

文章编号:1000-582X(2010)11-027-06

# 语义网关支持下的异构系统集成框架及其关键技术

雷琦,宋豫川,李先旺

(重庆大学机械传动国家重点实验室,重庆 400044)

**摘要:**针对制造企业异构系统集成“动态、灵活、松耦合、透明”的综合需求,提出了语义网关的概念,建立了一种基于语义网关的异构系统集成框架,以疏通系统间的语义异构,动态集成企业的业务流程。建立了语义网关模型,研究了语义映射标准、语义网关数据库适配器和语义网关服务适配器。研究成果在重庆市某增压器制造企业信息化异构系统的整体集成中得到了应用,取得了良好的应用效益。

**关键词:**集成;语义;网关;信息系统;异构

**中图分类号:**TH166

**文献标志码:**A

## Heterogeneous system integration framework and key technologies with the support of semantic gateway

LEI Qi, SONG Yu-chuan, LI Xian-wang

(State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China)

**Abstract:** For the comprehensive requirements of being dynamic, flexible, loosely coupled, and transparent of heterogeneous system integration in manufacturing enterprises, the conception of semantic gateway is proposed, and a new integration framework of heterogeneous system with the support of semantic gateway is established, to solve the semantic heterogeneous problem of heterogeneous systems and integrate the business flow of enterprises dynamically. On the basis, the semantic gateway model is established and semantic mapping standard, database adapter and service adapter of semantic gateway are deeply researched. Finally, the proposed studies are applied to the integration of heterogeneous information systems in a turbo & charger machinery manufacturing enterprise in Chongqing, and the application result is satisfying.

**Key words:** integration; semantic; gateway; information systems; heterogeneous

随着制造业信息化单元技术的不断成熟和深入实施,制造企业的应用系统越来越多,覆盖面越来越广,同时由于制造业信息化分期实施的特点,造成制造企业信息系统的异构程度加深,使企业目前普遍面临系统之间的集成问题<sup>[1]</sup>。另外,由于企业不断的发展,要求信息系统能快速地适应企业业务的变化,使得制造企业对系统的快速重构以及灵活集成

提出了更高的要求。

围绕集成技术,国内外进行了大量的研究。整个集成技术的发展已经从原来的服务之间的紧密集成发展到如今的松耦集成,从原来的点对点的集成发展到现在的基于平台的集成等,但还缺乏有效的实施<sup>[2-3]</sup>。其中一个重要的原因是目前的集成技术研究主要集中在系统之间、资源之间的互操作性

收稿日期:2010-06-06

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51075414);国家 863/CIMS 主题资助项目(2007AA04Z152)

作者简介:雷琦(1976-)女,重庆大学副教授,博士,主要从事网络化制造、制造业信息化等方面的研究,  
(E-mail)leiqi@cqu.edu.cn。

的研究领域,一是解决分布式对象之间以及跨越互联网的相互操作问题<sup>[4-6]</sup>,二是解决系统快速重构的问题<sup>[7]</sup>。其中面向服务的架构 SOA (Service-Oriented Architecture)具有很好的代表性。它的核心是将企业应用采用服务的方式进行表现,然后通过消息总线等技术灵活地对这些服务进行组合形成企业的系统,从而实现服务的松耦合<sup>[8-10]</sup>。但是它要求形成服务时必须定义精确的服务接口信息<sup>[11-12]</sup>。而目前国际上的相关标准都局限在如何定义一个服务的接口,而并没有对接口的内容进行规范,例如接口的参数数量、类型等,造成服务的定义根据提供者的不同而具有各自接口内容<sup>[13]</sup>。这样,如果一旦信息系统发生变化,或者是企业业务发生变化,将对系统的集成造成很大的障碍。同样,国内外学者将语义 WEB 服务应用到系统集成方面,但是语义 WEB 服务首先是基于服务的方式,存在企业服务的划分粒度问题,并且对企业信息系统大量的数据资源无法通过服务进行改造。虽然语义 WEB 服务解决了部分语义的问题,但是对资源的接口并没有给出一个可操作的解决方案,因此语义 WEB 服务的集成对服务来说依然耦合程度较大,柔性还是较小。

笔者在当前互操作技术的基础上,提出了语义网关的概念,建立了一种基于语义网关的异构系统集成框架,并研究了集成框架相关的支撑技术,以疏通系统间的语义异构,动态集成企业众多的业务流

程,满足企业信息化异构系统集成“快速、灵活、松耦合、高柔性、透明”的综合需求。

### 1 基于语义网关的异构系统集成框架

如果按目前 SOA 架构的思路进行异构系统集成,其集成模式为:企业的应用系统在国际有关互操作封装标准的基础上建立企业的应用服务,定义完成各种服务的接口。然后将这些服务在中间件系统中进行部署。企业通过消息总线按照企业的业务过程将部署好的应用服务重新组合起来,一般来说再通过 BPEL 等手段对服务进行调用,从而构建完成企业的系统<sup>[14-15]</sup>。

然而,在这个过程中对服务的调用必须要清楚服务的接口定义,而且通常会通过一定的二次开发过程来解决。考虑到如果企业的业务发生变化,可能会造成服务的接口发生变化,这样会涉及到信息系统源代码级别的调整,会对整个集成产生较大障碍。尤其在网络化制造环境下,如果构建的企业系统要和其他企业的信息系统进行集成的时候,必须将服务的接口完全通知其他企业,才能做到较好的集成,这种方式必然加大了网络化制造环境下企业间系统集成的难度。

为此,笔者引入语义网关的概念和技术,建立一种基于语义网关的异构系统集成框架模型,如图 1 所示。

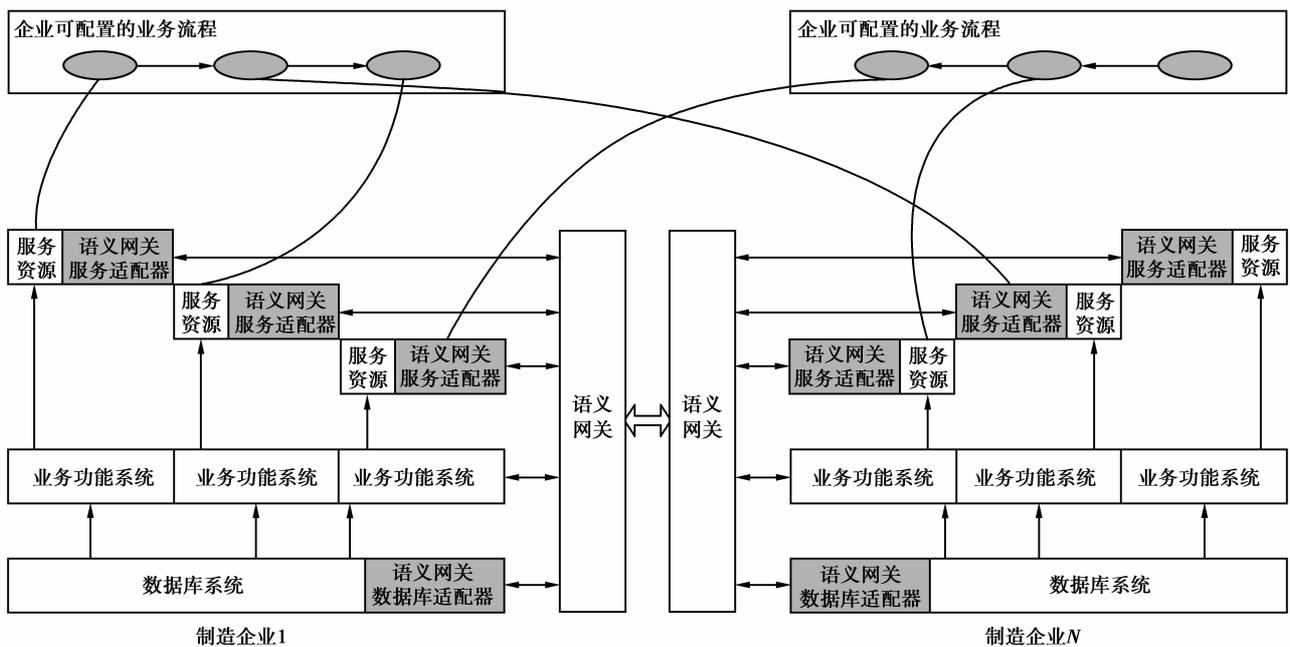


图 1 语义网关支持下的异构系统集成框架

1) 企业的应用系统可以按照目前常用的互操作的封装标准例如 CORBA、COM 或者 WEB SERVICE 进行封装,从而形成企业的服务资源,这个是 SOA 常用的方式。

2) 企业内部主要形成了 2 类信息资源:①应用系统服务资源;②数据库系统的数据资源。

3) 对于应用服务资源,制造企业可以按照传统的方式进行集成和处理,例如进行企业的动态业务流程,在企业内部的系统中直接进行调用,不影响原有服务的使用。另外,为了解决跨应用系统和跨企业之间的集成,将在应用服务资源附加一个语义网关服务适配器,他将与语义网关进行连接,完成语义的解析和接口的转换,从而通过语义网关使各个企业的服务资源之间进行集成,并且解决语义的问题。

4) 对于数据库的数据资源,通过建立语义网关数据库适配器与语义网关直接连接,利用语义网关直接对各个不同数据库中的数据资源进行语义上的映射、转换和传输,从而完成不同应用系统的数据资源集成。

通过以上方法,企业的动态流程涉及到内部服务的则可以按照原有的方式进行处理,而在流程中涉及到跨应用系统和跨企业的集成,则通过语义网关服务适配器和语义网关数据库适配器进行调用和集成,由此屏蔽了异构系统之间由于语义不一致产生的集成困难。

在基于语义网关的异构系统集成运行模式中企业之间的集成具有较好的柔性。因为虽然企业的业务发生变化,造成服务的接口也发生变化,但是由于通过适配器对接口进行了转换,服务对集成几乎没有影响,而是通过语义网关的配置调整和对转换服务的修改进行适应的,从而大大加强了企业内部、企业之间的各种异构系统集成的灵活性和适应性,使集成变得快速透明。

## 2 基于语义网关的异构系统集成关键技术

### 2.1 语义网关模型

笔者提出一种基于 6 层结构的语义网关模型,如图 2 所示,主要用于解决应用系统间业务数据格式、结构上的异构问题,实现不同信息系统内部标准之间的有效理解和转换。利用语义网关对异构系统的集成信息进行统一表达和解析,规范接口的内容表达,使各种应用系统对集成信息能够正确理解,从而增强异构系统集成的柔性和透明度,促进制造企业信息系统的快速、灵活实施、更新和集成。



图 2 基于 6 层结构的语义网关模型

1) 语义描述标准研究。由于各种异构的信息系统对信息的描述没有统一的标准,会导致在异构系统集成中,由于不同数据格式的存在使系统之间对信息的理解不一致。为此,通过语义网关对系统需要集成的信息进行统一的语义描述,使系统对彼此需要交互的信息有一致的语义理解。从而解决数据的不兼容以及适应不同的应用系统之间进行信息交换的需要。

对于一个整体的制造系统(如一个企业的 ERP、PDM、SCM 系统等)而言,需要集成的信息必须建立一套统一的语义描述标准。由于语义涉及的范围太广,除了可以建立社会统一的语义描述外,更多的可能是一个制造系统建立其内部的统一的语义描述,因此不同的制造系统可能会有自身的语义描述。

2) 语义映射标准研究。在统一的语义描述标准的基础上,通过语义的映射技术,建立各种不同应用系统中的集成信息与语义描述之间的对应连接关系,使异构系统的信息方便地转换为标准的语义描述。

语义的映射主要分为两个方面:一是由于不同的制造系统中可能具有自身的语义描述,必须解决不同制造系统语义描述标准的映射。二是在同样的制造系统中具有统一的语义描述标准,但是具体的如 ERP、PDM 等应用系统中由于开发者的不同,存在语义描述的歧义,因此还必须解决制造系统内部统一语义描述和具体应用系统中的语义映射。语义映射标准将在 2.2 节详细讨论。

3) 语义解析机制研究。利用语义网关的语义解析机制对经过语义网关进行集成的消息、信息进行解析,使各种异构系统之间能够正确理解语义,从而进行正确的集成活动。

4) 语义路由机制研究。由于一个制造系统(例如一个企业的信息系统)具有自己的语义网关,如何有效利用该网关与其他多个具有语义网关的制造系统进行集成,因此采用类似路由器技术建立语义路由机制,在语义网关中建立各种网关的列表和之间

的连接路由关系,使需要集成的多个语义网关之间能够快速连接。

5)语义发布更新机制研究。由于制造系统在集成过程中信息的变化较大,造语义的描述一直在不断变化,包括根据集成需求,需要描述的语义不断增加,或者对语义的描述由于系统的变换而可能发生的变化,这种变化对语义描述的变化对语义映射机制的影响非常大,因为语义映射不仅存在于本地的语义网关中,而且还存在于与之集成的其他语义网关中,因此建立语义发布更新机制将会有效对所有语义网关中的映射关系进行同步。

在语义的发布更新机制中,采用广播方式,根据语义路由信息,将更新的语义描述推送到与之有关的语义网关,从而自动对映射关系进行更新。

6)语义网关传输可靠性协议。语义网关除了适合与企业内部的信息系统集成外,适合与企业之间的信息系统和制造资源的集成,涉及到跨越互联网的传输,因此必须考虑到传输的可靠,在传统的 SOAP 协议的基础上加入安全特性,并且对于轻量级的数据交换,比如少量业务数据的交换可以通过该协议进行。

## 2.2 语义映射标准

语义的建立和映射是难度非常大的问题,正是由于没有一个统一的语义标准,因此给异构信息系统的集成带来了很大的难度。

语义的映射主要分为两个方面:一是由于不同的制造系统中可能具有自身的语义描述,必须解决不同制造系统语义描述标准的映射。二是在同样的制造

系统中具有统一的语义描述标准,但是具体的如 ERP、PDM 等应用系统中由于开发商的不同,存在语义描述的歧义,因此还必须解决制造系统内部统一语义描述和具体应用系统中的语义映射。总之,语义映射比较复杂,其核心则是语义映射标准必须适应不同语义网关传递过来的语义和本地语义网关定义的语义之间,以及到具体应用系统中的正确映射。

因此,笔者采用两级映射的方式,首先企业可以建立内部的语义标准,对语义标准的建立不一定一蹴而就,可以先对信息系统之间需要交互的信息逐步建立一个企业内部的标准,利用语义网关完成企业内部信息系统与这个标准之间的语义映射,这样企业内部的标准可以得到贯彻和执行,而且不依赖于信息系统的提供商;二级映射将会比较困难,因为涉及到企业之间的语义映射,确实需要逐步建立一个通用的语义标准,再完成企业内部语义标准和通用标准之间的映射,但是这个并不影响整个语义网关语义映射的效果。

另外,到一定的阶段,随着企业内部语义标准的逐步完善,相信随着企业之间信息交互的逐步增多,通用的语义标准也将逐步的扩展,这个阶段和一些信息系统提供商合作将可以取得更好的效果。

## 2.3 语义网关数据库适配器

语义网关数据库适配器主要用于基于数据库的数据资源的集成。每个信息系统都有一个语义网关数据库适配器,数据库之间的数据资源集成都是通过语义网关数据库适配器的链接来完成,如图 3 所示。

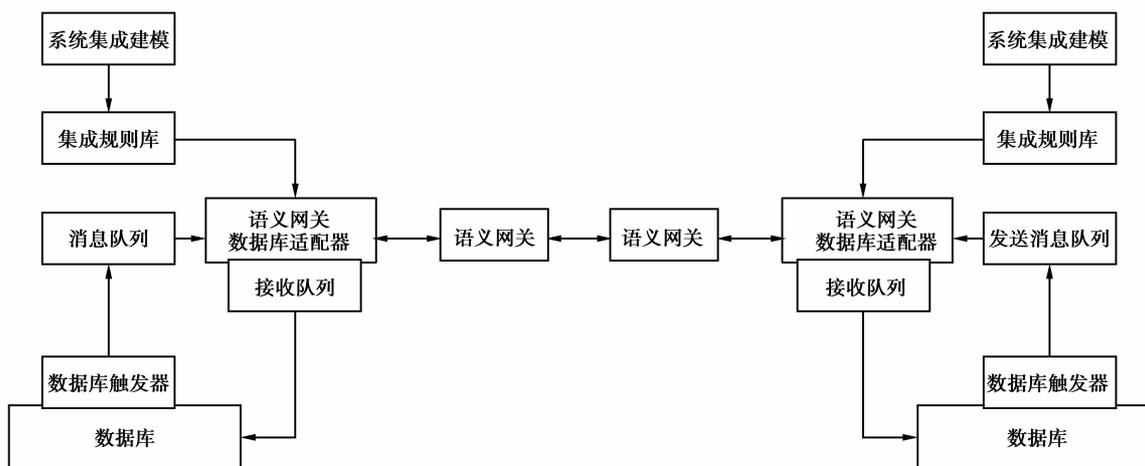


图 3 语义网关数据库适配器运行方式

首先通过系统的集成建模形成了集成的规则库,即当数据发生变化的时候,对数据的处理规则,例如涉及多少实体,涉及多少实体的属性等;其次在数据上的

触发器会将变化的数据按照集成规则库的要求以及操作放入消息队列;语义网关数据库适配器访问消息队列,然后与语义网关进行连接,进行语义的处理并且可

靠地传输到对方的语义网关数据库适配器的接收队列;对方的语义网关数据库适配器根据本地的集成规则库进行数据解析,然后放回本地的数据库。

#### 2.4 语义网关服务适配器

如前所述,笔者建立了一种语义网关服务适配器,将被调用服务的接口本地化,而暴露给其他调用服务一个统一的访问接口,从而解决在集成过程中对接口的严重依赖。

语义网关服务适配器如图 4 所示。通过在原有服务上增加一层转换单元,将原有服务的接口隐藏,再将转换单元的接口开放,从而使外部的调用参数与实际的接口参数隔离。这样,转换单元可以暴露 2 个完全固定的接口:固定的入口函数和固定的参数文件。调用者不用再清楚知道被调用的服务接口情况,而是直接通过固定的函数入口以及固定的参数传递文件对服务进行调用,而参数的变化则体现在统一传递的参数文件中。

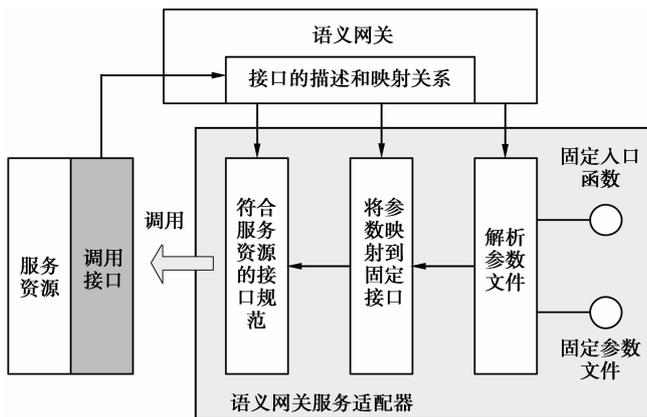


图 4 语义网关服务适配器运行方式

当调用产生后,固定的入口函数启动转换单元中的参数解析函数,解析函数根据语义网关中的语义映射,对传递进来的固定参数文件进行解析,然后将其与服务内部的固定接口参数进行映射,最后转换单元再调用服务内部的功能函数完成功能的实现。

采用语义接口转换对服务和资源的使用将产生重要影响。首先由于接口调用时完全的统一,因此所有的服务或者是资源对外的接口稳定,不会发生变化,使访问资源的用户不用跟随其接口的变化而变化;其次,服务或是资源的真正接口都通过参数文件进行解析,并不影响其本身的工作;最后,有了语义接口的转换,使资源的优化匹配、选择和使用变成可能。使参数的传递和资源的实现得到了较好的分离,使调用资源和被调用资源之间变得透明,在语义网关的支持下,实现服务之间集成时的接口内容无关性。

### 3 应用实例

上述研究内容在重庆市某增压器制造企业进行了实施与应用。该企业由于信息化的实施,存在着异构的 ERP、PDM、MES、OA 等信息系统。该系统基于语义网关的异构系统集成架构如图 5 所示。

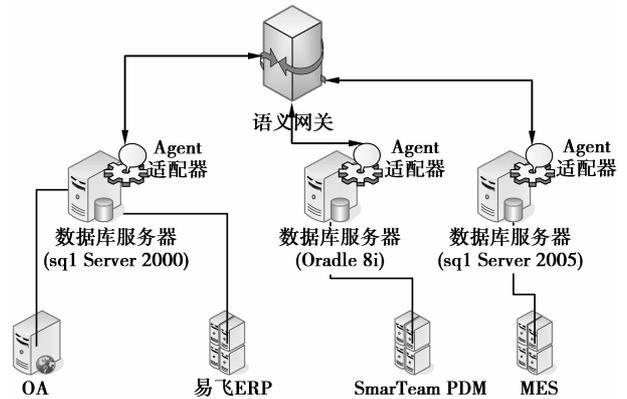


图 5 重庆某企业信息化异构系统集成架构

基于语义网关的异构系统集成是一种松耦合的、柔性的异构系统集成方式,不需要对原有信息系统做任何基于源代码的二次开发,只需利用语义网关提供的使能工具,对语义网关作相应的配置,就可实现异构系统的集成运行。配置过程如下:

1) 应用系统语义定义。对于信息集成,系统的语义主要包括概念语义和数据语义两个方面,就关系型数据库而言,概念语义主要对应于数据库的表名、字段名,而数据语义主要对应于某些特殊的字段下的记录。

2) 语义网关配置。语义网关的配置主要包括语义网关 TOP 结构定义、语义描述标准定义及语义映射定义 3 个部分。首先,进行语义网关 TOP 结构的定义。具体来说就是对 ERP、语义网关、MES 系统的名称、数据库连接信息、服务器地址等基本信息的配置。完成配置后,使能工具将以图形化方式显示出语义网关及关联系统的 TOP 关系。然后,定义语义描述标准。应用系统语义定义是面向特定信息系统和数据库的,不同的应用系统语义存在着异构,他们之间要实现语义信息的相互理解,就离不开标准的支持。因此需要定义语义描述标准。

3) 语义订阅配置。异构系统集成的双方对信息的需求是不对称的,并不是所有建立了语义映射的信息都是双方所需要的信息。这时可以为每个信息系统配置语义订阅,以解决异构系统间信息需求的不一致性。

4) 语义网关部署与运行。主要包括:在语义网关服务器上部署和运行“语义解析与路由工具”;在

异构系统数据库服务器部署和运行连接语义网关和数据库的 Agent 适配器。

通过上述配置和部署,实现了基于语义网关的异构系统集成运行。例如,ERP 和 MES 实现关于“工单”信息的集成,在 ERP 中下达工单后,ERP 数据库服务器上的 Agent 适配器将捕获新下达的工单信息,并发送到语义网关中;语义网关中的“语义解析与路由工具”根据语义映射等配置,进行语义信息的接卸和转换;MES 数据库服务器上的 Agent 适配器根据订阅配置订阅 ERP 发送到语义网关中的工单信息,并把信息写入到 MES 数据库中。这样,在 MES 的工单排产模块中,将可以看到从 ERP 下发的最新工单。

## 4 结 语

语义集成是企业信息化异构系统集成研究热点和难点之一。笔者针对企业信息化异构系统集成“快速、灵活、松耦合、高柔性、透明”的综合需求,引入语义网关的概念和技术,建立了一种基于语义网关的异构系统集成框架;建立了基于 6 层结构的语义网关体系结构,包括:语义描述标准、语义映射标准、语义解析、语义路由机制、语义发布更新机制和相应的使能工具;研究了语义映射标准、语义网关数据库适配器运行方式和语义网关服务适配器运行方式。应用基于语义网关的异构系统集成框架,通过语义网关的配置调整和对转换服务的修改进行适应,加强了企业内部、企业之间的各种异构系统集成的灵活性和适应性,使集成变得快速透明。笔者的研究内容在重庆市某增压器制造企业信息化异构系统的整体集成中得到了应用,取得了良好的应用效益。

### 参考文献:

- [1] 汪军,宋豫川,刘飞,等. 网络化制造中企业间业务流程重用研究[J]. 计算机集成制造系统,2007,13(2):2027-2032.  
WANG JUN, SONG YU-CHUAN, LIU FEI, et al. Reusability of business process among enterprises in networked manufacturing [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems-CIMS,2007,13(2):2027-2032.
- [2] CHRISTENSEN K, OLESEN T H, THOMSEN L L. Matching semantically described web services using ontologies[J]. Information Technology and Control, 2006,35(3):267-275.
- [3] SCHEBLER T, MIETZNER R, LEYMAN F. EMod: platform independent modelling, description and enactment of parameterisable EAI patterns [J]. Enterprise Information Systems,2009,3(3):299-317.
- [4] CARDOSO J. Approaches to developing semantic web services[J]. International Journal of Computer Science, 2006,1(1):8-21.
- [5] 宋豫川,刘飞,王刚. 网络化制造的信息交换参考模型研究[J]. 中国机械工程,2004,15(16):1458-1461.  
SONG YU-CHUAN, LIU FEI, WANG GANG. A reference model of information exchange in networked manufacturing [J]. China Mechanical Engineering, 2004,15(16):1458-1461.
- [6] YAN J. Ontology of collaborative manufacturing: alignment of service-oriented framework with service-dominant logic[J]. Expert Systems with Applications, 2010,37(3):2222-2231.
- [7] ELIZABETH S. SOA provides opportunities and challenges[J]. CrossTalk,2007,20(9):3.
- [8] 陆剑峰,张浩,马玉敏,等. 基于业务流程管理的企业应用集成框架及其实现[J]. 计算机集成制造系统,2007,13(7):1344-1349.  
LU JIAN-FENG, ZHANG HAO, MA YU-MIN, et al. BPM-based enterprise applications integration framework & its realization[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems-CIMS,2007,13(7):1344-1349.
- [9] ANAYA V, BERIO G, HARZALLAH M, et al. The unified enterprise modelling language: overview and further work[J]. Computers in Industry,2010,61(2):99-111.
- [10] KANG D, LEE J, CHOI S, et al. An ontology-based enterprise architecture [J]. Expert Systems with Applications,2010,37(2):1456-1464.
- [11] LEI Q, WANG Q F, SONG Y C. E-enterprise framework and operation mode for manufacturing enterprises[J]. Key Engineering Materials,2009,407/408:211-215.
- [12] ROLANDI P A, ROMAGNOLI J A. Integrated model-centric framework for support of manufacturing operations, Part I: The framework[J]. Computers & Chemical Engineering,2010,34(1):17-35.
- [13] LEI Q, WANG Q F, SONG Y C. Manufacturing service integration architecture for networked manufacturing[J]. Materials Science Forum, 2009, 626/627:801-806.
- [14] 汪军,宋豫川,刘飞,等. 基于业务规则的应用系统组合机制[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2006,29(11):15-17.  
WANG JUN, SONG YU-CHUAN, LIU FEI, et al. Composition of application based on business rule[J]. Journal of Chongqing University: Natural Science Edition,2006,29(11):15-17.
- [15] 宋豫川,陈学海,雷琦,等. 一种网络化制造平台集群模式的构建[J]. 重庆大学学报,2009,32(5):499-504.  
SONG YU-CHUAN, CHEN XUE-HAI, LEI QI, et al. A kind of cluster mode of networked manufacturing platforms[J]. Journal of Chongqing University,2009,32(5):499-504.