

Wi-Fi 6 问世： 组织局域网的未来

Farpoint Group 白皮书

文档 FPG 2019-4104.1
2019 年 4 月



基于 IEEE 802.11ax 标准（其 Wi-Fi 联盟命名 *Wi-Fi 6* 日益为人所知）的无线局域网 (WLAN) 产品的问世，是过去 25 年间重新定义组织局域网的一组广泛技术 - WLAN 的另一个非凡里程碑。虽然原始吞吐量（如今越来越高，已远远超过 1 Gbps）仍然是衡量 WLAN 进展的主要指标，但仅凭这一个因素已不能再满足当今 Wi-Fi 的核心要求；更有意思和更重要的指标包括可用性、可靠性和安全性，其中最重要的是容量。时至今日，能够处理大量不断增长、多种多样且在许多情况下有时限的流量流对员工队伍的工作效率（取决于强大、持续且透明的连接）至关重要。

本 Farpoint Group 白皮书的主要目标是探讨 Wi-Fi 6 在未来十年内将如何取代所有前几代 Wi-Fi，并介绍其主要功能、优势和技术。我们还将研究在采用方面所面临的挑战，并就网络和 IT 经理现在应该采取什么措施来充分利用这一重大进展提出建议。

此外，我们还将研究 Wi-Fi 6 与 5G 之间的关系。虽然 Wi-Fi 如今定义了组织网络的边缘并且在大多数室内环境乃至许多园区和公共环境中都是所有用户和应用的首选访问方式，但同时出现的 5G 蜂窝网也确实提出了一些对世界各地 IT 和网络管理人员非常重要的有趣问题。也许令人惊讶，但 Wi-Fi 6 与 5G 之间存在的关系是一种“合作大于竞争”的关系，我们将在本文稍后部分介绍我们对这一观点的分析。

基于旧版构建但面向今天

鉴于流量的数量庞大且不断增加，Wi-Fi 显然是室内组织（和住宅）连接的主要选择。此外，它在商业（例如零售业）环境和许多人口密度高的户外场所中也有很大的市场。这一成就的背后是 IEEE 802.11 工作组（有关 802.11 的详细信息，请参阅下面的“IEEE 802.11、Wi-Fi 联盟和即将出现的里程碑”）能够不断利用无线和半导体技术的进步成果来持续提高标准，并能对最终产品继续提供目前和今后员工工作效率所必需的性能水平（参见表 1）。虽然 Wi-Fi 6 的核心技术非常精密复杂，但每一代 Wi-Fi 所体现的进步都证明了它们在全球各地数十年部署中的价值。请参阅下面的“Wi-Fi 6：关键技术进步”，详细了解此新标准的核心技术创新。

即使 Wi-Fi 6 延续了长久以来每个新 WLAN 标准只提高单流吞吐量的传统（以 40 MHz 的信道为例，单个 Wi-Fi 6 流的原始吞吐量最多可比上一个标准提高 43.5%，从 200 Mbps 提高到 287 Mbps），Wi-Fi 6 背后的主要动机已转变为

PHY 标准	年份	吞吐量	频段	与上一代相比的改善
802.11 (Wi-Fi 1)	1997	1-2 Mbps	900, 2.4, IR	初始标准
802.11b (Wi-Fi 2)	1999	11 Mbps	2.4	原始吞吐量提高 5 倍以上
802.11a	1999	54 Mbps	5	首次使用 5 GHz 频段; 在商业上不成功
802.11g (Wi-Fi 3)	2003	54 Mbps	2.4	吞吐量提高 5 倍
802.11n (Wi-Fi 4)	2009	300-600 Mbps	2.4, 5	MIMO/OFDM, 40 MHz 信道、吞吐量提高 6 倍
802.11ac (Wi-Fi 5)	2013	433-1270 Mbps	5	80 MHz 信道
802.11ac (第二代)	2015	2167 Mbps	5	160 MHz 信道、超过 3 个 MIMO 流、多用户 MIMO
802.11ad	2012	7 Gbps	60	有效吞吐量超过 3 Gbps
802.11ax (Wi-Fi 6)	2019	10 Gbps	2.4, 5	10 Gbps、双向 MU-MIMO; 可能有第二代
802.11ay	2020	20+ Gbps	45+	可能超过 100 Gbps

表 1 - 主要 IEEE 无线局域网标准。来源: Farpoint Group。

Wi-Fi 6: 关键技术进步

Wi-Fi 6 延续了 Wi-Fi 长久以来的传统, 采用非常复杂的无线电和半导体技术并将其运用到广泛适用于多种设备和应用的低成本、小巧、节能且可靠的组件中。Wi-Fi 6 基于最初于 802.11n (Wi-Fi 4) 中率先推出的技术进步成果, 在此情况下是 MIMO 和正交频分多路复用 (OFDM), 以及额外的空间流、多用户 MIMO (MU-MIMO) 和 802.11ac (Wi-Fi 5) 中的波束形成。但是, 与前几代标准相比, Wi-Fi 6 实际上取得了巨大的突破, 推出了以下关键创新:

- **正交频分多址接入 (OFDMA)** - 此技术能够让多个用户各分配到从无线接入点 (AP) 到客户端设备的单次传输中可用总带宽的一部分。由于任何给定用户可能都只需要给定单次传输中可用吞吐量的一部分 (有可能是很小一部分), 因此 OFDMA 提高了效率并最大限度地减少了延迟。
- **1024-QAM** - 正交调幅 (QAM) 是一项经过验证的高效信息通信技术。使用 1024 QAM, 在给定传输过程中最多可发送 10 位信息, 同样能提高效率和容量。
- **双向 MU-MIMO** - 这项创新使 AP 能够同时接收来自多个客户端的传输, 从而与 Wi-Fi 5 中率先推出的下游技术互补。
- **BSS 着色** - 此技术能够让给定发射器确定同一信道上的邻近信号是否有可能是干扰源, 而非假定在每种情况下都肯定是干扰源。
- **目标唤醒时间** - 最后, 此项对现有节能协议的增强应该能显著延长移动设备的电池寿命, 这始终是一项受欢迎的成果。

由上述创新引出的一个关键主题是 **并发** - 而 Wi-Fi 历来规定在某一特定时刻给定信道上的单个发射器与单个接收器之间为串行连接, Wi-Fi 6 却从 Wi-Fi 5 的 MU-MIMO 开始, 反而将重点放在 **共享和并发/同时访问**上。最终结果恰恰是对可用容量的最佳利用, 这对满足当今和未来的流量需求至关重要。

提高在特定安装中共享访问权限的所有用户的体验质量 (QoE)，并通过最大限度地减少整体延迟来实现这一目标。于是，更高的频谱效率（每单位频率、时间和 [使用 MIMO 时] 空间所成功传输的位更多）及该频谱的有效和高效共享成为现今实现最佳容量的关键。如图 1 所示，Wi-Fi 6 的优势已经非常清楚。

机遇和优势

在对当今 Wi-Fi 安装中的需求性质进行考查后，我们发现实现最佳容量尤为重要。首先，用户群不断增长，每个用户通常配备了多个自带设备 (BYOD) 手机、平板电脑和笔记本电脑。备受推崇的 [2018 年思科视觉网络指数](#) 揭示，企业中使用的移动设备数量预计将于 2022 年达到 123 亿，复合年增长率 (CAGR) 为 12%。这些设备

中的每个设备通常都同时运行着多个应用，其中的语音电话（例如，作为移动统一通信设施的一部分）和流媒体视频等许多应用代表着有时限的流量，这些流量当然需要将网络延迟降到最低。媒体功能也是流量的核心驱动因素 - 流媒体视频可能需要低至 2 Mbps、高至大约 40-80 Mbps（用于全帧 4K 流量）的速度，因拥塞、射频干扰或 Wi-Fi 部署效率低下（由调配不足或配置错误导致）而引起的任何延迟都会导致 QoE 不佳，从而使用户失望且工作效率不理想。而如果任何网络无法确保最终用户的工作效率，那么它显然就无法提供所需的价值。

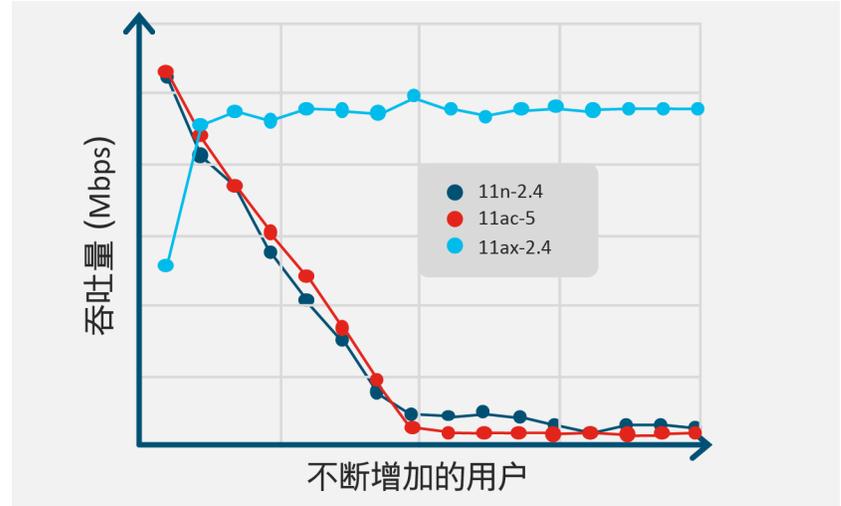


图 1 - 这张测试结果图清楚揭示了 Wi-Fi 6 能够改善容量。与前几代标准不同，即使流量增长，每用户吞吐量仍然保持不变。
来源：思科系统公司

现在，让我们在不断增长的需求中再加上一个尚被低估的需求来源 - 物联网 (IoT)。Farpoint Group 认为，Wi-Fi 将成为最受欢迎的无线物联网连接选择，因为组织可以利用已有的基础设施来提供环境控制、能源管理和物理安全等应用，包括自动视频监控应用。虽然给定物联网应用中的单个节点可能只会给网络造成很少的负载，但来自所有此类来源的总需求往往相当可观，而且某些物联网应用确实要求非常高。物联网的发展以及不断增长的整体网络流量始终存在的一些模式，是 Wi-Fi 6 未来

几年内在组织网络中加快获得采用并占据主导地位的关键原因。再次引用思科 VNI 中的预测：到 2022 年，50% 以上的全球互联设备的核心将是基于 Wi-Fi 的物联网。

当我们再将增强和虚拟现实 (AR/VR) 等迅速崛起的高流量需求应用纳入考虑范围后，很容易就能明白仅仅满足应用需求一项就能以极快的速度推动 Wi-Fi 6 的采用。

IEEE 802.11、Wi-Fi 联盟和即将出现的里程碑

基于 IEEE 802.11ax 标准的 Wi-Fi 6 是整个行业的工程师多年努力的成果，事实上全世界都在探索复杂而重要的细节，并遵循电气和电子工程师协会的悠久传统，制定一项严谨、公正、全面并且基本上能够代表世界各地法律效力的标准。

但是，正如 [802.11 标准](#) 可能（不，它们确实）严谨、公正和全面一样，IEEE 标准并未指定遵守、符合或测试互通性。这项工作留给了 [Wi-Fi 联盟](#)，该行业协会负责所有此类要求和市场可能需要的其他功能（例如 WPA 身份验证），并考虑如何将 Wi-Fi 技术与应用最有效地匹配。

在撰写本文时，802.11ax 工作组基本上已完成其工作，IEEE 标准协会内的其他小组现在正在对他们的工作进行验证、证明和最终确定。Wi-Fi 联盟已着手互通性工作，有望在 2019 年下半年完成相关程序。与各代 Wi-Fi 一样，生产产品的部署在正式标准和规范可用之前就已进行。这种事件顺序应该不是问题，因为我们预计（而且一直以来也确实如此），实施中遇到的任何不兼容问题都会在现场通过固件和/或软件更新得到修复。因此，Wi-Fi 6 AP 现在就可供使用，而且我们预计到 2019 年底，将有相当数量的客户端设备会如此配备。我们预计，到 2021 年底，所有新生产的组织级客户端设备都会具有 Wi-Fi 6 功能，而且到 2021 初，AP 也会支持双向 MU-MIMO 等高级功能。由此看来，到 2021 年，似乎所有新基础设施部署都会使用 Wi-Fi 6，而且我们预计这些部署和一些有需要的其他 AP 至少可以让大多数组织一直用到 2030 年（也许更晚）。当然，我们预计几乎所有 Wi-Fi 4 和 Wi-Fi 5 安装届时也会升级到 Wi-Fi 6。

有人可能现在会认为，Wi-Fi 中可用的技术如此先进，我们大概不久后就需要关闭专利局了，但这种想法是错误的。我们面临着各种机遇，例如提高基于 Wi-Fi 的定位和跟踪的准确性、进一步提高电池节能效率、通过蜂窝网式身份验证简化漫游、Wi-Fi 与蜂窝网服务之间的切换、物联网、车载应用等，这些方面的工作仍有待我们继续努力。而且正如 Wi-Fi 6 的庞大容量将来还需要提高一点那样，还有另一种技术 - 大规模 MIMO - 即将精准解决该问题，但是这一点在目前需要进行的决策中不必引起关注。无论如何，知道 Wi-Fi 已经可以满足我们对超出当今任何规划周期的容量的需求（是的，这种需求始终在不断增长），仍然令人十分欣慰。

Wi-Fi 6 与 5G

在 Wi-Fi 与基于运营商的蜂窝网通信之间，至少一直存在一种微妙的紧张关系。乍看起来，Wi-Fi 专注于室内宽带服务，其中的给定设施所有者和/或运营商对网络进

行调配。蜂窝网由运营商提供，历来都是利用基站覆盖基站与客户端之间数公里的半径范围，向来更注重语音而非数据。

但是，现在我们发现 Wi-Fi 与蜂窝网之间存在大范围重叠，而且这种重叠不仅存在于核心技术方面，也体现在任务方面。两者均为宽带，都可以对所有应用提供支持，无论是邮件和 Web 访问应用、有时限的语音和视频应用还是物联网应用，无一例外。5G 是仍处于新兴阶段的蜂窝网最新成果，它为蜂窝网长达数十年的演变（从固定电话增加到全 IP 宽带连接并因而取代座机）划上了句号。

那么，Wi-Fi 6 和 5G 在规格（都能实现 1 Gbps 以上的吞吐量）、基础技术和整体系统架构方面非常相似也许就不足为奇了。Wi-Fi 率先采用了*微蜂窝*的概念，即无线接入点之间相隔几十米，通过有线局域网进行连接（和供电），并且部署简单。如前所述，蜂窝网一直专注于具有很高天线塔的大型昂贵基站，但 5G 至少将部署在人口密度高的区域（这一点与 Wi-Fi 更加类似），使用小型、廉价的微蜂窝，其中一些甚至通过无线网状网（这也是 Wi-Fi 首创和推广的技术）互联。

因此，Wi-Fi 与 5G 之间的根本区别减少到两个简单的要素。5G 主要使用*授权*频谱，由特定运营商购买并为其预留，而 Wi-Fi 6 将继续使用*免授权*频谱，可供符合相关技术要求的设备免费使用。但是，特定场所的特定运营商通常只能接入几十到几百兆赫的频谱，而 Wi-Fi 可以使用大约*两千兆赫*的频谱（假设 FCC 将在 6 GHz 频段中进行分配），而且此频谱可在较短距离内进行管理和再利用，从而提高整体频谱效率，并为 5G 中的微蜂窝战略提供明确动力。

第二个要素是蜂窝网由运营商向最终用户收费提供；Wi-Fi 只要支付设备成本和任何持续运营支出即可使用，这些费用会随着管理、分析、保障和自动化方面的进步而降低，因为这些功能可以提高运营人员的工作效率，从而降低运营成本。虽然免授权频谱无法预留，但建筑物的业主和运营者实际上往往能在很大程度上控制其设施内可在这些频段中部署哪些服务。在已经运行 Wi-Fi 的设施中，虽然可以在免授权频段部署 4G 和 5G，但我们预计实际相互干扰很小，反而今后会实现长期的*重大合作*。

正如我们预计 2020 年及以后生产的手机会同时支持 5G 和 Wi-Fi 6 一样，在这两个领域之间切换连接的能力也将成为最大限度提高频谱效率的最常用方法。这种战略还能最大限度地减少甚至消除对室内 5G 部署、分布式天线系统和花时间排除免授权频段内可能存在但不必要的干扰的需要，从而降低成本。

最后，Farpoint Group 实际上将 Wi-Fi 6 定义为 5G 技术。不，它与预计将成为运营商产品和服务核心的 5G NR 技术不同。不过，所用的技术和实现的性能非常相似，以至于*应用不会知道区别*，而这也是真正的价值。因为用“一切都关乎应用”来形容当今网络最重要的要求也不算不公平，所以我们认为 5G 和 Wi-Fi 6 的共存和互通会带来巨大的好处，并会因此成为 Wi-Fi 6 供应商和蜂窝行业共同的重要目标。

制约因素和顾虑

重要 IT 设施的任何换代过渡都应该经过全面考查，而不是只注意明显的好处。因此，为公平起见，无论何时考虑采用 Wi-Fi 6，都必须解决一些制约因素和顾虑。其中包括：

- *802.11ac 未全面部署或完全折旧* - Wi-Fi 6 的运行可以（如果是早期部署，多半将）向后兼容 Wi-Fi 5 (802.11ac) 乃至 Wi-Fi 4 (802.11n)，而且在每种情况下性能都有可能提高。我们不建议在给定信道上长期多代混合运行，但是这种方法具有明显的便利性，加之逐代提高的性能，都可以减少这方面的顾虑。
- *尚不能广泛获得可用的部署和保障工具* - 不过，这些方面进展迅速；请向供应商咨询其产品规划图。增强安全性、最大限度减少干扰和最大限度提高频谱效率的工具即使对 Wi-Fi 6 也仍然十分重要，而供应商特定的差异化优势通常在任何部署决策中都可能构成关键要素（参见图 2）。
- *供应商的产品和服务不成熟* - 考虑到涉及的新芯片、系统、固件、驱动程序、软件和管理与分析，这始终是换代过渡期的合理顾虑。同样，这对供应商而言也是一个讨论要点。此外，还应根据需要审查和更新集成新设备的 BYOD 程序。我们预计，固件和软件的部署后现场升级能够解决（以往一直如此）出现的任何问题，因此我们认为这方面的所有风险都很低。

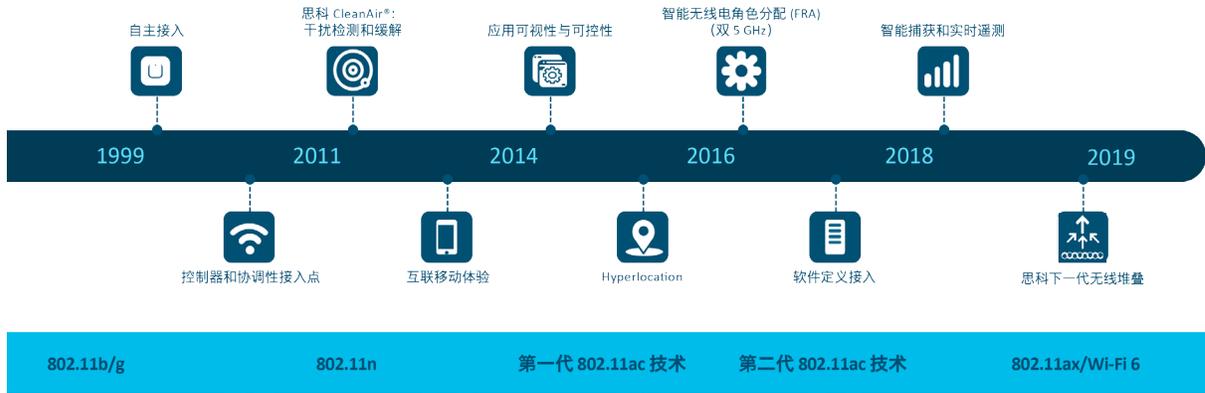


图 2 - 每代新 Wi-Fi 都为系统供应商提供了超越标准的创新机会，让客户和最终用户获益良多。思科系统公司一直是此战略的主要支持者，而 Wi-Fi 6 也为安全、高可用性和对组织至关重要的其他 WLAN 要素带来了新的关注。来源：思科系统公司

- **缺乏客户端设备** - 虽然我们预计 2019 年就会出现少量支持 Wi-Fi 6 的手机和其他移动设备，但关卡大开的的时间将在 2020 年，到 2020 年底将有数千万 Wi-Fi 6 设备投入使用。不错，向后兼容性仍然非常重要，但正如上文所述，不断增长的网络需求将在这段时期极大地刺激基础设施侧对 Wi-Fi 6 的支持。
- **没有 Wi-Fi 联盟互通性规范** - 公平地说，IEEE 标准本身在撰写本文时也不完整。但是，就像更早的 Wi-Fi 规范通常的情况那样，我们预计今后并不会涉及需要修改硬件的任何更改。
- **等待“第二代”** - 如同 Wi-Fi 5 的情况那样，最初面市的产品中可能并没有 Wi-Fi 6 可实现的所有功能和优势，供应商也会为“第二代”（非正式用语）版本保留一些其他功能。因为预算限制，也可能根据此要素决定拭目以待。但是必须指出的是，等待也可能导致过渡时期的网络功能不理想，而即便最初产品获得的投资回报 (ROI) 可能实际上也超过了证明所需资本支出合理的回报。

现在应采取的行动

本质内容？简单，Wi-Fi 6 就在这里，现在开始体验它所涉及的新技术和所需的产品正是时候。我们建议的计划也很简单：首先，与您的供应商联系并了解他们的产品和服务研发速度及供货情况。接下来，考查流量模式、位置和趋势；这有助于确定升级的优先顺序并安排时间。我们预计，几年内对配备 Wi-Fi 6 的新客户端还没有很大需求，所以在这个过程中还有一点喘息空间。然而，同样基于历史证据，我

们也预计在 Wi-Fi 5 乃至 Wi-Fi 4 模式下运行的 Wi-Fi 6 AP 性能将高于前代产品，因此在短期内进行运营部署确实可以立即实现 ROI。我们还建议，出于安全和性能两方面的原因，应尽快停用 Wi-Fi 4 之前的任何 WLAN 技术。

但是，即使生产部署并未列入当前的待办事项清单，我们仍建议组织现在就开始体

思科系统公司与 Wi-Fi 6

思科系统公司在每一代 Wi-Fi 上都一直处于领先地位，如今已成为全球最大的 Wi-Fi 设备供应商。因此，只要我们有机会与他们交流，我们都会洗耳恭听，而 Wi-Fi 6 的出现显然是更新认识的合适时机。

思科企业无线解决方案的产品管理副总裁 Greg Dorai 在近期的一次简介中告诉我们：“思科已将 Catalyst 品牌扩展为包括无线解决方案，我们的下一代无线架构包括思科第一款 Wi-Fi 6 无线接入点 - [Catalyst 9100 系列](#)、[Catalyst 9800 系列控制器](#)及全新 [Meraki MR45](#) 和 [MR55 AP](#)。任务关键型 9120 AP 具有实时射频分析功能，与 Cisco DNA 网络状态感知模块（请参见下文）配合使用时，网络管理器可以获得 RF 情报和可视性，从而简化运营并显著提高效率和可靠性。”

由于思科自己的 VNI 数据显示物联网应用呈现爆炸性增长，所以我们问到思科在这方面的计划。Greg Dorai 补充道：“思科 Catalyst 9100 无线接入点也提供多语言支持以及 Wi-Fi、BLE 和 Zigbee 等物联网协议的应用托管。”鉴于当今物联网无线产品的多样化，这是一项宝贵的战略能力，使运营团队能够将最适合的物联网产品与手头的需求相匹配。我们还询问了 Catalyst 9800 系列控制器。Greg 对我们说：“该系列专为基于意图的网络全新打造。9800 运行所有 Catalyst 交换机中通用的 IOS XE，并可部署在任意位置，包括部署在云端、本地或在 Catalyst 交换机上进行虚拟化部署。”

我们还希望了解新的 Meraki AP。思科 Meraki 产品组合的产品营销主管 Jeevan Patil 告诉我们：“MR45 和 MR55 的设计采用了开放且可扩展的多语言四频射频架构，还有专用扫描射频用于安全、定位和分析。这些 AP 可提供高吞吐量、企业级安全和简单的管理，并具有大数据驱动的 [WirelessHealth](#) 保障。它们非常适合在办公室、学校、医院、商店和酒店等无线优先、云优化、数据驱动的环境中进行部署的任何用户。”

上述所有新产品都可以通过[思科全数字化网络架构](#) (Cisco DNA) 整合到一起，同时提供自动化和网络状态感知功能。Greg Dorai 告诉我们，新型无线产品可直接获益于 Cisco DNA 的两个关键要素。“[Cisco DNA 网络状态感知](#)可在整个网络中提供 RF 情报和可视性，使 IT 部门能够在提高网络运营效率的同时，应对当今和未来的无线网络挑战。[思科软件定义接入](#) (SD-Access) 提供自动化的端到端网络分段，无需重新设计网络即可将用户、设备和应用流量分离开来。软件定义接入解决方案可以自动实施用户访问策略，因此组织可以确保为网络中访问任何应用的任何用户或设备制定正确的策略。此外，软件定义接入还能对来自企业网络其余部分的物联网流量进行安全分段，从而应对不断增加的物联网设备。”

我们对这些通告印象最深的是，即便在性能和功能方面取得了进展，对包括物联网产品在内的所有产品，他们仍然非常明确地强调了运营效率和各种应用要求。当然，对于全球各地组织不久后即将通过 Wi-Fi 6 实现的价值，我们这里还有大量其他证据。

验 Wi-Fi 6。我们建议对测试系统进行内部“alpha”部署，并在今年客户端面市后开展正式测试，同时评估新的管理、保障（IDS/IPS、频谱监控等）和分析功能，以及最终用户支持要求。这也是根据需要检查当前和所需交换机（边缘和核心）容量以及设施、以太网供电（PoE）要求和布线规格的好机会。未来几年内，可以在大规模部署之前根据需要对 Beta 测试功能进行这项工作。在向 Wi-Fi 6 过渡的过程中，无论如何都应该考虑整体网络生态系统，而不要仅仅考虑无线要素。

最后请记住，基于某项给定标准的所有产品并不会提供完全相同的性能、功能集、灵活性和相关特性，因此仔细匹配可用与所需也许是取得整体成功的关键。请参阅下面的“思科系统公司与 Wi-Fi 6”，了解一家领先供应商所强调的方面。

结论：是时候开始了

在 Wi-Fi 发展二十多年、WLAN 发展三十多年后，有人可能会认为我们在无线局域网方面已经达到了某种程度的“完善”。但是，正如网络的其余部分和整体 IT 一样，“完善”现在是、今后也仍将是一个抽象的理论概念。而 Wi-Fi 6 则是众多机会中的又一个机会，可以实现 *有益的创新，提高最终用户和运营人员的工作效率，降低成本和改善投资回报，提高盈利能力，并实现组织的整体成功*。未来十年内，Wi-Fi 6 将在 WLAN 领域占据主导地位，而 *现在事实上正是充分利用其所有功能和优势的时候*。



Ashland MA USA

508-881-6467

www.farpointgroup.com

info@farpointgroup.com

本档中包含的信息和分析基于公开发表的信息源，这些信息在公布之日被认为是正确的。对于这些信
息源中可能存在的不准确之处，Farpoint Group 不承担任何法律责任。本档的修订版可能随时发布，
恕不另行通知。

Copyright 2019 - 版权所有。

本档可复制和分发，但必须包括本版权声明，且不得对原档进行任何修改。