

文章编号: 1005-8451 (2012) 01-0044-05

轨道交通乘客信息系统车地无线传输方案设计与优化

于 鑫, 阚庭明, 吴 卉

(中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081)

摘 要: 本文简要介绍轨道交通乘客信息系统车地无线传输技术。分析车地无线传输工程应用中的几种外界干扰: 同频干扰、多径干扰、其他电磁干扰, 提出相应的抗干扰对策。提出轨旁 AP 布点设计原则以及部署方案, 并提出优化建议。

关键词: 轨道交通; 乘客信息系统; 车地无线传输

中图分类号: U231.7 : TP39 **文献标识码:** A

Design and optimization of train-ground wireless communication of Urban Transit Passenger Information System

YU Xin, KAN Ting-ming, WU Hui

(Institute of Computing Technologies, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: This paper briefly introduced train-ground wireless communication technology of Urban Transit Passenger Information System, analyzed several kinds of external interference in application of train-ground wireless communication engineering: same frequency interference, multipath interference and other electromagnetic interference, proposed the anti interference measures, put forward design principle and deployment solution of wireless access points.

Key words: Urban Transit; Passenger Information System; train-ground wireless transmission

乘客信息系统 (PIS) 是依托网络技术和多媒体传输技术, 以计算机系统为核心, 以车站和车载显示终端为媒介向乘客提供信息服务的系统。通过系统车载设备接收无线传输的信息经处理后实时在列车车厢终端进行音视频播放, 使乘客通过正确地铁乘客信息系统车地无线双向传输系统一般采用 IEEE802.11 标准, 大多工作在 2.4 GHz 频段, 由于地铁无线传播环境比较复杂, 因此车地无线传输系统方案设计应根据现场实际、设备性能及工程经验详细分析并不断优化。

1 车地无线双向传输结构设计

无线网络是为乘客信息显示系统提供无线传输信息的基础平台, 为信息流从控制中心, 经各线车站, 为各线列车提供高速、稳定、可靠的传输服务, 以达到在全线范围内, 实时、无缝的完成车、

地间的图像和数据传递。一般包括 WLAN 无线控制器、轨旁 AP (Access Point, 无线接入点)、车载 AP 等, 结构设计如图 1。

2 外界干扰分析

在规定范围内可以使用的 2.4 GHz 频段上只有 3 个不重叠的频点。系统工作在这 3 个频点上的时候, 相互之间没有干扰可以并发运行。一般由于信号系统已经占用了两频点, 所以 PIS 只能工作在 1 个频点, 即“同频工作模式”, 在此模式下, PIS 的有效带宽会有所下降, 这是因为无线局域网是半双工的工作模式, 一旦有发送方占用带宽, 在同频工作模式下的其它设备只能等待, 而在“异频工作模式”下, PIS 相邻 AP 工作在不同频点, 系统容量会随之增大。

2.1 同频干扰分析

在同频工作模式下, 如果两列地铁列车关联在同一 AP, 或者两列地铁列车分别关联在两个覆

收稿日期: 2011-11-04

作者简介: 于 鑫, 助理研究员; 阚庭明, 高级工程师。

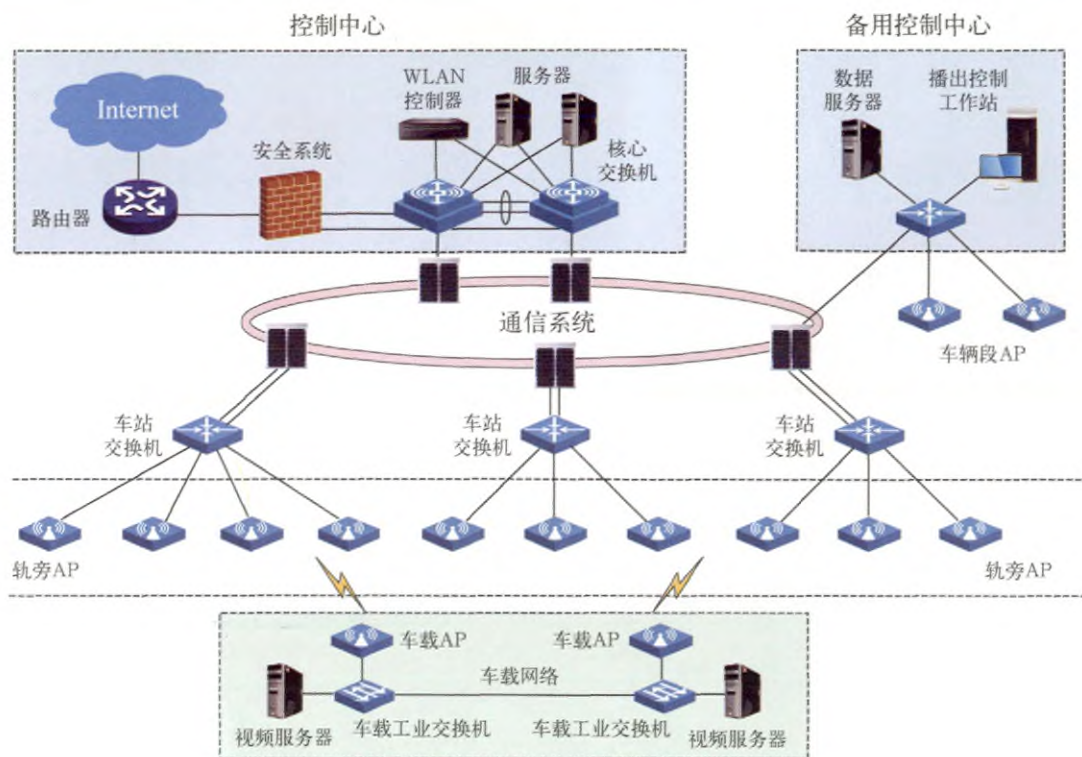


图 1 车地无线双向传输网络结构图

盖范围基本重合的 AP 上的时候,系统会短时间受到同频干扰的情况影响。在单线双轨的地面上两车会车时,或者两个方向列车同时停靠一个车站的站台时,可能发生同频干扰。

2.2 多径干扰分析

当传输信号在隧道内壁、车体及其它室内物体上进行反射时会产生多径效应。在这种情况下,传输信号并非通过单一的直接路径到达接收器,而是经过多个不同路径。信号从发射器到接收器所经历的每条路径长度不同,因此每个信号的延迟不同。最终接收到的信号实际上是经过多次迭加而产生的信号,每个迭加信号都在不同时刻到达接收器,每个迭加信号的强度均不相同。这样接收到的信号就产生了畸变。在隧道环境中,隧道是一个封闭的室内环境,并且由于隧道材料的因素,所以发射的信号会产生多径问题。

2.3 其他电磁干扰

在地铁环境还存在如安防、GSM、CDMA 等相关系统的干扰。

3 抗干扰对策

3.1 同频干扰对策

同频干扰采用如下的方式来实现沿着铁轨的 WLAN 信号连续覆盖,避免同频干扰对系统的影响。

(1) 每个方向上的每个车站区间,都需要在每隔大约 200 m 的距离部署一个 AP 设备。

(2) 采用定向性好的方向性天线(提高传输性能,避免信号的无效泄漏)。

3.1.1 对抗会车干扰

在只能使用 1 个信道的情况下,必须考虑车辆相会时的同频干扰。由于无法使用不同信道来防止会车干扰,那么可以使用不同极化方式的天线来减轻干扰。如图 2。

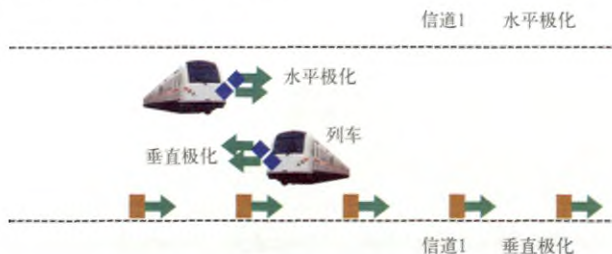


图 2 对抗会车干扰示意图

3.1.2 对抗民用 AP 干扰

当地铁列车在高架上行驶时,来自高架两旁的民用信号可能对 PIS 的无线信号造成干扰。民用

WiFi设备信号从建筑物中透出能量的辐射方向大部分垂直于高架,因此如果沿着高架部署窄波束定向天线将能比较好的抑制同频干扰。

3.1.3 对抗相邻AP干扰

相邻AP的间隔在200 m以内,结合实际情况合理的设计相邻AP之间的重叠区域能够很好地降低干扰如图3。同时,在大多数情况下,由于行车间隔的限制,相邻AP不会同时有数据传送,一般只有一个AP在跟车载系统通信,而其相邻AP只周期发射信标帧。这些信标帧数据量小,同时相比数据帧,其发送的周期也长很多,因此造成的干扰可以忽略不计。

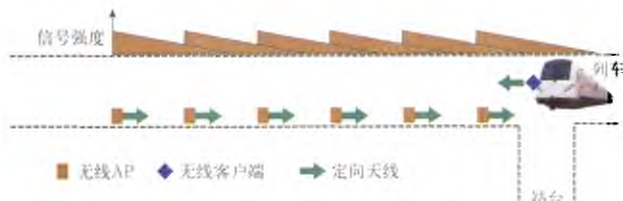


图3 对抗相邻AP干扰示意图

3.2 多径干扰对策

3.2.1 采用分极天线减轻多径干扰

采用分极天线的方式,即为每一个车载无线单元配置了双天线,通过设置,使这两只天线工作在分极模式下。通过分极天线的方式可以在一定程度上消除多径干扰的问题,其原理是无线接入点每一次创建一个多路径条件,通过比较2个天线接受下来的无线信号,选择其中一个质量较好的信号进行接受。从而较好的还原信号。这样一定程度上克服多径问题带来的影响。

3.2.2 采用定向天线减轻多径干扰

在轨旁以及车载部分都采用小角度的定向天线的方式进行接收与发送,和全向天线不同,定向天线的发射角度较小,在隧道封闭环境中产生反射的情况大大较少,从而在一定程度上克服了多径问题。

3.3 其它无线系统对PIS无线网络干扰的情况分析

如果PIS采用WLAN 802.11b/g技术,其工作频段为2.4 GHz~2.483 GHz,由于其它通信系统工作在不同的频点,对于轨旁和车载无线接入点,在内部硬件中,都设计了专业的多级滤波器,只放大了2.4 GHz~2.483 GHz之内的信号,而滤

除了其它频段的信号,因此其它频段的信号几乎可以全部衰减,从而避免了对其它无线系统对PIS无线系统的干扰。

4 轨旁AP布点设计方案

4.1 轨旁AP布点设计原则

无线电波传播特性与电波传播环境密切相关,无线通信的物理载体是无线电波,信源与信宿之间的物理环境对无线通信系统的部署和性能有着较大的影响。结合地铁行业的特殊应用环境,根据无线信道的传播特性和电波传播方式建立恰当的传播模型,准确地对传播损耗做出预测,是地铁无线网络轨旁AP布点规划的重要原则。轨旁的接入点设备、列车天线的设置保证列车和固定网络间始终存在可选的无线信号路径。当前接入点信号减弱的时候,车载无线设备应能无缝切换至最合适的接入点。轨旁AP布点规划可参照如下主要原则进行。

(1) 所有轨旁AP均部署在隧道以及开放区段的弱电一侧。

(2) 为保证在某一轨旁AP意外失效的情况下,相邻轨旁AP仍可覆盖原失效AP的覆盖区域,避免轨旁AP无线覆盖区域出现盲点而导致车地通信中断,轨旁AP的有效无线信号覆盖范围应设计为2倍的AP部署间距。

(3) 为了避免AP之间覆盖区域的过渡重叠而造成不必要的同频干扰,建议结合实际情况将AP发射功率设定在与其覆盖范围相对应的级别上,即避免某一地点车载无线单元接收到多于2个以上的轨旁无线信号覆盖,即实现AP的无缝切换。

(4) 根据无线链路计算及地铁实际环境下的测试和工程实践经验,建议直道轨旁AP的平均部署间距为150 m~180 m左右,具体点位,需要在实际勘测时确定。

(5) 弯道处的轨旁AP部署间距应以可视距离为参考原则,具体部署位置可根据实际工程勘测结果进行进一步调整。

(6) 高架区段、共线路段、线路交叉坡道路段等环境的轨旁AP部署位置在以上原则基础上建议根据实际工程勘测结果最终确定。

(7) 站台附近如存在抽风机设备,在站台长度

不长的情况下,为避免抽风机对无线信号的阻隔和反射影响,建议站台两端轨旁AP部署点选择距离抽风机稍远的地方。

(8) 轨旁AP的布点设计还需避开隧道内的人防段和隔断门位置。

(9) 轨旁AP天线安装支架的设计能够适应各种不同隧道洞型的差异,以确保轨旁天线与车载天线的极化方向始终保持一致。

4.2 AP部署方案

4.2.1 双轨部署单向天线

上行和下行的AP设置为同一个频点,共线区间只安装一个方向的天线,这样可以避免两列车的车尾无线单元同时接入同一个AP。

如图4,上行和下行的AP设置为同一个频点,例如:频点1。列车车头和车尾无线单元的工作频点也设置为频点1。由于在共线区间的某个线路上只安装一个方向的天线,用于服务车尾无线移动单元,从而保证上行列车和下行列车的车尾无线单元始终接入各自相应线路的AP。如图4,相向的两列车会车时,上行车接入上行的AP2,下行车接入下行的AP2'。

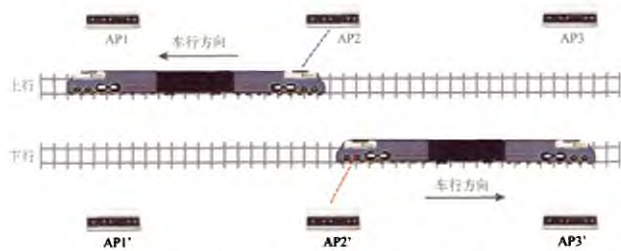


图4 双轨部署单向天线示意图

通过软件的方式使车载AP始终工作在车尾模式下,可避免列车接入另外一条轨道的AP。

4.2.2 上下行线路采用不同SSID

上、下行线路的所有AP,均采用了同样的SSID(Service Set Identifier,服务集标识),是“车载无线单元”在上面讨论的单线双轨线路、会车等条件下,两个方向上的车辆关联相同的AP的主要原因。当然,上下行线路设置同一SSID的好处是,车辆上的“车载无线单元”在反向运行时,不用修改SSID参数。

为了避免在单线双轨线路发生同一AP连接不同方向来车的情况发生,可以考虑如下措施。

(1) 预先将上行和下行线路上面的AP的SSID

设为不同SSID,如SSID-UP(上行),SSID-DN(下行)。

(2) “车尾工作”仍然为主模式,“车头工作”仍然为备份模式。

(3) 列车运行的方向信息(上行或者下行),通过与车辆信号系统的接口传递到车内的车载服务/控制器上。

(4) 车载服务/控制器根据此信息,通过有线网络,告知位于车尾和车头的车载无线单元一也就是“无线工作组网桥”——将当前工作的SSID设定为正确的值(比如从车辆信号接口获得的信息表明列车即将由上行转为下行,则此时主“视频控制器”通知“无线工作组网桥”将工作的SSID设置成SSID-DN)。

通过上述的步骤,可以确保在共线区间内,上下行列车由于设定SSID不同,从而不可能关联同一AP,而只能关联到各自运行线路的AP上,并且也能够保证“车尾工作”与“车头工作”的主用/备用关系。

4.2.3 高架带声屏障路段AP部署方案

高架带声屏障路段部分,为了降低声屏障对于无线电波的反射,通过测试建议AP部署方式和普通高架部分和单线双轨线路大致一致,只是在AP间的距离、密度和发射功率方面进行调整,即在直线部分AP间的距离在150m左右,使AP的发射功率与其覆盖范围相匹配。

5 设计优化

结合设备选型、设备布置安装、有线网络支持,进行模拟试验,确定并优化无线网络漫游方案,实现高速切换。

车载设备的漫游切换,是技术关键所在。由于无线信号具有较大的时变性,即某时刻远一些距离收到的信号可能比近一些距离收到信号要好,因此对于如何更准确的判定信号质量是个关键。借鉴经验,将判定算法移植到WLAN设备中,可达到很好效果。

5.1 快速安全漫游切换机制

通常的无线局域网漫游切换过程,需要3个方面的处理开销。

(1) 漫游主体决定切换——寻找合适的新AP——

—重新关联。

(2) 如果实施了802.1x/EAP, 快速重新认证和将会话密钥送给新AP (如果只采用静态Wep, 则没有这个处理过程的开销)。

(3) 有线网络对漫游主体的转发地址更新过程 (如果是2层漫游, 则更新MAC地址转发表; 如果是3层漫游, 则更新IP地址转发表); 地址更新过程采用了IAPP (Inter-Access Point Protocol) 技术, 主动将漫游事件的后果通知上游设备, 而不是被动等待数据流触发的学习更新和AP的关联信息的超时, 从而缩短了地址更新的时间。

该技术实现完全集中在车载设备(WGB)上。如上文所述, WGB引入“移动站”功能选项后, 漫游切换时间缩短, 当WGB发现与正在通信AP的传输信号质量变差(RSSI值降低), 过多的无线电射频干扰, 或者高误码率的时候, WGB就会在不影响当前通信的同时开始扫描查找新的AP; 一旦发现新的AP信号质量好于正在通信的设备, 马上切换。

5.2 车尾优先工作的依据

为了满足地铁的高可用性, 要求在车头和车尾的司机室内分别部署一套车载无线单元、视频服务器及车载交换机。在正常情况下, 视频数据通过其中一个司机室的无线链路与有线网通信, 只有在这个司机室内的无线单元或者视频服务器发生故障的时候, 才切换, 通过另一司机室内的设备同有线部分进行通信。

根据地铁实际环境和测试结果, 采用车尾为主的工作方式进行工作, 在车尾司机室内设备发生故障的情况下, 车内视频系统才通过车头司机室内的设备与有线系统进行通信。

如图5, 以车尾为主进行工作时, 车载无线单元经过的无线信号覆盖强度是由强到弱。在这种情况下, 车载无线单元非常容易判断切换条件, 因为在切换点, 相邻2个AP的无线信号的场强差异很大, 车载无线单元可以立刻做出判断进行切换。



图5 车尾天线漫游切换示意图

如图6, 当以车头为主进行工作时, 车载无线单元经过的无线信号覆盖强度是由弱到强的, 在这种情况下, 当车载无线单元进入到切换点附近的时候, 相连2个AP的无线信号的场强差异很小, 这时车载无线单元很难做出判断, 会产生一小段犹豫比较过程, 从而增加了切换时间。而且缺少了信号预检测过程, 难以完成快速切换过程。

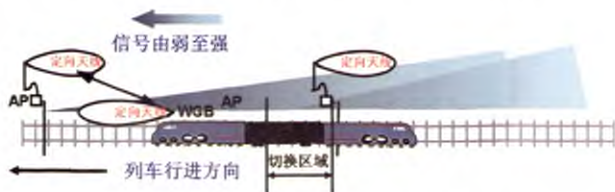


图6 车头天线漫游切换示意图

通过比较, 一般采用车尾工作为主的模式, 只有在车尾设备出现故障的情况下, 才切换至车头工作的模式。

6 结束语

车地无线传输技术是保证车站到车辆之间的各种数据信息、视频信息和控制信息稳定传输的关键技术, 其传输质量直接影响日常运营工作的正常开展和乘客的乘车感受。在工程应用中, 可根据现场实际情况, 采取相应措施有效避免传输干扰, 达到良好的系统运行效果。

参考文献:

- [1] 朱胜利, 佟丽华, 蔡晓蕾, 杨佳愉. 北京地铁5号线乘客信息系统网络平台关键技术研究[J]. 铁路计算机应用, 2008, 17 (7).
- [2] 赵静, 蔡晓蕾, 康进赞. 城轨乘客信息系统网络平台及其实施[J]. 铁路计算机应用, 2010, 19 (1).
- [3] 蔡国涛, 陈蕾. 对乘客信息系统 (PIS) 的分析[J]. 现代城市轨道交通, 2008 (1).
- [4] 曾娜, 许昆, 李军. 轨道交通乘客信息系统的设计[J]. 自动化与仪表, 2011 (6).
- [5] 吴闯龙. 城市轨道交通乘客信息系统的发展[J]. 铁路通信信号工程技术, 2007 (5).
- [6] 李佳祎, 黄纯昉. 地铁PIS系统车地无线技术的探讨[J]. 铁道工程学报, 2009 (4).

责任编辑 徐侃春