

VoLTE 高低频段覆盖能力研究

Study on the Coverage Ability of VoLTE High and Low Frequency

单 刚,张晓江(华信咨询设计研究院有限公司,浙江 杭州 310014)
Shan Gang,Zhang Xiaojiang(Huaxin Consulting Co.,Ltd.,Hangzhou 310014,China)

摘 要:

随着 4G 网络覆盖不断完善,4G 终端不断成熟,VoLTE 的建设和商用也逐渐启动。针对现阶段 LTE 800 MHz 和 LTE 1 800 MHz 网络的建设现状,如何承载 VoLTE 网络是需要考虑的问题。从链路预算和仿真 2 个方面对 VoLTE 的覆盖性能进行了对比,详细分析了 VoLTE 和 CDMA、VoLTE 和 LTE 在覆盖性能上的差异,并提出了对应的建设策略。

关键词:

800 MHz; 1 800 MHz; 链路预算; VoLTE; 仿真
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2019.08.010
中图分类号:TN929.5
文献标识码:A
文章编号:1007-3043(2019)08-0045-05

Abstract:

With the continuous improvement of 4G network coverage and the maturity of 4G terminals, the construction and business of VoLTE are gradually starting. In view of the current construction status of LTE 800 MHz and LTE 1 800 MHz network, how to bear the VoLTE network is a problem to be considered. The coverage performance of VoLTE is compared from two aspects of link budget and simulation, the difference between VoLTE and CDMA, VoLTE and LTE in coverage performance is analyzed in detail, and the corresponding construction strategies are put forward.

Keywords:

800 MHz; 1 800 MHz; Link budget; VoLTE; Simulation

引用格式:单刚,张晓江. VoLTE 高低频段覆盖能力研究[J]. 邮电设计技术,2019(8):45-49.

1 概述

VoLTE 是 3GPP 定义的基于 IMS 网络的 LTE 语音解决方案,其语音质量高,成本低,能有效节约频率资源,有利于运营商实现业务转型和升级。随着近 2 年三大运营商的 LTE 网络覆盖越来越完善,用户终端逐渐成熟,不少城市开始正式商用 VoLTE。VoLTE 承载于 LTE 网络之上,语音质量的优劣与 LTE 无线网络覆盖水平息息相关。由于频谱、带宽、政策、运营商策略

等因素,导致不同城市、不同场景、不同阶段存在着低频、高频和低高频叠加组网等多种组网形式,在不同的频段,VoLTE 的覆盖能力也各有不同。

本文以某运营商的网络为基础,分析一般城区场景 800 和 1 800 MHz 2 种频段下的 VoLTE 覆盖能力。

2 VoLTE 关键技术

VoLTE 是基于 IMS 的一种语音通话技术,与数据业务共同承载于 LTE 网络,可实现语音和数据同步进行。作为语音业务,其具有与数据业务不同的特性,如占空比低、单包小、实时性要求高等。为了提升

收稿日期:2019-05-23

VoLTE 性能, 3GPP 定义了以下几个关键技术: ROHC 报头压缩、时隙绑定、RLC 分段技术、半静态调度。

a) RoHC 报头压缩。在 3GPP 定义的 VoLTE 业务中, 语音编码主要分为 AMR-NB 和 AMR-WB 2 种, 其编码速率分别为 4.75~12.2 kbit/s 和 6.6~23.85 kbit/s, 通话期间每 20 ms 产生一个语音包, 静默期间每 160 ms 产生一个数据包。以 AMR-NB 为例, 按照一个典型语音包 32 B 计算, 采用 IPv4 格式封装时, IP 层包头开销达到 20+8+12=40 B, 采用 IPv6 格式封装时, IP 层包头开销达到 40+8+12=60 B, 再加上 PDCH 层、RLC 层和 MAC 层各 8 B 的包头开销, 语音承载效率仅为 33.3% (IPv4) 和 27.6% (IPv6), 而采用 ROHC 报头压缩时, IP 层包头开销可压缩为 4~6 B, 从 MAC 层统计, 语音压缩效率分别达到了 37.5% (IPv4) 和 48.3% (IPv6)。根据上述分析可知, 通过 ROHC 报头压缩, 封装后整个数据包大大缩小, 既可降低 VoIP 的边缘速率, 降低 UE 的功率需求, 提升边缘覆盖, 又可降低 RB 资源的占用, 提高系统容量。

b) 时隙绑定。当用户处于小区边缘, 路径损耗较大, 而 UE 由于本身发射功率受限, 导致上行信道质量较差, 误码率不能满足要求。为了解决这一问题, 3GPP 定义了时隙绑定技术, 通过将上行连续时隙进行绑定 (最大时隙绑定数量为 4) 并分配给同一 UE, 并在这些上行时隙中, 发送相同内容的不同冗余版本, 提高基站侧数据解码成功率, 使得用户在覆盖较弱的基站边缘具有较高的上行速率和较低的误码率, 从而提高上行覆盖能力。

c) RLC 分段。当小区边缘功率受限时, 上行覆盖能力下降, 有可能导致 UE 无法在一个时隙内完成一个完整数据包的发送。而 RLC 分段增强技术, 通过将一个 RLC SDU 拆分成多个小的 PDU, 降低小区边缘每个子帧需要上传的数据量, 间接提升上行覆盖能力。而由于 RLC 分段降低了每个子帧传输的数据量, 若分段过多, 则会引起资源极大的浪费, 从而降低 VoLTE 容量, 因此在 RLC 分段时, 需综合考虑容量和覆盖两者之间的平衡。

d) 半静态调度。LTE 中需要 PDCCH 信道对所有的业务信道进行动态调度, 以满足上下行不同的业务需求, 与传统的突发性高、带宽需求高的数据业务相比, VoLTE 业务有着不同的特点, 其占用时间长、周期规律、带宽占用需求小, 如采用动态调度, eNodeB 将每 20 ms 对语音用户进行一次调度, 并占用大量的 PDCH

调度资源, 从而影响用户容量。为了节省 PDCH 资源, 避免因频繁调度影响 VoLTE 容量, VoLTE 引入了半静态调度 (SPS), 在初始调度时, 通过 PDCCH 指示 UE 当前的调度信息, 以后每 20 ms 进行一次相同时频资源上的业务传输和接收, 一次授权, 周期性使用, 从而有效节省用于调度的 PDCCH 资源, 提高控制信道调度能力。

3 上行链路预算

CDMA 网络经过多年建设, 现阶段站点已遍布城区、干线、农村和景区等所有区域, 基本实现全覆盖; LTE 1 800 MHz 网络经过 2015 年到 2018 年 3 年多的建设, 城区、乡镇、重要干线、重要景区和部分发达农村覆盖已较为完善; 而 LTE 800 MHz 网络则是在 CDMA 网络基础上按 1:1 同比建站, 故虽然 LTE 800 MHz 网络起步晚, 但总体覆盖已基本接近 CDMA 网络覆盖水平。

为了验证 VoLTE 不同频段之间、VoLTE 和 CDMA 之间、VoLTE 和 LTE 数据之间的覆盖能力差异, 将 CDMA、VoLTE 和 LTE 网络设定相同的工程参数, 其中 VoLTE 采用标清语音 12.2 kbit/s 速率, LTE 则采用上行 256 kbit/s、下行 1 024 kbit/s 的边缘速率, 基站侧 CDMA 采用 1T2R 天线, VoLTE 和 LTE 采用 2T4R 天线。以下分别从 VoLTE 和 CDMA 语音之间、VoLTE 和 LTE 数据之间 2 个方面进行上行链路预算的对比分析。

3.1 VoLTE 和 CDMA 语音链路预算对比

由于 CDMA、VoLTE 和 LTE 均为上行受限, 因此以下仅对上行覆盖进行链路预算分析 (见表 1)。表 1 中接收机灵敏度和干扰余量与厂商设备性能存在较大关系, 文中选取了目前某主流厂家的参数。

对于 12.2 kbit/s 的 VoLTE 业务而言, 不同的 MCS, RB 分配方式也有不同, 分别有 1RB、2RB、4RB 等方式, 带来的增益也存在差异, 其中 4RB 方式覆盖效果相对较好, 如无特殊说明, 以下对比均基于 4RB 的分配方式。

根据链路预算结果, 未考虑 RoCH、时隙绑定等增强技术增益时, VoLTE 的 MAPL 明显差于 CDMA, 若考虑 RoCH、时隙绑定等增强技术增益时, VoLTE 的 MAPL 和 CDMA 相差不大, 约 1 dB, 由此可见当 VoLTE 采用 RoCH、时隙绑定等增强技术时, VoLTE 800 MHz 与 CDMA 相比, 室外覆盖差距约 1 dB, 差距不明显。

VoLTE 800 MHz 和 VoLTE 1 800 MHz 相比, 由于

表 1 CDMA 与 VoLTE 语音链路预算对比表

参数	CDMA	VoLTE 800 MHz			VoLTE 1 800 MHz		
占用RB数	-	1	2	4	1	2	4
机顶功率/dBm	23	23	23	23	23	23	23
接收机灵敏度/dBm	-124.17	-109.94	-111.53	-112.32	-109.94	-111.53	-112.32
其中: 热噪声/dB	-134.07	-121.34	-118.33	-115.32	-121.34	-118.33	-115.32
噪声系数/dB	5	2	2	2	2	2	2
接收基底噪声/dB	-129.07	-119.34	-116.33	-113.32	-119.34	-116.33	-113.32
SINR/dB	4.9	9.4	4.8	1	9.4	4.8	1
增益	21.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
其中: 天线增益/dBi	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
切换增益/dB	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
天线分集增益/dB		3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
损耗	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
其中: 馈线和接头损耗/dB	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
穿透损耗/dB	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
人体损耗/dB	3	3	3	3	3	3	3
余量	12.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60
其中: 阴影衰落余量/dB	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60
干扰余量/dB	4	3	3	3	3	3	3
MAPL(未考虑RoCH、时隙绑定等增益)/dB	135.07	123.84	125.43	126.22	123.84	125.43	126.22
重传、TTI绑定等增强技术增益/dB		7.80	7.80	7.80	7.80	7.80	7.80
MAPL(考虑RoCH、时隙绑定等增益)/dB	135.07	131.64	133.23	134.02	131.64	133.23	134.02

现阶段 RRU 均为近天线安装,跳线较短,故 2 种频段的馈线损耗和接头损耗相差不大,可忽略不计,MAPL 基本接近,但由于两者频段差异较大,根据对应的传播模型 Okumura-Hata 模型和 COST 231-Hata 模型进行简单计算可知,VoLTE 1 800 MHz 覆盖半径仅为 VoLTE 800 MHz 的 50% 左右。

3.2 VoLTE 语音和 LTE 数据业务链路预算对比

为了对比 VoLTE 和 LTE 数据覆盖水平,表 2 给出了 VoLTE 800 MHz 和 LTE 800 MHz 数据业务、VoLTE 1 800 MHz 和 LTE 1 800 MHz 数据业务的 MAPL 预算值。表 2 中参数设定如下:VoLTE 采用 12.2 kbit/s、4RB 分配方式,LTE 采用上行 256 kbit/s,需占用 6RB 资源。

根据链路预算结果可知,在不考虑 RoCH、时隙绑定等增强技术增益的情况下,VoLTE 和 LTE 数据覆盖能力相差不大,若考虑 RoCH、时隙绑定等增强技术增益时,VoLTE 覆盖甚至还优于 LTE 数据覆盖。

4 仿真

为了验证不同频段下 VoLTE 的覆盖性能,本文选取了某县城区进行了仿真分析,以县城现有的 CDMA 站址为基础,同站址进行 CDMA、LTE 800/1 800 MHz、

表 2 LTE 数据与 VoLTE 语音链路预算对比表

参数	VoLTE 800 MHz	LTE 800 MHz 数据	VoLTE 1 800 MHz	LTE 1 800 MHz 数据
占用RB数	4	6	4	6
机顶功率/dBm	23	23.00	23	23.00
接收机灵敏度/dBm	-112.32	-109.56	-112.32	-109.56
其中: 热噪声/dB	-115.32	-113.56	-115.32	-113.56
噪声系数/dB	2	2	2	2
接收基底噪声/dB	-113.32	-111.56	-113.32	-111.56
SINR/dB	1	2	1	2
增益/dB	23.00	23.00	23.00	23.00
其中: 天线增益/dBi	18.00	18.00	18.00	18.00
切换增益/dB	2.00	2.00	2.00	2.00
天线分集增益/dB	3.00	3.00	3.00	3.00
损耗/dB	20.50	17.5	20.50	17.5
其中: 馈线和接头损耗/dB	0.50	0.50	0.50	0.50
穿透损耗/dB	17.00	17.00	17.00	17.00
人体损耗/dB	3		3	
余量/dB	11.60	11.60	11.60	11.60
其中: 阴影衰落余量/dB	8.60	8.60	8.60	8.60
干扰余量/dB	3	3	3	3
MAPL/dB	126.22	126.46	126.22	126.46

VoLTE 800/1 800 MHz 仿真分析,并进行横向和纵向对

比。

仿真采用 Atoll3.1.2 平台, 数字地图精度为 20 m, 仿真参数同链路预算, 仿真目标:

CDMA: 接收功率 $R_x \geq -95$ dBm, 导频信号信噪比 $E_c/I_o \geq -12$ dB。

LTE 数据: 参考信号接收功率 $RSRP \geq -105$ dBm, 信号与干扰加噪声比 $SINR \geq -3$ dB。

VoLTE: 参考信号接收功率 $RSRP \geq -105$ dBm, 信号与干扰加噪声比 $SINR \geq -3$ dB。

为了保证结果的可比性, 本文对 3 个网络采用相同的数字地图, 相同的仿真区域和相同的工参数据, 同时采取 Atoll 系统自带模块进行自动邻区规划和自动 PCI 规划, 相应的仿真结果如下。

4.1 接收信号功率对比

如图 1 所示, 在共享现有 CDMA 物理站址的前提下: CDMA $R_x \geq -95$ dBm 的占比为 99.8%, 基本实现全覆盖; 在不考虑 RoCH、时隙绑定等增强技术增益的情况下, VoLTE 800 MHz 的下行 $RSRP(800\text{ MHz}) \geq -105$ dBm 的占比为 93.9%, 与 CDMA 覆盖存在一定的差距; VoLTE 1 800 MHz 的下行 $RSRP(1\ 800\text{ MHz}) \geq -105$ dBm 的占比为 35.9%, 远远低于 CDMA 和 VoLTE 800 MHz 的覆盖能力。

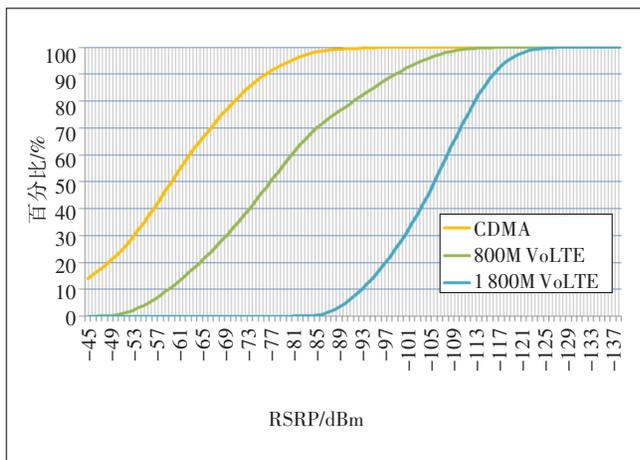


图1 CDMA/VoLTE信号接收功率分布对比图

若额外考虑 VoLTE 的 RoCH、时隙绑定等增强技术, VoLTE 800 MHz 和 CDMA 覆盖能力基本相当。而 VoLTE 1 800 MHz 由于站点数量不足, 若单纯共享 CDMA 站址, 是无法满足连续覆盖要求的。

如图 2 所示, 同频段下 VoLTE 的 RSRP 略差于 LTE, 其中 VoLTE 800 MHz $RSRP \geq -105$ dBm 的占比仅比 LTE 数据低 1.3 个百分点, 而 VoLTE 1 800 MHz

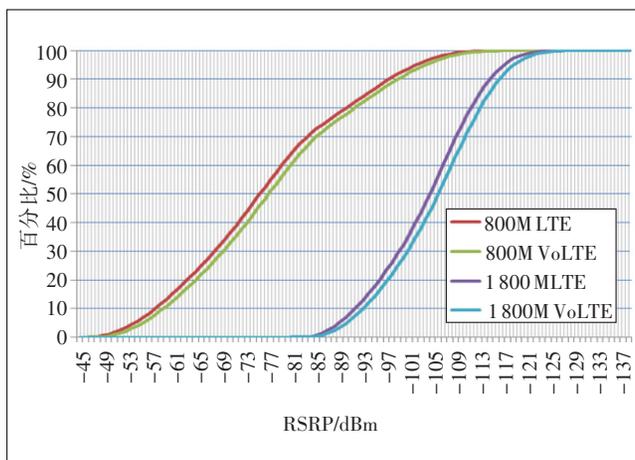


图2 不同频段下 VoLTE 与 LTE 信号接收功率分布对比图

$RSRP \geq -105$ dBm 的占比则比 LTE 低了约 4 个百分点, 主要是因为本次仿真的前提是共享 CDMA 现网站址, 导致 1 800 MHz 站址严重不足, 若 1 800 MHz 站址补齐, 则满足最低 RSRP 的占比差距会大大缩小。

4.2 信噪比对比

如图 3 所示, 相同物理站址的前提下, 无论是 VoLTE 还是 LTE, $SINR \geq -3$ dB 的占比均超过 97%, 而 1 800 MHz 由于频段高, 单站覆盖小, 在完全共享 CDMA 站址的情况下, $SINR$ 值甚至还优于 LTE 800 MHz 和 VoLTE 站点。

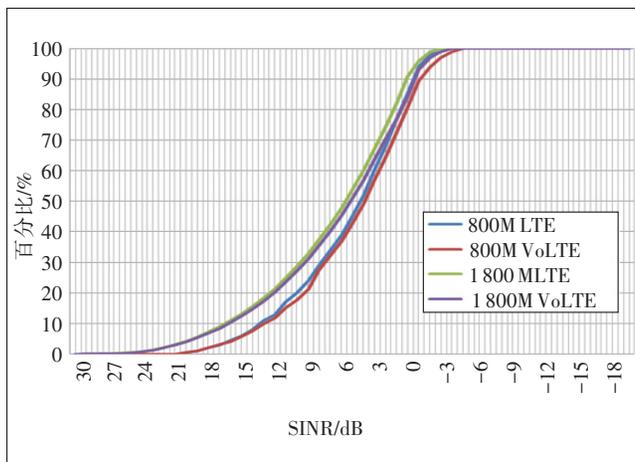


图3 不同频段下 VoLTE 与 LTE SINR 分布对比图

如图 4 所示, CDMA $E_c/I_o \geq -12$ dB 的占比达到 99%, 优于 VoLTE 和 LTE 的指标。

4.3 仿真结论

根据仿真结果, 得出以下 2 个结论。

a) 在 LTE 和 CDMA 同站建设, 并考虑 RoCH、时隙绑定等增强技术增益情况下, VoLTE 800 MHz 覆盖能

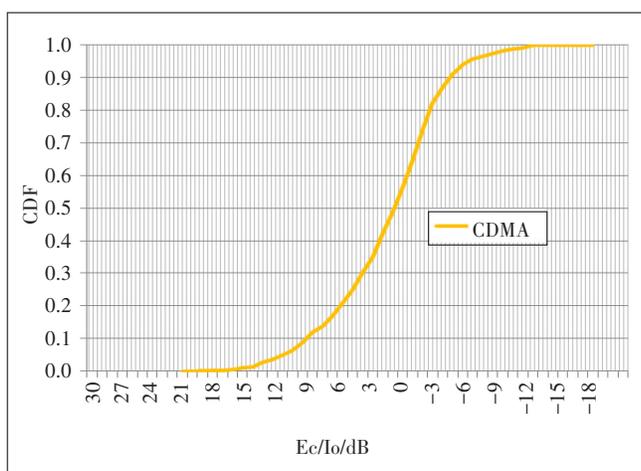


图4 CDMA Ec/Io分布对比图

力与CDMA基本相当,VoLTE 1 800 MHz覆盖能力无法满足要求。

b) VoLTE 和同频段的LTE覆盖能力基本相似,在LTE覆盖能力达到要求的区域,同步开通VoLTE即可基本满足覆盖要求。

5 结束语

目前,中国电信LTE 800 MHz与CDMA同站址建设,根据链路预算和仿真结果可知,VoLTE 800 MHz的覆盖能力基本与CDMA相当,而VoLTE 1 800 MHz单站覆盖能力则不如CDMA和VoLTE 800 MHz。当然,在计算VoLTE覆盖能力时,还需要从用户体验角度考虑,并非单纯追求极限覆盖能力,语音质量和时延指标也是VoLTE覆盖需要考虑的一个因素。同时,由于800 MHz频段可用带宽小,随着VoLTE用户的不断增加,在800 MHz频段上承载VoLTE将会容量受限,故在考虑VoLTE覆盖能力的同时需要协同考虑容量需求和扩容能力。

经过近几年的大力建设,城区LTE 1 800 MHz站点规模已远超CDMA站点规模,根据大量的路测数据和MR数据分析,城区1 800 MHz覆盖指标与800 MHz覆盖指标基本相当,根据前面分析,VoLTE 1 800 MHz与LTE 1 800 MHz覆盖能力也基本相当,由此可知,在不考虑VoLTE容量的情况下,在城区VoLTE无论承载在800 MHz频段还是1 800 MHz频段,均能较好满足覆盖需求,但随着VoLTE负荷不断增加,VoLTE频段承载策略和网络优化将是一个重要的课题。

而在郊区和农村,由于大部分省市未大规模建设LTE 1 800 MHz站点,LTE覆盖基本以LTE 800 MHz网

络为主,故现阶段郊区农村更适合于将VoLTE承载在800 MHz频段上。

参考文献:

- [1] 张晓江. 农村800MHz FDD-LTE覆盖能力研究[J]. 邮电设计技术, 2015(8):42-46.
- [2] 中兴通讯. LTE FDD链路预算指导书[EB/OL]. [2019-03-27] <http://max.book118.com/html/2014/0815/9437458.shtm>.
- [3] IP Multimedia Subsystem: 3GPP TS 23.228[S/OL]. [2019-03-27]. <http://www.3gpp.org>.
- [4] Network architecture: 3GPP TS 23.002[S/OL]. [2019-03-27]. <http://www.3gpp.org>.
- [5] IP Multimedia Subsystem (IMS) Service Continuity: 3GPP TS 23.237[S/OL]. [2019-03-27]. <http://www.3gpp.org>.
- [6] Base Station (BS) radio transmission and reception: 3GPP TS 36.104[S/OL]. [2019-03-27]. <http://www.3gpp.org>.
- [7] Multiplexing and channel coding: 3GPP TS 36.212[S/OL]. [2019-03-27]. <http://www.3gpp.org>.
- [8] Physical channels and modulation: 3GPP TS 36.211[S/OL]. [2019-03-27]. <http://www.3gpp.org>.
- [9] User Equipment (UE) radio transmission and reception: 3GPP TS 36.803[S/OL]. [2019-03-27]. <http://www.3gpp.org>.
- [10] Base Station (BS) radio transmission and reception: 3GPP TS 36.804[S/OL]. [2019-03-27]. <http://www.3gpp.org>.
- [11] Forsk. Atoll_Getting_Started_LTE_312_Chi [EB/OL]. [2019-03-27]. <http://www.forsk.com/atoll/lte/>.
- [12] Forsk. Atoll_Getting_Started_CDMA2000 [EB/OL]. [2019-03-27]. <http://www.forsk.com/atoll/lte/>.
- [13] Forsk. Atoll_3.2.0_MonteCarlo_Simulations_Chi [EB/OL]. [2019-03-27]. <http://www.forsk.com/atoll/lte/>.
- [14] Forsk. 关于VoLTE与VoIP在ATOLL中的建模及设置[EB/OL]. [2019-03-27]. <http://www.forsk.com/atoll/lte/>.
- [15] Forsk. Atoll通用功能用户手册[EB/OL]. [2019-03-27]. <http://www.forsk.com/atoll/lte/>.
- [16] 苗峰, 谭利平, 韩秀峰. VoLTE覆盖增强关键技术的研究及应用[J]. 中国新通信, 2017, 19(4):106-107.
- [17] 刘焕勇. 面向VoLTE的网络覆盖和容量提升技术研究[J]. 移动通信, 2018, 46(6):68-72.
- [18] 宁升亭. 提升VoLTE无线覆盖性能的方案研究[J]. 中国新通信, 2016, 18(24):33-34.

作者简介:

单刚, 毕业于南京邮电大学, 高级工程师, 主要从事移动通信无线网络规划、设计工作; 张晓江, 毕业于北京邮电大学, 一级建造师、咨询工程师(投资), 高级工程师, 主要从事移动通信无线网络规划、设计工作。

