

5G 相比 4G，从需求上来说，最大的不同是什么？高速率，大连接数，低时延。那么所有新加入的技术一定是为以上三个需求服务的，好，我们来一个一个的捋。

首先，我们来看看 5G 相比 4G 少了什么技术，答案就一个：Turbo 码。

关注 5G 的同学应该都知道这个新闻：

美国时间 2016 年 11 月 17 日凌晨 0 点 45 分，在 3GPP RAN1 87 次会议的 5G 短码方案讨论中，华为公司的 Polar Code(极化码)方案，最终战胜美国的 LDPC 和法国的 Turbo2.0 方案，成为 5G 控制信道 eMBB（增强移动宽带）场景编码最终方案。这是国人在 5G 关键技术上的重大突破。

至此，不论长码还是短码，Turbo 都被打败了，不对，应该说是法国人、欧洲人被打败了。

关于胜者，也就是 LDPC 和 Polar，下面会详细介绍，这里就先按下不表了。

其次，我们来聊聊 5G 相比 4G 新加入的一些技术。

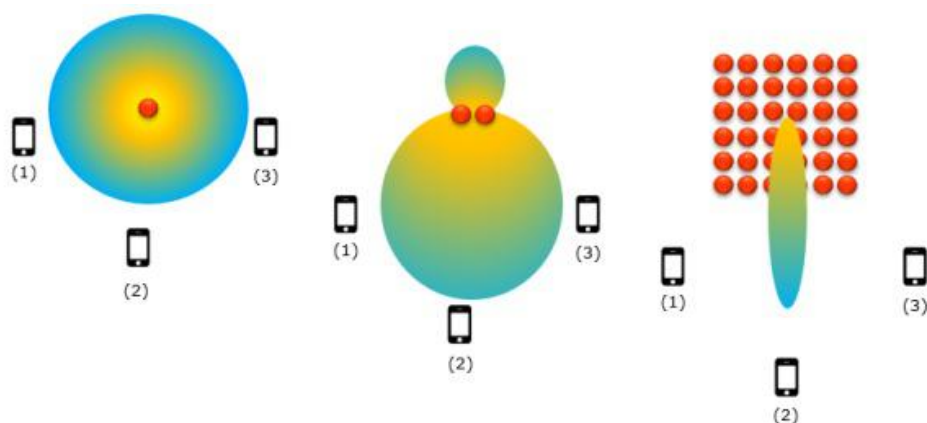
mmWave：也就是毫米波，频率大约为。由于 3Ghz 以下的频段已经使用殆尽，没有多余的频段可供 5G 来使用，而且 5G 需要的带宽动不动就几百 M，所以只能往高频方向发展了。但是频率越高，损耗越大，这就带来了一个问题，随着频率的升高，覆盖性能会越来越差。

那么有没有什么办法让我们既能使用高频率的毫米波，又能够使覆盖性能不降低、甚至增强呢？答案当然是：有，即 Massive MIMO。

Massive MIMO。MIMO 大家都知道，即多个天线端口同时收发，这样就带来了分集增益，4G 时代一般 4 天线、8 天线等用的比较多。那么大规模 MIMO 是什么呢？顾名思义，就是很多天线同时收发，这个“很多”多到多少呢？答案如下：

也就是说当使用 30Ghz 频点时，基站最多可使用 256 个天线同时收发。使用 70Ghz 频点时，基站最多可使用 1024 根天线。这么多天线，那效果比起 4G 那简直杠杠的。不过对于终端来说，把这么多天线塞进巴掌大的终端里有点不现实，毕竟成本不便宜啊。所以估计在实际使用中会采用 MU-MIMO 的模式。

大规模 MIMO 是不是很屌啊，但是它也带来了一些问题。比如我“当天线数越来越多的时候，波束将变得越来越窄，覆盖区域会受到影响”，什么意思呢？请看下图：



上面这幅图中，从左到右分别是 1 个天线，2 个天线和很多（懒得数）个天线时的波束。我们可以看到，当只使用 1 根天线时，其无线信号是向四面八方均匀覆盖的，手机 1,2,3 收到的信号强度是均等的。使用 2 根天线时，信号覆盖就有了一定的方向性，正下方的信号覆盖要强于左右和上方。而使用很多根天线时，波束变的更加集中，覆盖区域变成了一条大宝剑（咦？感觉怪怪的）。这个时候 2 号手机能够得到更强的覆盖，但是 1 和 3 号手机就收不到信号了。

那么有没有办法解决上面这个问题呢？答案依然是：有，请看 Beam Management。

Beam Management. 这个翻译成中文应该叫波束管理吧。这个功能原理简单：基站在各个方向上都发特定的类似参考信号的东西，终端检测并给基站一个反馈，从而基站就知道了终端的方向。不过虽然原理简单，但是这个实现起来还是有一定难度的，因为我们需要尽量快的确定每个终端的方向，关于波束管理的一些具体细节，暂时还不能确定。

LDPC 编码。前面我们说过，5G 摒弃了 4G 时所采用的 Turbo 编码，换成了什么呢？就是这个 LDPC 码。那么为什么要换？LDPC 码相比 Turbo 码好在哪？主要原因有两个：1) 最重要的原因是高通牛逼，人家说用啥就用啥，支持 Turbo 的法国人怂了。2) 由于 Turbo 编码的引入了交织等操作，所以在码长较长时，复杂度提升，时延就会变得很大。然而开头我们说了，低时延是 5G 的三个需求之一，所以 Turbo 显得有些力不从心。而 LDPC 就不一样，由于它的校验矩阵的稀疏性，使得它的译码算法时延较短，在长码时比 Turbo 有明显优势。所以 5G 摒弃 Turbo 改用 LDPC 也是有一定道理的。

第三，有哪些东西是 4G 中已经应用，5G 拿来修改了一下接着用的。

UL Waveform。我们知道，在 4G 系统，下行采用 OFDMA，上行采用 SC-FDMA。这是由于 OFDM 的峰均比高，对设备硬件要求比较严格，为了降低手机成本，大家商量后决定 4G 系统的上行传输不用 OFDM，而用 SC-FDMA 的方式。那么 5G 时代，用什么多址方式呢？这两年关于 5G 用什么多址复用方式的争论很多，各个公司都变着法儿的炒作新概念。不过这个月 R15 协议出来以后，我发现这方面并没有大的变化。一个较大的改变是上行支持 OFDM 和 DFT-S-OFDM。另外，4G 中子载波间隔是固定为 15Khz 的，但是由于 5G 在高频，可使用的带宽很大，所以引入了一个新名词：*numerology*（我还不知道咋翻译，谁知道告诉我一声）。这个词是什么意思呢？看下面这个表（38.211 里面的表）就清楚了：5G 中，子载波间隔不像 4G 时代固定为 15Khz，而是可变的，但一个 RB 还是 12 个子载波，这个没变。

Table 4.2-1: Supported transmission numerologies.

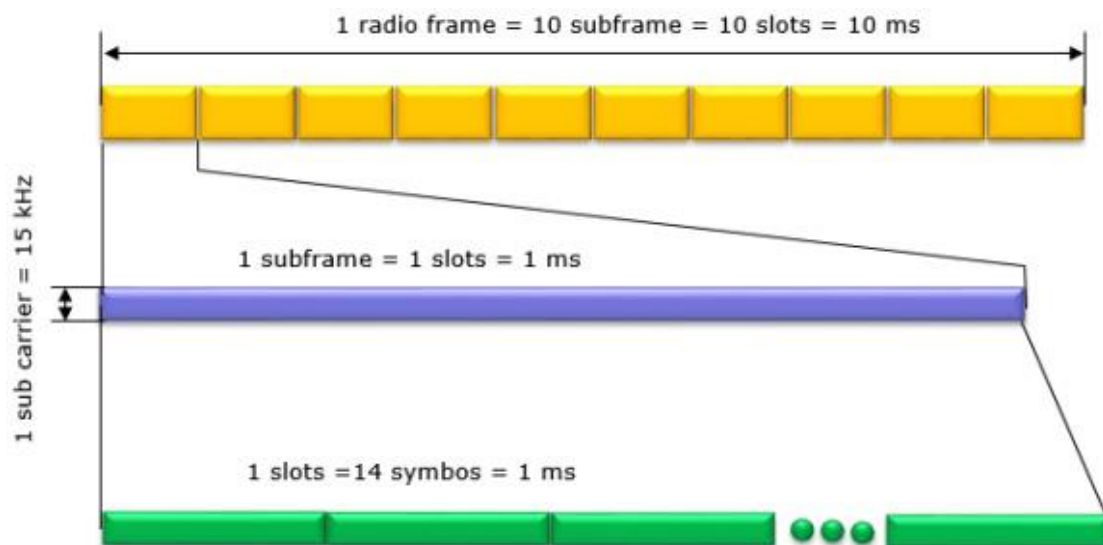
μ	$\Delta f = 2^{\mu} \cdot 15$ [kHz]	Cyclic prefix
0	15	Normal
1	30	Normal
2	60	Normal, Extended
3	120	Normal
4	240	Normal
5	480	Normal

Subframe Structure. 我们知道 4G 中一个无线帧为 10ms ,一个子帧为 1ms ,一个 slot 为 0.5ms。到了 5G ,无线帧和子帧的长度没有变化 ,依然为 10ms 和 1ms。但是 slot 长度变成了可配置的 ,其值依赖于两个参数 : μ 和 slot configuration。看下面的图 :

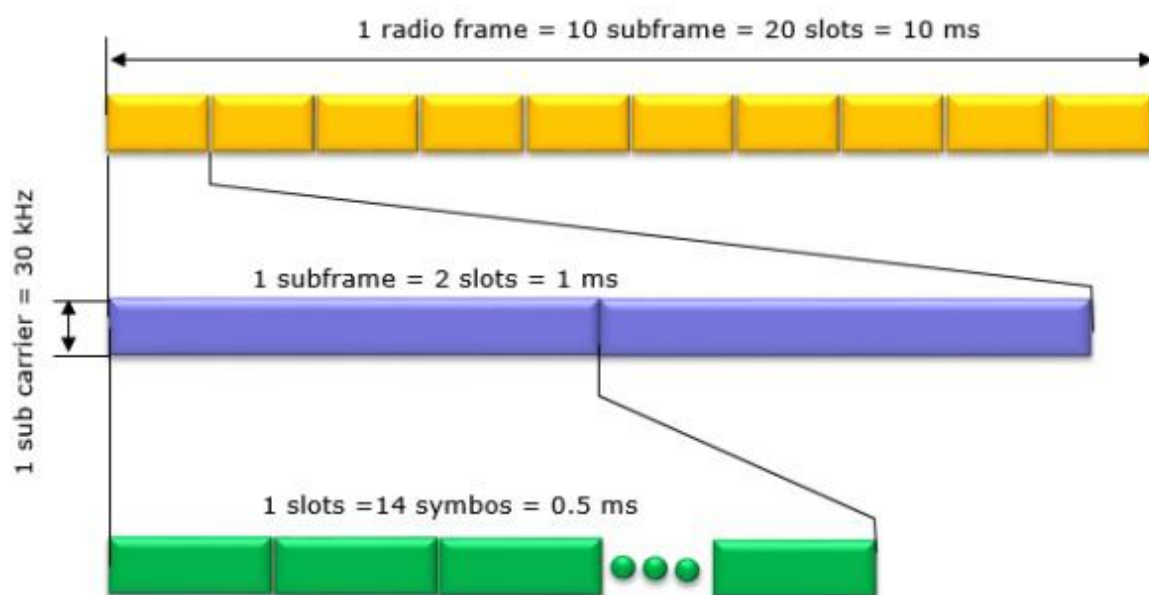
< 38.211-Table 4.2.2-1 >

μ	Slot configuration					
	N_{ymb}^{μ}	0		1		
		$N_{\text{slots,frame}}^{\mu}$	$N_{\text{slots,subframe}}^{\mu}$	N_{ymb}^{μ}	$N_{\text{slots,frame}}^{\mu}$	$N_{\text{slots,subframe}}^{\mu}$
0	14	10	1	7	20	2
1	14	20	2	7	40	4
2	14	40	4	7	80	8
3	14	80	8	-	-	-
4	14	160	16	-	-	-
5	14	320	32	-	-	-

当 μ 为 0 , slot configuration 为 0 时 , 1 个无线帧包含 10 个子帧 , 1 个子帧包含 1 个 slot , 1 个 slot 包含 14 个 symbol。如下图所示。



当 μ 为 1，slot configuration 为 0 时，就变成了下面的情况：1 个子帧包含两个 slot，每个 slot 都有 14 个 symbol，也就是说 1 个子帧包含 28 个 symbol。



以此类推，当 μ 配成 5，slot configuration 配成 0 时，1 个子帧最多可以有 $32 \times 14 = 448$ 个 symbol，比 symbol 多了 10 几倍呢。这就给速率成倍提升带来了可能性。

HARQ。5G 引入了 self-contained 子帧的概念，即 HARQ 周期从 4G 时代的最小 4ms，缩短为 1ms 之内。这就为超低的时延提供了一些帮助。

微信扫描以下二维码，免费加入【5G 俱乐部】，还赠送整套：5G 前沿、NB-IoT、4G+ (VoLTE) 资料。

