

手机支付在城市轨道交通自动售检票系统中的应用

王 勇

重庆江跳线轨道交通运营管理有限公司 重庆 400000

摘要：随着“互联网+交通”的深度融合，手机支付已广泛应用于城市轨道交通自动售检票（AFC）系统。本文阐述AFC系统与手机支付的相关概念及融合理论，分析当前手机支付在AFC系统中的应用现状、成效与现存问题，设计两者融合架构及关键技术，提出技术、运营、安全等方面的优化策略与保障措施，为推动城市轨道交通AFC系统智能化升级、提升出行便捷度与运营效率提供理论与实践参考。

关键词：手机支付；城市轨道交通；自动售检票系统；应用

引言：城市轨道交通是城市公共交通的核心骨干，AFC系统作为其关键组成部分，直接影响运营效率与乘客体验。传统实体票卡支付存在诸多不便，而手机支付的便捷性、高效性使其成为公共交通支付的主流趋势。在国家“互联网+”行动计划支撑下，推动手机支付与AFC系统深度融合，解决应用中的技术、运营、安全难题，对构建智慧交通体系、满足乘客高品质出行需求具有重要意义。

1 相关概念与理论基础

1.1 城市轨道交通自动售检票（AFC）系统

（1）AFC系统核心构成主要包括清分中心、线路中心和车站终端设备，清分中心负责全网票务结算，线路中心统筹单条线路设备，终端设备含自动售票机、半自动售票机、自动检票机等，协同实现系统运转。（2）核心功能涵盖票务发售、进出站检票、票务结算及数据处理，可完成票卡售卖、乘客通行验证、费用清算和客流数据统计分析，保障运营有序高效。（3）发展现状呈现智能化升级趋势，国产化率大幅提升，但存在系统兼容性不足、技术更新成本高、网络安全风险等瓶颈。

1.2 手机支付相关技术与模式

（1）主流手机支付技术以二维码支付和NFC近场通信支付为主，前者通过扫码完成交易，后者依托芯片及软件通过近距离感应支付，适配不同场景需求。（2）核心运营模式是运营方、支付平台与用户的协同机制，支付平台提供技术支撑，运营方拓展场景，用户通过平台完成支付，形成完整生态闭环。（3）技术优势为便捷高效、操作简单，应用特性具有场景化、多元化特点，可快速适配公共交通等高频出行场景，提升用户体验^[1]。

1.3 手机支付与AFC系统融合的理论支撑

（1）“互联网+交通”融合发展理论，推动互联网技术与轨道交通结合，为两者融合提供宏观导向，助力出

行服务数字化升级。（2）智能交通系统建设理论，聚焦提升交通运营效率与服务质量，为融合提供技术与理念支撑，推动出行智能化转型。（3）支付安全与数据协同理论，保障融合过程中交易安全与数据互通，解决数据异构、隐私保护等问题，支撑融合系统稳定运行。

2 手机支付在城市轨道交通 AFC 系统中的应用现状

2.1 应用推广概况

（1）国内主要城市应用进展显著，北上广深等一线城市已实现手机支付在AFC系统的全覆盖，北京、上海全线支持扫码与NFC支付，广州、深圳同步拓展多元支付场景；杭州、成都、西安、重庆等重点二线城市紧随其后，核心线路均已落地相关应用，部分城市实现全域轨道交通手机支付通行。（2）应用覆盖率持续提升，全国46个城市地铁已支持银联“卡码Pay”，一线及重点二线城市覆盖率达100%，中小城市逐步推进；使用频率稳步增长，一线城市高峰时段手机支付占比超80%，成为乘客出行的主流支付方式。（3）政策层面，国家“互联网+”行动计划与新型智慧城市建设战略提供支撑，各地出台轨道交通智能化升级政策；在行业环境上，支付平台与地铁运营方深度协同，推动技术融合与场景拓展，形成良好发展生态。

2.2 现有应用模式分析

（1）手机扫码支付模式应用广泛，涵盖微信、支付宝、地铁官方APP等渠道，场景为车站进出站检票，流程为用户提前开通乘车码，进出站时将二维码对准闸机扫码区，验证通过后完成通行，操作便捷且部署成本低。（2）NFC手机支付模式适用于追求高效通行的场景，包括手机闪付、虚拟交通卡，流程为用户开通手机NFC功能并添加交通卡，进出站时将手机靠近闸机感应区，“一碰即走”，响应速度快，适配高峰大客流场景。（3）混合支付模式在多地实践，支持扫码与NFC支付切

换, 兼顾不同用户习惯, 特点是兼容性强, 可应对网络中断等突发情况, 部分城市支持同一行程混合支付, 提升通行灵活性^[2]。

2.3 应用成效总结

(1) 优化乘客出行体验, 无需携带实体票卡, 缩短进站排队与通行时间, 部分城市乘客平均进站时间缩短62%, 大幅提升出行便捷度, 减少票务遗失烦恼。(2) 赋能运营方, 减少实体票卡的制作、投放与回收成本, 降低现金处理与设备维护支出, 部分城市隐性支出减少超过35%, 同时通过数据统计优化运力调度, 提升运营效率。(3) 推动城市公共交通智能化建设, 推动AFC系统从单一票务工具向智能服务终端转型, 助力构建智慧交通体系, 为城市交通数字化升级提供支撑。

2.4 现存应用问题梳理

(1) 技术层面, 部分老旧闸机与手机支付技术兼容性不足, 支付响应延迟偶有发生, 网络抖动时易出现扫码失败, 交易数据延时上传影响行程匹配、交易扣款; 部分中低端手机NFC灵敏度不足, 影响使用体验。(2) 运营层面, 支付平台、地铁运营方等多方协同不畅, 出现问题时权责不清; 对老年群体等宣传引导不足, 部分特殊群体操作困难, 适配性较差。(3) 安全层面, 存在用户个人信息与支付信息泄露风险, 部分场景易发生支付欺诈, 票务数据互通过程中存在数据安全隐患, 需强化防护措施。

3 手机支付与城市轨道交通 AFC 系统的融合设计

3.1 融合设计原则与目标

(1) 设计原则以实用性和前瞻性为核心, 模块化原则便于后期升级维护, 可灵活新增支付方式; 高并发原则适配高峰客流场景, 保障支付稳定; 安全可靠原则坚守支付与数据安全底线; 用户友好原则兼顾不同群体操作习惯, 降低使用门槛。(2) 设计目标覆盖多维度, 支付效率上实现响应时间 ≤ 0.3 秒, 提升通行速率; 在系统兼容性上实现与现有AFC设备、主流支付平台无缝衔接; 在安全保障上构建全流程防护体系, 降低安全风险; 用户体验上简化操作流程, 提升便捷度与舒适度。(3) 设计约束条件主要包括现有设备改造成本, 需控制老旧闸机升级费用, 兼顾经济性; 遵循轨道交通票务系统技术标准与支付行业规范, 确保系统合规, 同时考虑不同城市AFC系统差异, 提升设计通用性。

3.2 系统总体架构设计

(1) 搭建“云+端”一体化架构, 云端服务器负责数据存储、清算结算、系统管控与数据分析, 终端设备(闸机、自动售票机)负责支付验证、指令执行与数据

采集, 两者通过高速网络实现实时联动, 提升系统运行效率。(2) 核心模块分工明确, 支付接口模块负责与微信、支付宝等主流平台对接, 实现多渠道支付兼容; 数据交互模块实现云端与终端、各系统间的数据同步与共享; 安全防护模块负责身份验证、数据加密与风险监测, 筑牢安全防线。(3) 与现有AFC系统采用“兼容对接、逐步替换”方案, 保留原有核心票务功能, 通过接口适配实现手机支付与原有系统数据互通, 同步升级老旧终端设备固件, 确保交易数据、客流数据实时同步, 避免功能冲突^[3]。

3.3 关键技术实现

(1) 采用标准化支付接口适配技术, 开发统一接口协议, 兼容主流支付平台的接口规范, 实现支付请求快速解析与响应, 达成无缝对接, 减少接口适配成本与故障概率。(2) 运用双重数据加密与多因素身份认证技术, 对用户支付信息、个人信息进行端到端加密, 结合人脸、指纹等生物认证方式, 防范信息泄露与支付欺诈, 保障支付安全与用户隐私。(3) 部署高并发处理技术, 采用负载均衡算法分配支付请求, 优化服务器处理能力, 应对高峰时段大客流支付需求, 避免系统卡顿、支付失败等问题, 保障系统稳定运行。

3.4 应用流程优化设计

(1) 优化乘客端支付流程, 简化开通步骤, 支持一键开通乘车功能, 进出站无需额外操作, 实现“扫码/碰卡即通行”, 优化支付失败便捷合理处理机制, 提升响应速度与容错率。(2) 优化运营端管理流程, 搭建实时监控平台, 实现交易数据、客流数据实时统计分析, 精准掌握支付使用情况, 简化票务清算流程, 提升管理效率与决策科学性。(3) 适配特殊群体支付流程, 增设老年模式, 简化界面、放大字体, 支持亲友代付与实体卡绑定手机支付; 为残障人士优化操作流程, 适配辅助设备, 确保不同群体都能便捷使用。

4 手机支付在城市轨道交通自动售检票系统应用优化策略与保障措施

4.1 技术优化策略

(1) 推进终端设备升级改造, 对老旧闸机进行固件更新与硬件升级, 更换高灵敏度扫码模块和NFC感应装置, 提升设备与手机支付的兼容性, 将支付响应时间压缩至0.2秒以内, 减少支付故障; 同时统一终端技术标准, 保障不同品牌、型号设备运行一致, 降低后期维护成本。(2) 优化网络保障体系, 构建“主干网+备用网”双重支撑, 采用5G+光纤双链路传输, 提升网络带宽与稳定性, 避免高峰时段网络拥堵; 在车站关键区域

部署信号增强设备消除覆盖盲区,建立网络实时监测机制,及时处置故障,保障支付顺畅^[4];同时建立数据链路可靠性及运行数据检测机制,提前规避链路不畅问题,及时处理数据异常站点。(3)加强技术创新融合,引入AI、大数据技术,利用AI算法分析客流高峰规律,提前调度系统资源避免支付拥堵;通过大数据分析用户支付习惯,精准推送优惠与使用指引;结合人脸识别技术,实现“刷脸+手机支付”双重验证,提升通行效率与安全性,推动系统向智能化、便捷化升级。

4.2 运营管理优化策略

(1)建立多方协同机制,明确地铁运营方、支付平台、技术供应商的权责分工,搭建常态化沟通平台,及时协调解决技术适配、故障处置、利益分配等问题,形成“各司其职、协同发力”的运营格局,提升问题处置效率,减少推诿扯皮现象。(2)强化用户教育与服务,通过车站广播、宣传海报、官方APP推送等多种形式,普及手机支付操作流程、常见问题解决方法;在车站设置服务台,安排工作人员现场指导,重点帮扶老年群体、残障人士等特殊群体;开通线上咨询渠道,及时响应用户诉求,优化服务流程,提升用户使用熟练度与满意度。(3)完善票务清分结算体系,制定科学合理的清分规则,明确各方收益分配比例,依托云端系统实现交易数据实时清算,提升清分结算效率;建立清分异常处理机制,及时排查解决清算误差问题,保障地铁运营方、支付平台等各方合法权益,推动合作可持续发展。

4.3 安全保障措施

(1)技术层面,完善全流程安全防护体系,采用端到端加密技术,对用户个人信息、支付数据进行加密存储与传输,防范信息泄露;部署入侵检测、病毒防护等系统,实时监测网络攻击与异常交易,建立应急响应机制,针对支付欺诈、系统故障等突发情况,快速启动处置流程,降低安全风险。(2)管理层面,建立健全安全管理制度,明确安全责任分工,将安全责任落实到个人;定期开展安全培训与应急演练,提升工作人员安全意识与应急处置能力;加强对技术供应商、支付平台的安全监管,规范数据使用流程,防范内部安全隐患。

(3)合规层面,严格遵循相关法律法规,规范用户信息收集、存储、使用与销毁流程,确保数据处理合规;主动对接监管部门,接受监督检查,及时整改合规隐患,保障手机支付应用合法合规^[5]。

4.4 推广与落地保障

(1)制定分阶段推广方案,优先选取客流密集、设备完善的线路和车站作为试点,总结经验后优化系统功能与操作流程,再逐步向全域推广;结合中小城市轨道交通特点,制定差异化策略,降低推广难度,提升覆盖效率。(2)强化资金与人才保障,争取政府专项补贴及企业投入,保障设备升级、技术研发、推广宣传等资金需求;引进专业技术与运营管理人才,加强内部培训,打造专业团队,支撑系统改造与长期稳定运营。(3)建立效果评估机制,设定支付效率、用户满意度等核心指标,定期评估并收集反馈,动态优化策略;建立长效优化机制,结合技术发展与用户需求,持续提升手机支付在AFC系统中的应用质量。

结束语

手机支付与城市轨道交通AFC系统的融合,是轨道交通智能化发展的必然选择,既优化了乘客出行体验,又降低了运营成本、提升了管理效能。尽管当前应用中仍存在设备兼容、多方协同、安全防护等问题,但通过科学的融合设计与针对性优化策略,可实现两者深度适配。未来需持续强化技术创新与运营管理,推动融合模式迭代升级,助力城市智慧交通高质量发展。

参考文献

- [1]李亚,移动支付在城市轨道交通自动售检票系统中的应用探讨[J].计算机产品与流通,2020,(3):70-74.
- [2]蔡佳妮.“互联网+”时代城市轨道交通自动售检票系统设计城市轨道交通研究,2020,23(3):192-196.
- [3]武学红,于威.城市轨道交通一卡通移动支付技术应用[J].黑龙江交通科技,2025,48(8):125-129.
- [4]龚安锋.城市轨道交通AFC移动支付购票、扫码过闸速度研究[J].交通科技与管理,2025,6(2):76-79.
- [5]杨承东,刘洋.智慧城轨自动售检票系统的技术发展趋势[J].都市轨道交通,2021,34(1):52-56.