

电力线通信技术在地铁 AFC 系统车站级网络中的应用

方 晖¹ 徐文学² 李建平³

(1. 宁波市轨道交通集团有限公司建设分公司, 315101, 宁波; 2. 北京卓越信通电子股份有限公司, 100094, 北京;
3. 泰华智慧产业集团股份有限公司, 250101, 济南//第一作者, 高级工程师)

摘 要 作为 AFC (自动售检票) 系统中的一个重要部分, AFC 系统车站级网络在新线施工和老线改造过程中, 不可避免要发生穿墙凿壁、挖槽布线的情形, 工程难度很大, 对资金和工期也提出了很高的要求。电力线通信(PLC)技术作为以太网通信的补充手段, 在解决最后一百米通信上有天然的优势, 是 AFC 系统车站级网络的一种解决方案。

关键词 城市轨道交通; 自动售检票; 电力线通信

中图分类号 U293.22; TN915.853

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2019.06.035

Application of PLC Technology in AFC Station-Level Network System

FANG Hui, XU Wenxue, LI Jianping

Abstract Being an important part in automatic fare collection (AFC) system, the station-level network will inevitably cut through walls to lay wire grooves either in new line construction or in old line renewing project. Because of the great difficulties in construction and transformation, more investment and longer construction period are needed. As a supplementary means of Ethernet communication, the power line communication (PLC) technology has the natural advantages in solving the last hundred-meter communication, and can be used as a solution for the station-level network of

AFC system.

Key words urban rail transit; AFC system; PLC technology

First-author's address Ningbo Rail Transportation Group Co., Ltd., 315101, Ningbo, China

1 传统自动售检票系统的车站级网络

传统自动售检票(AFC)系统车站级网络(如图1所示)采用二层接入网络交换机与三层汇聚网络交换机, 共同组建二层工业环网, 实现站内网络构建。相比于星型或链型的网络结构, 环形网络结构可以提供链路的冗余, 因而拥有极大的优势: 当网络中出现任意位置的单点故障时, 环形网络可以立即启用其备用链路, 使得任意节点的通信不会出现中断的情况; 对于每一个独立的环网, 可启用环网冗余协议; 当网络中出现单点故障时, 系统可以实现毫秒级速度进行倒换, 以保证业务数据的正常传输, 增加了网络的可靠性。

基于以太网的 AFC 系统车站级网络采用光纤介质, 设备区的线缆可采用沿走廊和房间顶棚明敷、沿吊顶内敷设、沿墙内暗敷, 或采用在防静电地板下

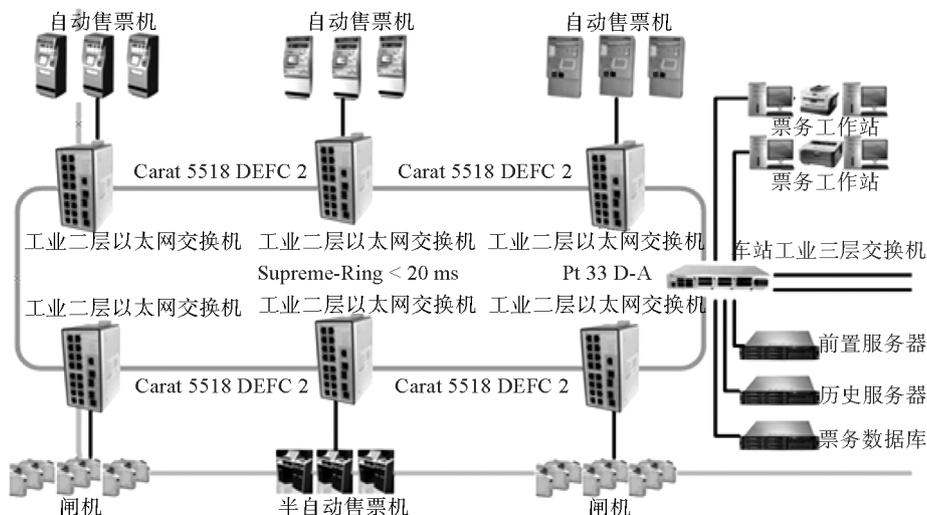


图1 基于以太网的 AFC 车站级网络

穿管道或镀锌线槽(200 mm × 100 mm)等多种方式。公共区地面装修层线槽采用不锈钢制品,壁厚3 mm,包括三种类型:①按150/250分隔的,尺寸为400 mm × 50 mm;②按150/150分隔的,尺寸为300 mm × 50 mm;③按150/100/150分隔的,尺寸为400 mm × 50 mm。不锈钢线槽、接线盒、分线盒之间采用防水连接器进行连接,防护等级达到IPX7。所有不锈钢线槽、分线盒、终端盒都在工厂进行成品化焊接生产,车站施工现场不允许焊接和加工。然而在实际工程中,由于土建误差,当地面结构标高不足时,地面开凿和保护还要由AFC系统施工单位负责;工程沿线的各种外部接口繁杂,施工空间的局限给设备管线综合带来了巨大困难;设计及现场结构的协调需要消耗大量的人力与时间,这既降低了工作效率,又大大增加了出错的机率;前期工作的效率低下还会导致后期设备用于安装调试的时间紧张。因此,AFC系统车站级网络在新线施工和老线改造过程中难度很大,且对资金和工期都提出了很高的要求。

经过市场调研,对图2所示的不锈钢线槽方案进行评估:按投资15万元/站以及镀锌钢管5万元/站计算,一条线路仅在布线方面至少要投资200万元以上;而在改造项目上,还需要在破坏墙体、墙体修复等方面增加不菲的费用。

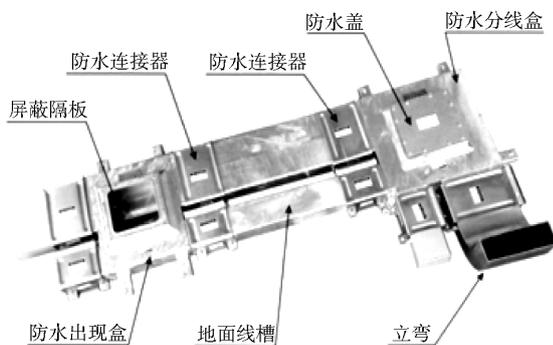


图2 轨道交通车站装修层不锈钢线槽设计方案

电力线通信(PLC)是指利用电力线作为媒介实现数据传输的一种通信技术。PLC技术利用设备电源线进行传输,无需再单独布置通信线缆,无需进行墙体施工及布置通信线槽,从而减少部分人力、物力和财力。因此,通过PLC技术来解决AFC系统车站级网络方案是值得研究的。

2 基于PLC技术的AFC系统车站级网络方案

PLC技术把载有信息的高频信号加载于直流

或交流电信号上,通过电力线作为媒介进行信息传输,接收信息的解调设备再把高频信号从直流或交流电信号上分离出来,并传送到终端设备,以实现信息传递。PLC也可以用同轴电缆、电话线等媒介来传输。由于电力线是最普及、覆盖范围最广的一种物理媒介,利用它传输数据信息,可以降低运营成本,减少构建新的通信网络的支出。随着调制技术和编码技术的发展,PLC通信技术性能得到了很大提高,传输距离越来越远,带宽越来越高,抗干扰性越来越强。因此,PLC技术代替百兆以太网,用以构建AFC系统车站级网络是完全可行的。

基于PLC的AFC系统车站级网络(如图3所示),利用既有的电力线进行数据传输,用工业电力网桥来替代二层工业以太网交换机,构成星型网络结构。对于每一区域中的设备如闸机、自动售票机等,各区域的终端可以接入一个单口工业电力网桥(TSC-PLC-1001S),也可以按相邻区域终端的数量接入多口工业电力网桥(TSC-PLC-1004S、TSC-PLC-1010S)。其接入方式是终端设备的网口对接电力网桥的网口,电力网桥局端的网口对接三层交换机的网口。若信息由终端传向中心,则数据通过网口接入后由电力网桥设备调制到电力线上,再由电力线传输到电力网桥局端设备上,电力网桥局端设备解调后恢复成以太网信号传输给三层交换机;若信息由中心传向终端,则数据传输反过来即可。整个电力线网络的出口是两个电力网桥局端设备(TSC-PLC-1002M)。这两个设备形成热备份。每个局端设备自身有“一主一备”两个以太网口,同时接到三层交换机上,只有当主端口失效时备端口才开始工作。这种接入方式确保了电力网桥局端设备异常或三层交换机某一端口异常时,整个系统仍可以正常工作。

电力线信道传输环境非常恶劣,存在多种复杂噪声干扰、与其他业务频段信号的耦合、恶劣的频率选择性和快速时变性等问题。这些问题极大地阻碍了信号传输的可靠性,需要采用有效的技术来保证信号传输的高效鲁棒性。随着通信技术的高速发展和电力线通信市场的兴起,国内外诸多科研机构都开展了宽带电力线通信技术的研究,包括正交频分复用(OFDM)技术、高效的编码调制技术、鲁棒灵活的帧结构设计、信号处理技术、频谱感知技术等,以提高PLC通信的性能和工作稳定性。目前,宽带PLC的传输性能已经达到带宽1 Gbit/s以上、传输距离300 m以上。而在AFC系统车站级网络中,各

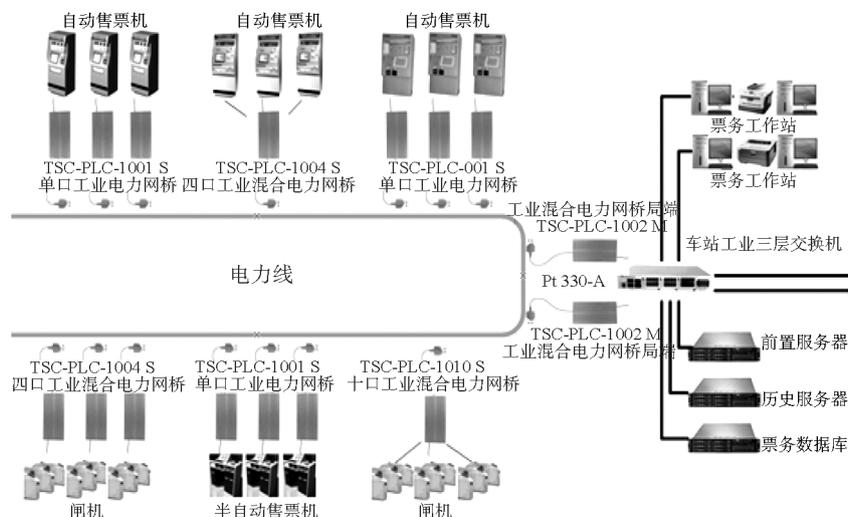


图3 基于PLC的AFC车站级网络

终端的设备流量在 500 kbit/s 以下,同一不间断电源(UPS)下节点数为 30 个左右,预计需要 15 Mbit/s 左右的总带宽。通过实测发现,1 Gbit/s 电力网桥的有效数据传输带宽在近距离情况下可以达到 400 Mbit/s 左右,完全能够满足 AFC 系统车站级网络的需求。另外,在同一电力线下,还可通过设置电力网桥分组的方式,将不同区域的网桥设备设置成一个组,从而减少电力网桥间的相互干扰,提高带宽利用率。

宽带电力线的载波频段在 2 ~ 85 MHz(Homeplug 标准)或者在 25 MHz、50 MHz、100 MHz 附近(G.hn 标准)。在工程实践中,可以结合实际应用情况进行频段优化。若滤波器所滤频段不在这个频段范围,则对 PLC 通信影响不大;若所滤频段在上述范围,可利用电感耦合或电容耦合的方式跨接过去。

根据多年的工程经验,AFC 系统车站级网络供电及数据传输具有如下特征:① 采用独立 UPS 供电,总入口唯一,电源洁净;② 供电网络结构简单,无复杂链路,无大型过流保护及滤波装置;③ 负载主要为计算机、电子元器件模块及小功率电器,无大型负载;④ 数据量和实时性要求不高,网络节点数量较少。因此,PLC 技术应用于 AFC 车站级系统网络具有得天独厚的优势,使得 PLC 通信在应用中可以扬长避短。

与传统以太网方案相比,基于 PLC 的 AFC 系统车站级网络方案具有以下优点:① 利用电力线供电特性,电力线断开与否与设备工作与否是正相关的,因为无需构建冗余环网,也就没有以太网交换方

案所需的环网收敛时间要求;② 减少了施工材料数量,如可采用镀锌钢管取代不锈钢线槽,还可减少光纤材料;③ 减少了如线槽敷设、光纤熔纤、网络调试等工作量;④ 减少了运营维护的工作量,实现“有电就有网”;⑤ 降低了改造项目实施难度和相关费用。此外,在设备性能和成本上,PLC 网络核心产品的技术参数与现有的以太网方案并无明显差异。在硬件上,相比较同端口的交换机,主要是增加了 PLC 通信模块,成本无太大变化。

3 结语

PLC 通信在解决最后几百米通信上有天然的免布线优势,尤其在系统改造或扩展方面能够极大节约成本和缩短工期。PLC 技术本身已经很成熟,在远程抄表等民用行业已经得到广泛的应用。基于 PLC 技术实现 AFC 系统中车站级网络传输时,只要在工程实践中结合实际情况进行优化处理,减少电力线上设备对信号传输的隔离和干扰,保障数据传输效率,采用 PLC 来替代以太网通信完全能够取得预期效果。

参考文献

- [1] 中国电子技术标准化研究院. 宽带电力线通信标准化白皮书[R/OL]. (2014-07-20)[2017-05-20]. <http://www.cesi.cn/201612/1682.html>

(收稿日期:2017-09-26)