

# 高铁场景下VoLTE语音质量的优化提升

## VoLTE Voice Quality Improvement in High-speed Railway Scene

袁满,王科(中国联通山东分公司,山东济南250001)  
Yuan Man, Wang Ke(China Unicom Shandong Branch, Jinan 250001, China)

### 摘要:

京沪高铁山东段联通LTE网络采用L1800+L2100双频组网,VoLTE业务部署初期面临着载波策略不合理以及无线环境复杂的问题,DT测试中以MOS为表征的VoLTE语音质量较差。通过尝试不同切换参数组合和载波策略,并通过大量的DT测试验证优化效果,重点解决了对MOS影响较大的呼叫重建问题并选定了针对该路段双频组网环境下最优的载波策略,有效提升了VoLTE业务质量并总结出一套针对高铁场景下VoLTE业务部署初期典型问题的优化方法。

### 关键词:

VoLTE; MOS; 高铁; 语音质量; 频段选择策略  
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2019.02.004  
中图分类号:TN929.5  
文献标识码:A  
文章编号:1007-3043(2019)02-0021-05

### Abstract:

The LTE network of Beijing-Shanghai High-speed Railway Shandong Section is composed of L1800+L2100 dual-band. At the initial stage of VoLTE service deployment, it faces the problems of unreasonable carrier strategy and complex wireless environment. VoLTE voice quality characterized by MOS in DT test is poor. By trying different combination of handoff parameters and carrier strategy, and verifying the optimization effect through a large number of DT tests, it focuses on solving the call reconstruction problem which has a great impact on MOS, and chooses the optimal carrier strategy for the dual-band network environment of this section, which effectively improves the quality of VoLTE service, and it summarizes a set of optimization methods for the typical problems of VoLTE service deployment in the early stage of high-speed railway scenario.

### Keywords:

VoLTE; MOS; High-speed railway; Voice quality; Frequency selection strategy

引用格式:袁满,王科. 高铁场景下VoLTE语音质量的优化提升[J]. 邮电设计技术,2019(2):21-25.

## 1 概述

VoLTE是在4G网络全IP条件下的端到端语音解决方案,能提供更短的接入时延和更好的语音质量。以复兴号为代表的高铁列车运行速度快、车体损耗高,这样的无线环境对时延、抖动、丢包敏感的VoLTE业务质量有很大的影响。本文以京沪高铁山东段L1800+L2100双频网络为例,通过大量DT测试发现了影响VoLTE MOS的呼叫重建问题,并有针对性地开展优化,在此基础上通过进一步对比测试,验证了最优的载波策略,有效解决了高铁VoLTE业务部署初期面

临的典型网络问题,提升了业务质量。

### 1.1 高铁的发展趋势

中国铁路总里程正逐年上升,列车运行速度也逐步提高,其中高铁运行速度达到300~350 km/h,根据未来高铁的发展趋势和欧洲同类国家的运行状况,高铁网络覆盖方案应该满足350 km/h以上(最快达到450 km/h)的高速行驶要求。

### 1.2 高铁场景VoLTE优化面临的困难

a) 列车运行速度快(复兴号达到350 km/h),多普勒频效应明显,小区重叠覆盖区域频偏陡变,对业务质量影响大。

b) 过快的移动速度对小区切换和重选性能提出了更高要求,否则易出现脱网、切换失败等问题。

收稿日期:2018-12-26

c) 高铁为密闭式厢体设计,信号屏蔽严重,穿透损耗大(复兴号达到约31 dB)。

d) 多频段组网的高铁网络,切换、驻留、均衡策略将直接影响VoLTE业务质量。

## 2 研究思路

### 2.1 场景选择

考虑到复兴号车型相对和谐号有着更快的运行速度和更大的车体损耗,同时考虑列车运行区域的车速、场景多样性、业务量等因素,选取京沪高铁泰安段以复兴号车型为主进行测试,场景信息及站点分布情况详见图1。



图1 高铁VoLTE语音质量提升研究区域

### 2.2 分析流程

根据该路段网络结构和无线环境的特点,在网络VoLTE业务基本功能验证完备的基础上,一方面发现并解决对VoLTE语音质量影响较大的各类无线问题,另一方面验证VoLTE语音质量最优的载波驻留和均衡策略。总体思路如图2和图3所示。

## 3 研究过程

### 3.1 无线环境优化研究

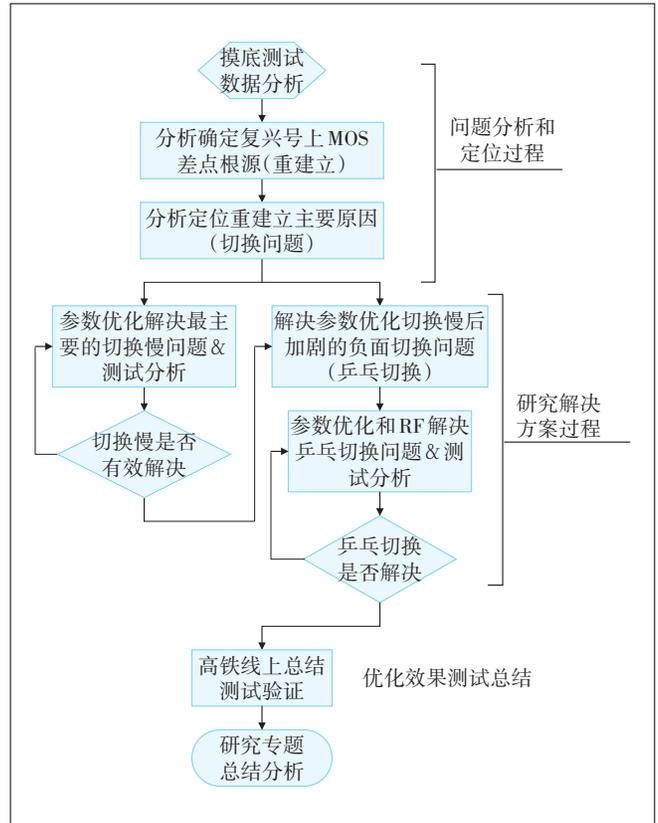


图2 高铁VoLTE无线环境问题研究分析过程

#### 3.1.1 影响MOS的主要问题

通过摸底测试数据分析,发现影响MOS的主要问题是重建建立,重建建立的主要原因为切换慢,统计见表1。

表1 高铁VoLTE重建建立原因统计

UE	平均重建立次数	重建建立原因分类					
		切换慢	切换早	乒乓切换	大网干扰	邻区漏配	弱覆盖
主叫	15	9	0	2	3	0	1
被叫	13	8	0	3	1	0	1

#### 3.1.2 针对“切换慢”问题进行分析解决

对影响切换快慢的参数进行组合测试,测试组合见表2。

组合1:通过参数调整减慢切换,反向验证切换参数的影响幅度。

表2 高铁VoLTE切换参数优化测试组合

参数名称	原始	组合1	组合2
A3事件偏移	1	0	-4
判决迟滞范围	1	0	1
事件发生到上报的时间差/ms	128	128	40
小区个体偏移	3	0	0

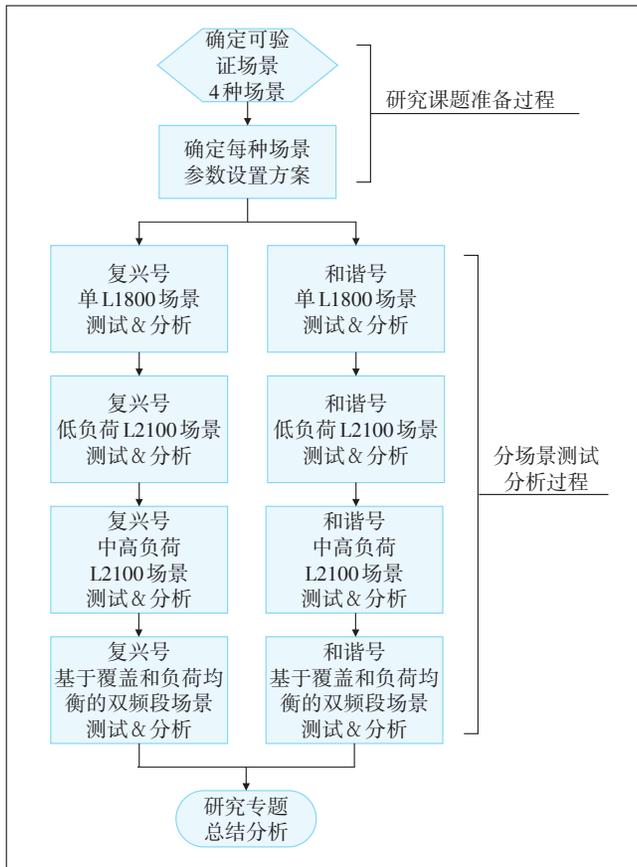


图3 高铁VoLTE频段选择策略研究分析过程

组合2:通过参数调整加快切换,正向验证切换参数的影响幅度。

通过多轮测试,验证结果见表3。

表3 各切换参数组合测试下重建立情况对比

参数组合	平均重建立总次数	重建立原因分类					
		切换慢	切换早	乒乓切换	大网干扰	邻区漏配	弱覆盖
原始	14.0	8.5	0	2.5	2	0	1.0
组合1	22.5	22.5	0	0	0	0	0
组合2	12.0	3.5	1	3.0	2	1	1.5

从对比测试结果看(以上数据来源于同向单趟主被叫平均统计):

a) 通过组合1参数调整后,重建立次数明显增加,符合预期。

b) 通过组合2参数调整后,重建立次数明显减少,符合预期。

c) 组合2,新增切换过早问题,符合预期。切换到越区信号不稳定快衰后无法切换出。可个别点调整-CIO和天馈控制解决。

d) 组合2,乒乓切换问题增加,符合预期。由于切

换门限放宽、切换时间缩短,在重叠覆盖区域乒乓切换问题会增加。这部分作为下一阶段优化分析的重点。

### 3.1.3 乒乓切换加剧的问题分析和解决方法

a) 乒乓切换优化方向:通过个别RF调整,控制重叠覆盖以及越区信号;通过开启乒乓切换抑制功能,限制乒乓切换。

b) 设置乒乓抑制定时器的考虑因素:主要参考京沪高铁泰安段的平均站间距和车辆运行速度。时长设置过长易导致切换不及时,过短则起不到很好的抑制效果。按照平均1 km左右的站间距,同时按复兴号在泰安段区间车速100 m/s计算,抑制时间设定为10 s。建议参数设置如表4所示。

表4 高铁VoLTE乒乓切换参数优化建议

参数名称	默认值	建议值
乒乓切换抑制开关	关闭	打开
抑制乒乓切换定时器/s	2	10

### 3.1.4 其他衍生问题

在实施参数修改加快切换并抑制乒乓后,发现存在个别公网小区越区切换后,因开启乒乓抑制切不回高铁网络的情况,针对此类问题需通过RF优化调整解决。

通过切换参数优化、乒乓切换优化,以及个别基础RF问题处理,整体重建立问题下降明显,重建立次数从平均14次下降到5.5次(见表5)。

表5 切换参数和乒乓抑制优化前后重建立情况对比

参数组合	平均重建立次数	重建立原因分类					
		切换慢	切换早	乒乓切换	大网干扰	邻区漏配	弱覆盖
原始	14.0	8.5	0	2.5	2.00	0	1
切换组合2	12.0	3.5	1	3.0	2.00	1	1.5
切换组合2 乒乓抑制	5.5	2.0	0	0	1.25	0	2.25

网络指标得到很大程度的改善:MOS均值从摸底测试的3.045提升到3.49,RTP丢包率从8.75%下降到3.6%,MOS大于3的比例从65.57%提升到80.24%。统计见表6。

### 3.2 频段选择策略研究

在2个频段无线环境优化已完成的基础上,验证频段选择策略对VoLTE业务MOS的影响。通过4种场景验证影响,不同场景下参数设置策略见表7。

根据各场景设置策略对4种场景分别进行了测试分析,测试指标统计见表8。

表6 试验区优化前后DT测试指标对比

地(市)	阶段	平均RSRP/dBm	平均SINR/dB	RTP平均丢包率/%	LTE HO成功率/%	MOS均值	MOS 3.0占比/%	MOS 3.5占比/%
泰安	优化前	-91.25	4.62	8.75	100.00	3.045	65.57	56.91
泰安	优化后	-90.30	5.74	3.60	100.00	3.490	80.24	71.44

表7 各场景策略设置

场景	频段	重选优先级	VoLTE频选功能	频间切换	负荷均衡
单L1800	L1800	优先级:7	关闭	关闭(配置异频邻区禁止切换)	关闭
	L2100	优先级:5	关闭	关闭(配置异频邻区禁止切换)	关闭
低负荷L2100	L1800	优先级:7	打开VoLTE业务向L2100指派	允许	关闭
	L2100	优先级:7	关闭	允许	关闭
中高负荷L2100	L1800	优先级:7	打开VoLTE业务向L2100指派	允许	允许
	L2100	优先级:7	关闭	允许	允许
基于覆盖和负荷均衡的双频段场景	L1800	优先级:7	关闭	打开	允许
	L2100	优先级:7	关闭	打开	允许

表8 各场景下主要DT测试指标对比

场景类型	MOS均值	MOS 3.0占比/%	MOS 3.5占比/%	平均RSRP/dBm	平均SINR/dB	RTP平均丢包率/%
单L1800覆盖场景	3.50	82.98	75.50	-91.69	6.67	5.34
低负荷L2100场景	3.40	77.78	70.83	-95.08	6.85	5.88
中高负荷L2100场景	3.36	78.46	67.66	-93.43	7.27	4.61
基于覆盖&负荷的双频段场景	3.49	80.24	69.07	-90.14	6.73	4.76

通过指标对比可以看出,单L1800场景和基于覆盖&负荷的双频段场景相近,MOS值略好于L2100场景。原因在于L1800覆盖能力优于L2100,同时基于覆盖&负荷的双频段场景下VoLTE在L2100的区域多为其覆盖较好区域,避免了L2100覆盖较差区域。低负荷L2100和中高负荷L2100下MOS值没太大差别,VoLTE的QCI=1是GBR业务,业务优先级高于数据业务,现网又无VoLTE用户抢占资源,所以体现不出负荷带来的差异。

但在短呼性能测试中发现,设置为“基于覆盖和负荷均衡的双载频场景”,如果在L2100上起呼过程中遇到L2100弱覆盖,则会发生呼叫中的频间切换,导致呼叫时延大幅上升。现网情况下L2100覆盖较L1800低2~4dB,起呼过程中发生频间切换可能性较大,所以建议将VoLTE业务优先建立在L1800上。

## 4 研究成果

### 4.1 无线环境优化研究

该专题研究中发现解决一个主要问题会加剧另一个次要问题,最终有效提升MOS值需多种参数优化手段组合使用。高铁上出现MOS差点主要是由于重建,而大多数重建来自于车速过快下的切换慢,在解

决切换慢的参数过程中会加剧乒乓切换问题,所以需要同步解决乒乓切换,选择适合于该路段的参数组合(见表9)。

表9 复兴号VoLTE语音质量优化参数建议

参数名称	建议值
A3事件偏移	-4
判决迟滞范围	1
事件发生到上报的时间差/ms	40
小区个体偏移	0
乒乓切换抑制开关	开
抑制乒乓切换定时器/s	10

### 4.2 频段选择策略研究

该专题研究中,经测试验证在京沪高铁山东段L1800/L2100同站建设条件下,对比复兴号同车次同位置测试结果得出VoLTE线上感知效果排名为:基于覆盖和负荷均衡的双载频场景=单L1800覆盖场景>低负荷L2100场景>中高负荷L2100场景。

参数设置总结如表10。

随着站点建设力度的加大,高铁网络覆盖将会日臻完善,后续可以通过相同的分析思路和优化方法继续开展载波策略优化,最终目标是自由驻留和选择频段,避免业务过于集中在一个频段所带来的负荷压力。

表10 频段选择策略研究结论

频段	重选优先级	VoLTE频选功能	频间切换	负荷均衡
L1800	优先级:7	关闭	允许	关闭针对VoLTE业务的均衡
L2100	优先级:7	打开VoLTE业务向L1800指派	允许	关闭针对VoLTE业务的均衡

## 5 结束语

专题研究中对高铁实施了高强度优化和测试分析,并实施了一系列高铁相关的独特优化策略,有效提升了复兴号在无线环境下VoLTE的语音质量,并实践总结了当前无线环境下的最优载波策略。依据研究过程中发现的问题、采用的流程和方式方法、参数设置对比分析等,总结出了如下2个结论。

a) 复兴号VoLTE语音质量的主要问题和解决方案。当前无线环境下在复兴号上影响VoLTE MOS的主要问题在于重建,而重建的主要原因为高速移动场景下“切换慢”,解决切换慢问题主要依靠A3相关切换参数的调整以便加快切换;其次造成MOS低的原因为乒乓切换,解决乒乓切换的有效手段是开启乒乓抑制功能,并依据高铁列车运动的特性对抑制时间进行有效设置,同时需进行RF优化解决越区覆盖避免产生错抑制的问题。

b) 高铁VoLTE双频段选择策略应用总结。在现有站点分布情况下对比复兴号同车次、同位置测试结果,得出VoLTE线上感知效果排名为:基于覆盖和负荷均衡的双载频场景=单L1800覆盖场景>低负荷L2100场景≥中高负荷L2100场景。另在短呼性能测试中发现,设置为“基于覆盖和负荷均衡的双载频场景”,如果在L2100上起呼过程中遇到L2100弱覆盖,则会发生呼叫中的换频切换,导致呼叫时延大幅上升。现网情况下L2100覆盖较弱,起呼过程中发生换频切换可能性较大,所以建议将VoLTE业务优先建立在L1800上,并关闭VoLTE业务的负荷均衡、打开VoLTE业务的频选功能等。

以上2个结论基于京沪高铁山东段的具体无线环境、网络结构和复兴号车型的特点,总结出的复兴号的VoLTE语音质量优化方法、多频段选择策略也为后续其他高铁线路VoLTE业务部署提供参考。

### 参考文献:

[1] 马向辰. 高铁场景VoLTE语音质量分析及影响因素研究[J]. 移动

通信,2016,40(17):31-35.  
 [2] 李宗璋,牛海涛,王治国,等. 高铁场景下VoLTE演进及部署策略研究[J]. 电信技术,2015(12):43-47.  
 [3] 杨红梅,胡泊. VoLTE关键技术及相关标准[J]. 电信网技术,2013(2):57-60.  
 [4] 许可. VoLTE语音质量评价方法及测试方案[J]. 电信网技术,2014(1):17-19.  
 [5] 韩志刚,孔力,陈国利. LTE FDD技术原理与网络规划[M]. 北京:人民邮电出版社,2012:182-203.  
 [6] 何磊,高旭林,钮历宇,等. VoLTE终端语音质量研究[J]. 通讯世界,2017(13):3-5.  
 [7] 黄昭文. VoLTE语音质量的端到端在线评估方法[J]. 移动通信,2018,42(3):36-38.  
 [8] 路志义. 联通VoLTE语音质量测试解决方案[J]. 电信网技术,2017(9):29-31.  
 [9] 付航. 基于VoLTE语音的SRVCC/eSRVCC问题研究[J]. 电信技术,2017(3):8-11.  
 [10] 刘毅,刘红梅. VoLTE语音质量问题定界定位方案研究[J]. 电信技术,2018(6):26-29.  
 [11] 孙照宇. VoLTE语音质量MOS典型影响因素的研究[J]. 数字技术与应用,2018(5):32-36.  
 [12] 张幸福,杨光达. VoLTE语音质量提升研究与应用[J]. 通信管理与技术,2018(2):51-55.  
 [13] 志松,刘冬梅,张林林. VoLTE中的业务域部署方案[J]. 移动通信,2014,38(1):42-45.  
 [14] 陈森,金岩华. VoLTE端到端语音质量评估及优化研究[J]. 无线互联科技,2018(3):38-40.  
 [15] 苑婷婷. LTE系统语音业务质量评估与性能优化[D]. 北京:北京理工大学,2015.  
 [16] 罗显勇. TD-LTE语音解决方案探讨[J]. 通信与信息技术,2014(3):33-36.  
 [17] 韩健. VoLTE网络架构及关键技术论述[J]. 科技视界,2014(9):26-30.  
 [18] 马向辰,焦燕鸿,庞浩,等. 高铁场景VoLTE语音质量分析及影响因素研究[C]// 面向5G的LTE网络创新研讨会(2016)论文集. 2016.  
 [19] HYUN J, JIAN L, IM C T, et al. A VoLTE traffic classification method in LTE network[C]// Network Operations & Management Symposium. 2014.  
 [20] Poikselkä, Miikka. Voice over LTE (VoLTE)[M]// Radio Protocols for LTE and LTE-Advanced. John Wiley & Sons, Ltd, 2012.

### 作者简介:

袁满,毕业于山东大学,中国联通山东分公司网络优化中心技术总监,本科,主要从事无线网优化工作;王科,毕业于山东大学,中国联通山东分公司网络优化中心技术总监,硕士,主要从事移动无线网监控分析工作。

