

可变粒度需求跟踪的研究与实现

吴 桐 阳展飞 赵文耘

(复旦大学计算机信息技术系软件工程实验室,上海 200433)

E-mail: email777@263.net

摘 要 需求管理是软件项目管理中的重要一环,在软件配置管理中占有重要地位。需求跟踪是需求管理和变更控制的基础。该文以基于过程的可变粒度的配置管理为背景,针对可变粒度的需求跟踪问题,提出一种需求跟踪的实现机制,使项目管理人员可以更全面地把握项目进展状况,有效降低需求变更带来的风险。

关键词 需求跟踪 需求管理 软件配置管理 可变粒度

文章编号 1002-8331-(2003)01-0062-03 文献标识码 A 中图分类号 TP31

Research on Changeable-Grained Requirements Tracking

Wu Tong Yang Zhanfei Zhao Wenyun

(SE Lab., Department of Computer Info. & Tech., Fudan University, Shanghai 200433)

Abstract: Requirements management is an important part in both project management and software configuration management. Requirements tracing is the base of requirements management and change control. This paper discusses the problem of changeable-grained requirements tracing. With the idea of changeable-grained software configuration management, a mechanism of requirements tracing is presented, which lets project managers grasp the status of project more roundly and reduces risk before changes are carried out.

Keywords: Requirements Tracking, Requirements Management, Software Configuration Management, changeable-grained

1 概述

在《没有银弹》中, Brooks 提到, 软件的复杂性是软件的本质属性, 抽离了复杂性的软件实体描述通常抽离了本质。软件工程的基本任务是建造足够复杂的概念上的结构, 以抓住问题域的本质^[6]。软件需求是软件工程的首要任务。软件需求的成功与否直接关系到软件项目的成败。随着软件工业的迅猛发展, 软件的规模和复杂程度不断增加, 软件需求也越来越庞大复杂, 如果没有科学完善的管理机制, 软件的质量和成本将难以保证。

对许多项目来说, 一些需求的改变是不可避免的。有报告称, 扩展需求对 80% 的管理信息系统项目和 70% 的军事软件项目造成风险。扩展需求是指在软件需求基线已经确定后又要增加新的功能或进行较大改动。在决定是否进行变更时, 如果开发人员对项目当前的进展情况有一个完整、清晰的认识, 则他(她)将低估或无法确定该变更可能带来的影响, 这样, 项目被引入风险。开发人员往往对建议的软件变更成本或其他衍生结果不愿或不能提供出准确的评估^[1]。对变更评估的盲目性是直接导致项目范围延伸的重要原因。

在这种情况下, 实行有效的需求工程的重要性日益突出。有效的需求工程要求有规范的需求开发和适当的需求管理。需求管理是配置管理的一部分。需求跟踪是需求管理的重要活动, 是实施有效需求管理的基础。下面将探讨在可变粒度软件配置管理中的需求跟踪问题。

下面对软件配置管理, 需求管理, 需求跟踪作概念性介绍;

第二节讨论可变粒度的需求跟踪的必要性、可行性和原理; 第三节介绍一个软件配置管理工具——WingCM。

1.1 需求管理

需求工程包括需求开发和需求管理。需求开发的结果应该有项目视图和范围文档, 用例文档, 软件需求规格说明及相关分析模型。经审批形成需求基线。需求管理包括在工程进展过程中维持需求基线集成性和精确性的所有活动^[1]。包括:

- (1) 控制对需求基线的变动。
- (2) 保持单个需求和需求文档的版本情况。
- (3) 管理需求和联系链之间的联系或管理单个需求和其它项目可交付产品之间的依赖关系。
- (4) 跟踪基线中需求的状态。

需求管理的主要活动包括(图 1):

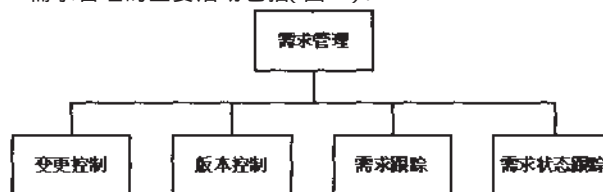


图 1 需求管理的主要活动

(1) 变更控制: 建议变更, 影响分析, 作出决策, 交流, 合并; 测量需求的稳定性。

(2) 版本控制: 确定需求文档版本, 确定单个需求文档版本。

(3) 需求跟踪: 定义对其他需求的连接链, 定义对其他系统

基金项目: 国家 863 高技术研究发展计划课题(编号: 2001AA110241); 基于 Internet 以构件库为核心的软件开发平台

作者简介: 吴桐, 硕士研究生, 研究方向: 软件工程。阳展飞, 硕士研究生, 研究方向: 软件工程。赵文耘, 教授, 研究方向: 软件工程, 构件技术, 软件重用技术。

元素的连接链。

(4)需求状态跟踪:定义需求状态,跟踪需求每一个状态。

其中,除了版本控制由配置管理活动支持,变更控制、需求状态跟踪都是以需求跟踪为基础的。

软件配置管理包括标识给定时间点上软件的配置,系统的控制配置更改,维护配置在整个生命周期中完整性和可跟踪性。

过程能力成熟度模型(Capability Maturity Model,CMM)中,配置管理和需求管理都是成熟度第二级的6个关键过程域之一^[2]。

从上面可以看出,需求管理与配置管理有几个共同之处:变更控制,版本控制,可跟踪性。

概念上,需求管理是配置管理的一部分,但是,当今大多数配置管理工具并没有实现完整的需求管理,主要是因为需求粒度难以确定。而且基本上,在软件需求规格说明形成以前的需求管理在配置管理中并没有实现。

在项目管理中,变更控制占有重要地位。需求的变更直接影响着项目范围。确定了项目范围也就定义了项目的工作边界,明确了项目的目标和主要的项目可交付成果。项目范围变化控制系统应与项目整个变更控制系统结合起来^[8]。

1.2 需求跟踪

软件需求包含三个不同层次:业务需求,用户需求和功能需求(也包含非功能需求)。业务需求(business requirements)反映了组织机构或客户对系统、产品高层次的目标要求;用户需求(user requirements)描述了用户使用产品必须要完成的任务;功能需求(functional requirements)定义了开发人员必须实现的软件功能,使得用户能完成他们的任务,从而满足了业务需求^[1]。需求跟踪要求需求以一种结构化的、粒度好的方式编写并单独标明,而不是大段的叙述。因此,将功能需求作为需求跟踪的起点是合适的。

需求跟踪是在系统的整个生命周期中,从正逆两个方向描述和追踪需求的能力^[5]。图2说明了四类需求跟踪能力^[1]:



图2 需求跟踪的分类

(1)客户需求(业务需求,用户需求)可向前追溯到需求。这样能区分出开发过程中或开发结束后由于客户需求变更受到影响的功能需求。这确保了需求规格说明书包括所有客户需求。

(2)从需求回溯到客户需求。确认每个软件功能需求的源头。

(3)功能需求跟踪到开发过程中的产品(设计,编码,测试用例)。这确保每个功能需求被实现。

(4)从下游产品回溯到功能需求。可以了解每个部件存在的原因。

需求跟踪对于项目的跟踪和管理都是非常必要的。需求跟踪可以:

- (a)以更有效的方式排列需求变更。
- (b)通过获取与项目相关的重要信息降低可能的风险。
- (c)高质量的需求跟踪可以确定系统需求变更的影响。
- (d)跟踪能力支持过程改进^[4]。

1.3 可变粒度的需求跟踪

需求的粒度是需求跟踪中较难控制的问题。它与人的主观意志有关,同时,需求的形成是渐进的过程,从粗线条的轮廓到需求规格说明的细目,这是一个粒度由大到小的过程。在IEEE Std 830-1998中,推荐了有代表性的8种需求规格说明模板^[7]。这8种模板虽然在需求的组织方式上侧重各不相同,但在结构上有一个共性:功能需求均为树状的层次结构。即软件的功能需求在粒度上可大可小。因此,有必要对不同粒度的需求进行跟踪。在应用中,很可能对一个大粒度的需求作跟踪,以得到其进展情况,或对其变更影响范围进行分析。

2 可变粒度的需求跟踪技术

2.1 需求跟踪联系链

跟踪能力联系链使能跟踪一个需求使用期限的全过程。不计方向,联系链分为两类:功能需求之间,功能需求到其他元素之间^[1]。

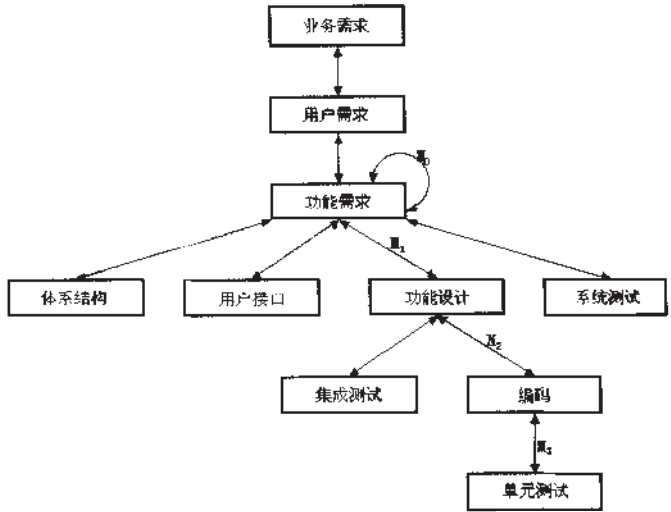


图3 可能的需求跟踪联系链

图3中,所有的联系链都是双向的,既可前向跟踪,又可反向回溯。在实际应用中,并非所有的联系链都要定义。而且,图3的结构可作调整。比如,体系结构和用户接口可以与功能设计合并。

需求跟踪应注意时机。需求跟踪是个要求手工操作且劳动强度很大的任务,要求组织提供支持。随着系统开发的进行和维护的执行,要保持关联链信息与实际一致。跟踪能力信息一旦过时,可能再也不会重建。在整个系统完成后再实施需求跟踪代价会很大,因此,定义和维护跟踪能力联系链应该从项目启动就开始。这样,需求跟踪的投入将在整个软件过程中得到回报^[4]。

2.2 变粒度的需求跟踪的原理

2.2.1 需求跟踪能力矩阵

表示需求和其它系统元素之间的联系链的最普遍方式是使用需求跟踪能力矩阵^[1]。形如下页表1所示。

2.2.2 使用跟踪能力矩阵实现可变粒度的需求跟踪

图3中的每条联接均可定义跟踪能力矩阵,这一节将截取图3中的一部分说明问题。如,已在功能需求到单元测试用例间定义跟踪能力矩阵:

$$M_{0(m_0 \times m_0)}, M_{1(m_0 \times m_1)}, M_{2(m_1 \times m_2)}, M_{3(m_2 \times m_3)}$$

其中 m_0, m_1, m_2, m_3 分别表示功能需求,设计,编码,测试

用例的最小粒度元素的维数。这里的最小是指局部的最小,即只要该元素下没有子元素。而且,最小粒度在实际中是有下限的,如功能点、类、函数、测试用例分别是功能需求、设计、编码、测试用例的最小元素的下限。

表 1 联系用例与功能需求的跟踪能力矩阵

用例 \ 功能需求	UC-1	UC-2	UC-3	UC-4
FR-1	✓			
FR-2	✓			
FR-3			✓	
FR-4			✓	
FR-5		✓		✓
FR-6			✓	

在配置管理活动中,按照软件开发生命周期引入过程概念。每个过程中的配置项被组织为一棵树。树根映射为过程元素,叶子映射为最小粒度的元素(图 4)。

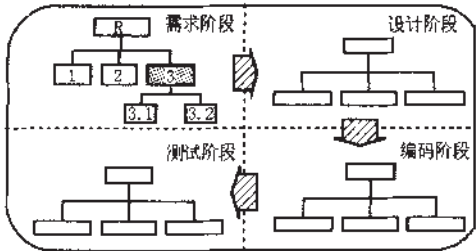


图 4 引入过程概念的配置管理模型

首先对可变粒度作一下说明。选择某一粒度的元素,则认为以它为根的整个树枝全部选中。如图 4 中,选择需求阶段的节点 3,则其下的节点 3.1、3.2 被同时选中。

下面介绍从功能需求到测试用例的跟踪过程。

(1) 设对某一功能需求(任意粒度)作变更,则认为以它为根的整个树枝全部变更。得到变更需求向量 $r=(R_1, \dots, R_{m_0})$; 其中 R_1, \dots, R_{m_0} 均为布尔值, $\forall i, 1 \leq i \leq m_0, R_i = \text{true}$ 当且仅当 R_i 将要变更,否则 $R_i = \text{false}$ 。

(2) 功能需求之间存在的依赖联系由 M_0 表示。为了保证所有受到变更影响的功能需求不被遗漏,须得到 M_0 的闭包 M^* 。 M^* 可用如下方法得到: M_0 逐次自乘,直到出现 n ,使得 $M_0^n = M_0^{n-1}$ 。

(3) 用变更需求向量 r 去乘 M^* ,得到一个 m_0 维向量 r_0 ,表示受影响的功能需求集合;用 r_0 乘 M_1 ,得到 m_1 维向量,表示受影响的设计元素集合;再乘 M_2 ,得到 m_2 维向量,表示受影响的编码元素集合;再乘 M_3 ,得到 m_3 维向量,表示受影响的测试用例集合。这里,矩阵元素的运算:加法(+)用析取(\vee)替换,乘法(\times)用合取(\wedge)替换。

通过以上过程,变更的影响被有效全面地捕获,实现了从功能需求到下游工作产品的跟踪。另外三类需求跟踪(见图 2)的实现方式与此类似。

3 WingCM 中需求跟踪能力的扩展

3.1 WingCM 简介

WingCM 是一种面向过程、粒度可变的 SCM 工具。WingCM 目前尚处于开发阶段。它通过灵活的过程定制、基线设立、变更控制、产品发布等一系列过程管理,全面支持企业过

程式开发。该工具通过构建企业内部实用构件库、项目级构件库,对基于构件和软件复用的开发过程提供有力支持。通过各种封装机制,提供可变粒度的配置管理支持,提高了 WingCM 的可理解性和易使用性。对软件开发过程中的各种资源(包括测试用例)提供全面管理。注重对用户使用过程中的各种有用数据的收集,为企业的过程改进提供重要数据依据。工具通过中心资源库、个人工作区的管理和各种并发机制为小组协作和并行开发提供了支持。

3.2 需求跟踪能力的扩展

(1) 有了可变粒度的过程支持,WingCM 中的需求跟踪工作被分散到每个过程中。在 WingCM 中,每当配置项被检入,该配置项被要求指定关联到上一过程基线上的某一配置项,作为其产生的依据。这种关联可以随时修改。这种在开发过程中收集信息,定义跟踪能力联系链的方式,降低了实施需求跟踪增加的代价。

(2) 跟踪需求的状态。可以在需求中加入状态信息。已被建议的有:已建议、已批准、已实现、已验证、已删除^[1]。当某需求后续过程进行到比较成熟的阶段时,更改该需求的相应状态。这样可以跟踪需求的进展情况。

(3) 扩展需求的属性。除了配置管理工具中提供的配置项信息(创建者、创建时间、版本等)外,在需求中增加附加信息^[1]:

- 相关客户人员
- 需求状态
- 需求原因或根据
- 需求优先级
- 需求的稳定性

这些附加信息是需求管理的对象,同时,它们使需求跟踪更加灵活、高效。强大的跟踪能力将使项目开发变得井井有条。

4 结束语

需求跟踪是需求管理和变更控制的基础。该文分析了软件跟踪、软件需求和软件管理的特点、原理以及它们与配置管理的关系,并以基于过程的可变粒度的配置管理为背景,针对可变粒度的需求跟踪问题,提出一种需求跟踪实现机制,并在一个 SCM 原型系统的设计中实现了该机制,取得良好效果。

(收稿日期:2002 年 7 月)

参考文献

1. Karl E. Wiegers 著. 陆丽娜等译. 软件需求[M]. 机械工业出版社, 2000
2. P. H. Feiler. Configuration Management Models in Commercial Environments[R]. Technical Report CMU/SEI-91-TR-7, Software Engineering Institute, CMU, 1991
3. Orlena Gotel, Antony Finkelstein. An Analysis of the Requirements Traceability Problem
4. Ambler Scott. Trace Your Design[J]. Software Development, 1999, 48-54
5. Matthias Jarke. Requirements Tracing[J]. Communications of the ACM, 1998, 41(12)
6. Frederick Brooks. No Silver Bullet: Essence and Accidents of Software Engineering[J]. Computer Magazine, 1987
7. IEEE 1998. IEEE Std 830-1998: IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications[S]. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press
8. 毕星, 翟丽. 项目管理[M]. 复旦大学出版社, 2000