

# Wi-Fi 的发展方向

作者：Qorvo 无线连接业务部总经理 Cees Links  
GreenPeak Technologies 的创始人和原首席执行官

## 客户最在乎什么？

使用 Wi-Fi 时，客户最在乎的三件事是：

**1 传输速度快**

**2 网络容量大**  
(可供多个用户同时使用)

**3 覆盖范围广**

当然，还有其他考虑因素，如易于连接和易于安装。我们在易于连接方面已经取得了巨大进步，另外，利用集成在单个设备中的分布式 Wi-Fi，易于安装性也有所提高，而且还间接地解决了覆盖问题。此外，还有一个麻烦的问题，就是避免邻近的干扰，邻道的干扰可能是造成 WIFI 速度慢的原因。

## 容量

虽然更高的数据速率似乎是最重要的问题，但我们还是先来看看容量问题，即多个用户能否同时使用 Wi-Fi。

如今，大多数人都有一个路由器，而连接至该路由器的每个人都使用同一个 Wi-Fi 信道。这也意味着，那些用户共享着相同的带宽和相同的原始数据速率。如果还使用了中继器，那么带宽会被更多的人共享，当你跟中继器对话时，中继器也在同一信道上跟路由器对话，有力地扩大了覆盖范围。



为了解决这个问题，分布式 Wi-Fi 应运而生，极大改善了网络状况。网络中的每个节点都能够以自己的频段与最终用户对话，同时以另一个频段与连接至互联网的主路由器通信。

换种说法就是，原来的 Wi-Fi 有效地使用了 3 个信道（采用 2.4 GHz 频段），以避免使用与相邻网络相同的信道。目前，“现代 Wi-Fi”使用 40 MHz 宽的信道，可有效地支持 10 个 2.4 GHz 和 5 GHz 频段的信道，不仅能够轻松地避开相邻网络使用的信道，还能够实现家中网络的优化利用，使不同用户使用不同信道，允许包含多个接入点的分布式 Wi-Fi 使用家中的一个无线基础设施。

## 分布式 Wi-Fi——并非听起来那么简单

Wi-Fi 中的不同信道让人感觉就像数字无线电那样简单，只需按下按钮就可以切换频道，但实际上并没那么简单。低廉的 Wi-Fi 无线电技术很容易造成信道之间的信号干扰问题，尤其是使用较高或最大输出功率时。泄漏的信号会有有效的干扰相邻信道，严重减少信道的整体容量。

目前，Wi-Fi 网络关键要做的就是确保有效地分离各个信道，以防止相互之间的信号干扰。如此一来，构建 Wi-Fi 产品不仅仅与 Wi-Fi 芯片有关，而且还与“前端”有关，也就是 Wi-Fi 芯片与天线之间的放大器和滤波器，起到增强或削弱分布式 Wi-Fi 系统容量的作用。

## 提高数据速率非常重要

现在回到原始数据速率上来。我们对更高数据速率的需求似乎是永远无法满足的。所以，我们来看看我们从哪里来，要到哪里去，如下表所示：

协议	年份	频率 (GHz)	信道数	最大数据速率 (Mb/s)	最大信道宽度 (MHz)
802.11	1997	2.4	3	2	22
802.11a	1999	5	19	54	20
802.11b	1999	2.4	3	11	22
802.11g	2003	2.4	4	54	20
802.11n	2009	2.4 或 5	2/9	600	40
802.11ac	2014	5	5	6,900	160
802.11ax	2019	2.4 或 5	5	9,600	160

值得注意的是，该表关注的是原始数据速率。但当然，我们都清楚在现实生活中，原始数据速率与实际吞吐量之间存在明显差异，实际吞吐量有可能只是原始数据速率的一半或更少。考虑到这一点，我们应该清楚，尽管 IEEE 802.11ax（预计 2019 年实施）在原始数据速率方面确实有所提升，但其主要目的是将实际吞吐量提高至 IEEE 802.11ac 的 4 倍。为了实现这种容量提升，可通过分离 MIMO 通信流并将其分配给不同用户来实现吞吐量的最优化。

## 增强型蓝牙？

实现更多带宽的另一个例子就是 IEEE 802.11 标准的 60 GHz 系列（最初从属于 WiGig，但现在返回至 Wi-Fi 联盟）。第一个协议 (IEEE 802.11ad) 在几年前就出现了，但至今仍未被广泛采用，而下一代协议目前已经在准备阶段，如下表所示：

协议	年份	频率 (GHz)	信道数 (*)	最大数据速率 (Mb/s)	最大信道宽度 (MHz)
802.11ad	2016	60 GHz	3/4	7,000	2,160
802.11ay	2020	60 GHz	3/4	44,000	2,160

\* 美国/加拿大：3，欧洲：4

不幸的是，60 GHz 存在一个问题，即无法穿墙，因此只能在房间里使用。

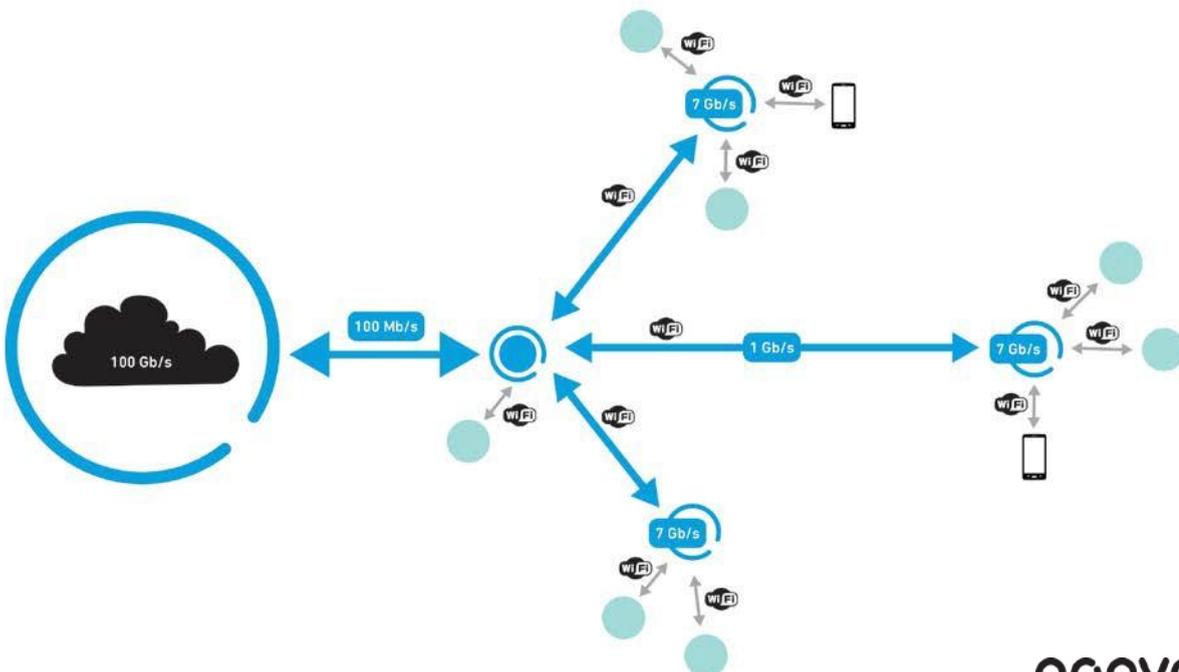
但是，这真的是一个问题吗？如果它只能在房间里使用，那就意味着它不会干扰其他房间里使用的相同信道/频率，所以相邻信道更少。听起来非常不错，不是吗？也许有人会想：如果 60 GHz 8011.ad 已经存在了数年，为什么迄今为止仍未普及？

## 有点不对劲

为理解这一点，不妨将它比作道路系统。我们拥有连接各个城市的高速公路、连接街区的主干道，还有街区里的小街道。请注意，这里有一个层次结构，而这种层次结构很合理。我们不会在街区之间铺设高速公路，也不会使用小街道连接各大城市。但是我们家里的互联网就不同了。

与大型高速公路相比，互联网或者云的互联速度非常高（100 Gb/s 或更高）。但是高速公路的驶出车道，即接入我们家的“本地环路”（或无线术语中的“小基站”），通常最高为 100 Mb/s 的速率，但也开始出现 1 Gb/s 光纤和 10 Gb/s DOCSIS® 3.1 的基站。然后，我们可以选择在家或建筑物内使用分布式 Wi-Fi 网络，例如，速率为 1 Gb/s 的 802.11ac 或 10 Gb/s 的以太网线缆。最后，通过与终端节点连接（电视、游戏机、平板电脑、智能手机），我们再次可以达到理论上的 1 Gb/s 速率，如果我们使用 IEEE 802.11d (WiGig)，我们甚至可实现 7 Gb/s 的速率。

这有点不对劲，层次结构似乎不太合理。接入家里的速率并不支持终端节点的最高速率。就如同我们屋子里铺设了高速公路，但是进入屋子的却只是小街道。即使在屋子里，也没有真正合理的层次结构。我们来看看这个可视化表现形式：



不平衡 (100 Mb/s - 1 Gb/s - 7 Gb/s)

## 在这种情况下 WiGig 并没有用

所以，也就不难理解为什么 WiGig (IEEE 802.11d) 没能成功了。既然外面只是一条 1 Gb/s 的公路和一条 100 Mb/s 的单行道本地环路，那又何必在房间里建一条快好几个 Gb/s 的高速公路呢？所以，在这种情况下，就不要对 10 Gb/s (IEEE 802.11ay) 抱有太高预期了。能够提高接入终端节点的数据速率固然很好，但是如果基础设施不支持，那有什么意义呢？

所以，从数据速率的角度来看，从 IEEE 802.11ac 发展到 IEEE 802.11ax 并没有太明显的变化，反而是侧重于提高家里的容量（供多用户同时使用）会更有意义。但是，真正的问题在于如何提高进出家庭网络的数据量。

## 数据串流和数据量突然暴增会影响数据速率

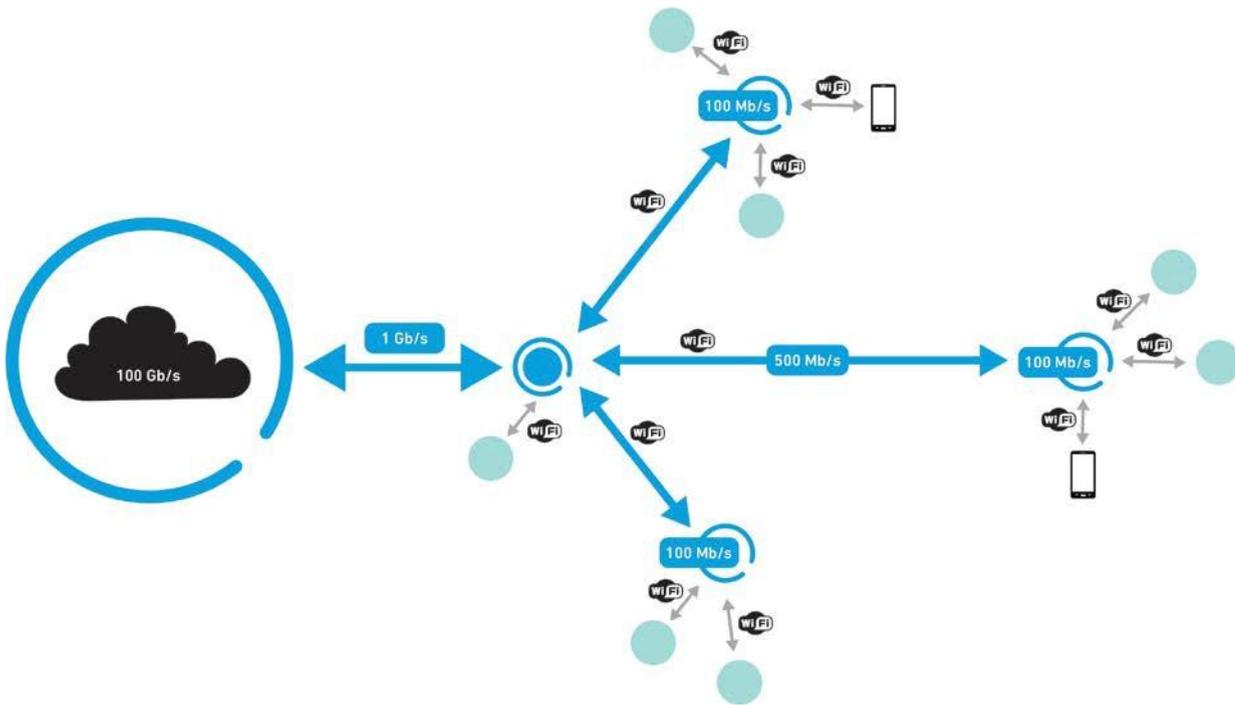
另外，还要考虑数据串流和数据量突然暴增的影响，这会使问题变得更加复杂。除此之外，还有一个因素也会产生影响，让问题雪上加霜。数据串流和数据量突然暴增之间存在一定差异。通过数据串流传输电影时，通常需要在很长一段时间内保持持续不断的带宽，比如需要 20 Mb/s 的持续速率，才能在线播放高画质电影。鉴于家里有 100 Mb/s 的信道，这听起来似乎相当可行。但是，这里说的 100 Mb/s 在某种程度上是统计意义上的速度。如果信道中的每个人都在观看电影，那么接入家里的 100 Mb/s 速率将快速降至相当低的速率。周六晚上通过数据串流观看电影可能会有点费劲，因为您不是信道中（或小基站中）的唯一用户。这与屋里的每个人在同一时间冲凉，导致供水系统压力下降没有任何区别。

数据量突然暴增是另一个统计效应，就好比是有人打开了家里的所有水龙头，以便得到尽可能多的水流。如果有人设法以尽可能快的速度下载电影（例如，以便稍后再看），则会造成一次真正的耗数据量突然暴增，因为系统会试着尽可能地接近 100 Mb/s 的速率。在短时间内，这应该没有任何问题。但是，这种速率将无法持续，因为附近其他用户的速率将快速下降。从统计学角度来看，信道中的每个用户同时下载电影的可能性也许没有那么高，但是数据量突然暴增对可用带宽具有影响的事实毋庸置疑。

## 需要采取什么措施？

有鉴于此，让我们回到层次结构被打乱的问题上来。我们需要采取什么措施才能恢复平衡？因为在这个问题得以解决之前，很难真正提升家里的数据速率。下面我们来仔细看一看，要知道，家庭网络的使用模式非常重要：家里有多少人、多少间房、每个用户同时使用多少台设备，等等。

我们以一家四口为例。一个房间里播放着网络电台，妈妈在另一个房间里进行视频会议，爸爸在电脑上下载一份很大的报告，儿子在玩视频游戏，女儿在用手机观看 YouTube，同时电视上放着电影。1 Gb/s 的住宅接入速度应该能够满足这个家庭的需要，在家里设置一个 500 Mb/s 的分配系统，从终端设备到接入点的访问速度为 100 Mb/s，如下所示：



实用解决方案 (1 Gb/s - 500 Mb/s - 100 Mb/s)

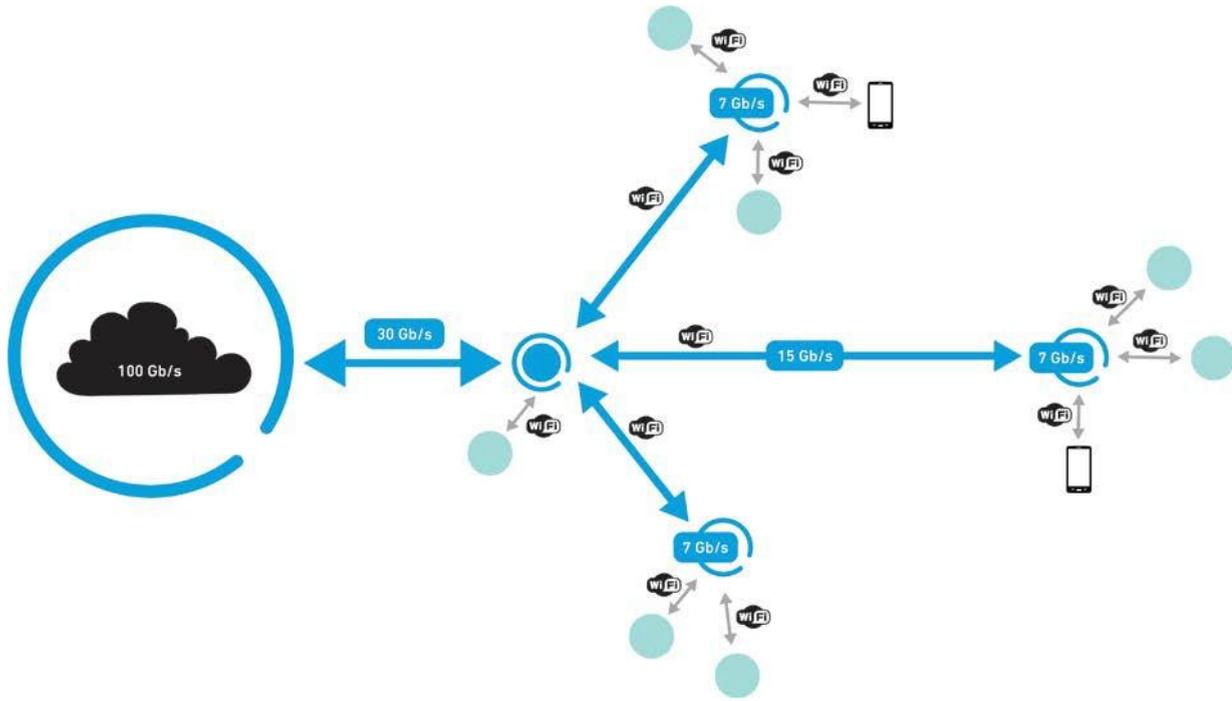


这个例子就像我们前面讨论的一样，可以将 1 Gb/s 的速率接入家里，但在目前的实际应用中还很难做到。尽管 10 Gb/s DOCSIS 3.1 已开始推行，但大多数人仍使用 100 Mb/s 或更低的速率。这意味着，目前建筑内所有基础设施的产能明显过剩，且当前终端节点的原始数据速率超过 1 Gb/s。

## 换个角度思考

我们也可以反过来问：手机或平板电脑中的 802.11ad 协议和 7 Gb/s 速率何时才能派上用场？如果家用基础设施能够处理 15-20 Gb/s 速率，且接入家里的速率达 30-50 Gb/s，那么应该不成什么问题。只可惜，这一天可能还要再等一等……

目前所宣传的光纤到户 (FTTH) 速率为符合 DOCSIS 3.0 规范的 1 Gb/s。下一代 DOCSIS 3.1 FD (全双工模式) 支持 10 Gb/s 速率 (可能 2020 年实现)，所以看起来我们离那一天越来越近了，可惜，到目前为止，这方面还没有任何规划。此外，对于家用分布式 Wi-Fi，基于 IEEE 802.11ax 协议的计划速率在建筑内不会超过 4 Gb/s，但是我们发现家里或办公室的许多设备都可以实现这一速率。所以，如果需要，10-100 Gb/s 以太网可能会有所帮助。

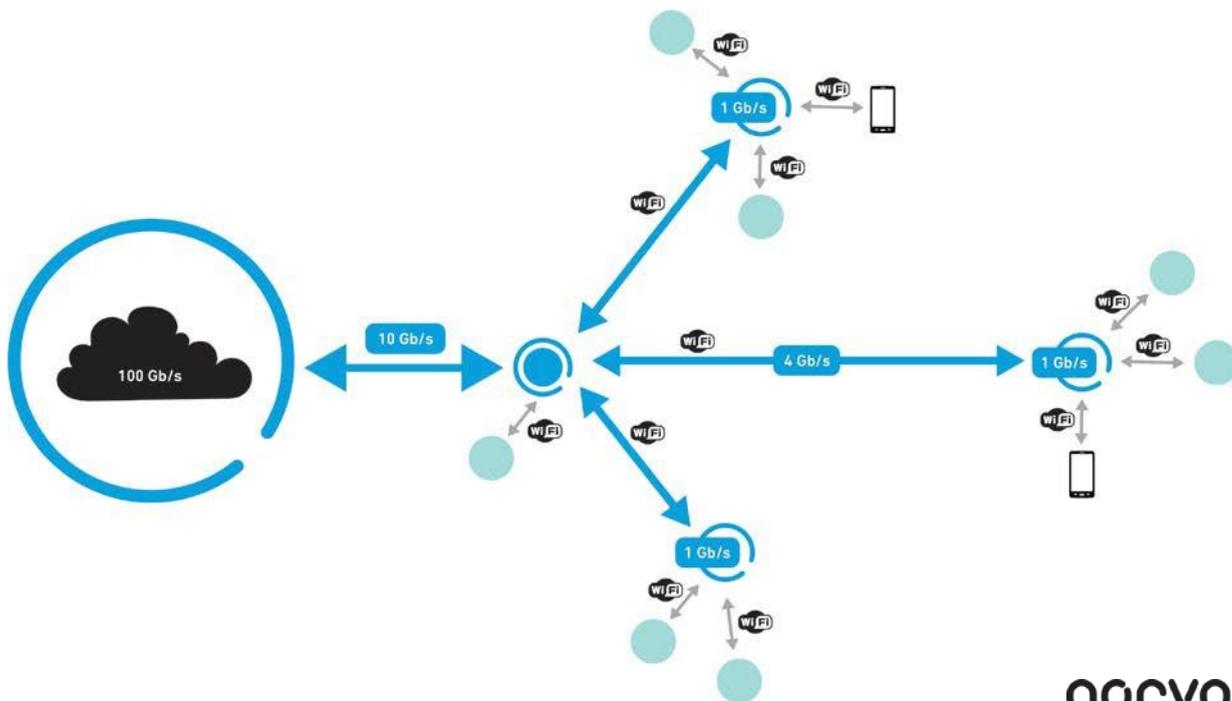


未来? (30 Gb/s - 15 Gb/s - 7 Gb/s)



### 那么从现实角度来看，我们能指望什么呢？

在不久的将来，终端节点可能使用 1 Gb/s IEEE 802.11ac，家用基础设施将使用 4 Gb/s IEEE 802.11ax，也有可能达到类似于 10 Gb/s DOCSIS 3.1 FD 的水平。这将为家庭和建筑的互联网接入带来一个平衡局面，可能会是行业的下一个稳定期。在这种情况下，我们可以有效地均衡所有资源，建立合理的层次结构。



实际应用中的下一步是什么? (10 Gb/s - 4 Gb/s - 1 Gb/s)



## 云与边缘

有趣的是，针对层次结构被打乱的问题还有另一个解决方案。但这不是一个简单的解决方案。

这解决方案的理念是：在云与最终用户之间构建一个层，而不是所有事情都“在云中”完成。这个层（有时候称为“边缘计算”）在本质上是一个智能解决方案，将来自云的信息预分配至带集成服务器的本地“超级”边缘路由器。

我们来看一个例子。小红喜欢看新闻，所以订阅了一个功能，可在早晨 6 点时将所有新闻报道和短片下载到她的本地路由器/服务器上。这样，早上 8 点吃早餐的时候，她就能在没有延迟的情况下非常快速地浏览这些新闻和短片。从互联网获取信息的瓶颈就这样消除了。从本质上来讲，路由器/服务器相当于变成了传统意义上的邮箱，而且这个邮箱（路由器/服务器）中的新闻可以随时不断更新。

从另一个角度来看，“边缘计算”也很有用。采用“边缘计算”时，不必再将完整的语音指令、聊天或对话发送至云端进行处理，在路由器中就能处理一部分，这样可以减少所需传输的数据量。

显然，这种体系结构改革很难实施，将会是一项艰巨的任务，但不管怎样，比起对互联网高速公路的所有出口重新布线，这可能还是一种成本较低的解决方案。这对于网络提供商来说当然成本更低，因为在这种情况下，将由消费者承担费用，要么购买更先进的边缘路由器，要么订阅“边缘路由”服务。

## 这一切意味着什么？

我们得出了以下几个有趣的结果和结论：

1. 新兴的 Wi-Fi 标准 IEEE 802.11ax 首先将出现在分布式 Wi-Fi 系统中，因为这是流量汇聚的第一个地方，最能受益于更高的数据速率。
2. 针对终端节点的 IEEE 802.11ax 将在一段时间里仍然停留在宣传推广层面，因为支持更高数据速率的基础设施尚不存在。
3. 在未来相当长的一段时间里，对终端节点而言，IEEE 802.11ac 似乎是最佳的选择，因为它避免了 .11ax 的复杂性和效果不明显的问题。而对于性能较低的终端节点，802.11n 仍将是一个较好的解决方案。
4. 我们需要 IEEE 802.11ax 的后继标准，以增加室内分布式 Wi-Fi 基础设施的带宽。15-25 Gb/s 是一个不错的目标。我们的目的应该是让 60 GHz IEEE 802.11ad 派上用场，或许可以通过定义 IEEE 802.11ay 的角色来实现。
5. 短期来看，IEEE 802.11ad 和 802.11ay 的前景仍相当黯淡。但从更长远的角度来看，如果基础设施到位，这些标准将逐渐成为主流。
6. 接入千家万户的 DOCSIS 3.1 FD 本地环路可提更快的网络接入速率，从而可以在很大程度上改善当前真正的瓶颈。
7. 此外，除了强行提高原始数据速率这种粗暴做法外，我们其实可以采用更加智能的方法解决问题。云和终端节点之间的边缘路由器功能可消除互联网高速公路的上行和下行数据速率压力。

虽然针对 Wi-Fi 的最佳标准尚未出现，但很有必要从全局的视角出发，了解所有新标准的相关性和时间排程。

## 关于作者



**Cees Links** 是 GreenPeak Technologies 的创始人和原首席执行官，该公司现在已经成为 Qorvo 的一部分。在其任职期间，公司开发出了首个无线 LAN，该技术最终成为家喻户晓的技术，集成到个人电脑和笔记本电脑之中。他还率先开发了接入点、家庭组网路由器和热点基站。他参与了 IEEE 802.11 标准化委员会和 Wi-Fi 联盟的筹建工作。另外，他还在 IEEE 802.15 标准化委员会的组建中发挥了重要作用，该标准后来成为 ZigBee® 检测和控制网络的基础。自 GreenPeak 被 Qorvo 收购以来，Cees 一直在 Qorvo 无线连接业务部担任总经理一职。作为 **Wi-Fi 技术先锋，他最近荣获了 Golden Mousetrap 终身成就奖。**

有关更多信息，请访问：[www.qorvo.com](http://www.qorvo.com)。

## 关于 Qorvo

Qorvo（纳斯达克代码：QRVO）长期坚持提供创新的射频解决方案以实现更加美好的互联世界。我们结合产品和领先的技术优势、以系统级专业知识和全球性的制造规模，快速解决客户最复杂的技术难题。Qorvo 服务于全球市场，包括先进的无线设备、有线和无线网络和防空雷达及通信系统。我们在这些高速发展和增长的领域持续保持着领先优势。我们还利用我们独特的竞争优势，以推进 5 G 网络、云计算、物联网和其他新兴的应用市场以实现人物、地点和事物的全球互联。请访问 [www.qorvo.com](http://www.qorvo.com) 了解我们如何创造美好的互联网世界。