

# 面向安全可靠的国产化客票交易系统软件重构

彭明田<sup>1</sup>, 丁建立<sup>2</sup>, 王 尧<sup>1</sup>

(1. 中国民航信息网络股份有限公司, 北京 100105;  
2. 中国民航大学 计算机科学与技术学院, 天津 300300)

**摘 要:**民航客票交易系统涉及民航领域核心交易系统, 为今后民航信息系统全面实现安全可靠基础软件重构提供了很好的借鉴。客票交易系统软件由航班查询、电子客票、附加服务三个应用子系统及服务整合平台、应用监控管理平台和业务接入总线三部分组成。在现有的分布式平台构架下, 针对安全可靠基础软件性能问题, 重点解决六个子系统中核心模块的分布式软件重构, 以及所有模块的安全可靠基础软件重构与迁移问题。同时搭建基于安全可靠基础软件的平台环境, 实现国航客票交易系统的示范验证。

**关键词:**客票交易系统; 软件重构; 安全可靠; 重构测试

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2016)11-0157-07

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2016.11.035

## Software Reconfiguration of Safe and Reliable Domestication Ticket Transaction System Oriented

PENG Ming-tian<sup>1</sup>, DING Jian-li<sup>2</sup>, WANG Rao<sup>1</sup>

(1. China Travel Sky Holding Company, Beijing 100105, China;

2. College of Computer Science and Technology, Civil Aviation University of China,  
Tianjin 300300, China)

**Abstract:** The ticket transaction system of civil aviation involves the core of civil aviation aero, which provides a good reference for realization of safe and reliable software reconstruction for the information systems of civil aviation. The ticket transaction software system consists of flight information, electronic ticketing, three application subsystems with additional services and the integration platform of service, application monitoring and management platform and three parts of service access bus. Under the existing distributed platform architecture, in connection with the secure and reliable software performance issues, it focuses on solving the software reconstruction of the core modules in the six distributed subsystem, and reconstruction and migration of safe and reliable basic software in all modules. At the same time, a platform environment is built based on safe and reliable basic software to achieve validation of ticket trading systems for AIR CHINA.

**Key words:** ticket transaction system; software reconfiguration; security and reliability; reconfiguration test

### 0 引言

中航信客票交易系统在线运营, 系统运行平稳, 业务状况良好。其中, 航班查询系统承担了国内 90% 以上的航班查询业务, 通过与国外 GDS 互联为用户提供全球航班查询服务。电子客票子系统承担了国内 90% 以上的订单交易业务, 为全国代理人和航空公司服务。附加服务子系统为航空公司和代理人提供特殊餐食、酒店预订等服务。中航信客票交易系统作为民航核心信息系统之一, 已在民航成熟运行, 基本业务功

能已经过验证, 具备国产化基础软件应用的基础条件。

中航信和东方通公司以航班查询系统为应用对象, 以 TongEASY 产品为基础, 针对性设计和重构自主知识产权产品 TODE (Transaction Operation and Distribution Engine), 重构、迁移、适配航班查询系统, 经过测试、验证。2011 年下半年, 中航信、中标软件、武汉达梦、杭州中软组成的联合测试组, 通过基于中标麒麟操作系统、达梦数据库, 对中航信完成了基于国产操作系统上的国产数据库在简单业务应用场景的测试验

收稿日期: 2015-10-21

修回日期: 2016-02-23

网络出版时间: 2016-10-24

基金项目: 国家核高基课题(2014ZX01045101); 中国民航科技创新引导资金重大专项(MHRD20130106)

作者简介: 彭明田(1967-), 男, 高级工程师, 硕士, 研究方向为新技术在民航信息系统中的应用。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20161024.1105.008.html>

证,测试结果基本满足业务需求。2012 年在航班查询系统中,成功将 TODE 产品取代 Tuxedo 中间件产品,每年为企业节约近千万元的运维成本。

客票交易系统采用的是基于 SOA 思想的设计模式<sup>[1-3]</sup>,在最大程度上确保了构件的复用性,避免了各子系统中相同功能的重复设计与开发。因此,该平台是一个灵活、松耦合、可扩展的基础集成服务平台,可以比较完善地实现数据集成、应用集成和分布式部署,确保平台的成功移植。

中航信负责应用系统软件重构与集成,各子系统已成熟运营,承担安全可靠基础软件的移植重构工作,都为原有模块。在系统软件重构过程中,需要改造服务整合平台和应用监控管理平台,需要针对安全可靠基础软件平台的实际性能进行优化和软件重构,虽然该部分为创新模块,但借鉴国外先进设计经验,已完成技术架构改造设计,实施风险可控。此外,民航客票交易数据目前保存在 Oracle 数据库中,联合单位中航安人,其在基于安全可靠基础软件的系统构建集成、大型在线事务处理型系统向安全可靠基础软件平台迁移验证方面具有多年的技术积累,同时拟与国产数据库原厂商密切合作,提高国产数据库性能和可靠性,因此迁移难度风险可控<sup>[4-7]</sup>。

## 1 客票交易系统重构技术路线

充分调研客票交易系统对安全可靠基础软件的需求,联合中航选型基础软件;对大规模分布式服务整合调度需求开展充分调研和分析,确定具体可行的解决方案,以方案为指导进行集成开发和适应性开发,有计划、按步骤进行应用集成和业务应用。根据本系统的集成特性,在保证整体功能指标满足要求的前提下,实现系统的整体工作控制。确立了安全可靠基础软件在客票交易系统应用的技术路线,包含基础平台“优化集成”、子系统“独立软件重构”、平台整合验证的项目实施技术路线<sup>[8-10]</sup>。

(1)基础平台搭建。以国产操作系统、数据库、中间件为中心展开基础平台的搭建。在基础平台集成方面,集成涉及不同硬件、操作系统调用接口、数据库 SQL 规范、数据库操作接口、中间件技术等标准和规范,因此必须满足一致的接口标准和规范才能确保基础平台的稳定、可靠。根据中航安人的基础软件选型结果,来优化集成基础软件。

(2)子系统软件重构。各业务子系统全部都由中航信在开放平台上自主研发完成,并成熟运营两年以上。重点实现业务系统与安全可靠基础软件平台的融合,并针对安全可靠基础软件平台的性能问题完成应用系统优化与软件重构。另外,应用系统的集成涉及

到了集成技术、安全技术、分布对象等多种技术,因此必须确保技术、业务和基础软件之间保持和谐,因此采用子系统独立建设、最后整合的策略,使应用系统遵循一致的技术标准和规范。

(3)平台整合验证。基于统一标准和安全可靠基础软件之上的各子系统整合后,形成完整的客票交易系统,确保了平台整合的顺利实施。为了保证平台能平滑地过渡到安全可靠基础软件之上,避免影响对应生产系统的正常运营,项目采用数据和业务应用先进性小批量验证、再进行大规模应用示范实施的递进应用策略,确保平台现有业务应用的平滑过渡和数据迁移的完整性和一致性。

## 2 客票交易系统重构技术方案

客票交易系统涉及民航领域核心业务系统,为今后民航核心信息系统实现安全可靠基础软件重构提供很好的借鉴。国产化客票交易系统总体技术方案如图 1 所示,其完成了航班查询、电子客票、附加服务三个业务子系统安全可靠基础软件重构,及服务整合平台和应用监控管理平台,业务接入总线三个支撑平台的软件重构工作。

### 2.1 航班查询子系统安全可靠基础软件重构

航班查询系统主要由查询引擎、消息引擎、动态联程、夜维模块组成,对航班查询系统的请求由服务整合平台进行统一调度,应用监控管理平台提供对系统的全流程监控。其中消息引擎负责接收处理从主机等系统发来的 SSM、ASM、AVS、POSD 等报文数据,将其中包含的业务信息更新至航班数据库,该子系统是航班查询系统和主机保持数据同步的关键环节,每天实时处理的报文量超过百万条,所以该子系统需要具有 7 \* 24 小时稳定运行的能力;查询引擎负责查询指令的接收和处理工作,该子系统的直接用户为 MCSS 和 IBE 服务器,最终用户为航信代理人以及普通上网人群,因此其同样需要具有全天持续运行的能力。动态联程负责航线生成以及联程航班的匹配,夜维模块负责后台夜维的处理。

与其他子系统相比,航班查询子系统相对来说数据量少,数据更新和查询并发量大。从业务功能来看,系统完成一次处理需要对数据进行多次查询和修改,同时利用数据进行航班网络搜索、联程规则匹配等大量计算工作。因此考虑对航班查询子系统业务功能进行分解,将后台数据处理、指令解析、航班网络搜索、联程规则匹配等功能独立出来后,分别部署到不同高性能服务器上,以提高整个系统性能<sup>[11-14]</sup>。

从业务数据来看,航班信息、联程规则等相关数据规模不大,总数据量在 80 G 左右。但由于系统对数据

的查询和更新并发量大,因此传统的单点数据库无法满足系统要求。目前航班查询子系统采用 Oracle RAC 数据库进行数据管理。从理论上分析,采用 RAC 的数据存储模式并不适合现有系统功能。在安全可靠基础软件重构方面,考虑采用分布式服务器环境,实现查询

操作的负载均衡,具备水平扩展能力。业务程序和相关数据库部署在同一节点上,即每个服务器节点上部署一个完整的业务程序和国产单点数据库,以减少数据的传输时间,提高程序执行效率。

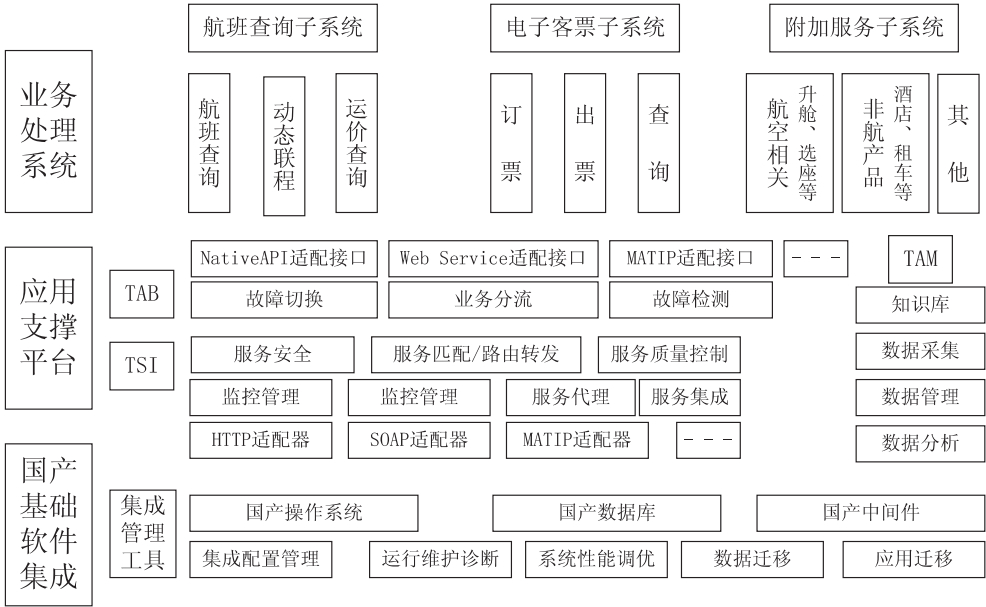


图 1 国产化客票交易系统总体技术方案

(1) 查询引擎实现架构。  
查询引擎是航班查询系统中的重要组成部分。当用户使用航班查询系统,即要查询系统建立的数据库,为了保证用户使用方便和接口的统一,在服务整合平台中提供标准的航班查询适配器,基于分布式的架构设计,应用池中提供航班查询主服务、指定中转点查询服务、电子商务查询服务等不同类别的应用实例。

(2) 消息引擎实现架构。  
报文接收层:负责接收从数据源发送到航班查询系统的实时报文。  
报文存储层:报文的存储通过 MQ 服务器来实现。根据报文的种类以及相互间的业务关系定义相应的存储队列。

(3) 动态联程路径实现架构。  
当前航信系统中现有的联程算法分为静态联程算法和动态联程算法。  
静态联程算法是根据数据库中已有的 SRBS 联程,SPA 协议,直飞航段数据、HCARD 数据、OAG 发布的 ARCS 数据以及 MCT 数据提前将联程信息计算好,并且保存在系统数据库的相关数据表中,查询时直接查找数据库就可以得到所需要的静态联程数据。动态联程算法则是根据调用者提供的联程参数,动态生成城市对之间的联程计算并将结果返回给调用者。动态联程路径架构设计主要包含消息转换接口以及应用容器两大部分。消息转换接口提供标准的适配器和消

息,同时支持同步异步方式请求联程路径查询主服务以及多个中转点的路径查询,以及根据生成的路径匹配联程航班。

2.2 电子客票子系统安全可靠基础软件重构  
电子客票子系统主要分为电子客票业务处理、电子客票自动退改签、票控管理四个部分。通过服务整合平台对其进行统一调度管理,应用监控管理平台对其进行全流程监控。电子客票产品为客户提供全流程的票务自动化处理,为航空公司、代理人、旅客提供全渠道销售。电子客票子系统分为业务路由模块、业务处理模块、结算数据推送模块、数据服务推送模块四个部分。其中业务路由模块负责指令的接收和分发工作,将前端发来的报文路由到相应的航空公司业务处理模块,该模块对接的系统为业务接入总线和服务整合平台;业务处理模块按照航空公司进行区分,从而保证各个航空公司之间互不影响,一旦某航空公司业务处理出现问题,可以做到迅速隔离。业务处理模块主要功能包括出票、查票、退票、废票等,业务处理模块是电子客票子系统的核心模块,会将销售数据和票面数据更新到对应的数据库之中。结算数据推送模块主要负责将销售数据和票面数据整合,生成符合国际标准的结算数据,传输给航空公司结算中心。数据服务推送模块主要负责将销售数据和票面数据发送给航信数据服务中心,用于数据挖掘和分析工作。电子客票子系统的最终用户为航空公司销售人员、代理人、自助



旅客。

电子客票子系统业务流程复杂、数据量大、系统吞吐量大,系统架构支持对不同的航空公司部署在不同的中间件、数据库上。为了方便管理,统一部署在 Tuxedo 和 Oracle 上。针对该系统特点进行如下安全可靠基础软件重构:

电子客票子系统对系统吞吐量要求非常高,高峰时段可以达到 1 000 TPS,所以必须提供多台服务器进行横向扩展以保障系统的高性能。电子客票子系统数据存储需求大,不仅需要保存在线交易数据,还要保存历史数据,目前系统需要存储 5 T 数据。采用分库、分表技术,将交易库和历史库分离,采用国产大规模并行数据库集群存储。

电子票业务处理系统实现架构如图 2 所示。电子票业务处理系统负责电子票的业务处理,主要分为消息通道和应用容器两部分。其他自动退改签、票控管理的实现架构和电子票的实现架构基本一致,仅以电子票业务处理系统的实现架构进行说明。消息通道通过封装标准的适配器模型和消息转换网关,提供统一的消息访问通道。应用容器根据不同的航空公司进行不同业务调度划分,使系统具备易扩展特性。另外提供了监控接口,以便应用监控管理平实时检测系统的运行状态。

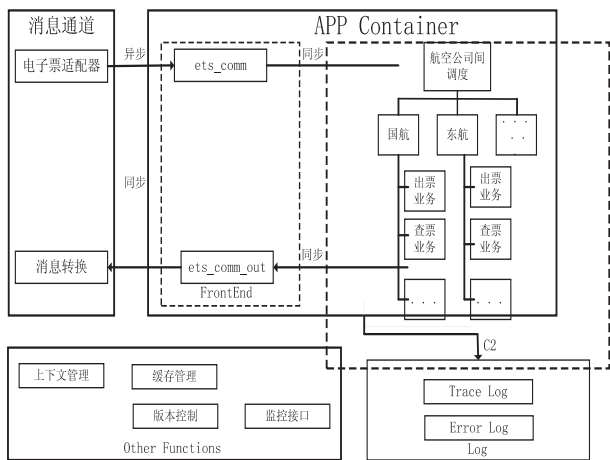


图 2 电子票业务处理系统实现架构

### 2.3 附加服务子系统安全可靠基础软件重构

附加服务子系统(EMD)主要分为业务处理模块、电子杂费单模块、票控管理三个部分。其中业务处理模块负责根据航空公司提出的不同附加服务种类进行区分处理,包括逾重行李模块、座位选择模块、改期收费模块等。该模块对接的系统为业务接入总线和服务整合平台。电子杂费单模块主要处理票证逻辑,包括出、查、退、废电子杂费单等,业务处理模块会将销售数据和票面数据更新到对应的数据库之中。

附加服务子系统由于是新型商业模式的产物,用

户和渠道有限,所以数据量、系统吞吐量要求都相对较低。目前系统统一部署在 Tuxedo 和 Oracle 上。针对该系统特点进行如下安全可靠基础软件重构:

附加服务子系统属于在线交易处理业务,需要高可用、高性能的系统作为支持。从业务功能来看,航空公司业务有所不同,业务种类繁多,系统完成一次处理需要对数据进行多次查询和修改,需要分别部署到不同的高性能、高可用的服务器上,以提高整个系统性能和可用性。

航空公司对开展附加服务的需求日渐增多,主要集中于开展改期收费、超重行李、座位选择、无人陪伴儿童等,以及和第三方对接的机+酒、机+保险、机+租车等。其中,支持附加服务的核心是电子化相关杂费票据,需要建设对应的 IT 系统支持其销售、存储、管理和使用。其依赖的主要国际标准是 IATA EMD 标准。

IATA 于 2009 年底制定了 EMD 全球计划;2010 年底 GDS 具备实施能力,2012 年全行业航空公司具有实施能力,2013 年 EMD 全球推广,实现 100% BSP EMD。

### 2.4 业务接入总线安全可靠基础软件重构

业务接入总线(TAB)主要根据用户请求和系统配置进行业务分流,所以功能相对简单,消息处理量大。

目前该系统应用程序已经实现松耦合设计机制,因此安全可靠基础软件重构的工作主要集中在对相关程序国产化适配性软件重构设计,建立基于国产中间件的消息通信机制,实现动态分流。系统程序采用 C 语言和 Corba 语言编程,因此需要建立安全可靠基础软件环境的 C 语言和 Corba 语言移植工具,方便程序的快速移植。业务接入总线架构如图 3 所示。

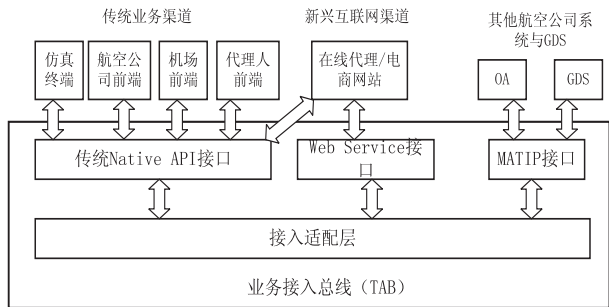


图 3 业务接入总线架构图

TAB 主要存储用户请求,因此数据存储、写入量大,更新和读取量小。在数据库选型方面,考虑采用面向简单数据分析的国产分布式架构数据库。

#### (1) 分流控制。

分流控制主要将业务处理分发到现有开放系统和基于安全可靠基础软件平台重构的客票交易系统。

#### (2) 监控管理。

监控客票交易系统的运行状态,收集应用监控管理系统的分析数据,并能根据分析结果及时控制分流

比例,保障整体系统的稳定运行。

(3)传统 Native API 接口。

是面向客户端开发者,如机场、代理人、航空公司 office 提供的开发接口,该接口可以访问航信订座、离港系统和其他开放系统。

eTerm API 通过多路复用技术支持用户的海量查询访问。其接口主要分三种:单用户接口是提供给用户开发客户端应用使用,包含 Java 版和 VC 版;多用户接口是提供给用户开发前端服务器应用使用,目前有 Java 版;数据接口是提供给用户开发收取航信数据的应用,目前有 VC 版。

(4)电子商务 E-Build API。

E-Build 系统是航信为帮助航空公司和在线分销商构建个性化电子商务应用而打造的高性能电子商务服务平台。它主要用于满足航空公司电子商务、在线代理等互联网渠道的大规模海量访问。在 E-Build 平台中整合了多种电子商务的基础服务,通过统一的访问方式,统一的应用视图,为航空公司和在线分销商提供高性能的业务服务,降低用户的研发门槛,提升用户的研发速度,帮助用户节约建设电子商务平台的 IT 成本。

(5)Web Service 接口。

Web Service 接口构筑在 eTerm API 接口基础上之上,为用户提供更高层次的调用接口。它内部封装 eTerm API 调用,对外提供统一的 Web Service 服务。不同于 eTerm API 所提供的无格式数据,Web Service 提供结构化的 XML 数据,方便用户使用。该接口主要面向访问量相对较低的外部用户,例如航空联盟等。

2.5 服务整合平台重构

针对系统所面对的架构问题,引入服务整合平台 TSI(Travelsky Service Integration platform),规范后台系统分布式应用之间的交互方式,各个后台子系统只与 TSI 进行交互,到其他子系统的请求、回应均通过 TSI 间接地进行路由转发。与 TSI 通信的子系统都采用由 TSI 规范的统一消息通信格式。

服务整合平台架构如图 4 所示。

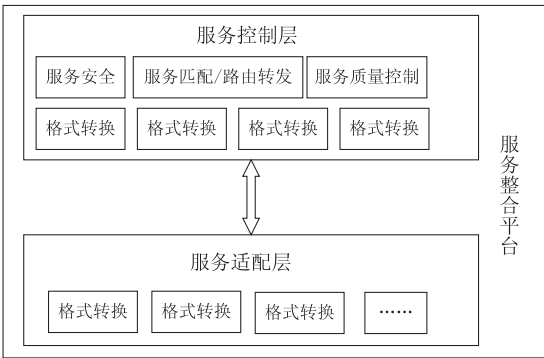


图 4 服务整合平台架构图

该架构调整将原来的通信链路由网状结构变为星形结构,一个子系统不再需要维护通往能提供其所需服务的后台子系统的各种连接,不需要针对不同的子系统处理不同的通信格式,甚至不需要关心由什么系统来提供服务,只需将正确的服务请求发往 TSI。

TSI 采用 SOA 架构设计,通过建立服务调用规范后台子系统的交互方式,统一消息通信格式,有效整合民航客票交易系统多种后台核心服务。需具备高性能、高并发、高可靠、可扩展等特性。

一个完善的服务整合平台除具备基本功能外,还应具备服务质量控制、服务安全、服务代理及服务集成等扩展功能。服务质量控制指服务整合平台应能够按照用户级别、后台服务类型等属性保证和限制用户能够占用的系统资源;服务安全是指服务整合平台能够对用户进行身份认证和授权,并能够提供后台服务进行数据权限控制的用户会话属性;服务代理是指服务整合平台能够提供完整的服务注册和服务发布机制,使服务的物理部署对调用者透明;服务集成是指服务整合平台可以根据一定的业务规则对原子服务进行编排和集成,进而提供复合服务。

2.6 应用监控管理平台重构

应用监控管理平台 TAM (Travelsky Application Management platform) 是中航信为确保在系统分布式搭建后,能及时发现、通报并解决系统中出现的软、硬件问题的智能管理系统。平台在全国产环境下重构,以实现安全可靠基础软件应用。

应用监控管理平台整体架构如图 5 所示,其以统一的方式集中监控,及时发现应用、系统、网络的故障,通过灵活多样的报警方式(短信息、语音、声音、远程声音、邮件、脚本等)缩短维护人员的响应时间,同时为故障分析诊断和系统优化提供支持,并提供可能的手段管理和控制应用。

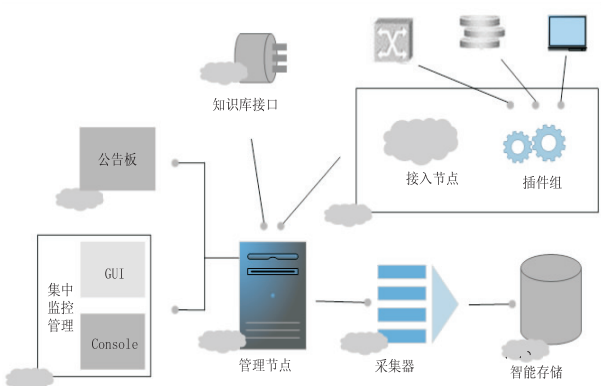


图 5 应用监控管理平台整体架构图

平台采用 Manager-AGENT 的架构,Manager 负责和统一监控平台通信和分级、可定制管理,通过 Agent 统一采集应用数据、集中分析数据、实现报警机制并产

生报警,把系统各节点的运行状态反馈给统一监控管理平台,同时接收统一监控管理平台发送过来的指令,并向应用发送管理控制命令,可为故障事件的后续分析提供全面的历史查询。

应用监控管理系统架构如图 6 所示。应用监控管理系统从应用、系统、网络对整个客票交易系统进行监控,将节点采集到的数据进行智能分析。采集任务主要由 Agent 负责,其主要采集两类数据,一是性能数

据,体现了系统的运行情况,二是异常事件,用于捕获应用的异常信息。Manager 的主要功能分为两部分:一部分是收集各 Agent 采集到的监控信息和性能数据信息;另一部分是对采集的数据进行加工,调用知识库接口,获得在历史运维积累下的经验知识和关联信息,通过对事件丰富和关联,使之转化为可管理的事件内容,按照用户预先设定的规则及操作方法,对事件内容进行自动化的分类、升级,最终产生相应的报警信息。

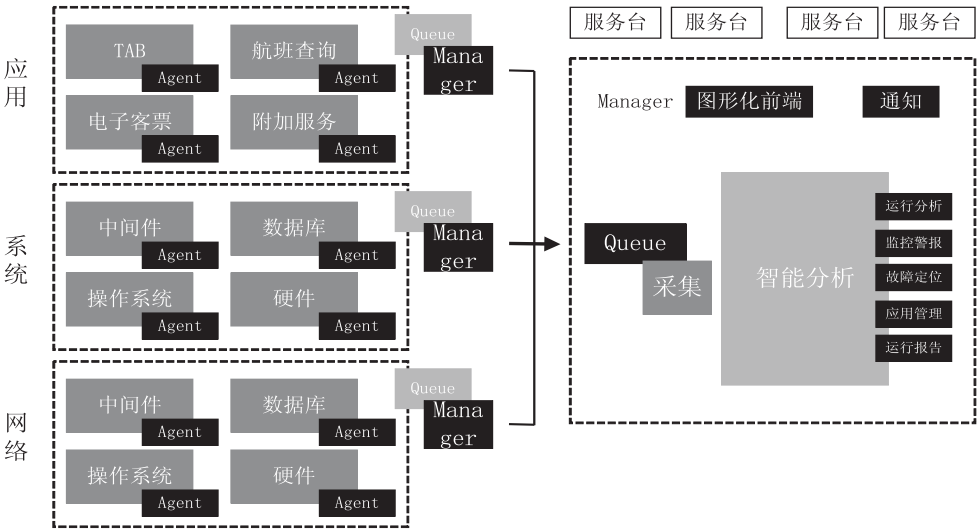


图 6 监控管理系统总体架构

3 客票交易系统软件重构测试

此客票交易系统软件重构主要包括以下四部分测试：

(1) 适合性测试。

航班查询子系统和电子客票子系统的适合性是指为系统管理员、普通用户、开发人员等不同类型的用户提供的一组合适的操作功能的能力。主要测试工作并编写相应的测试用例,上述测试点的功能展开测试。

附加服务子系统的适合性是指为系统管理员、普通用户、开发人员等不同类型的用户提供的一组合适的操作功能的能力。主要测试工作涉及出附加服务票、退附加服务票、废附加服务票、查询附加服务票、添加单号、强制变更、座位选择、改期收费、预付费行李等操作。

作为支持信息系统运行的支撑环境,服务整合平台的适合性是指为系统管理员、普通用户、开发人员等不同类型的用户提供的一组合适的操作功能的能力。

(2) 互操作性测试。

此项测试需专门编写测试用例,测试场景复杂,测试用例设计和测试结果分析工作量大,分析国内航班匹配、国际航线路径查找、航班匹配,最低运价搜索分析。

(3) 保密安全性测试。

保密安全性体现在应用系统的身份鉴别、自主访问控制、标记、强制访问控制、安全审计、数据保密性、防火墙和安全协议等方面。上述测试覆盖应用系统动态安全各个方面,测试用例多,设计难度大,因此所需测试费用较多。

(4) 功能性依从性测试。

功能性的依从性是使航班查询子系统、电子客票子系统、附加服务子系统、接入总线、服务整合平台的功能遵循于基础平台标准、安全标准等有关标准或约定的软件属性,其目的在于发现航班查询子系统、电子客票子系统、附加服务子系统、业务接入总线 TAB 子系统、服务整合平台可能存在的各种差错,进而修改软件错误,提高软件质量。

4 结束语

文中基于描述任务逻辑理论提出了一个群体组织协同关系模型 GRNA,该模型包含知识表示和交互关系两部分。知识部分建立在领域本体的基础上,保证了模型对组织结构描述的精确性和一致性;交互部分给出了角色关系、规范和组织的能力等概念的形式化定义,使复杂的协同关系和行为规范能够得到描述。该模型克服了当前组织模型对高层任务交互描述的不足,能简洁而准确地描述虚拟群体组织协同关系的任务交互语义,适合描述不同规模不同分辨率的组织,同



时又能提供组织任务可完成性的可判定的推理服务。中航信在 TODE 产品取代 Tuxedo 中间件产品过程中,积累了中间件技术人才和重构、迁移经验,具备完善的基于国产中间件的应用软件产品化能力,建立了基于 TODE 产品平台的测试、验证、仿真的项目管理和协调能力,使 TODE 产品不断完善,更具实际使用价值,同时提高了 TODE 产品的成熟程度。

文中旨在实现安全可靠基础软件的应用替换,同时根据移植过程中发现的问题进行有针对性的软件重构和优化。由于移植工作不会对原有系统功能产生影响,系统性能问题将通过与安全可靠基础软件厂商共同攻关来解决,以满足安全可靠基础软件的替换工作。技术先进性主要体现在:

(1)采用中航信自主研发的民航核心系统业务分流技术,可通过计算机系统按照分流比例自动实现系统的业务分流、业务分流比例的灵活设置。确保新旧系统应用的平滑过渡和新系统的产业化推广。

(2)采用读写分离技术,解决民航旅客信息系统大并发查询问题,在国内民航信息化领域属于先例。

(3)对安全可靠基础软件在民航核心系统提供整体解决方案并进行验证,在民航信息系统采用安全可靠基础软件方面是一个突破。此外,民航数据的大规模和高并发特点也为国产数据库在海量数据存储和处理能力方面进行了实际验证。在安全可靠基础软件整体解决方案实施能力验证方面,对民航及其他行业信息化建设具有一定的借鉴意义。

#### 参考文献:

- [1] 毛晓光,邓勇进. 基于构件软件的可靠性通用模型[J]. 软件学报,2004,15(1):27-32.
- [2] 陆文,徐锋,吕建. 一种开放环境下的软件可靠性评估方法[J]. 计算机学报,2010,33(3):452-462.
- [3] 刘云,赵玮. 软件可靠性研究与进展[J]. 微机发展

(现更名:计算机技术与发展),2003,13(2):12-15.

- [4] Araujo F, Curado M, Furtado P, et al. Taking an electronic ticketing system to the cloud: design and discussion [C]//2014 IEEE international conference on big data. Washington, DC, USA: IEEE, 2014: 1-10.
- [5] Khan M F F, Takeshi Y, So I, et al. A secure and flexible electronic-ticket system [C]//33rd international computer software and applications conference. Seattle: IEEE, 2009: 421-426.
- [6] Vuletic P V, Vuleta-Radoicic J J, Kalogeras D. Federated trouble ticket system for service management support in loosely coupled multi-domain environments[J]. International Journal of Network Management, 2015, 25(2): 95-112.
- [7] Gushev P, Ristov S, Gusev M. Performance analysis of SaaS ticket management systems [C]//Federated conference on computer science and information systems. Warsaw, Poland: IEEE, 2014: 753-760.
- [8] Du Changchun, He Yanting. An online ticket management platform for scenic spots based on B/S mode [C]//2014 fifth international conference on intelligent systems design and engineering applications. Hunan, China: IEEE, 2014: 186-190.
- [9] Wang Huaqun, Zhang Yuqing. On the security of a ticket-based anonymity system with traceability property in wireless mesh networks[J]. IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, 2012, 9(3): 443-446.
- [10] 蒋乐天,徐国治. 软件缺陷及软件可靠性技术[J]. 计算机仿真, 2004, 21(2): 141-144.
- [11] 邹丰忠,李传湘. 软件可靠性混沌模型[J]. 计算机学报, 2001, 24(3): 281-291.
- [12] 覃志东,雷航,桑楠,等. 安全关键软件可靠性验证测试方法研究[J]. 航空学报, 2005, 26(3): 334-339.
- [13] 韩宗芬,李运发,谢夏,等. 一种具有时间约束的分布式软件可靠性评估方法[J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(2): 311-316.
- [14] 李海峰,王栓奇,刘畅,等. 考虑测试工作量与覆盖率的软件可靠性模型[J]. 软件学报, 2013, 24(4): 749-760.

## 热烈祝贺“2016 中国计算机大会”胜利召开

2016 中国计算机大会于 10 月 22 日在太原圆满闭幕,超过 5000 位的国内外计算机领域专家、学者参加了本次大会。大会举办了以“大数据开源生态系统”、“脑科学与类脑智能”、“互联网发展与创新经济”等为主题的 70 余场前沿技术论坛及活动,54 家国内外知名企业、高校、科研机构集中展示了前沿计算机技术、成果及产品。

本次大会是一次产学研交融互动的科技盛会,通过专家学者的互动交流,共谋计算机领域的最新技术方案,展望计算机行业发展的新方向。