

Wi-Fi 7与无线增长的未来

随着Wi-Fi 7的发布，行业正稳步推进，使其成为室内企业覆盖的首选无线传输方式。在Wi-Fi 6和Wi-Fi 6E引入的进步基础上，Wi-Fi 7（IEEE的802.11be）标志着一次显著的升级。Wi-Fi 6引入了正交频分多址（OFDMA）和多用户接入，与Wi-Fi 5及更早的OFDM调制相比，在空时效率上实现了重大飞跃。Wi-Fi 6E在此基础上增加了对6 GHz频段的支持——这是第一个与先前Wi-Fi版本完全保持向后兼容性的频谱，使得效率更高。现在，Wi-Fi 7将这些创新进一步深化，解锁了新的性能和效率水平。



内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

关于Wi-Fi 7的“速度和吞吐量”，博客和发布文章已经有很多论述。这些性能提升最终意味着等待时间更少，容量更大。但除了标题中所说的速度提升外，Wi-Fi 7还引入了多项细微的改进，这些改进显著提高了其支持当今智能空间日益增长多样性和密度的能力。

让我们分析一下关键进展，以及它们如何转化为对您环境的实际益处：

Wi-Fi 7 - 概述

- **4096四相幅度调制 (QAM)** 调制密度提高20%。
- **320 MHz信道宽度：** 是Wi-Fi 5和Wi-Fi 6数据容量的两倍。
- **多链路操作 (MLO)：** 允许客户同时使用多个无线电频段。
增加空中时间机会。
- **多资源单元 (MRU)：** 提高分配效率，最小化浪费的频谱。
- **序言刺破** 有助于通过选择性忽略信道的一部分来避免干扰。
- **提升服务质量 (QoS)** 使能对优先级流量进行确定性处理，以获得更好的性能在敏感延迟的应用中

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

更高数据速率，采用4096 QAM调制

Wi-Fi 7引入了4096 QAM，这增加了每个符号中编码的数据比特数。Wi-Fi 6的QAM1024有10比特，而Wi-Fi 7的有12比特。这意味着在单个符号中，通过空中传输的数据量可以增加20%。在Wi-Fi中，载波带宽和传输持续时间都是固定的。在固定的空间内传输更多数据的一种方法是通过使每个数据元素更小。这正是4096-QAM所发生的——通过减小单个数据比特的大小，将更多的比特打包到每个无线电符号中。

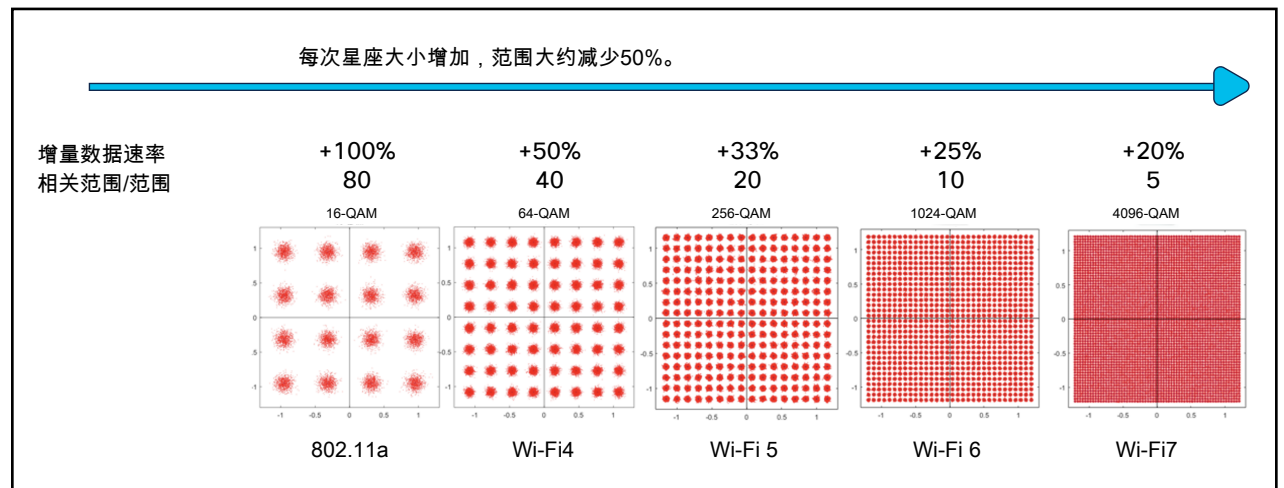


图1. Wi-Fi规范中QAM速率的增加

随着符号内数据比特密度的增加，各个比特之间的差异变得越来越小。准确解调信息所需的信噪比 (SNR) 也随之上升，达到>43 db。这意味着距离接入点 (AP) 最近的客户端将受益最大。调制和编码方案 (MCS) 12/13的范围降低与过去QAM密度增加的趋势一致。目前只有Wi-Fi 7无线电才能支持MCS 12/13。这很重要，因为每个能够获得MCS 12/13连接的客户端，相对于细胞中的其他客户端，上下行速度将快20%，从而为其他人留下更多空中时间。这从第一个Wi-Fi 7客户端开始产生收益，并随着每个额外客户端的增加而累积。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

320-MHz信道带宽

使用Wi-Fi 7，最大信道宽度从Wi-Fi 5/6的160 MHz增加到320 MHz，有效将潜在吞吐量翻倍。这额外的带宽还允许资源单元 (RU) 数量增加两倍，从而实现更高效的调度和整体性能提升。

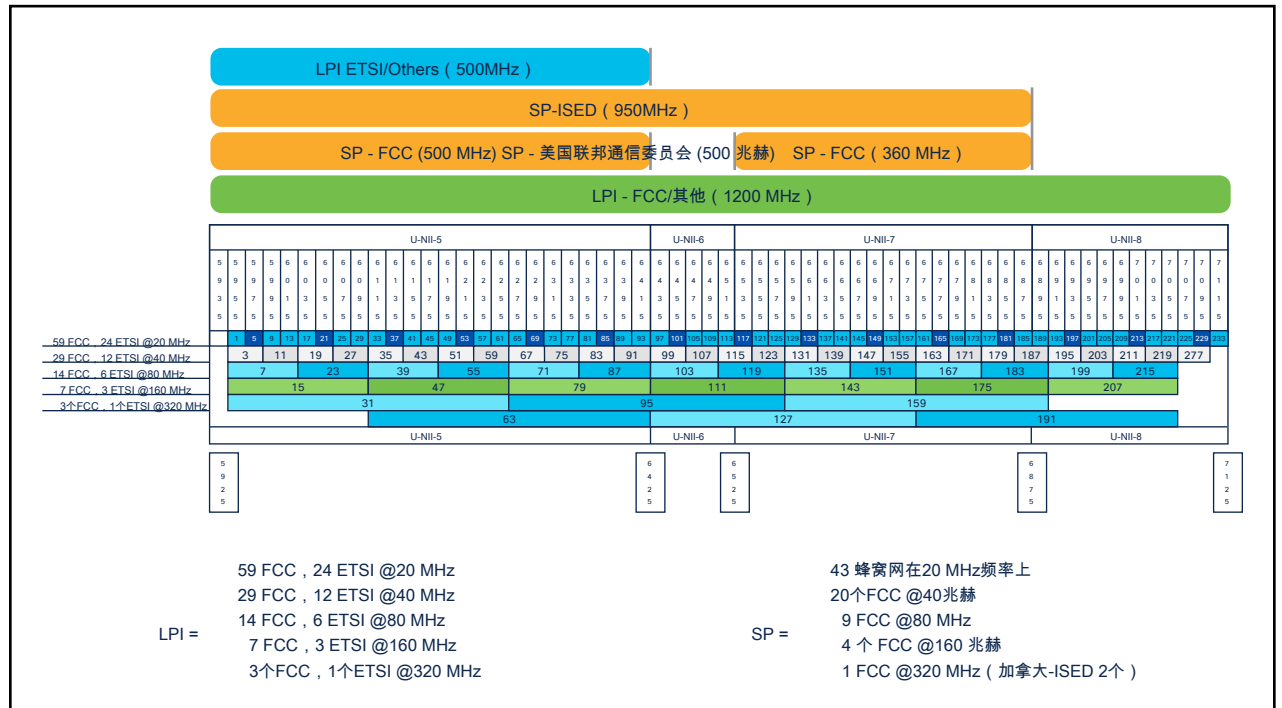


图2. Wi-Fi 7通过6GHz频段的信道规划

Wi-Fi 6E和6GHz频谱创造了实现320兆赫宽频道的可能性。更宽的频道是数据的乘数；320兆赫频道容量是160兆赫频道的一倍。频道捆绑会增加噪声底部的成本。对于美国、加拿大和其他国家的Wi-Fi 6E，通过在将频道宽度加倍至320兆赫时，为每个频道增加3分贝的最大有效全向辐射功率 (EIRP) 来解决这个问题。在存在固定最大功率谱密度 (PSD) 的地区，这必须在设计中予以考虑。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

根据世界不同地区，可能只有1个320-MHz频道。最多在1200-MHz配额中可能有3个可用。在此使用3个频道与在2.4 GHz中的含义相同，但优势在于6 GHz的传播距离不及2.4 GHz。在密集容量网络中，可能导致高频道复用率、同频道干扰和性能不佳。设计时必须注意一些事项。

320兆赫的频道现在实用吗？时间会告诉我们——特别是在频谱供应能够满足需求的情况下。然而，随着Wi-Fi 6E和Wi-Fi 7的进步，现在是Wi-Fi历史上利用更宽频道的最好时机。

注意： 在进行设计和部署变更之前，应进行一次合格评估。不当处理频道计划可能导致性能下降。思科动态带宽选择能够实时评估机会，并在支持的情况下分配更宽的频道宽度。

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多链路操作是Wi-Fi领域的根本变革。与OFDMA在Wi-Fi 6中使用多用户物理层对Wi-Fi的影响一样，MLO将改变我们对Wi-Fi的认知。在之前几代Wi-Fi中，客户端设备只能在单个频段 (2.4 GHz、5 GHz或6 GHz) 上进行关联和传输数据。MLO允许将流量分布在多个频段，这提高了传输速度，降低了延迟，同时提供了更好的可靠性和效率。

它通过接入点多链路设备 (AP MLD) 来实现，该设备管理来自非AP MLD (客户端) 设备的接入请求和会话。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

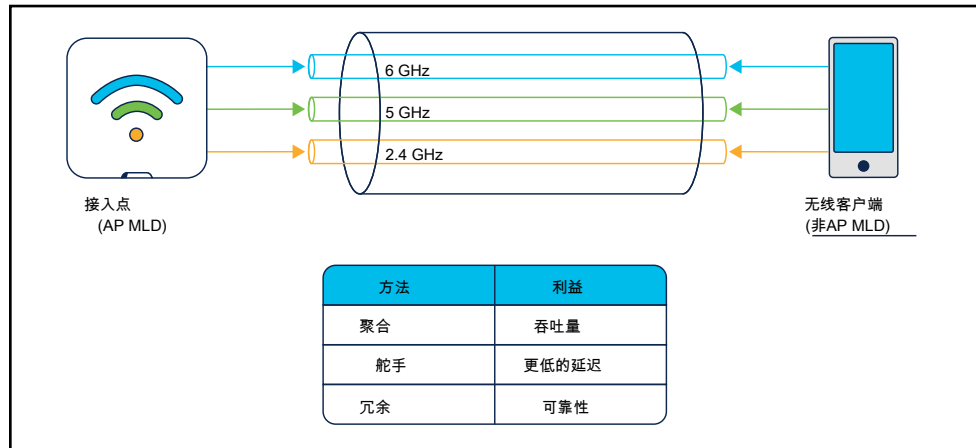


图3. AP到非AP MLD

MLO为对延迟敏感的应用程序提供了多种益处，例如增强现实/虚拟现实 (AR/VR)，即使延迟略有增加也可能导致用户不适。Wi-Fi 7客户端设备配置多样，从单到多 (每个设备两个和三个) 无线电。

无论配置如何，Wi-Fi 7 MLO包括旨在为所有设备类型提供收益的操作模式。

Wi-Fi 7 多链路操作 (MLO) 模式：

多链路单射频 (MLSSR) 客户可以在频段之间无缝切换，但每次只能在一个频段上传输或接收。

增强多链路单电台 (EMLSR) 同时只能在一个频段上传输，但2个空间流客户端可以同时在不同频段上接收。

• **多链路多电台 (MLMR)**：包括两种操作模式：

- **同步发送和接收 (STR)** 客户可以同时独立地在两个不同的频段上发送和接收。

- **非同步收发 (nSTR)**：客户可以在两个收音机上传输或接收信息，但不能同时进行。 **注意：** 此模式不包括在Wi-Fi 7认证中。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

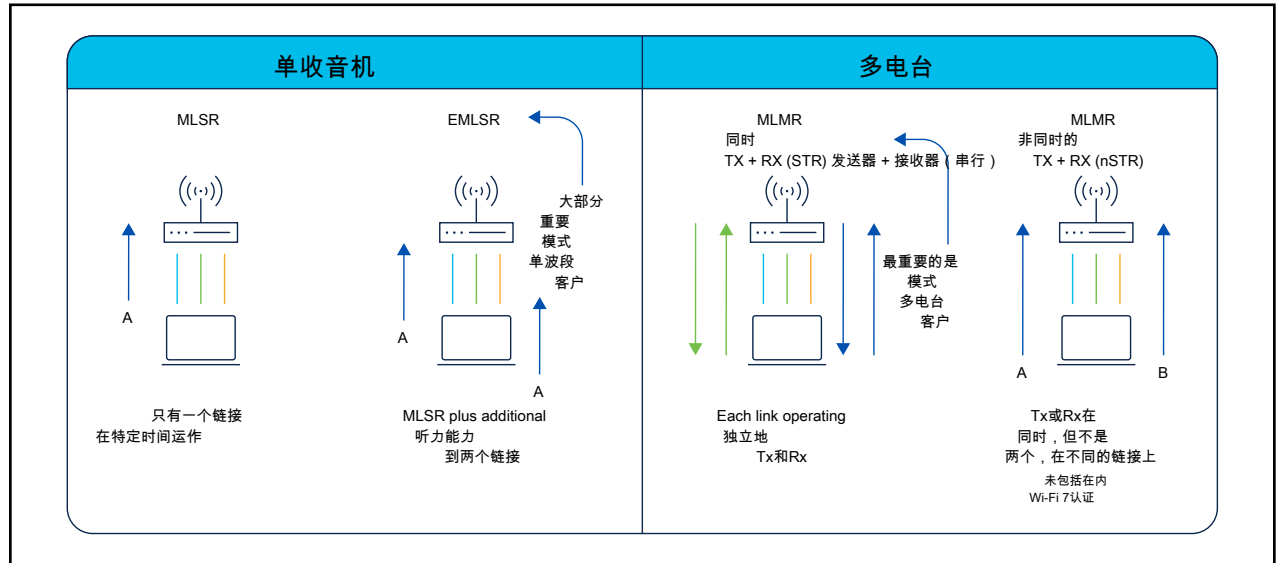


图4. 当前客户群体中MLO的运行模式

注意： 并非所有客户都同等重要。5-6GHz无线电之间的RF隔离将决定操作能力。例如，支持MLMR-STR的客户可能支持2.4GHz和5GHz，或者2.4GHz和6GHz，但可能不允许5GHz和6GHz，因为内部干扰。

多重资源单元 (MRU)

当Wi-Fi 6引入OFDMA调制时，资源单元 (RU) 的概念以及在一个传输周期内传输多个用户数据的能力得以实现。RU由组成Wi-Fi信道的不同数量的子载波频率组成。一个20-MHz的Wi-Fi信道包含从26到242个音调或子载波的多种RU大小。这些可以混合搭配以满足用户的数据需求并最大化每个传输机会 (TxOp) 的效率。在Wi-Fi 6中，单个用户在任何TxOp期间只能占用一个RU (26至996)。如果有任何RU因没有数据适合而留空，它们会被填充以防止发送空数据。这是浪费的。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

MRU使得Wi-Fi 7能够为每个用户分配超过一个RU。取消Wi-Fi 6中每个RU仅限一个用户使用的限制，可以提高效率并减少浪费的RU，允许调度器用用户数据填充所有RU，而不是空字符。图5显示了Wi-Fi 7帧为与RU 484相同的用户容纳额外的RU 242。在Wi-Fi 6中，剩余的242将被迫在下一个帧上运行，延迟该数据的到达。

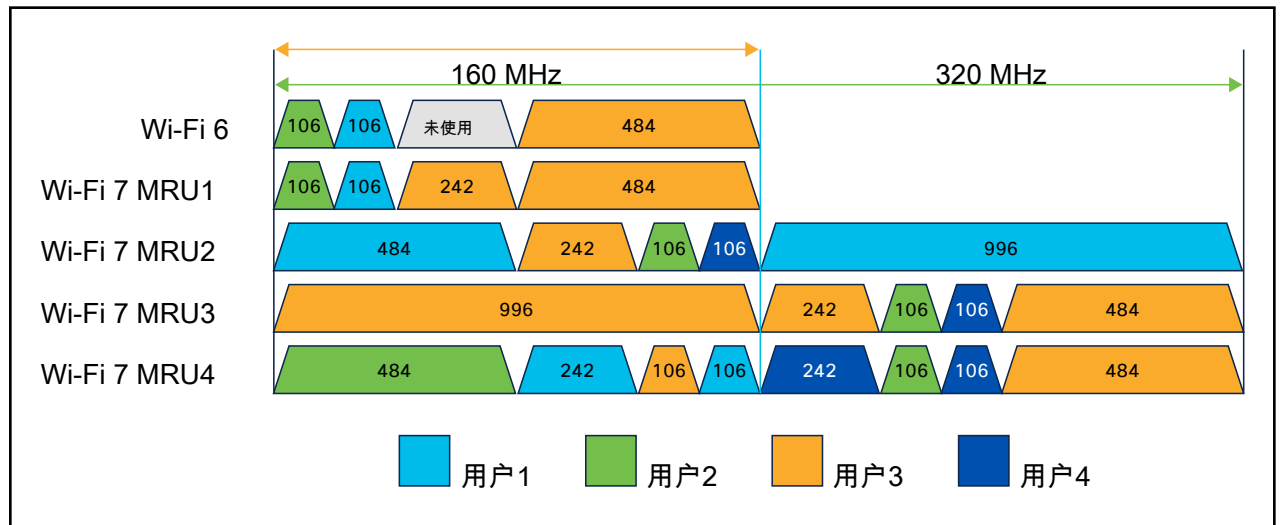


图5. 与Wi-Fi 6相比，Wi-Fi 7 MRU在用户RSU映射中的效率提升

MRU是Wi-Fi 6和OFDMA工作的另一种迭代。它提高了调度器的效率，以便允许更多用户数据和进一步减少浪费。更高的频谱效率意味着在广泛用户负载下速度更快、延迟更可预测。

序言刺破

随着6GHz频段和Wi-Fi 6E的引入，Wi-Fi获得了足够的频谱，可以实际运行一些在5GHz中不切实际的较宽信道选项。然而，遇到干扰的概率与信道宽度成正比。这使得找到一大块无噪声频谱变得更加困难。Wi-Fi 7引入了“前导符号穿透”技术，允许一个

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

设备可选择性忽略频道中的问题部分——有效地将其从使用中移除而不影响整个传输。之前这需要在与干扰点修剪频道，可能会留下大量频谱未使用。前缀穿透极大地提高了可靠部署更宽频道的几率。

对于所有Wi-Fi 7部署，穿孔分辨率固定为20 MHz，并支持80 MHz及以上信道宽度。在6 GHz频段，穿孔是强制要求，而在5 GHz频段，则仍为可选。

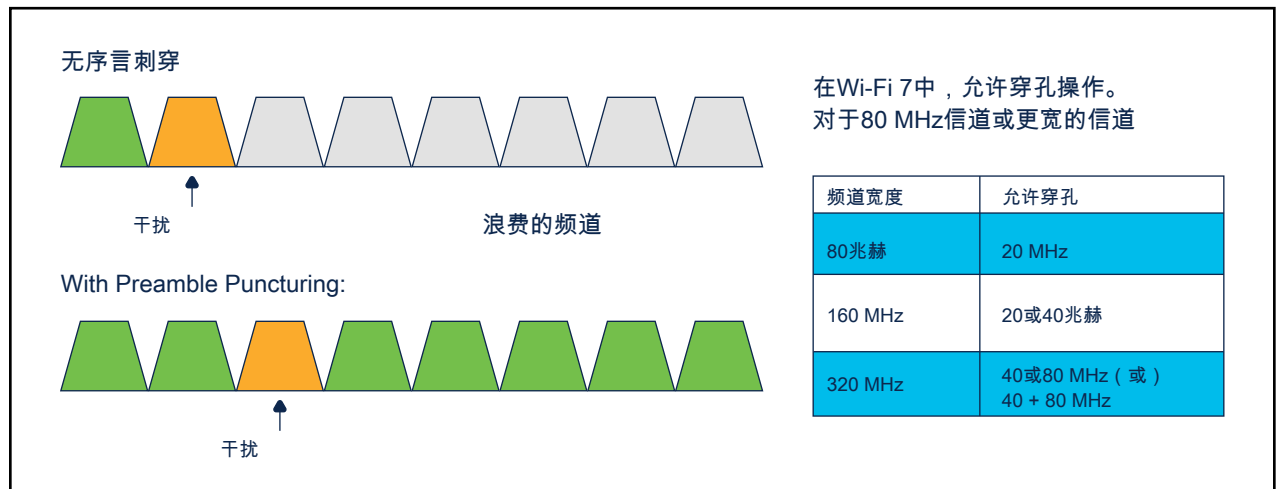


图6. 预言性打孔示例，显示保留了100兆赫的频谱

目标唤醒时间 (R-TWT)

在Wi-Fi 6中，引入了目标唤醒时间 (TWT) 作为新的省电模式，扩展了之前在802.11ah中对低流量设备 (如物联网设备) 所做的相关工作。TWT为站点 (STA) 提供了两种协调唤醒时间和向接入点 (AP) 传输数据的方式。这允许STA节省电量并在预定唤醒时间传输数据前“睡眠”。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

- 个人TWT：允许STA与AP协商一个约定的时段。
- 广播TWT：定期发送“触发”信号，允许任何STA按此时间表同步。

与每个客户单独谈判在大型网络中无法扩展，而广播TWT尽管有效，但没有协调多个站点或将它们高效分配以最大化空档时间的机制。

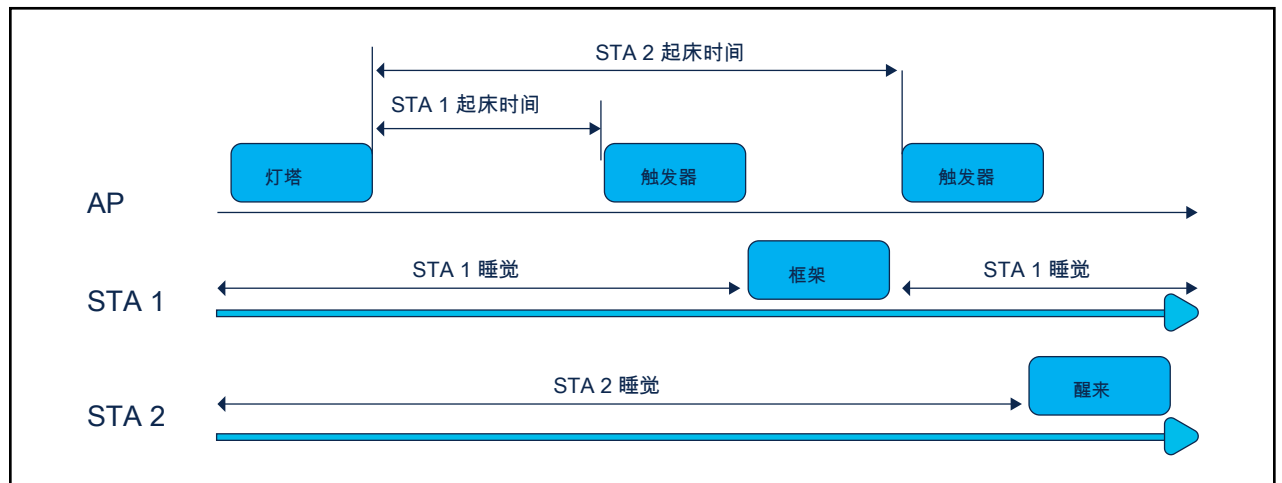


图9. TWT操作

Wi-Fi 7 引入限制性 TWT 或 R-TWT，通过基于 Wi-Fi 7 和 MLO 技术定义的多链路 TWT 机制，在之前的规范基础上进行了改进。R-TWT 适用于对延迟敏感的流量，并允许接入点使用改进的信道访问和资源预留来保护这些数据包。这将提供更可预测的延迟和改善的抖动，同时减少信道拥挤时可能遇到的极端延迟。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

Wi-Fi 7，和大多数最近发布的协议一样，是在前一代增强的基础上构建的，推动更多效率的提升。通过整合之前版本中未使用的某些功能，减少了无线电需要处理的各种变量，同时在现有的协议结构中增加了更多功能。例如，Wi-Fi 6定义了四种新的物理层协议数据单元 (PPDU) 类型，以适应规范中构建的新功能：

单用户数据包传输专用。

• **HE MU PPDU – 用于多用户数据包传输。**

其他TBPPDU 支持基于触发器的上行OFDMA和上行/下行MU-MIMO操作。触发器帧包括资源分配，以同步来自多个用户的上行传输。

• **HE ER SU PPDU - 适用于扩展范围 (ER) 场景的优化。**

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计



图7. Wi-Fi 6帧映射

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

Wi-Fi 7通过首先将HE SU和HE MU PPDU类型合并成单一的EHT MU PPDU类型，巩固了一些定义。新的PPDU类型可用于SU或MU PPDU。还定义了一个新的通用信号 (U-SIG) 字段，用于包含PHY版本信息，这将提供与未来各种新PPDU类型的向前兼容性。在Wi-Fi 7中，HE TB PPDU也被重新定义为EHT TB PPDU，而HE ER SU PPDU则被取消。

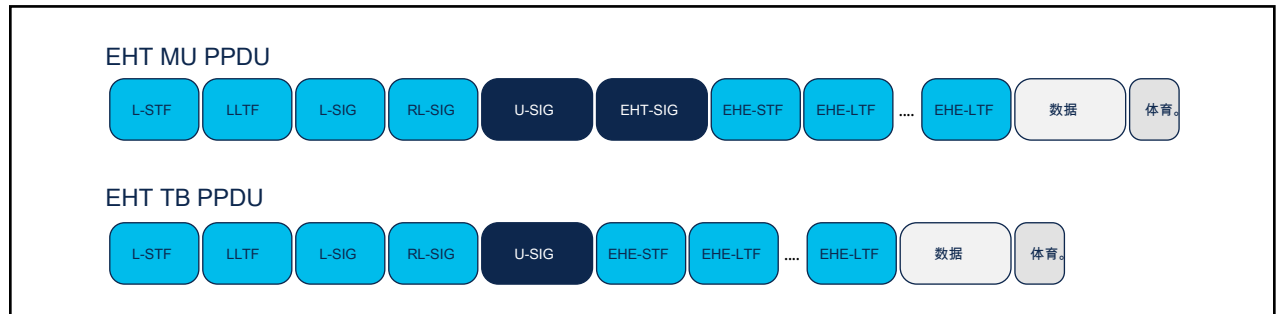


图8. Wi-Fi 7原生帧类型

Wi-Fi 7通过减少PPDU的类型到两种“可变”PPDU类型，在这个结构的基础上进行了建设。同时，它还增加了确保“向前”兼容性的功能。这通过限制PPDU类型的变体来减少接收器复杂性，同时保持了上层协议有效管理流量的灵活性。

设计Wi-Fi 7的考虑因素

所有这些在频谱 (Wi-Fi 6E) 和技术 (Wi-Fi 6/7) 方面的进步是否改变了我们关于网络设计的根本思维方式？答案是肯定的，如果你正在构建一个从头开始的绿色网络，并且该网络仅由在独立空间运行的Wi-Fi 7客户端组成。

对于我们其他人来说，情况并不如此。现在这假设你已经跟上了增长步伐，而你最大的提升是一个调试良好的Wi-Fi 5网络。如果网络目前存在覆盖和容量问题，仅仅用最新规格的接入点 (AP) 更换旧的设备，不太可能显著改善状况。自从上次适当评估和规划周期以来，时间越长，你确保成功的可能性就越大。覆盖和漫游方面的问题，在用新的AP替换原来的位置时，一般不会得到改善。但在新的AP下，容量很可能会得到提升。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

众多大型企业报告称，目前有30%的客户群能够使用6GHz频段。将客户迁移至6GHz将减少使用5GHz的客户端数量，同时提升剩余用户的体验。如今，网络中的客户端混搭比例常常高达60%/40%，分别为Wi-Fi 6和Wi-Fi 5设备。随着Wi-Fi 5设备的逐渐淘汰，在扩展到6GHz的过程中，Wi-Fi网络的容量和可靠性将不断改善。

为了充分利用Wi-Fi 7及更高版本所能提供的功能，将您的部署策略与现代化网络不断变化的需求相匹配至关重要。以下是规划下一代Wi-Fi部署时应考虑的前五项重点：

部署Wi-Fi 7及未来优先级

1. 6 GHz
2. 以太网供电 (PoE) 交换端口
3. 端口速度切换
4. 位置技术/智能建筑，物联网
5. 接入层安全与策略

6GHz频谱

对当前网络设计的最大影响是6 GHz频段的引入。作为一个全新的频段，它带来了新的规则、独特的传播特性和新的机遇。您今天如何部署6 GHz将影响其未来的发展和扩展。由于频段仍处于初期阶段，政策和最佳实践仍在形成中——这使得考虑谁应该获得访问权限以及这种访问如何影响现有频段成为最佳时机，随着更多设备采用6 GHz，这一点尤为重要。

频谱是一种极有价值的资源。主要运营商花费数百万美元仅获得了100 MHz的许可证频谱——而Wi-Fi 6E和Wi-Fi 7免费解锁了500 MHz到1200 MHz的不需要申请的频谱。这使得像“我们的频段政策是什么？”以及“覆盖范围看起来像什么？”这样的问题更加重要。您当前5 GHz的覆盖模型是否能支持6 GHz接入点的相似密度？这将对漫游和整体容量有何影响？

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

大多数企业空间现在都建立了涵盖2.4 GHz和5 GHz频段的Wi-Fi。典型接入点(AP)的密度为每1000至2000平方英尺 (9 2至185平方米) 一个，AP之间的平均间距为36至50英尺 (11至15米)。如果你的环境未达到这些标准，请以这些标准视为现代企业Wi-Fi部署的最小基础线。

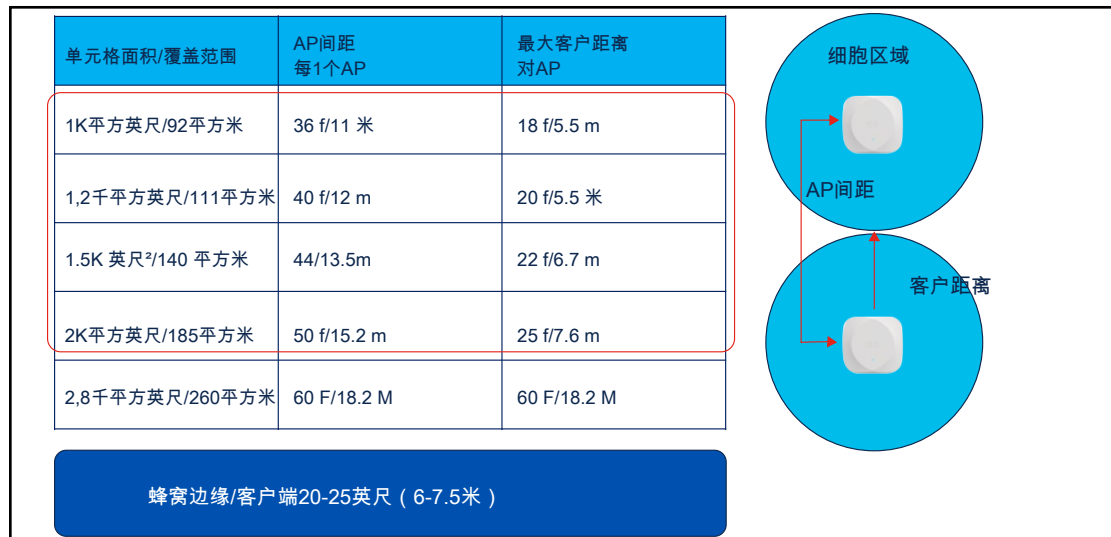


图10. 平均AP距离和覆盖趋势

6GHz频谱与5GHz频谱并无太大差异。从物理学的角度来看，2.4GHz和5GHz的频率间隔远大于5GHz和6GHz之间的间隔。6GHz的频率更高，这意味着它的传播距离没有低频那么远，也无法像低频那样穿透物体。在自由空间路径损耗方面，5GHz与6GHz之间的差异约为2dB。这意味着在所有其他条件相同的情况下，您需要比6GHz更多的2dB功率才能达到相同的距离。这也假设是自由空间或视线传输。在三角波段的AP上，建议在5-6GHz接口之间保持公平的基站大小，因为这样将最有利于公平漫游，不受当前操作频段的影响。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

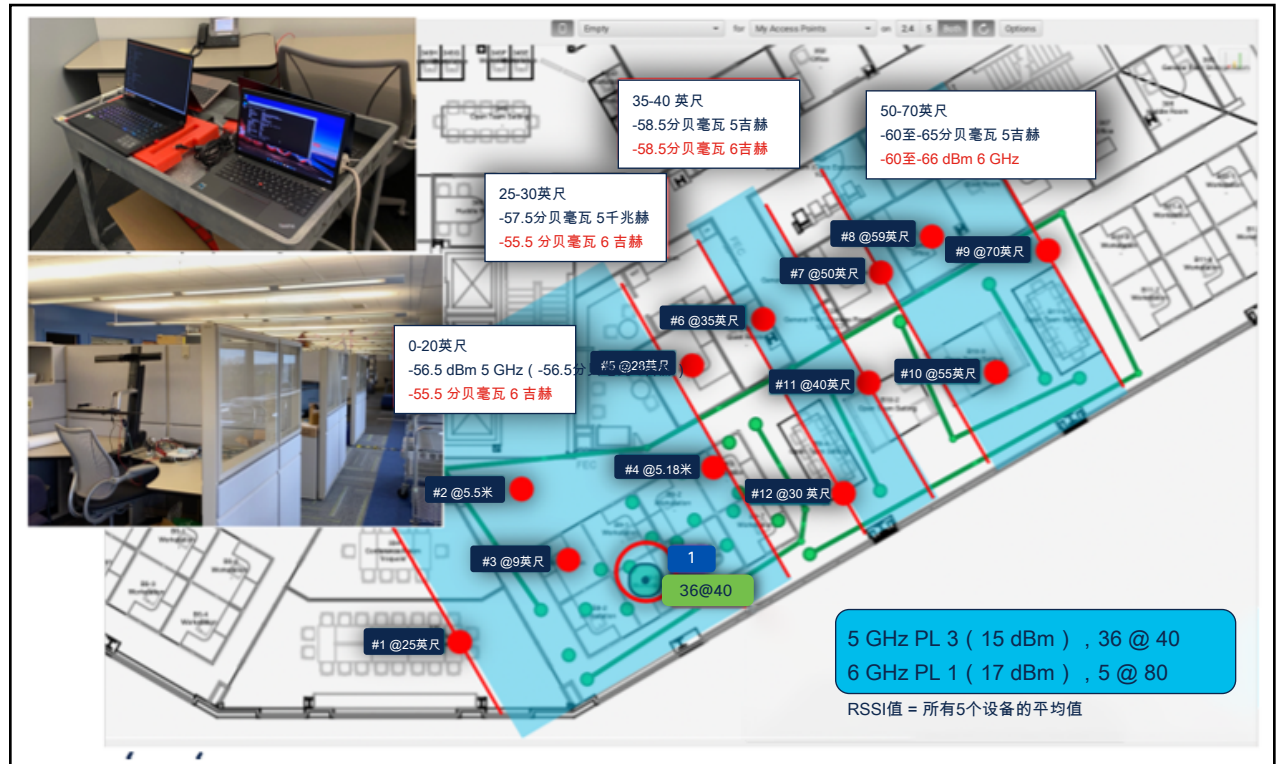


图11. 使用比5 GHz多2 dB功率的AP，在铺设地毯（且有隔断）的办公空间内，比较5 GHz和6 GHz客户端在不同位置的接收情况。每个测试点的距离显示在图中。

如果天线位于墙壁或其他障碍物后面提供覆盖，最好是测量信号强度以确保性能充足。穿透力是可变的，并随着通过物体的角度和距离而变化。至少，使用预测规划器、保守设置和准确的地图来评估覆盖需求。如果从未进行过适当的设计，或者自设计以来情况已发生变化，则进行测量的被动调查，并从良好的基础开始以确保成功。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

在思科的数据湖中，平均而言，不考虑市场细分，80%的配置报告其5GHz AP的功率水平在11到15 dBm之间。大多数地毯覆盖的办公空间在5GHz频段的功率水平在2到8 dBm之间运行。因此，在没有障碍的情况下，这意味着今天80%的现有空间可以得到充分的覆盖，在最坏的情况下可能需要10%到15%的新AP。

在大多数情况下，室内部署将由低功率室内或LPI规则管辖。6GHz规则对室外6GHz频段有所限制；如果没有标准功率 (SP) 模式，室外是不允许使用的。在SP模式下运行需要自动频率协调 (AFC) 功能，而大多数都没有实施。这以及其他功率和天线密集型解决方案，如高天花板 (26英尺以上，或8米以上)、中庭和仓储，将需要不同的规则和更多的功率。在美国，2024年才允许使用SP模式和AFC，加拿大预计将很快跟进。SP模式允许在室外覆盖，支持外部天线，并允许更高的功率水平——非常适合需要扩展范围或增强性能的应用场景。

了解部署地点的监管规则很重要。在任何情况下，网络的运营商都依法对结果负责。在6 GHz频段的情况下，可能受到干扰的设备属于会注意到并能够确定干扰来源的人。

开关端口电源

以太网供电 (PoE) 的重要性日益凸显，随着其需求不断演进。最新的接入点支持多种技术 (Wi-Fi、传感器、USB、超宽带[UWB]和物联网、多吉比特) 并且需要更多的电力。最初的标准是802.3at，功率仅为15.4W，之后发展到20W和30W，以支持三个频段的多流无线电。自从Wi-Fi 6E推出以来，最好规划802.3bt电力或60W端口。这为接入点提供充足的电力，以确保其可靠运行，并留有足够的余量来满足额外需求。今天的旗舰接入点可能支持多达16个Wi-Fi无线电流，以及用于监控和物联网的专用无线电，还有双10 Gbps的多吉比特以太网端口。再加上处理和管理密集数据流所需的计算能力和内存，电力预算不可避免地要增加。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

大多数供应商提供了降低无线电有效功率需求的功能。这是为了通过增加操作灵活性，适应不同的实施周期，从而减轻过渡期的难度。但请考虑，这种降低是以性能为代价的。大多数现代客户端设备都配备了两个空间流。将接入点 (AP) 的操作无线电从四个空间流减少到两个不仅将潜在吞吐量减半，还消除了利用多用户多输入多输出 (MU-MIMO) 的可能性。然而，问题日益严重的是，不再是平均吞吐量——而是延迟。延迟依赖于负载，随着需求的增加而增加。在资源有限的情况下，用户越多意味着等待时间越长。为了避免性能问题，始终针对峰值需求进行设计——这样你就不必解释为什么网络在压力下表现不佳。

交换端口速率

交换机端口速度很重要。交换机在平衡有线和无线流量突发性同时，还能在内部网络中管理拥堵激增。创意缓冲和先进算法为日益增长的应用提供了平稳和一致的感觉。甚至可以在一定时间内对交换机进行超负荷使用，许多应用仍然可以保持一致的结果。

随着时间的推移，视频会议已成为行业中每日的佼佼者，而这些应用并不欢迎缓冲。在50毫秒或更低延迟和小于30毫秒抖动的设计限制是行业中的最佳实践。对于AR/VR应用，需要10毫秒以下的延迟以避免用户感到不适。在任何时刻，大多数设计适当的办公网络都能实现这类延迟数字，但它们需要持续做到这一点。换句话说，在公司举行地区性会议时，员工一边观看现场活动，一边观看其同步的视频流，性能能否持续保持？

从技术角度来看，可用资源正在迅速扩张。仅在过去的几年里，我们就看到了更多空间流、更高的数据编码密度 (10 24和4096-QAM) 、如MU-MIMO、R-TWT和BSSID着色等先进技术的引入，频道宽度扩展到320 MHz，以及现在客户端可以通过多链路操作 (MLO) 同时与多个无线电进行通信。除此之外，我们现在可以访问一个全新的频谱：6 G Hz。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

所有这些进步使得超过1 Gbps变得相对容易，即使在2.4、5和6 GHz的无线电同时在四个空间流上运行并支持50个用户的情况下。然而，当设备达到极限时，通常会表现为短暂的暂停或“故障”——在更严重的情况下，视频会冻结或应用会崩溃。

最高效的Wi-Fi 7接入点 (AP) 可管理10 Gbps的空中传输。运行1 Gbps的端口速度并禁用无线电以节省电力，并不能为更新一代、功能更强大的客户端提供高效运作所需的资源，因此即使有新的AP和客户端，网络上拥堵的情况也不太可能发生太大的变化。启用6 GHz频段将使部分用户转移到6 GHz频段，并释放一些5 GHz频段的空中时间，但这也会增加更多的电力消耗。

位置技术、智能建筑和物联网

今天许多接入点除了支持Wi-Fi技术外，还支持其他技术。将接入点作为管理部署其他技术的平台，其便利性提高了其在基础设施中的价值。利用接入点的电源和网络接口避免了额外布线和二级接入系统的需求，但这种做法可能无法很好地融入您的安全策略。将接入点作为平台可以消除这种担忧，并减少多个独立系统带来的威胁面。虽然这些进步提供了显著的好处，但在设计时考虑到所有技术的需求是重要的。例如，如果您运营一个大型物联网网络，您需要确保在物联网设备部署的所有区域都有一致的网络覆盖——即使在无人常驻的空间也是如此。同样，对于使用资产标签的实时定位系统 (RTLS)，必须在所有跟踪区域启用2.4 GHz的覆盖范围。

许多组织正在实施智能建筑以更好地管理资源可用性并提供更安全的环境。影响设计的一个最佳例子是室内导航，以帮助访客和员工高效地找到途径。基于Wi-Fi的位置定位已经存在很长时间。然而，Wi-Fi导航准确性的局限性推动了其他替代方案，如低功耗蓝牙 (BLE)、超宽带 (UWB) 和精密时间测量 (FTM)。所有这些技术都以不同的方式改善了信号源之间的准确性和分辨率。它们都需要在不同位置部署不同的无线电，以确定客户端相对于网络的位置。作为电源和网络接入的来源，接入点 (AP) 长期以来一直是部署这些技术的有吸引力的选择。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

Wi-Fi网络为终端用户提供网络访问，通常在用户聚集、一天大部分时间都会出沒的地区围绕容量来构建。过渡区域，如走廊、外墙边缘、角落和门厅等，需要更小的容量，通常通过泄露到该区域的额外能量得到处理，因为这些区域很少需要大量容量。然而，这些区域对于导航来说很重要，因此它们需要在正确的位置设置参考点，以提供所需导航的足够精确度。凸包的概念经常被用来描述Wi-Fi定位设计。这个概念仅仅表示，最佳的位置精度出现在一个线环绕给定空间内所有AP点所形成的“外壳”内部的某个位置。

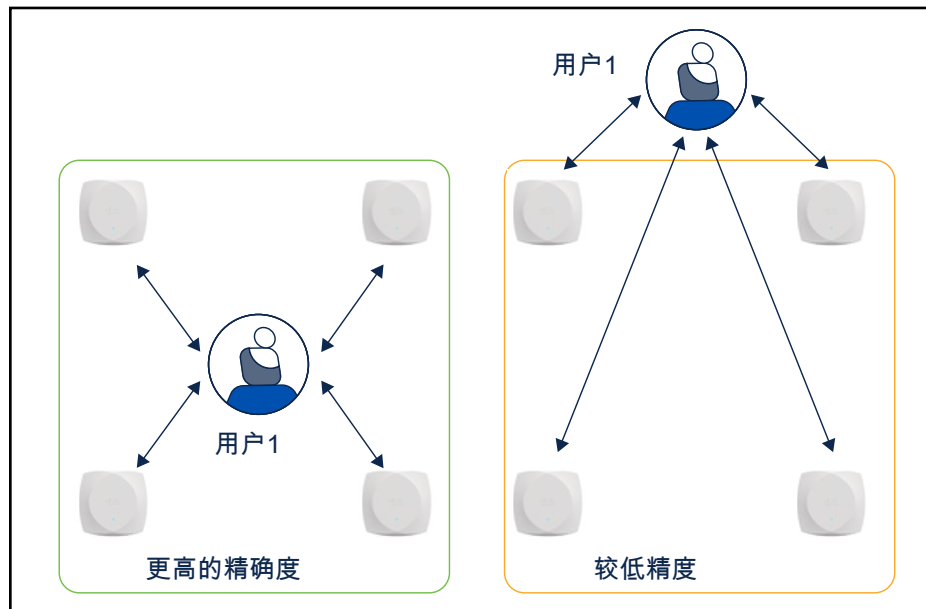


图12. 利用凸包概念提供更精确的定位分辨率

为了提供准确的位置解析，所有无线电技术都需要包括墙壁边缘和瓶颈（入口和出口点）的覆盖范围，以提供覆盖应用需求的上下文。在审视未来网络需求时，将现有网络位置与需求进行评估。在大多数情况下，移动一些接入点，或许在瓶颈处增加几个，将实现出色的解析和覆盖，而不会造成干扰。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

接入层安全和策略

最新一代Wi-Fi协议高度重视安全性。所有Wi-Fi 6E及更高版本的设备至少需要使用Wi-Fi保护接入3 (WPA3)。WPA3最初于2018年发布，自2020年起，所有带有Wi-Fi认证标签的基础设施设备都必须强制使用。尽管自2020年以来，所有认证的基础设施设备都必须使用WPA3，但客户端的采用率却落后于这一要求。许多设备仍然不支持WPA3，导致整体网络安全存在漏洞。

在大多数环境中，对某一时刻尝试加入网络客户端设备的控制是有限的。一些传统技术——如WPA或有线等效隐私 (WEP) 的最早版本——已经过时，不应再被允许。然而，许多设备仍然依赖WPA2，尽管它们可能不支持最新的标准，但它们仍具有功能性和价值，通常需要予以适应。



图13. Wi-Fi 6E/Wi-Fi 7接入要求

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

对于在网络运营商中导航混合客户环境——这是一个常见的挑战——有三种主要策略来实现安全共存：

全力以赴

重新配置现有的WLAN，要求使用单个SSID的WPA3，并将该策略应用于所有三个频段。

优点：简化网络并确保全面合规。

缺点：可能导致中断，如果客户群未全面准备好WPA3。WPA3还要求支持保护管理帧 (PMF)，某些设备可能支持WPA3但仍然缺乏全面兼容Wi-Fi 6E。

2. 使用多个SSID

创建一个具有高级安全设置的专用SSID，供较新客户端使用，使其能够充分利用6 GHz频段接入、多链路操作 (MLO) 以及802.11be数据速率，同时保持一个独立SSID供旧式设备使用。

优点：启用高级用户享受现代功能的同时，释放2.4GHz和5GHz频段供效率较低设备使用。

缺点：增加网络复杂性和管理成本。

3. 在单个SSID上使用传输模式

配置一个支持WPA2/WPA3过渡模式的SSID，兼容现代和旧版客户端。这包括认证和密钥管理 (AKM) 设置，如企业网络的802.1X-SHA256和802.1X (SHA1)，以及个人网络的等价身份认证 (SAE) 和预共享密钥 (PSK)。PMF应设置为可选。

优点：通过减少SSID的数量简化了网络管理。

缺点：一些较老的客户可能会在兼容性上遇到困难，或者误解混合设置。

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

密钥：GCMP 256 - 更好的加密和速度；安全密钥：更高级的安全

遗产	Wi-Fi 6	Wi-Fi 6E (6 GHz)	Wi-Fi 7
打开	打开 需要OWE支持	欠债 (AKM: 18) (加密算法：CCMP 128)	欠债 (AKM: 18) 密码：CCMP128或 GCMP 256
WPA1/WPA2/WPA3 过渡 WPA3-个人 PMF 选修	WPA3-个人 PMF 选修 WPA 2 - AKM - 2, 4 和 6 (WPA 3 - AKM - 8和9) (密码：CCMP 128 或 AES)	强制性的 (AKM : 8和9) 密码：CCMP 128 或AES	强制性的 (AKM: 24 和 25) 密码：CCMP128 或 GCMP 256)
WPA1/WPA2/WPA3 过渡/WPA3-dot 1x (企业) PMF 选修	WPA3-dot 1 x (企业版) ，强制 PMF 选修 (Cipher: AES, CCMP 128 , GCMP128 GCMP256	强制性的 (AKM : 3、5、11和12) 密钥：(密码：CCMP128 , GCMP 128和GCMP 256	强制性的 (AKM : 3、5、11和12) 密码：(密码：CCMP128 , GCMP 128 , GCMP 256

客户连接到较低安全级别时，可以连接到Wi-Fi 7 AP的2.4GHz和5GHz频段，但受到以下限制：
11ax或更早。无11be速率和MLO
请注意：自2019年以来，所有设备都必须支持WPA3，无论属于哪个世代。

图14. 比较Wi-Fi标准与最低安全要求：传统与Wi-Fi 6及以后

内容

Wi-Fi 7 - 概述

更高数据速率，采用4096 QAM调制

320-MHz信道带宽

关键Wi-Fi 7技术

多重链操作 (MLO)

多重资源单元 (MRU)

序言刺破

目标唤醒时间 (R-TWT)

效率与性能提升

Wi-Fi 7效率提升

设计Wi-Fi 7的考虑因素

Wi-Fi 7及以后部署的优先事项

6GHz频谱

开关端口电源

交换端口速率

位置技术、智能建筑和物联网

接入层安全和策略

为未来Wi-Fi设计

为未来Wi-Fi设计

随着Wi-Fi技术不断进化，如Wi-Fi 6E、Wi-Fi 7和6 GHz频段的应用扩展，网络设计和部署策略也必须进行相应调整。这些新技术带来了强大的功能——从更高的吞吐量和更低的延迟，到更高的效率和更智能的资源分配。然而，要充分发挥这些技术的潜力，需要在频谱使用、基础设施准备、安全政策和客户端能力等方面进行周密规划。

无论您是建设绿地部署还是升级现有网络，成功的关键在于设计以实现最佳性能，适应各种客户端设备，并将您的策略与当今日益互联的环境需求相一致。WiFi的未来已经到来——请确保您的网络准备好支持它。