

如何利用 F 频段发展 TD-LTE?

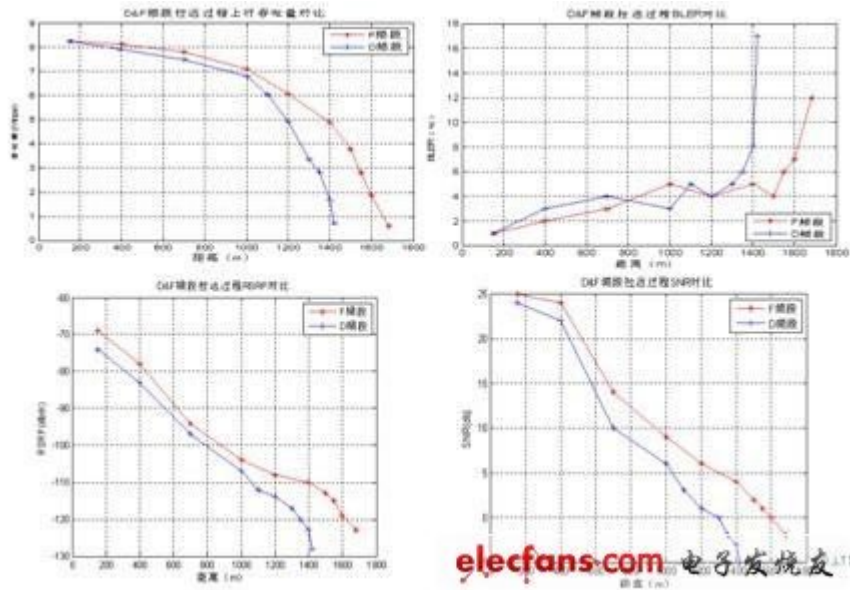
2012 年中国移动正式启动了 TD-LTE 第一阶段的规模试验网建设，本次规模试验网既是对前期 TD-LTE 技术研究成果及端到端产业链发展成果的一次集中展示，同时也是进一步加速 TD-LTE 网络建设，为 TD-LTE 技术未来商用积累宝贵经验的一次大练兵。对于任何一个无线网络运营商来说，频谱无疑都是最为珍贵的资源。频谱的使用策略，往往将对网络的长远发展起到最为关键的影响，是每个无线运营商首先要解决的问题。目前中国移动作为中国唯一运营 TDD 技术的无线运营商，其掌握的 TDD 的频谱资源主要分布在 1.8GHz~2.6GHz 之间，包括 F 频段 1880~1920MHz、A 频段 2010~2025MHz、E 频段 2320~2370MHz 和 D 频段 2575~2615MHz。其中 F 频段、D 频段和 E 频段已用于本次 TD-LTE 规模试验。前两个频段用于室外宏覆盖，后一个用于室内覆盖。在这些 TDD 频段中，F 频段位于频谱的最低位置，如何充分利用好这一段宝贵的频谱资源，将成为中国移动 TD-LTE 未来发展的关键。



注：现网有 1500 万小灵通用户占用了 1900MHz 之后的部分频段，目前 F 频段可用频谱资源只有 1880~1900MHz，共 20MHz。

一、F 频段相比于 D 频段具有路损小、覆盖面积大的特点，用于室外宏蜂窝连续覆盖具有天然优势

F 频段处于 TDD 频谱的最低位置，相对于处于 2.6GHz 的 D 频段低了近 800MHz，在进行室外宏蜂窝连续覆盖时，具有天然优势。根据 2012 年在某省进行的 19 个基站组成 F 频段连续覆盖片区的测试结果，可以看到，在相同距离下采用 D 频段覆盖的 RSRP 比采用 F 频段的低了 4dB，SINR 低了 3dB，掉话点距离 D 频段比 F 频段缩短了 250m 左右。当小区覆盖边缘满足 RSRP 达到 -110dBm 时，F 频段的覆盖距离是 D 频段的 1.35 倍；如果折合成单站的最大覆盖面积，采用 F 频段的单站覆盖面积将达到 D 频段的约 1.8 倍。这就意味着，在实现网络连续覆盖时，采用 D 频段无疑要比 F 频段占用更多的站址资源，建设更密集的基站。



站址资源无疑对于任何一个运营商来说都是非常宝贵的。中国移动未来发展 TD-LTE 网络，必然要充分利利用现有站址资源。我们以 TD-LTE 与 TD-SCDMA 共站址来举例，可以进一步看到 F 频段和 D 频段在相同覆盖情况下对用户速率的影响。以 TD-SCDMA 典型的 CS64K 语音业务进行计算，其室外最大的覆盖距离可达 0.78Km；考虑室外覆盖室内的需求，其对室内的最大覆盖距离可达 0.34Km。以 TD-SCDMA 覆盖距离作为 TD-LTE 共覆盖规划的基准，采用 F 频段或 D 频段建设 TD-LTE 均可以满足与 TD-SCDMA 共覆盖的要求，但在相同的覆盖距离下，D 频段提供的上/下行边缘速率较明显低于 F 频段。特别是在室外覆盖室内的场景下，D 频段室内上行边缘用户速率仅能达 28.8Kbps；下行可达 800Kbps；而 F 频段上行可达 100Kbps；下行可达 1Mbps。由此可见，F 频段可以更好的满足小区边缘覆盖的速率需求。

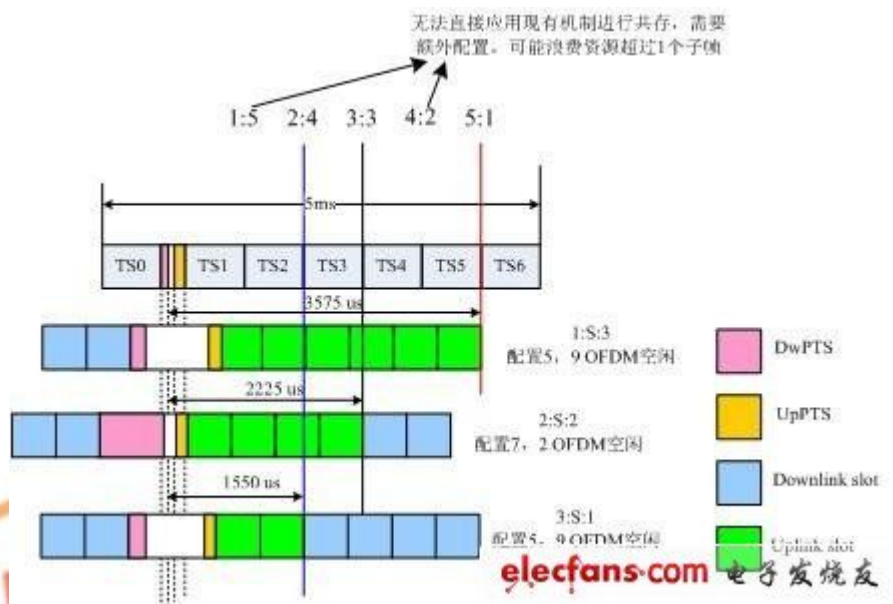
业务类型	F 频段 TD-L				D 频段 TD-L				A 频段 TD-S
	上行	下行	上行	下行	上行	下行	上行	下行	上行 CS64k
边缘用户下行速率 [Kbps]	102.4	553.6	1092.96	1231.2	28.8	412.8	833.76	1231.2	64
每用户 RB 配置	10	10	10	10	2	10	10	10	
MCS 等级	0	8	12	13	2	6	10	13	
室外最大允许空间路径损耗 [dB]	134.83	123.43	135.41	130.38	139.49	127.57	139.86	129.82	136.52
室外最大覆盖距离 [km]	0.75	0.35	0.78	0.56	0.75	0.34	0.77	0.4	0.78
室内最大允许空间路径损耗 [dB]	122.83	111.43	123.41	118.38	126.49	114.57	126.86	116.82	123.52
室内最大覆盖距离 [km]	0.34	0.16	0.36	0.25	0.34	0.16	0.35	0.18	0.34

二、TD-LTE 与 TD-SCDMA 可在 F 频段完美共存

TD-LTE 系统与 TD-SCDMA 系统都是 TDD 系统，有着相似的帧结构。TD-LTE 系统要与原本用于 TD-SCDMA 与在同一频段共存时，只有保证上下行切换点对齐才能避免两系统间的干扰，否则无法协同工作。因此，在规划时必须做好两系统的时隙配置规划以规避同频干扰。

为使两系统帧结构可共存，基本方法是通过平移 TD-LTE 与 TD-SCDMA 系统的帧头位置，并调整 TD-LTE 的 GP 大小来保证上下行切换点对齐，从而避免两系统上下行间的干扰。

当 TD-S 系统的上下行时隙配比为 3:3, 2:4, 5:1 时可以与 TD-L 系统实现帧结构共存。



由于 TD-S 的常规时隙和特殊时隙的配比是固定的，而 TD-L 的特殊时隙中 DwPTS、GP 和 UP 的长度支持 9 种灵活配比。TD-LTE 特殊时隙的配置情况如下表所示：

配置	常规 CP (OFDM 符号个数)			可支持共存的 TD-SCDMA 时隙比例
	DwPTS	GP	UpPTS	
0	3	10	1	3:3; 2:4; 5:1 支持
1	9	4	1	3:3 支持
2	10	3	1	3:3 支持
3	11	2	1	3:3 支持
4	12	1	1	无
5	3	9	2	3:3; 2:4; 5:1 支持
6	9	3	2	3:3 支持
7	10	2	2	3:3 支持
8	11	1	2	3:3 支持

elecfans.com 电子发烧友

根据以上原则,将 TD-S 的 5 种时隙配比方案和 TD-L 以 5ms 为周期的 3 种时隙配比方案进行共存分析,结果如下:

TD-S 的上下行 3:3 时隙配比可与 TD-L 的 2:S:2 实现共存,并且 TD-L 的特殊时隙配比可为配置 0,1,2,3,5,6,7,8.其中选用特殊时隙配置 7 时,基本上没有资源损失,可完美共存,推荐使用此方案。

TD-S 的上下行 2:4 时隙配比可与 TD-L 的 1:S:3 实现共存,但 TD-L 的特殊时隙配比只能设置为配置 0 和 5.即 GP 为 10 或 9 个 OFDMA 符号。

TD-S 的上下行 5:1 时隙配比可与 TD-L 的 3:S:1 实现共存,但 TD-L 的特殊时隙配比只能设置为配置 0 和 5.

对于 TD-SCDMA 的时隙比例 1:5 和 4:2,TD-LTE 无法通过简单的特殊子帧配置获得与 TD-SCDMA 的共存,可以考虑打掉一个子帧(1ms)的方式进行共存,资源浪费超过 1 个子帧。

三、F 频段发展 TD-LTE,将会促进 TD-SCDMA 精品网络的建设

从频率资源角度,F 频段共有 40MHz 频带宽度,考虑到与 1920MHz CDMA 系统的隔离度需求,实际有 35MHz 的频段带宽可用于 TDD 建设。在当前 TD-LTE 发展的初期阶段,可以先划分 1880~1900MHz 20MHz 用于 TD-LTE 建设,随着小灵通用户的逐步退网,再将剩余 15M 划分给 TD-SCDMA 使用,这样 TD-SCDMA 总带宽仍有 30MHz 可用(包括 A 频段 15MHz 和 F 频段剩余的 15MHz),仍然是较为充足的。

从网络覆盖的角度,在 F 频段 TD-LTE 与 TD-SCDMA 覆盖能力相当,未来在进行 TD-LTE 建设的同时,新增的 TD-LTE 站址资源就天然的扩展了 TD-SCDMA 的覆盖。有利于形成 TD-SCDMA 和 TD-LTE 齐头并进,一举两得的双赢局面。

另外,从发展业务的角度看,发展 TD-LTE 可以正向拉动 TD-SCDMA 流量提升。从全球历史经验看,3G 发展初期,2G 网络流量提升明显;这是因为 3G 发展提升了智能终端的渗透率,刺激了用户 MBB 数据需求,但是 3G 建设初期覆盖不如 2G,导致用户回落到 2G 后,使 2G 流量需求大幅提升。同样的,我们可以预期 4G 发展初期,也会进一步刺激用户的 MBB 数据需求,而 4G 建设初期同样覆盖不如 3G,因此,用户回落到 3G 同样会大幅提升 3G 网络的数据流量。

因此,从长远来看,F 频段发展 TD-LTE 不仅不会影响 TD-SCDMA 的未来发展,反而会促进 TD-SCDMA 精品网络的建设。

四、F 频段用于 TD-LTE 可与 TD-SCDMA 共用智能天线,双流波束赋形技术的性能优势可得以充分发挥

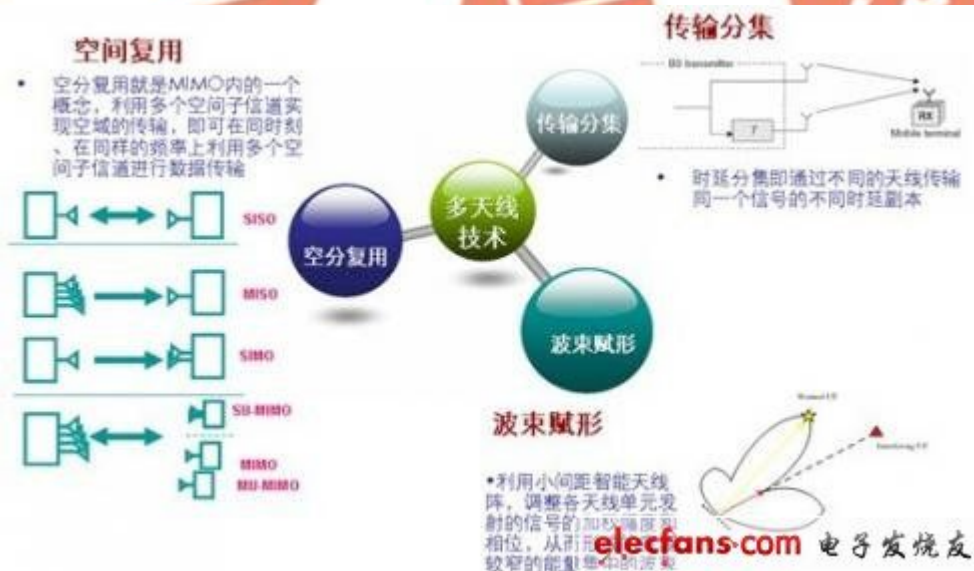
现网 TD-SCDMA 宏覆盖多采用 BBU+支持 F 频段的 RRU, 配合以 4+4 双极化阵列天线的产品解决方案。TD-SCDMA 和 TD-LTE 均为 TDD 方式, 上、下行链路使用相同频率传输信号, 且间隔时间短, 链路无线传播环境差异不大, 因此可以很好的应用智能天线波束赋形技术, 提高用户的信噪比, 降低系统干扰, 从而可有效提升网络的覆盖及容量性能。

为了满足 LTE 在高数据率和大系统容量方面的要求, LTE 系统引入多种传输模式。用于对抗信号衰落以获得提高可靠性, 或者用于实现容量提高。一般来说, 存在三类多天线技术。

空间复用: 空间复用是一种利用相互独立空间信道(即弱相关性的空间信道)的技术, 在多个相互独立的空间信道上传递不同的数据流, 从而提高数据传输的峰值速率。

传输分集: 传输分集主要是利用空间信道的弱相关性, 通过时间/频率上的选择性, 组合来自两个或更多个独立衰落信道的信号来抵抗衰落, 提高信号传输的可靠性。

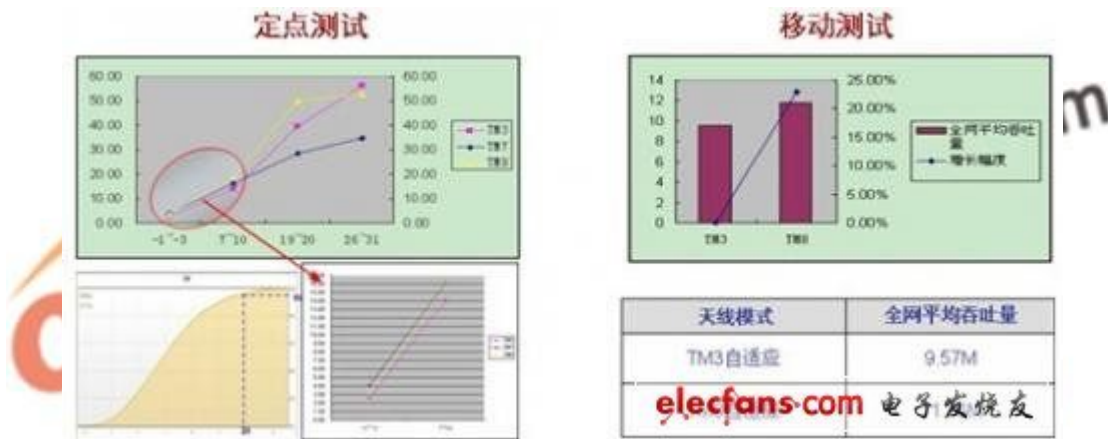
波束赋形: 波束赋形是一种应用于小间距天线阵列的多天线传输技术, 不仅可以提高信号的可靠性, 也可以提高数据传输的峰值速率。其利用空间信道信息建立波束成形矩阵, 作为发射机端的前置空域滤波器。使得波束指向用户方向, 从而提高信噪比, 同时也能提高系统容量。通常分为单流波束赋形和双流波束赋形。



双流波束赋形技术结合了智能天线波束赋形技术和空间复用技术的优势, 利用 TDD 信道的互惠性, 同时传输两个赋形数据流来实现空间复用, 并且能够保持

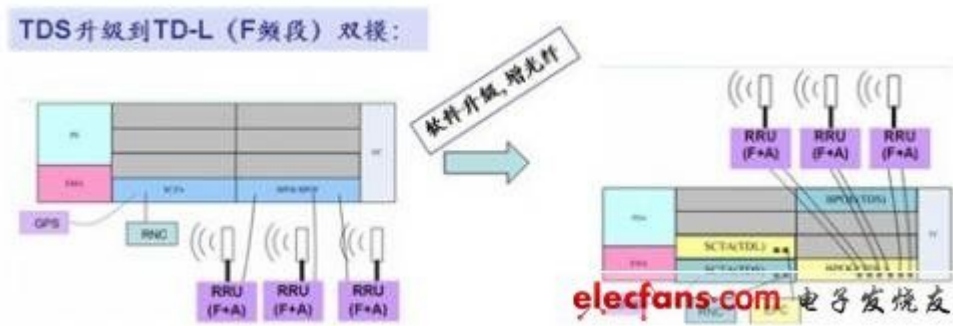
传统赋形技术广覆盖、提高小区容量和减少干扰的特性，既可以提高边缘用户的可靠性，同时可有效提升小区中心用户的吞吐量。

根据中国移动前期组织在某省进行的双流波束赋形测试结果可以看出，无论在定点测试环境下还是移动测试环境下，采用双流波束赋形的 TM8 模式均表现出优异的性能。在定点测试条件下，无论是用户处于 SINR $-3\sim-1\text{dB}$ 的小区边缘，还是处于 SINR $7\sim 10\text{dB}$ 或 $19\sim 20\text{dB}$ 的小区覆盖的中、好点，双流波束赋形相比单纯支持双流的 TM3 传输模式均有明显的速率优势，特别是在小区边缘，TM8 模式相比 TM3 模式增益超过 30%。TM3 模式在速率上的优势只在 SINR 达到 $26\sim 31\text{dB}$ 的个别极好点情况下才得以体现，但根据 50%加扰下路测的 SINR 数据，一个小区 20dB 以上的覆盖区域往往占比不足 5%。即在真实组网环境下体现 TM3 速率优势的场景区较难发生。同样在移动测试环境下，TM8 模式也表现出突出的性能优势，相比 TM3 模式平均吞吐量提升了 23%。



五、利旧 TD-SCDMA 现网设备，F 频段向 TD-LTE 平滑演进，方案成熟，施工简单

目前中国移动 TD-SCDMA 现网设备多已具备 F 频段能力，只需通过增加 LTE 处理板卡配合以简单的工程改造和软件升级，即可平滑演进到 TD/LTE 双模应用。



BBU 改造：主设备新增 TD-LTE 基带板和主控板，而且 TD-LTE 基带板和主控板都是可以通过 TD-S 基带板和主控板升级实现。原有 RRU 连接到 TD-L 基带板，原有 TD-S 基带板资源通过背板交换到 TD-L 板卡。

传输改造：新增 LTE 主控板及 GE 光/电模块配套传输组件。TD-L 和 TD-S 可进行内部合路或分路传输。

Ir 接口改造：原配置 3 对 6.144Gbps 光模块接口不变，升级后再新增 3 对 6.144Gbps 光模块接口。

时钟同步改造：TD-L 与 TD-S 可共用时钟，升级前后时钟同步连接线保持不变。

天线改造：TD-L 与 TD-S 复用原天线，无需替换。

六、结束语

目前中国移动正在紧锣密鼓的进行 TD-LTE 规模试验网建设，预计明年试验网规模还将进一步扩大至 20 万载波以上。在 TD-LTE 发展的关键时刻，充分利用好 F 频段这段宝贵的 TDD 频谱资源，无疑将对 TD-LTE 网络的快速发展产生深远的影响。

OFweek
通信网