

LTE 技术在信号系统中的应用可行性分析

贾 萍¹ 徐淑鹏¹ 陶宇龙² 杨利强³

(1. 郑州市轨道交通有限公司 郑州 450000; 2. 北京城建设计发展集团股份有限公司 北京 100037;
3. 徐州市城市轨道交通有限责任公司 江苏徐州 221000)

摘 要 对城市轨道交通 CBTC(基于通信的列车控制系统)数据通信子系统的车地无线网络需求进行梳理,分析采用 WLAN(无线局域网)技术组建车地无线网络存在的问题,讨论 LTE(长期演进)技术的特点,对比 LTE 与 WLAN 技术,阐述 LTE 技术应用于 CBTC 的可行性并提出组网建议。

关键词 城市轨道交通;长期演进技术;信号系统;车地无线;可行性分析

中图分类号 U231.7 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2014)06-0013-03

城市轨道交通 CBTC(communications based train control system,基于通信的列车控制系统)的信号系统数据通信子系统又称为 DCS(data communication system,数据通信系统),是实现 CBTC 列车控制与运行的关键子系统之一,它为控制中心、车辆段、停车场、车站、正线轨旁与车载信号设备之间提供双向、可靠、安全的数据信息传输和交换。在各设备之间,通过有线和无线这两种不同的网络实现双向通信,用以提供信号系统各设备子系统之间的有线信息传输,以及地面设备与车载设备之间的无线信息传输。

收稿日期:2014-08-17 修回日期:2014-09-19

作者简介:贾萍,女,大学本科,高级工程师,从事轨道交通通信、信号工作,jiaphjq@qq.com

徐淑鹏,男,郑州市轨道交通有限公司运营分公司设施设备部部长,长期从事通信工程设计、施工和通信技术应用管理工作,郑州轨道交通 1 号线乘客信息系统车地无线技术(TD-LTE)应用研究的主要组织者

工程项目:郑州市轨道交通 1 号线一期工程城市轨道交通车地无线(TD-LTE)传输网研究与应用(142102210145)

CBTC 系统是安全型的列车控制系统,当前在城市轨道交通中,CBTC 系统主要采用 IEEE802.11 标准进行无线传输,使用频点开放、标准公开的 WLAN(wireless local area networks,无线局域网)技术组建车地无线网络,这是目前应用的主流。

2012 年 11 月 1 日,某城市地铁因乘客随身携带的便携式 WiFi 路由器干扰了地铁信号的车地无线通信系统,造成指令异常,从而导致列车暂停运行。事件发生后,信号设备厂家、已开通地铁及在建城市均对信号系统的网络建设情况、安全措施进行了梳理,但如何从系统技术层面避免再次出现类似情况,保障地铁行车安全运营,仍是信号系统急待解决的问题。

1 信号系统车地无线网络需求分析

CBTC 系统车地无线网络应覆盖城市轨道交通正线(含折返线、联络线)、出入段/场线、段/场车库、试车线。

1.1 CBTC 无线传输通道需求

- 1) 传输通道应采用独立的双网冗余物理通信通道。
- 2) 访问控制要求:要求信号系统 A/B 通道相互独立。
- 3) 无线网络的安全性:车载无线单元与基站需要进行认证授权,通过后才能进行关联,并且对传输的数据进行加密。
- 4) 在无线覆盖范围内,任意地点都应实现 A/B 双网覆盖。
- 5) 车头、车尾配合,实现与 A/B 网双网通信。

1.2 CBTC 系统中车地通信的传输性能指标

- 1) 整条线路每列车单网传输速率不低于 200 Kbit/s,上下行各 100 Kbit/s。
- 2) 车地通信单网络信息的丢包率应小于 1%。
- 3) 车地通信单网络信息的误码率不大于 10^{-6} 。

4) 车地通信单网络的越区切换时间应在 150 ms 以内。

5) 车地通信信息经有线和无线网络传输,延迟时间应小于 150 ms。

6) 应满足地铁列车最高运行速度下车地实时双向通信的要求。

7) 应保证车地通信可靠连接、双网中同一时刻至少有一个网络无中断。

2 WLAN 车地无线网络运用中的问题

工程实践证明,目前基于 WLAN 的车地无线网络的可用性、可靠性、安全性等能够满足当前城市轨道交通运营的需要,但这种技术也存在一些局限性。

2.1 运行速度受限

WLAN 无线网络不是为高速移动设计的。在高速移动中,无线传输受到的多普勒效应、多径效应等的影响会加剧,导致实际传输速率下降,目前城市轨道交通的运行最高速度在 80 ~ 120 km/h。仿真和研究表明,如果速度超过 120 km/h,就会导致误码率急剧增加。

2.2 覆盖距离短且切换频繁

WLAN 的最大发射功率为 100 mW,较小的发射功率使得常用传输方式 AP(wireless access point,无线访问接入点)的覆盖范围小,一个 AP 的覆盖距离大概是 200 m。一方面,需要在沿线安装大量的 AP 及附属设备,使得系统的可靠性和可用性降低;另一方面,列车运营时处于高速移动状态,车载无线单元在轨旁 AP 间快速移动,车载无线设备会频繁发生漫游切换,切换中断会引起丢包;同时,对无线设备发射功率的限制,也使得在使用波导管、漏泄电缆等传输媒介传输车地信息时,需要设计复杂的射频链路,以克服较大的耦合损耗,提高接收信号的电平。

2.3 无线干扰严重

目前,信号 WLAN 车地无线网络多工作在 2.4 GHz 公共频段,为开放的频段,多数民用设备也工作在这一开放频段,信道有限,使用者众多。由于公共开放频段不受保护,所以随着宽带互联网技术的普及,2.4 GHz 的 WLAN 用户数量激增,干扰源日益复杂,严重影响轨道交通安全运营。WLAN 可工作的 5.1 GHz 频段已向公众开放,5.8 GHz 频段的开放也已提上日程。可见,未来 WLAN 的工作频段将全部为不受保护的公共频段。

2.4 不适合综合承载

随着通信技术的发展,车地无线网络不仅可承载

信号系统的简单数据信息,而且向着同时可承载视频、多媒体等多业务的方向发展,现有的 WLAN 技术如果在同时传输 CBTC、列车状态监测、车厢内视频监控和乘客信息系统的信息时,无法按照优先级调度,无法保证高优先级业务的实际使用带宽,则不适用于综合承载。

3 用 LTE 技术组建 CBTC 车地无线网络

LTE 是基于 OFDMA(orthogonal frequency division multiple access,正交频分复用多址接入)技术,依据由 3GPP(第三代合作伙伴计划)组织制定的全球通用标准。作为一种先进的无线通信技术,LTE 技术在设计时就考虑了满足高吞吐率的需求,在 20 MHz 带宽组网的情况下,峰值速率下行可达 100 Mbit/s,上行可达 50 Mbit/s。同时,采用扁平化架构,降低控制和用户平面延时。LTE 采用了 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing,正交频分复用)、MIMO(multiple-input multiple-output,多输入多输出)、HARQ(hybrid automatic repeat request,混合自动重传请求)等先进技术,有效提高了数据速率、频谱效率和抗干扰性,提供综合业务承载的优先级调度和高速移动性支持,并通过抗干扰技术和安全机制,保证无线数据业务的安全可靠传输。

相对于 WLAN 技术,LTE 技术具有以下一些优点:

1) 理论上支持在最高 350 km/h 列车运行时速下进行正常的数据通信。LTE 系统主要在基站侧接收机采用 AFC(automatic frequency control,自动频率控制)技术进行频率纠偏,该技术通过快速测算高速带来的频率偏移,补偿多普勒效应,改善无线链路的稳定性,从而提高解调性能。

2) LTE 小区的覆盖范围大大超过 WLAN 无线接入点的覆盖范围。一方面,LTE 系统采用先进的信号处理技术,其设备的接收机灵敏度优于 WLAN 设备的接收机灵敏度;另一方面,LTE 系统一般使用专用频段,设备可以采用更高的发射功率,覆盖范围理论上能达到 1.2 km。

3) LTE 系统可以采用先进的抗干扰技术,避免或减少无线干扰的影响。通常 LTE 采用 ICIC(inter-cell interference coordination,小区间干扰协调)技术进行小区间的干扰协调,采用 IRC(interference rejection combining,干扰抑制合并)技术进行干扰消除。

4) LTE 系统具备先进的业务优先级调度算法,可以根据业务的优先级对不同的业务进行调度。LTE 系统实现了 9 个调度优先级,并且按照预定义的可能承载业务类型,对应不同的服务质量(延时、丢包等)要

求,定义了9个QCI(QoS Class Identifier,服务质量类别标识),系统根据QCI对应的优先级进行资源分配和调度。在城市轨道交通车地通信环境下,可以保证CBTC等业务的高可靠传输。

从技术层面上看,DCS车地无线网络采用LTE方案,可以解决和克服WLAN目前存在的问题。部分信号厂家和LTE厂家已在实验室联合开展试验,通过测试,基本验证了LTE技术能够满足信号系统的车地无线网络需求。

4 LTE技术在信号系统中的应用建议

通过以上技术分析,说明LTE技术可用于组建CBTC系统的车地无线网络。

目前,在专用网络建设中可采用TD-LTE技术,其可用频宽为20 MHz。LTE技术在组网过程中建议采取以下措施:为实现信号系统的车地无线双网冗余,车站BBU应按两套设置,分为A、B两网,两网的工作频段应独立。建议A网作为信号系统主用网络,采用5 MHz频宽,只用于承载信号数据;B网作为信号系统备用网络,采用10 MHz频宽,可用于承载信号、乘客信息、数字集群以及列车状态监测等信息。通过设置不同的QoS等级,对相应的优先级进行资源分配和调度,从而在保证信号系统需求的前提下,实现车地无线网络的综合承载。

LTE技术应用于CBTC车地无线网络可行,但要付诸实践则任重而道远。

参考文献

- [1] GB 50157—2013 地铁设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2013:161.
- [2] 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.
- [3] 肖旭慧. 城市轨道交通CBTC中的无线通信系统[J]. 铁道通信信号,2012,48(4):63-64.
- [4] 何廷润. 保护地铁无线电安全刻不容缓——评深圳地铁

CBTC系统受干扰引发列车急停故障[J]. 中国无线电,2012(12):12.

- [5] 杨安玉. 地铁CBTC无线通信传输方式的工程应用[J]. 铁路通信信号工程技术,2012,9(4):51-53.
- [6] 杜成. 城市轨道交通CBTC系统2.4GHz无线传输技术的应用研究[J]. 铁道标准设计,2013(3):129-132.
- [7] 陈浩莹. 城市轨道交通CBTC信号系统无线通信抗干扰技术研究[J]. 铁道通信信号,2012,49(5):64-65.
- [8] 朱光文. 地铁信号系统中车-地无线通信技术研究[J]. 现代城市轨道交通,2012(2):9-12.
- [9] 张长青. TD-LTE上下行技术分析及建议[J]. 移动通信,2013(12):33-37.
- [10] 王映民,孙韶辉. TD-LTE技术原理与系统设计[M]. 北京:人民邮电出版社,2010.
- [11] 北京城建设计发展集团股份有限公司. 郑州市轨道交通3号线一期工程初步设计:信号系统[R]. 郑州,2014.

(编辑:郭洁)

Feasibility Analysis of LTE Applied in Signal System

Jia Ping¹ Xu Shupeng¹ Tao Yulong² Yang Liqiang³

(1. Zhengzhou Metro Co., Ltd., Zhengzhou 450000;

2. Beijing Urban Construction & Development Group

Co., Ltd., Beijing 100037;3. Xuzhou Urban

Rail Transit Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu 221000)

Abstract: The requirements of train-ground wireless network data communication subsystem used in Communication Based Train Control System (CBTC) are sorted out. The existing issues for applying wireless LAN technology (WLAN) to train-ground wireless network were analyzed. The LTE (long-term evolution) technology was introduced and comparative analysis between LTE and WLAN was given. Technical feasibility of applying LTE technology to CBTC was concluded and networking suggestions were given.

Key words: urban rail transit; LTE; signal system; train-ground wireless; feasibility analysis

国内首列“无辫”有轨电车在珠海入轨调试

一列从意大利原装进口的100%低地板“无辫”现代有轨电车正式进入轨道调试,这是全国首列采用“无辫”地面供电系统的有轨电车,由中国北车集团引进技术,今后将实现国产化。

该列车采用5节编组,车长32.5 m,车体宽2.65 m,高3.6 m。车上有66个座位,包括2个残障人士专用座位,整列车满载定员276人。车辆采用电动塞拉门,每侧有5个

车门,包括3个双开门和2个单开门。列车两端都设有驾驶室,双向都可以行驶,最高设计运行时速为70 km。

预计到2015年“五一”前,珠海市有轨电车1号线一期工程12列“无辫”列车可进入试运营,将按照普通公交票价收费,即每人2元,并且采取一票制的收费方式。

摘编自 <http://www.rail-transit.com> 2014-11-08