



4G

高铁场景 4G 语音创新方案研究及部署建议

徐德平,马向辰,程日涛,耿鲁静

(中国移动通信集团设计院有限公司,北京 100080)

摘要:高铁场景是 4G 网络覆盖中较为特殊的场景,高铁 4G 网络覆盖在工程规划和建设上有特殊难度,无线覆盖情况差异较大,高铁场景 4G 语音方案需根据无线覆盖质量情况,采用不同的语音业务部署策略。分析了目前高铁 4G 网络规划指标情况下语音业务的支持能力,研究了高铁 4G 覆盖环境下的可选语音方案,从提升用户体验、方案可行性出发,给出了可行的高铁场景 4G 语音业务部署建议。

关键词:高铁;4G;语音方案

中图分类号: TN929.53

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015360

Research and deployment on the innovation solution for 4G voice of high-speed railway scenario

XU Deping, MA Xiangchen, CHENG Ritao, GENG Lujing

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

Abstract: High-speed railway is a special scenario of 4G network coverage, the project planning and construction of high-speed railway 4G network coverage have special difficulty, wireless coverage is different. High-speed railway scenario 4G voice solution needs to use different voice deployment strategy according to the quality of wireless coverage. The current situation of high-speed 4G network planning index and the ability to support voice services were analyzed, the alternative voice program under the high-speed railway 4G coverage was researched. Considering enhancing the user experience and feasibility, the feasible high-speed railway scene 4G voice service deployment recommendations was put forward.

Key words: high-speed railway, 4G, voice solution

1 引言

3GPP 定义的语音解决方案有 CSFB 和 VoLTE 两种。在网络初期主要采用 CSFB 方案,即在用户需要进行语音业务时,从 LTE 网络回落到 3G/2G 的电路域重新接入,并按照电路域的业务流程发起或接听语音业务;当 LTE 网络达到全覆盖时,VoLTE 语音方案将成为运营商的终极解

决方案。目前,国内运营商正在积极进行网络改造,为开展 VoLTE 语音业务做准备。

高铁场景是 4G 网络中较为特殊的场景,由于高铁具备运行速度快、穿透损耗高、切换频次多等特点,高铁 4G 网络覆盖在工程规划和建设上有特殊难度,如果简单地在高铁专网部署与公众网相同的 VoLTE 语音方案,将无法保障语音质量,影响用户体验,因此需要研究可行的

4G 高铁语音解决方案。

2 高铁 4G 网络规划建设情况及语音业务支持能力分析

2.1 高铁 4G 网络规划建设情况

为了实现高速铁路 4G 网络的有效覆盖,保障客户感知,对于时速达到 250 km/h 以上的高铁线路主要采用“四专”的专网覆盖技术方案:专用设备,2 通道 RRU+高增益天线;专用功能,配置高速移动、小区合并功能;专用频率,优先选择低频段频率、公网/专网异频组网;专用参数,优化系统内切换优先级、TA 参数规划等参数。高铁专网的规划指标如下所示。

(1)RSRP(95%概率)

沿线:宏基站覆盖指标为 >-113 dBm,隧道(泄漏电缆)覆盖指标为 >-113 dBm。

车站:一般区域覆盖指标为 -105 dBm,业务量需求高的区域覆盖指标为 -95 dBm。

(2)RS-SINR (95%概率)

沿线:宏基站、隧道(泄漏电缆)覆盖指标为 -3 dB。

车站:一般区域覆盖指标为 6 dB,业务量需求高的区域覆盖指标为 9 dB。

(3)下行边缘用户速率指标(CDF 95%)为 1 Mbit/s (50 RB)

按照以上网络规划指标,根据链路预算,高铁沿线站址间距见表 1。

2.2 高铁 4G 语音业务支持能力

与高铁规划设计指标进行对比分析,以 F 频段郊区、

表 1 高铁沿线站址间距

场景	小区内/间	站/杆间距/km
城区 F 频段	小区内	1
	小区间	0.8
城区 D 频段	小区内	0.6
	小区间	0.4
郊区、农村 F 频段	小区内	1.2
	小区间	1.0
泄漏电缆	小区内	0.7
	小区间	0.5

农村场景为例。链路预算见表 2。

覆盖预算表明现网规划建设情况可以满足 12.65 kbit/s 速率的语音覆盖要求,不满足 23.85 kbit/s 速率的语音覆盖要求。12.65 kbit/s 速率语音业务覆盖站间距为 1.15 km,覆盖能力优于高铁现网规划站间距要求(1 km),23.85 kbit/s 速率语音业务覆盖站间距为 0.8 km,覆盖能力劣于原规划站间距要求(1 km),比原规划覆盖半径小 20%。

2.3 高铁场景 4G 语音质量

通过仿真分析,在无线环境良好时,高、低编码速率的语音业务质量差异不明显,但在无线质量不足时,高编码速率的语音业务质量的恶化速率会高于低编码业务质量的恶化速率。因此,在无线覆盖质量不足的情况下,更适合低编码速率的语音业务,具体如图 1 所示。

宁杭高铁 VoLTE 语音业务测试情况表明现网规划指标可以满足标清语音覆盖要求,不满足高清语音覆盖要求。从表 3 可看出,23.85 kbit/s 高编码速率的 VoLTE 业务质量低于 12.65 kbit/s 低编码语音的业务质量。

表 2 链路预算

项目	下行信道(郊区、农村 F 频段)				上行信道(郊区、农村 F 频段)		
	RS 信号	数据业务 (1 Mbit/s)	语音 (12.65 kbit/s)	语音 (23.85 kbit/s)	数据业务 (64 kbit/s)	语音 (12.65 kbit/s)	语音 (23.85 kbit/s)
最小接收电平/dBm	-113	-94.8	-99.4	-97.1	-112.3	-117.6	-113
RS 发射功率/dBm	15.2	39	33.8	33.8	17	14	14
天线增益/dBi	0	20	20	20	20	20	20
馈线及接头损耗/dB	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
RS 接收分集增益/dB	2	0	0	0	0	0	0
阴影衰落余量/dB	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22
车体穿透损耗/dB	28	28	28	28	28	28	28
车内最大允许路径损耗/dB	115.48	119.14	118.44	116.14	114.63	116.86	112.26
传播模型截距/dB	122.91	122.91	122.91	122.91	122.91	122.91	122.91
传播模型斜率	35.22	35.22	35.22	35.22	35.22	35.22	35.22
覆盖半径/m	615	781	746	642	582	673	498

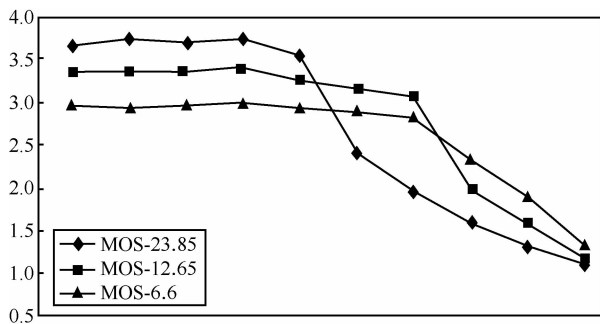


图1 高、低编码速率的语音业务质量对比

3 高铁语音业务可选方案

根据以上理论分析及实际无线规划建设情况,高铁场景可选的语音方案有 CSFB 方案、12.65 kbit/s 低编码速率 VoLTE 方案、23.85 kbit/s 高编码速率 VoLTE 方案。

3.1 CSFB 方案

鉴于高铁 4G 网络工程规划建设上的特殊难度,高铁沿线有可能出现大范围质量差、甚至无 4G 网络覆盖的情况,此时 CSFB 需作为基本语音解决方案。

高铁如采用 CSFB 方案,需要核心网支持分场景部署 CSFB 和 VoLTE 语音方案的能力,否则会造成未打开 VoLTE 功能的 eNode B 的呼叫时延增加甚至失败,影响用户体验。

主叫终端从空闲态发起 RRC 建立到收到 SIP 183 消息,时延在 2 s 左右;收到 SIP 183 消息后,启动 TQOS 定时器,等待 QCI1 承载建立消息,等待时延为 6 s;TQOS 超时后,若 QCI1 未成功建立,主叫立即发起 CSFB,CSFB 时延在 10 s 左右。终端在未开通 VoLTE 的 eNode B 下发起主叫的总体时延在 18 s 左右。

被叫终端收到寻呼消息后,从空闲态发起 RRC 建立到收到 SIP 183 消息,时延在 2 s 左右;收到 SIP 183 消息后,启动 TQOS 定时器,等待 QCI1 承载建立消息。等待时延最长为 6 s;TQOS 超时后向 IMS 回复 SIP 580 消息,通知 Precondition 失败。如果核心网支持该阶段的 CS Retry 功能,会发送 CS 域的寻呼,被叫 CSFB 到 2G;如果不支持该功能,则本次呼叫失败。终端在未开通 VoLTE

的 eNode B 下被叫 VoLTE,时延在 20 s 左右,甚至会呼叫失败。

综上所述,CSFB 方案主要适合于不满足高铁专网规划指标 ($RSRP \geq -113$ dBm & $SINR \geq -3$ dB 占比大于 95%) 或沿线 4G 网络未完全建成开通的场景。同时需要核心网支持分场景部署不同语音方案的能力。该功能属于规范定义的标准功能,但现网软件版本不支持该功能,需要统一进行升级。

3.2 12.65 kbit/s 编码速率 VoLTE 方案

根据理论预算分析和实际网络测试数据,目前的站址规划建设和无线覆盖情况能够满足 12.65 kbit/s 低编码速率 VoLTE 语音业务要求。但核心网仅支持统一速率方式,若大网采用 23.85 kbit/s 编码速率 VoLTE 语音方案,则高铁场景无法支持 12.65 kbit/s 编码速率。

此方案要对核心网进行改造升级,支持分场景部署不同语音编码速率的 VoLTE 语音方案。改造方案是在起呼过程中,核心网判断用户位置,当用户处于高铁沿线 TA 时,通过修改呼叫信令使终端只能使用低速编解码。需要终端在发起编解码协商时,同时携带 AMR-WB 多个 mode-set(至少包含 mode-set 0 或 1)。高铁区域的 TA 需采用特殊标识,且 SBC 可识别;网络维护中,如高铁区域发生 TA 变化,需告知 SBC。

此方案是非标方案,现网 SBC 厂商均不支持该功能,经评估及调研,预计方案完全明确后,至少 6 个月后可有厂商提供支持。

12.65 kbit/s 编码速率 VoLTE 方案适用于满足规划指标 ($RSRP \geq -113$ dBm & $SINR \geq -3$ dB 占比大于 95%) 场景的高铁线路,目前大多数线路的规划指标均按照此指标进行规划建设,此方案适用于大多数高铁场景。

3.3 23.85 kbit/s 编码速率 VoLTE 方案

由于目前规划指标和站址设置情况无法满足承载 23.85 kbit/s 编码速率 VoLTE 方案的要求。23.85 kbit/s 编码速率 VoLTE 业务的无线覆盖指标要求达到 $RSRP \geq -110$ dBm & $SINR \geq -3$ dB。如果按照此指标调整无线网络覆盖方案,会面临以下难点。

表3 宁杭高铁不同编码速率语音业务质量对比

业务	网络覆盖情况		VoLTE 业务质量					
	平均 RSRP	平均 SINR	平均 MOS	MOS>3.5 的概率	95%MOS	MOS>2.5 的概率	平均 PLR	PLR<1%的概率
VoLTE 23.85 kbit/s	-83.72	11.1	3.57	65.70%	1.82	83.90%	3.64%	82.90%
VoLTE 12.65 kbit/s	-92.77	11.29	3.76	81%	2.33	93.20%	1.21%	92.74%

(1)加密站址调整难度高

高铁沿线站址获取困难,若按照 80%的站间距重新规划站址,在高铁沿线线形覆盖带基本无法实施。

(2)投资增加大

经初步估算,如需对已建线路和已规划但尚未建设的线路按照满足 23.85 kbit/s 高清语音连续覆盖要求进行改造和建设,需增加投资约数十亿元。

(3)严重影响工程实施进度

高铁工程本身需要协调单位多、工程实施时间窗口受限等因素,工程建设进度滞后,如重新进行规划和改造,工程进度将严重滞后。

综上所述,23.85 kbit/s 编码速率 VoLTE 方案仅适合于已达到或者通过简单优化可达到较优无线覆盖指标 ($RSRP \geq -110$ dBm & $SINR \geq -3$ dB 占比大于 95%) 的高铁场景。不适合全网的高铁线路。

4 高铁无线语音部署建议

考虑到高铁实际建设进度、4G 高铁实际覆盖性能以及大网 VoLTE 部署安排,可以采用初期方案和远期方案的部署策略。

(1)初期方案

- 已达到或者通过优化可达到更优性能 ($RSRP \geq -110$ dBm & $SINR \geq -3$ dB 占比大于 95%)的,可开通 23.85 kbit/s 高清语音业务。
- 满足规划指标 ($RSRP \geq -113$ dBm & $SINR \geq -3$ dB 占比大于 95%)的,若 2G 专网语音质量较好,应通过核心网升级支持分场景部署语音方案能力,通过 CSFB 方式承载语音。否则,开通 23.85 kbit/s 高清语音业务,但面临语音质量较差的问题。
- 对于不满足规划指标 ($RSRP \geq -113$ dBm &

$SINR \geq -3$ dB 占比大于 95%)的,应通过核心网升级支持分场景部署语音方案能力,通过 CSFB 方式承载语音。

(2)远期方案

若后续核心网可实现分场景部署 VoLTE 编码方案的能力,则建议对于满足规划指标的线路开启该功能,即在该场景下实现 VoLTE 12.65 kbit/s 编码方案。

5 结束语

高铁覆盖在工程规划和建设上有特殊难度,已规划建设 4G 专网的高铁线路总体建设情况参差不齐,需要根据线路具体情况分场景采用语音解决方案,具体见表 4。

考虑到高铁实际建设进度、网络覆盖性能以及大网 VoLTE 部署安排,可以采用初期和远期两种部署方案。

参考文献:

[1] 中国移动通信集团有限公司. 4G 网络高速铁路覆盖技术要求 [EB/OL]. [2015-04-30]. http://wenku.baidu.com/link?url=soMmq6PnGLsJbm8ZGoYTKY9rJH1q5no039ngiifnFXu-d_bOe4NYLVdhpluv05o3lgD_cjJrRug6dPi4p7VD_L9tUNnzc2JQvdN9-FMI237. China Mobile Communications Corporation. 4G network high-speed railway coverage technical requirements [EB/OL]. [2015-04-30]. http://wenku.baidu.com/link?url=soMmq6PnGLsJbm8ZGoYTKY9rJH1q5no039ngiifnFXu-d_bOe4NYLVdhpluv05o3lgD_cjJrRug6dPi4p7VD_L9tUNnzc2JQvdN9-FMI237.

[2] 中国移动通信集团有限公司. 关于高速铁路覆盖网络建设的指导意见 [EB/OL]. [2014-11-25]. http://wenku.baidu.com/link?url=zphLcORqVva-7wu6ax2rpkhkg6mpwRZ7_Tw6aFSQttvToMqZnU61J1uZgPnqOV-BYnjofrYtp7l7JIX_ZTtqGPrg-Rd9x5l7nnWgEzNtN63. China Mobile Communications Corporation. Guiding opinions on the 4G network coverage of high-speed railway [EB/OL]

表 4 各方案适用线路情况及说明

序号	方案	适用线路情况	方案说明
1	CSFB 语音方案	不能实现 VoLTE 连续覆盖 (因未完全建成或站址间距较大)	核心网升级 (该功能为核心网三期设备采购可选功能要求)
2	23.85 kbit/s 语音业务	4G 网络覆盖达到调整规划指标 ($RSRP > -110$ dBm、 $RS-SINR > -3$ dB)	已线路需要按照调整后的规划指标及站间距要求进行网络改造; 新建线路按照调整后的规划指标及站间距要求进行规划建设; 影响工程实施进度; 增加投资约数十亿元
3	12.65 kbit/s 语音业务	4G 网络覆盖达到原规划指标 ($RSRP > -113$ dBm、 $RS-SINR > -3$ dB)	属于非标的实现方案,需核心网进行开发及改造; 已经建设/实施线路无线设备升级



[2014-11-25].http://wenku.baidu.com/link?url=zphLc0RqVva-7wu6ax2rpkhkg6mpwRZ7_Tw6aFSQttvToMqZnU61J1uZgPnq0V_BYnjofrYtp7t17JIXZTtqGPrg-Rd9x5l7nnWgEzNtN63.

- [3] 中国移动通信集团有限公司. 中国移动高铁 VoLTE 试点测试规范 [EB/OL]. [2014-10-29]. http://wenku.baidu.com/link?url=UjKdms2IXnxzfiEwmd2PLgZygQ4YHPVh0e500rnaqxstDF-pOiDS1PWnmnZtbVOn69jukcvhU1peSrQ6kAbxTkMM_giNzHb-5TyI-TamoiDS.

China Mobile Communications Corporation. High-speed railway VoLTE pilot test specification [EB/OL]. [2014-10-29]. http://wenku.baidu.com/link?url=UjKdms2IXnxzfiEwmd2PLgZygQ4YHPVh0e500rnaqxstDF-pOiDS1PWnmnZtbVOn69jukcvhU1peSrQ6kAbxTkMM_giNzHb-5TyI-TamoiDS.

[作者简介]



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。



马向辰(1971-),男,中国移动通信集团设计院有限公司教授级高级工程师,主要从事无线通信规划设计和研究工作。



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。



耿鲁静(1986-),女,中国移动通信集团设计院有限公司工程师,主要从事无线通信系统设计和研究工作。