

编者按 近几年, TD-LTE, LTE-U, LTE-M 等 4G 主流技术得到了广泛应用, 为城市轨道交通工程安全运营做出了重要贡献, 各地也积累了很多经验, 并在此基础上开始思考向 5G 技术平滑过渡方案, 本期《热点研讨》选登了 5 篇相关论文供读者参考, 期望无线传输新技术在轨道交通中发挥更大的作用。

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2018.05.001

TD-LTE 与 TETRA 在轨道交通行业的对比分析

岳晓东

(北京城建设计发展集团股份有限公司, 北京 100044)

摘要: 从数字集群通信建设情况切入, 选取国内在轨道交通广泛应用的窄带数字集群通信系统 (TETRA 体制) 和宽带数字集群通信系统 (TD-LTE 技术), 对两种方式的系统特性、建设应用情况进行归纳总结, 并结合轨道交通行业现状和业务需求, 详细对比两者技术参数和支持业务的能力。对宽带数字集群通信系统在国内轨道交通的发展现状做出分析总结, 展望宽带数字集群通信系统在国内外的发展前景, 为轨道交通无线通信的发展提供参考。

关键词: 轨道交通; 集群系统; 陆上集群无线电 (TETRA); 长期演进

中图分类号: U231.1

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2018)05-0001-04

Comparative analysis of TD-LTE and TETRA Digital Trunking Systems in the Rail Transportation Industry

YUE Xiaodong

(Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., Beijing 100044)

Abstract: From the perspective of the construction of digitally-trunked communication, this paper aims to analyze the application and system performance of TETRA and TD-LTE, the two most popular systems that are widely used in the domestic rail transit industry. In addition, the paper shows the comparison of the technical parameters and business supportive capabilities of the two skills concerning current demand within the rail transit industry. Finally, the paper predicts the worldwide prospect of the development of TETRA and TD-LTE, which is particularly instructive to the future of rail transit wireless communication.

Keywords: rail transit; trunking system; TETRA; LTE

1 集群通信的现状

集群通信系统又称集群调度系统, 简称集群系统 (trunking system), 是为了满足行业指挥调度需求而开发的, 面向行业应用的专用无线通信系统。由于集群

通信系统主要侧重于指挥调度通信, 其应用可遍及公共安全、交通运输、公共事业等领域, 尤其可以在应对突发事件和自然灾害的过程中发挥优势。

与公众移动通信系统类似, 集群通信系统也经历了从第一代模拟集群通信系统, 到第二代窄带数字集群通信系统的发展历程。第二代窄带数字集群通信系统是当前国际、国内市场上应用最广泛的集群通信系统, 其代表有: 欧洲电信标准协会 (ETSI) 的陆上集

收稿日期: 2017-12-08 修回日期: 2018-05-06

作者简介: 岳晓东, 男, 硕士研究生, 从事轨道交通通信系统设计, xd_85@163.com

群无线电 TETRA (terrestrial trunked radio) 系统、美国 Motorola 的综合数字增强网络 iDEN (integrated digital enhanced networks) 系统、瑞典的增强性数字接入通信系统 EDACS (enhanced digital access communications system)、基于码分多址技术 CDMA (code division multiple access) 的开放式集群架构 GoTa 系统^[1]和基于全球移动通信系统 GSM (global system for mobile communications) 的 GT800 系统。

2 数字集群介绍

2.1 窄带数字集群

数字集群调度系统存在若干种标准和体制。经过详细的对比研究,我国于 21 世纪初选定 TETRA 和 iDEN 两个标准作为我国数字集群通信系统行业推荐性的标准。其中 TETRA 标准由欧洲电信标准协会 (ETSI) 开发,是一个空中接口信令开放的系统,面向专用调度和共用集群通信网,在我国应用最为广泛。

2.1.1 TETRA 典型特征

TETRA 是基于传统大区制调度通信系统的数字化形成的一个专用移动通信无线电标准。它大量借鉴了 GSM 的概念,采用 TDMA 多址方式和类似的逻辑信道。TETRA 基于 TDMA 方式,在 25 K 带宽内时分 4 个信道,调制方式 $\pi/4$ -DQPSK,也支持连续蜂窝的广域覆盖。TETRA 系统在指挥调度方面考虑的比较多,可完成语音、电路数据、短数据消息、分组数据业务的通信及以上业务的直通模式,并可支持多种附加业务。在大区制条件下最大覆盖半径为 56 km。

2.1.2 TETRA 建设应用情况

国外主要有英国 (3 500 个基站、20 万用户)、德国 (4 000 个基站)、芬兰 (1 200 个基站、2.6 万用户) 等国家建设了全国性数字集群通信网,比利时、韩国、挪威也在全国主要城市建设了 TETRA 数字集群通信网。

我国的北京 (350 个基站、5 万用户)、广州 (179 个基站、4 万用户)、上海 (159 个基站、4.5 万用户)、深圳 (82 个基站、3 万用户)、山东 (163 个基站、1.3 万用户)、山西 (42 个基站、3 800 个用户) 等地也分别建有 TETRA 数字集群通信网。截至 2014 年,全国共有 29 个地市城市建设了 TETRA 网 (表 1 为部分建设情况),并通过 2008 年北京奥运会、2009 年济南全运会、2010 年上海世博会、广州亚运会和 2011 深圳大运会等大型安保活动的实际应用,充分验证了其系统的可靠性和稳定性。

表 1 TETRA 建设情况

Tab. 1 The application of TETRA

线路名称	系统制式	线路名称	系统制式
北京地铁 1、2 号线	TETRA	上海地铁 9 号线	TETRA
北京地铁八通线	TETRA	深圳地铁 1 号线	TETRA
北京地铁 13 号线	TETRA	深圳地铁 4 号线一期	TETRA
北京地铁 5 号线	TETRA	广州地铁 1 号线	TETRA
北京地铁 10 号线	TETRA	广州地铁 2 号线	TETRA
北京地铁 4 号线	TETRA	广州地铁 3 号线	TETRA
北京地铁机场线	TETRA	广州地铁 4 号线	TETRA
北京地铁 9 号线	TETRA	广州地铁 5 号线	TETRA
北京地铁大兴线	TETRA	广州地铁 6 号线	TETRA
北京地铁亦庄线	TETRA	广州地铁 8 号线	TETRA
北京地铁昌平线	TETRA	南京地铁 1 号线	TETRA
北京地铁房山线	TETRA	南京地铁 2 号线	TETRA
北京地铁 15 号线	TETRA	武汉轻轨	TETRA
天津滨海轻轨	TETRA	重庆轻轨 3 号线	TETRA
天津地铁 1 号线	TETRA	重庆地铁 1 号线	TETRA
上海地铁 1 号线	TETRA	长春轻轨 3 号线一期	GOTA
上海地铁 2 号线	TETRA	沈阳地铁 1 号线	TETRA
上海地铁 3 号线	TETRA	成都地铁 1 号线	TETRA
上海地铁 4 号线	TETRA	宁波地铁 1 号线	TETRA
上海地铁 5 号线	TETRA	郑州地铁 1 号线	TETRA
上海地铁 6 号线	TETRA		

2.2 宽带数字集群

当前基于窄带数字集群由于技术成熟、建网及维护成本低、简单易用等优势,在集群通信市场仍然会有一定的生命周期。随着云计算、物联网、大数据等新兴应用,集群通信对于通信过程中“全面掌控、现场可见”的需求日益激增,以语音为主的窄带集群系统,因对视频、图片等的传输能力不足,面临的系统性能与业务需求、技术发展趋势及市场应用成熟度等多方面的压力日益激增。数字集群技术发展跟随通信技术飞速更新换代,也实现“跨越式”发展,逐渐趋向数据宽带化、应用多样化、架构全 IP 化、终端多模化等方向;宽带数字集群技术替代窄带通信技术成为了一种发展必然。宽带数字集群技术基于不同的宽带无线通信技术实现,可通过一张网络来实现承载语音、高速数据、视频业务,并可将专业通信系统与内部管理系统进行无缝集成。随着 LTE 技术的逐步成熟并应用于专网通信领域,数字集群通信行业技术应用也“跳跃 3G 直奔 4G”,基于 LTE 的宽带集群系统成为数字集群的演进主流方向^[2]。

2.2.1 TD-LTE 典型特征

TD-LTE (time division long term evolution) 是移动通信主流标准之一, 是移动通信与宽带无线接入融合的典范, 基于 TD-LTE 的宽带集群通信系统不仅可以继承 TD-LTE 系统高速率、大带宽等诸多优点, 满足现代集群通信网络在容量、带宽、传输速率和频谱利用率等方面的需求, 同时系统具有很好的扩展性, 可以和其他现有的网络互连互通; 可满足当前及未来一段时间内行业发展需求^[3]。2014 年我国成立了宽带集群 B-TrunC 产业联盟, 以推动宽带集群的产业化和国际化, 基于 B-TrunC 标准的宽带集群已经成为产业发展的共识。2015 年我国制定了基于 TD-LTE 的 B-TrunC 宽带集群通信标准, 也为宽带集群通信产业发展奠定了技术基础。TD-LTE 的宽带集群通信系统在系统研发的自主性方面具有其他宽带通信技术不可比拟的优势。TD-LTE 产业链的规模发展, 将大大降低 TD-LTE 用于宽带数字集群系统的成本。同时 TD-LTE 后续演进路线清晰, 作为宽带数字集群技术, 可持续为行业发展提供完善的业务能力^[4]。

2.2.2 TD-LTE 建设应用情况

1) 轨道交通行业。温州 S1 线、广州 21 号线正在建设基于 TD-LTE 的宽带数字集群系统。

2) 其他行业。目前, 遵循 B-TrunC 标准的产品已经部署于北京政务网、南京政务网、天津政务网、上海政务网、加纳国家安全网等多个实践案例中。2014 年 8 月南京青奥会期间, LTE 无线宽带政务专网成功地为青奥会提供了 PPDR 通信服务, 让青奥会更绿色、更平安、更高效、更智慧, 这也是遵循 B-TrunC 标准的 4G LTE 宽带多媒体数字集群在国际重大赛事中的首次应用, 并得到南京市政府相关部门的高度认可^[5]。上海虹桥和浦东机场、海南三亚机场、河南新郑机场、广西南宁机场陆续采用基于 B-TrunC 标准的 LTE 宽带集群专网建设其新一代宽带无线网络, 进行机坪移动作业管理应用^[6]。

3 轨道交通行业现状及需求特点

集群系统的主要业务大致可分成两个部分, 即语音业务和数据业务。

语音业务的基本业务包括组呼、单呼、广播呼叫、紧急呼叫、优先呼叫等。基于集群调度的语音特色业务有全双工通信、电话互联呼叫、遇忙排队、迟后进入、动态重组、远程监控、话语权申请排队、呼叫专业等待保持、强插强拆、监听、限时通话、故障弱化、

遥毙复活、直通模式等。

数据业务包括终端速率、状态信息、数据定位、短数据消息、数据调度、移动办公、视频回传、视频对讲、同时发生语音和数据、同时发生语音和视频等。

目前, 集群通信主要是为地铁运营的固定用户(控制中心、车辆段/停车场调度员、车站值班员等)和移动用户(列车司机、防灾人员、维修人员)之间的语音和数据信息交换提供可靠的通信手段; 同时, 在地铁运营出现异常情况和有线通信出现故障时, 亦能迅速提供防灾救援和事故处理等指挥所需要的通信手段^[7]。

具体功能包含:

1) 通话功能: 系统具备全双工、半双工、单工等各种通话方式, 实现移动用户之间、移动用户和固定用户、移动用户与调度台之间的通话。2) 呼叫功能: 单呼、组呼、广播组呼叫和全呼功能以及普通呼叫、紧急呼叫功能。3) 数据传送功能: 系统数据承载业务包括状态数据、短数据业务和分组数据业务。4) 辅助业务功能: 远端调度台的接入, 中心调度员的监听及自动录音, 空中接口加密、端到端加密, 虚拟专网, 故障弱化等。

随着轨道交通对视频(流媒体)接入需求的高速增长, 对信道数据传输能力的功能需求会日益紧迫, 例如控制中心调度员、车站值班员、维修人员需要快速接收和下发、处理故障现场的图片与视频, 这样就能够快速地进行处理, 启动应急预案, 更加有效地指挥行车^[8]。

4 技术比选

4.1 技术参数对比

不同的集群系统参数有区别, 表 2 主要是从通信制式、信道带宽、使用频段、支持群组数上进行对比^[9]。

表 2 TETRA 与 TD-LTE 参数对比

Tab. 2 Comparison of TETRA and TD-LTE

技术类型	TETRA	TD-LTE 集群
通信制式	TDMA	DL: OFDMA UL: SC-OFDMA
调制方式	$\pi/4$ -DQPSK	QPSK, 16 QAM, 64 QAM
信道带宽	25 kHz	20 MHz
工作频段	380 ~ 400/410 ~ 430/ 806 ~ 821/851 ~ 866	1 447 ~ 1 467/ 1 785 ~ 1 805
支持群组数	窄带集群, 每载波最大 7 组通话, 每小区最多 14 组通话	宽带集群, 每小区可支持 160 组集群通话

4.2 支持业务对比

语音业务能力对比情况分析见表 3, 数据业务能力对比见表 4, 技术发展优势对比见表 5。

表3 TETRA与TD-LTE语音业务能力对比

Tab.3 Comparison of voice service of TETRA and TD-LTE

语音业务	TETRA	TD-LTE	语音业务	TETRA	TD-LTE
组呼	支持	支持	远程监控	支持	支持
单呼	支持	支持	话语权申请排队	支持	支持
广播呼叫	支持	支持	呼叫等待转移	支持	支持
紧急呼叫	支持	支持	强插强拆	支持	支持
优先呼叫	支持	支持	监听	支持	支持
全双工通信	支持	支持	限时通话	支持	支持
电话互联呼叫	支持	支持	故障弱化	支持	支持
遇忙排队	支持	支持	遥毙复活	支持	支持
迟后进入	支持	支持	直通模式	支持	支持
动态重组	支持	支持			

表4 TETRA与TD-LTE数据业务能力对比

Tab.4 Comparison of data service of TETRA and TD-LTE

数据业务	TETRA	TD-LTE 集群
终端速率	支持	支持
状态信息	支持	支持
数据定位	支持	支持
短数据信息	支持	支持
数据调度	不支持	支持
移动办公	不支持	支持
视频回传	不支持	支持
视频对讲	不支持	支持
同时发生语音和数据	支持	支持
同时发生语音和视频	不支持	上行 50 Mb/s; 下行 100 Mb/s

表5 TETRA与TD-LTE发展优势对比

Tab.5 Comparison of the development of TETRA and TD-LTE

项目	TETRA	TD-LTE 集群
开放程度	开放	开放
技术走向	较好	发展空间大
业务扩展性	较好	好
设备价格	较高	偏高
终端价格	较高	偏高
供应商数量	多	以国内供应商为主
知识产权	国外厂商	自主知识产权

从表3~表5可以看出, TETRA可以很好地支持语音业务, TD-LTE宽带集群完全支持各种语音业务, 通过对数据业务的对比, 可以发现TETRA对视频业务无线进行数据承载, 而TD-LTE宽带集群对普通数据业务和视频业务都能够很好地进行承载^[10]。

5 结论

综上所述, 并结合全国数字集群的建设和使用情况, 可以分析得出, TETRA系统相对比较成熟, 其实现的各项功能比较丰富全面, 特别是在轨道交通行业

多年的运行经验; 基于TD-LTE的宽带数字集群技术在其他行业有较多的运营, 在轨道交通行业还处于起步阶段, 但是其能够贴合轨道交通行业的新增需求, 想必随着技术规范的制定、标准化工作的深入、TD-LTE产品的不断丰富, 二次开发功能不断完善, 可以预见, 基于TD-LTE的宽带数字集群通信系统将成为未来城市轨道交通无线通信系统的主流解决方案。

参考文献

- [1] 甘玉玺, 肖健华, 金志虎, 等. 轨道交通车地无线通信技术研讨[J]. 城市轨道交通研究, 2014, 17(1): 103-106. GAN Yuxi, XIAO Jianhua, JIN Zhihu, et al. On train wayside wireless communication technology in urban rail transit[J]. Urban mass transit, 2014, 17(1): 103-106.
- [2] 颜靖华, 郑涛, 尹军祖. 两种数字集群通信体制PDT与TETRA对比研究[J]. 中国人民公安大学学报(自然科学版), 2014, 20(1): 87-89.
- [3] 夏景辉, 孙寰宇. TD-LTE车-地无线宽带集群解决方案[J]. 现代城市轨道交通, 2013(6): 16-20. XIA Jinghui, SUN Huanyu. Solutions for TD-LTE train-ground wireless broadband cluster[J]. Modern urban transit, 2013(6): 16-20.
- [4] 隋宇, 程小蓉, 陈辉煌. 基于TD-LTE的宽带集群通信系统研究[J]. 重庆邮电大学学报, 2016, 28(6): 778-782. SUI Yu, CHENG Xiaorong, CHEN Huihuang. A survey on trunked communication system based on TD-LTE[J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications (natural science edition), 2016, 28(6): 778-782.
- [5] 杨骅, 刘劲松. TD-LTE宽带数字集群通信发展分析及建议[J]. 移动通信, 2014(1): 48-53.
- [6] 王思勇. 宽带集群及其在民航机场中的应用[J]. 移动通信, 2016, 40(14): 42-45. WANG Siyong. Broadband cluster and its application in civil aviation[J]. Mobile Communications, 2016, 40(14): 42-45.
- [7] 李伟章, 杨海江. 城市轨道交通通信[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2013.
- [8] 周凌. 宽带数字集群在城市轨道交通中的应用探讨[J]. 价值工程, 2016, 35(31): 223-224. ZHOU Ling. Discussion on the Application of Broadband Digital Cluster in the Urban Rail Transit[J]. Value engineering, 2016, 35(31): 223-224.
- [9] 陶宇龙, 贾萍, 赵东霞. 宽带数字集群在城市轨道交通中的应用[J]. 都市轨道交通, 2014, 36(6): 1-3. TAO Yulong, JIA Ping, ZHAO Dongxia. Application of broadband digital trunked communication in urban rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2014, 36(6): 1-3.
- [10] 张承健. 谈LTE技术在轨道交通车地无线通信系统中的应用[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2015(20).

(编辑: 曹雪明)