

# 中小规模城市轨道交通线网三层架构 自动售检票系统设计方案<sup>\*</sup>

王瑞宗 陆 鑫 林忠山

(厦门轨道交通集团有限公司, 361010, 厦门//第一作者, 高级工程师)

**摘 要** 分析了采用五层架构的自动售检票(AFC)系统存在的不足之处,提出了适用于中小规模城市轨道交通线网的、基于云计算技术的三层架构 AFC 系统设计方案。介绍了三层架构 AFC 系统的设计思路和设计方案,对比分析了三层架构与五层架构 AFC 系统的技术性能、建设成本和运营成本。采用三层架构方案,在大幅提升 AFC 系统资源利用效率的同时,能够很好地平衡交易速度和交易安全。

**关键词** 城市轨道交通;自动售检票系统;系统架构

**中图分类号** U29-39

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2022.03.042

## AFC System Design Scheme for Small- and Medium-sized Urban Rail Transit Line Network with Three-tier Architecture

WANG Ruizong, LU Xin, LIN Zhongshan

**Abstract** The shortcomings of the automatic fare collection (AFC) system with five-tier architecture are analyzed. A three-tier architecture AFC system design scheme based on cloud computing technology suitable for small-and medium-sized urban rail transit line network is put forward. The design idea and scheme of three-tier architecture AFC system are introduced. The technical performance, construction cost and operation cost of three-tier architecture and five-tier architecture AFC system are comparatively analyzed. Adopting the three-tier architecture scheme allows significant improvement of the resource utilization efficiency of AFC system and balancing the transaction speed and transaction security at the same time.

**Key words** urban rail transit; automatic fare collection (AFC) system; system architecture

**Author's address** Xiamen Rail Transit Group Co., Ltd., 361010, Xiamen, China

自动售检票(AFC)系统在城市轨道交通运营和管理中发挥着关键性作用。目前,国内 AFC 系统

所采用的系统架构都是五层架构。近几年出现的多条线路共享的 AFC 系统中,比如多线路中央计算机(MLC)系统、多条线路或者多个车站组成区域管理单位使用的区域线路中心计算机(ZLC)系统,以及清分系统和线路中央计算机系统融合的 AFC 清分及多线路中心(ACLC)系统等方案,都是基于五层架构设计的。

AFC 系统五层架构分别为车票(实体票、乘车码等)、车站终端设备(SLE)、车站计算机(SC)系统、线路中央计算机(LCC)系统和 AFC 清分中心(ACC)系统。

采用五层架构的中小规模城市轨道交通线网 AFC 系统存在以下不足:

1) 在 AFC 系统五层架构中,每条线路都需要建设中央机房,且至少配置 5 台服务器;同时,每个车站也需要单独建设机房,且配置 1 台服务器,这大大增加了建设投资和运营维护成本。

2) 车站服务器主要承担车站数据存储、数据上传及设备管理工作。在实际使用中,车站服务器资源利用率长期处于比较低的水平,CPU 使用率大部分处于 10% 以下,最大不超过 20%,大多数时间处于空闲状态。

3) 新型支付方式对 AFC 系统网络性能和实时性要求比较高,采用五层架构模式的 AFC 系统,其网络时延大和数据传输慢,很难适应新型支付方式下的联机业务需求。

针对以上不足,本文从 AFC 系统架构模式、业务需求、建设成本、运营成本及资源利用率等方面进行分析,结合 AFC 系统架构及业务特点,提出适用于中小规模城市轨道交通线网的、基于云计算技术的三层架构 AFC 系统方案。

<sup>\*</sup> 厦门轨道交通集团有限公司科技项目(厦轨道(合)[2021]0394 号)

1 三层架构 AFC 系统设计思路

随着互联网技术的不断发展,新型支付方式不断涌现,在城市轨道交通中的使用越来越普及,使用方式也越来越多样化。目前的使用方式可以分为互联网支付购票和无卡过闸。互联网支付购票包括二维码支付、NFC(近距离无线通信技术)支付、数字人民币支付等,无卡过闸包括乘车码过闸、人脸过闸等。新型支付方式对 AFC 系统网络性能和实时性要求比较高,在五层架构模式下,交易数据从终端设备到中心系统所经过的网络层级比较多,数据传输需要经过大量的网络设备和安全设备,从而导致通信时延大和传输速率慢等问题,很难满足新型支付方式的业务需求。三层架构 AFC 系统将简化架构层级,减少从终端设备到中心系统之间的网络层级,从而降低通信时延,提供更高的数据传输速率。

在五层架构 AFC 系统中,车站计算机系统、线路中央计算机系统和轨道交通清分中心系统中存在大量的重复功能,同时每条线路都需要重复建设车站计算机系统和线路中央计算机系统且各系统集成商开发的系统差异性比较大,造成建设投资和运营成本增加。三层架构 AFC 系统将取消中间层级的系统,包括车站计算机系统和线路中央计算机系统,将中间层级系统功能和轨道交通清分中心系统的功能进行重新规划形成新系统。

近年来,随着云计算技术的发展,云计算技术逐渐应用于城市轨道交通系统中。2019 年中国城市轨道交通协会发布了《智慧城市轨道交通信息技术架构及网络安全规范》(以下简称《规范》),根据《规范》第 2 部分,技术架构云计算平台中 SaaS(软件即服务)层涵盖安全生产、内部管理和外部服务。三层架构 AFC 系统将充分利用云计算技术的能力,建立安全、可靠、稳定的自动售检票平台。

2 三层架构 AFC 系统设计方案

三层架构 AFC 系统的架构采用三层设计,包括云平台层、车站终端设备层和票卡层,将传统五层架构中的车站计算机系统、线路中央计算机系统、轨道交通清分中心系统及互联网电子票务系统进行融合形成基于云计算技术的 AFC 数据管理云平台(ADMC)。三层架构 AFC 系统终端设备直连云平台,减少了设备与平台之间的网络层级,有效降

低了网络时延,提高了数据传输效率,有利于新型支付方式的应用。三层架构 AFC 系统从多层级向扁平化转变,在保留系统的功能性、稳定性和可用性的前提下,简化了系统架构,使系统运行更敏捷,管理更方便。AFC 系统三层技术架构图如图 1 所示。

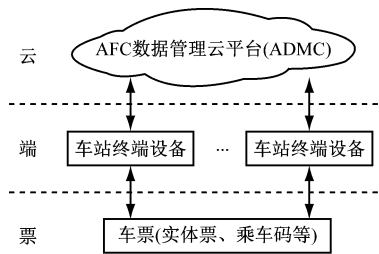


图 1 AFC 系统三层架构图

Fig. 1 Diagram of three-tier architecture for AFC system

ADMC 是 AFC 系统的核心,依托云计算中心提供的强大的计算能力完成大量的数据计算并存储,承载着所有终端设备接入及与其他行业清算中心系统进行清算分账等功能,负责采集终端设备产生的交易数据并进行清分清算、下发终端控制命令、参数管理及监控所有终端设备的状态。

根据 AFC 系统业务特点,结合车站计算机系统和线路中心计算机系统、城市轨道交通清分系统及互联网电子票务系统现有业务功能,ADMC 将对业务功能进行整合,减少冗余业务功能,抽离出包括统一接入网关服务、联机交易服务、文件处理服务、参数管理服务、清分清算服务、清分规则服务、电子票服务、日终批处理服务及报表统计服务,通过云平台提供的高可用服务集群及负载均衡能力对外提供上述服务。ADMC 逻辑架构如图 2 所示。

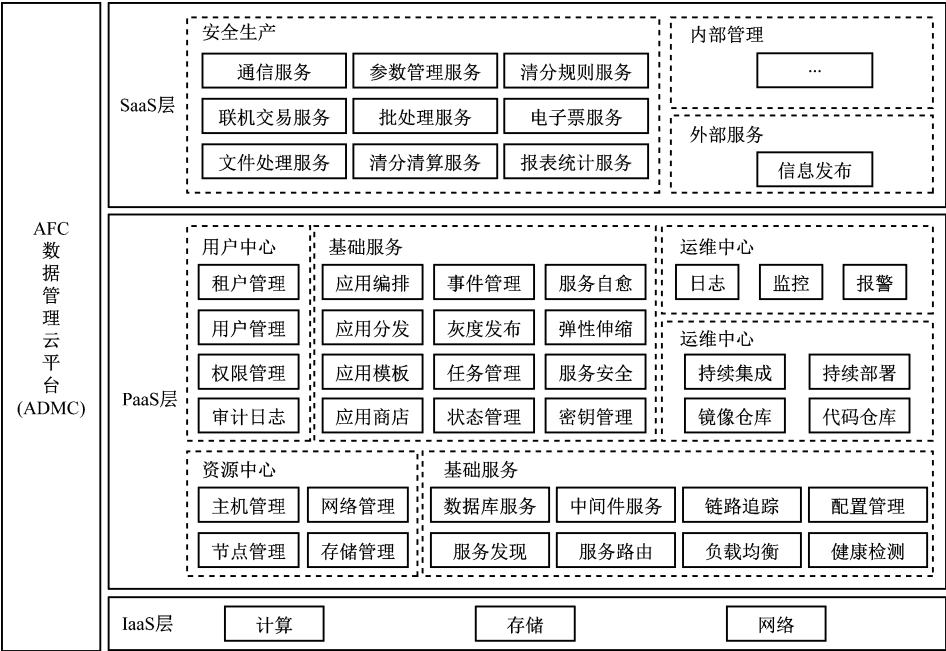
3 三层架构与五层架构 AFC 系统对比分析

3.1 技术对比分析

三层架构 AFC 系统优点在于系统的可靠性高、系统扩展性好及资源利用率高,缺点是系统复杂度高、维护难度大。三层架构与五层架构 AFC 系统技术对比如表 1 所示。

3.2 建设成本分析

新线建设时,只需采购终端设备并接入 ADCM 即可满足运营条件,无需重复建设 LCC 和 SC,可大量节约硬件采购、软件研发、机房建设、施工安装和软件调试等费用。以厦门地铁 1 号线、2 号线、3 号线(共 86 个车站)为例,硬件成本大约为 1 486 万元,



注：PaaS——平台即服务；IaaS——基础设施即服务。

图 2 ADMC 逻辑架构

Fig. 2 ADMC logic architecture

表 1 三层架构与五层架构 AFC 系统技术对比  
Tab.1 Comparison between three-tier and five-tier architecture AFC system technology

项目	三层构架 AFC 系统	五层架构 AFC 系统
可靠性	采用多应用集群服务模式，所有服务均采用多点接入模式，单点故障不影响业务的持续性	各系统单点运行，容易出现单点故障导致整个线路或车站业务暂停
扩展性	新线建设仅需新增终端设备，接入 ADMC；虚拟化线路、车站节点，灵活配置线路和车站	新线建设除新增终端设备以外，还需重新建设 LCC 和 SC
资源利用率	设备集中化管理，所需硬件设备数量大大减少，同时能够利旧；采用云计算技术优化资源管理和配置，将资源利用最大化	各线路中央计算系统、车站计算机系统需配置独立的机房、UPS（不间断电源）及其他硬件设备
可维护性	采用云计算技术，增加了系统复杂度和维护人员学习成本，导致维护难度增大	系统简单且维护人员熟悉现有的系统架构，容易维护

机房建设成本大约为 6 880 万元。详细的硬件采购清单如表 2 所示。

3.3 运营成本分析

以上文厦门地铁 3 条线路的 86 个车站为例，采用三层架构的 AFC 系统，取消了 3 个 LCC 和 86 个 SC，运营成本变化分析如下：

1) 对设备进行集中管理和运维，机房数量从

表 2 厦门地铁线网三层架构 AFC 系统的硬件采购成本清单  
Tab.2 Cost list of Xiamen Metro line network three-tier architecture AFC system hardware procurement

设备名称	单价/万元	数量/台	总价/万元
小型机	100	6	600
通信服务器	4	6	24
SAN 存储交换机	7	6	42
磁盘阵列	50	6	300
中央网络交换机	15	6	90
车站服务器	5	86	430
合计			1 486

89 个减少到 1 个，维护成本大幅降低。但是，由于云平台的技术复杂度高、维护难度大，需增加的运营成本约为云平台造价的 15%。

2) 取消了 SC 服务器，由此极大弱化了车站 AFC 设备维护职能，减少了维护人员配置，降低了人力成本。

采用三层架构后，AFC 系统的管理模式转向以 ADMC 为核心的、车站终端设备在线服务的“互联网 + 大票务”管理模式，维保模式采取“自主维护为主、软件开发委外为辅”的模式。

(下转第 203 页)