

城市轨道交通车地综合通信系统(LTE-M)枢纽 换乘站频段规划方案研究

彭传贤

(中铁第四勘察设计院集团有限公司,430063,武汉//高级工程师)

摘 要 城市轨道交通车地综合通信系统(LTE-M)在枢纽换乘站存在同频干扰问题,需研究干扰源头——枢纽换乘站基站的频率配置方案。以昆明轨道交通4号线和5号线枢纽换乘站火车北站两线LTE-M系统频段规划方案为例,基于LTE-M系统承载业务需求和频段使用实际情况,分析了枢纽换乘站LTE-M系统基站的不同频段异频和同频段异频2种规划方案,以及同频段的全部同频、部分同频和无线网络共享3种规划方案,并比较了各种规划方案的优缺点,提出了各种规划方案的适用性建议。

关键词 城市轨道交通;LTE-M;枢纽换乘站;基站频率规划

中图分类号 U285.5⁺4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2023.05.024

Research on Frequency Band Planning Scheme of LTE-M System in Urban Rail Transit Hub Interchange Station

PENG Chuanxian

Abstract Co-frequency interference problem exists in urban rail transit hub interchange station LTE-M (long term evolution-metro) system. The interference source—frequency configuration scheme of hub interchange station base station should be studied. Taking the LTE-M system frequency band planning scheme of Kunming Rail Transit Line 4 and Line 5 hub interchange station Kunming North Railway Station as example, based on the service requirements and actual use of LTE-M system frequency band, two planning schemes of different frequencies in different frequency bands and in the same bands of the LTE-M system are analyzed. For three planning schemes of co-frequency, partial co-frequency and wireless network sharing in the same frequency band, their advantages and disadvantages are compared, and the applicability suggestions of each planning scheme are proposed.

Key words urban rail transit; LTE-M; hub interchange station; base station frequency planning

Author's address China Railway Siyuan Survey and De-

sign Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China

目前,国内城市轨道交通新建线路均采用了LTE(长期演进)技术承载车地无线通信业务。为规范和指导城市轨道交通LTE系统的工程建设,中国城市轨道交通协会制定和颁布了团体标准《城市轨道交通车地综合通信系统(LTE-M)总体规范》^[1]。昆明市根据城市轨道交通行业内LTE技术应用现状,结合城市轨道交通车地通信业务需求和云南省无线电管理部门有关1 800 MHz频率使用的要求,在昆明轨道交通4号线和5号线上均采用LTE-M系统承载列车运行控制业务和集群语音调度业务。

昆明轨道交通4号线和5号线在枢纽车站——火车北站站台换乘并共用站厅,两线的LTE-M系统在火车北站区域存在相互干扰问题。本文以昆明轨道交通火车北站LTE-M系统基站频率配置方案为例,从干扰源头——基站频率配置着手,研究枢纽换乘站不同线路LTE-M系统的频段规划方案,以解决不同线路LTE-M系统之间的相互干扰问题。

1 昆明轨道交通火车北站LTE-M系统现状

昆明轨道交通4号线和5号线LTE-M系统承载业务带宽需求如表1所示。

根据LTE技术原理和城市轨道交通工程测试情况,当LTE-M系统基站配置频宽为1.4 MHz、3.0 MHz、5.0 MHz时,基站小区的上/下行平均带宽分别约为1.0/2.1 Mbit/s、2.3/4.5 Mbit/s、4.0/8.2 Mbit/s。因此由表1可知,在承载列车运行控制业务和集群调度业务时两线火车北站LTE-M系统基站单网至少需要3.0 MHz频宽才能满足车地通信业务需求。

表 1 LTE-M 系统承载业务带宽需求表

Tab.1 Band width requirements for LTE-M system service

业务类型	A 网带宽/ (Mibit/s)		B 网带宽/ (Mibit/s)		备注
	上行	下行	上行	下行	
列车运行控制业务	1.50	1.50	1.50	1.50	优先级高,每个基站小区关联 6 列列车,每列列车上下行带宽各需 256 Mibit/s
集群语音调度业务			0.64	0.64	每个基站小区关联 10 个通话组,每个通话组所需带宽为 0.64 Mibit/s
合计	1.50	1.50	2.14	2.14	

目前,4 号线已开通运营,其 A 网组网频段为 1 795~1 800 MHz,B 网组网频段为 1 790~1 795 MHz,A 网和 B 网相互独立,并行工作。在火车北站区域,若 5 号线 LTE-M 系统共用 4 号线该频段,必然存在同频干扰问题。因此,需要针对火车北站区域,研究两线 LTE-M 系统基站的频率规划方案。

2 异频规划方案

根据国家工业和信息化部及中国城市轨道交通协会的相关文件^[2-4]要求,LTE-M 系统可使用 1 785~1 805 MHz 频段内的 20 MHz 频率,因 4 号线 LTE-M 系统采用的是 1 790~1 800 MHz 频段,因此,5 号线在火车北站可采用 1 785~1 790 MHz 和 1 800~1 805 MHz 频段,两线采用不同频段异频规划方案;也可在 4 号线 1 790~1 795 MHz 频段内进行规划分配,两线采用同频段异频规划方案。

2.1 不同频段异频方案

基于 4 号线的频率使用情况,5 号线可采用 1 785~1 805 MHz 频段内的 1 785~1 790 MHz 和 1 800~1 805 MHz 频段,用于火车北站 LTE-M 系统基站的频率配置,与 4 号线火车北站 LTE-M 系统基站频率完全异频。两线火车北站 LTE-M 系统基站不同频段异频规划方案如表 2 所示。

表 2 不同频段异频规划方案

Tab.2 Planning scheme of abnormal frequencies in different frequency bands

线路	网络	规划频率/MHz
4 号线	A 网	1 795~1 800
	B 网	1 790~1 795
5 号线	A 网	1 800~1 805
	B 网	1 785~1 790

该方案的优点是:不需要修改 4 号线 LTE-M 系

统基站频率配置,也不影响 4 号线火车北站基站小区容量和 4 号线的正常运营;两线 LTE-M 系统在火车北站区域不存在同频干扰问题。

该方案的缺点是:在火车北站区域,需要向无线电管理部门申请额外 10 MHz 频率用于 5 号线组网,同时由于 1 785~1 790 MHz 和 1 800~1 805 MHz 频段与电信运营商 2G 移动通信系统 DCS(分散控制系统)网络和 4G 移动通信系统 FDD-LTE(频分双工-长期演进)网络邻频^[4-5],需要采取防干扰措施。

2.2 同频段异频方案

将 4 号线已采用的 1 790~1 800 MHz 频段划分为 2 个间隔为 5 MHz 的频段,分别为 1 790~1 795 MHz 和 1 795~1 800 MHz。在火车北站,4 号线使用 1 790~1 795 MHz 频段,5 号线使用 1 795~1 800 MHz 频段。

由于 LTE-M 系统承载列车运行控制业务,4 号线和 5 号线均需要建设 A、B 双网,因此,将 5 MHz 进一步细分为 1.4 MHz+3.0 MHz,用于 A、B 网基站频率配置。两线 LTE-M 系统基站同频段异频规划方案如图 1 所示。4 号线基站 A、B 网频段为:B 网 1 790.0~1 793.0MHz;A 网 1 793.0~1 794.4 MHz。5 号线基站 A、B 网频段为:B 网 1 795.0~1 798.0 MHz;A 网 1 798.0~1 799.4 MHz。

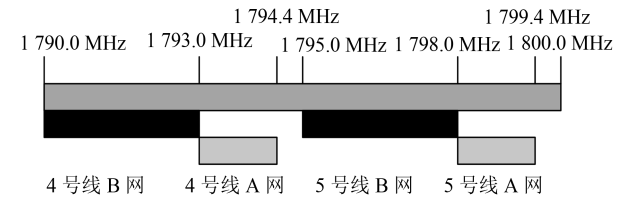


图 1 同频段异频方案示意图

Fig.1 Diagram of scheme of abnormal frequencies in the same frequency band

该方案的优点是:4 号线和 5 号线火车北站 LTE-M 系统基站完全异频组网,可规避同频干扰问题。

该方案的缺点是:LTE-M 系统基站频宽缩小,导致小区的容量会相应降低,尤其是 A 网使用频宽只有 1.4 MHz,小区边缘速率达不到表 1 中的需求。同时,由于 4 号线已开通运营,需要请点对 4 号线火车北站基站频率和小区切换进行调整,届时是否能够满足该站 LTE-M 系统承载业务需求、是否会对 4 号线运营造成影响,均存在风险。

3 同频规划方案

基于 4 号线 1 790~1 800 MHz 频段的 10 MHz 频率,4 号线和 5 号线 LTE-M 系统火车北站基站频率规划方案可分为全部同频、部分同频及无线网络共享 3 种方案。

3.1 全部同频方案

两线 LTE-M 系统火车北站基站全部同频配置方案如图 2 所示。

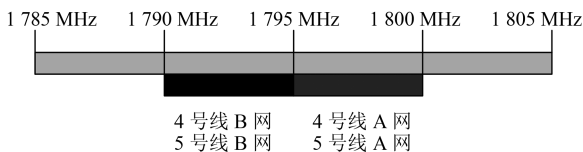


图 2 全部同频方案示意图

Fig. 2 Diagram of all frequency scheme

该方案的优点是:不需要修改 4 号线 LTE-M 系统基站频率配置。

但该方案的缺点十分明显:对于同时承载列车运行控制业务和集群语音业务的 B 网而言,在火车北站区域存在严重的同频干扰问题,集群语音业务将受到严重影响,甚至不可用;即使在站厅层、设备房等区域,5 号线集群业务采用 4 号线 A 网频率可保障集群业务使用,但 5 号线集群业务基站的无线信号可能通过线缆爬架、走线孔、楼梯等地方泄露至 4 号线轨行区,进而干扰 4 号线的列车运行控制业务。因此,该方案在技术上不可行。

3.2 部分同频方案

为优化 2.2 节方案的容量问题,综合考虑地理空间隔离、B 网承载集群语音业务等因素,可将 1 790~1 800 MHz 频段划分成 3 个间隔为 3 MHz 的频段,具体划分为:Ⅰ段,1 790~1 793 MHz;Ⅱ段,1 793~1 796 MHz;Ⅲ段,1 796~1 799 MHz。4 号线和 5 号线 B 网分别采用其中一个频段,两线 B 网异频,相互之间不干扰;4 号线和 5 号线 A 网共同使用最后一个频段,两线 A 网同频,相互之间可能存在同频干扰。具体频率规划方案如表 3 所示。

表 3 部分同频规划方案

Tab. 3 Partial co-frequency planning scheme

线路	网络	规划频率/MHz
4 号线	A 网	1 793~1 796
	B 网	1 790~1 793
5 号线	A 网	1 793~1 796
	B 网	1 796~1 799

该方案的优点是:4 号线和 5 号线 B 网完全异频,不存在同频干扰问题,能确保集群语音业务的正常使用;同时,A 网采用 3 MHz 频率组网,相对上述 1.4 MHz 频率组网方案提升了基站小区容量。

该方案的缺点是:由于基站配置频宽降低,会导致 B 网小区容量下降;而两线 A 网同频组网,存在同频干扰问题。漏缆安装位置、屏蔽门阻挡、站台空间隔离等因素能在一定程度上降低同频干扰的影响,但具体干扰影响需要依据工程实施方案、站台宽度等因素进行分析。

针对该方案存在的 A 网同频干扰问题,需要进一步进行现场测试,在工程实施过程中可以采取以下措施:在两线间增设无线信号隔离设置;漏缆安装在隧道顶部区域,尽量使漏缆开槽孔稍稍向隧道顶部方向敷设;同时降低两线 A 网 LTE-M 系统基站输出功率,如降低一半输出功率。

3.3 无线网络共享方案

无线网络共享方案,即 4 号线和 5 号线火车北站 LTE-M 系统共同使用 1 套基站进行无线覆盖,该基站同时接入两线 LTE-M 系统核心网,实现无线网络设备和频率资源的共享。

由于 4 号线已开通运营,因此可由 4 号线火车北站 LTE-M 系统基站同时为两线提供服务;5 号线火车北站 LTE-M 系统网络建设时,可将 5 号线的核心网接入到 4 号线基站,将 5 号线用户接入到 4 号线基站,由此可满足业务需求。

该方案的优点是:不需要在火车北站建设 5 号线 LTE-M 系统基站。

该方案的缺点是:需要对火车北站 4 号线 LTE-M 系统的无线覆盖系统进行改造,并增加相应的无源器件以实现对 5 号线区域的覆盖;同时需要修改 4 号线的基站配置,以便 5 号线核心网接入;在火车北站与相邻车站之间存在跨核心网切换问题;由于两线共享无线网络和频率,小区容量是否能够满足两线的业务需求也存在问题;目前 LTE-M 系统不同产品供应商承载集群业务基站与核心网之间的 S_T 接口^[6]互联互通尚没有成功案例。

4 结语

根据上述分析,昆明轨道交通 4 号线和 5 号线火车北站 LTE-M 系统基站频率规划方案如下:

1) 5 号线 LTE-M 系统 A、B 网基站优先考虑采用 1 785~1 790 MHz 和 1 800~1 805 MHz 频段,与

4 号线异频,但应注意采取措施避免与电信运营商网络之间的干扰。

2) 若无线电管理部门建议两线共用 1 790 ~ 1 800 MHz 频段,两线 LTE-M 系统 A、B 网基站可采用频段间隔为 3 MHz (即 3 MHz + 3 MHz + 3 MHz) 的部分同频规划方案,但需要两线的业主方和设备供应商之间相互配合协调。

3) 两线 LTE-M 系统 A、B 网基站采用频段间隔分别为 3.0 MHz 和 1.4 MHz (即 3.0 MHz + 1.4 MHz) 的异频规划方案时,会造成小区容量受限,无法满足 LTE-M 系统承载业务需求。

4) 在 LTE-M 系统承载集群语音业务时,不建议两线 LTE-M 系统 A、B 网基站采用频段间隔同为 5 MHz (即 5 MHz + 5 MHz) 的完全同频规划方案和无线网络共享方案。

因此,城市轨道交通枢纽站 LTE-M 系统频段规划方案的选择和实施,应根据各地枢纽站的工程实际情况、LTE-M 系统承载的业务需求、当地无线电管理部门的频率批复情况进行综合考虑。

参考文献

- [1] 中国城市轨道交通协会. 城市轨道交通车地综合通信系统 (LTE-M) 总体规范: T/CAMET 04005—2018[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2018.
China Association of Metros. Long term evolution for metro (LTE-M)—generic specification: T/CAMET 04005—2018[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2018.
- [2] 中国城市轨道交通协会. 关于转发工信部 1 785 ~ 1 805 MHz 频段使用事宜通知及有关落实工作的意见: 中城轨[2015] 008 号[A]. 北京: 中国城市轨道交通协会, 2018.

China Association of Metros. Opinions on forwarding the notice of the Ministry of Industry and Information Technology on the use of 1 785 ~ 1 805 MHz frequency band and related implementation work: CAMET [2015] No. 008[A]. Beijing: China Association of Metros, 2018.

- [3] 中华人民共和国工业和信息化部. 关于重新发布 1 785 ~ 1 805 MHz 频段无线接入系统频率使用事宜的通知: 工信部无[2015]65 号[A]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2015.
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. Notice on the re-issue of 1 785 ~ 1 805 MHz band wireless access system frequency use: MIIT [2015] No. 65[A]. Beijing: Ministry of Industry and Information Technology, 2015.
- [4] 中华人民共和国工业和信息化部. 关于加强 1 447 ~ 1 467 MHz 和 1 785 ~ 1 805 MHz 频段无线电频率使用管理的通知: 工信部无[2018]197 号[A]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2018.
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. Notice on strengthening the management of radio frequency use in the 1 447 ~ 1 467 MHz and 1 785 ~ 1 805 MHz bands: MIIT[2018] No. 197[A]. Beijing: Ministry of Industry and Information Technology, 2018.
- [5] 徐彤, 丁胜高. LTE 无线网络优化技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2018.
XU Tong, DING Shenggao. Optimization technology of LTE wireless network[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2018.
- [6] 江林华. LTE 语音业务及 VoLTE 技术详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
JIANG Linhua. Detailed explanation of LTE voice service and VoLTE technology[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2016.

(收稿日期: 2022-12-10)

(上接第 123 页)

- LI Yanhui, CHEN Kuanmin, MA Jing, et al. Optimization of tram operation network based on considering traffic demand characteristics[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2017, 17(6): 64.
- [2] 毛保华, 张政, 陈志杰, 等. 城市轨道交通网络化运营组织技术研究评述[J]. 交通运输系统工程与信息, 2017, 17(6): 155.
MAO Baohua, ZHANG Zheng, CHEN Zhijie, et al. A review on operational technologies of urban rail transit networks[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2017, 17(6): 155.

- [3] 蒋丽华. 现代有轨电车站配线设计要点分析[J]. 城市轨道交通研究, 2018, 21(12): 135.
JIANG Lihua. Analysis on the key points in station wiring distribution design for modern tramway[J]. Urban Mass Transit, 2018, 21(12): 135.
- [4] 毛保华, 高自友. 城市轨道交通网络运营资源共享方法与技术进展[J]. 交通运输系统工程与信息, 2018, 18(3): 1.
MAO Baohua, GAO Ziyu. Progress of operational resources sharing methods for urban rail networks[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2018, 18(3): 1.

(收稿日期: 2020-04-13)