

# Standardization Research of the Next Generation WLAN Technology in the IEEE 802.11 Working Group

Xisheng Liang Jing Yang

The State Radio-monitoring-center Testing Center, Beijing, 100041, China

## Abstract

The wireless LAN market has been expanded from the initial electronic computer peripherals to various areas such as smart home appliances, Internet of Things devices and automobiles. Working Group 802.11 in the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) is engaged in the development of the next generation of wireless LAN standards. This paper presents the current research progress of the IEEE 802.11 working group, focusing on the next generation of mainstream wireless LAN technology 802.11ax and later 802.11be. This paper also presents the Wi-Fi Alliance research for interoperability testing services and certification of wireless LAN devices based on the current findings of the IEEE 802.11 Working Group.

## Keywords

IEEE 802.11; WLAN; standardization; Wi-Fi alliance

## IEEE 802.11 工作组的下一代无线局域网技术标准化研究

梁希圣 杨静

国家无线电监测中心检测中心, 中国 · 北京 100041

## 摘要

无线局域网市场已经由最初的电子计算机外设扩展到如智能家电、物联网设备和汽车等各个领域。电气及电子工程师学会 (IEEE) 中的 802.11 工作组正在开展下一代无线局域网标准的制定工作。论文介绍了 IEEE 802.11 工作组当前的研究进展, 重点关注下一代主流无线局域网技术 802.11ax 及之后的 802.11be 的研究成果。论文还介绍了 Wi-Fi 联盟基于 IEEE 802.11 工作组目前的研究结果, 为解决无线局域网设备的互操作测试服务及认证而开展的相关研究。

## 关键词

IEEE 802.11; 无线局域网; 标准化; Wi-Fi 联盟

## 1 引言

每天有数十亿人依赖 Wi-Fi, 无线局域网技术在不断扩展的各种应用中承载着全球大部分数据流量。预计到 2023 年, 将有近 6.28 亿个公共 Wi-Fi 热点, 其中的十分之一的设备会基于 IEEE 802.11ax 技术。随着 Wi-Fi 的普及和功能的不断增长, 用户对无线服务的需求也将继续增加。越来越多的家庭除了更高分辨率的视频设备和虚拟现实设备之外, 还将容纳智能家居设备, 使得家庭空间变成同时有大量无线局域网设备连接的无线设备密集环境。此外, 以优化制造流程和提高生产力为目的, 企业也正在大幅增加其工作场所收集的数据量。更重要的是, 部分跨工厂车间通信需要无线局域网技术提供非常低的延迟, 以实现机械同步和实时控制。因此,

【作者简介】梁希圣 (1995-), 男, 满族, 中国北京人, 本科, 工程师, 从事研究短距离无线通信技术与 Wi-Fi 联盟认证测试研究。

在 802.11ax 技术市场推进的同时, 电气及电子工程师学会 (IEEE) 的技术专家们正在研究推进下一代 Wi-Fi 技术——802.11be 的标准化工作。

## 2 IEEE 802.11 工作组中的标准化研究进展

IEEE 的 802.11 工作组<sup>[1]</sup>是 IEEE 802 LAN/MAN 标准委员会<sup>[2]</sup>内的一个工作组, 制定与局域网和城域网相关的各种标准, 并负责无线局域网物理层和媒体访问控制层技术的标准化。

IEEE 802.11 工作组中有几种类型的子组。任务组是负责制定技术标准或推进标准应用的子组。研究组是负责创建任务组用以讨论用例、技术及可行性的筹备组。通常研究会创建名为“项目授权请求和标准开发标准”的文件作为谈论结果。此外还有一些讨论特定主题的小组, 称为主题兴趣小组, 以及常设委员会和特设小组。

## 3 IEEE 802.11ax 的标准化现状

现在可在家用电器商店中找到各品牌发布的标记

有“Wi-Fi 6”的最新无线局域网产品，都是基于 IEEE 802.11ax 标准设计生产的。尽管该标准中的定义中支持最高达 9.6Gbit/s 的数据传输速度，但实际家用产品由于设计及售价的不同，支持的最大传输速度通常在 1~5Gbit/s 左右不等。IEEE 802.11ax 的标准化工作将很快完成，提供互操作测试服务的 Wi-Fi 联盟<sup>[1]</sup>已开始以品牌名称“Wi-Fi 6”对支持 802.11ax 的设备进行认证。

### 3.1 IEEE 802.11ax 中使用的新技术

为了更好地利用无线电频谱资源，IEEE 802.11ax 标准中采用了一种名为正交频分复用 (OFDMA) 的新的多用户传输技术，该技术已在 LTE 和 WiMax 系统的上下行传输链路中应用。在 802.11ax 中，最多可以在每个 20MHz 带宽的信道中分配 9 个用户，并且可以各自向无线接入点 (AP) 发送数据或从无线接入点接收数据。OFDMA 对于传输语音和传输控制协议确认 (TCP ACK) 等短数据包非常有用。802.11ax 还将最初由 IEEE 802.11ac 的标准针对下行链路指定的多用户多输入多输出 (MIMO) 技术扩展到下行链路和上行链路均可使用。

IEEE 802.11ax 技术触发帧定义了上行多用户传输数据协议序列，如图 1 所示。触发帧使客户端设备能够为指定客户端的后续上行链路传输调整参数，例如传输时间和传输功率。此外 802.11ax 技术还定义了另一种机制，称为空间复用，通过减轻来自其他设备的传输的影响来提高频率利用率<sup>[4]</sup>。

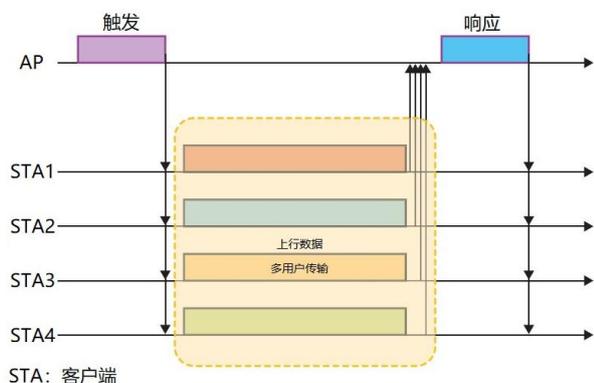


图 1 由触发帧发起的上行链路多用户传输序列

### 3.2 802.11ax 技术对 6 GHz 频段的支持

美国在 2020 年春季将从 5.925~7.125GHz 的 1.2GHz 频段带宽分配给包括无线局域网在内的未经授权无线通信系统。通过这种分配这种较宽的连续频段，预计将明显减少无线局域网设备之间的干扰。因此，无线局域网设备可以预见拥有更好的数据吞吐量和延迟性能，从而能够适应需要更高速率的新应用程序，例如增强现实和虚拟现实等。

然而，在 6GHz 频段中，有几种现有的无线通信系统，无线局域网系统需要满足特定要求才能与这些系统共存。在

设备类型上定义了两种无线局域网设备，室内低功率设备 (LPI) 和标准功率设备 (SP)。LPI 设备可以使用 6GHz 频段的任何频段，但只被允许应用于室内环境。另一种 SP 设备允许更高的发射功率，但只允许在特定的频率段中运行，并且强制要求开启自动频率协调 (AFC) 功能来保护现有的无线电系统正常工作。另外，还有一种被称为超低功耗 (VLP) 的设备类型定义正在讨论中。在美国，6GHz 频段分为四段，并分别为每一个频段定义了技术要求。在欧洲，开放了 5925~6425GHz 频段给应用 802.11ax 技术的无线局域网设备使用。在中国，目前没有许可无线局域网设备使用 6GHz 频段的相关信息。

## 4 有极高吞吐量的无线局域网技术——802.11be

为了在媒体访问控制服务接入点上实现超过 30Gbit/s 的最大吞吐量，于 2019 年 5 月创建了 802.11be 实验小组 (TGbe)。IEEE 802.11be 标准计划将于 2024 年 5 月根据 TGbe 的讨论结果发布。IEEE 802.11be 将接替 802.11ax 成为主流无线局域网标准，目前 TGbe 已经发布了 802.11be 标准草案的 Draft 1.0 版本。

目前正在讨论如下 802.11be 标准的如下几方面内容。

### 4.1 提高频率利用率和更宽带宽的利用率

IEEE 802.11ax 采用高达 1024 正交幅度调制 (QAM) 的调制方案，最多同时支持 8 个 MIMO 空间流，以及最大 160MHz 的信道带宽。TGbe 正在考虑在 802.11be 中应用最大 4096QAM、16 个空间流和 320MHz 信道带宽，同时也将采用混合自动重传请求，提高数据重传效率<sup>[5]</sup>。

### 4.2 多链路传输

802.11be 将多链路传输定义为一项新功能。在包括 802.11ax 在内的传统无线局域网中，每个客户端 (STA) 通过其与关联无线接入点 (AP) 之间的单个链路完成传输和接收数据的过程。在多链路传输中，假设无线局域网设备 (MLD) 由多个工作在不同信道的 AP 或 STA 和 MLD 之间的多条链路组成，由多个 AP 组成的 MLD 与由多个 STA 组成的 MLD 之间建立多条链路，如图 2 所示。

每个单独的 AP 或 STA 都可以提供同一个 MLD 内其他附属的 AP 或 STA 的工作状态的信息。在进行多链路设置时，使用流量标识符 (TID) 根据帧的服务质量 (QoS) 对不同帧进行分类，而后将映射到所有链路，任何与之相关的 MLD 都可以对该映射进行更新。此外，接收方 MLD 将利用单个重排序缓冲器来处理通过多个链路传输的相同 TID 的 QoS 数据帧。MLD 的每个设备在其链路上都执行独立的信道访问，并保持自己的电源状态。有时为了保持有效的能耗管理，AP 可以利用已启用的链路来发送存在数据缓冲的指示，使 STA 更换到在其他链路上传输。

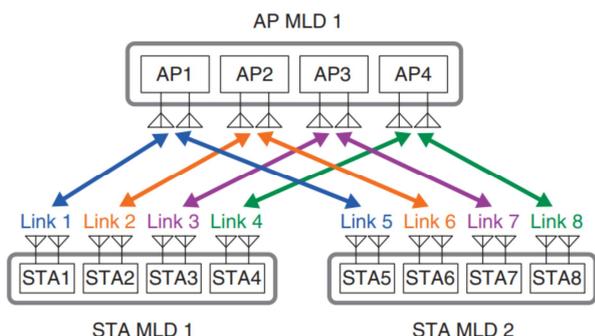


图2 多链路传输

### 4.3 多 AP 协调

TGbe 将多 AP 协调定义为另一个新功能。TGbe 中正在讨论此功能的以下功能，协调空间复用 (Co-SR) 技术优化了每个 AP 的发射功率等参数，协调波束成形 (Co-BF) 技术可实现多个 AP 的同时传输，同时可以避免在相同频段和相同时间传输数据时产生干扰，联合传输 (JT) 技术使接收数据的 STA 能够接收并组合来自多个 AP 的数据，协调正交频分多址 (Co-OFDMA) 技术可以在多个 AP 之间灵活分配无线网络资源。

### 4.4 低延迟特性

即使有许多竞争的 STA 同时传输数据或设备处在干扰环境中，802.11be 设备也能实现低延迟和低抖动通信的特性。802.11be 设备应具有通知指定链路延迟的功能和可以确保重要的敏感流量可以周期性延迟传输的机制，此外，TGbe 正在讨论将 IEEE 802.1 的时间敏感网络和 IEEE 802.11 的访问控制机制相结合的可能。

### 4.5 其他特性

TGbe 还提议建立国家安全和应急准备机制，以确定应急通信的优先级，并在 AP 的协助下建立 STA 之间的直接通信机制。

## 5 Wi-Fi 联盟互操作测试

Wi-Fi 联盟是一个目的为促进无线局域网设备和技术在各个细分市场中发展的非营利性组织。它为基于 IEEE 802.11 标准的无线局域网产品提供互操作测试及认证服务。通过 Wi-Fi 联盟互操作测试的无线局域网设备可以使用在设备上使用 Wi-Fi 联盟认证标志。Wi-Fi 联盟已完成基于 IEEE 802.11ax 标准的 Wi-Fi 6 互操作测试计划，并且对于可以支持工作在 6 GHz 频段的 802.11ax 设备制定了 Wi-Fi 6E 互操作测试计划，此外，Wi-Fi 联盟在近期根据 IEEE 802.11ax 标准制定完成并发布了 Wi-Fi 6 R2 互操作测试计划。

## 6 结语

论文简要介绍了 IEEE 802.11ax 和 802.11be 无线局域网技术的标准化研究进展。其中 IEEE 802.11ax 标准化已基本完成，基于该标准的产品目前已上市，并且 Wi-Fi 联盟提供了基于 802.11ax 技术的互操作测试认证。IEEE 802.11be 是继 802.11ax 之后的下一个主流无线局域网标准。标准化工作仍处于早期阶段，IEEE 802.11 工作组中的 TGbe 正在积极讨论其特性和技术。

### 参考文献

- [1] IEEE 802.11 WG[EB/OL].<https://www.ieee802.org/11/>.
- [2] IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee[EB/OL].<https://www.ieee802.org/>
- [3] Wi-Fi Alliance, <https://www.wi-fi.org/>.
- [4] S. Shinohara, J. Iwatani, Y. Inoue. "Standardization of Next-generation Wireless LAN IEEE 802.11ax," NTT Technical Review, Vol. 15, No. 1, Jan. 2017[EB/OL]. <https://www.ntt-review.jp/archive/ntttechnical.php?contents=ntr201701gls.html>.
- [5] D. L. Lopez-Perez. IEEE 802.11be Extremely High Throughput: The next generation of Wi-Fi technology beyond 802.11ax[J]. IEEE Communications Magazine,2019,57(9):113-119.