

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学 号: X200440026

UDC _____

面向特定领域软件体系结构的研究和应用

陈思恩

指导教师 王备战 副教授

厦门大学

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

面向特定领域软件体系结构的研究和应用

Research and Application on Domain-specific

Software Architecture

陈 思 恩

指导教师姓名: 王备战 副教授

专业名称: 软 件 工 程

论文提交日期: 2007 年 7 月

论文答辩时间: 2007 年 月

学位授予日期: 2007 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2007 年 7 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密（ ），在年解密后适用本授权书。
2. 不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日
导师签名： 日期： 年 月 日

摘要

近年来, 软件体系结构逐渐成为软件工程领域的研究热点以及大型软件系统与软件产品线开发中的关键技术之一, 其中软件重用是软件工程界长期追寻的目标。本文通过使用特定领域软件体系结构 (Domain-Specific Software Architecture) 来实现软件的重用。它通过对特定领域的分析, 获取领域中典型的应用需求, 并设计相应的参考软件体系结构来满足这些需求。本文同时归纳了特定领域软件体系结构技术发展过程及其主要研究方向。在分析了典型的特定领域软件体系结构概念之后, 给出了特定领域软件体系结构的定义。通过总结特定领域软件体系结构领域的若干研究活动, 提出了特定领域软件体系结构的思路。

本文首先介绍了软件复用和领域工程的概念及面向领域的软件复用过程; 然后对在航空食品配送领域引入领域工程的可行性进行了分析; 最后提出了面向领域的航空食品配送系统软件复用方法和过程。通过分析传统业务流程、建立简单应用框架并从简单框架泛化为领域通用软件框架, 采用诸如识别核心业务流程和周边业务流程、简化和规范化传统业务流程以及对功能单一的应用框架进行领域扩展等方法, 从设计简单而有效的软件框架入手, 通过具体的应用提取并扩展为该领域更为通用的软件框架。特定领域软件体系结构的研究方法对于软件重用, 软件可升级性和提高开发系列软件系统的效率都有重要的指导意义。

关键词: 软件复用; 面向领域; 领域工程; 航空食品配送系统; 软件体系结构

Abstract

Software architecture (SA) is emerging as one of the primary research areas in software engineering recently and one of the key technologies to the development of large-scale software-intensive system and software product line system. Software reuse is a goal pursued by software engineering community chronically. A recent method addressing it is DSSA (Domain-Specific Software Architecture). It analyzes the pertinent domain, captures the typical requirements and designs corresponding reference software architecture to satisfy those requirements. The history and the major direction of DSSA are summarized, and the concept of DSSA is brought up based on analyzing and comparing the several classical definitions about DSSA. Based on summing up the activities about DSSA, DSSA are extracted out.

This paper firstly introduces the concept of software reuse, domain engineering and the process of domain specified software reuse. Secondly, it analyzes the feasibility to apply domain engineering in the field of aeronautic food logistics distribution. Thirdly, the process of the application fo domain specified software reuse in aeronautic food logistics distribute system is presented. A method to design domain specific software framework is put forward ,which is based on analysis on traditional business operations and generalization of simple application frameworks. Core operations and accessory operations are recognized in traditional business operation processes, and the operations are formalized and simplified in order to form a simple single functioning application framework, which can be extended to the whole domain by comparison and generalization with other frameworks on the same core operations. The main point of this method is to build up a comparatively simple but effective application framework before a more complex and generalized domain framework can be constructed. The DSSA methodology is greatly important for software reuse, software upgrade and the productivity of developing family software.

Key words: software reuse; domain-oriented; domain engineering; aeronautic food distribute system; software architecture

目录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究动机	1
1.3 研究目标与技术路线	2
1.4 研究范围	3
1.5 论文组织结构	4
第二章 面向特定领域软件体系结构论述	5
2.1 面向特定领域软件体系结构概述	5
2.1.1 软件复用技术	5
2.1.2 领域和领域工程概述	5
2.1.3 面向特定领域软件体系结构及其特点	7
2.2 领域工程	9
2.2.1 领域分析	9
2.2.2 领域设计	10
2.2.3 领域实现	10
2.3 本章小结	11
第三章 面向航空食品配送领域工程分析	14
3.1 领域工程分析步骤	14
3.2 从特定领域传统业务流程提取领域软件框架	14
3.2.1 特定领域传统业务流程的特点	14
3.2.2 从传统业务流程中提取软件框架的步骤	16
3.2.2.1 领域需求分析	17
3.2.2.2 识别核心业务流程和周边业务流程	18
3.2.2.2.1 业务流程识别	18
3.2.2.2.2 核心业务流程	19

3.2.2.2.3 周边业务流程.....	24
3.2.2.3 分析核心业务流程的细节.....	26
3.2.2.4 建立核心业务流程模型.....	31
3.2.2.4.1 核心数据模型.....	32
3.2.2.4.2 接口数据模型.....	37
3.2.2.4.3 采集数据模型.....	39
3.3 本章小结	41
第四章 面向航空食品配送领域体系结构设计	42
4.1 应用框架实现的论述	42
4.2 传统分层架构设计	42
4.3 面向领域的软件体系结构设计	44
4.3.1 领域框架设计的论述.....	44
4.3.2 抽象领域软件体系结构框架.....	45
4.3.2.1 数据访问层设计.....	55
4.3.2.2 业务逻辑层设计.....	63
4.3.2.3 数据实体层设计.....	71
4.4 本章小结	73
第五章 总结与展望	74
5.1 总结	74
5.2 展望	75
参考文献	77
致谢	80

第一章 绪论

1.1 研究背景

目前软件重用技术是软件工程界长期追寻的目标,业界也已经提出多种方法用于解决这一问题。近来针对软件体系结构的研究就是一种可行的解决方法。这种方法对特定软件的体系结构进行分析,取出其中的构件及其相互关系,试图在其它的开发中重用这些成分。与此相应的进一步的研究提出了特定领域软件体系结构(Domain Specific Software Architecture ,DSSA)。一般的软件过程针对某个特定软件系统,获取其需求,设计其构架。特定领域软件架构方法与此不同,它不以开发某个特定的应用为目标,而是关注于某个特定的领域,通过对某个特定领域的分析,提出了该领域的典型需求,得到相应的领域模型,设计相应的参考架构,实现其中的组成模块。在随后的特定应用开发过程中,对照应用需求和参考需求,配置参考架构,选取合适构件,完成该应用的开发。因而DSSA 方法重点不是应用,而是重用,最终目的是开发一个领域中的一族应用^[1]。使用这种方法,有助于对问题的更加广泛而深刻的理解,有助于开发出面向重用的构架和构件,有助于提高软件生产率。

1.2 研究动机

从通过信息化手段来解决国内航空公司在航空食品配送领域存在的诸多难以解决的问题所引发的软件复用问题出发,着眼于解决特定的航空食品配送领域内不同应用之间软件的复用问题,开展面向领域的航空食品配送系统软件体系结构的技术及过程研究。文中对面向领域的航空食品配送的软件复用技术进行了研究,以充分利用现有的软件资源,同时缩短后续应用系统的开发时间,节约成本。在企业应用中,特定领域的框架(Framework)是设计复用中较为具体的例子。它针对性较强,具备一定的灵活性和可扩充性,是一个不完备或半完备的设计复用结构。这类框架的建立,也带动了特定领域构件技术的发展。至今,软件的生产仍然无法像硬件那样以高度自动化的流水线方式进行。目前的软件开发现状和硬件产业的发展提示我们,从特定领域简单的应用开始,逐渐抽象提取出领域内统

一的软件框架^[1]。将大大提高该领域的软件开发效率。本文将探讨一种较为简捷的、面向特定领域的软件框架的设计思路和方法。

1.3 研究目标与技术路线

虽然航空行业属于较早步入IT信息化的行业，但在航空食品配送领域信息化程度不高。航空食品配送领域业务的特殊性与复杂性使其面临诸多难以解决的问题，国内各大航空公司与软件提供商都没有较好的系统工程解决方案。分析该领域的诸多特性，使其必定要采用软件复用的技术加以解决。研究将航空食品配送纳入领域的范畴，着重讨论航空行业食品配送这个特定领域体系结构(DSSA)的有关的概念简化和实际应用，并以此推进具有特定领域背景情况下航空食品配送领域应用软件系统的复用技术，为DSSA这种工程组织实施性的研究提出方法学方面论述。在可复用资产开发阶段，以现有的航空食品配送系统为研究对象，通过领域分析获取航空食品配送系统领域需求规约；构建航空食品配送系统特定软件体系结构；在此基础上航空食品配送系统可复用、可扩充的应用程序框架和获得可复用的功能构件库^[2]。

其开发过程如图所示。

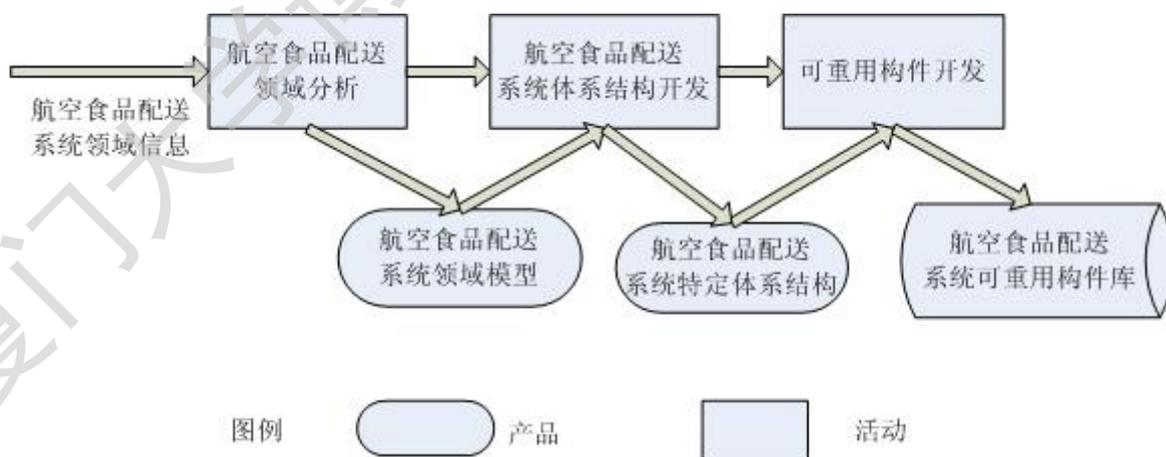


图 1: 开发过程图

面对航空食品配送领域诸多难以解决的问题，运用 DSSA 的思想论和方法论来建立一套适应于该领域的软件体系结构，并采用和扩展基于领域的工程方法进行软件的分析、设计与开发。具体如下：

1. 业务实现方面：改善在航空食品配送领域的航班管理、标准管理、配送管理环节管理难、管理不准确、管理不到位的现状，并且解决在航班配送方面面临的问题。
2. 技术实现方面：系统采用微软最先进的 DotNet 技术平台，C#开发语言，WebService、Remoting 多层和 C/S 架构结合（其中主程序采用 Windows 应用程序，Remoting 多层和 C/S 架构，软件的自动升级采用 WebService 技术），多种技术的结合用以解决航空公司总部和各基地的网络访问方式多样化、数据传输实时性的需求。
3. 软件体系结构研究方面：从模块化、安全性、实时性、先进性、扩展性、特色性等角度出发，深入探讨和解决航空食品配送领域对数据的传输实时性、数据访问的安全性、数据作业的效率、体系结构的稳定性、体系结构的可扩展性、系统操作界面的便捷性等方面的需求。

1.4 研究范围

研究将按领域工程的分析、设计、实现的步骤逐步进行，具体的内容将以下列表述为执行依据。

1. 调研业务现状：以厦门航空果品有限公司为研究对象，先从航空食品配送领域的业务现状为切入点，对该领域存在的问题进行深入分析。从而总结出航空食品配送领域的业务需求，运用软件工程思想，对业务流程进行再造，并将业务流向数据流的进行转变，整合出软件系统模型架构与数据库模型。
2. 研究网络与接口：研究与厦门航空食品配送有关的数据接口与相关的访问方式，如：订座离港的接口、FOC（航班运行控制系统）的接口。研究目前厦门航空果品与各个下属基地在网络访问形式上的架构，提出用于解决各基地与本部的航班食品配送的网络体系结构。
3. 实现软件体系结构：结合业务现状、网络与接口访问形式提出基于 DOT NET 开发平台下航空食品配送领域的软件体系结构解决方案。系统所有模块均采用多层架构设计，具体将其划分为：UI 层、业务外观层、业务规则层、数据访问层、公共层。

1.5 论文组织结构

本论文共计五章，内容安排如下：

第一章：绪论

简述研究背景、研究动机、研究目标与技术路线与研究范围。

第二章：面向特定领域软件体系结构的论述

本章节主要分为二大主题：面向特定领域软件体系结构概述与领域工程。面向特定领域软件体系结构概述部分包括：软件复用技术、领域和领域工程概述、面向特定领域软件体系结构及其特点；领域工程则包括领域分析、领域设计、领域实现的论述。

第三章：面向航空食品配送领域工程分析

以航空食品配送领域为载体展开对面向特定领域软件体系结构进行深入研究探讨，运用领域工程分析的步骤，从特定领域传统业务流程中提取软件框架，并逐步进行领域需求分析、识别核心业务流程和周边业务流程、分析核心业务流程细节、建立核心业务流程模型。

第四章：面向航空食品配送领域体系结构设计

运用领域框架设计方法论对传统分层架构进行论述，从而提炼出面向领域的软件体系结构，并展开对数据访问层、业务逻辑层、数据实体层进行分层阐述。

第五章：总结与展望

总结本研究的过程与经验，提出后续研究的建议。

第二章 面向特定领域软件体系结构论述

2.1 面向特定领域软件体系结构概述

2.1.1 软件复用技术

概括来说，软件复用^[1]是指把软件生命周期中各阶段的成果作为可重用的部件，也即软件重用是领域知识、领域模型、软件需求说明书、概要设计和详细设计说明书、功能模块、测试计划、测试用例、测试结果、程序设计结果等可重用部件的重用。软件复用是提高软件开发效率、保证软件质量的重要手段。在软件演化的过程中，重复使用的行为可能发生在以下三维上^[3]：

1. 时间维：使用以前的软件版本作为新版本的基础，加入新功能，适应新需求，即软件维护；
2. 平台维：以某平台上的软件为基础，修改其和运行平台相关的部分，使其运行于新平台，即软件移植。
3. 应用维：将某软件（或其中的构件）用于其它应用系统中“新系统具有不同功能和用途，即真正的软件复用。

本文所研究的面向特定领域的软件体系结构主要是针对软件复用技术的应用维行为。

2.1.2 领域和领域工程概述

领域是指一组具有相似或相近软件需求的应用系统所覆盖的功能区域^[2]。领域内的应用系统一般都具有许多相似的特性。领域工程是实现软件复用的重要组成因素。领域是指一组具有相似或相近软件需求的应用系统所覆盖的功能区域。

领域模型（Domain Model）是对领域中各系统的共同需求的描述。

领域工程是为一组相似或相近系统的应用工程建立基本能力和必备基础的过程，它覆盖了建立可复用软件构件的所有活动^[3]。领域工程对领域中的系统进行分析，识别这些应用的共同特性和可变特征，对刻画这些的对象和操作进行选择 and 抽象，形成领域模型。并依据领域模型产生出领域中应用共同具有的体系结构或生产过程，并以此为基础，识别、开发和组织可复用构件。

领域工程通常包含领域分析、领域设计和领域实现三个重要阶段：

1. 领域分析阶段

领域分析对一个领域中的若干系统进行分析，识别这些应用的共同特征和可变特征，对这些特征进行抽象，形成领域分析模型。

2. 领域设计阶段

领域设计阶段的目标是获得复用基础设施的描述。该基础设施给出了在领域模型中表示的需求的解决方案，是应用工程建立实际系统的基本构架。领域设计阶段以分析模型为基础，进一步获得适用于整个领域不同应用的全局框架，被称为特定领域的软件体系结构(DSSA)。

3. 领域实现阶段

领域实现阶段的主要目的是依据领域模型和特定领域架构开发和组织可复用信息。它们依据领域模型和特定领域架构进行组织。领域实现阶段以上述两阶段的制品为依据，识别、开发领域中的可复用资源，如构件、体系结构等。当开发领域中的新应用时，可以根据已有的领域分析模型，确定新应用的需求规约，根据DSSA形成新应用的结构设计，同时以此为基础选择可复用构件进行组装，从而形成新系统，这个步骤可被称为应用工程。

领域工程的研究开始于80年代初期。至今，出现了很多领域工程的研究成果，提出了一些领域工程方法，其中比较有代表性的研究和实践工作包括：卡耐基梅隆大学的软件工程研究所提出的面向特征的领域分析方法(FODA)^[3]，韩国浦项科学与技术大学在FODA基础上进行的面向特征的复用方法(FORM)^[4]，惠普实验室将FODA方法与RSEB方法结合提出的FeatuRSEB方法^[5]。FODA方法通过上下文分析与领域建模确定领域的边界，建立领域模型，但方法不支持体系结构的设计。FORM继承了FODA方法中特征和特征模型的思想，将其扩展至领域工程的全阶段，从特征建模到体系结构的设计至最后的应用实现^[6]。RSEB把特征建模引入到RSEB方法的过程中，用例模型完整地描述了领域中的系统行为，特征模型则描述了一个系统具有的能力^[7]。

以上方法均给出了领域工程中的指导性原则，尤其注重于软件产品的业务逻辑，但特定的航空食品配送领域牵涉面广泛，其分层结构不能完全由上述方法所实现。同时，由于航空食品配送系统存在较多规范的不与实际业务相关的功能，

所以使用通用的领域工程方法显得不合时宜。

2.1.3 面向特定领域软件体系结构及其特点

既然软件重用技术是软件工程界长期追寻的目标，业界也已经提出多种方法用于解决这一问题。近来针对软件体系结构的研究就是一种可行的解决方法。这种方法对特定软件的体系结构进行分析，取出其中的构件及其相互关系，试图在其它的开发中重用这些成分。与此相应的进一步的研究提出了特定领域软件体系结构(Domain Specific Software Architecture ,DSSA)。

一般的软件过程针对某个特定软件系统，获取其需求，设计其构架。特定领域软件架构方法与此不同，它不以开发某个特定的应用为目标，而是关注于某个特定的领域，通过对某个特定领域的分析，提出了该领域的典型需求，得到相应的领域模型，设计相应的参考架构，实现其中的组成模块。在随后的特定应用开发过程中，对照应用需求和参考需求，配置参考架构，选取合适构件，完成该应用的开发^[8]。因而 DSSA 方法重点不是应用，而是重用，最终目的是开发一个领域中一族应用。使用这种方法，有助于对问题的更加广泛而深刻的理解，有助于开发出面向重用的构架和构件，有助于提高软件生产率^[1]。

参照构架、应用系统和其构架的关系如图：

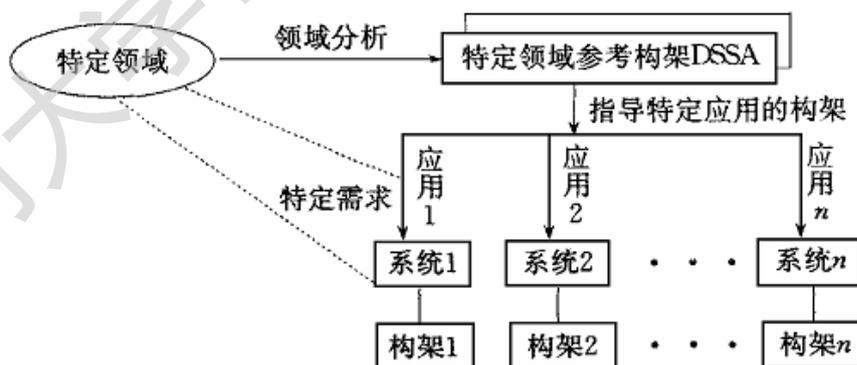


图 2：参照构架、应用系统和其构架的关系

特定领域软件体系结构,对领域分析模型中表示的需求给出解决方案,它不是单个系统的表示,而是能够适应领域中多个系统需求的一个高层次的设计^[9]。它决定了结果产品的质量,例如性能、可修改性、可移植性;组织结构和管

式。

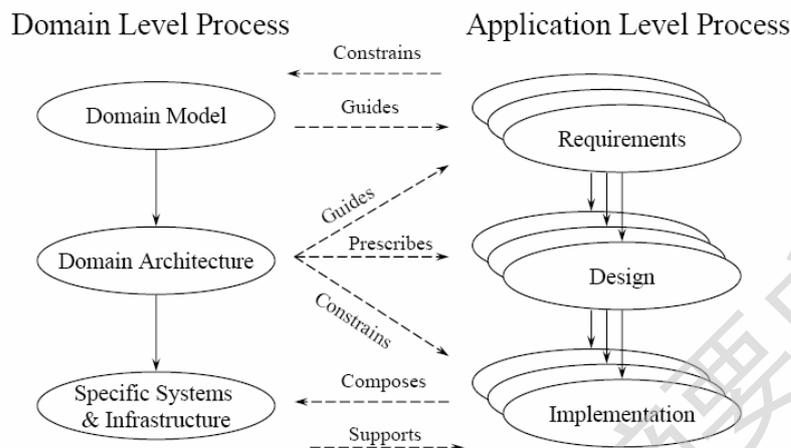


图 3：领域与应用的关系

在领域工程中，DSSA作为开发可复用构件和组织可复用构件库的基础，DSSA说明了功能如何分配到其实现构件，并说明了对接口的需求，因此，该领域中的可复用构件应依据DSSA来开发。DSSA中的构件规约形成了对领域中可复用构件进行分类的基础，这样组织构件库，有利于构件的检索和复用。在应用工程中，经裁剪和实例化形成特定应用的体系结构，由于领域分析模型中的领域需求具有一定的变化性，DSSA也要相应地具有变化性，并提供内在的机制在具体应用中实例化这些变化性^[10]。DSSA在变化性方面提出了更高的要求。

具体应用之间的差异可能表现在行为、质量-属性、运行平台、网络、物理配置、中间件、规模等许多方面^[11]，例如，一个应用可能要求高度安全，处理速度较慢；而另一个应用要求速度快，安全性较低。体系结构必须具有足够的灵活性同时支持这两个应用。

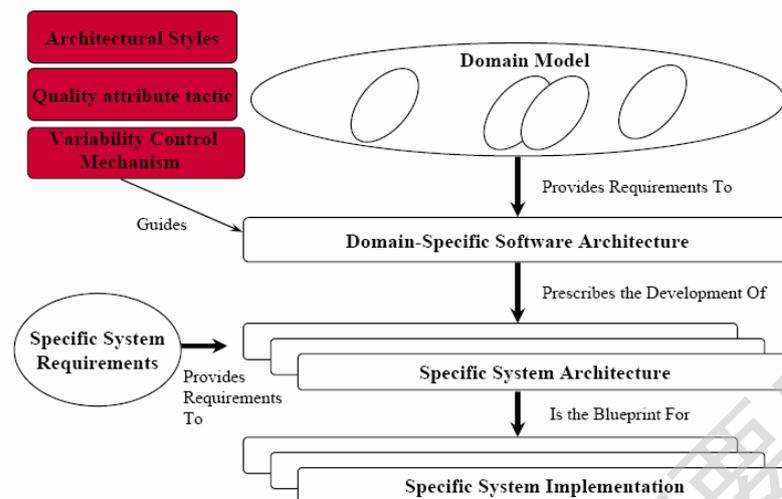


图 4: DSSA 构造的关键技术

鉴于特定领域的应用具有相似的特征,因而经过严格设计,并将直觉的成分减少到最少程度,可以有效地实现复用,并可借鉴领域中已经成熟的体系结构. Rick Hayes-Roth和Will Tracz分别对特定域的体系结构给出了不同的定义. Rick Hayes-Roth更侧重于DSSA 的特征,强调系统有构件组成,适用于特定领域,有利于开发成功应用程序的标准结构;Will Tracz更侧重于DSSA的组成要素,指出DSSA应该包括领域模型、参考需求、参考体系结构、相应的支持环境或设施、实例化、细化或评估的方法与过程. 两种DSSA定义都强调了参考体系结构的重要性^[12]。特定领域的体系结构是将体系结构理论应用到具体领域的过程. 常见的DSSA有:电信软件的体系结构研究、CASE体系结构、CAD软件的参考模型、测试环境的体系结构、信息系统的参考体系结构、网络体系结构DSSA、机场信息系统的体系结构、信号处理DSSA等^[12]。

2.2 领域工程

2.2.1 领域分析

航空食品配送领域分析,即领域分析阶段。航空食品配送领域通过分析用户需求、领域专家、技术趋势等因素来标识出族成员所共有的功能元素,同时也处理族成员间存在的差异性^[4]。航空食品配送领域分析的主要目的是获得航空食品配送领域模型。该模型是对应用族功能的高层描述,它描述了领域中各个系统之间的相同及不同之处,以及导致这些不同的原因。领域模型并不是一成不变的,

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库