

5G与WiFi6空口技术详细对比

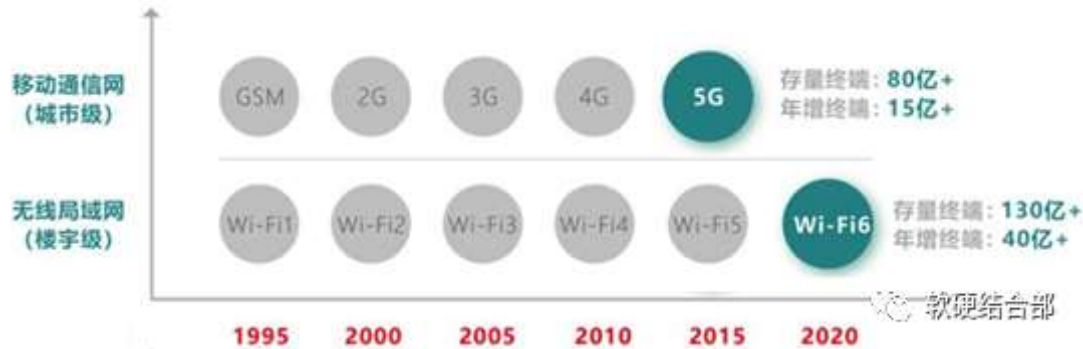
技术最前沿 2020/03/04 12:20 关心科技，呼唤创新，从你做起，你什么样，中国便什么样。

在人们对5G展示最大热情的时候，Wi-Fi6也悄然出世。
本文首先简要回顾Wi-Fi和蜂窝网络的发展，然后简要介绍了他们的技术特点，最后从技术的角度比较Wi-Fi6和5G，剖析其应用场景。

一、两种无线通信

1.1 Wi-Fi与蜂窝网络的发展

长期以来，Wi-Fi和蜂窝网络就像移动设备上的两大高手，彼此势均力敌：一个主室内，一个主室外。
多年来Wi-Fi以其流量便宜的特点，一直是蜂窝网络的室内覆盖补充，也承担着大数据流量的场景，比如下载高清视频。



1.2 移动通信

移动通信从90年代GSM开始，到2G、3G、4G 以及5G，是三大运营商在城市中布了一个大家都可共享的无线网络。
到2018年，移动通信网已经有80亿以上的用户，而每年新增的终端数量高达15 亿，到5G时代用户数和新增终端数将更多。

1.3 Wi-Fi通信

无线局域网最成功的技术就是Wi-Fi。第一代的Wi-Fi1（11b）在1997年诞生，经历11b、11a、11g、11n、11ac以及11ax。
2018年，Wi-Fi联盟统一用数字代号对Wi-Fi命名，也就是Wi-Fi1直到Wi-Fi6，其中Wi-Fi6在2018年正式开始商用。
截止到2018年，Wi-Fi类的终端存量有130亿以上，包括大家使用的手机、平板电脑和PC，以及其他的智能设备。每年新增的Wi-Fi终端的数量超过40亿，是地球人类总数的2/3。

二、技术对比

2.1 5G技术特点

5G新空口将面向超大带宽、超低时延、大规模物联网连接三大应用场景，相比较于前几代移动通信，融合了新的关键技术。

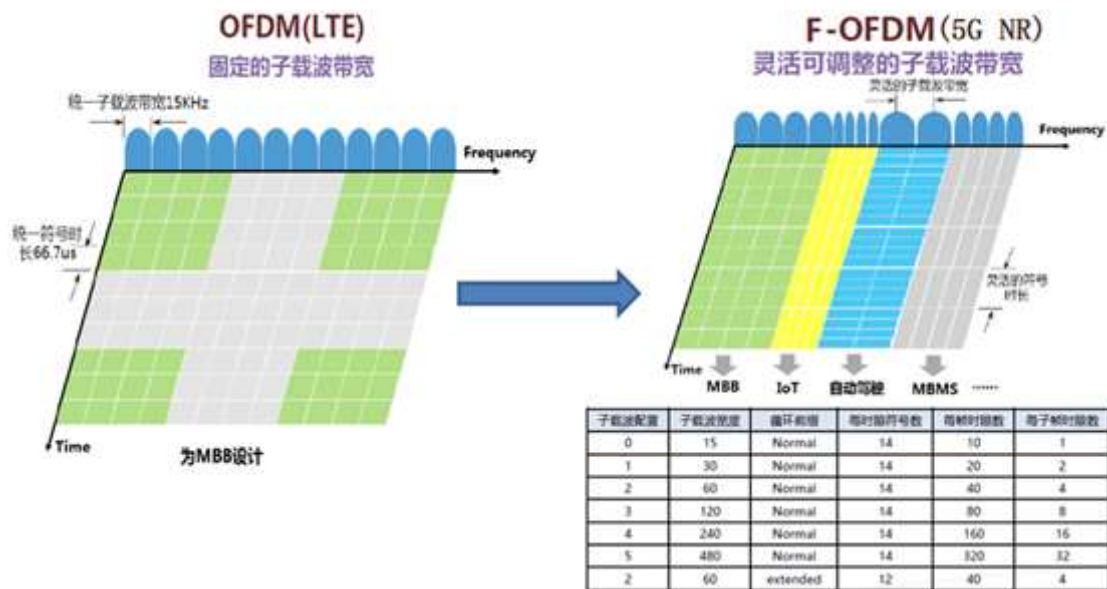
2.1.1 中高频段通信

3GPP 规定，5G 新空口包括两大频谱范围分别为FR1和FR2。
FR1最大信道带宽定义为100MHZ，FR2最大信道带宽定义为400MHZ。中高频段的宽阔频谱范围可定义更宽的信道带宽，从而提升系统容量和通信速率。

频段定义	频率范围	最大工作带宽
FR1	410 MHz – 7125 MHz	100MHZ
FR2	24250 MHz – 52600 MHz	400MHZ

2.1.2 载波技术

OFDM是目前主流通信标准都在使用的波形，包括3GPP LTE和IEEE 802.11（Wi-Fi）系列都在使用。
5G将面向三大应用场景，目前呼声最高是采用华为提出的F-OFDM技术。F-OFDM采用可配置的灵活的子载波带宽、符号长度以及循环前缀长度，以满足超大带宽、超低时延和超大规模连接三大应用场景的需求。



2.1.3 多址技术

4G的多址接入方式为OFDMA，5G的eMBB场景的多址接入方式仍然基于OFDMA。

但对于百万个连接数每平方公里的mMTC大连接场景，改进的OFDMA可能无法满足需求。因此3GPP RAN1在2016 年中的会议决定：eMBB场景的多址接入方式应基于正交的多址方式（OFDMA），非正交的多址技术将用于mMTC 的上行场景。

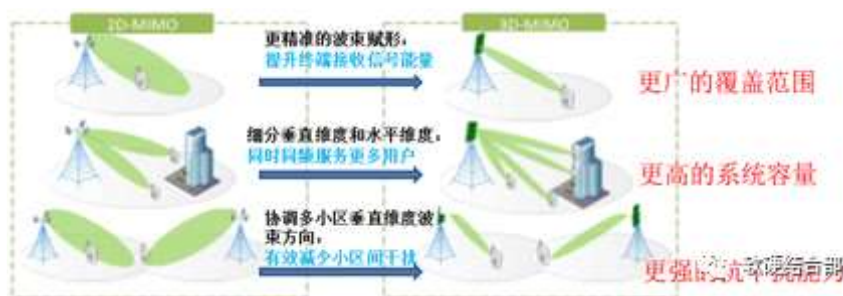
这样非正交频分多址(NOMA)也成为了一个研究热点，吸引了大量目光。华为的SCMA、中兴MUSA 和大唐的PDMA等都在Release 16中竞争mMTC 的上行多址方案。

通信系统	3G	4G	5G
多址方式	CDMA (码分多址)	OFDMA (正交频分多址)	OFDMA+NOMA (非正交多址)
频谱图	Non-orthogonal assisted by power control	Orthogonal between users	Superposition & power allocation

2.1.4 多天线技术

4G通信系统的天线是2天线、4天线或者8天线，5G将引入大规模MIMO天线，天线数量将达到64甚至更高。

传统信号覆盖维度为2D MIMO，仅能在水平维度区分用户，massive MIMO结合算法可细分垂直维度和水平维度，实现3D MIMO。

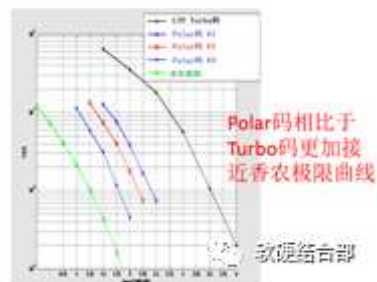


2.1.5 新型编码技术

5G确定将LDPC码作为eMBB数据信道的编码方案，Polar码作为eMBB控制信道的编码方案。

	Turbo	LDPC
解码能力	30%	90%
解码延迟	1X	1/3
芯片尺寸	1X	1/3
功耗	1X	1/3

LDPC码在解码能力、解码延迟、芯片尺寸及功耗方面都占优势

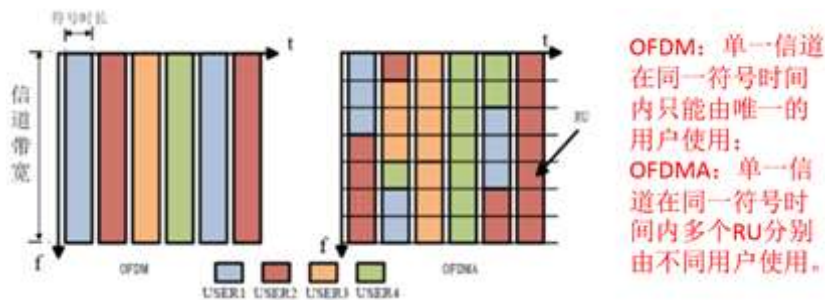


2.2 Wi-Fi6技术特点

Wi-Fi6为最新协议版本，包含若干新技术和新规格，相较于WiFi5及以前的协议规范，其技术特点如下所示。

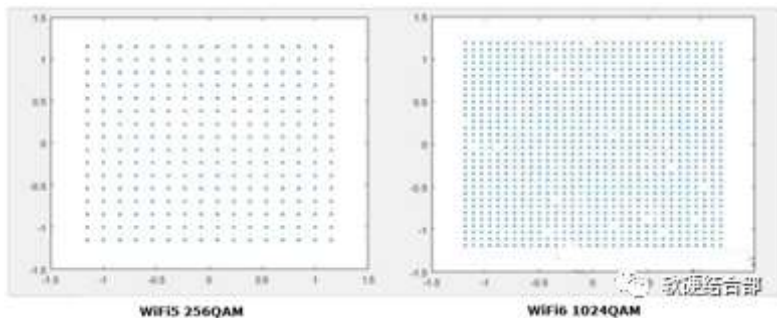
2.2.1 OFDMA

OFDMA（正交频分多址），这是从4G技术引入Wi-Fi 的一个技术，解决了多用户传输的均衡性问题，使得多用户通信更有序，从而提升Wi-Fi 的体验和效率。



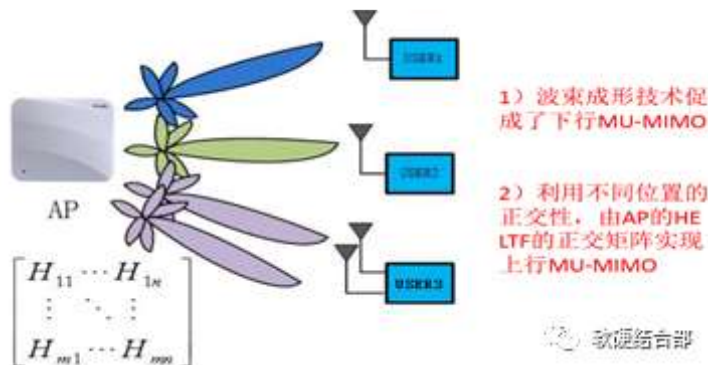
2.2.2 1024QAM

1024QAM（更高速率的调制）的优点是进一步提升极限速率。上一代Wi-Fi5理论上能达到6.9Gbps 的连接速率，到Wi-Fi 6 之后，极限速率可以达到9.6Gbps。



2.2.3 MU-MIMO

8*8 的天线UL/DLMU-MIMO（多用户多进多出）技术，使AP 同时可以与更多的终端用户进行通信，极大地提升并发带宽和系统容量。



2.2.4 BSS-Color（空间复用技术）

BSS-Color首先通过着色机制将区域内不同的AP—STA组合标记为BBS A、BSS B、BSS C等不同的网络，使设备能够区分自己网络中的传输与邻近网络中的传输，然后自适应功率和灵敏度阈值允许动态调整发射功率和信号检测阈值，使多个BSS网络能同时传输而不相互影响，增加空间重用效率。



2.2.5 智能节电方案TWT

目标唤醒时间TWT（Target Wakeup Time）是11ax支持的一个重要的资源调度功能。它允许设备协商什么时候唤醒发送或接收数据，其他时间休眠。

无线接入点可以将客户端设备分组到不同的TWT周期，从而减少唤醒后同时竞争无线介质的设备数量。TWT增加了设备睡眠时间，大大减小了功耗。

2.3 5G与Wi-Fi6对比

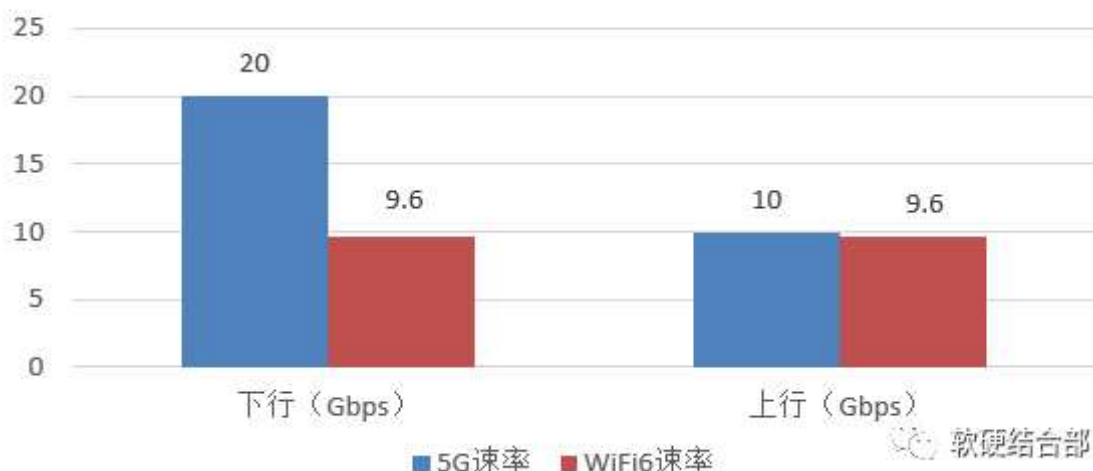
2.3.1 eMBB场景

1) 理想速率

5G的eMBB场景，由于物理层采用256QAM调制方式，FR1频段带宽100MHZ，FR2频段带宽400MHZ，天线数量多达64T64R等，理想下行速率可达20Gbps，上行速率达到10Gbps。

Wi-Fi6采用1024QAM，带宽最高160MHZ，天线数量最多8T8R，理想上下行速率为9.6Gbps。

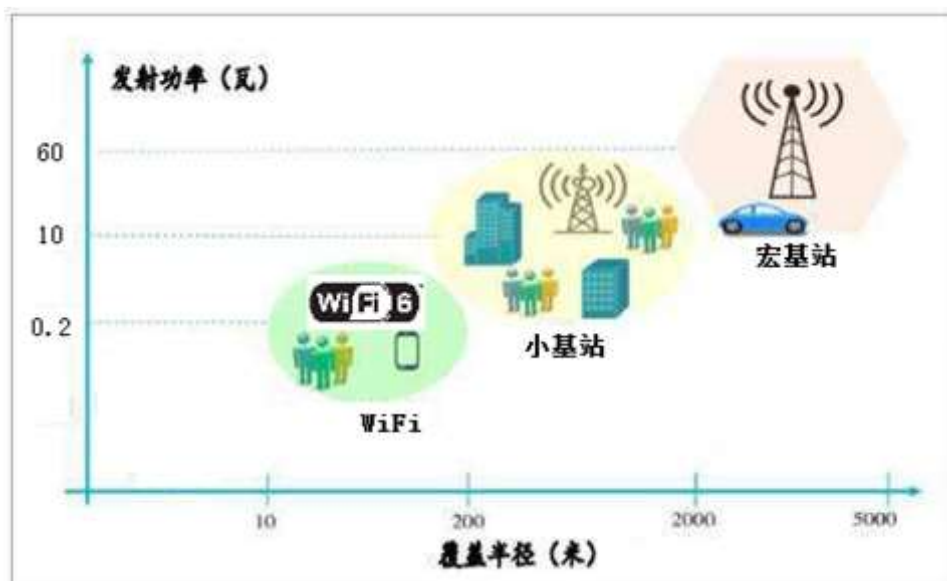
理想吞吐量对比



2) 单设备覆盖范围

覆盖范围和发射功率强相关，一个室外5G基站发射功率可达60W，其覆盖是公里级的；在室内一般会采用小基站，为了降低覆盖成本其发射功率一般不超过10W，5G单个容量小区的覆盖范围在五千到一万平米、一到两层楼。

Wi-Fi6 AP国家的认证要求发射功率不超过0.2W，可以覆盖一个大会议室或者一个大办公室的几个房间，覆盖范围约五百到一千平米。在室内，5G小基站的覆盖范围差不多是Wi-Fi6 AP的十倍。



3) 室内单用户体验

典型的室内小基站天线一般是4T4R，实际速率是1.5Gbps-2Gbps。Wi-Fi6 AP最高可以是8T8R，实际速率至少为3Gbps-4Gbps。所以，单设备的性能Wi-Fi6会优于5G。

前面提到，室内Wi-Fi6比5G的单设备覆盖范围差不多相差十倍，这样平均到每个平米、每个人，5G的性能可能不到Wi-Fi6性能的十分之一。

国际电信联盟认可的用户体验速率在0.1~1Gbps，而同样常规的2T2R Wi-Fi6终端体验速率可以达到1~1.5Gbps。

所以，Wi-Fi6更适合室内高带宽。



2.3.2 mMTC场景

1) 理想速率

5G的mMTC场景，预期将使用NB-IOT和eMTC作为大连接的物理层空口技术，NB-IOT总共消耗带宽180KHZ，调制方式为BPSK、QPSK及GMSK，采用划分给GSM或LTE网络的频段部署，理想上下行速率为250kbps。

eMTC载波带宽为1.4MHZ，物理层技术与LTE网络一致，部署于LTE网络的频段，理想上下行速率1Mbps。

Wi-Fi6使用的OFDMA和TWT技术同样具备物联网场景的功能。在160MHZ带宽条件下，理论上允许74个设备接入，而160M带宽的速率为1200Mbps，平均分到每个设备的上下行速率可达16.2Mbps。

无线技术	上下行速率
NB-IOT	250kbps
eMTC	1Mbps
WiFi6	16.2Mbps

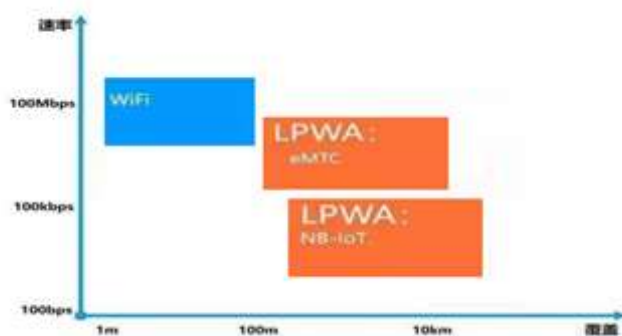
2) 覆盖范围

NB-IOT的设计目标是在GSM基础上覆盖增强20dB，下行依靠增加重传次数获得覆盖增加，上行通过增加功率谱密度和最大重传次数来增强覆盖。

eMTC的设计目标是在LTE基础上增加15dB，使用的覆盖增强技术和NB-IOT相同；所以NB-IOT和eMTC的覆盖范围都强于现有的LTE网络基站。

Wi-Fi6参照NB-IOT，将其能量集中在信道中更窄的2MHz子信道RU中，通过提升上行功率频谱密度来提升上行覆盖，未来也利于其从室内走向室外，这是为未来部署智慧园区等铺路。

Wi-Fi6工作频率更高、空间衰减更快，工作带宽也更大，功率谱密度偏低，综合来看，Wi-Fi6的覆盖范围不如NB-IOT及eMTC。



3) 连接数量

NB-IOT和eMTC下行使用OFDMA多址技术，上行目前采用SC-FDMA，未来在R16版本中拟规定非正交多址的上行多址方式。

NB-IOT的连接数量是每站点10万个，eMTC也能达到每站点5万个连接数。

Wi-Fi6的OFDMA技术允许在频域将载波划分为多个RU单元，并规定至少26个子载波为一个RU。

理论上160MHZ带宽下可以划分为74个RU，可实现74个用户终端在同一个符号时间内接入Wi-Fi6 AP站点，在单站点连接数量上Wi-Fi6不如5G mMTC技术。

如果按区域面积来计算，由于该区域内的WiFi6路由器数量无法统计，没有办法得出准确的连接数量对比结果。

NB-IOT	eMTC	Wi-Fi6
10万/单站点	5万/单站点	74/单AP

4) 功耗

在低功耗上，NB-IoT和eMTC采用相同的技术，包括：PSM（power saving mode，省电模式）、eDRX（Discontinuous Reception，扩展的不连续接收）和延长周期定时器，其使用电池供电可实现续航5~10年。

Wi-Fi6主要通过TWT技术设备终端休眠，它可以准确地告诉设备何时将其Wi-Fi无线电设备置于睡眠状态以及何时将其唤醒以接收下一次传输，减小终端功耗。但这种功耗减小只是相对于Wi-Fi5而言有优势，与5G的低功耗技术相比还是相距甚远。

2.3.3 uRLLC场景

5G引入了灵活的帧结构设计，帧结构可以采用多址参数（上下行配比、子载波带宽、系统带宽等），灵活适配不同需求。4G采用的静态帧结构，5G采用的是可配置的静态或半静态帧结构，实现上下行灵活子帧的配置，可提高频谱效率降低时延。

相比4G，5G引入了更短的子帧长度，最短可缩减到4G子帧长度的1/7，结合边缘计算技术和新型网络架构，可有效满足国际电信联盟1ms的用户面时延需求。

Wi-Fi6目前还没有针对降低时延引入改进的技术，但相比于Wi-Fi5，由于OFDMA以及TWT技术的存在，可以推测出其对用户等待时间方面有改善。

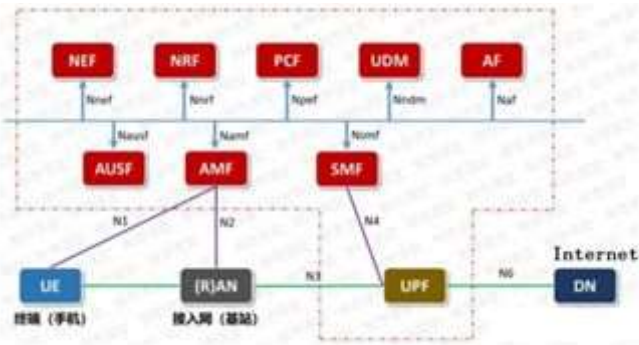
2.3.4 调度协调

从接入网对接入终端的调度协调方式看，5G采用的是基站来总负责协调，划分了专门的控制面功能，用核心网络的控制面功能指挥协调大量终端。

而Wi-Fi6则采用了“协调+竞争”的方式。Wi-Fi5以前完全是竞争即CSMA/CA（多路访问/冲突避免），终端数量较多时，各个终端会竞争与AP通信。

这就是大家经常在万人大会上看到无线信号很强、但是无法通信的原因。

因为Wi-Fi5是完全竞争机制，大量的设备竞争冲突使得传输效率急速降低。Wi-Fi 6则引入了OFDMA和TWT机制，无线AP可以协调终端的收发行为，让整网的传输更有序，最大可能地减少冲突。



5G采用接入、控制、转发逻辑分离的架构，存在大量控制面网元（红色部分所示），实现移动性管理，会话管理，计费等功能，协调终端的接入



Wi-Fi6不存在专门的控制面功能，但Wi-Fi6 AP可以通过OFDMA和TWT机制实现一定的终端接入协调功能

能标准化后可采用ASIC芯片，AAU单元包括大规模有源天线和物理层功能，除了这三个单元之外还需要前传和中传连接的光纤资源，建站部署成本很高。

相比较而言，整套Wi-Fi6芯片都是ASIC芯片，成本低于FPGA芯片。

光纤入户或者进入企业后，只需要购买整机Wi-Fi-6 AP即可实现部署，成本相对基站而言非常低廉。



2.3.6 适用场景

从前面几个小节的对比可以看出，5G的应用是面向eMBB、mMTC和uRLLC场景的，以室外为主。

Wi-Fi6的应用可以在eMBB和mMTC场景作为5G的补充，主要以室内为主。

三、 总结

对比项目	5G	Wi-Fi6
理论速率	64T64R: 20Gbps	8T8R: 9.6Gbps
调制/带宽	256QAM/100MHz (sub 6GHZ) 256QAM/400MHz (毫米波)	1024QAM/160MHZ
单设备覆盖	5000~10000m ² (室内) 公里级别覆盖范围 (室外)	500~1000m ² (室内)
室内单用户体验	100Mbps~1Gbps	可大于1Gbps
物联网大连接	100K连接数/站点、广域覆盖、超低功耗	74个设备同一符号时间内在线接入/AP, 局域覆盖 (室内)
调度及协调	基站协调 (OFDMA+NOMA)	协调 (OFDMA+TWT) + 竞争
工作频段	授权频段	免授权频段
建站成本	高	低
适用场景	以室外为主, 面向eMBB、mMTC和uRLLC场景	以室内为主, 在eMBB和mMTC场景作为5G的补充

基于Wi-Fi和蜂窝网络这两种技术的终端，其存量数量和新增数量基本上可达到每人一个，这个数量决定了在未来很长的一段时间内，这些终端仍然会广泛存在于大众的生活中。

目前，二者都已经发展到五到六代，技术非常成熟。未来，两种技术可能在特定场景会存在互补替代关系，但仍将长期共存。