

# 基于 MDA 的 Web 服务组合的研究及应用

侯勤园<sup>1</sup>, 王 虎<sup>2</sup>

(1. 山东师范大学 信息科学与工程学院, 山东 济南 250014;

2. 济南普安联盟软件有限公司, 山东 济南 250101)

**摘 要:**随着已有 Web 服务数量的不断增加, 如何利用这些现有的 Web 服务创建新的更复杂的 Web 服务成为一项新的研究课题。特别地, 利用 MDA 进行 Web 服务合成已经成为研究的热点。提出了一种基于模型驱动架构的 Web 服务组合方法, 将模型驱动软件开发方法学应用到 Web 服务组合中。针对 WSDL 语言给出了一个 UML Profile for WSDL 来建立与 WSDL 平台相关的静态结构模型, 并给出了与 WSDL 平台相关的静态结构模型和 WSDL 语言之间的模型转化规则。并通过一个旅行代理服务的实例说明了方法的应用情况, 验证了方法的可行性。

**关键词:** Web 服务组合; 模型驱动架构; WSDL

**中图分类号:** TP311.52

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2008)10-0240-04

## Research and Application of Web Service Composition Based on MDA

HOU Qin-yuan<sup>1</sup>, WANG Hu<sup>2</sup>

(1. School of Information Science & Engineering, Shandong Normal University, Jinan 250014, China;

2. Jinan Pansoft Limited Company, Jinan 250101, China)

**Abstract:** A number of Web services are now available and it therefore seems natural to reuse existing Web services to create composite Web services. Specially, it is a hot topic to study the problem of Web services composition using MDA. Proposed a Web services composite method based on model driven architecture, the model-driven software development methodology applied to Web services composition. Design the UML Profile for WSDL as the modeling language of structure PSMs and give the transformation rules from structure PIMs to PSMs. Then illuminated and confirmed this method's application by travel agents.

**Key words:** Web services composition; model driven architecture; Web services description language

## 0 引言

目前,越来越多的企业将自己的业务作为 Web 服务发布。然而,一个单独的 Web 服务很可能限制其所拥有的能力,所以工业界和学术界都希望能够通过 Web 服务组合来创造新的 Web 服务。所谓 Web 服务组合<sup>[1,2]</sup>,指的是从现有的 Web 服务中选取相对简单、可用的、符合服务需求的服务,并将它们组合成新服务的技术。组合后的新服务被称为复合服务(composite service)。用于组合复合服务的子服务称为原子服务。

结合模型驱动架构(MDA)的技术特点,将 MDA 的思想和技术引入到 Web 服务组合领域中来,给 Web 服务组合的研究和应用带来很大的方便。具体来说,

如果能够为 Web 服务组合建立平台无关的模型,并且利用模型转换的技术将 Web 服务组合的平台无关模型转换为与具体的平台相关的模型甚至具体的代码,这样同一个平台无关模型可以转化为不同的平台上的代码,很好地克服了 Web 服务组合领域标准众多的问题,可以充分利用各种 Web 服务组合中的方法和技术的优点,并且能够很好地适应各种技术和平台的动态改变。

## 1 MDA 概述

### 1.1 MDA 基本概念

MDA<sup>[3]</sup>是对象管理组织(OMG)提出的一种新的系统开发方法,它是一种在软件开发中使用模型来建立系统和解决互操作性等问题的途径,能够很好地解决传统软件开发模式所遇到的问题,提高软件开发的效率。

MDA 将软件系统的模型分离为平台无关模型(PIM)和特定平台模型(PSM)<sup>[3]</sup>,同时又能通过转换

收稿日期:2008-01-19

基金项目:科技部创业基金项目(06C26213701395)

作者简介:侯勤园(1980-),男,山东菏泽人,硕士研究生,研究方向为计算机软件工程、模型驱动架构;王 虎,教授,硕士,研究方向为软件工程、数据库。

规则将它们统一起来,以这样的方式试图去摆脱需求变更所带来的困境。在 MDA 框架中,首先使用平台无关的建模语言来搭建平台无关的模型 PIM,然后根据特定平台和实现语言的映射规则,将 PIM 转换以生成平台相关的模型 PSM,最终生成应用程序代码和测试框架。

### 1.2 MDA 的开发步骤

- 1) 首先使用 PIM 对系统进行建模。
- 2) PIM 可以被转换到一个或者多个特定平台相关模型 PSMs,对于每种特定的技术平台都会生成独立的 PSM。
- 3) 根据平台的特性对 PSM 加以修改,对 PSM 的改变也能够反映到 PIM 中去,这是 MDA 的高级特性。
- 4) 对 PSM 进行不断的精化,以指导生成器生成质量更高的代码。
- 5) 将每个 PSM 都转换到代码,由于 PSM 和系统实现技术已经很接近,因此这种转换来得比较直接。

MDA 开发步骤如图 1 所示。

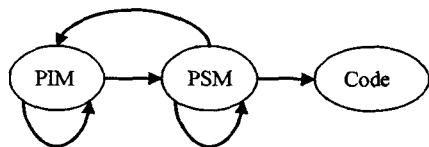


图 1 MDA 的开发步骤

### 1.3 MDA 的元对象机制

OMG 的 MOF<sup>[4]</sup> (Meta Object Facility, 元对象机制) 将模型划分为 M3, M2, M1 和 M0 层, 模型的转换有可能发生在不同的层次之间, 根据所处层次的不同, 可以将模型转换划分为不同的种类 (如图 2 所示)。

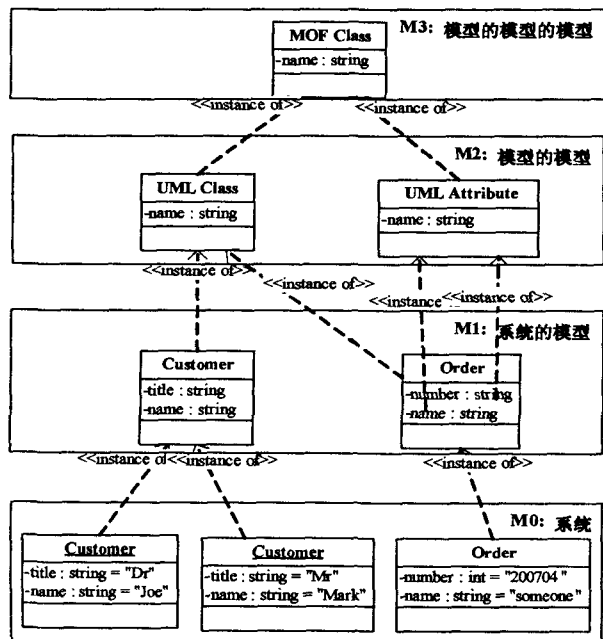


图 2 M0 层至 M3 层概观

真实的系统以及组成系统的各种对象处于 M0 层; 而用来表述系统的模型处于 M1 层, 例如 UML 的类图; 用来规定 M1 层的形式和语法的元模型处于 M2 层, 又称为元模型层, 例如 UML 元模型和 SQL 元模型; M3 元模型也是更高层模型的实例, 也就是 MOF 元模型的实例, MOF 元模型处于 M3 层。

M2 层是 M3 层的实例, 而 M1 层是 M2 层的实例, M0 层也是 M1 层的实例。通常所说的建模, 基本上是对 M1 层模型而言, 因为利用 M1 层模型, 可以直接生成或者构造可以运行的系统。

## 2 模型驱动的 Web 服务组合

在用特定语言定义组合服务的基础上, 用模型驱动的方法来开发、管理 Web 服务组合, 模型驱动方法将软件开发方法学应用到 Web 服务组合中。该方法的最大特点是将组合逻辑与组合规范分离开, 使用 UML 描述 Web 服务组合, 使得能在更抽象的层次将 Web 服务组合模型化, 该组合定义随后可自动地映射到特定的规范如 WSCI 上, 进而再关联到实际具体的 Web 服务上。基于 MDA 的 Web 服务组合方法, 重点是为 Web 服务组合建立模型, 并利用模型转换技术对模型进行转换。通常, Web 服务组合模型可以分为静态结构模型和动态行为模型<sup>[5]</sup>。

文中主要对静态结构模型进行了研究, 提出了一种用 UML 图来描述 Web 服务组合的方法, 该方法生成的组合 Web 服务 UML 模型可以通过执行引擎和转换规则转换成不同的 Web 服务组合描述语言, 从而实现了 Web 服务组合与描述语言无关。分为四步:

第一步, 创建组合 Web 服务模型, 并确定参与组合的候选 Web 服务。目的是为预备组合得到的复合服务创建初步的模型, 并且从现存的候选 Web 服务中确定用来组合复合服务的原子服务。初步的复合服务模型包含两个部分: 复合服务的静态结构模型和复合服务的每个操作的粗略的组合模型。复合服务的静态结构模型用 UML 类图表示, 描述了复合服务的操作名、操作的输入输出参数等。操作的组合模型用 UML 活动图表示, 描述每个操作的组合需要调用哪些原子服务以及这些原子服务的组合方式。操作的组合模型实际上是将操作的功能分解为若干较小的子功能, 对于每个子功能, 可以搜索是否存在现成的原子服务来实现。操作的组合模型是搜索合适的原子服务的依据, 根据它可以在 Web 服务注册中心找到合适的原子服务, 并提取原子服务的 WSDL<sup>[6]</sup> 描述文件。

第二步, 从候选 Web 服务的 WSDL 文件逆向工程生成 UML 类图, 从 UML 类图中识别出参与 Web 服

务组合的具体操作,然后把所有参与组合的操作组合起来,从而生成组合 Web 服务的 UML 活动图。这一步用 UML 活动图为 Web 服务组合的细节进行建模,从而得到复合服务的动态行为模型。首先将上一步得到的原子服务的 WSDL 文档转换成 UML 模型,确立具体需要调用的原子服务的操作。将从原子服务的 WSDL 文档中得到操作的名称、输入输出等信息加入到用活动图表示的动态行为模型中,并且当一个原子服务的输入与同一数据流中前一个原子服务的输出不匹配时,需要对数据进行适当转换以满足实际的要求。

第三步,配置执行引擎并执行活动图转换生成的组合 Web 服务可执行规约。这一步将复合服务的动态行为模型转换为可执行的 Web 服务组合语言平台,如 BPEL、BPML、WSCL、BPSS、BPMN<sup>[7-9]</sup>等。由于第二步建立的动态行为模型是平台无关的,可以先将它转换为与特定平台相关的模型,然后再转换成特定语言平台的代码。最后把转换生成的文档输入到其相应的执行引擎,就可以在引擎中实际运行了。

第四步,发布新生成的组合 Web 服务。当复合服务的静态结构模型建立完毕后,把复合服务的静态结构模型转换为 WSDL 文档发布到 Web 服务注册中心。因为目前的 Web 服务都是由 WSDL 语言来描述发布的,所以这里只转换成 WSDL 文档。但是静态结构模型可以是平台无关的,因此能够适应目标平台的改变。

### 3 应用事例

**旅行代理服务:**一个旅行代理服务可以帮助客户进行飞机订票、酒店预订和求租汽车。图 3 是关于旅行代理服务的简单用例图,代表一个客户如果去旅行,他需要访问旅行社 Web 站点的旅行代理服务。客户输入自己的需求,旅行代理服务接受客户的需求并将它们发送给机场、酒店和出租车公司。待得到返回的满足客户需求的结果后,将它们提供给客户。客户接受履行代理服务的返回信息,做出合适的选择后,支付费用即可享有这些服务。费用通过银行提供的相关服务进行支付。

这里提出了用 UML 建立 Web 服务组合平台无关模型和与 WSDL 相关的静态结构模型,并给出了从平台无关模型到 WSDL 相关模型、从 WSDL 相关模型到 WSDL 代码的转换方法。

#### 3.1 平台无关的静态结构模型

由图 3 可知旅行代理服务是复合服务,而机场、酒店、出租车公司和银行提供的 Web 服务是原子服务。可以利用 UML 类图建立如图 4 所示的复合服务平台无关静态结构模型。

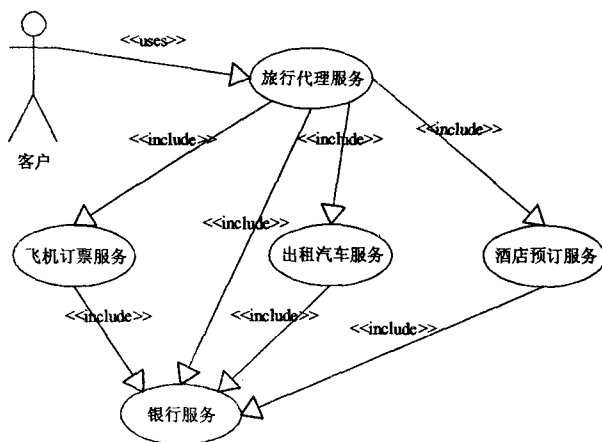


图 3 旅行代理用例图

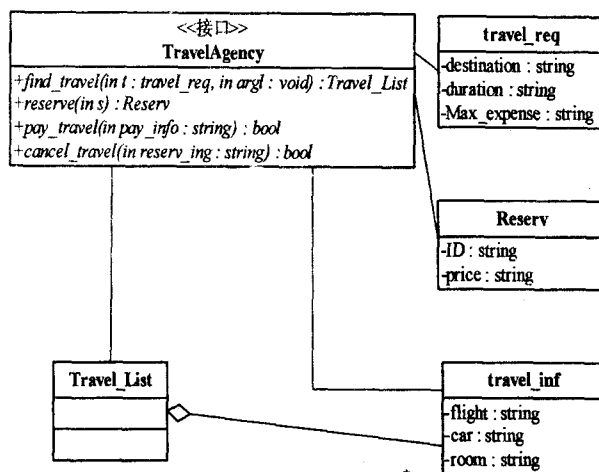


图 4 复合服务平台无关静态模型

#### 3.2 平台相关的静态结构模型

旅行代理服务平台无关静态结构模型可转化为如图 5 所示的与 WSDL 语言平台相关的静态结构模型。

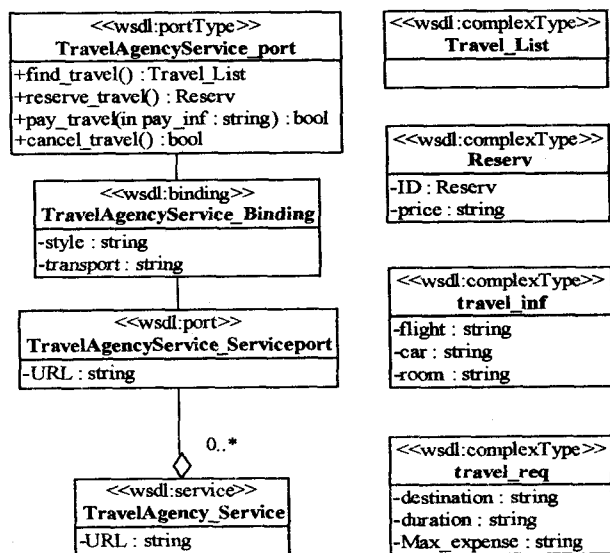


图 5 WSDL 语言平台相关的静态结构模型

提出了图 5 所示的 UML Profile for WSDL, 利用它建立与 WSDL 语言平台相关的复合服务静态结构

模型。其中引入了构造型<sup>[10]</sup>《wsdl:portType》,《wsdl:binding》,《wsdl:port》,《wsdl:service》,《wsdl:complexType》,分别对 WSDL 中相应的语言元素进行建模。构造型《wsdl:portType》为 WSDL 中的 portType 结构进行建模,通过设置《wsdl:portType》中的操作的名称、参数和返回值等可以为 WSDL 的 portType 结构中的 operation 结构进行建模。《wsdl:binding》用于为 WSDL 中的 binding 结构进行建模,通过设置《wsdl:binding》中的属性值可以为 WSDL 中的 binding 结构进行建模。同样地,可以通过设置《wsdl:port》,《wsdl:service》和《wsdl:complexType》的名称和属性来为 port、service 和 complexType 进行建模。

从 UML(PIM)到 UML Profile for WSDL(PSM)的转换规则如下:

(1)UML 中的每个 Class,转化为 UML Profile for WSDL 中的构造型《wsdl:complexType》。Class 中的属性直接拷贝到《wsdl:complexType》中。

(2)UML 中的每个 interface,转化为 UML Profile for WSDL 中的《wsdl:portType》,interface 中的操作直接拷贝到《wsdl:portType》中。

(3)对每个《wsdl:portType》,在 UML Profile for WSDL 中生成与其相关的构造型《wsdl:port》以及它们之间的关联类《wsdl:binding》。

(4)最后生成构造型《wsdl:service》,它是若干《wsdl:port》的聚集。

### 3.3 静态模型的模型转换

3.1 节首先构造了一个平台无关的静态结构模型,3.2 节将平台无关的静态结构模型转换为与 WSDL 相关的静态结构模型。基于前述的模型转换方法,下面给出了将 Web 服务组合的静态结构模型转换为 WSDL 的方法。

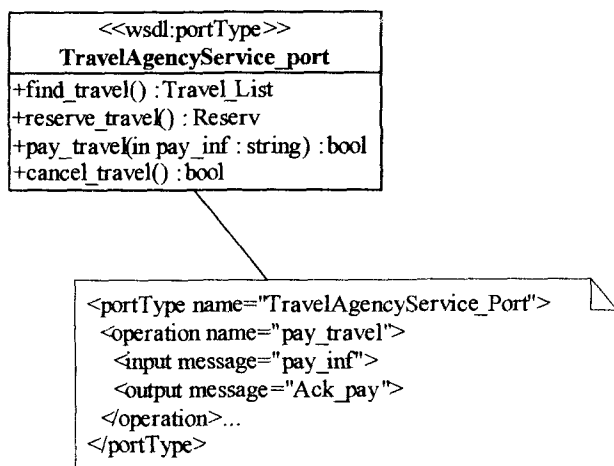


图 6 UML Profile for WSDL 到 WSDL 的转化

图 6 说明了 WSDL 相关的复合服务静态结构模

型与 WSDL 语言的对应转换关系。由于篇幅限制,下面只举一个转换的例子来说明。

模型中构造型《wsdl:complexType》可以直接转换为 WSDL 文件 type 片段中同名的 complexType。构造型《wsdl:complexType》中的属性转换为 complexType 中同名的 element 片段。构造型《wsdl:portType》转换为 WSDL 文件的同名 portType 片段。《wsdl:portType》中的每个操作转换为 portType 片段中同名的 operation 片段。《wsdl:portType》中的每个操作的参数转换为 2 个部分:WSDL 文件的 message 片段和 portType 片段中 operation 中的输入输出消息。同时,《wsdl:portType》中的每个操作还转换为 WSDL 文件中与其同名的 portType 关联的 binding 片段中的 operation 片段,而模型中与《wsdl:portType》关联的构造型《wsdl:binding》转换为 WSDL 文件中同名的 binding 片段,《wsdl:binding》中的属性 style 和 transport 转换为 WSDL 文件 binding 片段中《soap:binding》的 style 和 transport 字段。模型中的《wsdl:service》转换为 WSDL 文件中的同名 service 片段,与《wsdl:service》关联的每个《wsdl:port》转换为 service 片段中的同名 port 片段,它们相应的 URL 属性,可以转换为 WSDL 文件中实际的访问地址。

## 4 结 语

基于 MDA 开发的系统可以方便地实现现有系统交互、集成和系统移植,也可以方便地集成未来新技术,以及最大程度地实现模型复用,降低软件开发成本和保护现有投资。基于 MDA 的 Web 服务组合会给异构系统的交互和集成提供理想的解决方案,因此研究基于 MDA 的 Web 服务开发是非常有价值的。

### 参考文献:

- [1] Chakraborty D, Joshi A. Dynamic Service Composition: State of the Art and Research Directions: [R/OL]. UMBC, 2001 - 12. <http://research.ebiquity.org/re/papers.html>.
- [2] Benatallah A, Gumas M. Declarative Composition and Peer-to-Peer Provisioning of Dynamic Web services[M]. San Jose: IEEE Computer Society, 2002.
- [3] Frnkel D S. 应用 MDA[M]. 鲍志云译. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [4] Kleppe A, Warmer J. 解析 MDA[M]. 鲍志云译. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [5] Thone S, Deplke R, Engels G. Process - Oriented, Flexible Composition of Web Services with UML[C]// In: Workshop on Conceptual Modeling Approaches for e - Business: A Web

(下转第 246 页)

11;

注:上述的  $X_{\text{left}}[1]$ 、 $X_{\text{right}}[1]$ 、 $Y_{\text{min}}[1]$ 、 $Y_{\text{max}}[1]$  中的下角标[1]表示为检测到的第一条疑似裂纹,依此类推, $X_{\text{left}}[n]$ 、 $X_{\text{right}}[n]$ 、 $Y_{\text{min}}[n]$ 、 $Y_{\text{max}}[n]$ 表示第  $N$  条疑似裂纹的相关坐标。

其中,由于各种原因,图像中不可避免地出现没有去除掉的孤立像素点( $1 \times 1$ 或 $2 \times 2$ ),都视为干扰。

由于裂纹图像的特点,运用上述算法较为简单。并且,对于一条裂纹中有非 4 连通连接的情况,也能考虑到,如图 4 中对疑似裂纹 2 中的  $y = 7$  与  $y = 8$  之间的非 4 连通的扫描,认为它们都属于同一条裂纹,合并。

### 3.2 测量裂纹

对疑似裂纹进行面积  $S$  和周长  $L$  的测量,为裂纹判断提供数据。

由于每个疑似裂纹的面积  $S$  就是区域内像素值为 1 的像素的数量和,在上述确定裂纹的扫描过程中即可直接测算出<sup>[3]</sup>。而周长  $L$  是由任意一个初始的边界像素点开始遍历全部边界,直至返回这个初始像素点所经历的相邻像素的数量和<sup>[4]</sup>。

### 3.3 判断裂纹

由于裂纹反映在图像上的特点是:细长连续、面积比系统噪音大得多。因此,采用圆形体来判断裂纹。

区域圆形体:

$$D = 4\pi \times S/L^2$$

式中  $S$  为区域面积,  $L$  为区域周长。当  $0 < D \leq K$  时,判断为裂纹,疑似区域细长、线形;当  $K < D \leq 1$  时,判断不是裂纹,  $D$  值越接近 1,区域越接近圆形。其中,  $K$  值的选取根据检测材料的不同而不同<sup>[5]</sup>。

## 4 检测系统应用

依据上述系统,实拍用于金属材料,获得了裂纹测试图像,检出裂纹的具体信息,如图 5 所示。

## 5 结束语

通过对荧光磁粉成像系统的设计和实验,可以看出,相比较红外外像法和工业 CT 等等的检测方法,虽然

检测结果不如它们精确,但该方法检测简单、检测时间短、效率高、成本低,不占用大面积厂房和使用昂贵的专用设备,不失为一种快速的检测方法。

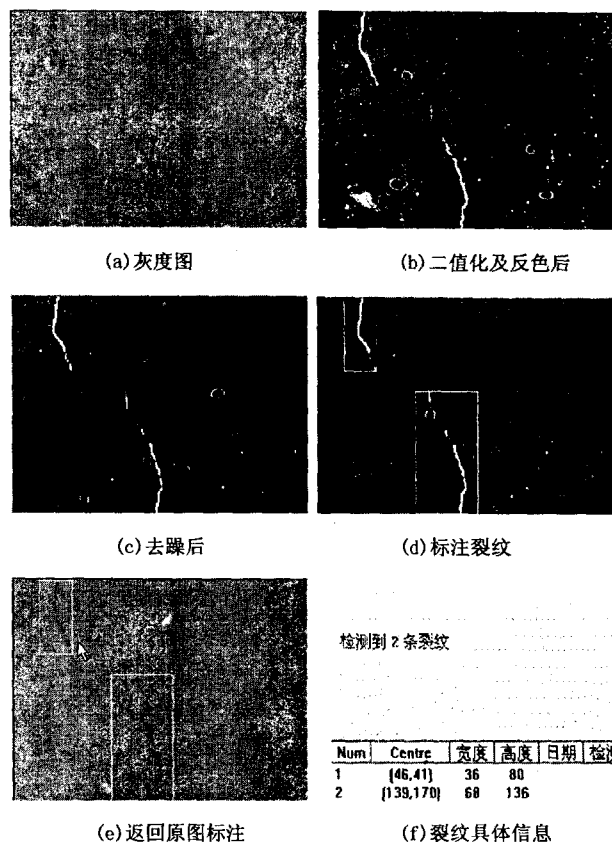


图 5 采用该无损检测系统获得的裂纹检测图像

### 参考文献:

- [1] 巨西民,莫润阳. 钻杆接头螺纹部位疲劳裂纹的超声波检测[J]. 西安石油学院学报:自然科学版,2000(9):64-67.
- [2] American Society for Metals. Metals Handbook[M]. 9th ed. Ohio:Metals Park,1987.
- [3] 范永法,郑长宏. 用于表面裂纹自动检测的图像识别算法[J]. 机械设计与制造,2002(8):80-82.
- [4] Pratt W K. 数字图像处理[M]. 邓鲁华,张延恒,译. 北京:机械工业出版社,2005.
- [5] 陈书海,傅录祥. 实用数字图像处理[M]. 北京:科学出版社,2005.

(上接第 243 页)

Services Perspective. Tampere, Finland: [s. n.], 2002.

- [6] W3C. Web Services Description Language [EB/OL]. 2002. <http://www.w3.org/2002/ws/desc/>.
- [7] Web 服务:BP ELAWS 专题 [EB/OL]. 2002. <http://www-900.cn.ibm.com/developerWorks/cn/WebServices/ws-theme/ws-bpel.shtml>.
- [8] Skogan D, Gronmo R, Solheim I. Web Service Composition

in UML[C]//In:Proc of the 8th IEEE Int'l Enterprise Distributed Object Computing Conf. Monterey, California, USA: [s. n.], 2004.

- [9] Using OMG's MDA to Integrate Web Services[EB/OL]. 2001. [http://www.omg.org/mda/mda\\_files/MDA-WS-integrate-WP.pdf](http://www.omg.org/mda/mda_files/MDA-WS-integrate-WP.pdf).
- [10] Booch G, Rumbaugh J. UML 用户指南[M]. 邵维忠,等译. 北京:人民邮电出版社,2006.