

基于产品线需求分析的过程改进研究

唐文忠, 李 剑

(北京航空航天大学 计算机学院, 北京 100083)

摘 要:以简化软件产品线中的需求分析过程、实现过程复用为目的,总结了当前软件生产线需求分析的特点以及分析过程,通过建立领域用户需求模型指导需求获取分析过程,采用基于改进原型法的需求获取方法,基于领域用户需求模型建立需求复用库,引入本体描述用户需求模型等方法,对软件产品线的的需求分析过程进行了改进,并设计实现了一套图形化需求建模工具,有效地简化了需求分析过程,实现了过程复用。其研究结果应用到了D2G软件生产平台中。

关键词:软件产品线;需求分析;领域用户需求模型;图形化需求建模工具

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)07-0104-05

Research on Improving Requirement Analysis Process Based on Software Product Lines

TANG Wen-zhong, LI Jian

(School of Computer Science and Technology, Beijing

University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract:For simplifying the process of requirement analysis of software product lines and realizing software requirement process reuse, summarizes the characteristic and process of the requirement analysis of software product lines. Through building domain function requirement model, improving the method of requirement elicitation based on prototype, creating and managing the requirement reuse library and creating a type of model description language based on ontology, improves process of the requirement analysis of software product lines and designs and develops a visual requirement modeling tool basing on the research. The result of the research has been applied in a software product platform named D2G(design & development for government).

Key words:software product lines; requirement analysis; domain user requirement model; visual requirement modeling tool

0 引言

软件产品线是指具有一组可管理的公共特性的软件密集性系统的集合。其中,公共特性能够满足特定的市场或任务领域的特定需求;软件密集性系统是按照预定义的方式,从公共的核心资源集合开发得到的^[1]。软件产品线方法是软件体系结构和软件复用技术发展的结果,集中体现了一种大规模、大粒度的软件复用实践^[2]。在软件产品线的开发过程中,软件产品线的的需求分析占据重要的作用。与其他软件工程项目不同,产品线的的需求分析是分析整个产品线的的需求,其中包括共性需求以及变化需求。同时,产品线需求分析过程包括了领域需求分析过程以及特定产品的需求分析过程两个阶段。在已有领域需求分析结果基础

上,减少产品需求分析过程中的重复劳动,并提高其效率以及准确性,具有重要的研究意义。

1 软件产品线中的需求分析

产品线需求定义了产品线中的产品及其特性,涵盖了整个系列的共同特性,是产品线重要的核心资产。整条产品线通用的需求由很多变化点组成,这些变化点同样也可以用来创建某个产品特有的需求。这些变化点可能很小,但可能很重要。有时,某些变化点对于某个产品来说是没有意义的,因为该产品不具备对应的特性。一定存在某种机制,可用于快速而方便地生成某个产品的一组完整需求(共性+个性),这意味着产品特有的需求可以保存为一组变量,这些变量与整条软件产品线需求规格说明相关。

产品线的需求工程与单个系统的需求工程存在以下不同^[3]:

1) 产品线的需求抽取必须明确捕获产品线在整

收稿日期:2007-10-12

基金项目:国家“863”计划基金资助项目(2004AA113040)

作者简介:唐文忠(1968-),男,河北涿鹿人,研究员,博士研究生,主要研究领域为信息安全、电子政务、决策支持系统、网络系统集成。

个可以预知的生命周期中所有的变化。

2) 产品线的需求分析包括找出共性和标识差异。通过对已抽取的产品线需求的通用分析和变化分析,确定在产品线中进行大粒度重用的可能性。

3) 需求规格说明包括整个产品线的需求和特定产品的需求。整个产品线的需求应包括符号占位符,以便针对各个产品的文档进行填充、扩展或者实例化。

4) 需求确认目前包括更加广泛的评审人员,并且这种确认包括整条产品线的需求确认、产品特有需求的需求确认以及确保产品线对该产品有用的整条产品线的需求再次确认。

5) 需求管理必须考虑到需求工程过程的双重性特点和活动的阶段性(通用性和特殊性)特点。

2 软件产品线需求分析过程

根据 STARTS^[4] 的软件产品线的双生命周期模型,产品线需求分析过程也分为领域工程中的领域需求分析以及应用工程中的产品需求分析两个过程。按照需求工程活动划分每个过程可分为需求获取、需求分析、撰写需求规格说明、需求确认、需求管理等活动。产品线需求分析过程如图 1 所示。

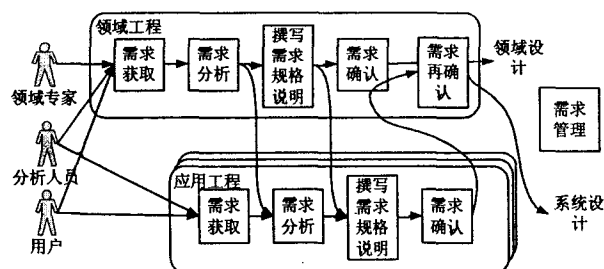


图 1 软件产品线需求分析过程

领域工程中的领域需求分析的参与者包括领域专家、分析人员以及用户,其主要过程包括^[3,5,6]:

* 领域需求获取:主要通过从一组现有系统的需求中总结加工得到。

* 领域需求分析:运用领域分析技术识别分析出共性需求和变化需求,确定变化需求的变动范围,建立领域需求模型(DRM)。目前,分析方法除传统的面向对象分析技术外,还有面向特征的领域分析技术(FO-DA)^[7]。建模方法包括能够明确系统不同相关人员之间需求冲突以及支持折衷决策的相关人员视图建模^[8]、与 FODA 对应的以与/或节点树形式组织对需求共性变化分析结果的特征建模^[7]、辅以变化点来捕获和描述需求中共性与变化的用例建模^[9]以及可以明确标识捕获系统预期变更的用例建模^[10]等。

* 撰写领域需求规格说明:根据领域需求分析的结果,撰写整个产品线的需求规格说明,其中应包括符

号占位符,以便针对各个产品的文档进行填充、扩展或者实例化。

* 领域需求确认:评审确认领域需求。涵盖共性需求、变化需求的复杂的领域需求需要更广泛的评审人员参与。

应用工程中特定产品需求分析的参与者包括分析人员以及用户,其主要过程包括^[3,5,6]:

* 产品需求获取:与传统过程一致,分析人员与用户交流,获取产品的业务需求以及用户需求。

* 产品需求分析:结合领域分析的结果,对特定产品需求进行分析。产品线只能开发其领域需求范围以内的产品,因此,领域需求分析结果对产品需求分析具有重要的反馈作用。系统需求分析过程可以说是根据产品需求对 DRM 的匹配、实例或者剪裁过程。在采用 FODA 方法时,此过程主要完成的工作是对特征树进行剪裁。

* 撰写产品需求规格说明:根据产品需求分析的结果,对领域需求规格说明进行填充、扩展或者实例化。

* 产品需求确认:与传统过程一致,对产品需求进行评审确认。

* 领域需求再确认:对领域需求进行再次确认,目的是确认产品需求在领域需求范围内,确保产品需求可以使用该产品线实现。

此外,产品线的需求管理活动包括领域需求的管理以及产品需求的管理。其中,领域需求的变更会触发产品线相关核心资产的变更,是管理的核心。

3 软件产品线需求分析过程改进

软件复用技术简化了开发过程,使其更具形式化从而可以沉淀并重现。一个好的开发过程可以提高效率保证质量。根据上文分析,产品线的需求过程由一个领域分析过程与多个类似的产品需求分析过程组成。一个好的可复用的产品需求分析过程必然对整条产品线的实施具有重要的意义。

分析现有产品线的产品需求分析过程,在获取阶段,仍采用传统的需求获取过程;在产品需求分析阶段,分析需求、实例或者剪裁领域需求资源的工作仍然相当烦琐,而且需要专业的分析人员;在需求再确认阶段,如果产品线无法满足该产品需求,还需要引导用户变更需求,约束其需求范围,这势必存在合作不愉快的风险。

基于以上问题,文中对产品线的应用工程需求分析过程进行改进,如图 2 所示。

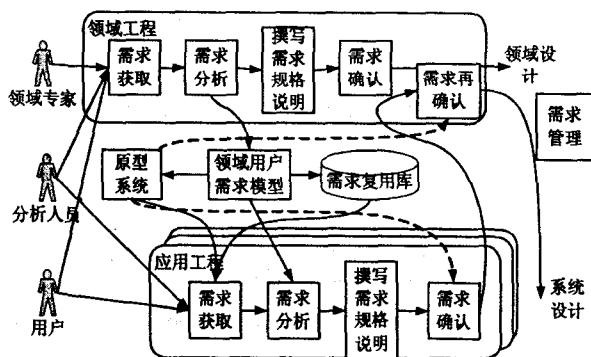


图2 改进后的软件产品线需求分析过程

3.1 基于领域用户需求模型的需求分析过程

领域用户需求模型(DURM)是对用户需求建模。其目的是简化产品需求获取以及产品需求分析阶段的工作。

软件需求从层次上可以分为业务、用户以及功能需求,如图3所示^[5]。在领域需求分析阶段建立的领域需求模型(DRM)涵盖了功能性需求以及各种非功能性需求,例如文献[11]中的特征模型包括服务、用例、功能等特征以及质量等特征。在产品需求分析阶段,需要分析用户需求对 DRM 的各个方面进行实例化或者剪裁。对于同一领域的系列产品,在性能需求、质量需求等非功能需求上大多保持一致,而相同的用户需求也是使用相同的系统功能来实现,用户需求与功能需求之间保持一致性或者存在固定的映射关系。因此,在 DRM 建立的同时建立 DURM,在产品需求过程中一方面可以实现提高需求获取的效率,另一方面也可以根据 DURM 与 DRM 的对应关系简化产品需求分析阶段的工作。

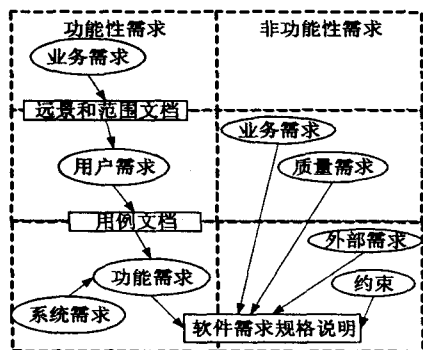


图3 需求层次

DURM使用用例图和活动图描述。当描述具有流程性质的用例时,使用活动图替代自然语言实现了描述的形式化,更准确地表达需求。根据 DURM 的需要,文中对用例图以及活动图进行如下扩展:

* 对用例图中的执行者元素进行扩展,使其满足动态或者即时权限需要并可直接与访问控制模块挂钩。

* 对活动图活动元进行扩展:由于泳道无法表现角色间的继承关系,因此扩展后的活动图元模型除了基本的输入、输出、支持、控制和活动五个元素外,还添加执行者元素,如图4所示。

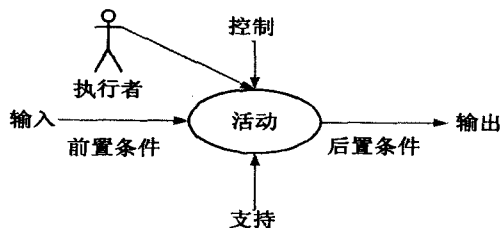


图4 活动元模型

3.2 采用改进原型法的产品需求获取

在产品需求获取阶段,采用了改进后的原型法获取需求。其原型系统不再是产品需求的模拟实现或半成品,而是领域需求的完全实现。在软件产品线中,这种原型法具有其可行性,一方面原型系统由软件产品线组装生产;另一方面原型系统生产一次就可以多次使用,后期只需要随着软件产品线的进化而更新。

这种原型法除具有传统的有效防止需求理解偏差、启发用户等优点外,还具有如下优点:

1) 一开始为用户直观明确地确定了产品的需求边界,避免了可能的纠纷,为以后的需求再确认的通过提供了保障。

2) 能够启发用户一次性提出所有的需求。因为所有的领域需求全部呈现在原型系统中,用户只需做出选择。

3) 原型系统是产品生产线的产品,已经与 DURM 对应。因此,根据此原型系统获取的系统需求已经具有系统性。

3.3 需求复用库的建立

在 DURM 建立后,根据模型中元素的各种可能实例再次进行分析聚类,对于一组相似的实例,建立可复用元件,初始化其相同的参数,并存入复用库。复用元件包括用例、参与者以及各种活动元素等。这样,在实例 DURM 时,只需要从复用库中选择出复用元件,初始化少量剩余参数即可,如图5所示。

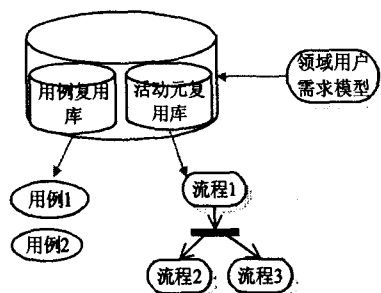


图5 需求复用库

建立需求复用库,一方面,可以简化 DURM 实例化过程;另一方面,可复用元件都是已经确保可以使用相关构件实现的,这样在满足软件产品线的充分灵活性的同时,又有效保障了产品线的最终产品实现,特别是针对复杂多变的业务流程类需求。

3.4 采用本体描述语言描述模型

在 DURM 实例化以后,还需要将其转化成 DRM。为此,文中引入本体的思想,采用本体描述语言来描述 DURM。

本体^[12]是共享概念模型的明确的形式化规范说明,在领域需求工程中本体分析有助于确定系统的需求和规范^[13]。同时,当同一事物存在多个本体时,不同本体之间还可以通过本体映射^[14]实现快速转换。文中在 DURM 描述中引入本体描述语言,一方面,可以统一知识表示,准确表达领域需求中的各种名词术语,解决人员沟通、表达等问题;另一方面,可以借助于本体映射技术实现从 DURM 到 DRM 的快速转化,简化产品需求分析步骤的工作。

本体的建立过程包括确定本体目标、确定本体主体范围、建立本体、检验评估本体、反馈等阶段。文中, DURM 的核心层次结构如下:

model ::= {usercase} :模型包括用例;

usercase ::= {actor, slot, activity} :用例包括参与者、剖面描述以及活动;

activity ::= {actor, action, control, input, output} :活动包括参与者、动作、控制、输入以及输出。

其相互关系定义和规约如下:

定义 1 actor extend - of actor :参与者之间的继承关系;

定义 2 usecase included - of usecase: :用例之间的包含关系;

定义 3 activity describe - of usecase: :活动与用例之间的描述关系;

定义 4 slot belong - of usecase :剖面描述与用例之间的所属关系;

规约 1 actor1 \in usecase1, actor2 extend - of actor \rightarrow actor2 \in usecase1 :如果 actor1 具有 usecase1 的权限,则 actor 的所有子类继承者都具有其权限;

规约 2 usecase2 included - of usecase1, activity1 describe - of usecase2 \rightarrow activity1 describe - of usecase1 :如果用例包含子用例,则其子用例的活动描述也是自己的活动描述;

规约 3 usecase2 included - of usecase1, slot1 belong - of usecase2 \rightarrow slot1 belong - of usecase1 :如果用例包含子用例,则其子用例的剖面描述也是自己的

剖面描述。

4 图形化需求建模工具

基于以上研究,设计开发一套图形化需求建模工具(VRMT),简化并指导产品线在应用工程中的需求分析工作。在产品需求分析过程中,用户与应用人员只需对照原型系统确定自己的需求,进而使用 VRMT 加以描述。VRMT 的主要功能包括:

- * 需求复用库管理维护:实现对需求复用库的管理和维护。

- * 图形化交互:实现用例图与活动图的编辑。

- * 模型描述语言的自动生成:在完成建模后, VRMT 能够使用 3.4 中的描述语言描述 DURM 并生成相应文件提供给产品后续阶段使用。

VRMT 的整体结构如图 6 所示。系统主要通过核心的解析引擎读取配置文件,生成图形交互界面,在用户完成建模后生成结果集。其中,配置文件包括领域功能模型配置文件以及需求复用库配置文件。结果集即 DURM 描述文件。这种基于引擎 - 配置文件方式支持了 DURM 的进化变更以及复用库的变更。此外,SVG(Scalable Vector Graphics)^[15]支持层实现了图形的创建及修改。SVG 是一种基于 XML 的矢量图形描述语言,使用 SVG 技术,一方面可以实现需求复用库的图形符号可定制,另一方面,其支持 CSS、DOM 以及脚本语言特性可以实现基于 Web 的 VRMT。

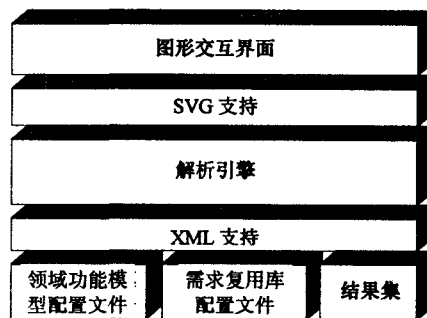


图 6 图形化需求建模工具的设计

5 D2G 平台中的应用

D2G(Design & Development for Government)平台是开发面向全国组织干部领域的应用集成软件平台,其目标是满足能够快速针对不同层次的需求构建组织干部管理信息系统。

在应用中,D2G 平台在领域分析阶段建立领域特征模型、建立 DURM 以及复用库,其中 DURM 与特征模型的映射关系可以归纳为:DURM 的用例对应特征模型的用例特征并在产品开发阶段与大粒度构件相联

系;DURM 单个用例下的具体流程对应特征模型对应用例特征下的功能特征以及相互关联,进而在产品开发阶段对应大粒度构件的子构件以及配置文件。例如,DURM 的活动图可以最终在产品开发时与工作流程定义相联系。这样,产品的需求分析以及设计开发都有机地结合起来,需求过程复用实现的同时也为开发过程复用打下了基础。

6 结束语

以简化需求分析过程,实现过程复用为目的,对软件产品线的需求分析过程进行了研究与改进,包括基于领域用户需求模型简化产品需求分析过程、采用改进原型法以及建立需求复用库优化产品需求获取过程以及采用本体思想简化产品需求分析过程。在以上研究基础上,开发实现了一套基于 SVG 技术的图形化需求建模工具并在 D2G 平台中进行了应用验证。进一步的研究工作包括研究根据领域用户需求模型的用例文档自动生成技术以及撰写产品规格说明书阶段的文档自动生成技术等,以此进一步简化需求过程。

参考文献:

- [1] Clements P, Northrop L. A Framework for Software Product Line Practice[M]. Version 30. PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2001.
- [2] 江 瑜. 基于软件产品线的需求分析研究[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(8): 1778 - 1780.
- [3] Clements P, Northrop L. 软件产品线实践与模式[M]. 张莉, 王 雷译. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [4] STARS. DARPA STARS Overview: Product - Line Process [EB/OL]. 1996 - 03. <http://www.asset.com/stars/darpa/>
- [5] Soren, Lauesen. 软件需求[M]. 刘晓辉译. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [6] Ralph R, Young. 有效需求实践[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [7] Kang K, Cohen S. Feature - Oriented Domain Analysis (FODA) Feasibility Study (CMU/SEI - 90 - TR - 021) [M]. Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 1990.
- [8] Sommerville I, Sawyer P. Requirements Engineering: A Good Practice Guide[M]. West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd., 1997.
- [9] Jacobson I, Griss M, Jonsson P. Software Reuse: Architecture, Process, and Organization for Business Success [M]. New York, NY: Addison - Wesley, 1997.
- [10] Jr. Ecklund E, Delcambre L, Freiling M. Change Cases: Use Cases That Identify Future Requirements [C] // Conference Proceedings of the OOPSLA 96. San Jose, CA: ACM Press, 1996: 342 - 358.
- [11] 张 伟, 梅 宏. 一种面向特征的领域模型及其建模过程[J]. 软件学报, 2003, 14(8): 1345 - 1356.
- [12] Brost W N. Construction of Engineering Ontology for Knowledge Sharing and Reuse [D]. Enschede: University of Twente, 1997.
- [13] 杜英国, 周少云, 孙艳琼. 基于本体的领域分析[J]. 电脑知识与技术, 2006(6): 136 - 138.
- [14] Ding Y, Foo S. Ontology research and development: Part 2 - A review of ontology mapping and evolving[J]. Journal of Information Science, 2002, 28(52): 375 - 388.
- [15] 王 仲, 董 欣, 陈晓鸥. SVG——一种支持可缩放矢量图形的 Web 浏览语言规范[J]. 中国图象图形学报, 2000, 5(12): 1039 - 1043.
- [16] IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2004, 16(7): 843 - 857.
- [22] Khambatti M, Dasgupta P, Ryu K D. A Role - Based Trust Model for Peer - to - Peer Communities and Dynamic Coalitions[J]. Proceedings of the Second IEEE International Information Assurance Workshop (IWIA'04). [s. l.]: IEEE, 2004.
- [23] 窦 文, 王怀民, 贾 焰, 等. 构造基于推荐的 Peer - to - Peer 环境下的 Trust 模型[J]. 软件学报, 2004, 15(4): 571 - 583.
- [24] Zhang Zhen, Wang Xiao - ming, Wang Yun - xiao. A P2P Global Trust Model based on Recommendation [C] // Proceedings of the Fourth International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Guangzhou: [s. n.], 2005: 18 - 21.
- [25] Kalker T, Epema D H J, Hartel P H. Music Sharing - Copyright - Compliant Music Sharing in P2P Systems [M]. [s. l.]: IEEE, 2004.
- [26] Taima K. Can We Ever Charge Napster Users? [M]. [s. l.]: Siemens Corporate Research, IEEE, 2002.
- [27] Knezevic P, Wombacher A, Risse T. Enabling High Data Availability in a DHT [M]. [s. l.]: IEEE, 2005.
- [28] Xu Zhiyong, He Xubin, Bhuyan L. Efficient File Sharing Strategy in DHT Based P2P Systems [M]. [s. l.]: IEEE, 2005.
- [29] Zhang Qian, Sun Yu, Liu Zheng, et al. Design of a distributed P2P - based grid content management architecture [M]. [s. l.]: IEEE, 2005.

(上接第 103 页)