



Wi-Fi 7(802.11be)前瞻5: Wi-Fi 7技术特点 (截止到D1.0阶段)



徐方鑫

Wi-Fi话题下的优秀答主

已关注

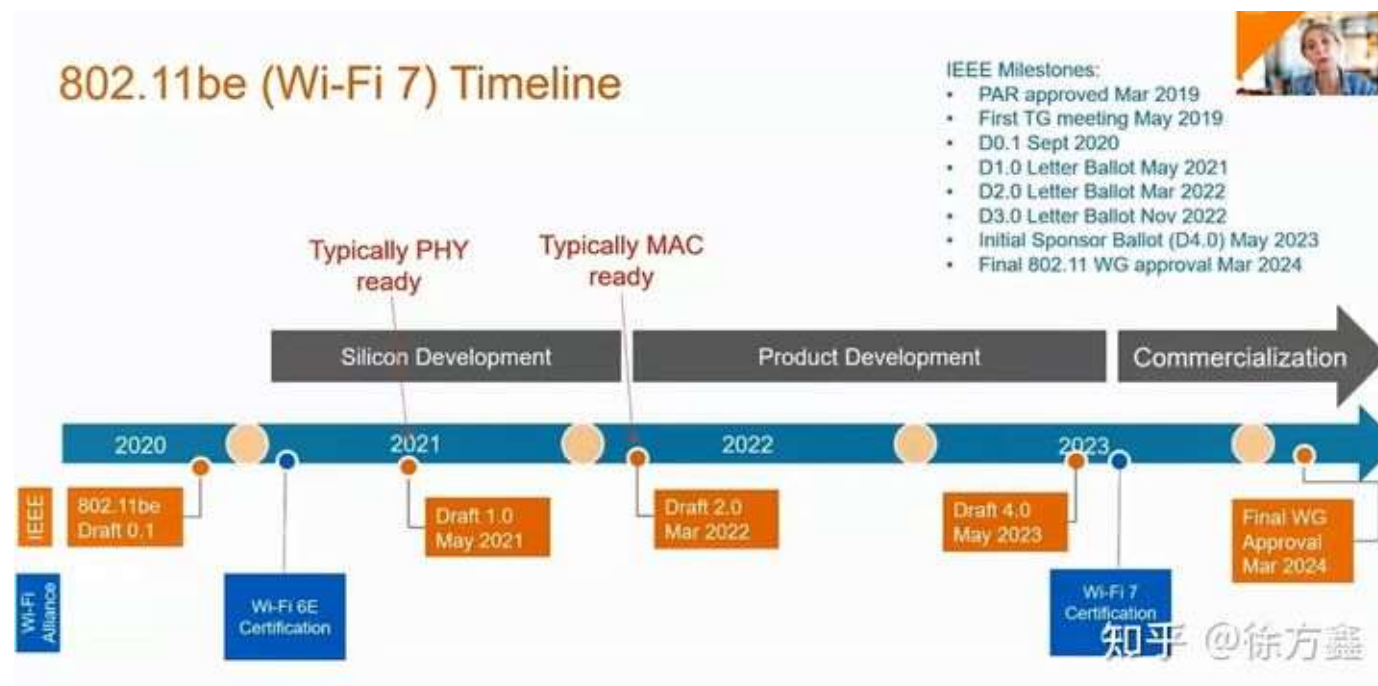
69 人赞同了该文章

前言

本身是看到一个问题回答的，写了不少内容，后来想下还是整理到专栏吧。目前协议笔者看到的是D1.0版本，不过现在事情比较多，还没有很认真的详细学一下，所以很多东西还是有点粗略，大致整理下，有错误的地方还请见谅。

Wi-Fi 7的时间线

从协议目前给出的制定思路而言，是首先搞定PHY，然后再搞定MAC，整个协议的时间线大致如下图所示：

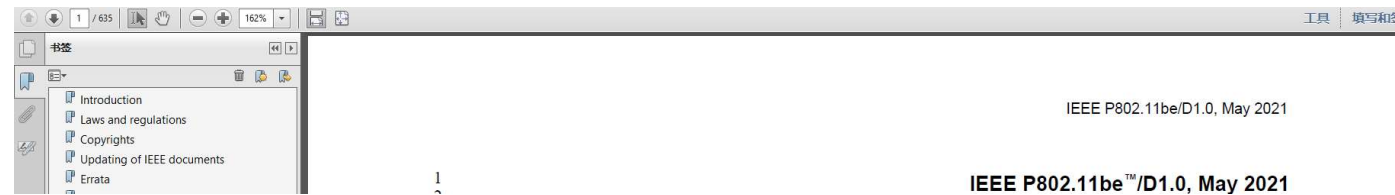


Litepoint一次讲座的图

这里时间线是从2020开始的，实际上协议从兴趣组开始要比这个时间还要早，然后大致2021年出到Draft 1.0（目前该版本已经出来了），其中主要把PHY的核心内容大致定了下，然后22年左右出Draft 2.0，其中主要是定MAC内容，然后就是重复的修正工作开始了（也就是22年以后的时间线）。

关于协议内容

现在版本笔者看到的已经是Draft 1.0的版本，而且在其中PHY的大部分主思路已经明确了。D1.0版本目前大致是635页。。。



说实在的，这个内容量最后还是挺可观的，可以对比下其他作为主体类型协议的长度，比如802.11ax（最终版是767页），802.11ad（最终版是628页），802.11ah（最终版是594页）。而D1.0才是第一个版本，特别是在MAC层的部分，后面估计还是给加不少内容，所以从协议的角度而言，802.11be的内容体量应该还是相对比较大的。

说这一点实际上想强调的就是，不要小觑Wi-Fi协议的体量，Wi-Fi协议的量其实也不小，而且实际内容相比白皮书之类放出来的技术特点而言，要多很多，这一点很容易给人造成一种认知的误区。

以Wi-Fi 6为例，Wi-Fi 6的核心场景还是家用的大带宽场景，所以我们主要关注到的是其所提供了OFDMA，MU-MIMO，1024QAM等技术特性，高阶一些的会关注到SRP复用机制（其中包含了BSS Color，Adaptive-CCA，Dueling NAVs），UoRA，Preamble Puncturing等等，其实已经不少技术特点了，其实再往上还有，比如对于IoT场景的增强，DCM，以及对于移动多普勒场景的增强，Midamble之类。其实技术特性很多，粗略而言，根据协议新增的capabilities element而言，可能具体对应到的技术特性的基本单元，大致有100余项。（这里是基本单元，有的时候是几个小单元一起构成一个技术特性）。所以而言，**Wi-Fi 6相比于Wi-Fi 5，增加了很多东西，而Wi-Fi 7相比于Wi-Fi 6，增加了更多的东西**，希望对于协议而言，需要有这样一个认知。另外，还有一点需要注意的是，实际上并不是所有的协议特定都会落地到芯片上，所以前面所说的都是协议层面上的东西，可能落地到芯片上，确实体量没有协议本身的体量大，这个也是合理的，因为很多特性是针对一些当下非主流的Wi-Fi使用场景，所以自然而言没有必要在每一块Wi-Fi IC上都添加这样的技术特性。

Wi-Fi 7的需求

从大的协议设计需求而言，据我所知，Wi-Fi 7的协议组，也就是TG Be，好像是由EHT和RTA的兴趣组合并而来，所以Wi-Fi 7的协议目标兼具了高吞吐量（即EHT本身的设计目标），以及TSN（即RTA的设计目标），这两方面的特点。

5.2.b. Scope of the project: This amendment defines standardized modifications to both the IEEE Std 802.11 physical layers (PHY) and the Medium Access Control Layer (MAC) that enable at least one mode of operation capable of supporting a maximum throughput of at least 30 Gbps, as measured at the MAC data service access point (SAP), with carrier frequency operation between 1 and 7.250 GHz while ensuring backward compatibility and coexistence with legacy IEEE Std 802.11 compliant devices operating in the 2.4 GHz, 5 GHz, and 6 GHz bands. This amendment defines at least one mode of operation capable of improved worst case latency and jitter.

在最新的由IEEE标准协议批准的802.11be PAR(Project Authorization Request)中，指出802.11be可以利用1GHz到7.25GHz间的可利用频谱资源，802.11be可以支持最多30Gbps的吞吐量。并且该协议也会考虑到在2.4GHz，5GHz以及6GHz频带上的前后兼容性。该协议并且需要对于改善网络中的极端延迟和抖动，目前按照Task Group的目标，802.11be需要将延迟控制下5ms以下。另外PAR里面给出了一些可以选择的技术特性。

8.1 Additional Explanatory Notes: Item 5.2b:

The focus of this amendment is on WLAN indoor and outdoor operation with stationary and pedestrian speeds in the 2.4, 5 and 6 GHz frequency bands.

The main candidate features that have been discussed are:

- 320 MHz bandwidth and more efficient utilization of non-contiguous spectrum,
- Multi-band/multi-channel aggregation and operation,
- 16 spatial streams and Multiple Input Multiple Output (MIMO) protocols enhancements,
- Multi-Access Point (AP) Coordination (e.g. coordinated and joint transmission),
- Enhanced link adaptation and retransmission protocol (e.g. Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ)),
- If needed, adaptation to regulatory rules specific to 6 GHz spectrum.

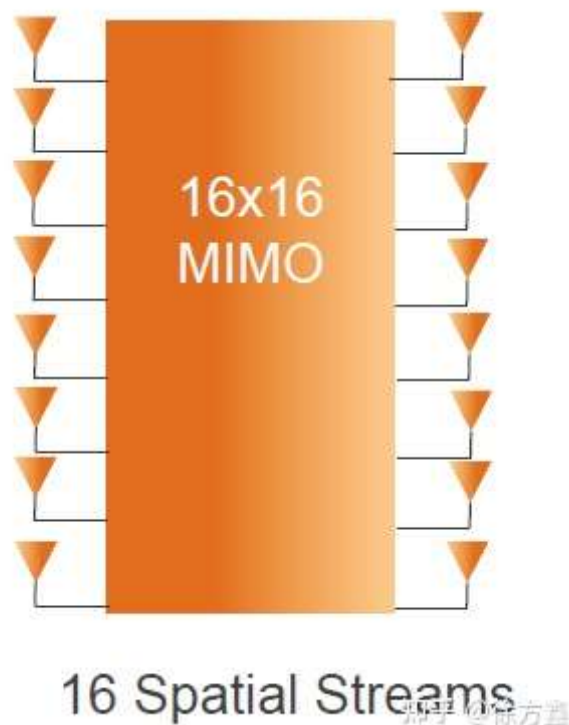
其实从我个人观点而言，可能MLD（Multi Link Device）和围绕这个开始的MAC层特性应该是Wi-Fi 7里面最核心的特性，仅仅是个人观点。因为这的可操作性，有效性，以及这个机制是可以提供TSN的能力的（通过多链路来保证延迟）。那么下面，关于Wi-Fi 7的部分，根据目前D1.0内

容，以及结合PAR，CSD相关文件和一些看到的草案和paper而言，初步整理下大致的几个技术特点：

Wi-Fi 7 PHY新增特性

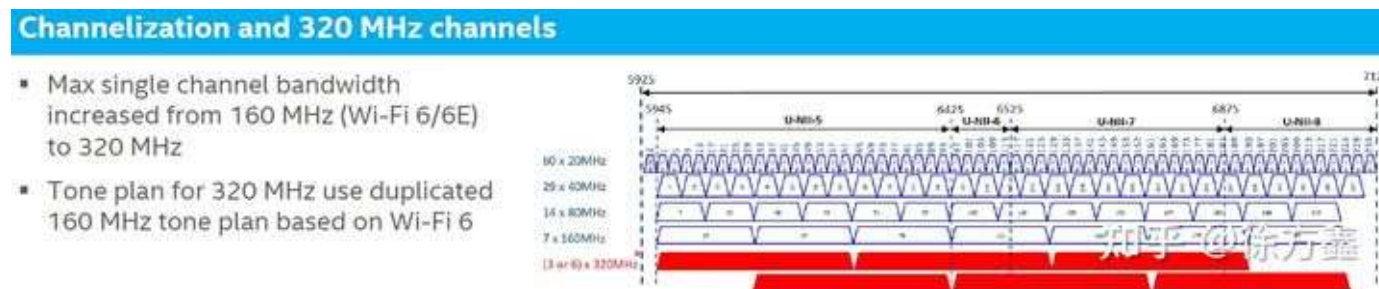
16×16的空间流

在Wi-Fi 6里面，最大的空间流是8×8，在Wi-Fi 7里面，最大空间流提升到了16×16。不过需要注意一点的是，这个空间流实际上是跑的MU-MIMO，而不是单纯的MIMO，实际里面终端部分不会有那么多的天线链路。



320MHz的最大带宽

在Wi-Fi 6里面，最大带宽实际上是160MHz的模式，其次是80+80MHz等等，在Wi-Fi 7里面，由于引入了更加干净的6GHz的频段，所以最大带宽可以提升到320MHz，不过现阶段国内的6GHz频段不一定能用上就是了。



intel的ppt的图

4K-QAM的调制

Wi-Fi 6支持的最高是1024-QAM，到Wi-Fi 7里面升级到了4096-QAM。说实在的，这个其实和多天线一样，实际上我一直觉得是一种技术壁垒之类的，越是看起来最简单直接的设计，后面所隐藏的技术难度其实越高。这个对信号的EVM要求已经到了-38dB了，已经是一个非常高的要求了，虽说目前看起来一定要结合beamforming跑，但实际上即使加了beamforming其EVM的要求也是非常理想级别的了。

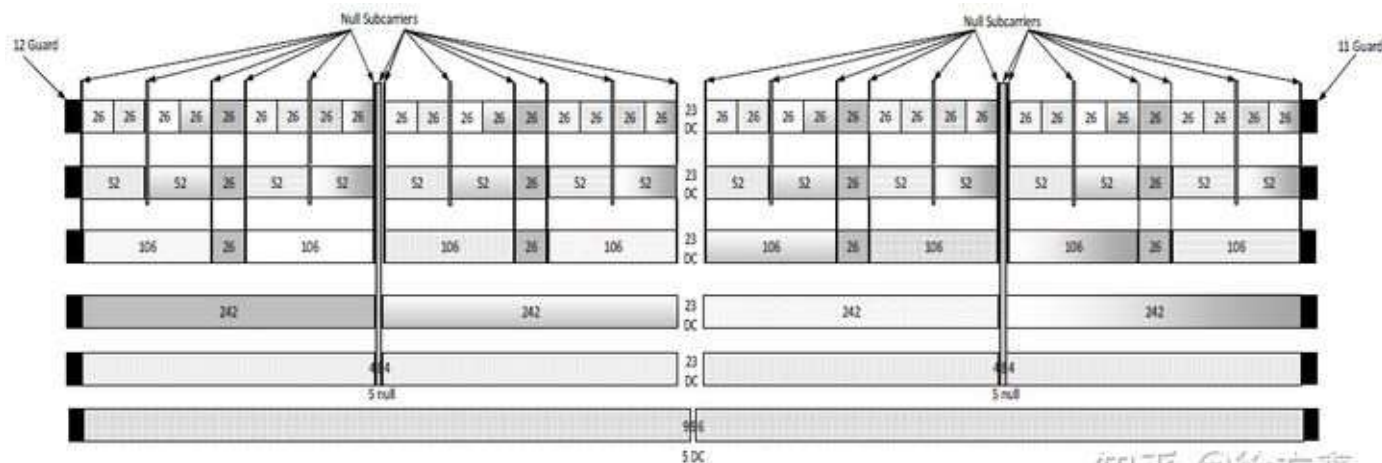


litepoint的ppt的图

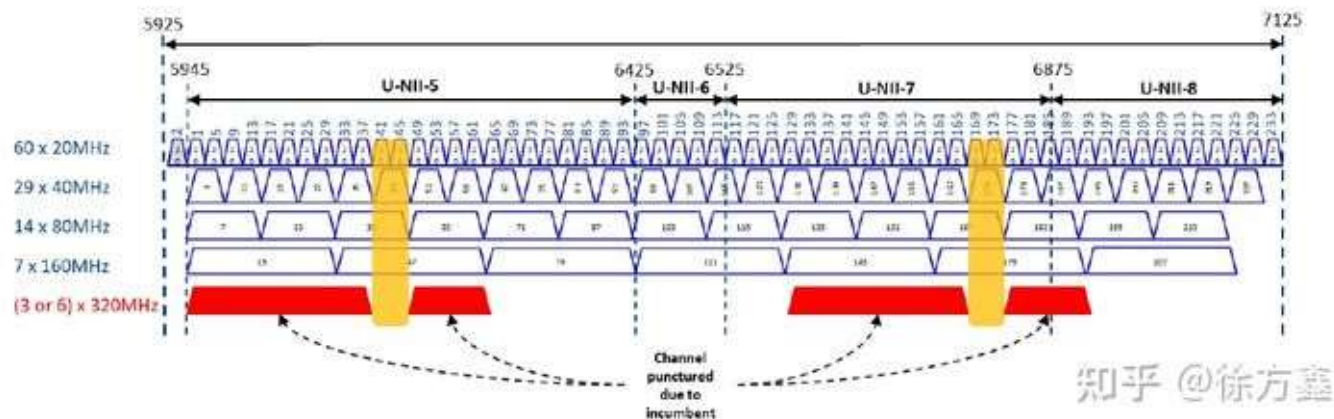
OFDMA的改进

OFDMA主要有两个部分的改进：

1) **多RU的分配 (Multiple Resource Unit)**。一个是RU的分配上。在Wi-Fi 6的时候，一个节点只能被分配一个RU，而且不能够跨RU分配。**在Wi-Fi 7里面，可以允许节点被分配多个RU。**协议里面应该用RU和MRU (Multiple Resource Unit) 这两个词做区分。

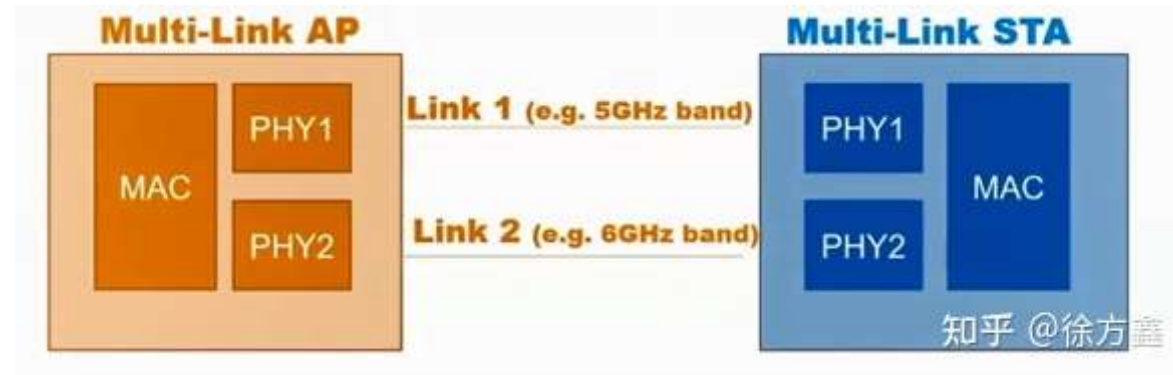


2) **更灵活的Preamble Puncturing (Non-OFDMA Preamble Puncture)**，在Wi-Fi 6，也就是802.11ax时代，preamble puncture完了之后，其RU还是需要通过OFDMA分配给多个用户的，换言之，一个用户是无法使用preamble puncture特性的。而在Wi-Fi 7之中，由于引入了MRU的特性，所以基于此，我们也可以将preamble puncture之后的RU全部分配给1个用户，这就是Non-OFDMA Preamble Puncture了，Wi-Fi 7多了这个特性。



MLD (Multi-Link Device)

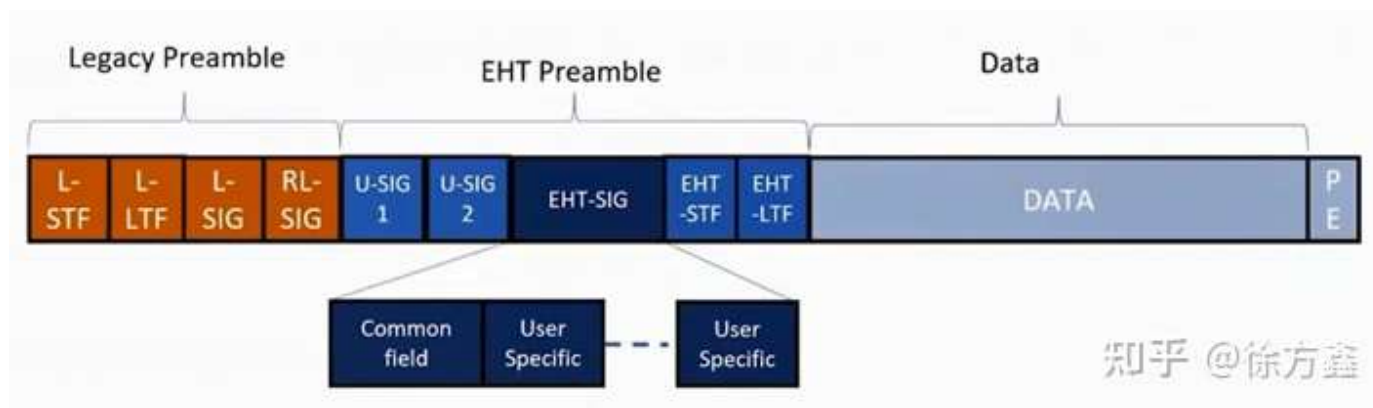
MLD算是一个非常明显的修改了，也就是传统的Wi-Fi仅仅包含单个链路的连接能力，在Wi-Fi 7里面能够允许一个STA，其实就是对应一块IC，里面包含多个device的连接能力。



Litepoint的讲座的图

PPDU结构

在物理层帧结构上，Wi-Fi 7增加了EHT Preamble部分，以及其中最主要的EHT-SIG字段，这个关联到的细节比较多，所以这里不展开了，以后单独讨论的时候再写。另外需要注意的是，在Wi-Fi 6以后，其实legacy preamble里面已经把RL-SIG当做一个必要的部分了，这个是一个不一样的地方。



Litepoint的讲座的图

大体的PHY的核心特性是这些，但是实际上还有很多特性是一般场景下面不关注的，而且笔者自己也没学完，所以目前能够写的大致就这么多。

Wi-Fi 7 MAC新增特性

MLO (Multi-link Operation)

其实这个是对应到MLD的硬件而言，具体讨论其MAC层如何接入，竞争方案等等。另外，这个在协议的管理层面，也就是如何做scan，如何做认证协商也是一个很重点的内容。只能说协议层面都是牵一发而动全身的。目前我仅仅整理了下MLO的MAC接入层面的内容（具体可以翻[Wi-Fi 7\(802.11be\)前瞻4: MLO \(Multi-Link Operation\)](#)）。

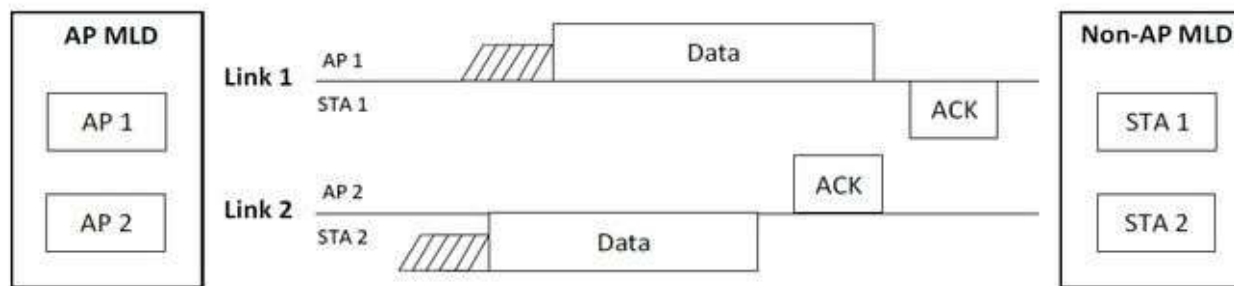
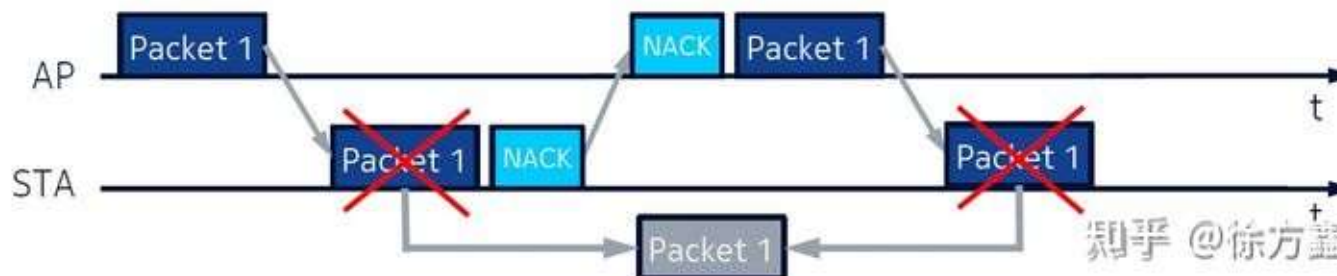


Figure 35-11—Channel access of two MLDs operating as STR over a pair of links

HARQ

在Wi-Fi 6以前，协议只是采用单纯的重传机制，而没有重传合并的特点。其实主要核心就是两点，1) 冲突和传输错误分不出来，所以只有ACK一个机制，没有NACK引入，2) HARQ的物理层还没有引入到协议里面。所以在Wi-Fi 7中，相当于解决了这两个问题，然后就引入了HARQ。这个也初步整理了一个（具体可以翻Wi-Fi 7(802.11be)前瞻3：HARQ技术）。



Preferred Scanning Channels (PSC)

这个严格而言不算是Wi-Fi 7的特性，其实是Wi-Fi 6的，而且目前关注到的人比较少。这个特性主要是用于Wi-Fi 6E里面，因为6E是一个额外的频段，不是所有终端强制支持的。所以传统的scan

策略不能够直接用到6E频段上面，因此协议引入了PSC这个机制来辅助scan过程。由于Wi-Fi 7里面6GHz频段是一个重要的组成部分，所以这个技术特性还是需要强调下的。

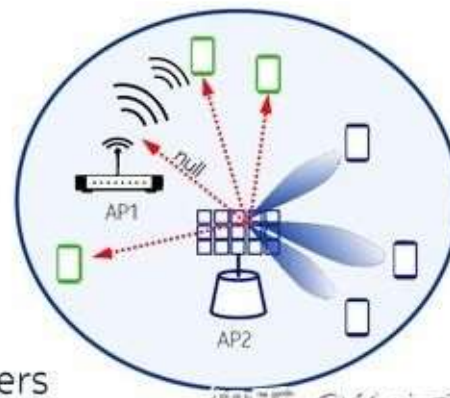


多AP协同

其实多AP协同具体该怎么做，笔者本身还是抱持一个观望的态度，主要还是等最终协议的方案出来再具体谈论，毕竟可以说能想到的可选方案很多，但最终实际适合协议落地的，这个还真不知道。多AP协同的目标粗略的我们可以理解成分布式的MIMO，也就是通过多个AP共同来形成MIMO的波束，而传统的MIMO是仅仅单AP的场景（包含MU-MIMO）。

Multi-AP coordination

- Coordination approaches with different degrees of complexity [9, 12-14]:
 - Time/frequency coordinated scheduling
 - Inter-cell interference coordination
 - Null steering
 - Distributed MIMO
 - Inter-AP synchronization
 - Multi-AP association to facilitate handovers



知乎 @徐方鑫

这个里面其实技术特点估计不会少，因为关于Inter-BSS的互操作部分，SRP复用的部分，协作的部分实际上都可以被划入到多AP协作下面，所以这一块目前这里写的是很粗略的，估计最终这一块还会有很多具体的技术特点出来。

另外这里列的MAC特点是目前能够知道的一些比较突出的，另外不突出的，比如NDP过程的优化之类的就没展开继续写了，还是一个原因，笔者本身还没有理解清楚，以后理解好了单独在一个特性一个特性单独写了。

本文为原创文章，如需转载须注明出处和原文链接。



欢迎大家关注我们的微信公众号：Wi-Fi研习者，请搜索公众号（Wi-Fi_Researcher）。