



4G

LTE FDD 网络规划原则及部署策略

程日涛,徐德平,张炎炎

(中国移动通信集团设计院有限公司,北京 100080)

摘要:首先分析了 LTE FDD 网络的覆盖、容量及业务支持能力,随后针对 LTE FDD 发展面临的主要问题及部署策略进行了深入的分析,并针对中国移动 4G 网络的发展现状提出了具体的建议,最后对 LTE FDD 部署的下一步工作进行了展望。

关键词: LTE FDD;深度覆盖;互操作;载波聚合;负载均衡

中图分类号: TN929.53

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015368

LTE FDD network planning principles and deployment strategies

CHENG Ritao, XU Deping, ZHANG Yanyan

China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China

Abstract: At first, the LTE FDD network coverage, capacity and service support capabilities were analyzed, then the main problems facing the development of LTE FDD and deployment strategies were analyzed deeply, and specific suggestions for the current development of CMCC 4G network were put forward, the LTE FDD deployment of next step work was prospected.

Key words: LTE FDD, depth coverage, interoperability, carrier aggregation, load balance

1 引言

中国移动 TD-LTE 发展呈现出网络建设、用户及运营收入均高速增长的良好态势,与此同时,在多网协同发展的背景下,TD-LTE 网络深度覆盖能力不足、广度覆盖成本高、容量发展潜力受限等因素对 4G 网络的长期发展和竞争力保持提出了新的要求。

(1)TD-LTE 发展面临的问题

中国移动 TD-LTE 网络发展面临的主要问题从宏观层面看,主要是深度覆盖与广度覆盖能力受限、频谱资源效率低、上行速率能力差,引起这些问题的核心原因均指向

“部署频段高”这个症结。

从深度覆盖能力看,对某城市同一片区域进行的道路测试和全量 MR 定位分析来看,在道路覆盖相当好的情况下(弱覆盖占比 0.9%),所在区域的全量 MR 弱覆盖及无覆盖区域占比达 32%,弱覆盖主要位于室内场景。

弱覆盖定义如下。道路测试弱覆盖占比:道路测试 $RSRP < -110$ dBm 的采样点占比。MR 定位弱覆盖占比: $RSRP < -110$ dBm;采样点占比 $> 20\%$ 的栅格占比。无覆盖: MR 采样点数量 < 200 个的栅格。

从频谱资源效率分析,LTE 网络 RS-SINR 与频谱效率有直接的对应关系,而对于室内区域覆盖,RSRP 与



RS-SINR 也有较强的关联,因此对于室内区域覆盖场景来说,提高覆盖强度意味着网络具有更高的频谱效率。

出于满足下行基本业务速率 (1 Mbit/s) 的考虑, TD-LTE 现网子帧配置方式为 1:3, 上行子帧资源较少, 同时由于目前终端对上行 64QAM 功能、上行 MIMO 的支持能力限制,造成在演唱会等一些特定场景下,上行容量率先受限。TD-LTE 理论峰值速率见表 1。

表 1 TD-LTE 理论峰值速率

系统	总带宽/MHz	下行峰值速率/ (Mbit·s ⁻¹)	上行峰值速率/ (Mbit·s ⁻¹)
TD-LTE 20 MHz	20	111.9	15.1

(2) GSM 优质频谱资源逐步释放

在相同的产业条件和相同的部署场景下,频率资源是决定系统覆盖能力的唯一决定性因素,由于第一代、第二代移动通信系统形成的以 FDD 制式为主的格局,低频段优质资源均为 FDD 系统占据,GSM 900 MHz、1 800 MHz 是难得的频谱资源。

由于在调制编码方式、调度算法、干扰抑制技术方面的提升,4G 网络在数据业务和语音业务的频谱利用效率方面均有一定提升,因此尽快转模 GSM 系统为 4G 系统即是提升网络覆盖能力,同时也是提升网络运营效率的必然选择。

从现网统计来看,由于 4G 用户及 4G 网络流量承载比例的提升,2015 年 5 月,2G 网络数据流量较 2014 年底下降 6.4%。按宏观预测数据,2016–2018 年相对于前一年,2G 网络承载业务量将分别下降 20%、25%、30%。2G 频谱资源需求也有对应比例的下降,按现网 900/1 800 MHz 均完全使用的场景估算,上述业务下降可以使 2G 可转模频谱资源累计达到 9 MHz、20 MHz、33 MHz。

(3) 双制式 4G 系统协同部署是部分国际运营商的选择

日本软银、澳洲 Optus 等运营商采用 LTE FDD 与 TD-LTE 融合发展的策略,综合来看,对于两种制式网络的使用策略包括以下几个方面。

- FDD 做覆盖,TDD 做容量;
- FDD 发展智能手机,TDD Dongle 做无线数据宽带;
- FDD 做宏基站,TDD 做小基站 (small cell);

· FDD 做移动接入,TDD 做回传。

很显然,在有影响力的运营商中,中国移动是唯一使用 TD-LTE 进行充分网络建设后,再进行 LTE FDD 部署的运营商。与国际主流运营商纷纷采用高低频段组合建网的情况对照,可以理解中国移动的双制式 4G 网络主要的目标应为高低频段组合,而非双制式组合,这也是中国移动考虑 LTE FDD 网络部署的特殊性。

2 LTE FDD 网络基本能力

2.1 网络覆盖

从接收灵敏度分析,CRS 占用信号带宽为 180 kHz,计算底噪及终端噪声系数影响后,最小接收电平门限为 -125 dBm,在此基础上考虑人体损耗余量、终端 OTA 余量及干扰余量,CRS 信号最小接收电平门限为 -113 dBm,这也是系统能够正常工作的最低要求。

网络覆盖能力还与边缘业务速率目标有关,显然完全从技术角度对比覆盖能力并无实际意义,考虑基本的业务速率要求及中国移动近、中期可能的转模频带宽度,系统带宽按中国移动在近期具备的频率资源估算,900/1 800 MHz 分别为 2×5 MHz/2×10 MHz。发射功率根据现网设备能力估算,功率谱密度高于 TD-LTE 系统 3 dB。设定系统边缘业务速率目标见表 2。

LTE FDD 系统为 PUSCH 覆盖受限,因此最大允许路径损耗主要取决于 PUSCH 覆盖能力。以上行满足边缘速率 128 kbit/s 为标准,LTE FDD 900/1 800 MHz 最大允许路径损耗分别为 142/145 dB。将 PUSCH 需求统一到 RS 覆盖要求,则 LTE FDD 900/1 800 MHz 的 RSRP 要求为 -108 dBm。

以密集城区场景计算各制式系统站间距,LTE FDD 系统综合覆盖能力与同频段 2G 系统基本相当,LTE FDD 1 800 MHz 系统覆盖能力略优于 TD-LTE F 频段,如图 1 所示。

2.2 网络容量

LTE FDD 系统的容量优势主要体现在上行链路,与 TD-LTE (子帧配比 1:3) 1:7 的上下行峰值速率比,LTE FDD 上下行峰值速率比约为 1:2。当然上下行峰值速率比的优势还需要业务上存在这样的需求才能发挥效益,如图 2 所示。

表 2 覆盖规划目标速率

项目	2×5 MHz 组网	2×10 MHz 及以上带宽组网	备注
下行边缘速率/(Mbit·s ⁻¹)	0.512	1	使用 50%PRB 资源,邻区 50%负荷
目标 1:上行边缘速率/(Mbit·s ⁻¹)	0.128	0.128	邻区 50%负荷
目标 2:上行边缘速率/(Mbit·s ⁻¹)	0.256	0.256	邻区 50%负荷

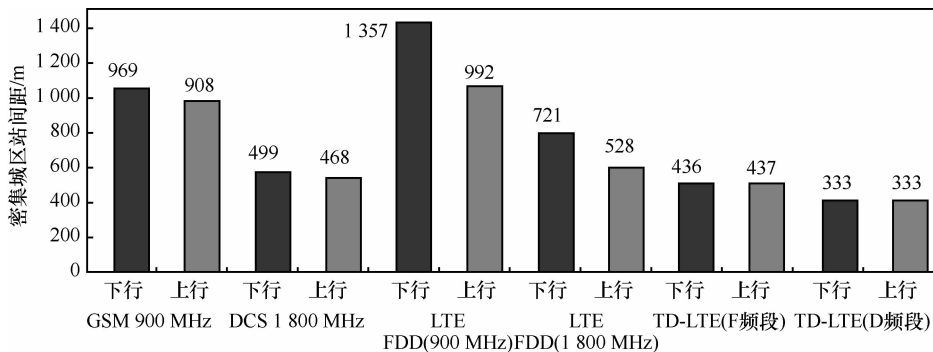


图1 各系统覆盖能力比较

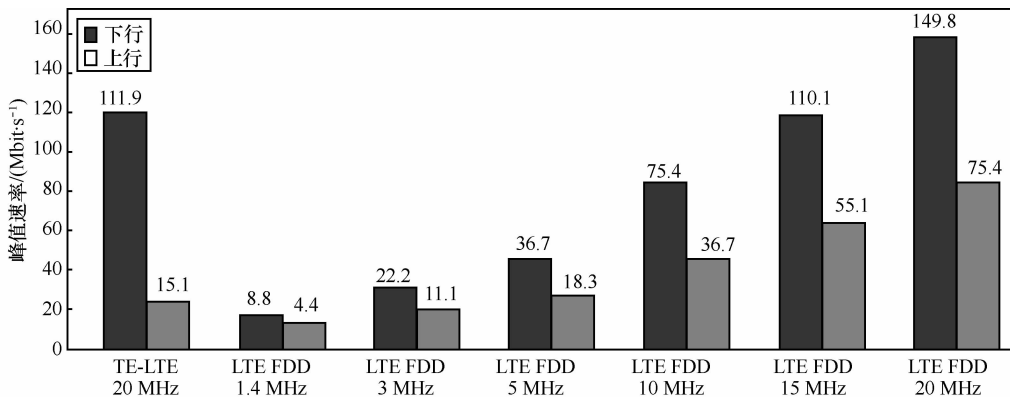


图2 各系统容量能力比较

上述计算基础为系统均支持 64QAM 调制方式, 同时下行链路支持 2x2MIMO, 上行链路不支持 MIMO。

3 LTE FDD 网络部署策略

3.1 深度/广度覆盖建网目标及建设原则

路测数据表明, 目前 TD-LTE 网络室外覆盖基本达到连续覆盖的要求, 但由于 70% 以上的业务发生在室内区域, 而室内区域的深度覆盖效果目前仍存在较大的问题, 根据相关测算, 解决同样目标场景的解决方案中, 微基站、室内覆盖系统等方法相对于宏基站覆盖方案, 其单位面积建设成本在 5 倍以上, 显然相对于使用低频段宏基站进行覆盖, 其建设成本和工程难度的差距决定了微基站、室内覆盖系统只能是针对高价值场景的补充方案, 部署低频段系统才是唯一的高效手段。

因 LTE FDD 1 800 MHz 系统相对于 TD-LTE F 频段覆盖能力提升有限, 因此在现实的建设成本和实施条件下, 利用 LTE FDD 1 800 MHz 大幅提升深度覆盖效果是难以实现的, 因此 LTE FDD 900 MHz 系统是可行的解决方案。

根据建筑结构分析, 中小型建筑物楼宇人员活动区域的典型穿透墙体数量为 1~2 堵, 大型场景为 2~3 堵(除电

梯间、楼梯间、卫生间等区域)。考虑大型场景建设室内覆盖系统的比例较高, 因此深度覆盖的目标应至少穿透 2 堵墙。对应的穿透损耗为 17 dB(900 MHz)。此外, 根据现网 TD-LTE MR 数据统计, 在 RSRP 较差的区间, 覆盖电平提升 10 dB, 对应的覆盖率可提升约 10% 以上。1 800 MHz 作为容量提升层, 建议其深度覆盖目标与 TD-LTE 系统相同, 即满足室外连续覆盖的同时兼顾穿透 1 堵墙的深度覆盖需求。表 3 为规划指标建议。

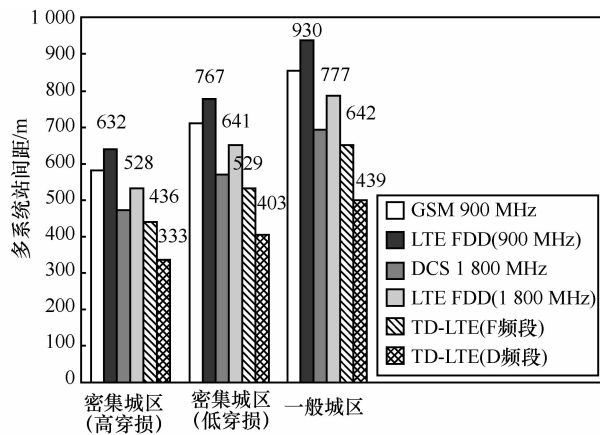
按此规划指标完成后, 在城区 LTE FDD 900 MHz 系统可以实现较好的深度覆盖效果(预期 MR 覆盖率高于 90%), LTE FDD 1 800 MHz 系统实现不低于 TD-LTE F 频段的覆盖能力。在农村可以基于 GSM 现网站址实现低成本连续覆盖。

图 3(a) 为城区各系统按上述覆盖目标计算的站间距要求, 也是满足上述深度覆盖目标的站址建设要求, 数据为理论计算结果, 还需要经过多场景测试验证和修正。

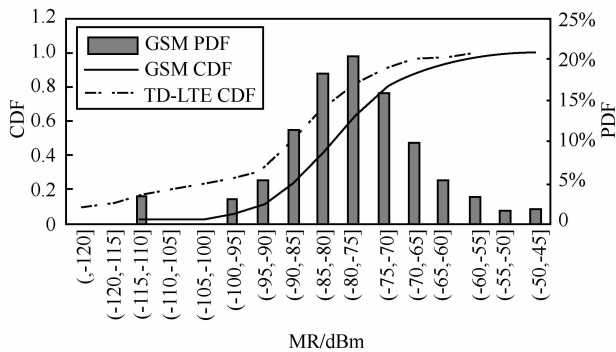
图 3(b) 为现网某城市密集城区的核心区 2G/4G MR 数据分析, 现网 2G BCCH RxLev 高于 -90 dBm 的概率约为 80%, 考虑 LTE FDD 900 MHz 系统的下行覆盖能力优于 GSM 900 MHz 约 5 dB, 因此估算在站址密度与 GSM

表 3 规划指标建议

场景类型	场景	穿透损耗	覆盖指标(一类场景覆盖概率 95%,二类场景覆盖概率 90%)			
			RSRP/dBm		RS-SINR/dB	用户下行边缘速率/上行边缘速率 (50%网络负荷)/(Mbit·s ⁻¹)
			900 MHz(2×5 MHz)	1 800 MHz(2×10 MHz)		
一类场景	主城区	高	≥-91	≥-95	≥-3	0.512/0.128
		低	≥-94	≥-98	≥-3	0.512/0.128
	一般城区		≥-94	≥-98	≥-3	0.512/0.128
	县城及乡镇		≥-96	≥-100	≥-3	0.512/0.128
二类场景	热点农村	高	≥-98	≥-102	≥-3	0.512/0.128
		低	≥-100	≥-104	≥-3	0.512/0.128
特殊场景	高铁(车内指标)		≥-108	≥-108	≥-3	0.512/0.128



(a) 站间距要求



(b) MR数据分析

图 3 覆盖能力评估

900 MHz 相当情况下, LTE FDD 900 MHz 的覆盖率约 90%。如果考虑上行受限因素,则 LTE FDD 900 MHz 的覆盖能力与 GSM 900 MHz 相当,对应覆盖率约 80%。

3.2 厚度建网目标及建设原则

首先需要比较各运营商的频谱资源情况,如图 4 所示,按中国移动/中国联通/中国电信中远期的 4G 用户数为 8 亿/3 亿/2 亿估算,中国移动的频谱指数明显低于竞争对手,现有 4G 频谱资源劣势更为明显,因此从竞争角度

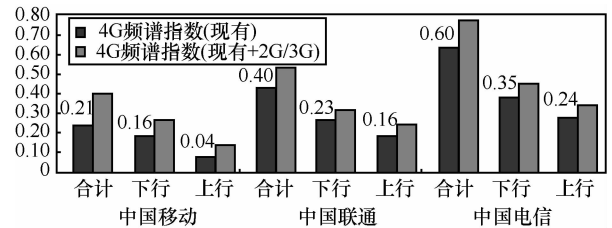


图 4 运营商 4G 频谱指数比较

来看,需要尽快转模现网 2G/3G 频谱用于 4G 系统。

从业务需求分析,现网平均利用率约 5%,按预测 2016-2017 年 4G 网络承载流量增长 4~6 倍估算,全网预测平均利用率为 20%~30%,按现网小区级利用率统计,Top5%/10%小区的利用率约为全网平均利用率的 4 倍/2.5 倍。考虑按利用率 40%作为扩容门限,核算 2016 年 Top5%/10%小区需要的载频(均按照 TD-LTE 20 MHz 载频核算)为 2 载频/1.25 载频,2017 年 Top5%/10%小区需要的载频为 3 载频/2 载频。因此仅从业务需求角度核算并无全网大范围部署 LTE FDD 系统的需求。

从上下行速率需求看,目前全网主要城市城区道路应用层平均下载速率达到 31.4 Mbit/s,平均上传速率达到 5.2 Mbit/s,上下行能力比约为 1:6。而从某省现网全网数据分析,上下行流量比超过 1:6(约 0.17)的小区比例约 18%,即约 18%小区的流量特征表现为上行可能先受限,因此通过 LTE FDD 的引入提升网络上行承载能力也是很有必要的。另外,由于主流厂商采用上行预调度的原因,现网上行利用率高于下行利用率的比重较高,如图 5 所示。

3.3 业务目标及建设原则

在满足一般数据业务需求的基础上, LTE FDD 系统部署还需要关注 VoLTE 业务满足目标、上行特殊业务需求场景的满足目标。

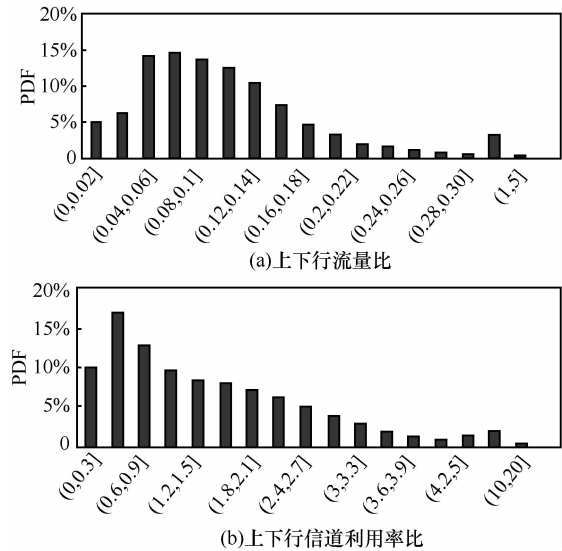


图5 现网上下行流量及利用率分析

深度覆盖场景因数据业务可以采用 Wi-Fi 等其他解决方案,因此 4G 用户对网络的依赖性相对降低,但 VoLTE 业务需要网络具备良好的深度覆盖能力,考虑 VoLTE 视频业务需求尚不明朗,且理论上难以实现连续覆盖服务,因此本文主要讨论 VoLTE 语音业务的需求。

VoLTE 高清语音业务的 PDCP 层综合速率约 25 kbit/s (开启 RoHC),按 2016 年/2017 年 VoLTE 终端渗透率为 30%/60%计算,假定 2016 年/2017 年用户 MOU 为 400 min/350 min,用户 DOU 为 1 GB/1.5 GB(上下行流量比 1:6)计算得到 VoLTE 业务流量占比见表 4。

显然,在整体流量比例中,VoLTE 业务流量占比极低,VoLTE 业务在上行流量占比达到 16%/18%,考虑 2×5 MHz LTE FDD 系统的上行承载能力与 TD-LTE 20 MHz 系统相当,因此即使考虑 VoLTE 语音业务上行均由 LTE FDD 系统承载,结合 2017 年 Top5%/Top10%小区需要的载频为 3 载频/2 载频配置,2×5 MHz 系统仍可以满足语音业务容量需求。

如果考虑数据业务需求,可以按 GSM 现网 MR 数据

CDF 曲线中体现出的业务分布特征来进行分析,从前文所述某场景 TD-LTE 深度覆盖率约 68%推算,按 LTE FDD 900 MHz 覆盖率为 90%估算,二者之间的差值为 22%,即只能由 LTE FDD 900 MHz 承担覆盖的区域比例,按 TD-LTE 网络经验数据,在 22%边缘区域 LTE 网络速率能力仅为全网平均值的约 12%(此处假设在深度覆盖场景下,RSRP 与 RS-SINR 具有较强的相关性,从而也与 PDCP 层速率具有较强的相关性)。因 2×5 MHz 下行承载能力仅为 TD-LTE 20 MHz 系统的约 1/3,因此 LTE FDD 900 MHz 承载业务量的能力仅为 TD-LTE 20 MHz 系统约 12%×1/3=4%。显然 2×5 MHz LTE FDD 900 MHz 系统部署无法满足数据业务的需求,因此在 FDD 系统部署的同时,提升深度覆盖区域的载频密度也是要同步进行的。

为满足系统之间的负荷均衡及分业务类型的业务指派要求,方案一是采用常规的系统间均衡策略实现,方案二是通过 F+T 跨制式间 CA 实现相关功能。

负荷均衡通过 X2 接口交互其他基站相应的 FDD/TDD 邻区的负荷信息,基站级别综合考虑 FDD/TDD 的服务小区、邻区的负荷信息,负荷均衡模块统一进行策略判决,在 FDD/TDD 邻区中选择出合适小区,作为负荷均衡的目标小区。目前关于负荷计算的原则/公式属于非协议标准定义内容,关于负载的参数和门限定义各厂商还不一致,由运营商统一定义标准后,异厂商之间可以实现负载均衡。不同厂商在处理机制、流程、参数定义方面会存在差异,所以均衡的效果更难体现。同时异厂商为了实现负载均衡,需要的协调沟通等时间成本也相对要高。因此负载均衡同厂商更容易快速实现,更容易体现均衡的效果。

F+T CA 在 2014 年 R12 完成标准化工作,从 F+T CA 产业链支持情况来看,高通/海思/三星芯片 2015 年底 F+T DL 3CC 终端商用上市;2016 年中 F+T DL 4CC 及 5CC 及 UL 2CC 终端商用上市。华为当前产品能力已支持 4CC 4 频组合,2016 年支持 5CC 5 频组合。在 4CC 组合下,可支持

表 4 VoLTE 业务流量占比计算(不考虑回流因素)

年度	上下行	VoLTE 速率/(kbit·s ⁻¹)	VoLTE 渗透率	MOU/min	DOU/GB	流量占比
2016 年	下行	25	30%	400	0.86	3%
	上行	25	30%	400	0.14	16%
	合计	50	30%	400	1	5%
2017 年	下行	25	60%	350	1.29	3%
	上行	25	60%	350	0.21	18%
	合计	50	60%	350	1.5	5%



F1+3T/F2+T2/F3+T1 配置;5CC 组合下,可支持 F1+4T/F2+3T/F3+2T/F4+1T 配置。

在大型活动等场景,因上行业务需求高或存在特定的上行视频业务,现网已经出现上行业务需求受限的场景,针对这些场景,及早引入 LTE FDD 系统是较好的解决思路。

3.4 其他策略

在技术选择上,考虑深度覆盖(城区)、广域覆盖(农村)能力不足是目前 TD-LTE 面临的主要问题,因此部署 LTE FDD 900 MHz 系统是最优的选择,由于 GSM 900 MHz 作为语音回落及大量 2G 用户的承载网络,所以 900 MHz 近期可用频率资源较低,频谱资源明显不足。LTE FDD 1 800 MHz 系统可转模频谱资源丰富,同时有一定下行深度覆盖能力提升作用,因此也是一个可选方案。

为满足转模需求,还需要关注与 2G 网络共存方案、FDD 与 TD 系统的互操作、终端对于 LTE FDD 频段的支持能力、转模工程实施等相关问题,因篇幅所限,本文不再赘述。

4 结束语

中国移动 4G 网络发展已经进入一个新的阶段,LTE FDD 网络部署也理应进行相关的研究和验证工作,本文对 LTE FDD 系统的覆盖、容量及业务能力进行了初步分析,围绕利用 LTE FDD 在解决 TD-LTE 现网存在的深度覆盖不足、广域覆盖成本高、上行能力不足等问题方面的能力进行了研究,并提出了基本的部署策略。

作为规划设计人员,除进行 LTE FDD 部署方面的基础研究工作外,后续还要关注 LTE FDD 网络的规划设计方法,尤其是将 LTE FDD 网络作为中国移动 4G 网络的重要组成部分,面向 4G 网络融合发展,综合利用规划数据、现网业务与网络大数据,在传统的规划方法基础上创新发展,研究 LTE FDD 网络的规划设计方法与原则。

[作者简介]



程日涛(1976-),男,中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师,主要研究方向为移动通信网络组网技术、网络规划技术等。



徐德平(1976-),男,中国移动通信集团设计院有限公司教授级高级工程师,主要研究方向为移动通信相关的技术引入策略、组网规划方案、工程总体方案以及网络融合及演进等。



张炎炎(1982-),男,博士,中国移动通信集团设计院有限公司项目经理、高级工程师,主要研究方向为 4G 网络组网关键技术、无线网络演进发展规划、未来新技术引入等。