

## 天津城市轨道交通智能支付的应用研究\*

于航<sup>1</sup> 冯进峰<sup>2</sup>

(1. 天津理工大学电气电子工程学院, 300222, 天津; 2. 天津轨道交通运营集团有限公司, 300222, 天津//第一作者, 讲师)

**摘要** 互联网技术的发展带动了“互联网+”模式的广泛应用。“互联网+轨道”的模式提高了广大乘客的出行体验,同时也给地铁运营单位带来了便利。天津轨道交通通过对智能支付的技术、建设模式、系统结构的研究和实践,开展关键技术的创新应用,实现了银行卡、手机 NFC(近场通信)、二维码技术在售票端和检票端的规模化应用。

**关键词** 城市轨道交通; 智能支付; AFC 系统; 手机 NFC; 二维码车票

**中图分类号** U293.5

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.05.045

## Application of Intelligent Payment in Tianjin Urban Rail Transit

YU Hang, FENG Jinfeng

**Abstract** The development of internet technology has promoted the wide application of the “Internet +” mode. The “Internet + track” mode has improved the travel experience of vast number of passengers and has brought convenience to the metro operation companies. Through the research and practice of intelligent payment technology, construction mode and system structure, Tianjin Rail Transit has carried out innovative application of key technologies, realizing large-scale application of bank card, mobile phone near field communication (NFC) and QR code technology in ticket-selling and ticket-checking ends.

**Key words** urban rail transit; smart payment; automatic fare collection system (AFC); mobile near field communication (NFC); QR code ticket

**First-author's address** School of Electrical and Electronic Engineering, Tianjin University of Technology, 300222, Tianjin, China

天津轨道交通从 2006 年开始运营以来,经历了不同阶段的票务模式更迭,包括线网规模扩大、AFC(自动售检票)系统设备更新、运营模式转变、支付

技术发展等方面。在运营票卡管理和现金管理方面也经历了不同阶段的发展变革。

通过分析天津轨道交通票务发展和地铁运营的历程,发现还存在以下问题:

1) 自动售检票系统建设成本高,升级更新难度大。老线 AFC 系统的多次改造,天津地铁 6 条线路共有 8 个设备厂商参与,票务新功能增加通常需要协调多家集成商参与,难度大,投资大。

2) 传统票卡支付在运营管理和设备维护方面成本高。票卡采购和管理成本、现金管理引起的人员成本、传统设备的运维成本居高不下。

3) 自动售检票系统受设备厂商限制。厂商的更替对于地铁运营票务发展存在较大的限制和风险。

4) 轨道交通票务带来的正向效益已经到了瓶颈点。近些年,如同各城市一样,天津轨道交通已将以传统票卡为媒介的营销活动发挥到了极限,传统票务很难实现跨行业、跨领域的突破,实现更高的效益。

## 1 天津轨道交通智能支付应用情况

为了解决天津轨道交通票务发展和运营过程中存在的问题,天津轨道交通智能支付,从智能支付建设模式、智能支付系统架构、智能支付方式选择、通信方式、业务规则等方面做了深入研究,在 2017 年底重新推出了智能支付购票功能,做新的试点应用。2018 年 4 月 26 日,正式推出银行卡及手机 pay 支付检票过闸应用,2018 年 12 月 29 日,上线手机二维码扫码过闸应用。通过一年的技术攻关和工程实施,在售票端、检票端均上线了智能支付应用,覆盖到了银行卡闪付、手机 pay 闪付、手机二维码、语音识别售检票等多种新技术应用。

\* 天津市自然科学基金项目(18JCYBJC87700);天津市轨道交通科技重大专项(18ZXGDGX00040)

## 2 天津轨道交通智能支付关键技术应用分析

### 2.1 通信联机脱机自适应模式

为了保证轨道交通票款资金安全完整的前提下,尽可能地保障乘客通行体验,天津轨道交通

首创采用了“通信联机脱机自适应模式”,终端设备在处理票卡业务时,优先与智能支付平台系统通信,获取通行数据。如在规定时限内无法联机时,自动降级为脱机模式。在手机二维码过闸应用过程中,采用了二级脱机验证的模式<sup>[1]</sup>。具体验证逻辑如图 1 ~ 图 3 所示。

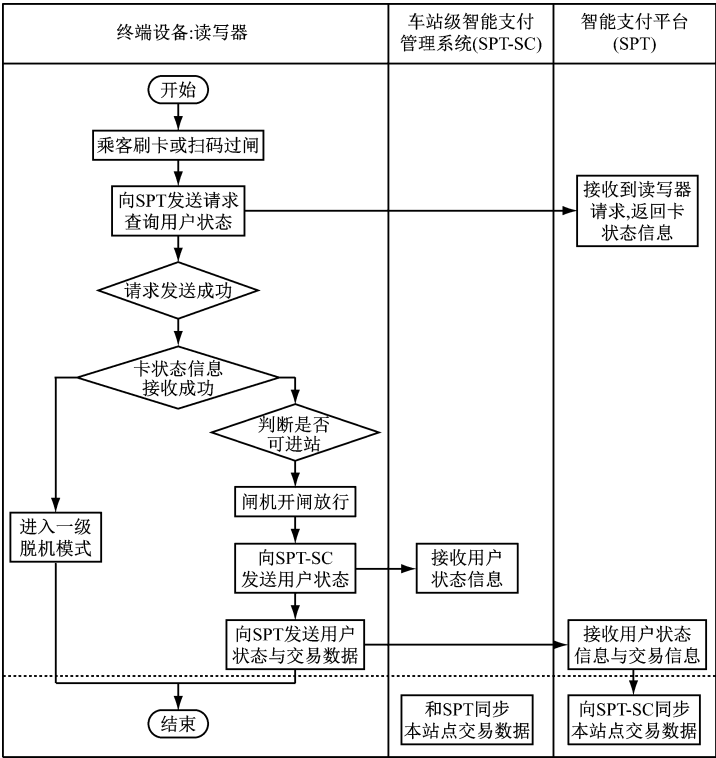


图 1 联机模式

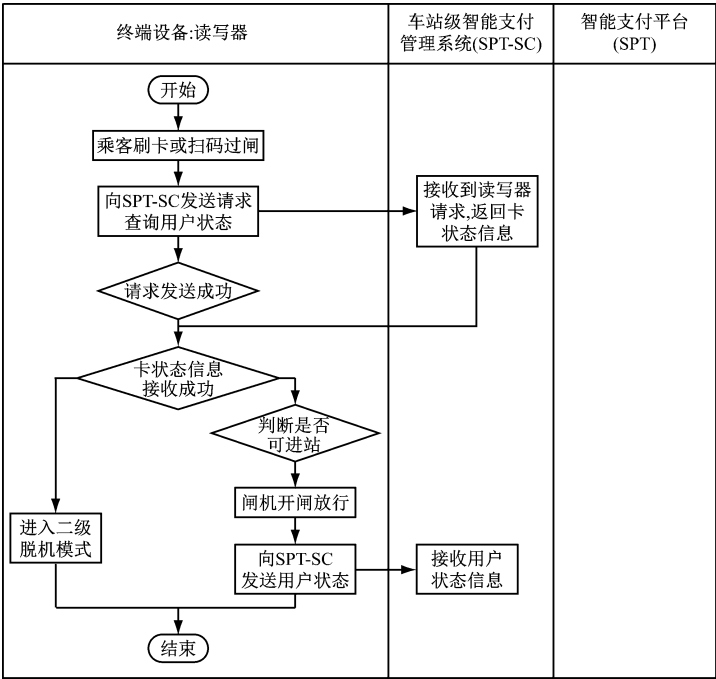


图 2 一级脱机模式

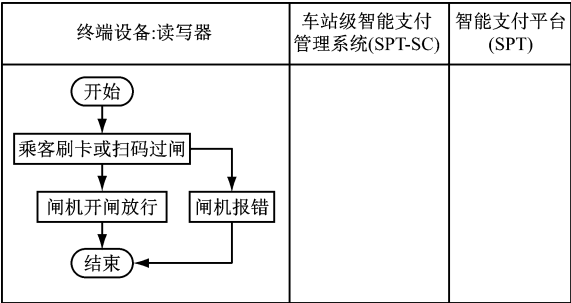


图3 二级脱机模式

通信联机脱机自适应的技术有三方面优势:第一是状态验证后台化,不需要多前端身份识别模块进行回写,可以广泛化地兼容前端多种身份识别技术;第二是通过实时的在线通信交互技术应用,将乘客的进出站动作与后台实时对应,检验进出闸次序,保证票务逻辑完整性以及乘客行程信息的及时性,可搭配降低的通信验证逻辑,同时保证乘客的前端过闸体验不受影响;第三是充分利用了设备多线程通信机制,在 250 ms 内完成双极通信交互和逻辑认证,保证联机验证的时效性和脱机验证的灵活性。

2.2 读写器交易透传模式

天津轨道交通的读写器采用 RJ45 网口与智能支付平台通信,在数据交互上采用双通道并存模式,传统的串口通道用来进行设备管理和传统业务受理,专用网口用来开展智能支付业务,数据透过传统的终端设备、SC(车站计算机)、LC(线路中央计算机),直接上送智能支付平台。

在轨道交通行业内,天津轨道交通的读写器首次突破传统的串口传输模式,兼用 TCP/IP 协议,读写器实现对传统 AFC 系统和新建智能支付系统的双链接。读写器交易采用透传模式,精简了 AFC 架构体系,保证了智能支付交易上传的及时性和稳定性,实现了乘客行程结束后立即扣费。乘客可及时获取行程信息和扣费信息,配套终端设备数据审计机制,既保证了数据的及时性也兼顾了数据的准确性<sup>[2]</sup>。

2.3 智能支付三层架构体系

相对于传统 AFC 系统的五层架构,天津智能支付通过三层架构来实现,分别是智能支付平台系统(含车站级智能支付管理系统)、终端设备及票卡,如图 4 所示。智能支付平台系统是整体智能支付的大脑,车站智能支付工作站用于数据存储、降级模式下的信息验证、车站报表生成等功能;智能支付

终端设备为读写器,读写器将智能支付交易数据透过传统 SC、LC 直接上传至智能支付平台;票卡介质为银行卡、手机二维码等。

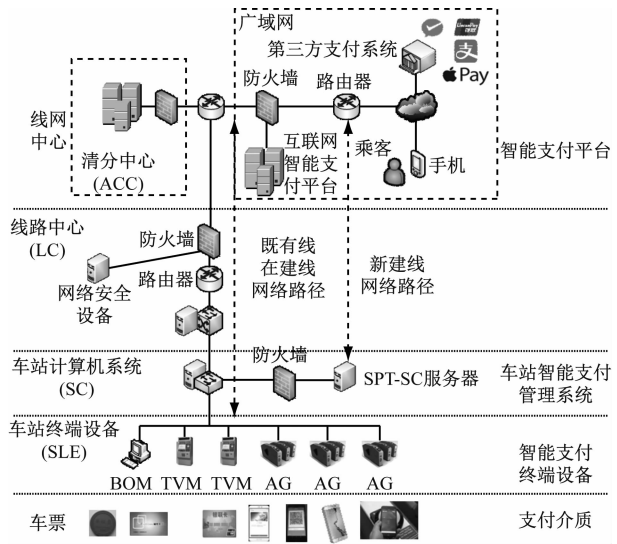


图4 智能支付三层架构示意图

AFC 结构体系的提升和优化,相较于传统 AFC 系统的架构有三方面的提升:第一方面是数据效率的提升,终端读写器的数据直接送至中央平台系统,再由中央系统同步至各车站系统,数据传输更及时和高效;第二方面是网络安全提升,设置网络安全设备将传统的 AFC 设备与智能支付设备进行隔离,避免互联网业务对于传统设备系统的冲击;第三方面是在硬件配置上采用了硬件“云模式+传统集群模式”。这种架构可以很好地适应智能支付应用过程中的高并发、高效率、高扩展性的要求,同时也兼顾了轨道交通对于数据系统高稳定性的要求。网络机构在设计时设置了 DMZ 互联网访问缓冲区,外部流量均以 DMZ 缓冲区为唯一的接口,保障系统安全。

2.4 创新五套双保障技术体系

1) 双密钥。乘车码规范支持传统工业应用环境的对称密钥体系和开放互联网环境的非对称密钥体系,是“产业+互联网”在轨交界的一次诠释。

2) 双签发。轨道交通乘车码的两级签发机制将地铁票务的产品与销售进行分离,实现票务平台和电商平台的分级运行,票务平台签发提供票务产品定制、票务授权与使用,电商签发提供用户推广和票务销售。两级签发采用各自独立的签名体系,可配套独立的票务和电商的轨道交通运营组织架构,风险隔离,灵活有效。

3) 双脱机。手机端的脱机生码和检票终端的脱机验签,在高频、高密的地铁消费场景中,实现风险可控的用户极致体验。

4) 双内核。支持基于票务次序逻辑(联机模式)和基于乘客行为分析(脱机模式)的双票务融对内核,实现轨道交通票务智能、智慧的双智驱动。

5) 双优惠。支持平台端(P端)优惠和商户端(B端)优惠:P端由轨道交通运营商面向乘客,提供立减、折扣、累积、联程等优惠,是平台直接让利给乘客,提高乘车码产品的用户黏度;B端优惠是面向合作商户,由合作伙伴(app入口或支付渠道)提供计价后再返现,提高商户活跃度。两类优惠可叠加,乘客享双重福利。

## 2.5 建立了智能支付双脱机模式下的业务规则体系

智能支付业务是先乘车、后付费的新模式,因此,虽然面向乘客的业务规则与传统票卡相兼容,但是实际票务处理逻辑有较大的创新。为了适应这种创新,重新制定了智能支付更新业务规则及交易匹配规则,完成现场补票和配对扣费业务。智能支付双脱机模式下的业务规则的创新点有两方面:一方面是既兼容延续传统票卡的票务规则,又引入电子客票独有的业务逻辑,重构了电子客票联机、脱机交易并存时的异常票务逻辑规则;第二方面是构建了脱机联机交易配对机制,实现多点采集、多时序传输下的精准行程匹配。

智能支付交易数据以三层架构为基础,由读写器直接实时上送至平台系统及车站级平台系统,保障数据的及时性。同时,建立读写器设备交易审计机制,保障交易数据的完整性。与传统的AFC标准交易由AFC终端设备进行隔离,不再上传至ACC(线网清分清算中心)系统,所有智能支付的对账工作以新交易、新平台为准。

## 3 天津轨道交通智能支付应用后续工作

1) 在二维码扫码过闸功能基础上,售票端和半

自动补票端引入二维码支付,统一由智能支付平台与外部支付方对接。

2) 打造智能支付应用标准架构模式,研究人脸识别等新的生物识别支付技术。通过天津智能支付平台和统一读写器终端组成的票务业务受理体系,实现轨道交通AFC系统面向“识别技术”的接口标准化,后续“识别技术”发展或更新时,对于轨道交通而言仅是接口的增加。

3) 新线推行三层架构体系,并将智能支付应用标准化。近期新线缩减传统自动售票机的数量,由互联网售票机代替。远期新线在设计阶段要将互联网检票机纳入设计范围,以减少传统闸机的数量。

4) 逐步推行自助补票功能。随着智能支付的普及,现金使用率越来越低,智能支付补票功能可以逐渐由自助设备完成,通过友好的人机界面设计、完善的补票规则设置,提升乘客通行效率,减少车站客服业务压力,逐步向无人客服迈进。

## 4 结语

智能支付技术在不断发展,城市轨道交通需要紧跟技术发展,为乘客创造便捷的出行体验。天津的智能支付应用模式结合了天津轨道交通的运营现状、设备系统情况以及合作环境情况,后续关于智能支付的推进还需要进一步加大技术创新,做好标准化接口推行,尽早实现智能支付的规划愿景。

## 参考文献

- [1] 简炼,王富章,李平. 地铁智能交通系统研究与实践[M]. 北京:中国铁道出版社,2007.
- [2] 闫威. 浅析新型智能支付系统在城市轨道交通中的应用[C]//第三十二届中国(天津)2018'IT、网络、信息技术、电子、仪器仪表创新学术会议论文集. 2018:210.

(收稿日期:2019-06-28)

欢迎访问《城市轨道交通研究》网站

www. umt 1998. com