

文章编号：1005-8451（2015）01-0046-04

# 地铁PIS车地无线技术方案研究

田海超<sup>1</sup>, 于孝安<sup>1</sup>, 王通<sup>2</sup>, 张胜阳<sup>1</sup>

(1. 中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081;  
2. 杭州华三通信技术有限公司 北京分部, 北京 100052)

**摘要：**车地无线技术方案会直接影响地铁PIS的最终运行效果。随着国内城市地铁线路的不断建设以及技术的不断发展进步，对于PIS中车地无线技术方案的选择成为地铁通信系统从业人员关注的重点。本文着重介绍了当前国内地铁PIS中的车地无线技术方案，并针对PIS当前及未来业务需求、应用现状及技术原理进行分析，提出了适合于PIS业务需求的技术方案。

**关键词：**PIS; 车地无线; 数字电视; LTE; WLAN

**中图分类号：**U231.7 : TP39 **文献标识码：**A

## Scheme of train-ground wireless communication for metro PIS

TIAN Haichao<sup>1</sup>, YU Xia'an<sup>1</sup>, WANG Tong<sup>2</sup>, ZHANG Shengyang<sup>1</sup>

(1. Institute of Computing Technologies, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China;  
2. Beijing Branch, Huasan Communication Technology Co. Ltd., Beijing 100052, China)

**Abstract:** The train-ground wireless scheme would decide the running effect of metro PIS. With the development of domestic metro construction and technical improvement, the choice of PIS train-ground wireless scheme became the key content of metro communication system employee who should think about. The current domestic metro PIS train-ground wireless scheme was introduced emphatically. According to the current and future service demands, the status of application, the technical principle, the proper scheme that adapted PIS service demands was put forward finally.

**Key words:** PIS; train-ground wireless; digital TV; LTE; WLAN

车地无线通信作为乘客信息系统（以下简称PIS）中重要的组成部分，其主要功能就是列车在快速移动过程中，为车-地以及地-车之间的各种数据信息、视频信息和控制信息提供传输通道，这也是PIS相对于其他系统所特有的需求。而PIS的实施，尤其是车地无线部分往往面临着比其他系统复杂的物理环境。另外，随着高清视频的不断发展及地铁运营的需求增加，对车地无线服务的需求量也不断增大。因此，如何选择能够提供稳定的车地无线服务的集成方案是当前亟需解决的重要课题。

## 1 PIS车地无线技术要求

当前地铁PIS在车地无线通信方面主要关注下面6个问题。

### 1.1 带宽

网络承载的数据不仅是数据信息，还包括视频

收稿日期：2014-07-21

作者简介：田海超，工程师；于孝安，工程师。

和音频信息，因此对通信带宽有着较高的要求，当前地铁运营要求车地无线网络至少提供15 Mbps以上的带宽。

### 1.2 漫游

列车在高速移动情况下，车载无线设备需要不断地与轨旁的无线设备进行通信，考虑到PIS的车地无线主要为视频数据的双向传输，因此即便是短暂的通信中断也会严重影响视频的播放效果，因此要求漫游切换时间非常短。

### 1.3 丢包率

因为数据的丢包会对视频播放的效果影响严重，所以本系统需要对无线通信的丢包率有严格的控制，一般为小于1%。

### 1.4 抗干扰

PIS系统的车地无线网络的运行环境比较复杂，同时会与其他系统（如信号系统的CBTC系统等）的无线网络有所叠加，因此必须保证PIS系统的无线信号和专用无线系统场强能够在全线无缝覆盖，同

时避免对地铁其它系统产生相互干扰。

### 1.5 管理维护

因为PIS是旅客乘坐地铁出行的一个重要窗口，所以对车地无线通信维护管理的要求非常高。

### 1.6 环境适应性

因为车地无线的安装环境为多振动、潮湿等复杂的环境下，所以对设备的可靠性相对其他系统的要求就会高很多。

针对上述需求，在已经完成建设和正在建设的城市地铁线路中，PIS的车地无线网络主要采用数字电视、LTE、WLAN这3种技术方案进行建设。

## 2 PIS车地无线方案应用现状及技术分析

### 2.1 数字电视

目前，基于数字电视技术构建地铁PIS车地无线方案的主要有2种：(1) 基于DVB-T技术；(2) 基于数字电视技术为地铁行业定制开发的解决方案。

在DVB-T技术下，要求独立设置基站并借助轨道交通民用通信移动信号引入(POI)系统的漏缆通道。基于DVB-T的移动电视系统采用广播电视频率，并不易受到干扰，同时不会影响其他无线系统，实现了视频信号实时播放。但是，该技术仅仅实现了控制中心到列车的单向数据传输，即实现了PIS系统资讯节目的下传，而无法实现车载视频上传控制中心的功能和车载无线设备的网络管理功能，无法满足轨道交通运营管理要求。并且，该方案需要独立建设，占用漏缆资源，各建设方协调难度大，产权不清晰，对无线信号覆盖要求高，而漏缆覆盖受到公网运营商的制约，很难实现最优的覆盖效果。更适合地面部分的传输，没有针对适应地铁使用环境的定制开发，缺乏QoS保障机制。地铁PIS数字电视方案拓扑图如图1所示。

当前，地铁线路中应用的数字电视方案一般都是基于地面数字电视广播(DTMB, Digital Television Terrestrial Multimedia Broadcasting)的以太网无

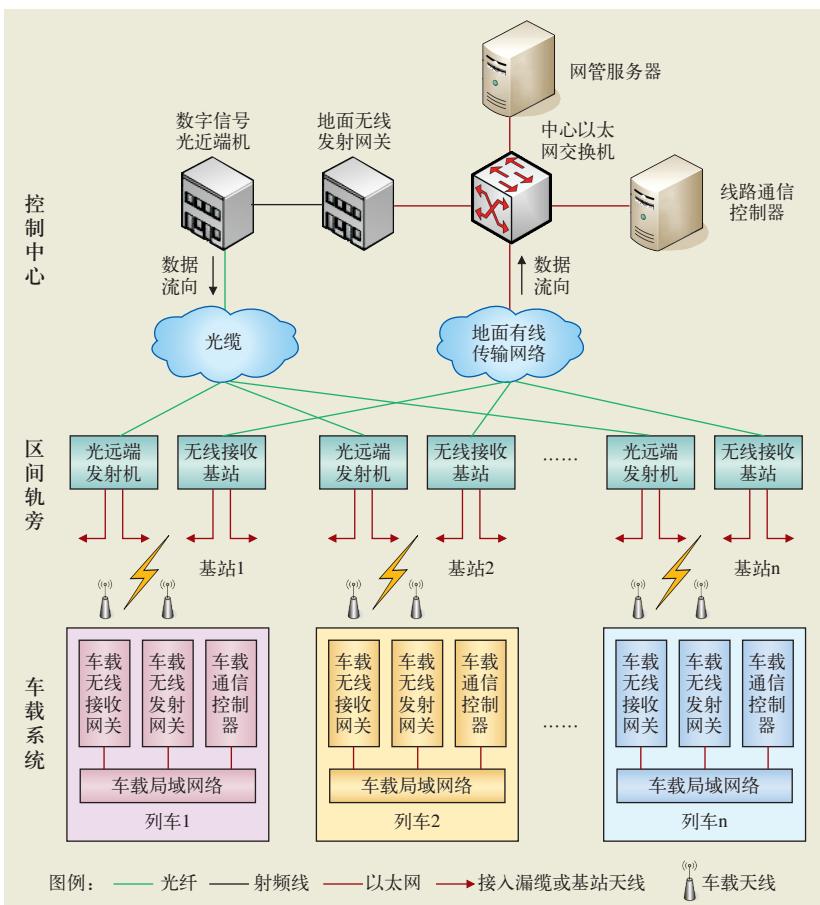


图1 地铁PIS数字电视方案拓扑

线宽带传输网络。该系统继承新的时域同步正交频分复用(TDS-OFDM, Time Domain Synchronous-Orthogonal Frequency Division Multiplexing)调制和单频网组网覆盖核心技术，可进行双向传输、媒体流转化为标准以太网数据包的定制开发、引用智能多天线技术提高数据接收的可靠性、进行数据包的分集处理支持多频段定制开发，满足不同运营者的需求。

DTMB是一种具有我国自主知识产权的地面数字电视传输标准。根据地面数字多媒体电视广播的服务需求、传输条件和信道特征，DTMB传输系统采用了创新的TDS-OFDM调制方式。使用特殊设计的PN序列作为同步信号填充OFDM保护间隔，实现了快速稳健的同步和高效的信道估计，提高了频谱效率。在抗多信道噪声、多径、多普勒衰落、时钟恢复、传输效率等方面优于其它地面数字电视传输国际标准，具备良好的性能。DTMB高度灵活的操作模式，使其具有很强的移动接受能力。

## 2.2 LTE

长期演进 (LTE, Long Term Evolution) 采用 OFDM 和 MIMO 作为其无线网络演进的唯一标准。在 20 MHz 频谱带宽下能够提供理论上下行 100 Mbit/s 与上行 50 Mbit/s 的峰值速率。时分长期演进 (TD-LTE, Time Division Long Term Evolution) 用时间来分离接收和发送信道，接收和发送使用同一频率载波的不同时隙作为信道的承载，其单方向的资源在时间上是不连续的，时间资源在两个方向上进行分配，可以比较好地适应地铁 PIS 车地间的非对称业务需求。地铁 PIS TD-LTE 方案拓扑图如图 2 所示。

TD-LTE 方案采用车站部署 BBU，轨旁部署 RRU 的方式实现无线信号的覆盖，对于隧道可以采用漏缆方式，对于地面或者高架段可以采用天线方式。在漏缆的使用方式上，也可采用与民用无线共用的方式，以节省建设成本。但是，这样可

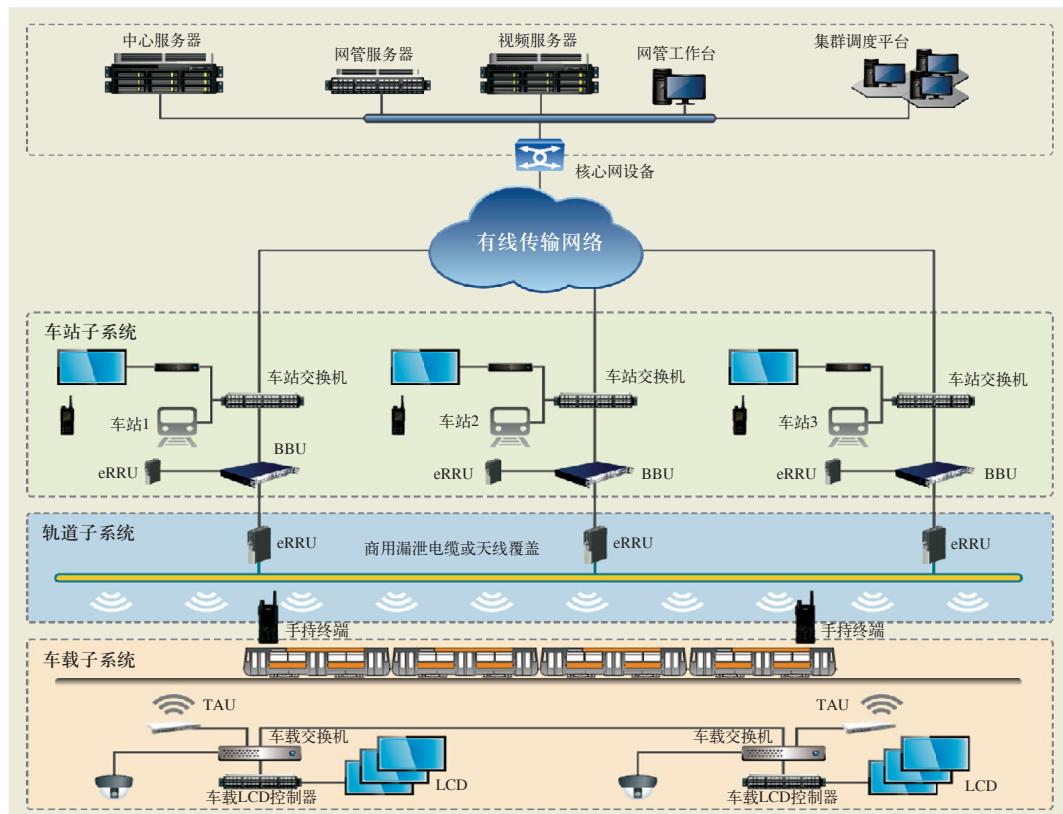


图2 地铁PIS TD-LTE方案拓扑

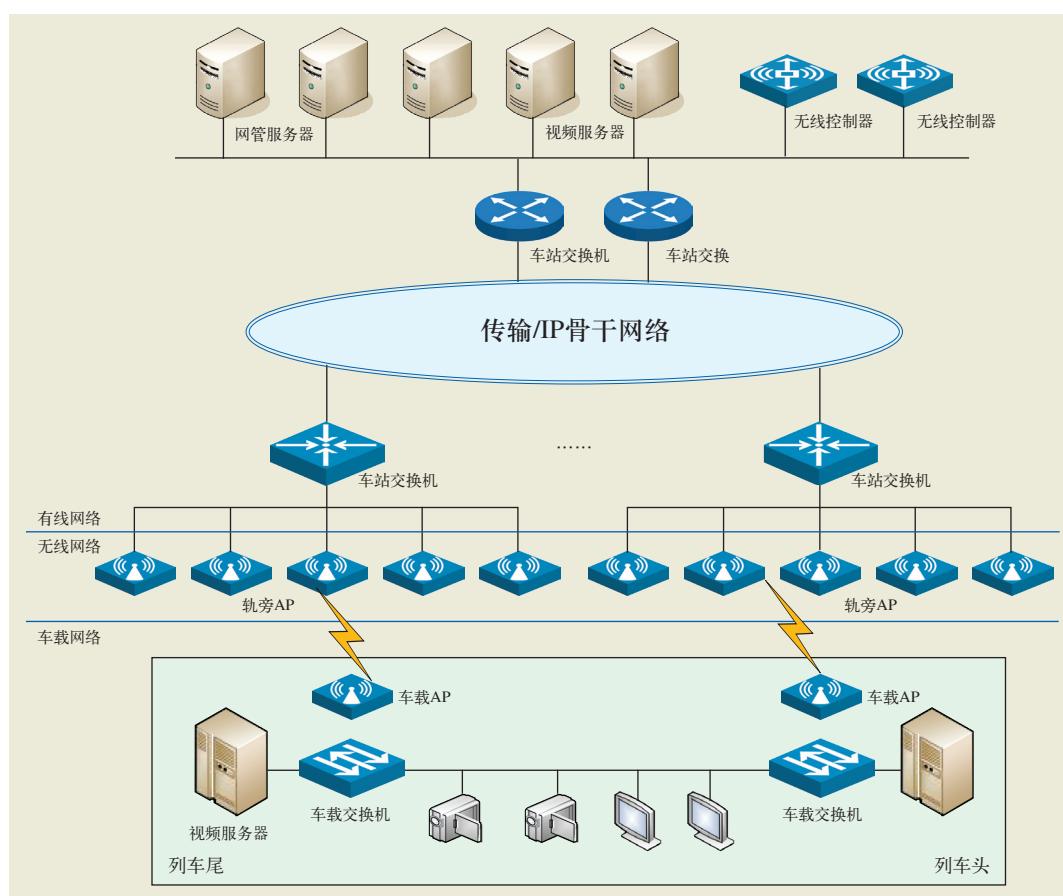


图3 地铁PIS WLAN方案拓扑

能存在业务系统的产权不明确的问题。RRU 具备单通道 20 W 的发射功率, 可以实现 1 200 m 的单小区覆盖能力, 可大幅减少轨道沿线有源设备部署数量, 也可减少列车行进过程中的切换次数。如果车站间距大于相邻车站 RRU 的覆盖能力, 需要进行加装 RRU, 采用将 RRU 拉远到隧道中。另外, 车载终端 TAU 的发射功率也在 2 W 左右, 相对于其他应用方案中的无线设备, 其发射功率会大很多。

LTE 方案实施较为复杂, 由于采用时分技术, TDD-LTE 对时钟精度要求高 (50 ppb), 根据 GB 50157 地铁设计规范, 一级母钟精度达到 100 ppb 级别, 但各车站二级母钟精度在 1 000 ppb 级别, 无法满足 TD-LTE 要求, 只能各车站单独建立高精度时钟系统从 GPS 取时钟, 增加额外设备和复杂的工程施工成本。在运营商, 也需要配备专门人员来维护 LTE 设备, 对于运营维护的要求较高。

### 2.3 WLAN

WLAN 是地铁 PIS 车地无线中应用最为广泛的技术方案, 也是目前在 PIS 车地无线领域应用业绩最广、技术最为成熟的方案。地铁 PIS TD-LTE 方案拓扑图如图 3 所示。

车地无线高带宽不仅可以承载更多车到地的高清监控视频, 而且也可以承担更多的业务, 如车厢无线热点覆盖业务, 为地铁带来更多的运营方式和利益增长点。另外, 采用 WLAN 技术主要工作在 2.4 G 和 5 G 频段, 该频段属于 ISM 频段, 无需授权许可即可使用, 所以, 不必承担频段占用费用, 可以免费使用, 这将给地铁 PIS 的后续运营节省大量的运营成本。高带宽提供能力以及丰富的免费频带资源都是 WLAN 技术在地铁 PIS 的车地无线方案中相对于数字电视和 LTE 技术的重要优势。

### 2.4 技术方案对比

通过对数字电视、LTE、WLAN 这 3 种在地铁 PIS 中的技术方案进行分析, 可得出如表 1 中的结论。

## 3 结语

通过对数字电视、LTE、WLAN 在地铁 PIS 车地无线应用方案的分析, 可以看出, WLAN 作为目前技术最为成熟、应用文案例最为广泛的车地无线方

表1 车地无线技术方案对比

	数字电视	LTE	WLAN
工作频段	需要申请且付费; 频带窄; 尚无专用频段	需要申请且付费; 频带窄; 尚无专用频段	不需申请且免费; 频带宽; 有望获得专用频段
提供带宽	现有实际方案可满足 15 M要求	现有实际方案可满足 15 M要求	现有实际 11n 方案可提供至少 30 M带宽, 后续 11ac 可提供至少百兆带宽
应用成本	相对 WLAN 方案成本高	相对 WLAN 方案成本高	成本低
漫游切换	列车快速移动下可实现 50 ms 快速切换	列车快速移动下可实现 50 ms 快速切换	列车快速移动下可实现 50 ms 快速切换
抗干扰性	系统所占用频段干扰	系统所占用频段干扰, 且自身具备抗干扰技术	受民用无线终端干扰, 通过自身抗干扰措施和方案整体提高抗干扰性
方案可靠度	设备本身支持满足行业标准, 冗余覆盖	设备本身支持满足行业标准, 冗余覆盖	设备本身支持满足行业标准, 冗余覆盖
方案复杂度	较复杂, 车地双向需要分别设置设备	较复杂, 需要单独设置时钟装置	简单, 现有轨旁和车载 AP 即可实现车地间双向数据传输
运维复杂度	有线无线分别管理; 需单独设置车地无线管理人员	有线无线分别管理; 需单独设置车地无线管理人员	支持有线无线统一管理; 不需要单独设置车地无线维护管理人员
应用现状	武汉、重庆、长沙等个别线路采用并开通	目前只有郑州采用并开通	方案成熟, 国内绝大多数城市线路采用并开通

案, 相对于其他技术具备很大的优势。随着地铁行业频段的确定以及后续 802.11ac 标准的应用, WLAN 方案将能够发挥更大的优势, 为地铁车地无线带来更高更加稳定的带宽, 不仅能够满足当前 PIS 业务系统的需要, 同时也可以满足其他涉及车地无线业务的承载, 为地铁运营方创造更大的价值, 同时也为广大乘客带来更好的乘坐体验。

### 参考文献:

- [1] 张甲文. 基于 DVB 标准的车 - 地无线通信技术在地铁中的应用 [J]. 现代城市轨道交通, 2012 (1).
- [2] 杨文超, 杨维康, 邹焕平. DTMB 车载数字电视终端与实现 [J]. 电子产品世界, 2008 (4).
- [3] 陈其铭, 张炎炎, 潘毅, 孙炼. TD-LTE 系统内抗干扰技术 [J]. 电信科学, 2010 (11).

责任编辑 方圆