和方法无法再使用，包括上行入侵干扰的修复和扫频。

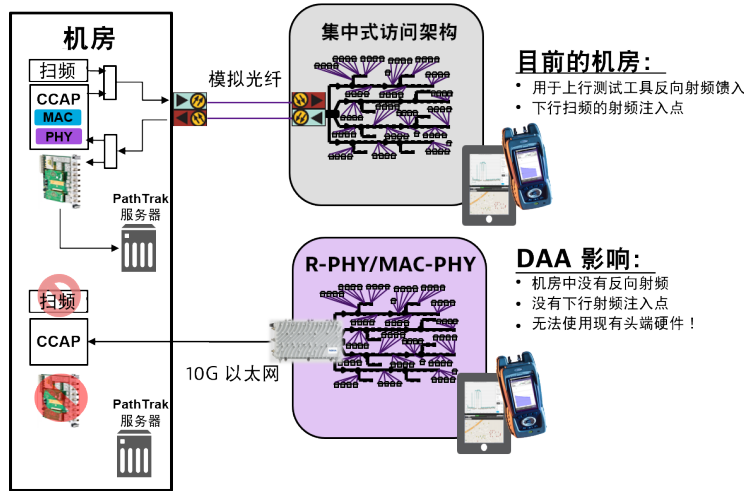


图 6 DAA 架构中机房内已经没有射频测试点

经过与全球运营商的商讨，可以明确的是，DAA 的实施将不会是彻底颠覆，它将是一个不断演进的过程，会持续十年或更长。许多运营商将首先为所有新设置的 HFC 节点和主要 N+0 节点扩容部署 Remote PHY，稍后再针对具体情况增加 Remote CCAP 的实施。就好像如今的运营商不愿只使用某单一设备商的CMTS 一样，他们也希望将使用多个厂家的 Remote PHY 设备。这样做将会形成一个采用多家供应商架构的异构混合网络：对于希望为随时需要对这种混和网络的技术人员提供维护的标准化方法和流程的运营商而言，这无异是一场恶梦。让这些变化更加显著的是，许多运营商都过渡到 DOCSIS 3.1 并拓展了频率，这样就形成了一场给高效标准化维护流程带来冲击的巨变。

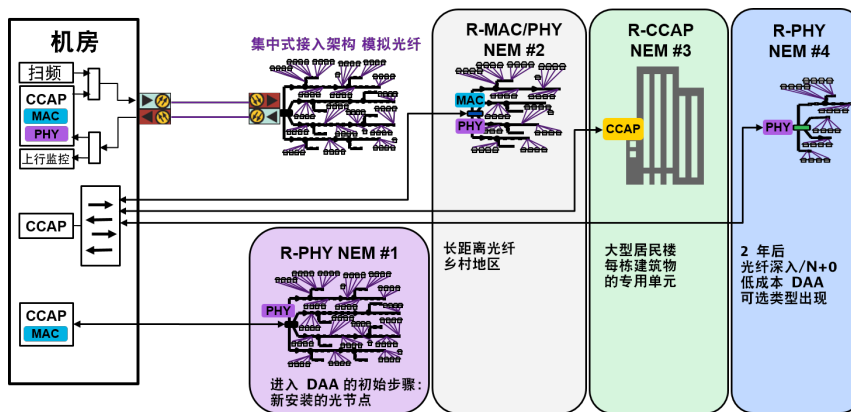


图 7 架构/供应商的多种组合

业界如何应对这些挑战

作为一个行业来说，我们已经从过去得到了很多教训：系统如何维护总是在网络完成后才考虑的事情。CableLabs PNM 工作小组在 DOCSIS 3.1 规范中写入了许多令人激动的新功能，其中大部分功能都将从集中式架构迁移到 DAA。一个问题是，这些新功能的实现会滞后，因为网络设备制造商 (NEM) 首先关注的是他们的设备能够成功传递数据包。即使当他们开始实现 PNM 功能时，差距依然存在。好消息是，有远见的运营商和测试供应商已经未雨绸缪，并推行解决方案来确保转变过程中和转变之后测试的连续性。

用例 1：上行入侵干扰的修复

这毫无疑问是要解决的最大问题，因为 DAA 的实施没有为运营商留下应对此关键用例的可行方法。功能强大的远程上行频谱分析对于 85% 的入侵干扰的探测和修复是至关重要的。数十年以来，安装在机房内的专用频谱分析工具（比如 PathTrak 反向通道监控系统）已经很好地满足了这一需求，但如果没有中心内的射频，这些系统就必须改动。CMTS 和 CCAP 主机提供虚拟频谱分析功能已经有相当长一段时间，但业界却很少采用 CMTS 频谱，因为目前的 CMTS/CCAP 硬件无法可靠地检测持续时间很短的突发脉冲式的干扰，这种干扰如今的 HFC 网络中极其普遍，并且对用户服务的影响最大。好消息是，某些供应商对 DDA 硬件的早期分析表明，这一方面的结果已经有了显著改善。得出的关键结论是：如果 DAA 的实施导致无法使用安装在机房内的频谱分析设备，就会有一些能够胜任该任务的下一代 DAA 硬件将其取代。

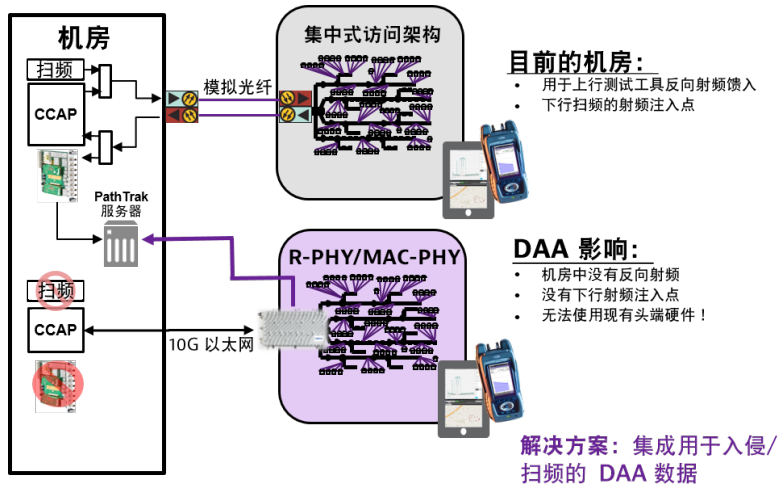


图 8 将 DAA 数据集成到 OSS 中

用例 2：扫频

尽管长期来看，DAA设备将会使链路的级联深度逐渐趋浅，但运营商仍然强烈要求扫频系统继续提供以前所提供的功能。CableLabs Remote PHY 规范 (CM-SP-R-PHY-I06-170111) 的附录 I 建议了（但未指定）三种可能的方法：

- 1 使用 PNM 功能
- 2 创建附加硬件模块
- 3 与现场仪表制造商一起开发 API

方案 1 (PNM) 可应对一些用例，但有若干缺点（在本节中稍后讨论），大多数受访的运营商认为，这些缺点使其无法成为一个完整的解决方案。该方案可被用来帮助确定扫频的优先级，并确保不会浪费时间来对干净的网络进行扫频。由于方案 2 成本高昂，存在开发/维护难题，并形成了一个额外的故障点，因此非常不受欢迎。方案 3 是目前为止我们与之交谈过的大多数运营商的优先选择。

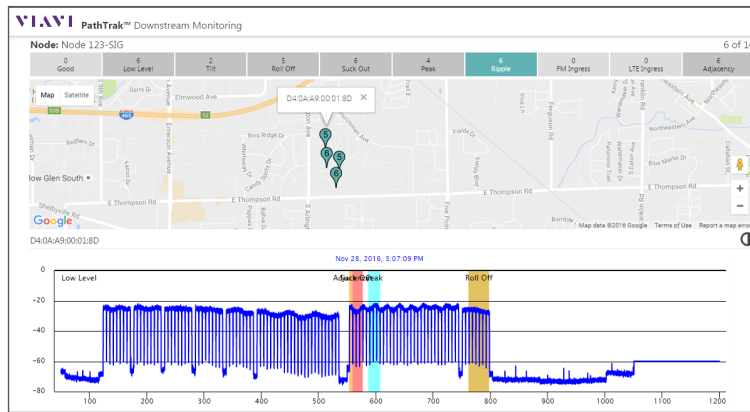


图 9 PNM 用于划分节点的扫频优先级

对于大多数使用，无扫频通常可以解决下行扫频问题（有关详情，请参见图 10）。但运营商仍然坚持要求 DAA 和测试商提供基于仪表的反向扫频方案，作为采购任何系统的前提条件，这实际上是让仪表与设备能紧密关联，保证互操作性。



图 10 下行无扫频

根据与早期采用 DAA 的运营商的讨论，通常将以下条件定义为基于 DAA 的扫频解决方案的必需属性：

1. 基于软件：不需要部署任何额外的专用硬件
2. 多用户：允许多名技术人员同时使用，而不会产生干扰
3. 基于标准：必须使用标准化的遥测通信媒介
4. 快速并且全频段覆盖：每次使用时启动时间不得过长，并且必须覆盖全频段（而不仅仅是占用的频谱）
5. 可靠/始终有效：不需要有源的/工作的有线设备或蜂窝网络覆盖也能操作

	基于软件	多用户	基于标准	快速、全频段	始终工作
NDR/NDF 遥测	●	●	●	●	●
直接 API (RPD/服务器/仪器)	●	●	●	●	●
TCP/IP Over DOCSIS 遥测	●	●	●	●	●
TCP/IP Over LTE 遥测	●	●	●	●	●
带内频率响应	●	●	●	●	●
注入载波/在频谱分析仪中查看	●	●	●	●	●

图 11 VIAVI 反向扫频示意图

根据上面的条件对以下解决方案进行了调查，只有直接数字 API 才是可满足所有这些要求的唯一方案。下面的图 12 阐述了这种解决方案的一个实现的示例。现有虚拟机内的一个或多个内核以完全虚拟化形式执行下面的 R-PHY/CCAP 接口功能，并随着节点数的增加根据需要可添加更多内核。最终将会得到一个虚拟化反向扫频系统，该系统不需要机房内有任何专用硬件，同时可为现场技术人员提供与传统扫频相同的体验。技术人员只需使用现有现场仪表，按下相同的按钮，便可获得与他们维护传统 CAA（集中接入架构）节点时相同的结果。

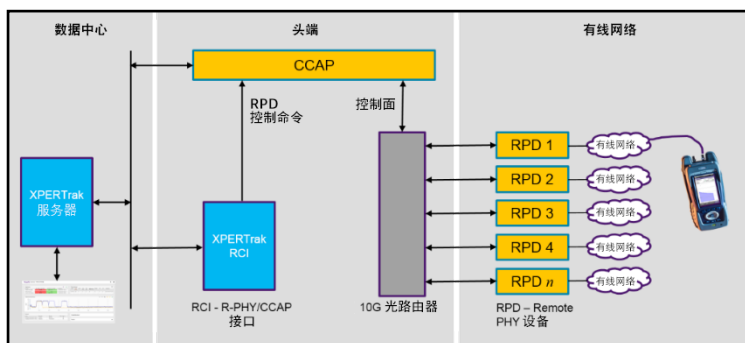


图 12 反向扫频方案与要求

用例 3：架构/供应商的多种组合

运营商已经认识到有必要将 DAA 设备单元中的数据以虚拟探针的形式整合到其维护工具中，以替代专用硬件。通过几个方案来达到此目的。

1. 将 DAA MIB 添加到现有或计划自有开发的 OSS 中
2. 每个DAA 供应商提供各自单独的 OSS
3. 利用测试供应商提供的现有用于HFC维护的OSS

构建或扩展自有的维护HFC的OSS：此方案对于自己没有应用开发资源的运营商不可行；甚至对于有这些资源的运营商而言，在出现多种DAA架构/供应商时，此方案也并不理想。针对所有不同的 DAA 供应商开发和维护接口非常繁琐，尽管某些功能能标准化，但要每个供应商创建新版本和软件/固件更新，在集成方面容易出现的问题。通常，运营商自己开发应用的隐形成本，尤其在支持和维护成本通常会被低估，等到发现时为时已晚。自己开发 OSS 的另一个主要缺点是它无法支持和探测入侵干扰和扫频的现场仪表实现交互。

由每个 DAA 供应商提供各自的 OSS：某些 DAA 供应商会随其业务设备一起提供一个故障排除解决方案，有时会在购买 DAA 硬件时免费提供。这些解决方案通常是单点解决方案，它们能够支持该特定制造商的设备，但通常无法为竞争对手的设备提供支持。功能的广度和深度在设备制造商之间差异很大，但通常这些系统都是以定位该制造商的设备故障为目的，并未设计为综合性网络维护工具。这些工具也不支持现场仪表交互，并且缺乏扫频支持。此选项的另一个缺点是，每选定一个新的 DAA 供应商，就需要部署和维护一套新的维护工具并向用户提供使用培训。因此导致的测试工具的激增情况还会使多系统中有多家提供的节点性能的比较无法进行，使技术人员困惑于对给定节点使用哪种测试工具，并且总的说来要花费更高的精力和成本来维护多个解决方案。此外，锁定于某个设备提供商的解决方案可能会抑制采购其他供应商硬件的机会。从服务提供的角度而言，即使已经规定 DAA 设备能互相配合工作，但这些设备之间所支持工具的差异也可能使运营商实际上有时只使用单一供应商的解决方案。

优点：

- 有可能降低前期成本（有时免费）
- 定制的单点方案可以与该特定供应商设备很好地配合工作

缺点：

- 对竞争对手设备的支持参差不齐
- 无法与现场仪表交互/扫频
- 技术人员会产生困惑—每个节点工具可能不同
- 部署、培训和维护多个单点解决方案的总体拥有成本更高
- 增加了采购其它网络设备的风险，成本比测试厂商高得多

利用测试厂商现有的HFC 维护工具OSS: 只有像 VIAVI 这样的测试供应商才能提供支持与广泛部署的现场仪器进行交互的解决方案。这些解决方案与架构和供应商无关, 对多家网络设备供应商提供的设备都能提供同等支持, 并且实现了测量的一致性。这些系统已经部署在大多数运营商处, 并且被多个用户组频繁使用, 最大程度地减少了培训需求。运营商可以依赖于单一系统, 在其从为集中式访问架构使用专用监控硬件, 到随着网络演变使用 DAA 节点中的数据逐步转变过程中, 提供无缝支持。技术人员无需了解底层节点的架构或设备商, 只需在工具中搜索节点名称, 即可以得到(无论节点类型如何)多种标准的报告和实时分析。

优点:

- 不管网络设备如何变化, 在 HFC 网络迁移过程中都使用同一个系统
- 利用现有系统, 无需维护新设备, 也不用为用户提供新的培训
- 无需锁定到任何单一 供应商的设备方案 (消除了采购多家设备的风险)
- 解决方案可得到专业支持和维护, 不太可能会被闲置不用, 束之高阁

缺点:

- 与内部开发或购买 DAA 硬件时提供的工具相比, 感知到的前期成本更高

DAA 未来的前景如何?

我们的预测不敢说 100% 准确, 但我们在与 DAA 供应商开发团队和早期采用 DAA 的服务提供商的合作过程中看到了某些方面的共通性, 因此可以做出以下预测。

1. 在大多数发达地区, 由于节点拆分的原因, 节点数在未来五年中将会**至少**增加一倍, 许多运营商/地区的节点数增长势头会更迅猛
 - a. 许多系统目前的每节点用户数大于 300, 中期目标是减少到 100 以下
2. 随着技术的成熟, DAA 在 2-3 年内将成为光纤深入/N+0 计划的默认配置
 - a. 但大量的 CAA 节点从现在算起将继续存在 5 年甚至 10 年。DAA 的部署将是逐步和渐进的。
3. 通过 HFC 连接入户的数量在未来 5 年仍将大大超过通过 FTTx 接入数, 可能在未来 10 年内仍将是主流
 - a. 全双工 DOCSIS 将使用现有入户电缆, 仅以光纤入户几分之一成本便可实现对称 Gb 级业务

如何做好准备应对这些改变

如果未能针对这一系列变化做好计划, 就相当于计划失败。服务提供商准备不审慎的情况只有在开始现场试用后才可能被发现。他们发现 DAA 的实施使得他们没有有效的方法来对网络进行维护和故障排除, 或者充其量只有一组分散的单点解决方案来满足其部分需求。好消息是, 运营商无需从头做起, 因为 CableLabs、早期采用 DAA 的服务提供商以及有远见的测试供应商已经为您打好了基础。已经有了一些目前可用或者正在积极开发中的解决方案可确保测试的连续性, 但您必须适当地在 DAA 实施计划中纳入这些方案。

在考虑 DAA 设备供应商时，要询问以下几个关键问题：

1. 它们是否支持 CableLabs PNM 功能（或者已经发布了提供相应支持的路线图）？
2. 他们的解决方案是否可供第三方访问，或者是否为封闭式/专有方案？

对于针对 DAA 部署调整工具策略的情况，要询问以下几个关键问题：

1. 您是否有途径维持您的核心测试功能？
2. 您已经部署的仪器基础是否能继续与您的 OSS 互操作？
3. 您将如何应对将来的多种架构/供应商并存的情况？
 - d. 您的工具是否能同时支持所有组合？
 - e. 从 IT 部门、技术人员和仪表的角度来说，同时使用多个单点方案是否具有扩展性？

我们正站在 HFC 网络发生前所未有变化的时代。尽管有时候变化似乎势不可挡，但我们无疑将以更强劲的竞争地位脱颖而出，确保有线网络至少在未来十年或更长时间内仍将是满足客户带宽需求的最具成本效益的方案。分布式接入架构就是反映这一点的一个很好的例子——它们能提供节点数指数级增长所需的解决方案，但也给网络维护工作带来更大的困难。通过提前规划并利用 CableLabs 和领先测试供应商提供的先进技术，有线网络运营商既能引入强大的新功能，也能保留重要的网络维护和故障排除功能。对于知道如何善加利用的人来说，改变是一件好事。



北京
上海
深圳
电邮：
网站：

电话：+8610 6476 1456
电话：+8621 6859 5260
电话：+86 755 8869 6800
sales.china@viavisolutions.com
www.viavisolutions.cn

© 2017 VIAVI Solutions Inc.
本文档中的产品规格及描述可能会有所更改，恕不另行通知。
remotephy-wp-cab-nse-zh-cn
30186330 900 0817