

基于 SOA 的水电工程项目柔性流程调控系统^①

曲俊华 王岩崑 (华北电力大学 计算机科学与技术系 北京 102206)

摘要: 近年来,在工程项目管理系统中业务流程的动态可调控引起业内的广泛关注。在深入研究面向服务架构和柔性流程建模技术后,提出了基于 SOA 架构的柔性流程管理体系结构,构建了柔性流程管理系统模型,并将其应用到水电工程项目管理系统中,最后给出流程调控系统的实现过程。

关键词: SOA; 柔性; 流程建模; 水电工程项目

Flexible Process Control System of Hydropower Project Based on SOA

QU Jun-Hua, WANG Yan-Wei

(Department of Computer Science and Technology, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: In recent years, dynamic control of business process in the project management has attracted much attention. After an in-depth study of the service-oriented architecture and flexible process modeling techniques, the paper proposes the flexible process management architecture based on the SOA architecture. It constructs the flexible workflow management system model and applies it to the engineering project management system. In the end, it gives a concrete realization of the process control system.

Keywords: SOA; flexibility; process modeling; hydroelectric project program

1 引言

目前,企业处于一个动态环境中,其业务流程呈现出前所未有的复杂性和不确定性。为适应复杂多变的动态环境,企业的业务流程呈现出较大的动态性,流程柔性已成为企业保持竞争优势的必要条件。对于建设周期长,区域分布广的水电建设来说,研究柔性的、快速适应需求变化的柔性流程调控系统具有现实意义。

现有的集团型水电工程项目管理系统一般采用相对静态的流程设计方法,即系统实施以后,其流程是固定的。当业务实体的属性、行为发生变化或有新的业务实体出现时,都会引起代码的重新编写、编译、甚至版本更新。

SOA 架构是有发展前景的理论,拥有良好的封装性、松散耦合和高集成能力。柔性软件^[1]是指一定范围内能够满足和适应用户需求变化的软件系统,它使用“柔性”来描述软件适应变化的能力。综合两者可实现流程服务的动态组合及业务流程的动态调节,提

高管理系统的柔性。

本文针对某发电集团水电工程项目管理现状,分析了利用角色、资源和活动封装为服务的可行性,着重阐述用基于服务组合实现柔性流程管理系统的方法。

2 相关理论与技术研究

2.1 面向服务的体系结构

面向服务的体系结构(Service-Oriented Architecture, SOA)是一个组件模型,它将应用程序的不同功能单元通过定义好的接口和契约联系起来。这些接口是采用中立的方式进行定义的,它独立于实现服务的硬件平台、操作系统和编程语言。这使得构建在各种系统中的服务可以以一种统一和通用的方式进行交互。

SOA 是一组策略、实践和框架,利用它所提供的基础设施,可跨网络登记、动态发现、绑定与安全而可靠地调用服务,能对服务进行组装,并通过利用与

^① 收稿时间:2009-11-19;收到修改稿时间:2009-12-23

实现环境无关的消息协议使服务间能互操作。

2.2 柔性流程建模方法

业务流程^[2]是一系列相关的活动通过组织结构定义的功能角色和关系协作实现业务目标或经营目的。柔性是系统适应内部、外部环境变化的能力。柔性建模^[3]体现在快速有效建模、可重用的通用性和低成本高效修改，柔性的流程建模也要具备这些特点。在原有流程建模方法的基础上，进行模块化封装(构件技术)是实现柔性流程建模的有效方法，如多事例化活动节点法、“黑盒”与“口袋”法和模型构件法分别将流程中的活动、活动路径和子流程片段进行封装，通过对活动进行聚类，减少流程的不确定性或抽取流程的相似性，提高封装后流程构件的通用性、复用性，以实现流程的柔性建模。

基于活动的流程建模是从企业流程具体运作出发，能降低流程模型的复杂性，提高流程建模的效率，但往往模型构件的通用性有一些限制，构件的粒度难以确定。而基于角色的流程建模是从顾客角度出发，简化流程的描述和管理，便于对流程进行分析，但对公司的业务描述和应对公司业务变动存在一定的局限性。基于以上研究分析，本文将角色、资源和活动封装为服务，构建基于服务的流程建模，可有效解决以上问题，并具有快速有效建模、通用性和低成本高效修改能力。

3 基于SOA的柔性流程调控系统体系结构

柔性流程调控系统是建立在服务的基础之上的。根据业务逻辑，将服务按一定的顺序和规则连接起来完成对业务流程的描述和实现。将服务作为流程的基本构造单元封装流程属性，通过对服务的选取、适应性配置和动态组合可提高建模效率，实现流程的柔性建模。

3.1 服务的封装

企业部门和岗位依照组织目标的分解而设置，岗位与功能、目标具有对应关系，把岗位参与者及其属性所代表的功能模块抽象为角色^[4]；资源是活动的操作对象，角色通过操作资源完成功能交付，对资源的依赖表现为输入资源到输出资源的变迁；活动是资源的变换过程，包括资源的调整和变迁，可分为角色内活动和角色间活动。如图 1 所示，将角色、资源、信息和角色内活动封装为服务，将角色间活动上升为服

务之间活动。为了降低耦合度和提高颗粒度，多个服务可以根据一定的业务逻辑和规则组合成一个服务。

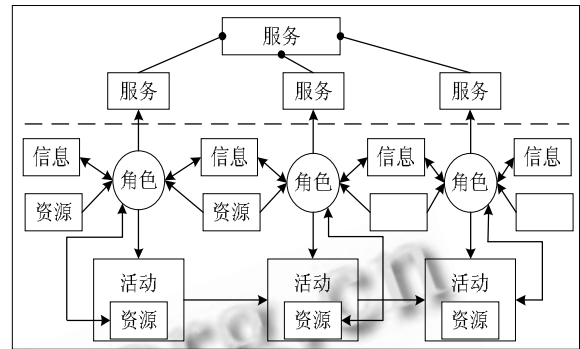


图 1 服务的组合

服务与某个组织子目标(功能模块)对应，有角色、活动、资源、目标和信息等属性。服务可描述为： $Service=(ID, Name, R, S_m, A_i, G_s, I_n)$ ，其中， ID 和 $Name$ 为服务的编号和名称； R 表示服务所对应的角色； S_m 表示服务初始分配的资源列表； A_i 表示服务可以执行的活动列表； G_s 表示服务所要实现的目标，也是对服务功能的描述； I_n 表示服务的信息。

服务之间活动和信息的传递构筑为服务交互的资源链和信息链。服务之间的活动可以描述为 $Activity=(ID, Name, I, O, S_m, I_n)$ ，其中： ID 和 $Name$ 为活动的编号和名称； I 和 O 表示活动输入和输出的服务列表； S_m 表示活动初始分配的资源列表； I_n 表示活动的信息及服务之间传递的信息。

根据服务、活动的形式化表示，将服务和活动链接为描述业务流程的流程链，我们称这种流程链为流程模板。存放在流程库里。

3.2 基于服务的流程建模

柔性流程建模的目标^[4]不仅是用抽象模型辅助分析和优化流程，还能根据变化快速重构或修改模型，及时预测变化带来的影响，开放性、扩展性和重用性是柔性建模系统的必要条件。

本文所设计的基于 SOA 的柔性流程管理体系结构(图 2)分为六层，资源层包含了设备、材料、资金等数据信息，资源层也可称为数据层；角色层中有角色配置管理器，可以配置角色的定义、分类和初始资源的分配等等；服务层包含服务的集合，其定义为 $SE=\{s_i | i \in N\}$ 。其中， s_i 是对第 i 个服务的描述信息， N 为自然数集。流程层有流程库和异常库，流程库中包

含静态流程模板和动态流程模板。流程库中的模板无法满足当前业务需求时，产生异常处理信息发到异常库中，在流程原型编译器中对服务重新组合配置，生成新的模板，放到流程库中；业务流程视图负责调用流程模板进行业务处理。

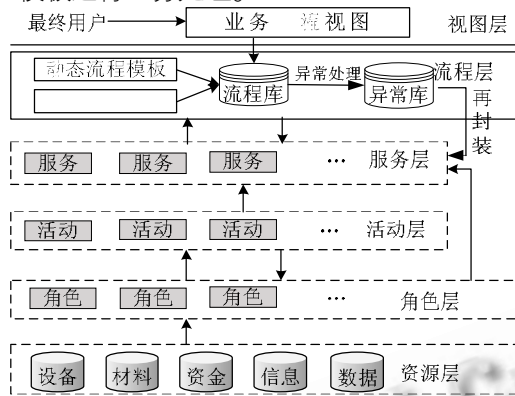


图2 面向服务的柔性流程管理系统体系结构

3.3 柔性流程管理系统实现框架

流程管理系统(图3所示)主要由角色管理器、服务定义器、服务交互管理器和系统监控管理等模块组成。基于SOA的柔性流程管理系统的工作模式如下：(1)将资源按类别、业务逻辑赋给不同角色；(2)根据封装规则，将角色、资源、信息、活动等封装为服务；(3)在服务注册中心注册服务信息；(4)根据业务规则，将服务链接成流程模板，存放到流程库中；(5)用户登录系统，调用流程模板；(6)流程原型编译器解释流程模板，将解释后的服务信息，发送到服务交互管理器；(7)服务交互管理调用服务，完成业务；(8)系统监控管理负责监督服务的正常运行。环境参数和冲突异常解决流程独立于流程之外，增强建模系统的柔性。

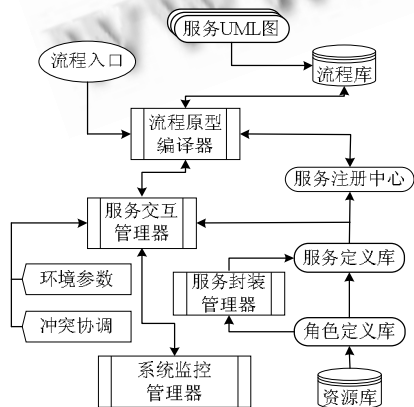


图3 柔性流程管理系统实现框架

为了简化制作流程模板的过程和提高系统的柔性，将流程模板用UML图来描述。其中节点代表服务，因此也可称为服务UML图。根据UML顺序图，流程原型编译器调用服务注册中心的服务编制流程模板。

流程模板降低了流程业务逻辑与系统运行的耦合，使建模人员专注于业务的流程设计。业务发生变化时，根据新的业务需求替代部分服务，调整协作关系，生成新的业务流程。

3.4 服务间的协调合作

服务封装组合后，发布于“服务注册中心”，“服务注册中心”有服务的描述、策略等，包括服务接口、参数、功能、效果、服务质量与角色等等。“服务发现代理”查找“服务注册中心”获得服务的描述并确定服务，服务请求者与服务提供者握手后，服务请求者绑定并启动所需服务。启动服务之前，要确定该服务是通过验证授权，合法的服务。如图4所示。

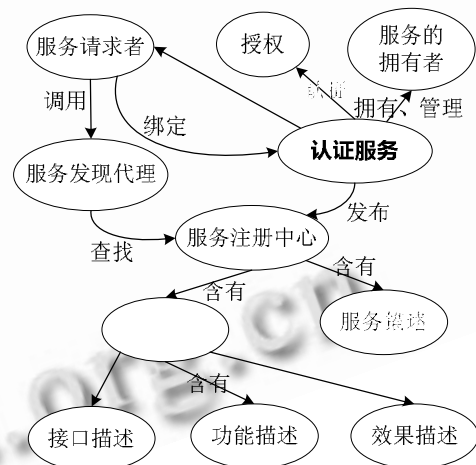


图4 服务的协调合作关系图

4 柔性流程管理模型在水电工程项目管理系统中的应用

本文针对大型发电集团水电工程项目管理系统，目的在不影响系统功能情况下，对功能模块进行封装，结合基于SOA柔性流程管理思想，实现对业务流程的柔性调控。

4.1 水电工程项目管理系统流程分析

本文以水电工程项目管理系统中的物资管理为例，物资管理(图5)可分为需求计划管理、供应管理和仓储管理三部分。需求计划包括年度需求计划、月度需求计划、非常规需求计划等，不同的需求计划有不

同的审批流程和采购方式，例如：年度需求计划通过招投标来采购的，而月度计划和非常规材料需求通过招投标采购或直接采购；还有某些需求是通过没有建立合同直接采购的。灵活的业务需求在刚性流程中很难实现。采用柔性流程可以方便的适应这些业务需求。

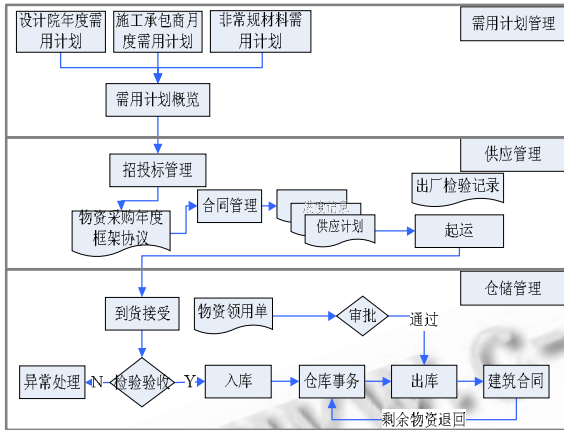


图 5 物资管理流程示意图

4.2 服务层的设计

物资管理所涉及到的服务清单如图 6 所示：

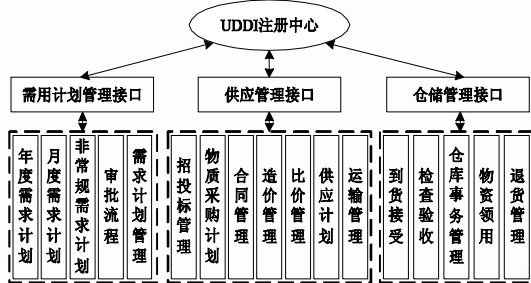


图 6 物资管理的服务清单

服务封装步骤：(1)分析业务需求，使用角色管理器设计角色；(2)将功能模块和系统资源、数据及操作(插入、删除、修改等)授予该角色；(3)将与角色相关的操作、资源、数据和代码封装为服务；(4)将该服务在 UDDI 注册中心注册。

4.3 流程模板的设计

将功能模块封装服务，根据业务需求，使用业务流程执行语言(BPEL)描述服务之间的协作与协调，提供流程服务，完成业务目标。

BPEL 描述业务流程的框架，体现业务流程的主要逻辑。服务之间通过交互原语完成信息传递，信息交互原语包括信息准备、传递、接受、查询、应答和结

果反馈，传递原语包括信息的传递、接收、接受和拒绝。消息传递原语采用基于 KQML/KIF(Knowledge Query and Manipulation Language/ Knowledge Interchange Format)的 ACL。KQML/KIF 是一种基于消息的通信协议，也是一种独立的信息交换和协议语言。消息原语如下所示：

```
<message xmlns:pro="http://pmis/wzgl/rk">
  <id value="M_0342"/> .....消息编号
  <process processID="P_125"/> .....流程编号
  <sender ServiceID="S_32"/> .....信息发送者的服务编号
  <receive ServiceID="S_54"/> .....信息接受者的服务编号
  <in-reply-to values="V_S_54"/>.....消息发送者期望的回执标签
  <reply-with value="V_S_32"/> .....回执标签
  <content>
  <confirm condition="status" value="reply"/>
  <execute action="receive" value="HT0908125"/>
  </content> </message>
```

在物资管理中，有多种类型的采购方式，本文以紧急物资采购流程(图 7)为例，在该实例中没有考虑异常情况的发生，实际采购的流程会复杂得多，并且在流程管理系统中会充分考虑流程的完整性和健壮性，使其能够处理各种异常情况的发生。本文以简单流程为例。

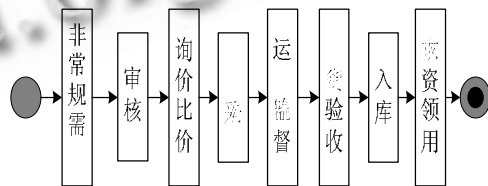


图 7 紧急物资采购流程

在柔性流程调控系统中，使用 BPEL 对该采购流程进行业务描述，将所涉及到的服务按业务规则组合、编排成流程模板，在视图层调用该流程模板。当业务实体发生变化时，根据新的业务目标替换、重新组合部分服务，调整服务之间的关系，方便快捷地生成新的流程模板。

服务中心的注册服务具有层次化划分，因而服务查找可选择深度或广度搜索方式以确定流程模板中的

服务。

5 结语

本文提出的基于 SOA 的柔性流程管理系统,采用了松耦合的体系结构,分离了业务逻辑层和业务实现层,可以快速、准确、灵活地定义和执行企业业务流程,能有效地提高企业的经营效率和业务响应能力,提高了业务流程的柔性,同时也提高了代码的可维护性和可复用性。同时,服务可以被多处调用,减少了数据冗余,提高了系统的性能。服务可以重新组合,实现不同的功能,提高了系统的灵活性。目前,上述思想已成功运用于某项目水电工程项目管理系统,并取得了良好的效果。总体而言,基于 SOA 的柔性流程

系统具有较高的开放性和可扩展性,便于实现系统的改造和升级。

参考文献

- 1 申利民,高春艳,李峰.软件功能柔性定量分析.小型微型计算机系统,2008,29(1):61-65.
- 2 Miller J. Mukerji J. eds. MDA Guide Version 1.0.1. Object Management Group, 2003. [2009-10-20]. <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?omg/03-06-01.pdf>
- 3 赵卫东,戴伟辉,王利轶.基于角色的柔性流程建模.管理工程学报,2008:106-109.
- 4 王利轶,赵卫东.基于服务组合的柔性流程建模.计算机应用与软件,2007,24(12):12-14,96.