

TD-LTE 与 LTE FDD 融合组网技术及性能对比

当前，全球越来越多的运营商选择 TD-LTE 与 LTE FDD 融合组网，而在中国，三大运营商都已或将进行规模融合建网，此时，对 LTE 网络架构、关键技术和融合网络覆盖性能、网络容量性能进行分析很重要，对 TD-LTE 与 LTE FDD 融合组网中的多制式网络协同、频率选择、天线使用等关键问题进行讨论也十分必要。

TDD/FDD 融合组网成趋势

近年来，用户对移动数据业务的需求不断增长，LTE 技术的发展也走向成熟，这都推动了 LTE 的商用进程。

目前，我国相关运营商也开展了 LTE 试验网络建设，其中中国移动在 2013 年开展了 TD-LTE “双百”计划，其 TD-LTE 网络覆盖超过 100 个城市，TD-LTE 终端的采购超过 100 万部，TD-LTE 基站建设规模超过 20 万个。对于 LTE FDD 网络，中国电信、中国联通也在积极进行试验网建设。近期工信部发出信息，预示 4G 牌照将于年内发放，由此我国将进入 4G 网络时代。

在现阶段全球的 LTE 建设中大部分网络为 LTE FDD 制式，但随着其网络建设逐步推进，频率资源不足，容量不足等问题逐渐凸显，而 TD-LTE 网络在频谱资源上拥有更多的资源，因此 TD-LTE 与 LTE FDD 融合组网可以有效缓解 FDD 频谱紧张问题；另外 TD-LTE 和 LTE FDD 融合组网，还使得 LTE 全球漫游成为可能，为终端用户带来极大的方便。因此说 TD-LTE 与 LTE FDD 融合组网，是未来 LTE 网络建设的趋势。

由于 TD-LTE 和 LTE FDD 网络在频段选择、天线类型、覆盖特性、容量特性等方面存在差异，因此我们将从 TD-LTE 和 LTE FDD 两种网络的技术原理出发，分析两种制式网络在技术和性能上的异同，给出 TD-LTE 和 LTE FDD 融合组网下的两种网络相应建设策略，为 TD-LTE 和 LTE FDD 融合组网建设提供一些有效的建设建议。

融合组网技术及性能对比

1. 帧结构对比分析

帧结构指无线帧的结构，通过帧结构的定义，约束了数据的发送时间参数以保证收发的正确执行。LTE 系统支持两种帧结构——Type 1 和 Type 2，其中 Type 1 用于 FDD 系统，Type 2 用于 TDD 系统。

LTE FDD 网络物理层无线帧长 10ms，每帧有 20 个时隙，每时隙为 0.5ms。普通 CP 配置下，一个时隙包含 7 个连续的 OFDM 符号。

TD-LTE 网络物理层将 10ms 的无线帧分为两个半帧，长度各为 5ms。每个半帧由 5 个长度为 1ms 的子帧组成。其中包括 4 个普通子帧和 1 个特殊子帧。普通子帧由 2 个时隙组成，特殊子帧由 3 个时隙（UpPTS、GP、DwPTS）组成。

TD-LTE 与 LTE FDD 两种制式网络除了物理层帧结构的差异外，在其他技术上都基本一致，这有利于系统和终端以较低的成本同时实现两个系统，TD-LTE 与 LTE FDD 的互操作也基本上可以认为是系统内部的互操作，同时在组网技术上二者有很大的通用性，从而使两种制式网络的融合组网实现更加容易。

2. 覆盖性能对比分析

从 3GPP 中关于 TD-LTE 与 LTE FDD 频段分配情况来看，在已经分配频段中，TD-LTE 网络相对来说使用频段要高于 LTE FDD 网络，而相关研究表明，在其它条件完全等同时，频率每升高 10%，网络覆盖半径约下降 7%，覆盖面积约下降 15%，因此单从频段使用上看，LTE FDD 网络由于频段的优势，在覆盖性能上会优于 TD-LTE 网络。

除了频段的原因会影响 LTE 网络覆盖性能，小区边缘的 SNR 也会在一定程度上影响 LTE 网络的覆盖性能。LTE 网络的边缘速率主要由用户占用的网络资源以及处于覆盖边缘用户业务信道的 SNR 决定，在其它配置都相同时，20MHz 带宽的 TD-LTE 系统引入的噪声将会比 $2 \times 10\text{MHz}$ 的 LTE FDD 大 3dB 左右，因此在空载情况下，在其他条件都相同的时候，由于噪声的影响，LTE FDD 网络的覆盖半径将比 TD-LTE 网络大 18% 左右。

在进行 LTE 网络天馈系统建设时，由于 TD-LTE 网络可以使用 8 天线进行组网，而 LTE FDD 网络多采用 2 天线进行组网，使用 8 天线进行波束赋形时，TD-LTE 网络在发送端可以获得 1~3dB 的信噪比增益；TD-LTE 利用 8 天线的分集接收，在接收端可以获得 5dB 左右的分集增益。

总体来看，在外部条件一致的情况下，2 天线组网的 LTE FDD 的覆盖能力要强于 2 天线组网的 TD-LTE，但弱于采用 8 天线组网的 TD-LTE 网络。

3. 容量性能对比分析

LTE 网络中，用于衡量容量性能的指标主要有：用户吞吐量、小区吞吐量、同时在线用户数、同时调度用户数等；而上述指标与 LTE 小区的容量与信道配置和参数配置，调度算法、小区间干扰协调算法、多天线技术选取等因素都有关系。

对于 LTE FDD 与 TD-LTE 系统的容量的差异，主要有以下三个方面。

1) 在 FDD LTE 网络中，上行控制信道资源占用要多于 TD-LTE 网络，而下行控制信道的资源占用要少于 TD-LTE，因此理论上同时调度数根据用户业务类型的不同，TD-LTE 和 FDD LTE 网络互有优势；

2) 实际网络中，网络的同时在线用户数、同时调度用户数等指标，主要由设备处理能力决定，目前各厂家对 TD-LTE 与 LTE FDD 两种制式的支持能力并无区别，因此两种制式的网络的同时在线用户数、同时调度用户数等指标性能相近；

3) 用户吞吐量、小区吞吐量等因受到诸多因素影响，在条件相同情况下，根据国内试验网络的测试结论，FDD LTE 网络要大于 TD-LTE 网络。

总体来说，从容量方面来看，LTE FDD 网络容量性能要优于 TD-LTE，但是差别十分有限。

运营商融合组网策略建议

1. 网络定位

对于 TD-LTE 与 LTE FDD 融合组网建设，运营商首先要解决 TDD 和 FDD 两种制式网络的定位和覆盖重点等问题，力争以最小的投资，满足用户和业务发展需求，以实现网络价值最大化。

因此，对于 TD-LTE 与 LTE FDD 融合组网，LTE FDD 网络以覆盖为主，而 TD-LTE 网络以容量吸收为主，在建网初期可以采取分区域建设覆盖策略，LTE FDD 主要实现密集城区和一般城区的覆盖，以吸收终端类业务为主，而 TD-LTE 网络利用其频谱资源丰富的特点，在县城及发达乡镇以吸收 CPE，Mi-Fi 及数据卡业务为主。

在建网后期，随着 LTE 业务和用户的发展，原有的 LTE FDD 网络已经不能满足容量需求，此时可以考虑采用 TD-LTE 网络作为热点区域的容量吸收手段，满足容量需求。

2. 频率策略

根据 3GPP 协议规定，LTE 频率分为 FDD 和 TDD 频段。其中 FDD 频段包括 band1~band21，而 TDD 频段包括 band33~band41。从 3GPP 中 LTE 频谱划分的结果来看，LTE FDD 网络已分配频谱主要集中在 2.6GHz 频段、700/800M、1700/1800MHz。而 TD-LTE 网络已分配频谱主要集中在 2.6GHz、2.3GHz、2.5GHz。

在我国 LTE 网络建设中，中国移动的 TD-LTE 网络建设使用的频段主要有：F 频段（1.8GHz）、E 频段（2.3GHz）、D 频段（2.6GHz），另外我国已经将 2500~2690MHz 共 190M 频段划分给了 TD-LTE 系统。而 LTE FDD 系统，中国电信和中国联通的 LTE FDD 试验网主要使用 1.8 GHz 和 2.1 GHz 的两个频段。

F 频段目前为 TD-SCDMA 网络使用的频段，E 频段为非授权频段，在现网中存在与 WLAN 等系统的干扰问题，D 频段是国内 LTE 网络新启用的频段。考虑到室内外的同频干扰问题，未来 TD-LTE 部署中主要采用室内外异频组网的方式。对于 TD-LTE 室外覆盖，主要考虑以 D 和 F 两个频段为主，D 频段作为国际公认的 TDD 频段有利于 TD-LTE 的国际化发展，F 频段采用低频段，可以提高覆盖性能，减少网络建设投资。对于 TD-LTE 室内覆盖，主要考虑以 E 频段为主。

从国际广泛的组网演进经验和从芯片、终端到网络设备完善的产业链等角度来看，1.8GHz 将成为我国 LTE FDD 网络的主流频段，但同时也要注意，1.8GHz 频段的匮乏和较小隔离带可能会带来系统间的干扰。而 2.1GHz 频段，有可能成为 LTE FDD 网络的补充频段。

3. 天线策略

3GPP 规范中 Rel19 版本规定了 8 种传输模式，其中模式 3 和 4 为 MIMO 技术。模式 7、8 是单 / 双流波束赋形。原则上，3GPP 对天线数目与所采用的传输模式没有特别的搭配要求。但在实际应用中 2 天线系统常用模式为模式 2、3；而 8 天线系统常用模式为模式 7、8。在实际应用中，不同的天线技术互为补充，应当根据实际信道的变化灵活运用。

从国内相关 TD-LTE 试验网建设和测试结果来看，8 天线和 2 天线组网的主要区别如下：

1) 设备与组网成本：8 天线相比 2 天线单设备成本较高，相关统计结果显示，8 天线的器件成本约为 2 天线的 1.8 倍。由于 8 天线在覆盖性能上强于 2 天线，因此在指定覆盖区域内、指定覆盖指标要求下，8 天线所需站点数与 2 天线相比减少 15~30%，这样可以极大的降低建网成本。

2) 网路性能：从相关测试结论来看，TD-LTE 系统中的 8 天线覆盖性能与 2 天线组网相比较，下行提升了 39%，上行提升了 45%；而容量性能，下行吞吐量平均提升了 39%，上行提升了 19%，整体来看，8 天线 TD-LTE 网络的覆盖性和容量性能都远远优于 2 天线网络。

3) 工程施工以及运营维护难度：8 天线尺寸较大，施工难度相对较大，对站点天面资源要求较高，而 2 天线，天线尺寸较小，施工难度较小，便于工程施工和快速建网。

LTE FDD 现阶段仍以 2 天线分集和复用为主，中国电信“蓝极光”计划中的 LTE FDD 网络 8 天线分集接收性能已在试验中，未来 LTE FDD 网络可用 2 天线

发送，8 天线接收的模式进行组网。目前 TD-LTE 室外覆盖以 8 天线覆盖为主，2 天线模式是在 8 天线无法发挥赋形性能或安装受限的场景采用，包括热点覆盖、补盲、道路覆盖、天线美化及隐蔽性要求高等场景。