

# 基于领域的电子政务系统开发方法

沈立炜<sup>1</sup>, 赵文耘<sup>1</sup>, 彭鑫<sup>1</sup>, 陈皓<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(复旦大学计算机科学与工程系软件工程实验室, 上海 200433)

<sup>2</sup>(上海新致软件有限公司, 上海)

**摘要:** 电子政务是我国信息化建设的重要环节。针对中国电子政务系统的特点, 如何快速、高效地开发应用产品成为软件提供商的努力方向。本文提出一种基于领域的电子政务系统开发模式, 将领域工程的方法学与电子政务系统的特点紧密结合, 从平台工程、领域工程与应用工程三个层面上实现了高效率、可重用的系统开发, 为开发电子政务的软件企业提供了一条崭新的途径。

**关键词:** 电子政务, 领域工程, 特征, 软件体系结构, 构件

## A Domain Based Approach to E-Government System Development

SHEN Li-Wei<sup>1</sup>, ZHAO Wen-Yun<sup>1</sup>, PENG Xin<sup>1</sup>, CHEN Hao<sup>2</sup>

<sup>1</sup> (Software Engineering Lab, Department of Computer Science and Engineering, Fudan University, Shanghai, 200433, China)

<sup>2</sup> (XinZhi Software Ltd., Shanghai, China)

**Abstract::** E-Government is an important role of the Chinese information construction. Aiming at its characteristic, software manufacturers try hard to develop application systems quickly and efficiently. In this paper, we propose a domain-based approach to the development of E-Government System, which is integrated with the methodology of domain engineering<sup>1</sup> and the characteristic of E-Government. This method helps to accomplish efficient and reusable software development through the Platform Engineering, Domain Engineering and Application Engineering. In addition, it provides the software corporations a new approach to success.

**Keywords:** E-Government, Domain Engineering, Feature, Software Architecture, Component

## 1 概述

### 1.1 电子政务系统及其特点

电子政务系统是电子政务重要的组成部分。总体来说, 电子政务系统具有以下的特点: 1)种类繁多, 应用面广; 2)范围巨大, 相互关联; 3)遵循国家标准化与规范化; 4)分层结构的实现。所以, 在进行开发时应当采用适当的软件工程方法生产出高质量、可配置、规范化的应用软件。

---

基金项目: 国家 863 计划 (2005AA113120) 特征驱动领域分析、体系结构建模技术及支持工具研究。

第一作者简介: 沈立炜(1982-), 男, 上海市人, 硕士, 主要研究方向为软件工程, 领域工程, 软件构件技术。

Email: willooshen@hotmail.com

## 1.2 领域工程

电子政务系统的特性使得软件开发商必定采用软件复用的技术。其中，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[2]。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[1]。

领域工程包含领域分析、领域设计和领域实现三个重要的阶段：领域分析阶段的目标是形成领域的分析模型，识别领域中不同应用系统之间的共性与变化性；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)；领域实现阶段以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。

本文将电子政务纳入领域的范畴，采用并扩展基于领域的工程方法进行软件的分析、设计与开发，这样的软件复用活动相对容易取得成功。

本文剩余的结构如下：第2部分介绍与本方法相关的工作；第3部分详细描述基于领域的电子政务系统开发模式及其带来的影响；第4部分给出了具体的应用实例；最后是总结和展望。

## 2. 相关工作

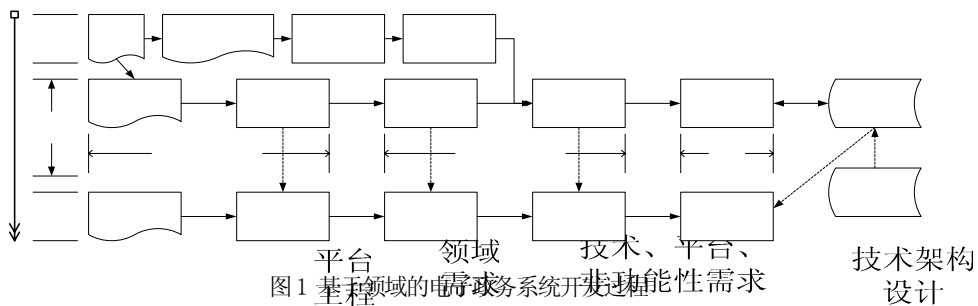
领域工程的研究开始于80年代初期。至今，出现了很多领域工程的研究成果，提出了一些领域工程方法，其中比较有代表性的研究和实践工作包括：卡耐基梅隆大学的软件工程研究所提出的面向特征的领域分析方法(FODA)[3]，韩国浦项科学与技术大学在FODA基础上进行的面向特征的复用方法(FORM)[4]，惠普实验室将FODA方法与RSEB方法结合提出的FeatuRSEB方法[5]。FODA方法通过上下文分析与领域建模确定领域的边界，建立领域模型，但方法不支持体系结构的设计。FORM继承了FODA方法中特征和特征模型的思想，将其扩展至领域工程的全阶段，从特征建模到体系结构的设计至最后的应用实现。RSEB把特征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

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，但特定的电子政务领域牵涉面广泛，其分层结构不能完全由上述方法所实现。同时，由于电子政务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。

## 3 基于领域的电子政务系统开发过程

### 3.1 总体开发过程

本文将软件工程的方法学结合电子政务软件的特点，提出了基于领域的电子政务系统的开发模式(图1)。整个开发流程分为三个部分：平台工程，领域工程及应用工程。各部分的工作相辅相成，循序渐进。图中箭头代表工程的特性越来越强，通用型越来越弱。



### 3.2 平台工程

领域的需求是整个开发过程的入口。电子政务领域的各种应用需求不可能完全一致，但其中必定包含着很多共同点及部分变化点。通过对领域中已有系统的分析或对期望需求的获取，可以将领域的需求分为技术、平台、非功能性的需求和领域内的功能性需求。前者与特定领域无关，可以适用于其他所需的领域，比如，网络连接，数据映射等等，不但电子政务领域需要，可能其他很多领域也需要这些功能的实现。电子政务系统鉴于国家标准的限制，一般都有许多规范化的要求。尤其对于安全性的重视，使得软件开发商一般采用B/S架构，这种组织方式可以看作非功能性的需求。对于这类需求，经过分析，可以设计为一种技术架构，可作为公司内部的基础平台。技术架构的提出正符合开发标准化与规范化的软件的目标。在本文提到的平台工程中，如果已经有合适的技术架构存在，则可以直接拿来使用，否则加以设计与实现。例如上海新致软件公司拥有一套名为NewTouchOne的技术框架，它是一种具有新致特色的MVC框架，其中包含了Web容器，网络连接，数据映射等等基础特性。

非功能性需求之外的即为领域的功能性需求，它们被作为领域工程的输入。

### 3.3 领域工程

领域工程是整个开发过程中的主体，它为整个领域设计开发了体系结构、构件等可复用资源。本文采用面向特征的领域工程技术，整个过程分为领域分析、设计与实现三个阶段。

#### 3.3.1 领域分析

领域分析是对特定的领域进行需求工程的活动，它覆盖了对领域需求的获取、分析、规约和检验/验证的整个过程[6]。在现阶段的领域工程研究活动中，以特征为驱动已经成为共识。特征是指系统中用户可见的、显著的或具有特色的方面、品质、特点等，在软件开发过程中，特征作为需求空间中的一阶实体[4]。特征模型是一种对软件需求进行组织的有效方式。不同于一般文档式的需求描述，特征模型可采用图形化的方式表达领域的需求，定义特征及其关系。特征是对需求的抽象，一般可分为功能性与非功能性两类。

电子政务领域的非功能性特征代表与平台或技术相关的需求，已在平台工程中解决。功能性特征表示与领域相关的具体行为，由功能性需求抽取得到。需求能够体现出领域的共性与变化性：共性的需求抽取为不变特征，表示领域的任何实现系统都包含这一功能；变性的需求抽取为可变特征，它的存在与否取决于具体的应用。

特征的建模方法已被广泛研究：文献[7]提出了一种特征建模的方法，它将软件需求分为业务需求，用户需求和功能需求，经过服务分析活动，功能分析活动，行为特点分析活动等

过程，将需求分别对应于服务，用例与功能这些特征，建立完整的特征模型；文献[8]提出了另一种基于需求聚类的特征分析方法，从领域中已有的应用系统出发，建立相应的应用特征树，分析它们之间的关系，运用聚类算法识别、组织出特征以及特征间的约束和交互。

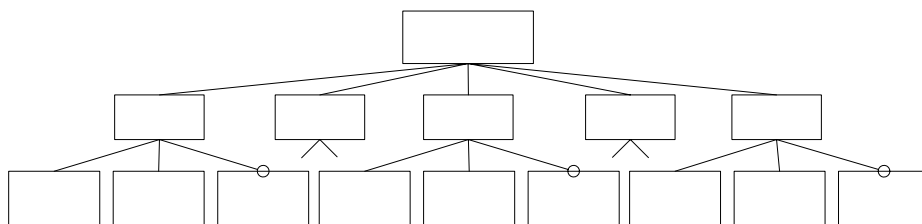


图2 实有人口基本信息管理特征模型

图2表示了电子政务领域中实有人口基本信息管理的特征模型。模型中带圈特征表示可变更特征，说明并不是所有的应用都需要和房相关的操作。模型的层次结构可以看作实际应用中的菜单层次，易于用户和分析人员的交流和理解。

在对特征的描述中，绑定时间是一个重要的属性，并且它只能与可选特征关联[9]。绑定时间描述了在软件生命周期中必须对当前具有可选性的实体的绑定状态做出决策的时间段。对于特征而言，在当前状态下总处于被绑定和被删除两者之一，前者表示系统包含特征代表的功能，后者反之。绑定时间能够增强系统的灵活性，对软件体系结构的复杂程度有影响。

针对电子政务领域，比较典型的绑定时间有组装时绑定和运行时绑定。组装时绑定表示在应用系统最终实现时已经确定这一特征的绑定状态，比如房信息相关的特征在具体应用时会被确定是否将其包含。运行时绑定则表示在系统启动或运作时人为地决定功能的实现与否。借鉴SAP产品的定制服务，电子政务系统也可以将运行时的绑定的特征通过配置的方法加以实现，这存在两种模式：1) 在系统外部定义配置文件，当系统启动时会按照配置文件的内容来组织系统；2) 在系统内部加入配置功能，用户可以在运行过程中手动地决定功能的绑定状态。运行时绑定可以增强系统的可配置性，符合电子政务系统的开发目标。

### 3.3.2 领域设计

特征模型是领域分析阶段的成果，同时也作为领域设计阶段的输入品。经过本阶段的工作，得到的特定领域体系结构将系统分解为构件及其之间的交互[10]，此结构清楚地描述了系统的框架，同时能够为构件组装的过程进行指导。

文献[11]从三个不同的视图来定义软件体系结构：概念体系结构描述系统的业务结构，一般是功能性特征的映射；逻辑体系结构相对于概念体系结构更加关注技术方案，加入了非功能性特征的考虑，详细定义了构件及其接口、交互；部署体系结构主要关注于物理上的系统分布，实现功能的多点性。

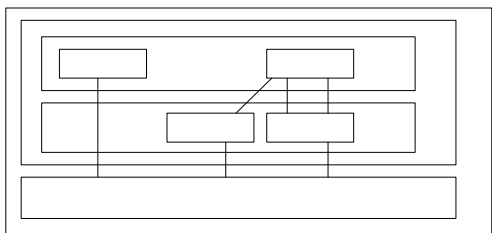
结合领域特点及前期工作，本方法将体系结构分为两类：概念体系结构和实现体系结构。

概念体系结构关注业务实现，定义了电子政务具体实施时的运作逻辑，同时表达了由特征映射的构件之间的组织关系。由于特征模型所代表的需求具有一定的变化性，所以概念体系结构也相应地具有变化性。实现体系结构在概念体系结构的基础上加入了技术架构的内容，描述了整个系统的实现框架，详细定义了业务构件与技术平台之间的连接，是整个领域系统实现的雏形。电子政务系统一般实现为B/S架构，除了开发平台之外，在概念结构中包含表示层与业务层(下图)。表示层一般包括页面构件，它是系统与外部的信息交互者。业务层则包

实有人  
信息

信息

户信  
删除



括逻辑构件，它实现了具体的业务操作。识别表示层的页面构件相对比较容易，因为页面组织由用户决定，功能也较简单，仅提供数据的传入和传出，或一些简单的直接由技术架构可以提供的增删改等操作。概念体系结构的业务层由特征模型过渡而来，但这

并不是一个简单的过程。由于特征与构件之间存在着复杂的多对多关系，所以不能直接地映射。文献[9]提出的‘责任’概念能够减弱这种复杂度，平滑地实现过渡过程。从内涵上讲，责任是一组紧密相关的程序规约的集合；从外延上讲，责任是分配工作的基本单元。在实施过程中，我们能将责任作为特征与构件之间的一座桥梁，将两者的多对多关系分解为两组一对多关系。第一组一对多关系体现在特征与责任之间。由于特征代表了需求的集合，是一系列动作的载体，所以这些相对独立的动作可以被操作化为责任，同时这些责任之间也存在交互关系。另一组一对多关系存在于构件和责任之间。由于本身的相关性，由不同特征操作化出的责任能够被分配到同一个构件。源于同一特征的责任之间的交互也能够被提升为构件之间的交互。这种交互关系在体系结构设计时被抽象为交互关系。通过连接子，构件才能将请求发送给对方，或者将自己的服务提供给对方。

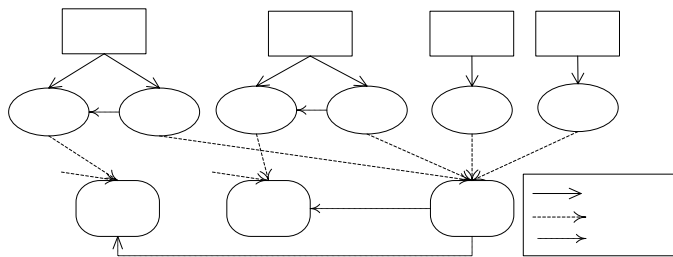


图3 实有人口领域责任分配

图3表示户相关的特征进行操作化、责任分配的过程。由图可见，不同特征操作化出的责任可以分配至同一构件（图中特征功能比较单一，同时均与户信息相关），反之亦然。责任之间存在交互关系（删除户的前提是户中的人口是否

已删除，所以要先检索人口信息），责任分配将这种关系提升至构件的交互层次。另外，特征模型中的房相关特征均为可变特征，相应的构件也应有可变性。具体应用中，房相关特征的选择与否直接决定了房信息构件在体系结构中的存在状态。

在体系结构中，我们将构件分为实体构件与框架构件。实体构件执行明确的功能。框架构件是一种虚拟构件，它代表了领域中的变化性，这与特征的绑定时间相对应，它具体体现在 1) 组装时绑定的可选特征对应的构件。若组装时确定绑定，则加入实体构件；否则框架构件不执行任何操作，或在实际系统中不包含此构件。2) 运行时绑定的可选特征对应的框架。框架构件支持在运行的配置选择，决定哪一个特征处于绑定状态。

页面层与业务层的结合形成概念体系结构，与技术架构的整合进而得到领域的实现体系结构。此结构能够描述系统的整体框架。

### 3.3.3 领域实现

在设计领域的体系结构之后，可以对结构中的构件加以实现。

对于实体构件，它们的功能明确，接口规范，与外部交互清晰，一旦有详细的构件设计说明，能够较容易地开发。对于框架构件，可以先实现其包含的实体构件，在实际应用中，组装时绑定的框架构件直接替换为它的实体构件；运行时绑定的框架构件可以进一步编程，

户信息  
检索

实现其参数化的选择机制。

领域的构件不一定需要自主开发，有时选择第三方构件更能够保证构件的正确性与可用性。电子政务行业比较成熟，拥有一定的规范，一些通用的功能都可由其他公司开发的构件或社会上的构件库(如上海市软件构件库)所实现。设计人员可以将采购第三方构件的成本与自主开发的成本相比较，选择其中的较优者。例如，上海新致软件公司购买‘电子签章’构件使用于电子政务领域，免除了开发的流程，实际上节约了成本。

为了达到重用的目的，本方法建议使用构件库对领域内的可复用资源进行管理。构件库存放构件的实体，并包含对构件具体的描述。在应用系统组装时，可以从构件库中选取适用的构件。

### 3.4 应用工程

与领域工程平行的另外一条主线是应用工程。应用工程是使用领域工程所获取的领域资产创建实际应用系统的过程。它也为三个阶段。

#### 3.4.1 特征选取

对于具体的应用，首先要了解它的特定需求。特定应用的需求是领域需求的子集，其中非功能性的或与技术平台相关的需求可以不在此考虑，因为它们已经在平台工程中加以解决。

领域的不变特征应被包含在特定应用的需求中，而可变特征则是需要决定的对象，尤其是组装时绑定的特征，它们的绑定状态应在此时决定。特征选取决定了特征的集合，同时确定了具体应用的特征模型。由特征模型，我们可以得到实际应用系统的软件规约。比如，某电子政务新系统不要求考虑房的信息，则得到的特征模型是领域特征模型的子集，模型表达了新系统的需求和选定特征之间的交互约束关系。

#### 3.4.2 特定应用体系结构的确定

特征的选择会直接影响特定应用的体系结构。参考领域设计得到的两类体系结构和特定应用的特征模型，实际系统的概念体系结构和实现体系结构也能够随之确定。特别对于组装时绑定的可选特征，如果确定绑定，则体系结构中对应的框架构件应该替换为实体构件，否则框架构件应被移除。如在3.4.1的示例中，如果房信息的特征不被绑定，那么在特定应用的体系结构中将不会出现房信息管理构件。这一过程也被称作领域体系结构的裁减。

#### 3.4.3 系统组装

特定应用的特征模型与体系结构被确定之后，可以选择领域的可复用构件进行组装。

电子政务系统一般被设计成基于JAVA的Web系统，这种B/S的架构能够保证安全性，网络连接等等要求。文献[12]提出了一种J2EE体系结构下基于构件组装的Web应用开发方法，在该方法的指导下，能够在Web层和业务层上进行建模，然后将这些层次的构件组织成可部署的Web应用。

### 3.5 方法对软件企业的影响

上述几节叙述了基于领域的电子政务系统的开发模式，该模式的应用能够调整软件公司的组织结构，合理分配人力资源，具体体现在：

第一，由技术架构组负责技术架构的实现。该组的工作可以面向整个软件企业。

第二，由领域专家担任领域内功能性需求的分析工作，建立电子政务领域的特征模型。

领域专家需要对整个电子政务领域有非常清晰的了解和十分全面的把握，对电子政务的国家标准规范了如指掌。必要时与客户交流，目标是将整个领域的需求完整地表述。

第三，由领域设计人员进行领域体系结构的设计。他们将领域分析和平台工程的成果转化为领域的实现体系结构，同时定义构件及实体构件接口的详细设计说明。

第四，由构件开发人员按照构件详细说明开发符合规范的构件产品。该组的成员仅需编程能力，不要求具有很多的领域知识。

第五，在领域工程完工的前提下，由应用需求分析人员与特定用户直接交流，获取领域内的特定应用需求，参照领域特征模型与体系结构，进行特征选取与体系结构确定的工作。

第六，系统组装组的成员使用组装工具，选择可复用构件，生成实际应用系统。

上述六组的人员各司其职、分工明确，同时他们的工作相辅相成，对电子政务领域知识的掌握要求也大不相同。对于规模比较大的软件企业，可以按照此种方式组织员工，便于管理，便于协作。

4. 实例研究

上海新致软件公司采用本文方法对电子政务领域下的实有人口管理子领域进行了设计与开发。新致公司拥有名为NewTouchOne的技术平台，实有人口领域的非功能性需求都能由该平台实现。所以，该领域的平台工程可以运用现成的技术框架。

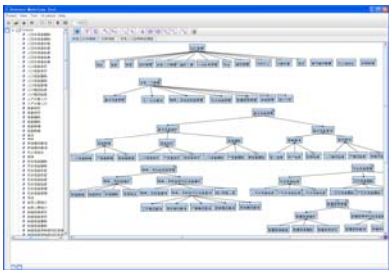


图4 实有人口领域特征模型(特征建模工具)



图5 实有人口领域体系结构模型(ABC-Tool)

图4表示使用‘北京大学特征建模工具’对人口管理领域进行特征建模的模型，从模型中我们看到领域的共性与变性，以及特征之间存在的精化、约束与交互关系。图例中蓝色方块代表特征，带圈表示其具有可变性。

图5表示使用‘北京大学ABC-Tool’对人口管理领域所建立的体系结构模型。依照特征模型，经过特征操作化、责任分配的过程，得到领域的总体结构。图例中蓝色方块代表构件，接口明确，黄色方块代表连接器，构件之间的交互通过连接器实现。

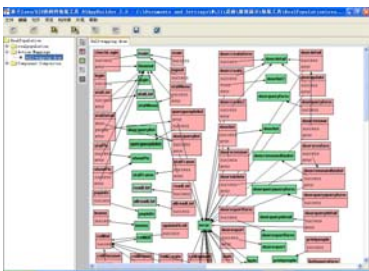


图6 Web层系统组装模型(BSAppBuilder)

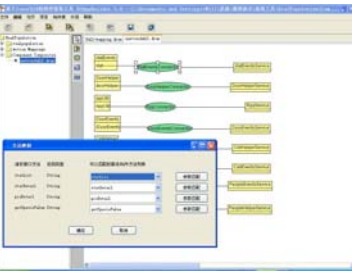


图7 业务层系统组装模型(BSAppBuilder2.0)

图6表示使用‘BSAppBuilder2.0’工具在Web层上的系统组装模型，清晰地表述了页面流转的过程。图例中红色方块代表动作，绿色方块代表页面，绿色灰底的是一种称为region的特殊页面，是新致对组装工具定制得到的。

图7表示业务层上的组装模型。这一步的工作是匹配构件之间的接口，保证其交互的正确性。

## 5. 结论与展望

基于领域的电子政务系统开发方法将领域工程的方法学与电子政务系统的特点紧密结合在一起，为开发电子政务的软件企业提供了一条可选择的途径。

不同于一般的领域工程方法，本文所提出的开发模式充分考虑到电子政务系统的特点，通过平台工程、领域工程与应用工程三个层面的设计与开发，将软件复用程序提升到最高。同时提供给软件企业新的组织模式。经过在上海新致软件公司的实践，证明了方法的可用性。

在实际应用过程中，我们仍总结出如下两点的展望：

- 1) 特征模型转换到体系结构的过渡仍然需要设计者本身的经验，这一过程应增加自动化的实施方案。
- 2) 容纳更多的系统组装模式。

### 参考文献:

- [1] 杨芙清, 梅宏, 李克勤. 软件复用与软件构件技术. 电子学报, 第27卷第2期, 1999年2月: 68-75
- [2] 李克勤, 陈兆良, 梅宏 等. 领域工程概述. 电子学报, 第26卷第5期, 1999年5月: 21-25
- [3] Kyo C. Kang et al . Feature-Oriented Domain Analysis Feasibility Study. SEI Technical Report CMU/SEI-90-TR-21, November 1990
- [4] Kyo C. Kang et al . FORM: A feature-oriented reuse method with domain-specific architecture. Annals of Software Engineering, 1998, V5: 143-168
- [5] Martin L.Griss, John Favaro, Massimo d'Alessandro. Integrating Feature Modeling with the RSEB. Proceedings of 5th International Conference on Software Reuse, Victoria, Canada, June, 1998, IEEE: 76-85
- [6] Gray Chastek et al . Product Line Analysis: A Practical Introduction. SET Technical Report CMU/SEI-2001-TR-001, June 2001
- [7] H. Mei,W. Zhang, F. Gu. A Feature Oriented Approach to Modeling and Reusing Requirements of Software Product Lines. In Proceedings of the 27th Annual International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2003), Dallas, Texas, USA, November 2003, IEEE Computer Society Press: 250-255
- [8] Kun Chen, Wei Zhang, Haiyan Zhao, et al. An Approach to Constructing Feature Models Based on Requirements Clustering. Proceedings of the 2005 13th IEEE International Conference on Requirements Engineering (RE'05)
- [9] Wei Zhang, Hong Mei, Haiyan Zhao. A Feature-Oriented Approach to Modeling Requirements Dependencies. Proceedings of the 2005 13th IEEE International Conference on Requirements Engineering (RE'05)
- [10] 梅宏, 陈锋, 冯耀东 等. ABC:基于体系结构面向构件的软件开发方法. 软件学报. Vol14, No4
- [11] 刘东云, 梅宏. 从需求到软件体协结构: 一种面向特征的映射方法. 北京大学学报(自然科学版), 第40卷第3期, 2004年5月
- [12] 叶菲, 赵文耘, 彭鑫 等. 基于构件组装的Web应用开发方法. 2005全国软件及应用学术会议



姓名(中文)		沈立炜		姓名(英文)		SHEN LiWei		性别	男	出生年月	1982年7月
职称(职务)		硕士生		电话	55885080*33		Email	willooshen@hotmail.com			
手机	13402102001		传真				通信地址	上海市邯郸路 159 号 10A			
研究 方向	中文	软件工程, 领域工程, 软件构件技术									
	英文	Software Engineering, Domain Engineering, Software Component Technology									
基金 资助	中文	国家 863 计划(2005AA113120)特征驱动领域分析、体系结构建模技术及支持工具研究。									
	英文										