

一种提高轨道交通AFC交易准确性的技术实现方法研究

张 章

南昌轨道交通集团有限公司地铁项目管理分公司 江西 南昌 330038

摘要：自动售检票系统（AFC）是城市轨道交通的重要组成部分，直接面向乘客，负责售票、检票、充值等关键服务，其交易精确度直接关系到运营收入与乘客满意度。此外，AFC系统还为管理层提供宝贵的数据支持，促进决策的科学化。深入探究AFC系统，有助于解决轨道交通项目实施中的诸多挑战，并推动网络程序设计、软件开发、网络安全、自动化控制、数据库管理、通信技术等领域的进步。AFC系统主要由线路控制中心、车站控制中心及终端设备（如自动售票机、半自动售票机、闸机等）构成，全面实现轨道交通票务的自动化处理，包括售票、检票、计费、收费、数据统计、清分及管理。本文探讨了提升AFC交易精确度的策略，并展示了这些策略在工程实践中的应用。

关键词：轨道交通；AFC系统；交易准确性；票卡；读写器；售检票终端

引言

自动售检票系统（AFC）作为轨道交通的重要组成部分，其交易准确性至关重要。由于设备性能、通讯稳定性及人为操作等因素，当前AFC系统在交易过程中仍存在一定的误差和故障率^[1]。研究如何提高AFC系统的交易准确性具有重要意义。本文从票卡、读写器、售检票终端三个方面入手，探讨通过通讯校验、重读重写、交易确认、传输确认、交易备份、数据验证码、交易验证码等多项技术措施^[2]，以期全面提升自动售检票系统的交易准确性，为优化轨道交通运营提供可靠的技术保障。

1 技术讨论分析

通过分析影响交易准确性的环节，制定相应策略完善交易存储，传输的准确性。分析影响交易准确性的环节：

票卡：

问题：物理损坏、天线频点偏移。

影响：无法读取或写入正确数据，导致交易失败或错误。

读写器：

问题：读写器天线辐射功率不够、读写异常、信号干扰。

影响：读写失败，导致交易数据不准确。

售检票终端：

问题：软件故障、数据库故障，硬盘故障，通讯异常
影响：交易丢失，交易文件传输失败。

通过对这些环节的分析，可以发现主要的影响因素集中在硬件可靠性、软件稳定性、数据传输有效性。优化每个环节的技术和管理，可以显著提高交易准确性^[3]。

随着城市轨道交通的快速发展，自动售票系统（AFC）已成为乘客购票、验票、出入站的重要手段。

然而，因为各种原因，AFC交易可能存在误差^[4]。为此，本文研究了从票卡到售检票终端的交易准确性和数据传输过程。

2 技术实现方法

2.1 票卡交易准确性

2.1.1 地铁单程票

单程票符合ISO/IEC14443 Type A标准，车票的数据存储容量为64字节，读写次数大于10,000次。

单程票采用存储校验码MAC（Message Authentication Code）和交易验证码TAC（Transaction Authentication Code）两方面保证交易准确性。

应用过程中，读写器设计了单程票的数据校验流程，采用MAC验证票卡数据完整性和真实性。读写器读取单程票数据前，先验证数据真实性再进行交易。

单程票在完成进站出站更新时，利用票卡交易元素形成交易验证码，每笔交易生成一个唯一的认证码，以防止篡改和欺诈行为。

2.1.2 储值票

储值票符合ISO/IEC14443 Type A标准，采用对称密钥加密计算，存储校验码MAC和交易验证码TAC，从这两方面保证交易准确性。

应用过程中，读写器遵循PBOC（中国人民银行）2.0设计了储值票的交易流程。读写器和票卡采用MAC相互验证票卡和读写机具的合法性。读写器通过密钥卡与票卡中各自存储的密钥对相同交易元素进行校验码MAC计算，当MAC匹配时完成交易流程，并通过票卡内存储的TAC密钥加密交易元素生成交易验证码TAC作为交易的唯一认证码。

2.1.3 银联卡

银联卡符合ISO/IEC14443 Type A标准,不同于储值卡,银联卡采用非对称密钥解密票卡上数据。并通过联机交易完成票卡的交易流程。

应用过程中,读写器遵循PBOC3.0设计了银联卡的交易流程。读写器采用非对称密钥读取银联卡交易元素,根据组织联机交易数据,上送到银联完成预授权和扣款。读写器根据交易元素形成一条数字票务平台交易作为交易对账文件使用。

2.1.4 电子车票

电子车票指利用手机二维码方式作为识别ID的一种车票,读写器读取二维码车票信息后采用非对称密钥对二维码数据解密,然后传输到数字票务平台完成联机交易。读写器根据交易元素形成一条数字票务平台交易作为交易对账文件使用。

2.1.5 手机移动支付

移动支付是利用手机NFC和移动互联网技术模拟储值票。其交易完整性与储值票一样。票卡端为保证交易准确性,采用了对称密钥、非对称密钥对交易元素加解密方式保证交易准确性。

2.2 读写器交易准确性

轨道交通自动售检票读写器通过数据加密与校验、身份验证、实时交易记录、系统冗余与备份、超时机制及错误处理和重试策略,确保乘客进出站时的交易数据准确无误,并快速识别和纠正可能出现的错误,保障整个票务系统的可靠性和安全性。

2.2.1 通讯校验

与票卡进行射频交互的射频读写芯片,承担着对票卡读写器操作的任务。射频芯片在与票卡通讯过程中,每次通讯均增加CRC校验。为防止交易数据被篡改,读写器发送和接收都校验通讯报文CRC,已保证交易准确性。

2.2.2 重读重写

读写器在对票卡写入信息后,应用设计了重读重写机制。即在写接口之后,为防止接口成功,而票卡未写成功,在写接口之后,重读该区块,与写入数据进行对比,来判断票卡是否被写入成功,从而保证交易准确性。如果发现未写入成功,可重复调用写接口完成票卡的更新。

2.2.3 交易确认

读写器在对票卡进行交易的最后一步,票卡不在感应区,会出现票卡钱包已扣费和未扣费两种状态。读写器收到接口返回错误。此时读写器会重新读卡,并读取票卡余额进行交易确认^[5]。如果票卡钱包已扣费,则形成交易返回给上位机。若未扣费则继续进行交易流程。通过此

机制可防止交易丢失和交易重复,保证了交易准确性。

2.2.4 交易本地存储

读写器在对票卡完成交易后,例如在进出站接口后会组织交易元素形成交易报文。交易报文在接口立即返回给上位机,但通讯过程中可出现干扰或异常中断,导致交易未上送。读写器在本地会对存储文本交易,防止交易丢失,以保证交易准确性。

2.3 售检票终端(AGM)交易准确性

2.3.1 交易存储设计

防止设备交易数据,在使用过程中丢失,设计时采用数据库和文件双备份机制。业务操作时将数据分为交易业务数据存储和交易历史数据存储两部分。通过备份机制防止交易丢失,以保证交易准确性。

(1) 存储位置

交易业务数据库创建在/Data目录下,与文件系统同盘。

交易历史数据存储到数据盘,根据数据盘挂载目录存储。

(2) 存储流程

业务产生交易数据时,写业务数据表、查询数据表和文件。写数据库同时按天写交易记录文件。交易数据上送时,按规范先从业务数据库获取交易数据,分票种打包文件。获取文件同时按日期写历史数据库,并清空业务数据表内容。其流程如下图所示:

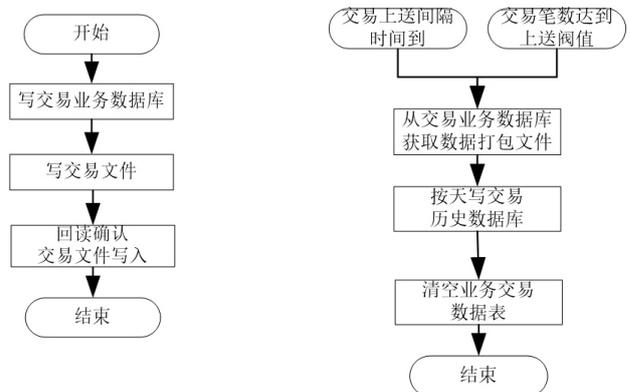


图1 存储业务流程

(3) 异常处理

交易断电数据丢失处理,写库时数据库损坏或者上送打包取交易业务数据时,数据库打不开。需从交易文件重新导出到ftp上送文件格式,上送站点计算机。

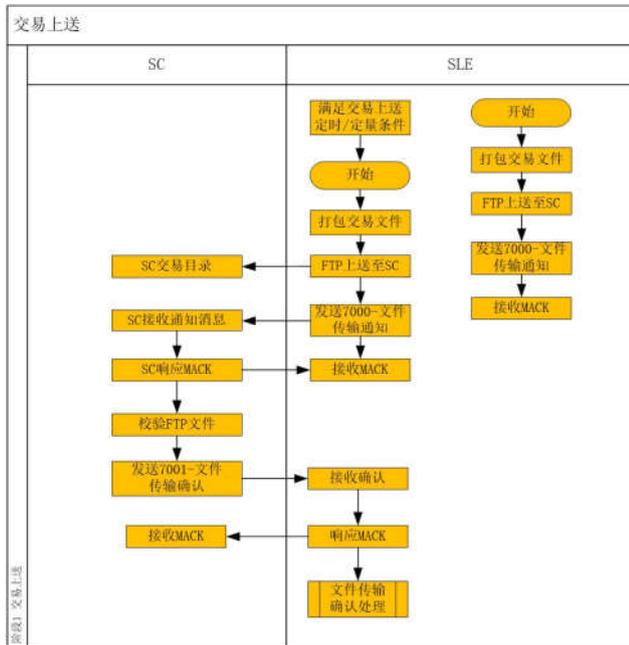
2.3.2 交易打包设计

交易数据首先存储在本地数据库,等上送时间间隔到或者交易条数达到上限,即调用接口完成交易数据打包。打包文件内容包含文件头,交易笔数,交易类型,

文件尾有MD5校验文件合法性。通过此机制防止交易丢失，以保证交易准确性

2.3.3 交易上送设计

为确保交易准确无误的上送至站点计算机，在设计时采用了传输确认机制^[6]。首先将打包文件存放至待上送文件夹。定时通过FTP上送文件，上送成功后采用Socket报文通知站点计算机，站点计算机收到并处理该文件后，发送传输确认报文。本机根据传输确认报文将待上送文件夹内的该文件移至已上送文件夹，并以当天时间命名，方便存储清理。通过此机制可保证交易文件准确无误上送至站点计算机。流程设计如下图。



3 实验效果

按照第三章中使用的方法，南昌地铁4号线上线后交易数据进行分析，交易准确性是有极大的改善。下图在全线升级完成后，取最近一次设备统计交易数据，2024年7月20号~7月27日，设备数据端和LCC统计的交易数据对比，交易准确性达99.99%，而这个准确性在线路初开通时候才有只有95%。经过不断地优化通讯机制和流程梳理，最终达到了理想的效果。

单程票读写压力测试使用读写器测试工具对单程票进行压力测试，采用写块读块对比测试方法，经过10 000

次读写单程票测试，成功率100%，证明读写器与票卡RF通讯功能准确性高。

表1 车站交易数据

车站	设备	寄存器	7月20	7月21	7月22	7月23	7月24	7月25	7月26	一周合计	准确率	
新洪城大市场站	04290601/EXG_01	3,625	588	496	513	496	483	499	550	3,622	99.92%	
	04290602/EXG_02	3,812	629	519	538	535	487	515	589	3,810	99.95%	
	04290603/EXG_03	3,416	536	445	506	507	444	452	526	3,415	99.97%	
	04290604/EXG_04	3,020	517	406	434	415	400	427	421	3,020	100.00%	
	04290605/EXG_05	2,631	464	376	387	355	332	342	375	2,630	99.96%	
	04290606/EXG_06	2,039	363	272	319	283	261	266	275	2,037	99.90%	
	04290607/EXG_07	144	19	19	17	26	23	21	19	144	100.00%	
	04290608/EXG_08	263	38	44	44	32	41	37	27	263	100.00%	
	04290609/EXG_09	403	57	49	73	48	53	67	56	403	100.00%	
	04290610/EXG_10	386	49	45	62	54	53	62	61	386	100.00%	
	04290611/EXG_11	294	30	31	52	43	57	41	40	291	98.98%	
	04290612/EXG_12	269	23	33	50	46	46	31	40	269	100.00%	
	04290718/RG_18	187	26	38	23	38	16	25	21	187	100.00%	
	南昌大桥东站	04340601/EXG_01	3,240	459	398	472	484	464	488	475	3,236	99.88%
		04340602/EXG_02	2,410	331	290	345	339	383	378	344	2,407	99.88%
		04340603/EXG_03	1,783	243	204	277	275	242	270	272	1,783	100.00%
		04340604/EXG_04	1,506	223	164	228	251	218	209	213	1,505	99.93%
		04340605/EXG_05	1,135	164	119	168	184	155	172	173	1,135	100.00%
04340606/EXG_06		918	116	76	155	149	156	134	132	916	99.78%	
04340607/EXG_07		312	39	30	60	46	44	45	48	312	100.00%	
04340608/EXG_08		515	70	72	75	69	74	81	74	514	99.81%	
04340609/EXG_09		580	81	72	87	95	86	86	73	580	100.00%	
04340610/EXG_10		628	89	62	115	76	107	82	97	627	99.84%	
04340611/EXG_11		873	121	77	140	139	153	123	120	873	100.00%	
04340612/EXG_12		1,447	206	159	218	224	206	215	219	1,445	99.86%	
04340717/RG_17		97	15	11	19	10	14	18	10	97	100.00%	
04340718/RG_18		123	17	19	19	16	22	19	11	123	100.00%	

4 结论

本文深入剖析了票卡、读写器及售检票终端三大关键环节，针对性地提出了一系列旨在提升轨道交通自动售检票（AFC）系统交易精确度的措施，包括通讯校验机制、重读重写流程、交易即时确认、数据传输确认、交易备份方案、数据与交易验证码的应用等。实践证明，这些措施不仅大幅提高了AFC系统的交易准确性，有效减少了错误发生率，还显著增强了系统的稳定性和用户的满意度。

参考文献

- [1]《南昌AFC标准（修编）第三册 接口技术规范》南昌地铁。
- [2]《南昌AFC标准（修编）第六册 票卡与安全_(印刷稿)》南昌地铁。
- [3]城市轨道交通票务管理系统设计与实现.陈莹;付保明;张宁;张鲁栋;陆海亭.铁路通信信号工程技术,2023(05).
- [4]计算机软件开发技术现状及应用实践探究[J].顾康康;张丽;吕友东;姚小伟.软件,2023(09).
- [5]城市轨道交通AFC系统标准读卡器分析[J].王媛媛;李丽芬;徐晔;米传民.软件工程师,2014(06).
- [6]广州地铁AFC系统信息安全等级保护设计[J].肖世龙.自动化应用,2015(12).