

支持多站点的民航电子商务平台的开发

摘要

民航业由于其高度的国际化程度，需要支撑其发展的电子商务平台具有面对世界各个国家、各种语言、文化、风俗的适应性。以往航空公司通常在各国派驻了解当地文化的团队进行本土化经营，各派出机构根据自身能力和当地特点，开发出各自的电子商务网站。但是由于派出机构的资金及能力有限等问题，所开发出来的电子商务网站常常不能达到目前电子商务的发展水平，且各个电子商务网站没有统一规划，复用性极低，功能和界面风格不统一，网站之间信息不能互通。本文旨在采用领域工程和面向对象方法，统一建设既符合商业需求，又符合各营业部特定经营方式、满足各地文化风俗要求的支持多站点的民用航空电子商务平台。

本文首先识别了民用航空电子商务平台与外界系统之间的关系，建立了平台环境图，接着采用用例图和流程图分析了平台的功能需求，并定义了易用性、健壮性和安全性等非功能需求。为了同时支持多站点，本文细致地分析了不同站点的共性和可变性需求。

然后，本文采用 SSH 技术框架，按照需求设计出民用航空电子商务平台的三层软件架构——门户层、业务逻辑层和数据访问层，并按照领域工程的方法识别出领域类，设计出领域类图。电子客票是平台的最核心的类，本文接着设计出电子客票在整个生命周期中的状态转变图。对于平台服务于世界各地的营业部，使用对象是世界各地不同文化背景的用户的特点，本文在安全性和性能方面分别提出了相应的设计方案，并且为不同站点的差异性需求设计了实现策略和方法。

接着，本文以平台的核心用例“订单预订”为例详细说明了平台的实现。本文采用类图与时序图阐述了各个类如何相互协作实现了平台的功能，并采用参数配置和接口等方式实现了各站点差异性需求。

在实现后，平台通过了单元测试、功能测试、性能测试和安全性测试。目前，平台已有香港（繁体、英文 2 个站点）、台湾、日本、韩国、英国、法国、加拿大、澳大利亚等 9 个站点投入试运行中。美国、德国、俄罗斯、意大利等 4 个站点已经开发完毕，等待上线。马来西亚、菲律宾站点已经规划完毕，准备实施。本平台上线最早的站点韩国、日本、香港站点 2012 年月平均销售额与旧系统 2011 年同期月平均销售额相比，销

售额增长至 2.8 倍，网络销售额占销售总额比例翻一番。

关键词：民航电子商务平台，多站点支持，领域工程

DEVELOPMENT OF CIVIL AVIATION E-COMMERCE

PALTEFORM SUPPORTING MULTI-SITES

ABSTRACT

Due to the high internationalization, the civil aviation industry needs the support from e-commerce platform which should have the adaptability of various countries, different languages, cultures and custom. In the past, civil aviation companies usually sent some teams to investigate the local culture and did the business there. Each agent developed a lot of e-commerce sites relatively according to their capacity and local characteristics. Because of finance and capacity problems, the developed e-commerce sites could not reach the current level of e-commerce. Each of them had the low repeat use and could not exchange the information because they did not have the uniform plan, functional and interfacial style. This paper is aimed to develop the multi-site supported civil aviation e-commerce platform which can meet the requirements for the commercial needs, specific business style of each department and different cultures, following domain engineering and object-oriented method.

At first, this paper recognizes the relationship between the civil aviation e-commerce platform and exterior system, and makes the environment chart for the platform. Then it adopts the use case diagram and flow chart to analyze the functional requirements of platform and makes definitions of many non-functional requirements such as usability, robustness and security. In order to support multi sites at the same time, this paper analyzes the commonness and variability requirements of different sites thoroughly.

Afterwards, the SSH technology framework is used to design three layer structure of the civil aviation e-commerce platform including the portal layer,

business logic layer and data access layer according to the requirements. Also the domain class diagram is designed according to the method of domain engineering. Because the e-ticket is the core class in platform, its state chart is designed to model its full life circle. We do security and performance designs, because the platform provides services for all business departments around the world. We also provide the design strategy and ways for the diversity requirements of different sites, because customers have the different culture background in different countries.

Then, the example of “advance booking” which is the core use case of platform is used to explain the realization of platform in detail. The way of cooperation among classes to realize the platform functions is explained through the class diagrams and sequence diagrams in this paper. The diversity requirements are also met through the adoption of parameter configuration and interfaces.

Finally, unit test, function test, performance test and security test are passed. Currently, the platform has nine sites which are in trial operation in Hong Kong (traditional Chinese and English sites), Taiwan, Japan, South Korea, the United Kingdom, France, Canada and Australia. Four sites in the United States, Germany, Russia, Italy has been developed and wait for public use. The sites in Malaysia, the Philippines are planned and ready for implementation. For the earliest sites in South Korea, Japan, Hong Kong in this platform, its average monthly sales amounts in 2012 increases to 2.8 times of amounts in 2011 during same period. And its proportion of network sales amounts has doubled.

Keywords Civil Aviation E-commerce Platform, Multi-site Support, Domain Engineering

目 录

支持多站点的民用航空电子商务平台的开发	I
DEVELOPMENT OF CIVIL AVIATION E-COMMERCE PALTEFORM	
SUPPORTING MULTI-SITES	II
摘要	I
ABSTRACT	III
1 绪 论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目标和内容	3
1.3 本文结构	3
2 相关技术综述	4
2.1 电子商务	4
2.1.1 电子商务基本理论	4
2.1.2 电子客票	4
2.2 SSH 框架	6
2.2.1 Struts	6
2.2.2 Spring	7
2.2.3 Hibernate	8
2.3 本章小结	9
3 平台的需求分析	11
3.1 平台环境图	11
3.2 需求分析方法	12
3.3 功能需求分析	14
3.3.1 总体功能需求分析	14
3.3.2 详细功能需求分析	18
3.4 非功能需求分析	21

3.4.1 共性的非功能需求的分析	21
3.4.2 可变性的非功能性需求的分析	22
3.5 本章小结	23
4 平台的设计	24
4.1 平台架构设计	24
4.1.1 平台结构	24
4.1.2 平台三层架构	25
4.2 领域类的设计	29
4.2.1 领域类图	29
4.2.2 电子客票的状态图	29
4.3 安全性和性能设计	31
4.3.1 安全性设计	31
4.3.2 性能设计	31
4.4 可变性需求的设计	33
4.5 本章小结	35
5 平台的实现与测试	36
5.1 平台的功能实现	36
5.2 可变性需求的实现	42
5.2.1 基于参数配置的可变性需求的实现	42
5.2.2 多语言实现	42
5.3 平台的测试	44
5.3.1 单元测试	46
5.3.2 功能测试	46
5.3.3 性能测试	50
5.3.4 安全性测试	51
5.4 本章小结	52
6 结束语	53

参考文献	55
致 谢	57
攻读学位期间发表的学术论文.....	58

1 绪 论

1.1 研究背景

近年来随着中国经济的快速发展，人际间交往日趋频繁，特别是进入 21 世纪后，中国的经济腾飞更是带动民航每年以 14% 左右的速度高度增长^[1]。然而高速铁路的发展，给民用航空在国内的中短程航线带来了一定的影响。为了更加有力的与高铁竞争，民用航空公司采用了各种方式降低成本，提高服务质量，争取更加有效的方式与高铁竞争。其中电子商务以其直接与客户接触，减少中间环节带来的成本^[2]，且不需要更多人工售票人员，24 小时服务等诸多优点，而成为民用航空公司减少成本，提高服务质量的重要手段。据本文作者所知，其所在的航空公司就为此建设了国内 B2C 电子商务网站、国内 B2B 电子商务网站、国内 B2G 电子商务网站、国内 B2M 电子商务网站、国内 B2G 电子商务网站、海外 B2C 电子商务网站、海外 B2B 电子商务网站、海外 B2M 电子商务网站等一系列网站平台为广大旅客服务。其它航空公司也在建设类似网站。

中国经济的快速发展同样也带来了中国与国际间的人员交流。这些交流给航空公司带来的旅客来源更是可贵的，诸如高铁也无法与之竞争。然而国际上各个大型航空公司却更加觊觎中国国际航线所带来的巨大客源。为了与国际知名航空公司竞争，本文作者所在的航空公司也在抓紧开发适合国际业务的电子商务平台，诸如：海外 B2C 电子商务平台、海外 B2B 电子商务平台、海外 B2M 电子商务平台、海外 B2G 电子商务平台、CALL CENTER 等一系列的电子商务平台。国内其他航空公司也在抓紧时间部署电子商务的发展战略，很多航空公司都是把电子商务的发展作为它们公司发展的重大战略。

国内很多公司，特别是大型公司的各类相似业务的商务网站反复建设。特别是民用航空商务网站都是由各个部门自行规划建设，重复建设比较多，规划不合理，不利于长远发展。比如说作者所在航空公司，以国别或者地区为分公司或者营业部的部门在其各自经营范围内建设各类网站，网站风格完全不一致，给人以多家公司网站的感觉，且经营策略各不相同，经营范围也分区域，完全不能形成合力，为公司赚取更多业绩。比如说韩国分公司和英国分公司都各自建设网站，按照之前的做法，韩国网站只卖往返于中韩航线的机票产品，英国网站只卖往返于中英航线的机票产品，且韩国网站只有韩文显示，只能用韩元购买机票，英国网站只有英文显示，用英镑或者欧元购买机票。假如有一个韩国人想先到中国，然后再去英国的用户，尽管东航有韩国到中国的航线，也有中国到英国的航线，但是该用户只能先到韩国网站用韩元买到中国的机票，办完事情后再

去英国网站用英镑或者欧元买去往英国的机票。支持多站点的民用航空电子商务平台不仅有多语言版本来适应各国人查看相适应的网站；有多币种支付方式，方便各国人完成订票过程；共享公司所有航线，让旅客更加方便地选择航线，更方便地到更多的地方去；而且只需要开发和维护一个平台，提高了复用率和生产率。

国内大型民航公司的电子商务网站已经完成统一风格的多站点多币种的网站建设。例如国航、南航等在这方面发展的相对比较早，然而其它绝大部分航空公司仍然采用的是以项目形式建设各类电子商务网站。浪费了巨大的人力物力，效果也不理想。这样的公司大多没有组建自己公司的IT团队，也没有全公司统一的信息平台规划。

海外航空公司也在积极发展多语言版本的电子商务平台，以便获得更多的国际市场份額。其中海外民航如汉莎航空和国内国航在电子商务平台建设的风格极其类似。它们采用网页风格一致，按国别或者地区分站点，每个站点若干语言显示、若干币种支付的方式建设网站。统一建设了支持多站点的民用航空电子商务平台。然而他们出现一个共同的问题，每个站点风格一致，不能完全满足不同文化背景的国家对网站审美的需求。

如何有效地完成多站点、多语言展示、多币种支付，又要符合各国的文化背景的软件的开发？这已成为目前的重大挑战之一。

国内各大航空公司都在抓紧进行电子商务的发展战略：中国国际航空公司正准备把整个电子商务平台建设全部承包给国际某大型软件外包商开发；中国南方航空公司以其相对优越的用人制度，建设了一直实力相对强的电子商务开发团队；其它国内航空公司则大多采用项目承包的方式把电子商务的各个部分分包给各家公司做。如果外包给一家公司开发，其优点在于能够有一个完整的战略方针，整体效果好，但缺点是过于依赖该外包公司的技术力量，易于受人牵制，且一次性开发费用高；如果每个项目按照需要找不同的开发商开发，则没有整体战略目标，项目难于整合，且有重复建设的现象出现，优点是每个项目投资小，易于实施。本文认为制定完整的电子商务发展战略，然后组建自己团队完成开发是本领域软件开发的最有效方式。

部分知名大型海外航空公司都有一支比较专业的IT队伍，并且建立了整体的战略目标。它们都有着丰富的经验，并且实施多年。它们的航空产品丰富，而且贴合市场需求。但是由于它们电子商务实施较早，其电子商务平台所采用的技术较为陈旧，平台架构的可扩展性和复用性、以及与外界系统的互操作性不好，从而对它们的发展产生一定的制约性。

1.2 研究目标和内容

本文旨在采用领域工程和面向对象方法，开发一个支持全球各地的多个电子商务站点的民用航空电子商务平台。具体研究内容包括：

- 1) 获取公司各地营业部的营销策略，结合电子商务原理和软件需求分析的方法，辨识出可以利用信息平台实现的业务需求，详细分析平台的功能需求和非功能需求，为支持多站点，识别出不同站点需求的共性和可变性。
- 2) 研究 SSH 框架，采用基于 UML 的面向对象方法设计民用航空电子商务平台的架构，支持共性和可变性需求的实现。3) 采用 Java 语言实现民用航空电子商务平台，并对平台进行单元测试、功能测试、性能测试和安全测试，确保平台完全符合开发需求，实现公司全球网络销售战略顺利实施。

1.3 本文结构

本文共分为六章。

第一章分析航空业电子商务的发展背景和目前本公司在电子商务发展方面的情况及遇到的问题。在此背景下，为公司国际化发展战略的考虑，需要构建出支持多站点的民用航空电子商务平台的设想。

第二章综述了本文的相关技术，包括电子商务基本原理、民用航空电子客票在电子商务领域中所具备的先天性优势、SSH 框架中的 Struts、Spring、Hibernate 方面的技术。

第三章对平台进行需求分析，详细地分析出平台的功能性需求与非功能性需求，以及多站点的共性需求和可变性需求。

第四章从多层次结构、领域类图、核心类的状态图、安全性和性能等角度对平台进行设计，支持多站点的共性需求和可变性需求的实现。

第五章是平台的实现和测试。采用类图与时序图来详细设计和实现各个功能，并采用参数配置和接口等方式完成各站点差异性需求的实现。在平台实现后，采用单元测试、功能测试、性能测试、安全性测试进行全面测试。

第六章，总结本文的工作、整个开发过程中所遇到的问题、获得的心得，为今后进一步的研究和开发提供经验。

2 相关技术综述

2.1 电子商务

2.1.1 电子商务基本理论

电子商务系指交易人或参与人利用现代信息技术和计算机网络（主要是因特网）所进行的各类商业活动，包括货物贸易和知识产权贸易^[3]。电子商务用户交易人是指网上交易的买卖双方^[4]；参与人除了买卖双方，还包括参与网站运营的其他人，包括对网站内容进行管理的后台操作人员，在网上进行在线咨询的客服人员，配合网站进行物流的人员等等。他们所有的工作的是基于信息平台进行的，后台操作人员及时上传更新网站内容，在线咨询人员与客户实时沟通，物流人员根据订单情况，快速准确的进行订单投送。

本文着眼于民航电子商务 B2C 平台作为研究对象。B2C 平台因为它把产品直接从生产者手中销售给消费者，省去大量中间流通过程，减少了中间环节诸多经营成本、物流成本和其它成本，为生产者直接接触消费者、了解消费者、服务消费者提供了便利^[5]。省去中间环节，节约了社会资源和劳动成本，从而为生产者让利于消费者提供的更有利的条件。

2.1.2 电子客票

本文针对支持多站点的民用航空电子商务平台的建设，它主要的产品就是电子客票。电子客票因为其有独特的特点，因而在电子商务建设中有其独特的建设过程。电子客票主要特征有：

1) 电子客票具有虚拟性^[6]

电子客票不同于一般电子商务销售实物产品，电子客票只是采用信息记录的方式承载产品。因为这一个特征，该平台无需针对产品存储、产品配送、产品投递等一系列物流环节进行操作。这样的产品特别适合采用电子商务网站。本文所研究的平台在用户预定订单、支付订单、退票、改签、升舱等一系列的过程中，产品的特性发生各种变化，而这些变化都可以采用信息的方式进行记录，这些记录又可以采用电子邮件、短信等信

信息技术传递给用户。用户在平台上做一系列的操作都能得到实时、准确的结果，从而用户能够利用电子商务平台高效、舒适的购买民航电子客票产品。

2) 电子客票记录信息更加丰富

电子客票虽然不具备纸质客票那样有实物的感受，但是电子客票在记录信息方面更胜于纸质客票。因为民航客票在使用过程中具有多种状态特性，其具体过程可以描述为：在用户预定客票时会在民航座位系统中占有一定数量的座位，这个时候是不需要支付钱款的，如果用户确定需要这些座位时再支付，否则一定时间之后就会删除这些座位的占有权，这样做是防止不同售票终端同时出售同一座位；在用户为这个订单所占用的座位支付时，该订单处于支付后出票状态，这个时候如果是在电子商务网站上购票，用户会收到记录用户购买客票的电子邮件或者手机短消息或者两者都有，如果是在人工售票点，售票人员此时会给用户打出一张纸质客票；购票之后如果不需要该客票，用户还会退票，退票后用户一般会得到一笔扣除手续费的退票款，此时还会释放该订单占有的座位，以供他人使用该座位；如果不退票还可能因为旅行日期发生变化，需要改签其它时间。在这个过程中，需要释放该订单所占有座位，并要获得需要改签日期中某一个航班的座位；如果用户有升舱需求，同样需要释放之前的座位，并占有希望获得舱位的座位；在登机前需要做值机，值机之后，客票信息一样发生变化。在这一复杂过程中不仅有票信息的变化，每个过程都有可能有费用产生，客票信息同样要记录这些信息的变化。所以在整个过程中如果采用纸质客票，会产生多个纸质客票或者费用凭据；如果采用电子客票，整个过程中的信息都记录在电子商务平台的数据库中，需要用户打印出来的只有最终的一张客票和一个登机牌。这样就做到了利用最少的纸质材料丰富的记录了用户使用过程中需要记录的所有信息。

3) 电子客票操作高效、快捷，提升用户使用的满意度

如果使用纸质客票，在用户购票、退票、改签、升舱过程中，每一步都需要带上原有客票凭据亲自到售票点去操作，采用电子客票，所有操作在笔记本或者手机上就可以操作。而且整个操作过程中，用户只需要提供订单号、护照号等关键信息。使用方便、快捷。

4) 电子商务提供更多更为丰富的客票产品，以供用户选择即可办理所有业务。

售票点售票，需要跟售票员反复沟通才能选择到自己较为满意的产品。电子商务网站可以让用户自己独自操作就可以选择自己需要的产品，并且各类产品都十分清晰的展现在用户面前，电子商务平台甚至会采用邮件、手机短信等方式定期或者不定期的为用户提供所需要的产品。这样的服务会使用户更加轻松、高效的购买自己想要的客票产品。

正因为以上诸多特性，使得电子商务平台销售电子客票会优于客票销售点销售客票。正因为如此，本文才采用电子商务平台的方式销售电子客票。

2.2 SSH 框架

目前 Web 应用比较多的采用多层架构模式，多层架构包括显示层、业务逻辑层、持久层等。多层结构的运行模式如图 2-1 所示，用户通过浏览器向服务器发送请求，服务器通过 servlet 调用 Dao，Dao 层采用一定的业务处理，实现对数据的处理。然后 servlet 通过分发机制，转发到相对应的页面，显示在用户的 Web 浏览器上。

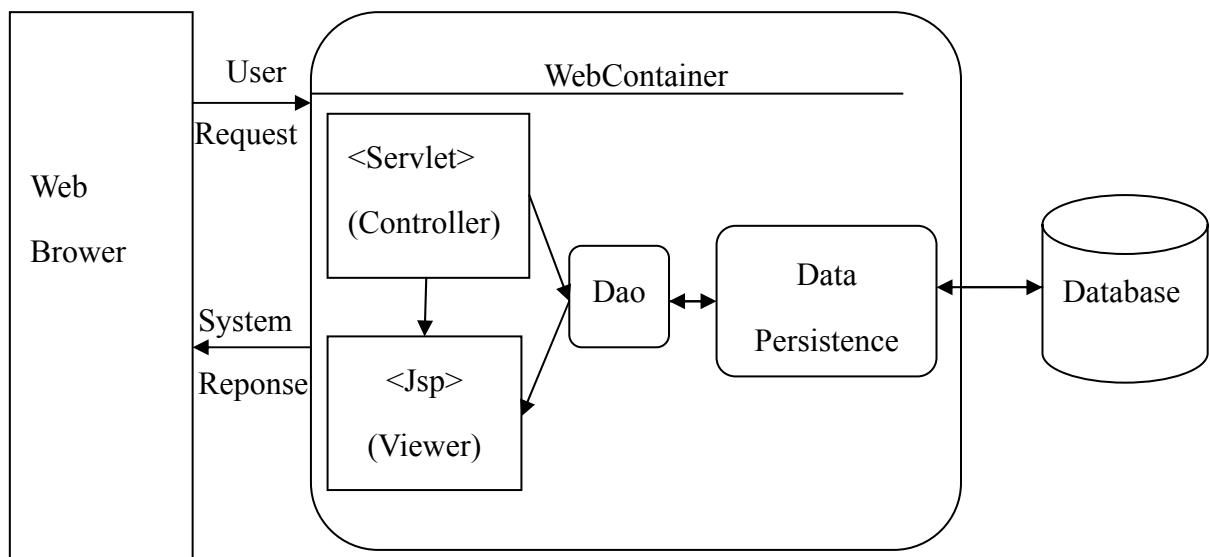


图 2-1 三层架构

Fig. 2-1 Three-tier Architecture

为实现三层架构的设计，很多系统设计者采用 SSH 框架。SSH 框架包含 Struts、Spring、Hibernate 三个基础框架^[7]。

2.2.1 Struts

Struts2 中大量使用拦截器来处理用户的请求，从而允许用户的业务逻辑控制器与 Servlet API 分离。

Struts2 框架的大概处理流程如下：

- 1) 加载类：主要通过 Struts2 中的 FilterDispatcher 完成^[8]。
- 2) 读取配置：读取 Struts2 配置文件中的 Action。配置可以写在 Struts.xml 中，也可

以写以标签的形式写在 Java 类中。在本文中配置是以标签注入的方式实现的。

- 3) 派发请求：客户端发送请求，这个请求是用户从浏览器端发起的。
- 4) 调用 Action：根据配置文件或者标签，通过 FilterDispatcher 进入到相应的 Action 中去。
- 5) 启用拦截器：WebWork 拦截器自动对请求应用通用功能，如验证。
- 6) 处理业务：回调 Action 的 execute()方法。
- 7) 返回响应：通过 execute 方法将信息返回到 FilterDispatcher。
- 8) 查找响应：FilterDispatcher 根据配置查找响应信息。如：SUCCESS、ERROR，将跳转到相应 Jsp 页面。
- 9) 响应用户：Jsp 通过 Reponse 向客户浏览器端输出显示内容。
- 10) struts2 标签库：在页面显示阶段，部分复杂的信息展示是通过 struts2 标签库完成。

2. 2. 2 Spring

Spring 框架是一个分层架构，由 7 个定义良好的模块（或组件）组成。Spring 模块构建在核心容器之上，核心容器定义了创建、配置和管理 bean 的方式^[9]。组成 Spring 框架的每个模块（或组件）都可以单独存在，或者与其他一个或多个模块联合实现。每个模块的功能如下：

- 1) 核心容器：核心容器提供 Spring 框架的基本功能(Spring Core)^[10]。核心容器的主要组件是 BeanFactory，它是工厂模式的实现。BeanFactory 使用控制反转(IOC) 模式将应用程序的配置和依赖性规范与实际的应用程序代码分开。
- 2) Spring 上下文：Spring 上下文是一个配置文件，向 Spring 框架提供上下文信息。Spring 上下文包括企业服务，例如 JNDI、EJB、电子邮件、国际化、校验和调度功能。
- 3) Spring AOP：通过配置管理特性，Spring AOP 模块直接将面向切面的编程功能集成到了 Spring 框架中。可以很容易地使 Spring 框架管理的任何对象支持 AOP。Spring AOP 模块为基于 Spring 的应用程序中的对象提供了事务管理服务。通过使用 Spring AOP，不用依赖 EJB 组件，就可以将声明性事务管理集成到应用程序中。
- 4) Spring DAO：JDBC DAO 抽象层提供了有意义的异常层次结构，可用该结构来管理异常处理和不同数据库供应商抛出的错误消息^[11]。异常层次结构简化了错误处理，并且极大地降低了需要编写的异常代码数量（例如打开和关闭连接）。Spring DAO 的面

向 JDBC 的异常遵从通用的 DAO 异常层次结构。

5) Spring ORM: Spring 框架插入了若干个 ORM 框架, 从而提供了 ORM 的对象关系工具, 其中包括 JDO、Hibernate 和 iBatisSQL Map。所有这些都遵从 Spring 的通用事务和 DAO 异常层次结构。

6) Spring Web 模块: Web 上下文模块建立在应用程序上下文模块之上, 为基于 Web 的应用程序提供了上下文。所以, Spring 框架支持与 Jakarta Struts 的集成。Web 模块还简化了处理多部分请求以及将请求参数绑定到域对象的工作。

7) Spring MVC 框架: MVC 框架是一个全功能的构建 Web 应用程序的 MVC 实现。通过策略接口, MVC 框架变成为高度可配置的, MVC 容纳了大量视图技术, 其中包括 JSP、Velocity、Tiles、iText 和 POI。模型由 javabean 构成, 存放于 Map; 视图是一个接口, 负责显示模型; 控制器表示逻辑代码, 是 Controller 的实现。Spring 框架的功能可以用在任何 J2EE 服务器中, 大多数功能也适用于不受管理的环境。Spring 的核心要点是: 支持不绑定到特定 J2EE 服务的可重用业务和数据访问对象。毫无疑问, 这样的对象可以在不同 J2EE 环境 (Web 或 EJB)、独立应用程序、测试环境之间重用。

2. 2. 3 Hibernate

Hibernate 的常用接口 Configuration、SessionFactory、Session、Transaction、Query 和 Criteria^[12]。

1) Configuration

负责加载 Hibernate 的配置及映射信息, 启动 Hibernate, 根据连接到数据库的信息来创建 SessionFactory 对象。

2) SessionFactory

初始化 Hibernate, 创建 Session 对象。他是线程安全的, 通常采用单例模式创建此对象。

3) Session

负责保存、修改、删除、查询、加载对象, 这个 session 不是线程安全的, 使用 Threadlocal 来得到 session。

4) Transaction

事务处理开启事务的方法 “Transaction tx=session.beginTransaction()” 提交事务 “tx.commit()”。

5) Query 和 Criteria

Query 是执行数据库查询, Query 接口包装了一个 HQL 语句, HQL 语句是面向对象的, 它引用类名和属性名, 而不是表名和字段名。Criteria 完全封装了基于字符串形式的查询语句, 比 Query 接口更加面向对象, 擅长动态查询。

Hibernate 的工作原理

1) Hibernate 连接数据库

配置文件 `Hibernate.cfg.xml` 文件中定义了和数据库进行连接的信息, 包括数据库方言、jdbc 驱动、用户名、密码和 URL 等。Configuration 类借助 dom4j 的 xml 解析器进行 xml 的解析设置环境, 然后使用这些环境属性来生成 sessionfactory。这样 sessionfactory 生成的 session 就能够成功获得数据库的连接。

2) Hibernate 数据库写操作

当保存一个 pojo 持久化对象时, 触发 Hibernate 保存事件监听器进行处理。Hibernate 通过映射文件获得对象对应的数据库表名以及属性对应的数据库列名, 然后通过反射机制获得持久化对象的各个属性, 最终组织向数据库插入新对象的 SQL 的 insert 语句。调用 `session.save()` 保存数据后这个对象会被标识为持久化状态放在 session, 当事物进行提交时才真正执行 insert 语句。

3) Hibernate 从数据中载入对象

当需要读取读取文件时, Hibernate 先尝试从 session 缓存中读取, 如果 session 缓存数据不存在或是脏数据, 并且配置了二级缓存, Hibernate 尝试从二级缓存中检索数据; 否则 Hibernate 会根据对象类型、主键等信息组织 select 语句到数据库中读取, 再把 select 结果组织成对象返回。

4) Hibernate 数据库查询操作

Hibernate 提供 SQL、HQL、Criteria 查询方式。HQL 是其中运用最广泛的查询方式。用户使用 `session.createQuery()` 函数以一条 HQL 语句为参数创建 Query 查询对象后, Hibernate 会使用 Anltr 库把 HQL 语句解析成 jdbc 可以识别的 sql 语句。如果设置了查询缓存, 那么执行 `Query.list()` 时, Hibernate 会先对查询缓存进行查询, 如果查询缓存不存在, 在使用 select 语句查询数据库。

2.3 本章小结

本章简要阐述了电子商务的基本原理, 电子客票在电子商务领域中使用的优势。并

且对未来实现支持多站点的民用航空电子商务平台所设计的多层架构设计模式、SSH 框架中的 Struts、Spring、Hibernate 技术做了简要阐述，为下文展开做好一定的基础技术准备。

3 平台的需求分析

本文旨在采用领域工程和面向对象方法研发出以国别或者地区为站点，每个站点采用该国或地区官方语言或者主要语言、该国或者地区主要货币报价的多站点民用航空电子商务平台。每个站点有各自的特点，但又有很多共性的地方。本章将采用领域工程的方法对多个站点进行共性和可变性的需求分析。

3.1 平台环境图

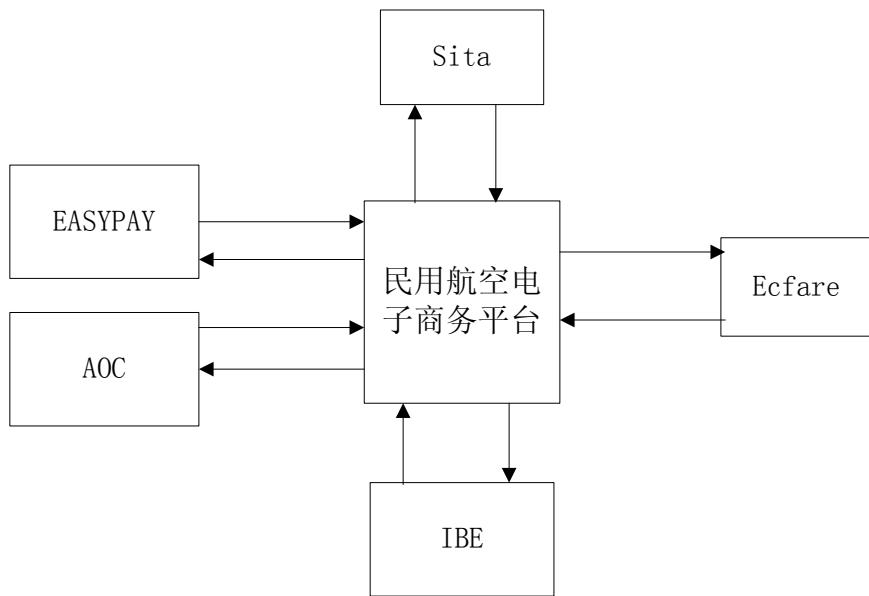


图 3-1 平台环境图

Fig. 3-1 Platform Environment Diagram

本文所研发的电子商务平台涉及多个系统，与这些系统相关联的很多内容是民航所特有的，如图 3-1 所示。与平台交互的外界系统包括：

- 1) 中国民航信息集团公司（以下简称中航信）的互联网订座引擎（Internet Booking Engine，以下简称 IBE）系统：

因为中航信相当于全球分销系统（Global Distribution System 以下简称 GDS）在中国的分支机构，所以中国各个航空公司会把它需要对外销售的客票信息输入到中航信的 IBE 系统，全球各个 GDS 机构又构成一个更大的网络，这样任何与 IBE 相关联的系统

都可以统一销售公司的机票，而不会导致多人占用同一个座位的情况发生。以前这些处理是通过电报报文的形式传输信息的，自从互联网的运用，这些信息改为互联网传输了。

2) ECfare 运价系统:

该系统是公司另外一个系统，它负责输入公司所有运价策略。这是公司营销策略实施的有效工具。

3) Sita 系统:

这是国际航空电信协会（Societe International De Telecommunications）公司建设的一个系统，该系统存储各类信息。本文所研发的平台与之交互主要是为了获取电子客票购买过程中所需要缴纳的各种税费。

4) AOC 系统:

AOC 系统是公司的另外一个系统，它负责机场的航班控制。平台接入该系统主要是为了获取当日航班动态信息，便于旅客掌握航班实际出发到达时间。

5) EASYPAY

本平台是支持多站点的民用航空电子商务平台，它根据各个营业部的商务需求，连接多个不同的支付渠道，如快钱支付渠道、国泰世华支付渠道（简称 EPOS）、万事达公司的网络支付平台（简称 MIGS）支付渠道等等诸多支付渠道，各站点根据所服务的营业部的业务需求，配置相应的支付渠道，为该站点提供支付服务。所有的支付渠道都跟 EASYPAY 系统连接，EASYPAY 再采用统一的接口与支持多站点的民用航空电子商务平台连接，以实现该平台的支付需求。

3.2 需求分析方法

需求获取的方式主要有与业务人员开会议论、跟业务人员进行需求调研、跟同类型网站学习、研发团队内部讨论等形式。为了获得尽可能准确的需求，项目组派遣初级需求人员长时间与业务人员交流，尽量获得更多需求，并且以文字、用例图等形式保存下来。另外一定数量的中级需求人员参与其中，对初级需求员进行指导，并且对重要的需求与各类干系人着重进行交流，确认需求。

分管对应站点的各国家或者地区营业部工作人员分布在各个国家或者地区，部分员工属于当地聘请员工，语言、文化差异较大。各个营业部对网络销售的依赖程度不一致，对网站建设的热情也不完全一致。各个营业部工作人员对电子商务知识的了解程度不一致，也同样增加了沟通成本。基于以上问题，各个需求人员不断跟自己负责的业务人员进行交流，需求人员之间也不断交流，了解各站点之间不同的想法，并且把它们相同或

者相似想法反馈给各个营业部。使之拓展思路，更加积极的配合我们工作。

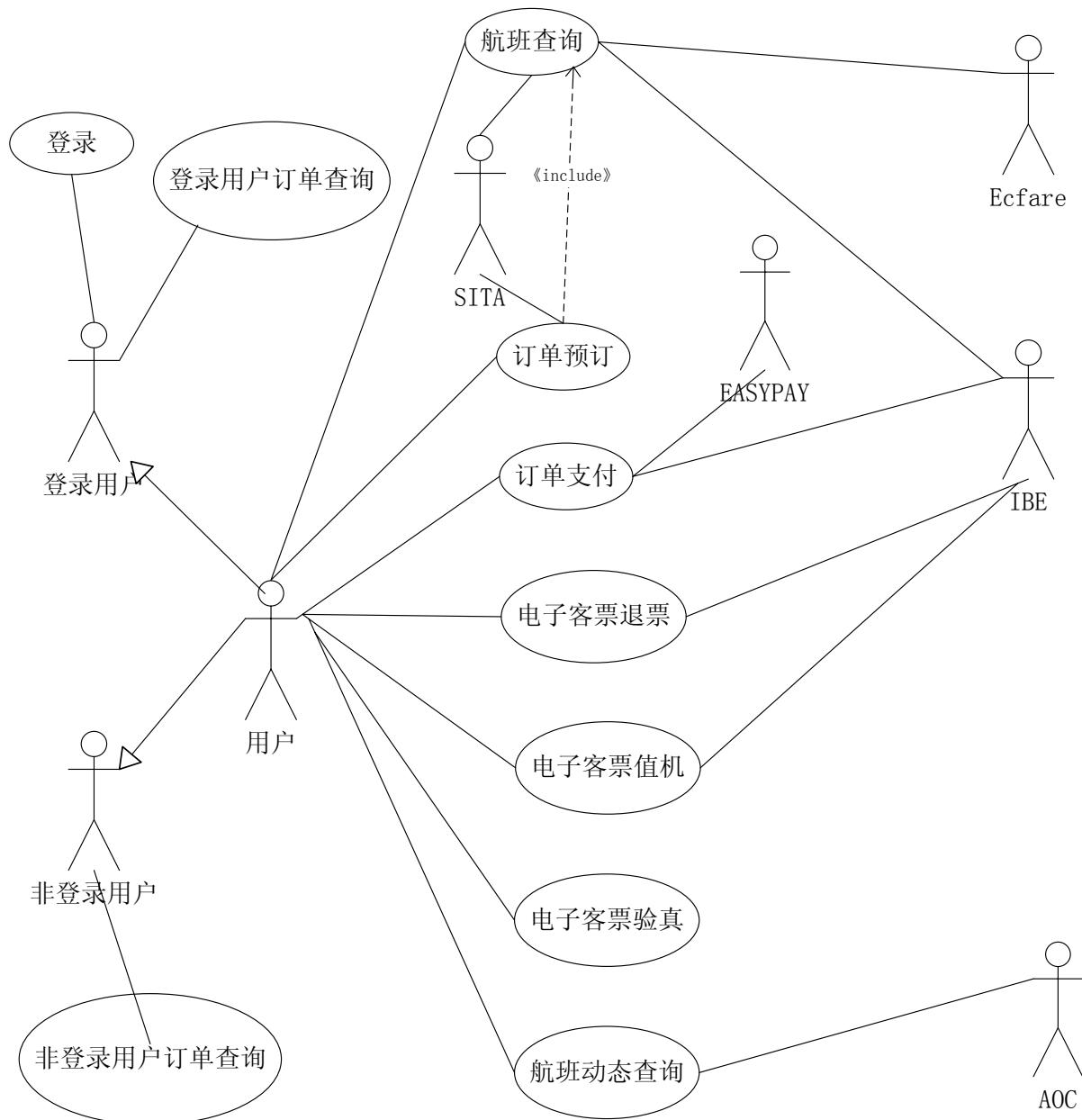


图 3-2 前台子系统用例图

Fig. 3-2 Use Case Diagram of Frontend Sub-system

高级需求人员对中级需求人员进行指导，并对所获得的需求进行分析，把所获得的需求，与设计、开发人员进行交流，剔除一些不必要，或者暂时无法做到的需求，整合比较重要需求，并且对需求进行等级划分。把分析之后的文档与中级需求人员、及需求关注的各类干系人进行讨论，从而获得最终的需求文档。

本平台需求分析的主要目的是收集并辨别出多站点的共性需求和可变性需求，并且精确的描述这些需求，也就是说要辨别出不变需求与可变需求，并且精确的定义这些需求。

3.3 功能需求分析

需求分析是在需求获取之后完成的，它需要明确了解到平台所涉及的需求，在此基础上运用需求分析技术，对其进行分析，最终完成得到用户和技术部门都能认可的需求文档。

3.3.1 总体功能需求分析

支持多站点的民用航空电子商务平台分为前台和后台两个子系统。其中前台子系统的用例图如图 3-2 所示，它的主要用例包括：

1) 航班查询：所有站点的输入条件是一致的，选择单程或者往返，输入出发地及目的地、往返时间、舱位等级。输入查询条件之后，平台首先向 IBE 系统查询航班，然后向 Ecfare 系统查询 IBE 返回航班对应的运价，是否向 Sita 系统查询对应航班的税费，需要根据不同站点的业务需求所决定的，然后会根据不同站点的业务需求对不同可售航线及舱位的要求过滤航班。过滤后的航班信息中有可能包括具有高铁段的空铁联运航班。

2) 订单预订：“订单预订”用例首先要以“航班查询”用例来得到航班查询结果，把航班查询出来的信息，展现给用户。根据不同站点的业务需求，可能展现的价格等级、航班数量不完全一致。

用户选择航班时，如果航班查询阶段选择的航班类型是单程航班，航班选择时只需要选择一个航班；如果航班查询阶段选择的航班类型是往返航班，航班选择时必须要选择价格等级一样的往返两组航班。

选择好航班后，必须要填写乘机人信息和订票人信息。乘机人信息中必须要包含一个成人乘机人，是否可以携带儿童、婴儿乘机人，是根据站点的不同需求设置的。订票人信息填写格式相对固定。

如果站点采用促销码促销活动，还可以在填写用户信息时输入促销码。促销分为后台操作人员生成促销代码和客户在前台使用促销代码两部分组成。促销代码是按照一定的业务需求生成的。生成之后，营业部通过邮件或者广告的形式发放给用户。用户在电子客票的预订过程中输入促销码，从而达到降低价格、促进销售的效果。

如果站点配置没有设定在航班查询时进行税费查询，此时向 SITA 查询用户已选定航班的税费，无论税费是否是此时查询获得，都要将航班信息、运价信息、税费信息、乘机人信息展现给用户核对。在获得航班信息、运价信息、税费信息和乘机人信息之后，将特定的信息传输给 IBE，并且从 IBE 端获得 PNR 信息，此时即已经得到了状态为 OPEN FOR USE 的电子客票。

3) 订单支付：在用户生成订单之后，可以选择站点显示的支付渠道进行支付，支付的金额为站点显示的金额及币种，如果用户信息卡消费币种与站点显示币种不一致，会以信用卡可支付的币种支付，在结算行按照当时汇率转换为网站消费币种所对应的消费金额。站点支付渠道是可配置的，理论上一个站点可以配置多个支付渠道，但是业务部门只为网站的一个站点提供了一个支付渠道。网站支付完之后会自动出电子客票，并且发送邮件给用户，告知订单详情及支付明细。

4) 电子客票值机：电子客票值机功能相当于在机场打印登机牌及选座的功能。它是在网站上值机，选择航班座位，打印登机牌。电子客票值机，因为需要在机场配套相应的硬件设备，所以只有少部分站点能做网上值机功能。

5) 电子客票退票：电子客票退票是由用户在网站前台发起退票申请，由后台工作人员对其退票做出审核，并根据客规退给用户扣除手续费之后的剩余金额。

6) 航班动态查询：提供用户按照航班号或者是出发、到达机场查询当日航班的状态，以便用户及时了解航班状况，安排个人行程。

7) 电子客票验真：电子客票验真功能是为用户验证客票是否为真实电子客票，以及电子客票信息查询而设置的。这项功能是为电子客票代买用户在网站做查询电子客票真伪而使用的，不过目前只能查询在支持多站点的民用航空电子商务平台上购买机票的查询功能。

8) 登录：登录用户在购票过程中会根据购票金额产生一定的积分，此积分在公司的其它平台可以兑现一定的礼物。登录用户也是某些站点部分促销码的适用对象，如果非登录用户就享受不到这类促销优惠的待遇。

9) 登录用户订单查询：订单查询分为非登录用户订单查询和登录用户订单查询。登录用户可以查看到本人三月内的所有订单及其详情。

10) 非登录用户订单查询：非登录用户可以通过订单号和护照号查询到该订单号对应订单的详情。

后台子系统的主要用例包括：数据统计，退票审核，退款审核，平台参数配置等，如图 3-3 所示。兼于篇幅，这些用例在此不再一一说明。

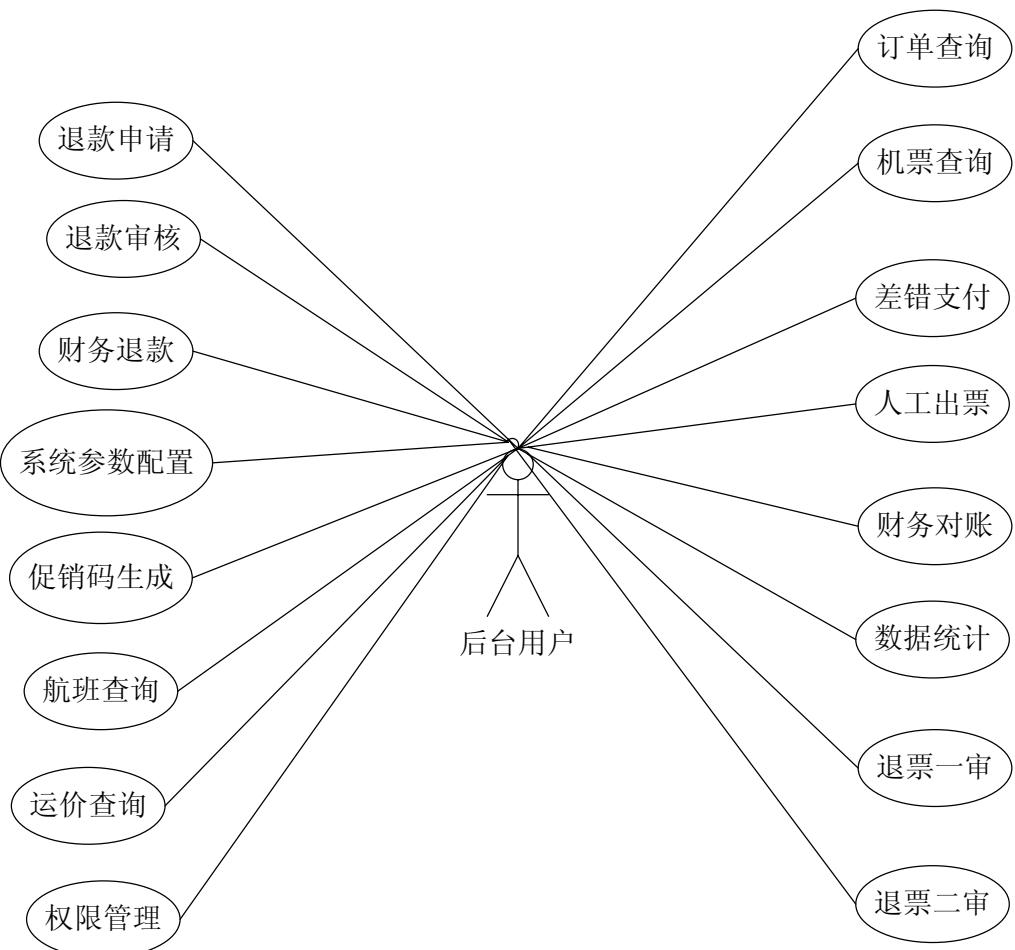


图 3-3 后台子系统用例图

Fig. 3-3 Use Case Diagram of Backend Sub-system

表 3-1 功能需求可变性和不变性分析

Table 3-1 Mutability and immutability analysis of functional requirements

			日本	韩国	台湾	香港	加拿大	澳洲	英国
预订电子客票	航班查询	IBE 航班查询	有	有	有	有	有	有	有
		Ecfare 运价查询	有	有	有	有	有	有	有
		SITA 税费查询	无	无	无	无	有	有	有
		舱位过滤是否默认	是	否	否	是	是	是	是
		是否出售国内直达	否	否	是	否	否	否	否

续表 3-1

表 3-1 功能需求可变性和不变性分析

Table 3-1 Mutability and immutability analysis of functional requirements

		是否出售国际直达	是	是	是	是	是	是	是
		是否出售空铁联运	否	否	是	否	否	否	否
		是否出售 OD 连成	是	是	是	是	是	是	是
		是否出售第六航权	全部	部分	全部	全部	全部	全部	全部
	航班选择	经济舱报价组数	2 组	1 组	2 组	2 组	2 组	2 组	2 组
	乘机人信息填写	是否可带儿童	可以	可以	可以	可以	可以	可以	可以
		是否可以带婴儿	不可	不可	不可	不可	不可	不可	不可
	促销	促销代码	无	有	有	无	无	无	无
	税费查询	是否针对用户购买航线查询税费	是	是	是	是	否	否	否
	订单生成	是否展示客规	是	是	是	是	是	是	是
订单支付		支付渠道	IPS	LGU	EPOS	快钱	快钱	快钱	快钱
		支付币种	日币	韩币	台币	港币	加币	澳币	英镑
电子客票值机			无	无	有	有	无	无	无
电子客票验证			有	有	有	有	有	有	有
航班动态查询			出发、达到时间为机场所在国规定机场所在时区时间						
登录			有	有	有	有	有	有	有
登录用户查询航班			有	有	有	有	有	有	有
非登录用户查询航班			有	有	有	有	有	有	有

根据所获取到的需求，分析出站点间不同的需求，表 3-1 显示了部分站点对一部分功能需求上的差异。其中，航班动态显示的是机场所在地区的航班时间，如飞机起飞或者到达中国境内机场，其显示时间为北京时间；“是否出售空铁联运”指的是台湾高铁，国内高铁是每个站点都可以预定到的。另外，每个站点对舱位的过滤也是需求不同点，舱位过滤可以在后台设置，由于这个涉及到各营业部的销售策略，在此不便列出。

3.3.2 详细功能需求分析

现以“订单预订”用例为例，来详细分析功能需求。订单预订分为以下步骤：

1) 航班查询：

用户首先输入出发城市、达到城市、出发日期、舱位等级，航班类型（分为：单程、往返）信息，平台先从 IBE 系统查询出符合输入要求的航班，在通过运价系统，把 IBE 系统查询的航班的运价查询出来，无运价航班被过滤掉，运价查询规则按照各个站点规则查询（如有的站点需要查询最低价，有的需要全价，有的需要退、改免费的最低价，等等，有的需要这其中几个价中的组合）。然后再按照各个站点有效策略过滤航班，最终显示航班。

2) 选择航班：

运价规则是根据用户需求与航班特点设计出来的产品^[18]。用户选择符合自身需求的航班及运价等级，往返程的航班选择也受到各站点对组合产品销售策略的影响。所选择的航班列表中出现是选择日期符合航班查询条件的价格外，还在列表中显示该日期日之前三天的最低价、该日期最低价、该日期三天后的最低价，这个被称为七天日历。把查询结果中的最低价与七天日历中最低价相比，如果其价格比七天日历最低价不一致，就把七天日历最低价更新为本次查询最低价。根据航班查询的结果和不同站点的业务规则，可能显示不同等级、不同数量、不同舱位的价格。

3) 乘机人信息填写：

根据用户需求输入乘机人信息，如果购买多张机票，需要对应输入多个乘机人信息。根据各站点有效策略，销售成人票、儿童票、婴儿票。各类票组合也不完全一致，比如有站点可以单独购买儿童票；有站点需要一个订单内两个以上成人票，才可以增加一张儿童票，等等规则。输入乘机人信息时，要检查该订票人是否登录，如果登录用户，这个步骤内还会显示用户之前订票时填写的乘机人信息，如果本次订票乘机人信息在之前已经在本站输入过，只需直接选择该乘机人，此人信息马上输入完毕。如果乘机人信息之前未在本站使用，需要输入，下次再次登录订票时就可以直接选择该乘机人。在填写

完乘机人信息之后需要按照固定格式填写订票人信息。

4) 促销:

如果某站点发行促销码，在这个步骤输入促销码，根据促销政策，机票价格减少一定金额。促销按照金额计算分为电子客票金额直接减去促销金额的直减方式和对电子客票价格进行折扣计算的折扣方式两种方式。按照发放数量分为批量促销和非批量促销两种，批量促销的促销码各不相同，且数量有限，用完为止。非批量促销的促销码是相同的，在促销码的规定适用时间和其它设置范围内，可以无限次使用。无论哪种促销方式，促销码都需要工作人员在后台生成。

5) 税费查询:

根据用户选择的航班，及乘机人类型（成人、儿童、婴儿）查询出电子客票中每段航程的税费，并且把税费添加到订单总价中去，因为站点不同税费的币种不同，税费种类根据机场所在国的国家政策也不完全一致。

6) 生成订单:

把订单信息传输到 IBE，并且根据 IBE 返回信息，生成一个机票订单，此功能点基本一致。

图 3-4 电子客票预订流程图展示了以上流程。

对订单预订流程进行多站点分析，可以确定需求中的可变点和不变点，其不变点为：

- 1) 针对查询条件，对 IBE 航班查询是需求不变点。
- 2) IBE 查询出来的航班在 ECfare 中的运价查询是需求不变点。
- 3) 用户必须选择一定的航班是需求不变点。
- 4) 税费查询是需求不变点。
- 5) 与 IBE 连接，生成订单是需求不变点。
- 6) 七天日历都是显示查询日期，查询日期之前三天、查询日期之后三天，共七天内最低价。

其需求可变点包括：

- 1) 航班查询是按照各站点业务规则，显示不同舱位、不同数量、不同币种价格的。
- 2) 航班查询的价格按照不同站点分为含税价格和不含税价格。
- 3) 成人携带儿童和婴儿的规则不完全一致。
- 4) 促销码的促销金额和促销码发放数量不一致。
- 5) 税费种类不完全一致。

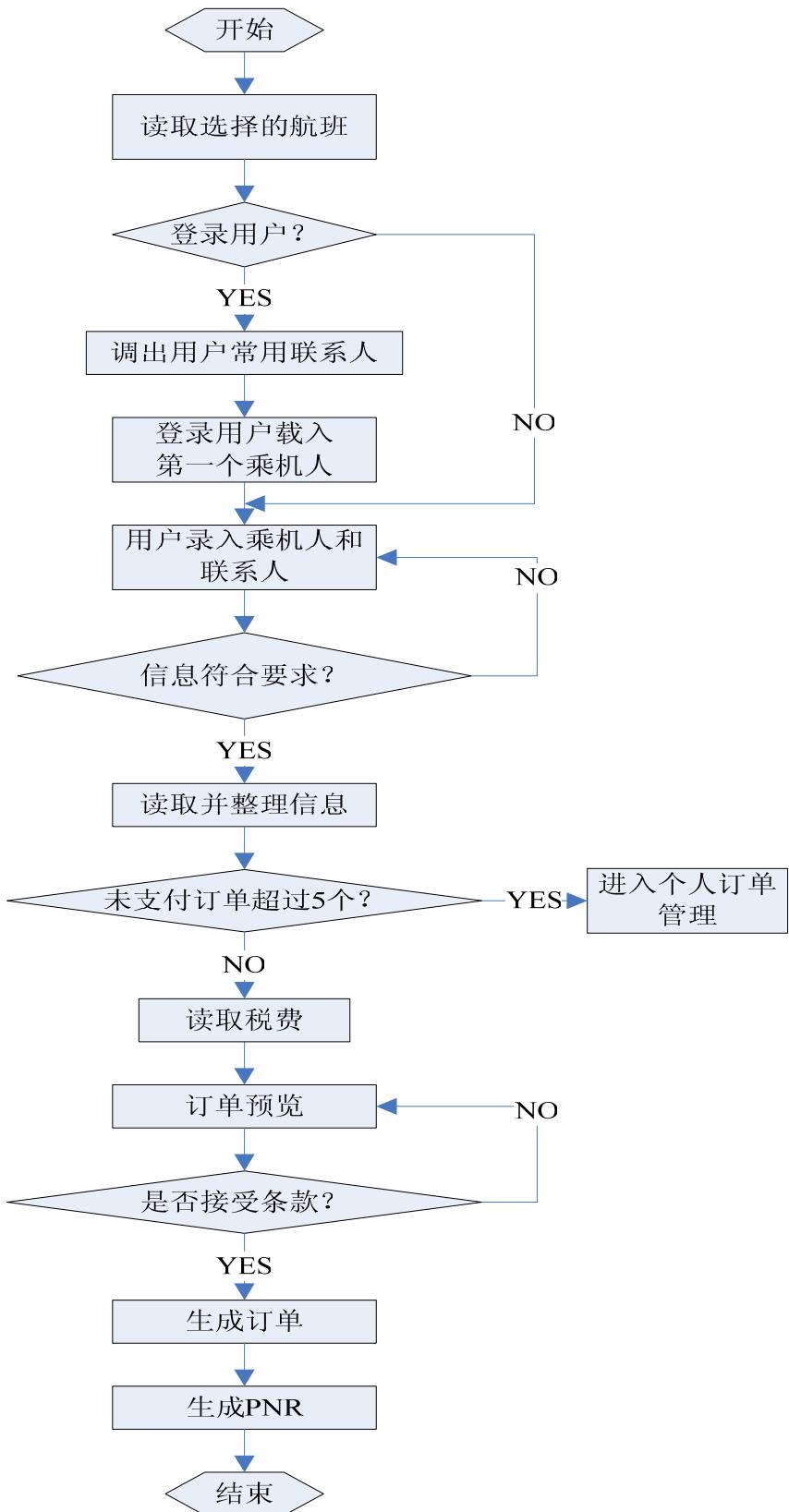


图 3-4 电子机票预订流程图

Fig. 3-4 E-ticket Booking Flow Chart

3.4 非功能需求分析

3.4.1 共性的非功能需求的分析

通过分析，本文认为平台需要满足以下共性的非功能性需求：

1) 易用性

电子商品平台面对一些对信息技术很不了解的用户，这些用户既有使用信息平台的需求，又有可能因为平台操作不便，造成客户流失的可能。

为了保证易用性，本文将采用样本抽样的方式，选择一部分目标用户实际使用、并返回使用感受的方式完成易用性的测试。

2) 健壮性

任何信息平台都有这样的需求，电子商务平台对这个要求更为严格，特别是大型电子商务平台，因为用户极其众多，如果平台出现状况，且一时无法修复，不尽会有比较大经济损失，对公司的形象也有损失。

3) 安全性

电子商务平台运行在因特网上，对所有用户均开放。面对的用户有对电子商务技术极其了解的人群，如果因为信息平台的漏洞被一些别有用心的人掌握，极易造成商务麻烦，甚至有经济损失。为了确保其能够满足信息平台的安全需求，需要从诸多方面来考虑这个问题。

1) 物理安全问题：

物理安全包括环境安全、设备安全、媒介安全。设备安全主要是因为自然环境，社会环境对设备造成直接损害而建立起来的安全措施，比如 9-11 事件等重大事故、或者地震等事故会直接损坏信息平台设备，一般采用数据库异地备份，甚至信息平台异地备份等方式，确保平台在重大事件中尽量少的受影响。对环境要求，也是出于信息平台不被他人截获信息而专门设定的信息安全保障措施。

2) 网络安全技术：

电子商务平台中的商品信息、用户信息、商品交易信息、支付信息等都是通过网络传输的，网络安全直接影响商品展示、交易进行和用户支付信用卡信息安全。另外由于电子商务一般来说会涉及多个信息平台信息交互，至少包括电子商务平台和支付平台，平台之间的信息交互安全也至关重要的。

3) 网络病毒威胁：

电子商务平台是出于完全开放的平台，任何人都可以访问，这给疯狂蔓延的病毒提供的便利之处，也给信息平台的安全造成极大的危害。

4) 黑客攻击：

不怀好意的人会利用网络的开放性和平台的缺陷，对信息平台进行攻击，以达到其不可告人的目的，这种攻击也会给信息平台带来破坏，对电子商务的有效营运造成麻烦。

5) 电子商务网站自身的安全特征：

电子商务的开放性，使其自身完全暴露在所有人面前，包括一些本身十分了解电子商务的人，这些人甚至有可能是之前参与、甚至是目前正在参与电子商务开发的人，他们出于某种目的对电子商务的攻击是后果非常严重的。

3.4.2 可变性的非功能性需求的分析

表 3-2 非功能需求的可变性分析

Table 3-2 Mutability Analysis of Non-functional Requirements

	日本	韩国	台湾	香港	加拿大	澳大利亚	英国
展示语言	日语	韩语	繁体中文	繁体中文、英文	英文	英文	英文
报价货币	日币	韩币	台币	港币	加币	澳币	英镑
报价是否含税	否	否	否	否	是	是	是
票价精度	100	100	1	10	0.1	0.1	0.1
税费精度	1	100	1	1	0.1	0.1	0.1
广告清晰度	一般	较高	较高	一般	较低	一般	较低
文化风俗	以当地标志性建筑物、重大节日、民俗等设置背景图片。						

电子商务平台，特别是在多国进行交易的电子商务平台，它所承载的商品，以及交易过程都受到当地法律法规的约束。这种约束是强制性的，它不会因为电子商务运营商不了解当地法规而法外施恩。因为各国、各地区的法律不尽相同，有些现象在一国、一地区是司空见惯的，到了另一国、一地区则有可能被法律严格控制。文化习俗虽然不是硬性规定，它对电子商务运营的影响也是极其深刻的。如果信息平台不符合推广市场当地的文化习俗，会遭到当地消费者的坚决抵制，特别是 B2C、C2C 这样的信息平台，它

所面对的是最宽广的使用群，对文化习俗的适应更为重要。表 3-2 是非功能性需求的可变性分析。目前还没有做伊斯兰教义国家的网站，尚未对颜色进行可变性分析，伊斯兰对蓝色极为敬意，蓝色的按钮他们是绝对不敢按的。

3.5 本章小结

本章从领域系统基本知识出发，理清了平台与外界系统之间的关系，建立了领域环境图。在此基础上，采用用例图和流程图分析了平台的功能需求，并定义了易用性、健壮性和安全性等非功能需求。为了同时支持多站点，本章细致地分析了不同站点的共性和可变性需求，为平台设计和实现奠定坚实基础。

4 平台的设计

本章在需求分析基础上，设计出平台架构，支持多站点的共性需求，并为可变性需求设计出合理的实现策略。

4.1 平台架构设计

4.1.1 平台结构

民用航空电子商务平台是一个支持多站点的 Web 系统，其整体结构如图 4-1 所示。

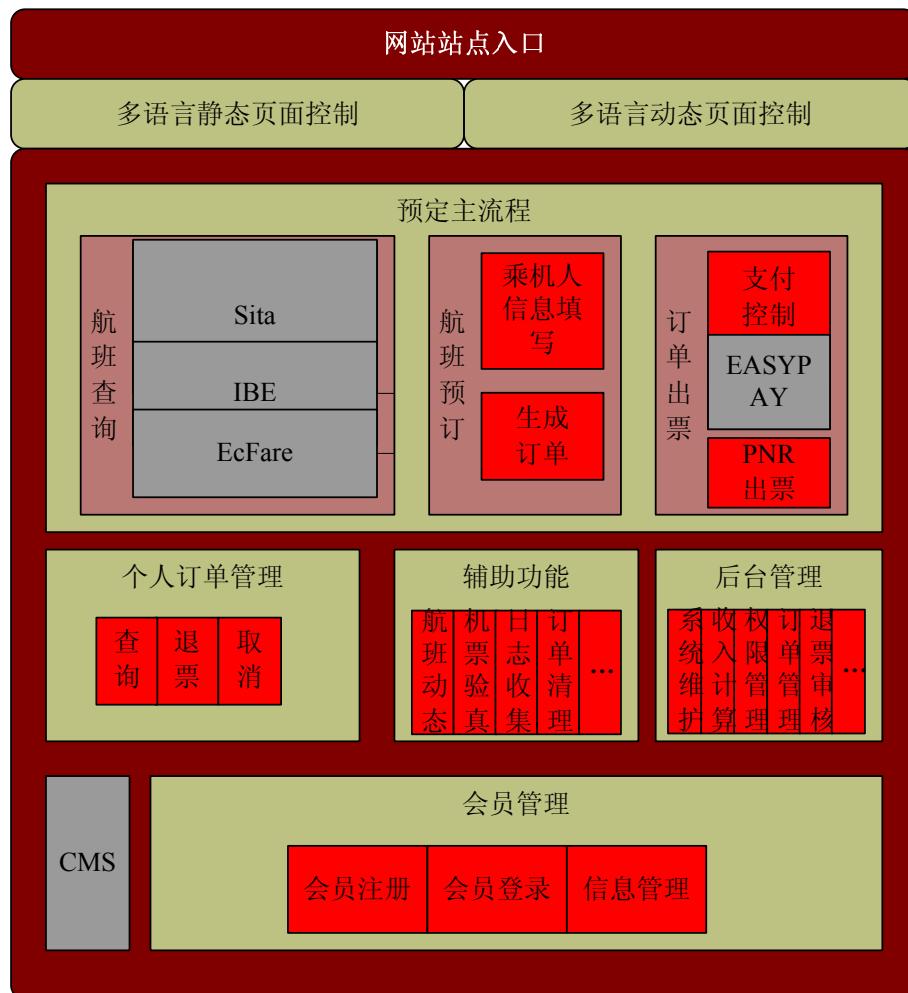


图 4-1 平台结构图

Fig. 4-1 Platform Structure Diagram

平台中用于与用户交互的门户层采用多语言的静态页面控制和多语言动态页面控制 2 种方式实现。静态页面采用静态服务器加载的方式实现页面快速、高效加载。预订主流层分为航班查询、航班预订、订单出票。航班查询需要与外系统 Sita、Ecfare、IBE 系统连接，调用相关信息，完成航班查询任务。航班预订包括乘机人信息填写、订单生成。部分情况，乘机人信息填写阶段需要填写促销码。订单生成阶段需要用户确认订单信息，乘机人信息，订票人信息等。订单管理包括用户对订单状况的所有处理，包括：订单查询、订单取消、订单退票。会员管理包括会员注册、登录、会员信息管理。CMS 是购买的一套软件，主要负责对静态页面管理。后台子系统包括后台管理和辅助功能。辅助功能为设定、查询平台可变参数服务的。后台管理为业务人员对业务操作服务的。

4.1.2 平台三层架构

本文采用 Java 语言和 SSH 框架开发支持多站点的民用航空电子商务平台。所设计的平台采用层次架构：门户层、业务逻辑层、数据访问层，如图 4-2 所示。

1) 门户层

门户层对用户的直观体验最为强烈，用户对门户层的接受程度是平台成功的最基本保障。在门户层设计上，本文采用动态页面与静态页面分离的方式设计。

静态页面主要包括公司文化、电子客票客归、机型信息、机场信息、促销信息、航线信息、通知、广告等等宣传性信息。它们是需要完全符合站点所在地用户的语言、文化、风俗的设计，而且符合当地业务需求，满足销售策略的页面。本文先为所有的静态页面设计出基本的页面，采用内容管理软件，把这些页面制作成模版，并且将这些模版部署在单独的静态服务器上。各个营业部，指派具有一定的计算机素质的工作人员不断为静态页面更新静态页面，使得静态页面始终满足当地营业部的对平台的需求。

动态页面采用 Jsp 页面实现，动态部分采用国际化的方式实现不同语言展示，并设计出多种自定义标签，实现动态页面对不同语言、币种、展示方式的要求。国际化的方式采用 Struts 框架的国际化技术，在 Jsp 页面中设置国际化标签，在国际化资源文件中设置相同标签、不同语言的配置。最后读取页面标签时，根据 locale 读取标签的不同语言配置，实现国际化。对于自定义标签设计，根据标签的输入数据，按照一定的逻辑，将数据处理为另一种形式的数据，展现在页面。比如不同币种货币值的展示不完全一致，设计的标签以金额和站点 locale 为输入，输出不同形式的货币金额。英国站点采用英镑计价，它计算机票、税费价格都是计算到小数点后两位，货币符号在货币值之前。韩元

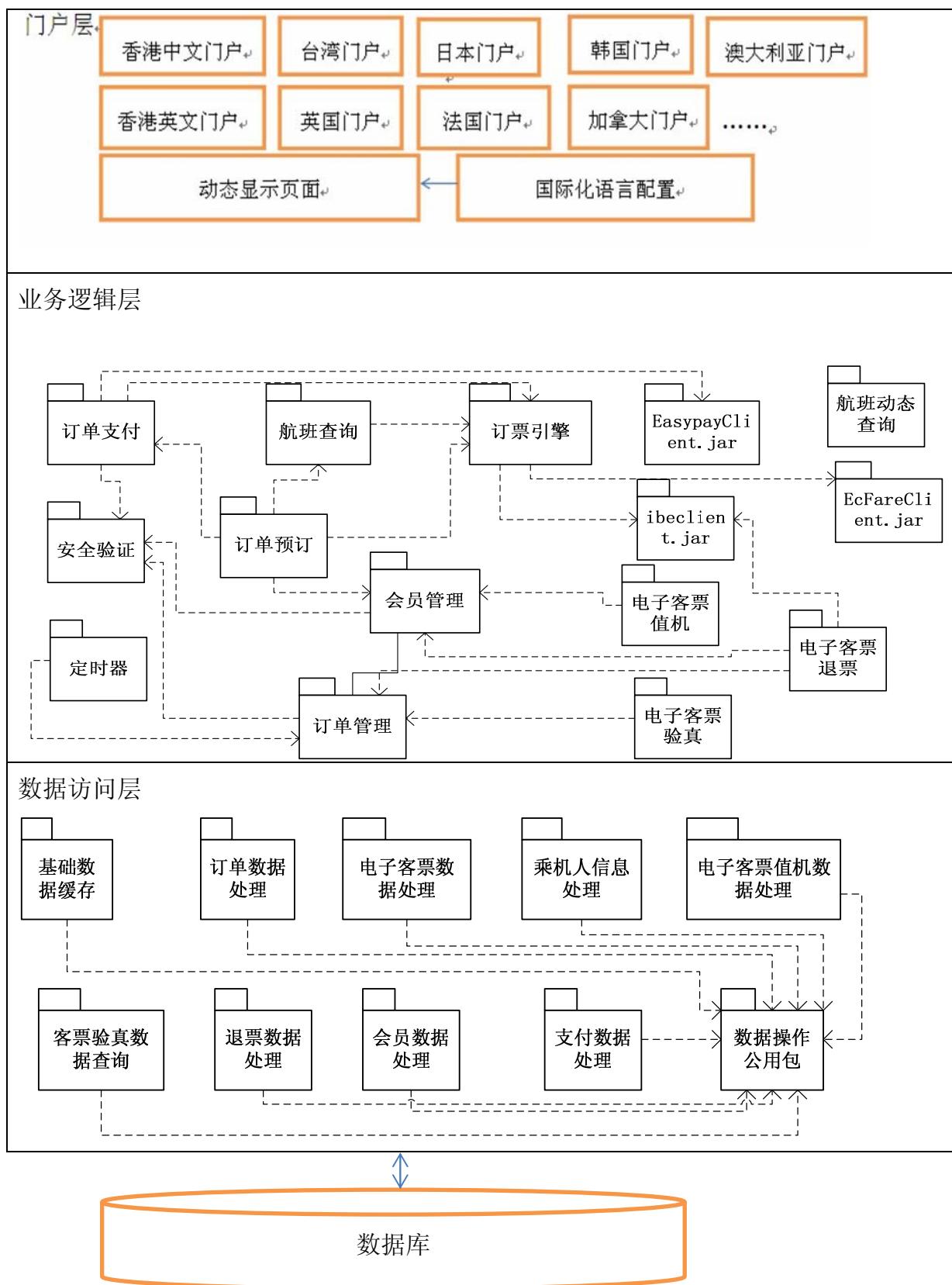


图 4-2 平台多层架构

Fig.4-2 Platform Multi-tier Architecture

计价是机票价格精确到百位，税费价格精确到十位，货币符号在货币值之前。从业务逻辑层返回的数据，经过自定义标签，转换成符合要求的页面展示形式，展现给用户。

2) 业务逻辑层

业务逻辑层是平台的核心，图 4-2 中间部分是平台业务逻辑层的包图。业务逻辑层是按照业务划分模块。业务逻辑层模块基本分为三大类：

第一类公共服务模块，例如安全验证模块，为其它模块提供服务，本文把它们设计为接口调用的方式实现，如图 4-3 设计类图，任何对加密方法的调用都通过接口 IsecurityManager 来实现。

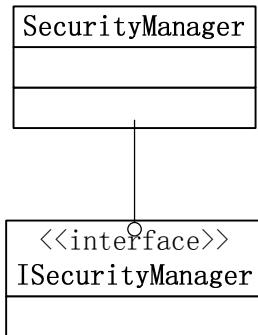


图 4-3 Security 接口实现类图

Fig. 4-3 Security Interface Implementation Class Diagram

第二类是是平台与外界系统的接口模块，它完全依赖外界系统的设计，主要采用对外部系统传入传出数据进行重新包装。根据包装的对象，把本平台的对象数据转换成外部系统的对象，并将对象中的数据按照接口形式传输给外部系统。航班动态查询模块是以 Webservice 客户端调用 AOC 系统的航班动态信息，会员管理模块是以 Webservice 客户端形式调用外界的会员管理系统（以下简称 FFP）。ibeClient.jar 包把 IBE 指令其包装成 JAR 包，供平台其他模块调用。

第三类是核心业务模块，包括航班查询模块、订单预订模块和订单支付模块。订单预订模块调用 EcFareClient.jar 包与公司的 Ecfare 系统交互，包括订单内预订在内的其它模块都调用了 ibeClient.jar 包。因为平台本身部署在 IBE 系统所属公司中航信的机房，平台跟 IBE 在一个内网环境，航信内网和本公司内网以专线联通的方式构成了一个更大的虚拟内网，平台可以快速方便地调用 IBE 和 Ecfare。订单支付模块是按照各个支付渠道的数据格式将数据传输给 EasyPayClient 模块。

3) 数据访问层

数据访问层支持数据库中数据的访问。平台中有比较多的基础数据，这些数据包括

国家表 nation、城市表 city、机场表 airport、航线表 route、配置表 config 等。这些数据量不是特别大，它们的使用却相当频繁。如果每次都读取数据库来使用这些数据，数据库的读取太过频繁，对数据库的压力相当大。平台在启动服务器时读取这些信息，并将它们包装成 java 对象，保存在服务器内存中，每次使用这些数据时直接读取内存对象。这样大大减少数据库压力，提高应用平台效率。在修改这些表中的数据之后，可以使用平台中刷新缓存的功能，重新读取表中数据，清除缓存中旧数据，并将数据库中读取的新数据存储在内存中。

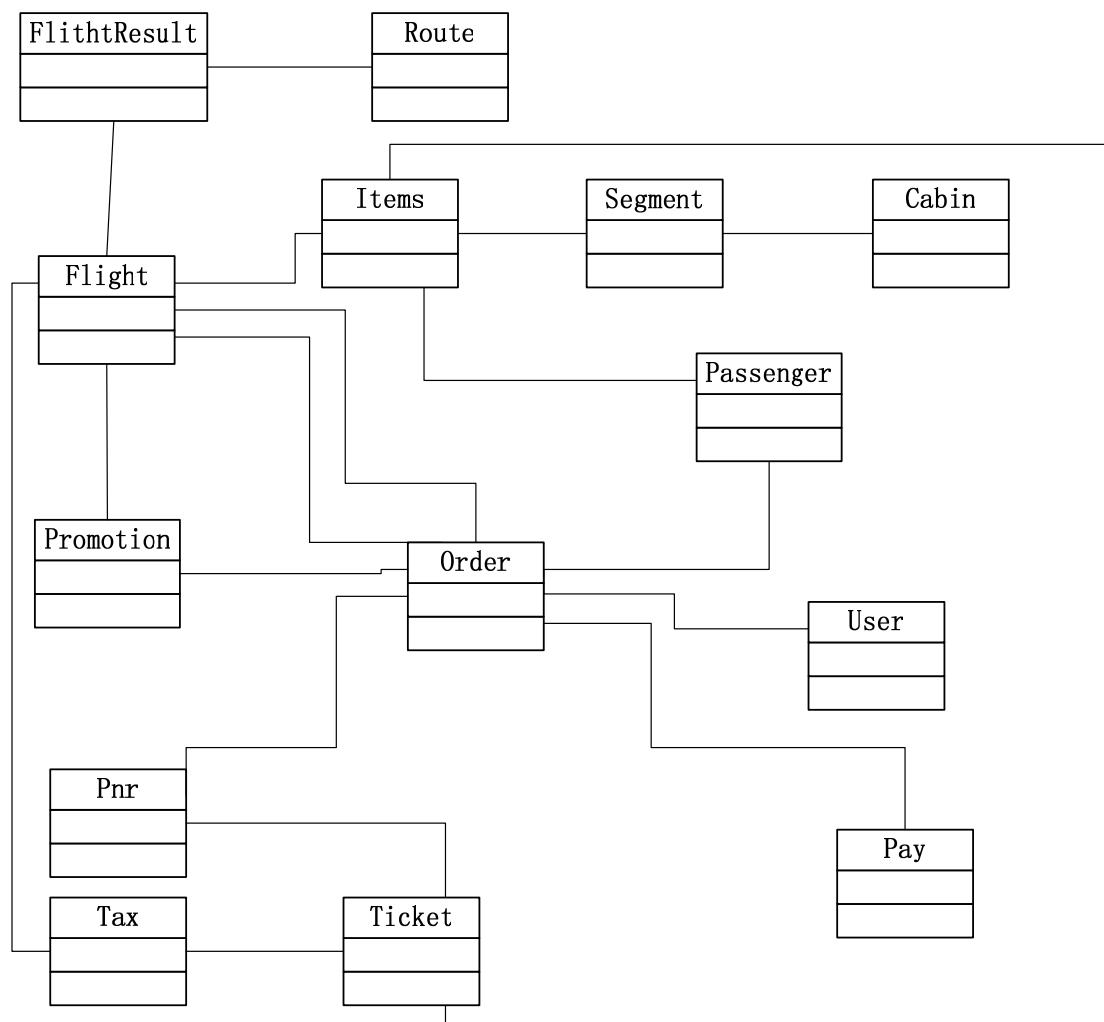


图 4-4 领域类图

Fig. 4-4 Domain Class Diagram

4.2 领域类的设计

4.2.1 领域类图

图 4-4 是支持多站点的民用航空电子商务平台的领域类图，这些类是平台中关键类。其中，Route 是航线对，根据航线对查询出一组符合要求的航班 FlightResult，选择出一个 Flight，该航班对应的 Items、Segment、Cabin 也被选中，对应航班有一组乘机人信息 Passenger 和一个订票人信息 User，按照 Passenger 和航班信息获得税费信息 Tax，生成订单，保存订单信息 Order，生成电子客票订座记录 PNR，通过支付生成 Pay，并且出票，产生电子客票 Ticket。

4.2.2 电子客票的状态图

电子客票 Ticket 是平台的核心类，在客票预订以及退票过程中，电子客票处于不同的状态。表 4-1 是电子客票的状态表，图 4-5 电子客票状态图。电子客票状态分为 OPEN FOR USE、VOID、REFUND、CHECK IN、USED/FLOWN。状态间的转换图 4-5：

表 4-1 电子客票状态表

Table 4-1 E-ticket State Table

编号	客票状态	说明
1	OPEN FOR USED	客票有效
2	VOID	已作废
3	REFUND	已退票
4	CHECKIN	值机
5	USED/FLOWN	客票已使用

1) 用户通过航班查询、航班选择、乘机人信息填写、税费查询，最终生成订单，在此刻也是 PNR 生成的时间，它的状态即为 OPEN FOR USE 状态，但是此时因为没有支付，所以没有生成票号，此刻的电子客票仍然不可以用来乘坐飞机使用，只是为用户保留了预售的座位。

2) 在支付前，如果用户想取消订单，PNR 的状态机转变成 VOID 状态，此时不仅订单不再可以支付了，预售的座位也释放出来，给其他用户预订。

- 3) 在 1) 之后用户继续支付订单, 此刻生成票号。具有票号的 PNR 可以做退票, 退票后的 PNR 状态为 REFUND 状态。
- 4) 如果不退票, 就可以去做值机, 准备登机。值机之后就是 CHECK IN 状态。
- 5) 值机之后的就可以乘坐飞机去往目的地。当飞机到达目的地, 用户离开机场机舱, PNR 状态就是 USED/FLOWN 状态。如果一张机票有数个航段, 其中部分航段 USED/FLOWN, 部分航段 OPEN FOR USE, 那么这部分 OPEN FOR USE 的航段仍然可以执行步骤 3) 中的退票流程。

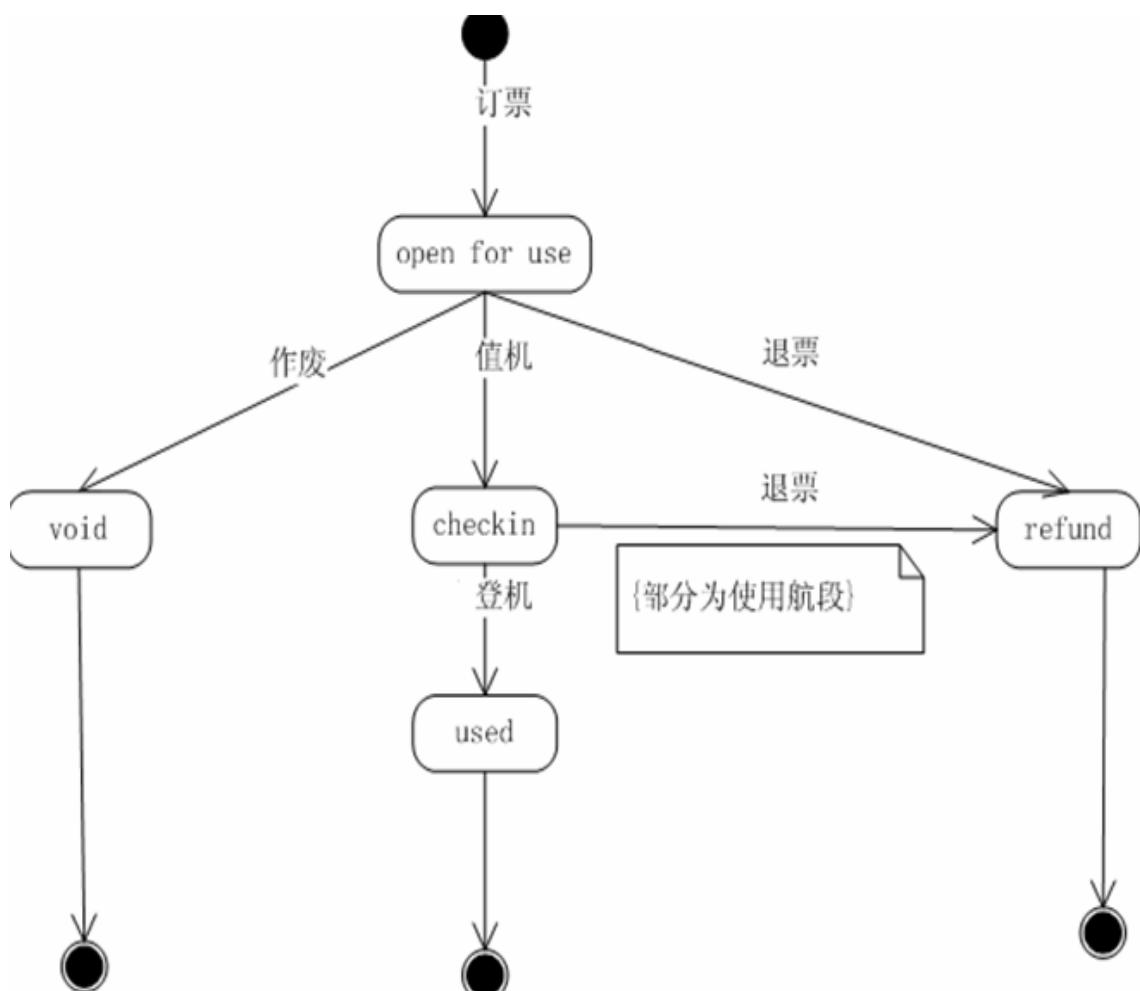


图 4-5 电子客票状态图

Fig. 4-5 E-ticket State Chart

4.3 安全性和性能设计

4.3.1 安全性设计

平台安全性是平台最基本的要求，也是最为重要的要求，确保平台安全运行，才能保证平台能够顺利完成其它业务需求。为此，平台在硬件环境、软件环境、以及平台本身采取了一系列的防范措施。

1) 物理安全保障

为了保障物理安全，平台的重要数据定时向另外系统数据库导入的方式，防止平台全面损坏后数据无法修复的状况。服务器采用多台应用服务器，并且在多台服务器前面部署一台负载均衡服务器，防止因为访问流量过大，或者访问流量集中在一台服务器，从而使某台服务器负载超负荷而停止工作的现象发生。信息平台运营服务商也选择在民航运业多年发展，有着良好声誉和较高技术保障的公司合作。

2) 链路层安全保障

在链路层，本文采用了传统的防火墙技术，阻止不安全的访问，确保所有访问都是安全合法的，从而保障信息平台安全运行。

3) 传输层信息安全保障：

因为支付信息是极为重要的信息，而且需要跟外系统交互，对信息安全的要求特别高。为了防止信息在传输过程中被人盗取或者篡改，本文需要在支付管理模块与各网关之间交互采用电子证书认证的方式进行数据传输，并且重要信息按照一定的格式进行加密，并且把加密信息与明文信息进行对比，防止信息在传输过程中遭到篡改。而在订单管理模块与支付模块之间由于是同一个平台中的数据传输，可以采用简单、统一方式进行传输。

4.3.2 性能设计

平台的高性能是用户体验的基本保障，为了提高平台性能，确保能够为用户创造高效、舒适的服务，平台在硬件环境、软件环境、以及平台本身采取了一系列的防范措施。

1) 服务器的设置

因为支持多站点的民用航空电子商务平台的绝大部分用户是在外海，而服务器只能部署在大陆某地。为了加快海用户对平台的访问，平台采用了服务器到香港采用专用宽

带，信息再由香港传输到世界各地的方式。这样的方式可以极大地利用香港与世界各地网络带宽资源丰富，信息传输快，信息传输较慢的服务器至香港段的信息传输有可以由专用带宽来保证。但是由于平台的开发方式是开发一个站点、向用户开放一个站点的开发模式。目前该平台由原来的3-4个站点，逐渐增加到14-15个站点，用户的访问量也随着站点增多而增多，而服务器到香港段专用带宽却没有因为用户访问增加而增大，所以这段的网络阻塞问题越来越严重。为了解决这个问题，本文采取以下措施：

- (1) 申请加大专用宽带。
- (2) 优化程序，减少网络连接次数。
- (3) 优化服务器硬件配置，更高效率的使用硬件设备。

2) 最低价缓存设计

采用二级缓存机制，缓存数据专门存储在一个表中。用户每次查询到的最低价与数据库中的比较，如果新查出来的最低价低于数据库中最低价，就更新数据库信息。数据库中的信息在一定时间之后更新的缓存中，这样既减少数据库查询次数，又能保证获取数据是直接读取缓存，加快平台运行效率。

3) 支付两种支付信息返回机制

因为支付返回信息是电子商务平台是否出票的依据，如果没有及时准确的为用户出票而造成旅客不能按时出行或者出行中遇到困难，这样会增加投诉量，也会对公司声誉、网站可信度造成极大影响。但是支付返回信息受到用户操作习惯、网络阻塞、平台稳定性等诸多因素影响。所以平台对支付返回信息接收方式，设计了前台应答和后台应答两种机制。

前台应答机制是用户在浏览器中看到的，支付完成后，支付链接由支付网关地址到卡组织、验证中心、最后到电子商务网站地址的应答方式。这样的应答方式在操作正常、网络环境正常、软硬件正常的情况下是可以获得返回信息的。但是如果其中有某一个环境出现故障，就很难保障返回信息到达电子商务平台，从而影响电子客票的出票。无论支付信息接收成功或者失败，平台都会在后台向支付网关返回支付状况，并且按照返回信息操作支付信息返回后的一切操作。这样的操作被称为后台应答。

后台应答一般有两种形式，一种是返回支付信息若不是支付成功，则每隔一段时间向服务器再次发生后台应答请求，直至支付返回信息为支付成功。另一种是每个一段时间向服务器再次发生请求，直至支付返回信息为支付成功或者请求次数超过一定数字后不再发送支付后台应答请求。两种方式各有利弊：第一种能够确保所有支付成功的支付记录在若干次支付后台应答之后能够得到正确的返回信息，并且及时出票，但是它会对

实际上确实没有支付成功的支付记录无限次的发生后台应答，造成平台资源的浪费。第二种是可以确保所有后台应答请求只发送若干次，有效的保障的平台资源不被浪费，但是它也会因为某些订单确实支付成功，而平台最后一次后台应答没有得到正确的支付返回信息，而没有及时出票。这样的情况只能依靠用户及时发现其支付成功的订单没有出票，并且将这一信息向客服人员沟通，客服人员人工出票的方式为用户出票。这种方式会产生一定的投诉，并且消耗一定的客服工作人员的工作量。通过反复对比，我们认为采用第二种方式，且把后台应答最大次数设置为三次次为最佳方案。

4.4 可变性需求的设计

因为本文研究的电子商务平台适用于世界各地，目前主要应用于欧美澳等西方发达国家和东、南亚国家，因此电子商务平台除了技术方面的要求外还需要适应各地的文化、风俗和法律等要求，又要符合各地的营销策略。为了集成这些可变性需求，本文在设计时采用了以下策略：

1) 采用统一标签和不同的国际化配置文件实现多国语言

为实现不同语言的展示方式，平台页面采用统一标签，不同的国际化配置文件的方式实现。语言的分类采用 `locale` 值区分，因为 `locale` 值包含语言和国家两类信息，这样就能做到在同一地区有两种语言的站点实现（如：香港站点分为香港英文和香港繁体两个网站），又能做到不同地区采用相同语言的站点实现（比如英国站点、美国站点、加拿大站点、澳大利亚站点都是英文站点），这样做好处是即使是相同语言的站点也可以显示不同的报价币别，并且可以做到采用相同语言不同的表达方式。这样的方式可以使语言表达更符合当地的习惯。

2) 产品报价与支付货币按站点适用国家的主流货币

比如韩国站点报价及支付采用韩币，德、法、意等国站点采用欧元。这样会为旅客支付提供更为方便的服务。如果采用统一的人民币或者美元报价，用户在支付、结算过程中因为汇率差异，支付金额和最后的结算金额不一致，这样会造成不必要的投诉，加大客服人员的工作。数据库中设计出表 `nation`，表中包含国家代码和币种 2 个字段。采用 `locale` 值区分不同站点所属国家，再通过数据库查询出该国家站点所采用的报价币种，从而获得网站的报价币种。

3) 支付采用不同方式

各站点根据其适用有效地区的销售策略采用不同的支付模式。绝大部分站点都支持主流信用卡（如 `mastercard`、`visa`、`jcb` 等）支付。但各站点略有差异。比如韩国站点还

支持汇款方式支付。支付渠道的设计采用调用统一的支付接口，支付接口中实现不同支付渠道的方式实现。所调用的接口在 jar 包 EasypayClient.jar，通过传入不同参数，将支付信息传递到 EASYPAY 中，EASYPAY 再根据逻辑处理支付信息，并且按照一定的格式把支付信息传递给各个支付渠道。

4) 各站点采用不同的报价方式

一般站点报价都是实现某产品的机票最低价和机票全价价格，一般都不首先显示含税费的价格，这样的实现会给用户直觉上感觉价格相对比较便宜。但是如美国等国家法律规定机票价格必须显示含税费价格，否则构成欺诈消费者的罪名。所以在韩国站点和美国站点相同的航线，相同的销售策略显示不同的报价，但是最后的支付金额是一致的。这个功能实现是采用接口调用方式实现的，接口中有 2 个方法，一个方法在航班查询之后查询税费，并且将税费加在票价中，另一个税费只查询机票价格。在数据库配置表中配置不同国家调用不同接口。查询航班时，根据站点 locale 判断属于某个国家，根据配置读取不同接口实现税费是否查询的功能。因为机票产品订单价格主要由机票价格和税费组成，一般是针对机票打折的，税费不存在打折情况，所以如果机票价格和税费分开显示，用户可以清楚的理解九折机票的概念，但是如果税费和机票价格合起来显示，九折机票会显得略高于九折。

5) 支持不同站点的报价策略

每个站点一样的航班，它们的销售策略不一致，报价也不一致，但是他们的税费是一致的，这样最终的支付价格是不一致的。但是这样的报价也是有特点的，一般都是途径站点所在国、地区机场的航线优惠比例相对较高，比如韩国站点出售的途径韩国的航线比其它站点相同航线的价格低。

以上的价格比较都是按照其当地货币值转换成人民币比较的。

6) 数据库备用字段设计

数据库设计属于平台的基础设计，在数据库设计过程中既要满足多站点共性需求，又要满足它们的可变性需求的实现。本文采用一些字段来区别多站点的不同需求。比如乘机人类型字段，区分出不同记录之间的业务区别。还有增加一定数量的备用字段，用来为不同的、甚至不可知的数据存储的需求预留空间。

7) 基于配置的航班查询

航班查询设计出统一的基础查询框架，针对不同的站点，制定不同的业务规则，并将业务规则以配置的方式实现，以配置为输入条件，将查询出来的结果进行过滤，并得到最终航班显示给用户。按照站点在数据库中配置不同站点经济舱、公务舱、头等舱所

售子舱位的舱位代码，在航班查询过程中，把查询出来的航班舱位代码与配置舱位代码比对，配置中不存在舱位代码的航班过滤掉。

8) 乘机人信息填写

用户信息填写步骤，设计出成人、儿童、婴儿的用户信息填写内容，及所有站点需要输入信息的并集，并且按照一定的条件把它们分组。以站点为输入条件，显示出不同的用户填写信息。因为美国、加拿大等北美国家当地法律规定，在飞往该地区的航班，在用户信息填写乘机人信息时，需要填写详细地址信息。而其它地区的航班则没有这样的要求。所有在填写乘机人信息时也有可变需求需要实现，根据航班的航段信息是否有到达机场为美国、加拿大的城市的航段决定是否需要填写详细地址。乘机人成人和儿童的销售规则也是通过数据库配置来实现的，目前是 2 个成人允许携带一个儿童乘机人，不允许携带婴儿乘机人，一个订单最大乘机人为 9 人。如果部分站点需要改变这一的规则，修改配置即可完成。平台根据 locale 和配置参数即可以实现成人、儿童、婴儿售票规则。

9) 税费查询

按照乘机人税费分别计算的方式，最后计算出整个订单所有机票与税费总价格。以站点为输入，输出为不同站点货币的税费价格。这样的税费计算是以 locale 判断出不同币种税费值。一个订单如果超过 6 段，就要将一张机票分为 2 张，前 6 段算作一张机票，剩余不超过 6 段为下一张机票。因为税费与机票是一一对应的关系，在这种情况下，平台将所有税费与第一张机票对应，第二张机票对应的税费记录为 0 。

10) 订单生成

生成订单是统一的规则，数据库订单表中增加若干备用字段，为不同站点的不同需求做准备。

4.5 本章小结

本章采用由粗到细，逐渐细化的方式对民用航空电子商务平台进行设计。首先介绍平台内部功能的结构分布和多层次架构设计，清楚明晰的解析出平台整体布局。在整体设计完善之后，根据业务需求，采用领域工程和 UML 语言，设计出领域类图和电子客票的状态图。对平台安全性设计和性能设计方面，主要解决平台的在广域网环境下的安全性和大并发量系统的稳定性、高效性。最后对可变性需求提出相应的设计方案，采用 locale 值对国家和语言的定义功能来区别不同站点与不同语言的业务处理，不同配置对不同业务逻辑处理，不同的接口对业务逻辑实现不同的效果。

5 平台的实现与测试

5.1 平台的功能实现

本节将以订单预订用例为例来阐述平台实现过程。

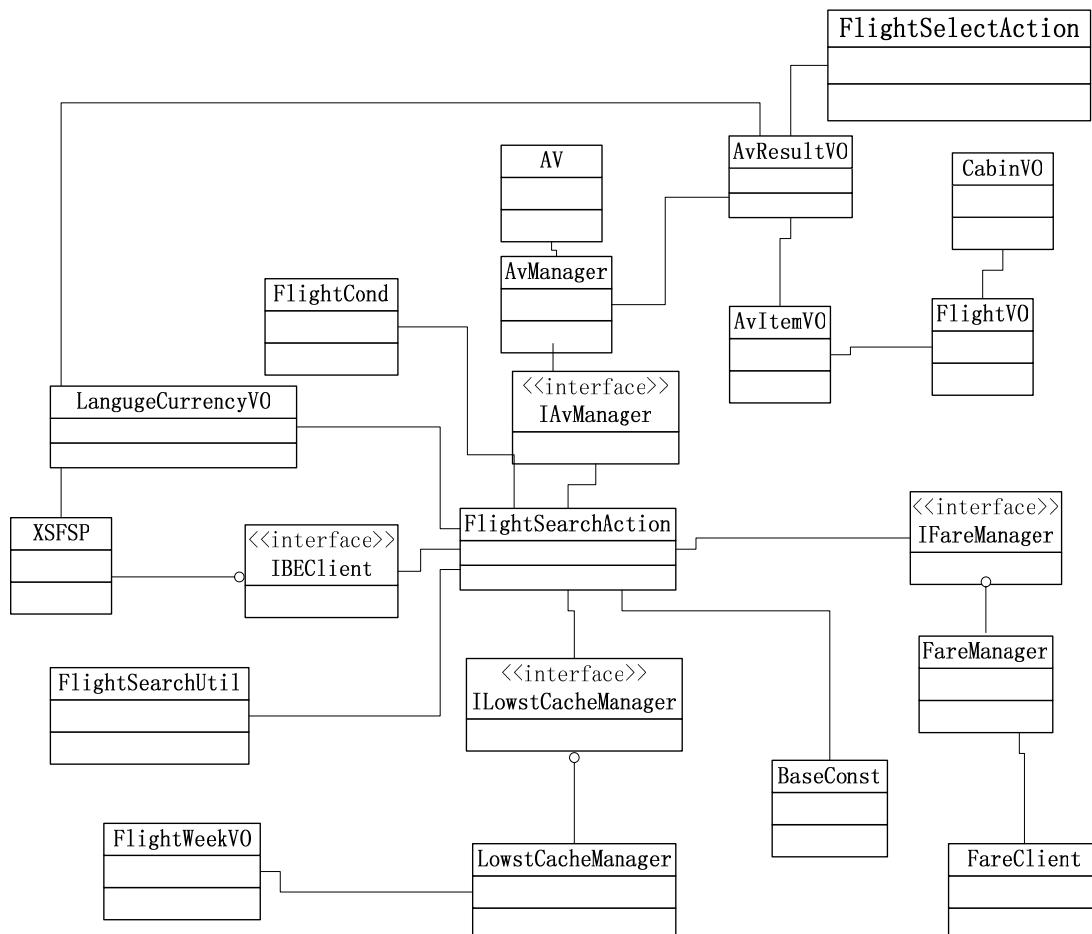


图 5-1 航班查询类图

Fig. 5-1 Flight Query Class Diagram

航班查询：它所对应的类图 5-1，时序图 5-2。航班查询阶段需要实现不同营业部门出售不同舱位、不同航线、不同订单类型等需求，平台采用配置的方式实现这些需求。对每个站点采取不同的配置，读取配置实现出售不同舱位、航线以及订单类型等方面的不同需求。为实现不同站点显示含税或者不含税的机票价格，也采用配置和接口调用的方式共同实现。配置参数为含税机票价格的站点，调用 SITA 税费查询接口，并将返回

的各类税费与机票价格相加，计算出订单总价，显示在页面供用户查看。对于不同站点显示不同币种价格和不同语言，平台采用 locale 值，不同的 locale 值包含该站点的语言及站点所属地区。向 ecfare 和 Sita 查询机票价格和税费时，向其平台传递 locale 值，根据 locale 值，对方平台返回相对应的货币值。

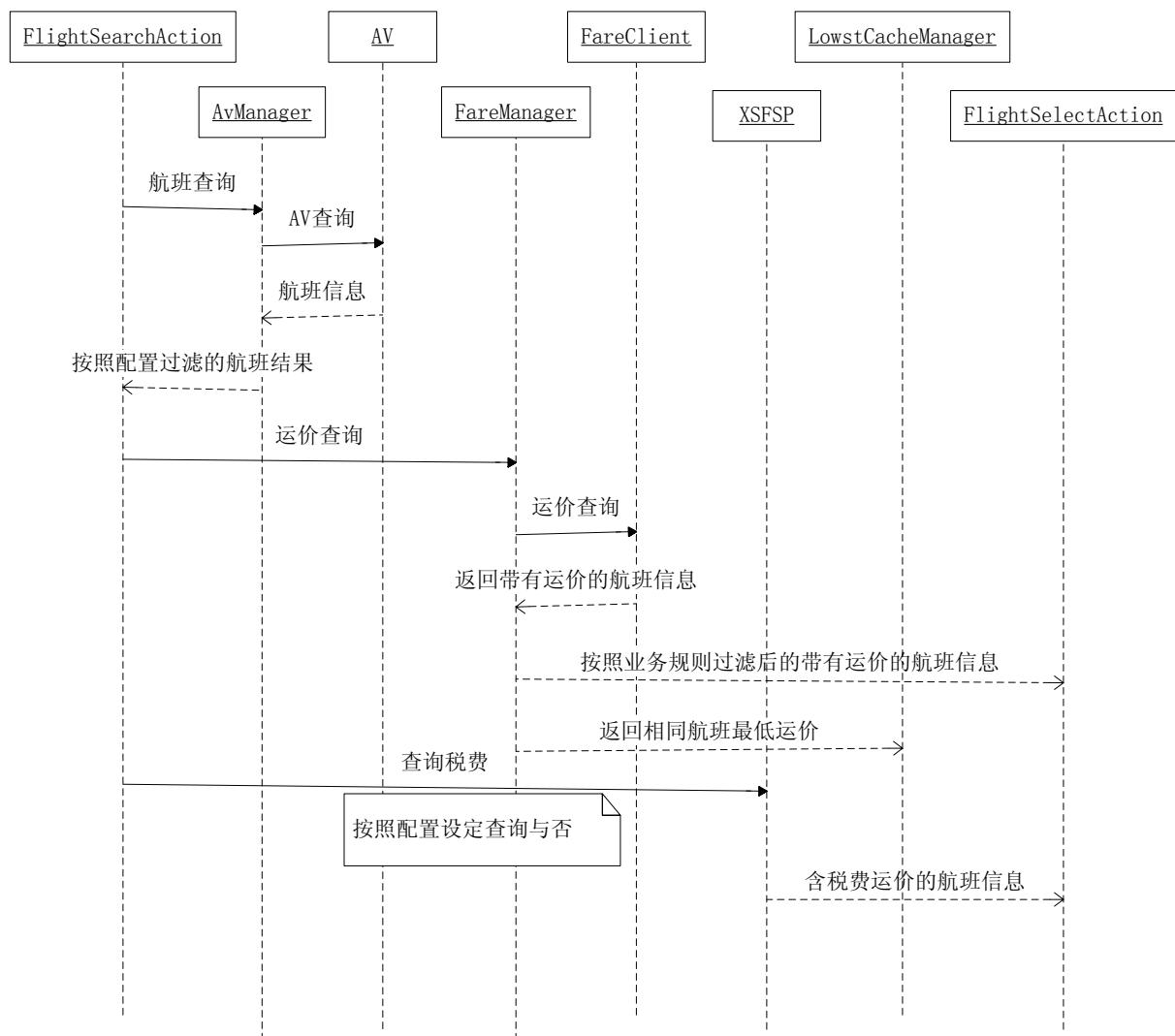


图 5-2 航班查询时序图

Fig. 5-2 Flight Query Sequence Diagram

航班选择：它所对应的类图 5-3，时序图 5-4。航班选择过程中需要选择用户所需要的航线，以及价格等级。在航班选择过程中，单程航班，用户只需要选择一个航班即可；往返航班，用户选择某个价格等级的去程航班后，返程航班也只能选择相同价格等级的航班。

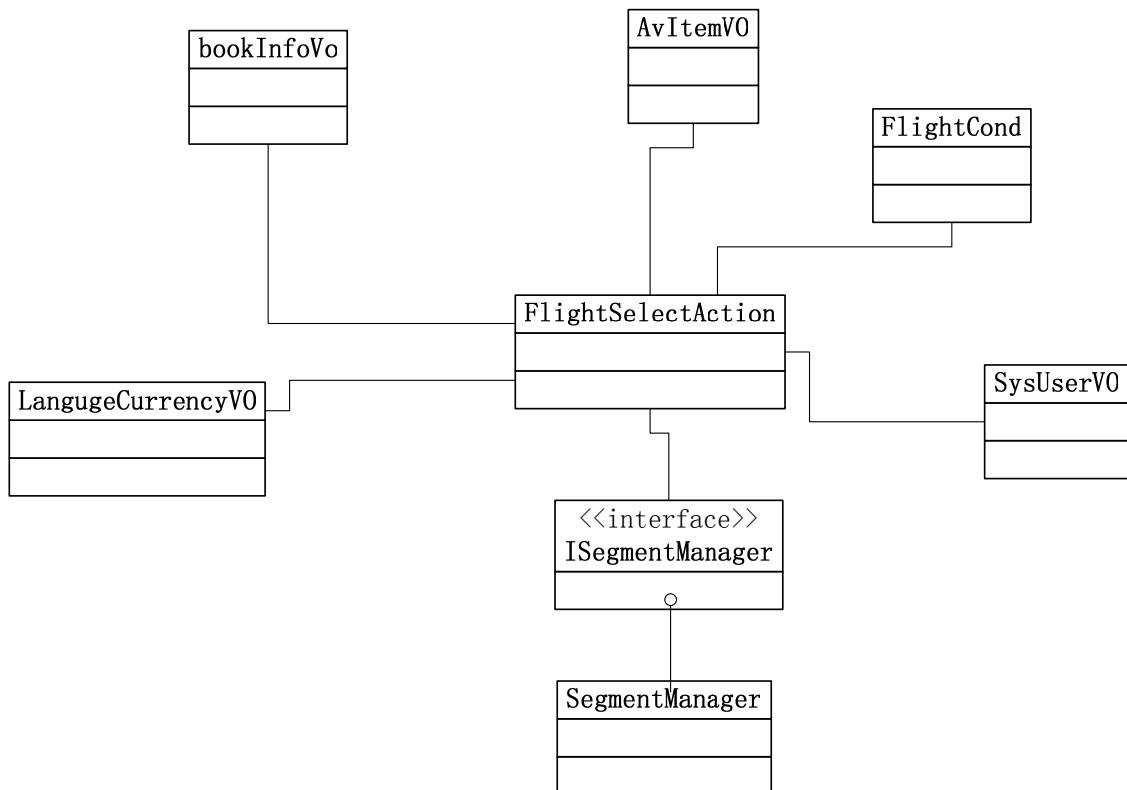


图 5-3 航班选择类图

Fig. 5-3 Flight Select Class Diagram

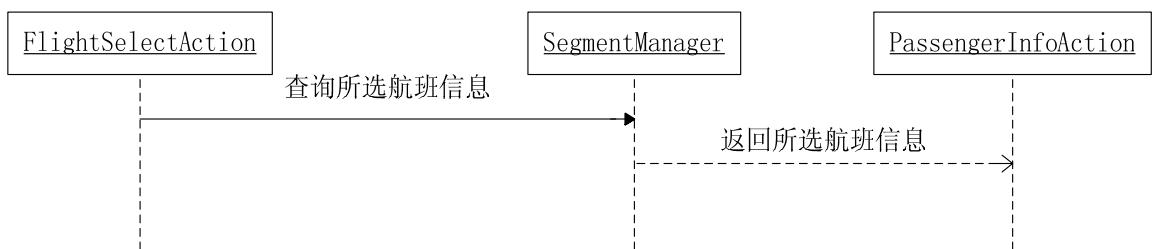


图 5-4 航班选择时序图

Fig. 5-4 Flight Select Sequence Diagram

1) 乘客信息填写：它所对应的时序图 5-5，类图 5-6。此步骤分为乘客信息填写和促销码填写两小步骤。

为实现不同站点对成人旅客携带儿童和婴儿的规则，在平台中配置参数。按照参数设定，平台实现成人旅客携带一定数量的儿童或者婴儿数量。在儿童票和婴儿票机票价格，按照一定的规则，根据成人票价格进行计算。比如儿童票一般为成人票的 75 折，婴儿票为成人票的一半。

促销码按照统一的方式嵌入到订票流程当中，如果某站点需要使用促销码促销，所对应的营业部就可以在后台生成促销码，并将促销服发送到用户手中，用户在订票流程中输入促销码，就可以达到相应的促销功能。促销码有直减和折扣两种方式，每种促销方式都对应相应站点，和相应航班类型、订单类型及用户类型等各类性质条件下才可以使用。

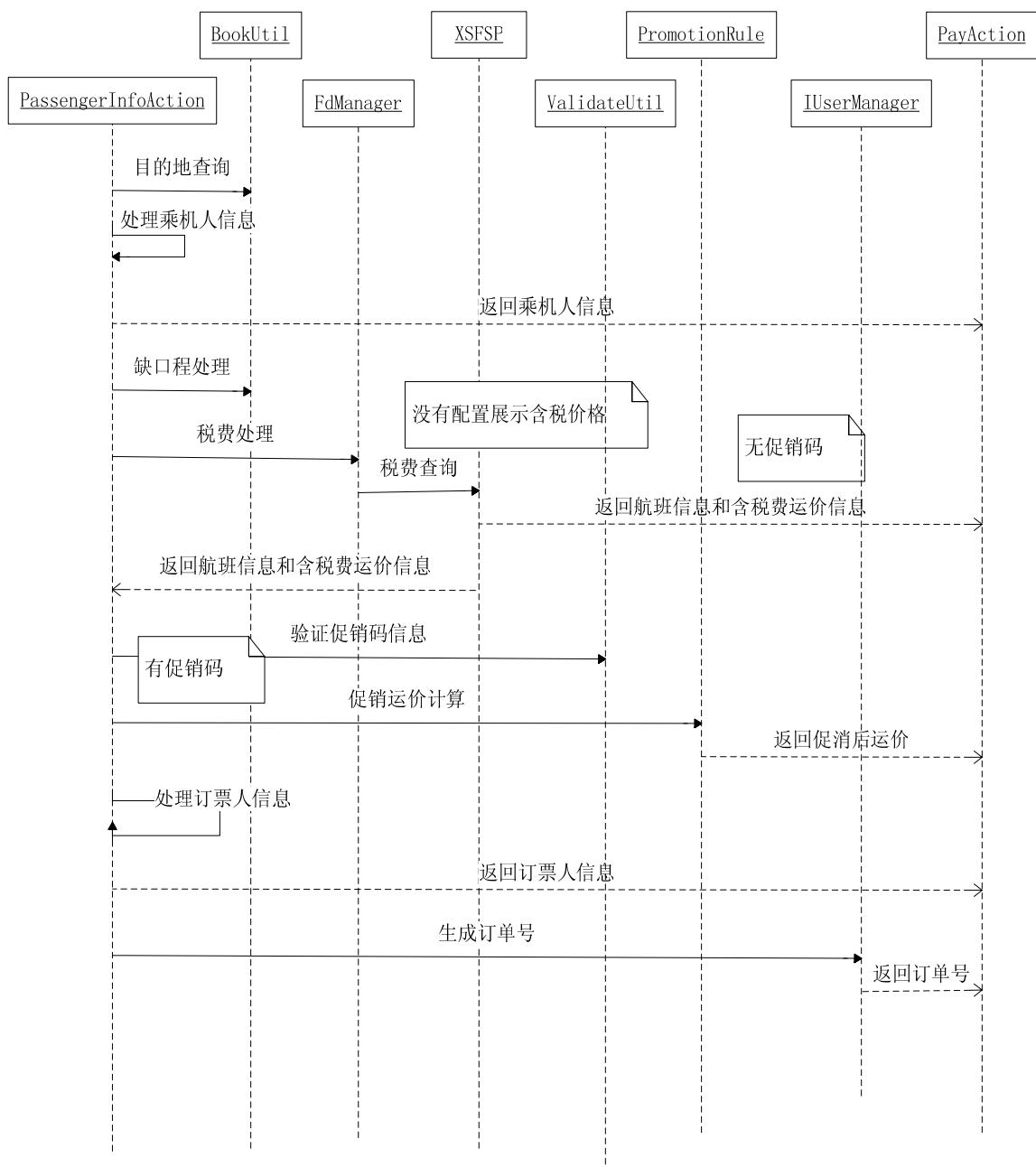


图 5-5 乘机人信息填写时序图

Fig. 5-5 Passenger Info Sequence Diagram

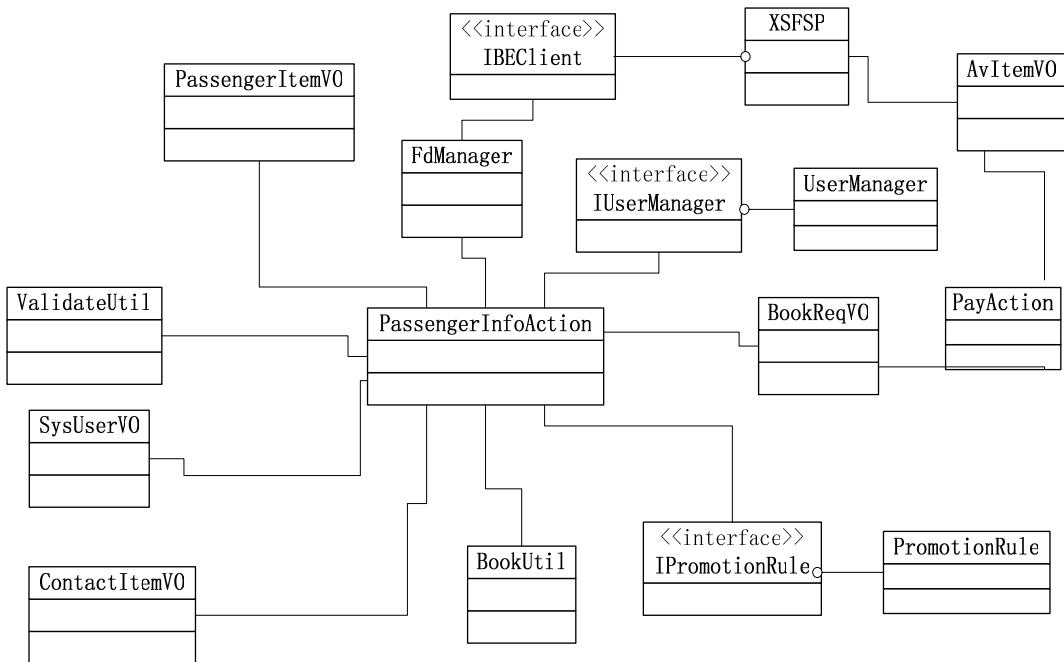


图 5-6 乘客信息填写类图

Fig. 5-6 Passenger Information Class Diagram

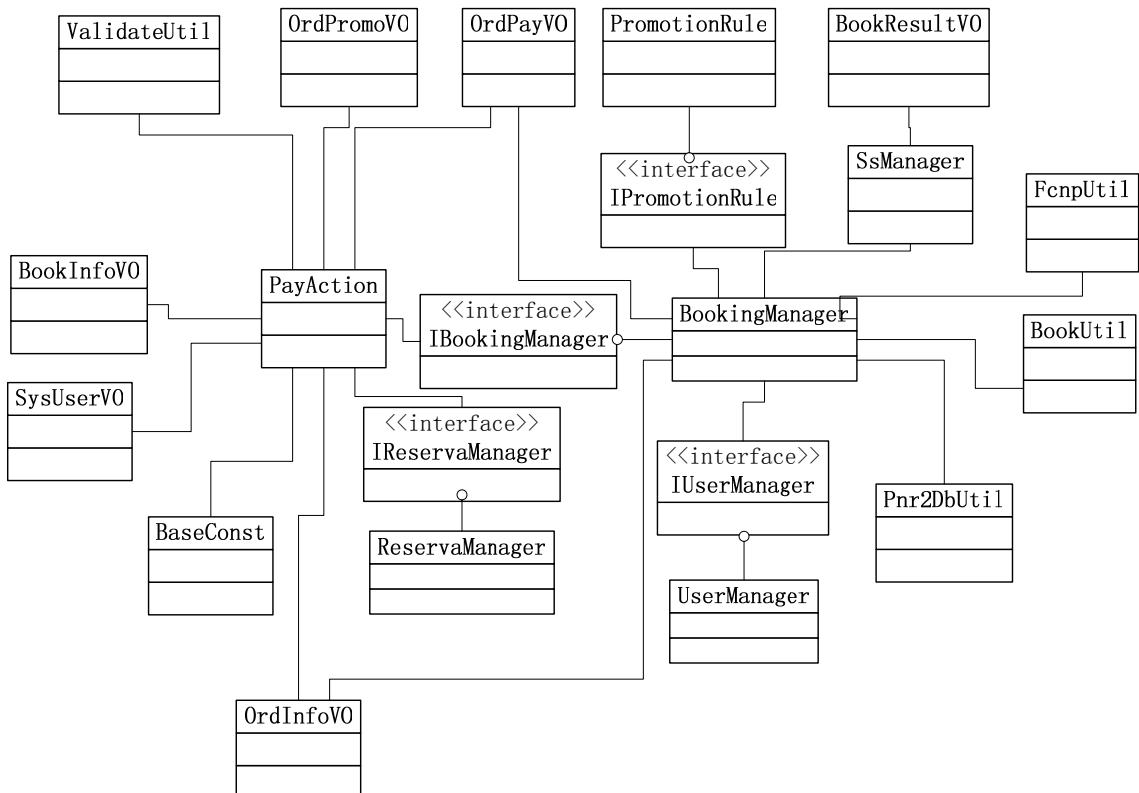


图 5-7 订单生成类图

Fig. 5-7 Generate Order Class Diagram

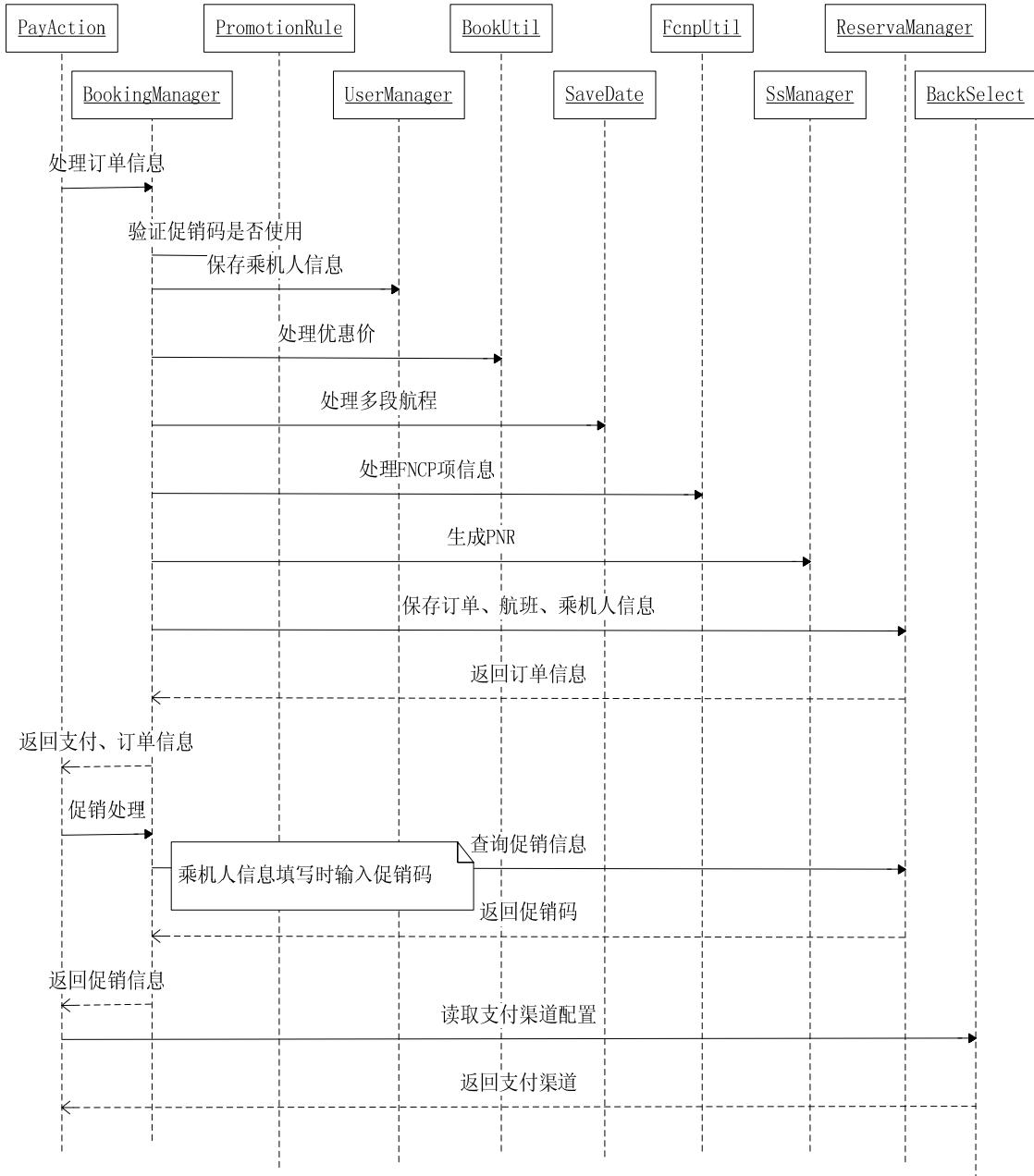


图 5-8 生成订单时序图

Fig. 5-8 Generate Order Sequence Diagram

2) 订单生成：它所对应的类图 5-7，时序图 5-8。票价信息、乘机人信息都获得之后，就要生成订单。生成订单时需要把订单信息，税费信息、航班信息全部存储在平台数据库，按照一定的格式把信息传输给 IBE，以获得一个 PNR，并且把 PNR 信息存储在平台数据库，即完成订单生成过程。在这个阶段，因为税费是根据停留机场所在国的国家法律规定的，税费的种类、名称、数量都完全不一样，为了存储所有税费，平台采

取存储税费名和税费金额的方式。

5.2 可变性需求的实现

本节以参数配置和以 `locale` 实现国际化为例来说明不同站点的可变性需求的实现过程。

5.2.1 基于参数配置的可变性需求的实现

为了实现多站点的可变性需求，本文使用了一个配置表，专门配置各类可变的参数。平台启动后，这些参数就从数据库读取到缓存中，以便使用时快速读取到这些配置参数。图 5-9 配置参数，颜色较深部分“`SHOW_TAX_SITES`”为设定航班查询时查询税费，并将其与票价计算出总票价的网站的配置参数。另外还有舱位设置，以及前文提及的配置方面的设置也是类似设置。

EASYPAY_RETURN	EASYPAY_BILL_CA_RETURN_ID
EASYPAY_RETURN	EASYPAY_BILL_AU_RETURN_ID
ECFARE_CHANNEL_NO	ECFARE_CHANNEL_NO
BOOKING	SHOW_TAX_SITES
ETDZ_MAIL	ETDZ_FAILED_RECEIVER
SYS_ERROR_EMAIL	SYS_ERROR_EMAIL
SYS_ERROR_EMAIL	MU_ETDZ_EAMIL

图 5-9 配置参数

Fig. 5-9 Configure Parameter

5.2.2 多语言实现

对于多语言的实现采用动态页面与静态页面相结合的实现方式。动态页面采用统一的标签，并且在国际化资源文件中配置各类语言，语言按照各站点的 `locale` 值来区别，比如香港中文站点的 `locale` 值是“`zh_HK`”，“`zh`”代表中文，`HK` 代表香港站点，“`en_US`”，“`en`”代表英文，“`US`”代表美国站点。图 5-10 资源文件截图展示的是部分国际化配置文件截图。

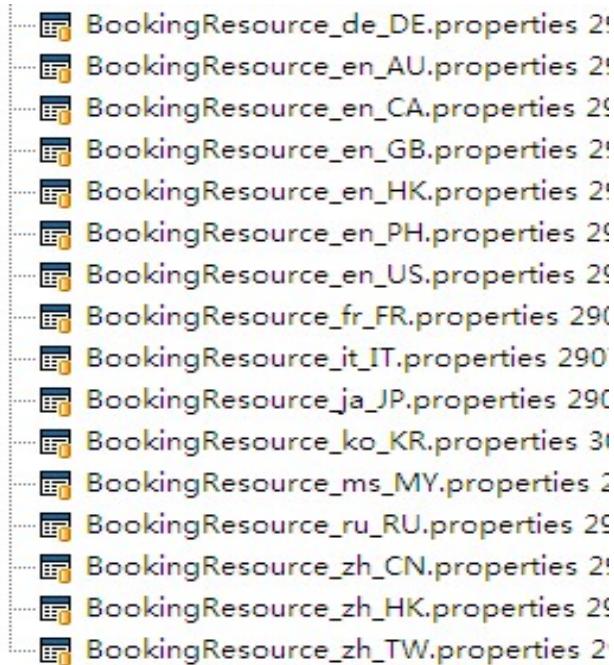


图 5-10 资源文件截图

Fig. 5-10 Resource Properties



图 5-11 静态文件文件夹截图

Fig. 5-11 Static File Folder Screenshot

静态页面基本都是.html 文件，展示乘坐飞机旅游过程中的可能需要的各类信息，包括机场信息，机型信息、机票客规、行李额规定等等，都是直接写成各种语言的静态页面，并且按照 locale 值为文件夹名，放置在文件夹内的，如图 5-11 静态文件文件夹截图展示了部分包含静态文件的文件夹。

5.3 平台的测试

为了确保平台的质量，本文对平台进行了单元测试和系统测试，其中系统测试主要包括功能测试、性能测试和安全性测试。

平台的单元测试是在开发环境中进行，而平台的功能测试和性能测试则在测试环境和生产环境测试。为实现上线即更新的成功率，本文在公司内网环境类部署一套测试平台。生产环境则是正式运行环境，它与测试环境的软件环境基本一致，但硬件环境的配置较高，有多台应用服务器和一台 Web 服务器，应用服务器部署应用，Web 服务器部署静态页面，前端部署了一台负载均衡硬件设备。测试环境仅有一台应用服务器。

在执行测试前，先编写大量测试案例，做到尽量覆盖所有功能点，再进行测试，将测试结果录入 bugfree 服务器中。如果测试不通过，则根据测试反馈结果进行修复，并做回归测试，直至完全符合需求。表 5-1 是本文对测试缺陷的等级标准。

表 5-1 测试缺陷的等级标准
Table 5-1 Test Bug Level Standard

#	缺陷严重等级	描述
1	严重	由于程序所引起的死机、非法退出、死循环、数据库死锁及其他在灾难后果；缺陷具有扩散性，波及其他平台或功能发生错误；严重的数值计算错误和数据库数据存储混乱；用户权限定义错误；主机测试中，编译不通过、当次修改影响其它平台或功能使用、底层程序修改错误、核心应用（订座、离港核心功能）修改错误；
2	较严重	需求分析和设计中涉及的显性功能未能实现；重要的行业常识性的隐性功能未能实现；较轻的数值计算错误；打印内容和格式错误；文档错误，需要对测试申请单、需求文档、缺陷列表等重要文档进行修改；存在不安全因素，可能导致非法进入平台、非法获得数据、盗用链接等情况发生；主机测试中，本次测试修改内容发现缺陷或本次修改激发了一个隐性的固有缺陷；
3	中等	一般的行业常识性的隐性功能未能实现；程序非正常终止但可通过其它输入来避免；文档错误，需要对测试申请单、需求文档、缺陷列表以外的其他文档进行修改；主机测试中，还原平台显性缺陷、提示错误、配置错误；

续表 5-1

表 5-1 测试缺陷的等级标准

Table 5-1 Test Bug Level Standard

4	一般	无法重现或发生率很低的功能缺陷；界面错误；简单的输入限制未放在前台进行控制；删除操作未给出提示；平台操作不方便；
5	轻微及建议	辅助说明描述不清楚；删除操作未给出提示；显示格式不规范、查询报告格式错误；长时间操作未给用户进度提示；提示窗口文字未采用行业术语；可输入区域和只读区域没有明显的区分标志；测试建议。

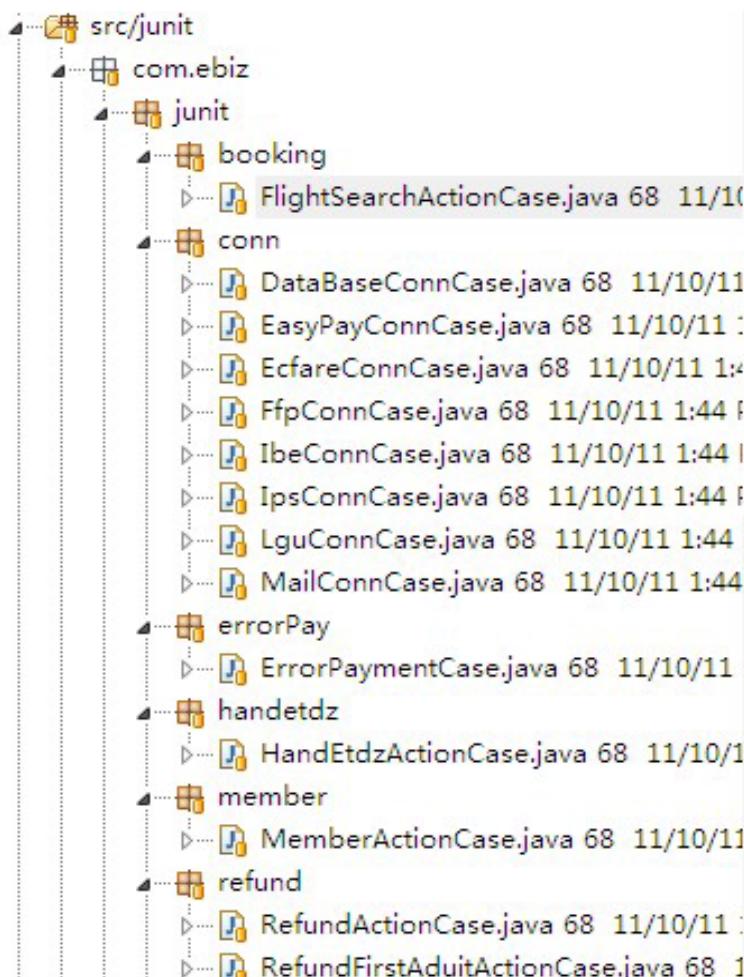


图 5-12 Junit 用例

Fig. 5-12 Junit Case

5.3.1 单元测试

本文采用 Junit 测试案例的测试方法进行单元测试，图 5-12 是部分 Junit 用例。

5.3.2 功能测试

表 5-2 功能测试案例 1
Table 5-2 Functional Test Case 1

测试案例名称		单程缺口公务舱航线 test_00001	
被测功能描述		产生一张台湾到伦敦的单程缺口公务舱的订单	
测试（数据）准备		台湾—伦敦	
特殊要求说明			
测试目标与步骤 描述		1. 产生一张台湾到伦敦的订单 2. 进入台湾网站订票首页 3. 进入航班次列表界面 4. 进入旅客信息界面 5. 进入准订单核对界面 6. 进入订单生成页面	
步骤	前置条件	测试过程	预期结果
1	进入香港网站订票首页	(1) 按钮选择单程 (2) 出发输入 TSA, 到达输入 LON (3) 选择去程时间 (4) 舱位选择公务舱 (5) 点击【航班预订】	进入航班次列表界面
2	进入航班次列表界面	(1) 选择有缺口的航班 (2) 点击【继续】	进入旅客信息界面
3	进入旅客信息界面	(1) 输入旅客信息和联系人信息 (2) 选中旅客须知选项 (3) 点击【继续】	进入准订单核对界面
4	进入准订单核对界面	(1) 点击【继续】	进入订单生成页面， 产生订单号
5	进入订单生成页面	(1) 点击【继续】	进入订单支付页面
测试人员：			
测试时间：			
测试结果： <input type="checkbox"/> 成功 <input type="checkbox"/> 失败			
备注：			

针对平台的每个功能设计了测试案例，由于篇幅限制，本小节列出了其中三个。表 5-2 中的测试案例主要测试公务舱缺口航线订单是否能够下单，下单过程中无有不正常情况，比如价格展示是否正确合理，舱位显示是否正确合理，乘机人填写是否符合业务规则，税费查询是否正确，整个订单价格显示是否正确等等。

表 5-3 功能测试案例 2
Table 5-3 Functional Test Case 2

测试案例名称		单程非缺口 2 个 Q 舱航线 test_00067	
被测功能描述		产生一张台湾到伦敦的单程非缺口 2 个 Q 舱的订单	
测试（数据）准备		台湾—伦敦	
特殊要求说明			
测试目标与步骤描述		1, 产生一张台湾到伦敦的订单 2, 进入台湾网站订票首页 3, 进入航班次列表界面 4, 进入旅客信息界面 5, 进入准订单核对界面 6, 进入订单生成页面	
步骤	前置条件	测试过程	预期结果
1	进入香港网站 订票首页	(1) 按钮选择单程 (2) 出发输入 TSA, 到达输入 LON (3) 选择去程时间 (4) 舱位选择经济舱 (5) 点击【航班预订】	进入航班次列表界面
2	进入航班次列表界面	(1) 选择没有缺口，并且舱位为 2 个 Q 舱的航班 (2) 点击【继续】	进入旅客信息界面
3	进入旅客信息界面	(1) 输入旅客信息和联系人信息 (2) 选中旅客须知选项 (3) 点击【继续】	进入准订单核对界面
4	进入准订单核对界面	(1) 点击【继续】	进入订单生成页面， 产生订单号
5	进入订单生成页面	(1) 点击【继续】	进入订单支付页面
测试人员：			
测试时间：			
测试结果: <input type="checkbox"/> 成功 <input type="checkbox"/> 失败			
备注：			

Q 舱是典型的低价舱位，表 5-3 案例所要测试的是缺口单程航班中含有 Q 舱位的订单产生过程测试。

表 5-4 功能测试案例 3
Table 5-4 Functional Test Case 3

测试案例名称		单程非缺口非 Q 舱航线 test_00078	
被测功能描述		产生一张台湾到伦敦的单程非缺口非 Q 舱的订单	
测试（数据）准备		台湾—伦敦	
特殊要求说明			
测试目标与步骤描述		1, 产生一张台湾到伦敦的订单 2, 进入台湾网站订票首页 3, 进入航班次列表界面 4, 进入旅客信息界面 5, 进入准订单核对界面 6, 进入订单生成页面	
步骤	前置条件	测试过程	预期结果
1	进入香港网站订票首页	(1) 按钮选择单程 (2) 出发输入 TSA, 到达输入 LON (3) 选择去程时间 (4) 舱位选择经济舱 (5) 点击【航班预订】	进入航班次列表界面
2	进入航班次列表界面	(1) 选择没有缺口, 并且舱位为非 Q 的航班 (2) 点击【继续】	进入旅客信息界面
3	进入旅客信息界面	(1) 输入旅客信息和联系人信息 (2) 选中旅客须知选项 (3) 点击【继续】	进入准订单核对界面
4	进入准订单核对界面	(1) 点击【继续】	进入订单生成页面, 产生订单号
5	进入订单生成页面	(1) 点击【继续】	进入订单支付页面
测试人员:			
测试时间:			
测试结果: <input type="checkbox"/> 成功 <input type="checkbox"/> 失败			
备注:			

表 5-4 测试的是不含 Q 舱的经济舱订单下载过程的测试。以上三个测试案例对商务

舱、经济舱和经济舱中价格特别低的 Q 舱测试。三个测试案例较为典型，且相对全面的展示测试内容。

这样的功能测试要求全面，并且要测试平台所要出售的所有航线，测试工作量相当大，需要很多人力，本文采用人工测试与自动测试相结合的方法，以节省一定的人力资源。

自动测试采用的 firefox 中的 imacros 插件。在装好此插件之后，使用如图 5-13 的 imacros 的操作界面，点解记录按钮，然后操作测试流程。完成后点击运行，即可完成自动操作。操作的次数是可设置的，操作的过程是可编辑的。



图 5-13 imacros 界面

Fig. 5-13 imacros UI

在平台正式上线前的最后一轮功能测试中的测试结果见表 5-5。

表 5-5 测试结果

Table 5-5 Test Result

缺陷等级	1 级缺陷	2 级缺陷	3 级缺陷	4 级缺陷	5 级缺陷
总计	0	0	0	0	2

以上测试结果中包含两个页面级的 5 级缺陷，测试结果完全满足平台上线要求，在

业务部门的时间规划下，按照一定次序逐步开放各站点网站。

5.3.3 性能测试

因为本平台与其它诸多系统交互，如 IBE、Sita、Ecfare、FFP。为了确认其它诸多系统能够满足本平台的性能需求，本文特意对采用 LoadRunner 对其压力进行测试，测试其在并发数为 5、30 的失败率。IBE、Sita、Ecfare 系统都能满足本平台设计要求，FFP 系统暂时不能满足平台要求。所以平台实现中采用登录用户信息存储在平台数据库，登录用户首先在本地数据库寻找用户信息，本地无登录用户信息时，再连 FFP 系统，以减少对 FFP 系统的连接次数。

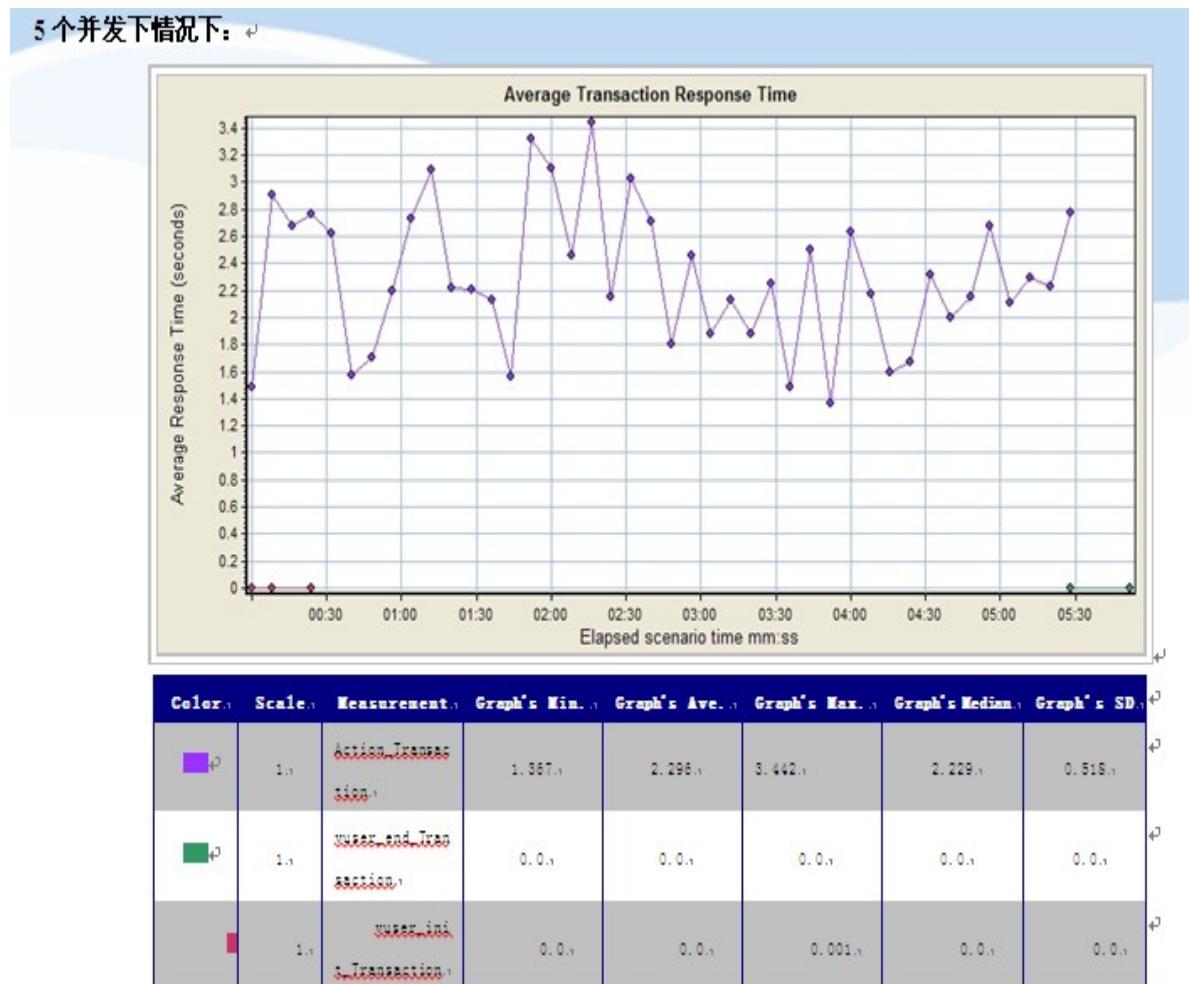


图 5-14 5 个并发测试结果

Fig. 5-14 Five Concurrent Test Results

图 5-14、5-15 是平台分别在在 5 个并发和 30 个并发条件下 LoadRunner 对平台的测试结果。测试结果表明平台在 5 个并发的情况下，运行十分稳定。在 30 个并发条件下

基本保持稳定，只是在时间段内出现不稳定的状况。

由于平台涉及的产品是电子客票，电子客票销售具有单笔订单金额较大，订单总数较少的特点，它就决定了网站的访问量相对较少。测试结果表明，能够满足平台的性能要求。

30个并发下情况下：

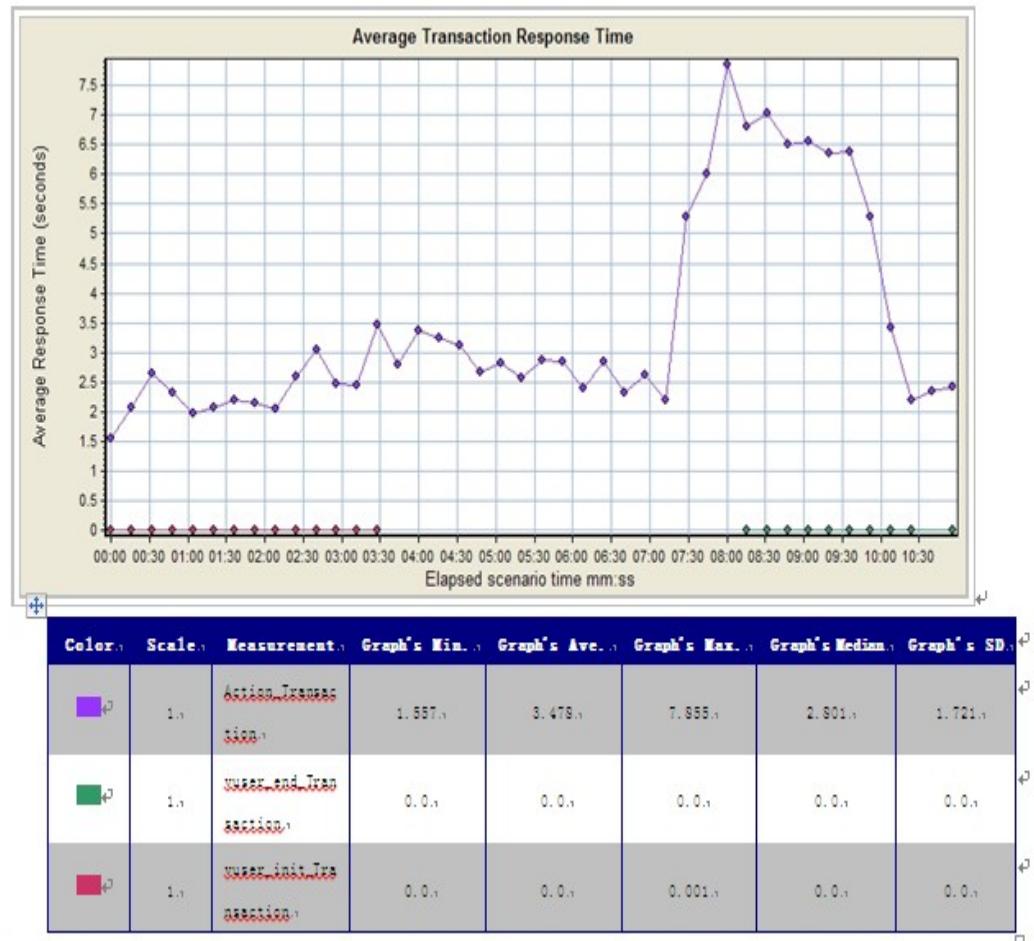


图 5-15 30 个并发测试结果

Fig. 5-15 Thirty Concurrent Test Results

5.3.4 安全性测试

生产服务器部署在服务商中航信的机房中。安全性方面测试全部交由中航信完成。测试内容主要包括物理安全、链路层安全、传输层安全。物理安全测试内容主要对机房建设的相关文件、机房管理相关规章制度进行审核，并且对机房管理制度执行情况进行抽样调查，与相关人员进行访谈等。链路层安全测试主要针对系统防火墙部署、病毒软

件的安装等做检查，并且对这些软件的时间效果做测试。传输层安全性检测，主要针对系统 SSL 数据传输，加密信息传输的安全做侵入性测试，验证这些技术手段十分满足安全需求。安全性测试结果表明，系统的安全性设计和实现满足预定的安全性需求。

5.4 本章小结

本章首先以订单预订模块为例介绍平台的功能性需求的实现，以参数配置、接口实现和多语言的方式为例介绍平台的非功能性需求的实现。然后采用 Junit 对平台进行单元测试，采用人工和自动化的方式对功能进行多轮次测试，采用 Loadrunner 等专业工具对软件性能进行多方面测试，采用外包形式对系统安全性进行测试。测试结果表明，平台在功能性需求、非功能性需求方面完全适合当前及至少今后一定时期内公司电子商务业务发展。

6 结束语

本文采用领域工程和面向对象方法开发了一套支持多站点的民用航空电子商务平台，该平台的研发彻底结束了各个部分分别建设网站的历史，使得公司在全世界各地的电子商务能在一个统一的平台上进行，各营业部相互交流的机会更多，各站点的优势互补效果更明显，形成了更加有竞争力的电子商务营销能力。

本文的主要工作包括：

- 1) 平台的多站点共性需求和可变性需求的分析。从多方面多角度获取各部门的需求后，整理和分析功能需求和非功能需求，并从中识别出多站点共性需求和可变性需求。
- 2) 从多层次结构、领域类图、核心类的状态图、安全性和性能等角度对平台进行设计，支持多站点的共性需求和可变性需求的实现。
- 3) 采用面向对象方法详细设计和实现了平台，采用类图和时序图刻画了用例的实现细节，并采用参数配置和接口实现等方式实现了平台可变性需求。
- 4) 为了确保质量，采用单元测试、功能测试、性能测试和安全性测试等手段对平台进行了全面测试。在整个测试过程中，每个部分的测试都达到了预定标准。

和原有一个站点一套软件的方式相比，本平台的开发和运营具有以下优点：

- 1) 平台的开发成本降低。采用原来的开发方式，单套开发成本可能低于支持多站点的民用航空电子商务平台，然而多个营业部的站点加起来的投资成本就远比现在建设模式成本高。
- 2) 平台的开发周期缩短。支持多站点的民用航空电子商务平台在最初的基础建设可能周期较长，然而当能够完成部分站点运行后，其它更多的站点建设，如果不增加更多功能的话，建设周期很短。比如现在增加一个站点，软件技术准备时间需要 1-2 周。
- 3) 平台的技术先进。平台采用领域工程、面向对象的开发方法、SSH 框架，架构更加合理，复用性高，模块独立性强，各站点间信息互通。
- 4) 平台统一运维，运维成本低。

由于时间限制，本文还有不少内容没有深入研究，下阶段，本文计划从以下几个方面开展进一步研究：

- 1) 对各营业部门所在国家文化、风俗、法律等方面了解不够。不能很好的适应这方

面需求。

- 2) 页面风格不能完全适应各国家的文化。
- 3) 对可变性需求的实现技术有待提高。

参考文献

- [1] 刘成, 民航运输系统运行解码[M], 上海交通大学出版社, 2008.
- [2] 欧阳峰, 电子商务解决方案[M], 清华大学出版社, 北京交通大学出版社, 2006
- [3] 张友生, 软件体系结构[M], 清华大学出版社, 2006.
- [4] Bass L, Clements P, Kazman R, Software Architecture in Practice[M], Addison Wesley, 1997.
- [5] 张国印, 刘海波, 李健, 实用电子商务技术[M], 上海交通大学出版社, 2002.
- [6] 骆正华, 电子商务系统规划与设计[M], 清华大学出版社, 2006.
- [7] 杨坚争, 杨立帆, 赵雯, 电子商务安全与电子支付[M], 机械工业出版社, 2011.
- [8] 宋远方, 姚贤涛, 电子商务[M], 电子工业出版社, 2006.
- [9] 赵明, 张旭, 民航订座系统基础教程[M], 国防工业出版社, 2009.
- [10] McGovern, James, 企业架构实用指南[M], 清华大学出版社, 2005.
- [11] 康自平, 杜伟, 民航客运价格规制改革研究[M], 科学出版社, 2008.
- [12] Mark.D.Hansen 著, 成保栋译, 使用 Java Web 服务构建 SOA[M], 电子工业出版社, 中信出版社, 2010.
- [13] Bonazzi, Elio 著, 贺民译, Oracle 与 Java 从客户/服务器到电子商务[M], 清华大学出版社, 2003
- [14] 丁学君, 电子商务中的信息安全问题及其对策[J]. 计算机安全, 2009, 第 2 期
- [15] 蒲子明, 许勇, 王黎, Struts 2+Hibernate+Spring 整合开发技术详解[M], 清华大学出版社, 2010
- [16] 孙卫琴著, 精通 Hibernate:Java 对象持久化技术详解[M], 电子工业出版社, 2010
- [17] 刘中并, 开发者突击: Java Web[M], 电子科技出版社, 2009
- [18] 陆舟著, Struts2 技术内幕: 深入解析 Struts2 架构设计与实现原理[M], 机械工业出版社, 2012
- [19] Adrian Wright, Controlling Risk of E-commerce Content, Computer & Security, 2001, vol2
- [20] Sahut Jean-Michael, Internet Payment Solutions: Comparative Evaluation and Key Factors of Success. Computer Society, 2005, vol5

-
- [21] Andre Widhain, Stefan Boge, Andreas Bartelt, Winfried Lamersdorf, Software Architecture and Patterns for Electronic Commerce Systems, 2002
 - [22] Thomas J. Mowbray, Raphael Malveau, Software Architect Bootcamp, 2002
 - [23] Stephen T. Albin, The Art of Software Architecture: Design Methods and Techniques, 2003

致 谢

值此论文即将脱稿之际，我深切地感受到论文中不仅仅包含着我个人的智慧和劳动，还凝聚了我身边许多人的关心和支持。在论文完成之际，我要感谢我的导师沈备军副教授，论文从选题、撰写、修改到定稿，都得到了沈老师的精心指导，对我论文的顺利完成起到了重要的作用。沈老师严谨的治学态度、一丝不苟的工作作风，对我在学业上严格的要求，都使我终身难忘。谨此向恩师表示深深的谢意！

其次，感谢软件学院的领导和老师们。作为软件学院的学生，他们传授的宝贵知识是使我的学位论文得以顺利完成的坚实基础，软件学院丰富的教学资源开拓了我的眼界。所有的这一切都是我今后从事专业工作的强力后盾。

再次，感谢学习期间和我朝夕相处的同学们，我们从陌生到相识、相知，一起上课、一起课堂讨论，在上海交通大学攻读工程硕士的这段时间是我难以忘怀的时光。

最后感谢各位专家评委对我的论文的悉心批评和指正！

在未来的工作和研究过程中，我将以更加丰厚的成果来答谢曾经关心、帮助和支持过我的所有领导、老师、同学、朋友。

攻读学位期间发表的学术论文

- [1] 陈仁义, 支持多站点的民用航空电子商务平台的开发, 上海交通大学软件学院网站公示, 2012 年 11 月



上海交通大学硕士学位论文答辩决议书

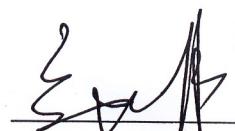
1090379141

姓名	陈仁义	学号	1090379141	所在学科	软件工程
指导教师	沈备军	答辩日期	2013-01-13	答辩地点	徐汇校区新建楼2027房间
论文题目	支持多站点的民用航空电子商务平台的开发				
投票表决结果: <u>5 / 5 / 5</u> (同意票数/实到委员数/应到委员数) 答辩结论: <input checked="" type="checkbox"/> 通过 <input type="checkbox"/> 未通过					

论文针对民航业高度国际化的商务需要,给出了一个支持多站点的民用航空电子商务平台实现方案。论文采用流程图等建模方法分析了平台的功能需求,给出了包括门户层、业务逻辑层和数据访问层的民用航空电子商务平台软件架构,重点实现了电子客票在整个生命周期中的状态转变图,以“订单预订”为用例详细说明了平台的实现。初步测试及应用结果表明,该平台具有一定的工程价值和应用前景。

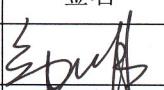
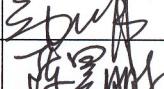
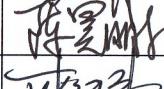
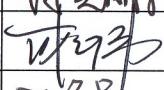
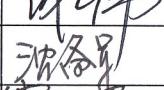
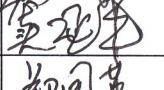
论文条理清晰,论述正确,反映作者掌握了计算机科学的基础理论和相关的专业技术知识,具有较好的解决工程实际问题的能力。

答辩时表达清楚,回答问题正确,经答辩委员会讨论(无记名投票表决),一致同意陈仁义同学通过工程硕士学位论文答辩,并建议授予工程硕士学位。


(答辩委员会主席签名)

2013年1月13日

年 月 日

答辩委员会成员签名	职务	姓名	职称	单位	签名
	主席	邹恒明	教授	软件学院	
	委员	陈昊鹏	副教授	软件学院	
	委员	戚正伟	副教授	软件学院	
	委员	沈备军	副教授	软件学院	
	委员	窦延平	副教授	计算机系	
	秘书	郑国英	助理实验师	软件学院	



上海交通大学

学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：陈仁义

日期：2013 年 1 月 24 日

上海交通大学

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权上海交通大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保密 在 ____ 年解密后适用本授权书。

本学位论文属于

不保密 .

(请在以上方框内打“√”)

学位论文作者签名: 陈仁义

指导教师签名: 沈冠军

日期: 2013年1月5日

日期: 2013年1月5日