

城市轨道交通窄带集群调度向宽带集群调度过渡的改造方案

李 浔

(上海申通地铁集团有限公司, 201103, 上海//工程师)

摘 要 城市轨道交通专用无线集群系统采用宽带集群制式 LTE-M(城市轨道交通用长期演进)取代 TETRA(泛欧集群无线电)集群通信已成为行业共识。在窄带集群向宽带集群改造的过程中,调度终端和车载终端的改造将直接影响列车运行的安全。对比了双模调度、双模车载台及宽窄带互联互通 3 种过渡方案的优缺点,并结合改造的前期、中期、后期及运营后 4 个阶段对其风险进行评估。推荐采用双模调度和双模车载台相结合的方式,该方式在改造过程中对运营线路的影响最小。

关键词 城市轨道交通;集群通信;泛欧集群无线电;长期演进;宽带集群改造

中图分类号 U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.11.018

Transformation Scheme of Urban Rail Transit from Narrowband Trunking Dispatching to Broadband Trunking Dispatching

LI Xun

Abstract It has become an industry consensus that the broadband trunking system adopts LTE-M instead of TETRA trunking communication. During the process of transforming from narrowband trunking to broadband trunking, the transformation of dispatching terminals and train-borne terminals directly affects the safety of train dispatching. By comparing the advantages and disadvantages of three schemes: dual-mode dispatching, dual-mode train-borne radio unit and broadband and narrowband interoperation, and evaluating the risks in combination with the four stages of transformation: before, during, after and after fully operational. It is recommended to adopt the combination of dual-mode dispatching and dual-mode train-borne radio unit for smooth transition, with the least impact on the operating line in the transformation process.

Key words urban rail transit; trunking communication; TETRA; LTE; broadband trunking transformation

Author's address Shanghai Shentong Metro Group Co., Ltd., 201103, Shanghai, China

当前城市轨道交通线路的专用无线通信系统大多采用基于窄带的 TETRA(泛欧集群无线电)技术来实现对列车的调度。基于 TETRA 的窄带通信技术成熟且产品稳定、可靠,已在上海、北京、广州等城市的城市轨道交通无线列车调度领域中得以广泛应用。随着无线通信技术的发展,LTE-M(城市轨道交通用长期演进)宽带集群技术越来越受到业内的关注。该技术具备了频谱利用率高、低时延、带宽灵活等诸多优点,不仅能满足专业用户对语音集群的需求,还能承载城市轨道交通行业对于高速数据叠加的视频调度、视频监控等宽带业务的需求。由此,城市轨道交通专用无线集群系统采用 LTE-M 取代 TETRA 已成为行业共识,与宽带集群系统相关的国家标准和行业规范已陆续发布并予以实施。

与此同时,TETRA 技术在全国的应用范围逐步萎缩,其产业供应与支撑能力的不足,正进一步推动了各城市轨道交通既有线路加快专用无线集群系统宽带化改造的步伐。目前国内外城市轨道交通线路仍没有窄带集群改造为宽带集群相关的理论研究以及实施案例,为此,本文通过介绍多种窄带集群调度向宽带集群调度过渡的常用改造方案,并对比各方案的优缺点,以期对未来城市轨道交通线路的无线宽带集群改造提供参考。

1 宽带集群改造的需求分析

自窄带集群 TETRA 应用以来,城市轨道交通集群语音业务的需求比较稳定,将来也不会有太大变化^[1]。城市轨道交通的集群调度通信系统改造一般可以划分为服务层的改造、传输层的改造和终端应用层的改造 3 方面,如图 1 所示。由于实施宽带集群改造计划的城市轨道交通线路为既有的运营线路,在窄带集群改造为宽带集群的全过程需要

实现平稳过渡,即:在不改变既有 TETRA 网络和系统架构的前提下,逐步改造使用宽带集群应用的终端设备,尽量保证调度人员和列车司机不需要改变操作习惯,也不需要人员对人员进行过多的操作培训,即可实现双模融合的兼容调度操作。在改造过程中,应具备可以通过模拟演练确认宽带集群系统的功能,以满足日常调度的应用需求,此后再逐步使 TETRA 设备退网,使整个改造期的过渡平稳、顺畅。

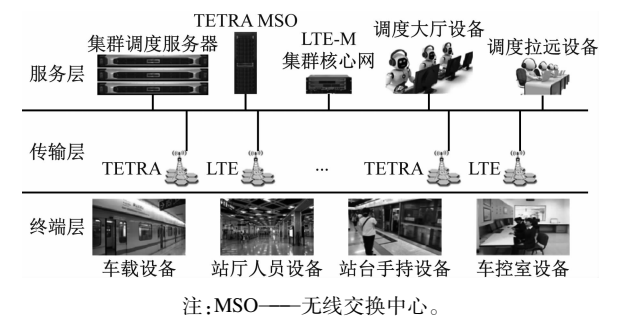


图 1 城市轨道交通既有线路宽带集群的改造范围
Fig. 1 Reconstruction scope of existing line broadband cluster of urban rail transit

在窄带集群向宽带集群改造过程中,服务层由核心网、调度服务器以及调度坐席等地面设备组成,改造过程中可以通过分设独立的宽带集群服务器机柜安装进行实现。调度大厅的调度设备因受限于调度坐席空间和使用习惯,一般需要通过技术改造来实现。

传输层的改造一般通过在既有 TETRA 网络以外分设独立的宽带集群网络系统的方式。可以在信号系统改造的同时分设 BBU(基带处理单元)、RRU(射频拉远单元)等设备,通过在轨旁新增 1 套漏缆实现信号覆盖。

改造期间的终端层需要设计可平稳过渡的方案,一般车载设备因安装空间的限制需要通过技术改造或整体更换来实现;对于站厅及站台人员的业务需求,可通过配置窄带终端和宽带终端 2 部手持台实现平稳过渡;车站控制室内的固定台一般放置于桌面,不受安装空间限制,可通过新设 1 台宽带集群固定台进行过渡。调度员操作的调度终端和司机驾驶室的车载终端是运营管理用户使用专用无线宽带集群系统的直接界面,也是系统功能和实际运维作业的纽带,直接影响列车的运行安全。因此,改造过程中实施方案的主要难点在于调度台和车载台的逐步改造。

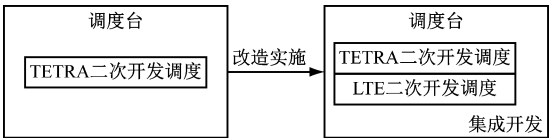
2 宽带集群改造的过渡方案

为满足改造全过程平稳过渡的需求,本文就双模调度台、双模车载台和宽窄带互联互通 3 种过渡基础方案进行介绍,并分析讨论了不同方案间可能的优化组合方案。

2.1 双模调度台方案

调度台设备一般为通用电脑工作站,运行的是定制的调度应用软件,通过有线方式连接到集群核心网。调度台是可以发起集群调度业务的特殊终端,其业务权限高于其他普通的终端设备。

如图 2 所示,“LTE-M + TETRA”的双模调度方案主要是在既有 TETRA 调度台软件内集成宽带集群的调度软件接口,以实现在同一个调度界面下的双模调度应用,并逐步改造列车的车载台设备。



注:LTE——长期演进。
图 2 双模调度台改造方案示意图
Fig. 2 Schematic diagram of transformation scheme of dual-mode dispatching console

该方案的特点在于:改造实施过程中窄带集群车载台和宽带集群车载台设备间具有良好的通用性;调度用户的操作体验好;改造施工作业的影响范围小;调度台的可靠性高;可方便地进行 LTE-M 宽带集群模式运行的预演练。

2.2 双模车载台方案

车载台是列车司机使用的集群通信终端设备,一般部署于列车两端的司机室。通过在既有 TETRA 车载台的基础上新增接入 LTE-M 宽带集群信号机,通过二次开发实现“LTE-M + TETRA”的双模运行制式,以满足 OCC(运营控制中心)对列车的窄带集群调度和宽带集群调度呼叫需求,如图 3 所示。

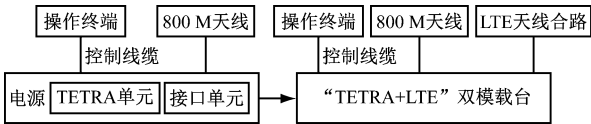


图 3 双模车载台改造方案示意图
Fig. 3 Transformation scheme of dual-mode vehicle mounted platform

该改造方案的特点在于:改造过程平稳可靠,

调度用户无需区分所呼叫的列车是否处于改造状态;改造期间司机的使用体验好;车载台设备既可以接入 LTE-M 网络,也可以接入 TETRA 无线网络,实现双网的冗余备份;可提前进行 LTE-M 模式的运行预演练操作。该方案也适用于 TETRA 窄带集群建设 LTE-M 宽带集群延伸线的使用场景。

2.3 宽窄带互联互通方案

由于目前主流的 TETRA 系统不开放有线的互联互通接口,因此宽窄带互联互通网关设备可通过宽带集群的有线网关接口与多台 TETRA 终端进行空口接入,以实现 2 个不同制式的通话组互相关联,实现语音调度的互联互通功能。图 4 为宽窄带互联互通方案的技术路线示意图。该改造方案的特点在于:可逐列改造列车的 LTE-M 车载台设备;改造

过程中调度台与车载台设备的改造进度不受限制。由于 TETRA 系统只能通过空口接入,为了避免对 TETRA 基站的信道占用造成影响,对互联互通设备的部署位置有一定的要求。此外,互联互通后的调度台在 TETRA 系统内不具备调度的高优先级权限,因此存在通话抢权的问题。

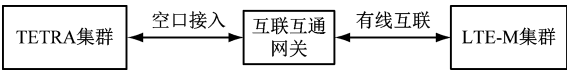


图 4 宽窄带互联互通方案的技术路线示意图

Fig. 4 Technical route diagram of wide and narrow band interoperation scheme

2.4 3 种改造过渡方案的对比分析

上述 3 种改造过渡方案的特点如表 1 所示。

表 1 3 种宽带集群改造过渡方案的对比

Tab. 1 Comparison of three transition schemes for broadband cluster transformation

方案	方案描述	优点	缺点
双模调度台	在既有 TETRA 调度软件的基础上,新增 LTE-M 的调度通信接口,以实现双模调度呼叫	改造成本较低;不受车载台改造进度的影响;可方便地进行 LTE-M 宽带调度的演练操作	改造难度较大;对既有的窄带系统的影响较大
双模车载台	在既有 TETRA 车载台的基础上,新增 LTE-M 宽带计入的信号机,以实现双模车载台应用	设备更具通用性;司机用户体验较好;可双制式待机;可提前进行宽带集群模式运行的预演练;适用于 LTE-M 线路的延伸线建设	改造后车载台设备的复杂度增加,由此增加维护难度
宽窄带互联互通	通过宽窄带互联互通网关实现 TETRA 与 LTE-M 间的通话组语音互通	调度台与车载台设备改造进度不受限制	LTE-M 调度在窄带通信系统内不具备高优先级权限,TETRA 空口接入设备需要分布式部署

如表 1 所示,通过对 3 种方案的特点进行比较后发现,若在改造时采用组合的应用方案,可达到优势互补的效果。如表 2 所示,可采用组合方案 1

或组合方案 2,并采用专家评分法,对宽带集群过渡改造的前期、中期、后期阶段及运营后这 4 个阶段的风险进行评估。

表 2 宽带集群改造不同方案的风险系数对比

Tab. 2 Comparison of risk coefficients among different broadband cluster transformation implementation schemes

改造方案	风险系数			
	改造前期	改造中期	改造后期	运营后
基础方案 1(双模车载台)	4	25	25	8
基础方案 2(双模调度台)	25	25	8	6
基础方案 3(宽窄带互联互通)	4	25	25	25
组合方案 1(双模调度台+宽窄带互联互通)	25	20	12	6
组合方案 2(双模调度台+双模车载台)	4	8	4	4

注:风险系数=风险严重性×风险可能性。风险严重性和风险可能性均设 5 个等级(很低、较低、中等、较高、很高),这 5 个等级依次赋值为 1~5。风险系数的数值越大,代表风险越高。

对于既有运营的线路改造,应重点关注技术方案的可靠性和可实施性。从表 3 中可知,对于既有线路的集群通信系统改造,组合方案 2(双模调度台+双模车载台)能有效结合 2 个基础方案各自的

优势,不仅整个改造过程中风险最低,还能有效地将改造过程中的风险前置,适用于运营压力较大的线路。为此,下文将详细介绍组合方案 2 的关键技术和实施方案。

3 双模调度台与双模车载台结合方案

3.1 双模调度台的技术实现

双模调度台的开发主要是在既有调度界面基础上,集成 LTE-M 集群的软件接口 API(应用程序接口),如图 5 所示,在调度界面内新增是否优选 LTE-M 呼叫的模式切换功能。当调度按下 PTT (Press to Talk,即按即说)按键发起呼叫或申请话语权时,若当前为 LTE-M 优选模式且当前车载台支持 LTE-M 呼叫,则调用 LTE-M 的 API 接口,向 LTE-M 集群核心网发起 LTE-M 的集群呼叫。反之,则选择既有 TETRA 的调度 API 接口,向 TETRA 集群核心网发起呼叫。双模调度台的呼叫接收则通过各自集群功能的 API 回调函数自动接听处理。双模调度台的关键技术在于对 2 套集群软件接口程序的选择调用及集群应用接口的编程实现,通过是否优选 LTE-M 呼叫的模式切换功能,能够有效地实现呼叫模式的选定。

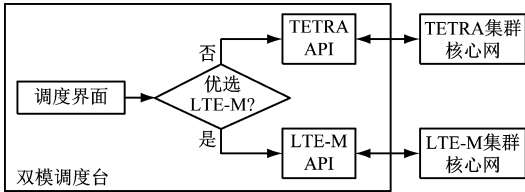


图 5 双模调度台的技术改造方案示意图

Fig.5 Schematic diagram of technical transformation scheme of dual-mode dispatching console

3.2 双模车载台的技术实现

双模车载台的开发是在既有 TETRA 集群车载台的基础上新增 LTE-M 的空口接入信号机(如图 6 所示),既有 TETRA 信号机通过串口使用 AT (Attention)指令进行数据控制,新增的 LTE-M 信号机通过以太网使用 AT 指令进行数据控制。调度呼叫发出的 LTE-M 下行音频信号或 TETRA 下行音频信号,将在车载台主机的控制单元进行音频叠加处理,再传送给车载台操作终端进行播放。司机呼叫的音频通过操作终端采集后,由车载台的控制单元进行音频分路,分别送往 2 种信号机端口,仅通过控制信号机的发射来控制上行音频的发送。双模车载台的技术要点是音频的叠加处理,双模车载台可以在 TETRA 和 LTE-M 2 种制式下待机工作,同时接收任意制式的呼叫音频,也可以根据情况选择特定的制式发起呼叫。

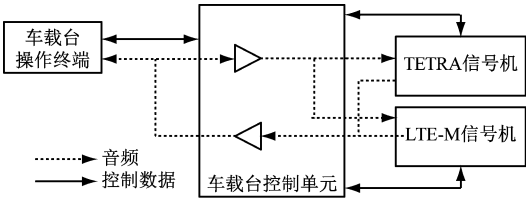


图 6 双模车载台的技术改造方案示意图

Fig.6 Diagram of technical transformation scheme of dual-mode dispatching station

“双模调度台 + 双模车载台”组合改造方案的优势在于:可以通过搭建“双模调度台 + 双模车载台”的模拟测试平台,对双模调度台是否工作在优选 LTE-M 模式的运行场景进行测试。在确认双模调度台的功能完整性和可靠性后,可正式使用双模调度台设备。随后可以开展双模车载台改造,在改造线路每日结束运营后模拟优选 LTE-M 模式对全线进行运行演练,演练内容包括对已经完成改造的车载台设备采用 LTE-M 制式呼叫,以及对未改造的车载台设备采用 TETRA 制式呼叫。在模拟运行测试结束后,将双模调度台切换回非优选 LTE-M 模式,确保正常运营时段的 TETRA 调度业务功能。待该信号改造线路的全部列车均完成改造后,再逐步使 TETRA 设备退网,以确保整个改造期平稳过渡。

4 结语

本文研究和探讨了窄带集群向宽带集群过渡的几种常用解决方案,分析了不同方案的优缺点。在宽带集群系统日渐成为主流无线列车调度系统的趋势下,既有线路集群调度改造过渡方案的选择需要结合实际改造需求、运营压力及投资情况等进行分析。将不同的基础改造方案相结合,达到优势互补,能够有效降低改造过程中的风险。对于运营压力大、对可靠性要求高的既有运营线路,推荐使用“LTE-M + TETRA”双模调度台与双模车载台相结合的方式。

参考文献

[1] 毛磊,翟浩杰,尹尚国. 5G 在轨道交通行业的应用探讨[J]. 移动通信, 2020(1):63.

MAO Lei,ZHAI Haojie,YIN Shangguo. Discussion on the application of 5G in the rail transportation industry[J]. Mobile Communications, 2020(1):63.

(收稿日期:2021-08-26)