

UDDI 与 Web 服务扩展元数据拓扑映射的研究与应用

姜峰, 范玉顺

(清华大学 自动化系, 北京 100084)

摘要: 统一描述、发现和集成 (Universal Description Discovery and Integration, UDDI) 协议针对服务质量的扩展使 Web 服务描述与注册的元数据间存在差异, 海量服务的注册不仅破坏 UDDI 数据的一致性, 还使数据关系变得复杂难以维护。本文分析了 UDDI 元数据模型和 Web 服务描述语言 (Web Service Description Language, WSDL) 的元数据拓扑结构, 通过扩展 WSDL Schema 引入服务质量描述元素, 从而建立 UDDI 和 WSDL 元数据间的一致表述, 并通过拓扑矩阵的变换实现 WSDL 元数据的拓扑关系到 UDDI 数据空间的映射, 不仅可以维护 WSDL 和 UDDI 间的数据关系和数据一致性, 还可以为 Web 服务的开发和注册提供更加灵活的方式, 以提高 UDDI 元数据的利用率和共享度。

关键词: Web 服务注册; 元数据; 拓扑映射; 服务质量扩展

中图分类号: TP274; TP391

Research and application of topological mapping between UDDI and Web service extended metadata

JIANG Feng, FAN Yushun

(Department of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Quality of service (QoS) extension of Universal Description Discovery and Integration (UDDI) protocol leads to a mismatch between Web service description and registration metadata. Registrations of

收稿日期: 2008-04-15

基金项目: 国家 863 计划 (No. 2007AA04Z150, 2006AA04Z157)

作者简介: 姜峰 (1981-), 男 (汉族), 江苏泰兴人, 博士研究生。

通讯联系人: 范玉顺, 教授, 博士生导师, E-mail: fanyus@tsinghua.edu.cn

mass services not only destruct the UDDI data consistency, but also cause data relationships as complex as difficult to maintain. This paper analyzed the topological structure of UDDI metadata and as well as Web Services Description Language (WSDL) metadata. By extending WSDL Schema, element for QoS description is introduced to WSDL to establish a consistent interpretations between WSDL and UDDI metadata models, and WSDL metadata topological relations are transformed into the UDDI data space through a topological matrix transformation. This cogitation not only makes the maintenance of WSDL and UDDI data relationships and data consistency easy, but also provides more flexible way for the development and registration of Web services, which enhances the utilization of UDDI metadata.

Key words: Web service register; metadata; topological mapping; quality of service extending

Web 服务是面向服务环境下对应用软件和业务流程进行封装,从而实现资源重用和共享的重要方式。统一描述、发现和集成(Universal Description Discovery and Integration, UDDI)协议为 Web 服务的发布和共享提供了基础协议和注册平台。但随着服务数量的增加和注册服务的更新,注册数据间的关系变得复杂,正确性和一致性都极易受到破坏,从而导致注册中心的坍塌。有研究表明,在公共注册中心,大约只有 34%的服务是可用的^[1], 48%的连接是无效的^[2]。其原因在于 UDDI 协议本质上并不是专门为 Web 服务定制的。尽管它提供了针对 Web 服务的注册规范,但没有对 Web 服务注册的语义进行明确的限制和检查。现有的研究大多着眼于传统 UDDI 的应用^{[3][4]}或其元数据模型的扩展,如架构扩展^{[5][6][7]}、服务质量扩展^{[8][9]}等。而对 Web 服务描述元数据模型的扩展以及元模型与 UDDI 扩展模型之间的映射关系的研究很少。这就使 UDDI 注册信息和 Web 服务的描述信息不能完全一致,二者之间的数据关系也不清晰,从而容易产生过期、错误和重复的注册信息,导致服务不能被正确发现、更新和使用。

本文从元数据出发,首先介绍一种服务质量(Quality of Service, QoS)扩展的 UDDI 元数据模型,分析 Web 服务描述语言(Web Services Description Language, WSDL)元数据的拓扑结构,并扩展

其 Schema 以支持 QoS 描述, 从而建立 WSDL 和 UDDI 一致的服务描述元数据模型。在此基础上通过拓扑矩阵的变换, 给出了元数据及其拓扑关系在 WSDL 和 UDDI 数据空间内的相互映射转换规则。这些规则被用于 Web 服务开发和注册系统 Web Service Develop Desk (WSDD) 上, 不仅能有效维护 UDDI 注册数据的间关系, 还能提高注册元数据的重用率, 为 Web 服务的开发提供更加灵活的方式。

1 UDDI 扩展元数据及其拓扑结构

UDDI 协议提供了共享环境下资源注册和发布的公共规范。一个 UDDI 注册中心的数据从概念上分为四类^[10]: 业务实体、业务服务、绑定模板和技术规范。每一类都表示 UDDI 最上层的一种实体, 称为 UDDI 元数据。

随着注册服务数量的增加和 Web 服务在业务领域应用的普及, 基于服务质量的应用正逐渐成为必然趋势。现有的 UDDI 标准协议还没有对服务质量的正式支持。常用的方法是在 UDDI 注册中心注册一类特殊的技术规范来指向所定义的 QoS 描述文件, 从而发布 QoS 属性。这种方法由于采用分布式的存放方式传送和解析技术规范所指向的文件, 需花费大量的开销且查询效率较低。理想的做法是扩展 UDDI 的元数据模型, 使其直接支持 QoS 信息的注册。图 1 是一种扩展的 UDDI 元数据模型^[11], 其中“质量信息”元数据(图中虚线框所示)用于注册服务的质量信息描述, 包括质量指标的名称、类型、数值、单位等。与“质量信息”关联的还有一个技术规范, 它是一类特殊的分类规范, 用来分类服务质量的不同指标, 如可靠性、吞吐率等。

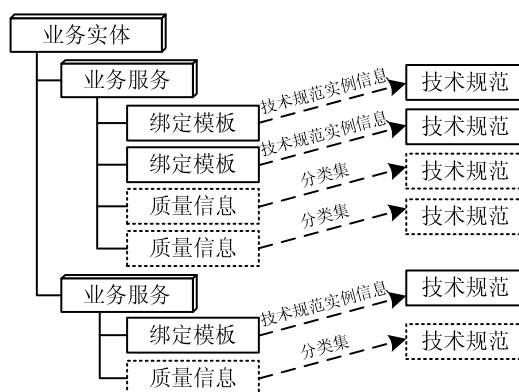


图 1 支持 QoS 的 UDDI 扩展元数据结构

2 支持 QoS 的 Web 服务元数据扩展模型

2.1 支持 QoS 的 Web 服务描述扩展

Web 服务描述语言 (Web Service Description Language, WSDL) 是普遍采用的 Web 服务描述规范^[12]。其文档分为抽象的“服务接口描述”和具体的“服务实现描述”两部分：前者表示服务的可重用定义，包含“type”、“message”、“portType”、“binding”和“import”元素；后者表示服务的具体实例定义，包含“service”、“port”和“import”元素。二者的分离，使抽象接口的复用性大大增加，不同的服务提供者可以对同一抽象接口，定义不同的具体实现终端，从而生成不同的 Web 服务实例。各元素的具体含义如表 1 所示。

表1 QoS 扩展的 WSDL 描述规范的元素及其含义

WSDL 文档	元素名称	描述内容
服务接口描述	type	定义数据类型
	message	定义接口输入输出的消息格式，可以由多个 part 组成
	portType	定义一组抽象的操作(operation)集合，每个操作包含其输入输出消息
	binding	定义 portType 中操作和消息的传输协议和数据格式规范
	import	导入外部的服务接口元素描述文件
服务实现描述	import	导入外部的服务接口描述文件
	port	指定 binding 的一个具体实现地址
	service	一组 port 的集合
	quality	服务的质量描述信息，由名称、类型、数值和单位组成

与 UDDI 扩展研究相比，WSDL 的扩展研究一直没有受到关注。目前大多数 UDDI 注册中心经过扩展都能支持 QoS 的注册和发布，而 WSDL 描述文档对此却没有明确的语法支持。这正是导致服务注册数据不规范、不一致的主要原因之一。为此，本文首先对 WSDL 描述规范进行扩展，将“quality”作为服务质量定义元素引入到 WSDL 服务实现描述文档，从而规范 Web 服务质量的描述语法。“quality”的具体描述内容如表 1 所示，其 WSDL Schema 结构为：

```

<schema>
  <element name="definitions" type=".....">
    <key name="quality">
      <selector xpath="service/quality"/>
      <field xpath="@name"/>
    </key>
  </element>
  <element name="quality" type="wsdl:qualityType">
    <complexType name="qualityType">
      <complexContent>
        <extension base="wsdl:documented">
          <sequence>
            <any namespace="##other" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
          </sequence>
          <attribute name="name" type="NCName" use="required"/>
          <attribute name="type" type="QName" use="required"/>
          <attribute name="value" type="string" use="required"/>
          <attribute name="unit" type="string" use="optional"/>
        </extension>
      </complexContent>
    </complexType>
  </element>
</schema>

```

2.2 WSDL 元数据的拓扑结构

“import”元素是 WSDL 中用途十分重要的元素，它的存在不仅使 Web 服务的抽象接口描述和具体实现描述可以在不同的文档中独立定义，也使抽象接口描述文档中的其他元素可以在不同的文档中独立定义。这些独立定义的元素间通过“import”元素相互引用，从而形成了 WSDL 元数据间的交叉索引关系。这种索引关系的拓扑结构如图 2 所示。

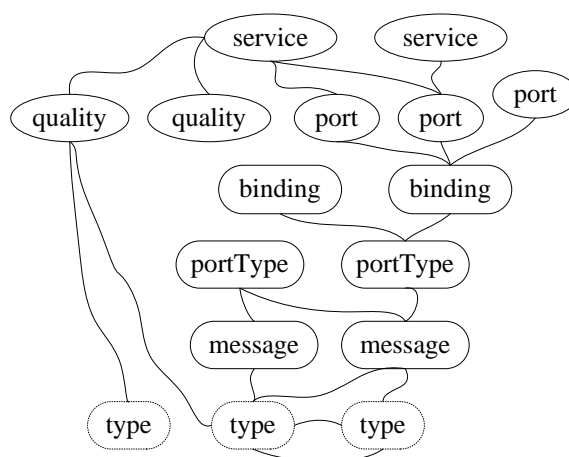


图 2 WSDL 元数据关系的拓扑结构图

图中椭圆节点表示 WSDL 服务实现描述元素，长圆节点表示 WSDL 服务接口描述元素，虚线框节点表示 WSDL 命名空间内的共享元素。节点间的连线表示元数据间的关联：①某个元素出发指

向另一种元素的两条以上（含）的连线表示多元关联，例如 1 个 service 可以包含多个 port，1 个 port 可以被多个 service 拥有；②某个元素只有一条连线指向另一种元素，表示单元关联，如 1 个 port 只包含一个 portType；③某个元素没有连线指向另一种元素，表示这种元素可以不与另一种元素关联，即脱离另一种元素而独立存在，如 port 元素可以脱离 service 元素而独立存在。

WSDL 元数据的这种拓扑关系可以用矩阵形式更加清晰地描述。记向量 $\mathbf{P}=(\text{service, quality, port, binding, portType, message, type})$ ，则矩阵：

$$\mathbf{A} = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 0 & n & n^+ & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & n \\ n & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & n & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & n & 0 & n^+ & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & n^+ & 0 & n^+ \\ 0 & n & 0 & 0 & 0 & n & n \end{bmatrix}$$

描述了 WSDL 元数据间的拓扑关系。其中， $a_{ij} = \frac{p_j}{p_i}$ ， $(p_i, p_j \in \mathbf{P})$ ，表示每个元素 p_i 可以关联的元素 p_j 的个数。 n 是非负整数变量，表示 0 到多个； n^+ 是自然数变量，表示 1 到多个。如 $a_{13}=n^+$ ，表示在 WSDL 文档中，1 个 service 的定义中至少应包含一个 port 元素。

3 WSDL 到 UDDI 的拓扑映射

Web 服务在 UDDI 注册中心的注册过程实际上是 WSDL 元素向 UDDI 数据空间的投影^[13]，包括元数据投影和元数据拓扑关系的投影。

3.1 元数据映射

Web 服务与 UDDI 注册元数据的核心映射如图 3 所示，包括：

- portType 映射为技术规范实体。技术规范必须包含名称、类型、命名空间和 portType 所在 WSDL 文件的地址。

- binding 映射为技术规范实体。技术规范必须包括名称、类型、命名空间、binding 所在 WSDL

文件的地址、传输协议及其所包含的 portType 元素的注册信息。

- port 映射为绑定模板实体。绑定模板必须包含 port 所发布的地址、本地名称及其所包含的 portType 和 binding 元素的注册信息（称为技术规范实例信息，见图 1）。

- quality 映射为质量信息实体。质量信息必须包含类型及本地名称、数值和单位。每一个质量信息实体都分配有唯一的 ID 与其描述的 service 注册实体相关联。

- service 映射为业务服务实体。业务服务必须包含名称、类型、命名空间、质量信息和它所支持的绑定模板。与其它实体不同，业务服务的名称包含语义信息，是使用者可以读懂的，因此不一定等同于 WSDL 中的 service 元素名称，后者实际被投影到业务服务的分类集中。

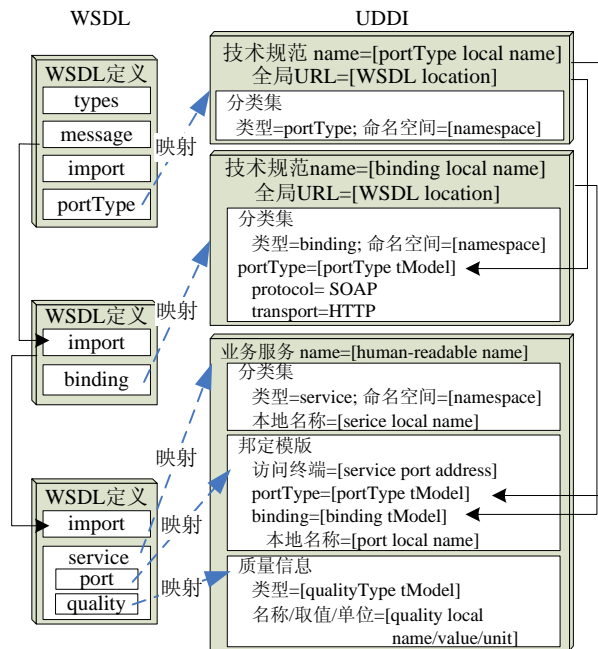


图 3 WSDL 与 UDDI 元数据的映射

3.2 关系映射

图 3 中，由不同的 WSDL 文档定义的服务元素通过 import 元素相互引用，从而支持 Web 服务的分布式定义；UDDI 数据空间内，不同实体之间也通过相互引用进行关联，从而实现了 Web 服务描述元素的独立和分布式注册。这种引用关系由 WSDL 描述文档向 UDDI 数据空间内的映射过程可以通过拓扑关系矩阵的转换得到。

记 $P = (\text{service}, \text{quality}, \text{port}, \text{binding}, \text{portType})$ 为 Web 服务需要向 UDDI 注册的元数据向量，则

WSDL 元数据拓扑矩阵 A 在向量 P 约束下的子阵为:

$$A' = [a'_{ij}] = \begin{bmatrix} 0 & n & n^+ & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ n & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & n & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & n & 0 \end{bmatrix}, (a'_{ij} = \frac{P'_j}{P'_i})$$

考察 3.1 节的元数据映射规则, 向量 P 在 UDDI 数据空间内被投影为向量: $Q=(\text{业务服务, 质量信息, 绑定模板, 技术规范实例信息, 技术规范})$ 。其中, 技术规范实例信息是 UDDI 内的一类虚拟元数据实体, 不直接依赖于 WSDL 元数据的注册。 P 向 Q 映射时存在如下约束:

1) 技术规范实例信息用于建立绑定模板与 portType 和 binding 元素注册产生的技术规范实体间关联, 且每个技术规范实例信息只能描述一个技术规范。因此每个技术规范实例信息都至少与一个绑定模板关联, 且每个绑定模板必须对应 2 个技术规范实例信息, 即: $b'_{43}=n^+$, $b'_{34}=2$ 。

2) portType 和 binding 元素被统一注册为技术规范实体, 因此二者之间的关联在 UDDI 中被映射为技术规范实体的自关联, 其结果为 $a'_{45} + a'_{54} = 1 + n = n^+$ 。

综上所述, WSDL 元数据的拓扑关系映射到 UDDI 数据空间后的矩阵为:

$$B' = [b'_{ij}] = \begin{bmatrix} 0 & n & n^+ & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ n & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & n^+ & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & n & n^+ \end{bmatrix}, (b'_{ij} = \frac{q'_j}{q'_i}, q'_i, q'_j \in Q)$$

再考虑 UDDI 注册元数据空间内的“业务实体”和“分类技术规范”。记向量 $Q=(\text{业务实体, 业务服务, 质量信息, 绑定模板, 技术规范实例信息, 技术规范})$ 。其中, 技术规范包括两类: 一类是由 portType 和 binding 元素注册产生的技术规范实体(简称为“技术规范”), 另一类是 UDDI 的分类技术规范(简称为“分类规范”)。对矩阵 B' 作如下扩展:

$$B = [b_{ij}] = \begin{bmatrix} n & n & 0 & 0 & 0 & n_c^+ \\ n & 0 & n & n^+ & 0 & n_c^+ \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1_c \\ 0 & n & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & n^+ & 0 & 1 \\ \hline {}_c n & {}_c n & {}_c n & 0 & n & {}_{(c)} n_c^+ \end{bmatrix}, (b_{ij} = \frac{q_j}{q_i}, q_i, q_j \in \mathcal{Q})$$

则矩阵 B 表示了 UDDI 数据空间内所有元数据实体间的拓扑关系。其中，虚线以外的元素是 B 的扩展元素，表示 UDDI 中业务实体或技术规范与其他实体间的数量关联关系。由于分类规范是一类特殊的技术规范实体，对应着 UDDI 的某些分类规则，在矩阵 B 中用下标 c 与其他技术规范相区分：且当 $q_i =$ “分类规范” 时，用 b_{ij} 的前下标表示，当 $q_j =$ “分类规范” 时，用 b_{ij} 的后下标表示。例如： $b_{16} = n_c^+$ 表示 1 个业务实体可以至少 1 个分类规范， $b_{62} = {}_c n$ 表示 1 个分类规范可以关联 0 到多个业务服务。

矩阵 B 所描述的拓扑关系可用图 4 表示。图中，虚线框节点表示分类规范实体，节点间的连线含义同图 2。

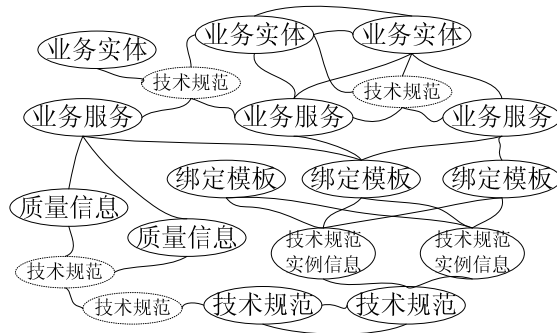


图 4 QoS 扩展的 UDDI 元数据拓扑结构

4 利用拓扑映射开发和发布 Web 服务

WSDL 和 UDDI 间元数据的拓扑映射为 Web 服务的开发和注册提供了更加灵活的方式：不仅可以独立描述和注册 Web 服务的各种元素信息，还可以利用数据的映射和拓扑关系实现 Web 服务注册信息的分布式应用和共享，从而提高数据的重用率。

Web Service Develop Desk (WSDD) 是基于这种拓扑映射的 Web 服务开发和发布系统，其结构如

图 5 所示。基于浏览器开发的 Web 服务编辑器支持用户分片编辑 WSDL 描述文档。通过与 UDDI 服务注册中心的动态链接，用户可以随时向注册中心提交 WSDL 文档片断，并且可以从 UDDI 数据库查询已经存在的 WSDL 文档注册实体，解析后作为本地的 Web 服务描述元素通过 import 接口导入到编辑器。编辑产生的新的 Web 服务描述文档向 UDDI 提交后，UDDI 能依据其中的 import 元素描述信息自动产生并维护的实体间的关联信息。

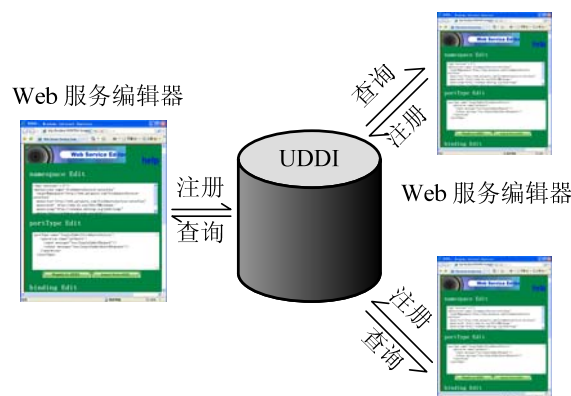


图 5 支持 Web 服务分布式编辑的 WSDD 系统示意图

WSDD 中 WSDL 和 UDDI 的元数据及其引用关系的状态转换如图 6 所示。灰色框表示 UDDI 数据空间内的实体状态，白色框表示 WSDL 数据空间内的元素状态；线条表示引起状态变化的操作，其中实线表示注册，点画线表示外部引用或导入，虚线表示同一空间内的关联。WSDD 系统中的这种数据状态转换为 Web 服务开发提供了最大的灵活性。如一种基于该系统的分布式 Web 服务开发流程可以描述为：

- 1) 用户 1 编写只有 portType 元素描述的 WSDL 文档，将其映射为 portType 类型的技术规范；
- 2) 用户 2 查找满足需要的 portType 类型的技术规范，导入该规范所对应的 portType 描述，编写只有 binding 元素描述的 WSDL 文档，并将其注册为 binding 类型的技术规范；
- 3) 用户 3 查找满足需要的 binding 类型的技术规范，导入该规范对应的 binding 描述，编写只有 port 端口描述的 WSDL 文档，并将其注册为绑定模板；
- 4) 用户 4 查找满足需要的绑定模板，导入该模板对应的 port 端口描述，编写只包含 quality 和 service 信息的 WSDL 文档，并将其注册为业务服务和质量信息

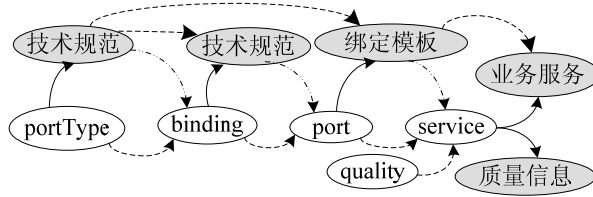


图 6 WSDL 和 UDDI 元数据间的转换

5 结束语

Web 服务的广泛应用和不断更新导致 UDDI 服务注册中心极易产生大量的冗余数据，一方面破坏数据一致性，另一方面也是数据间的关系变得复杂而难以维护，严重影响 UDDI 注册信息的利用率和共享度。

本文系统地分析了 UDDI 元数据模型和 WSDL 元数据拓扑结构，针对 QoS 扩展的 UDDI 数据模型，拓展了 WSDL Schema 结构使其支持元数据级别的服务质量描述，从而建立了 WSDL 和扩展的 UDDI 之间一致元数据模型，并通过拓扑矩阵的变换研究了 WSDL 元数据拓扑结构到 UDDI 数据空间的映射。利用这种映射，不仅可以很好的维护 WSDL 描述信息和 UDDI 注册信息间的关系和数据一致性，还可以更加灵活的方式开发和注册 Web 服务，提高服务注册信息的利用率和共享度。

参考文献 (References)

- [1] Kim S M, Rosu M C. A survey of public Web services [J]. *Lecture notes in computer science*, 2004, **3182**: 96-105.
- [2] Clark M. UDDI-The Weather Report [EB/OL]. [2001-11-28]. <http://www.Webservicesarchitect.com/content/articles/clark04.asp>
- [3] 刘家茂, 顾宁. 面向领域 UDDI Registry 的服务注册和查找[J]. 小型微型计算机系统, 2006, **27**(6): 1043-1048.
LIU Jiamao, GU Ning. Service registration and discovery in domain-oriented UDDI registry [J]. *Mini-Micro Systems*, 2006, **27**(6): 1043-1048. (in Chinese)
- [4] Marcus S, Schöning H, Swenson K. Publishing of interoperable services and processes in UDDI [C]. // Proc. 11th IEEE Intl. Conf. Enterprise Distributed Object Computing. New York: IEEE Press, 2007:

503-510.

- [5] 王郁昕, 鲍泓. 基于 UDDI 的语义元数据定义及映射[J]. 计算机工程与应用, 2007, **43**(11): 171-174.

WANG Yuxin, BAO Hong. Mapping semantic metadata to UDDI for processing of heterogeneous data [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2007, **43**(11): 171-174. (in Chinese)

- [6] 涂静. 基于 UDDI 扩展的 e-service 元数据设计[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2006, **29**(4): 404-406.

TU Jing. Designing e-service metadata based on extended UDDI [J]. *J. Wuhan Uni. of Sci. & Tech. (Natural Science Edition)*, 2006, **29**(4): 404-406.

- [7] Liu J X, Liu J, Chao L. Design and implementation of an extended UDDI registration center for Web service graph [C]. // Proc. IEEE Intl. Conf. Web Services. New York: IEEE Press, 2007:1174-1175.

- [8] 熊鹏程, 范玉顺. 一种自动选择网络服务的 UDDI 扩展模型[J]. 制造业自动化, 2006, **28**(增刊): 107-112.

XIONG Pengcheng, FAN Yushun. An extended UDDI model for Web service selection automation [J]. *Manufacturing Automation*, 2006, **28**(sup.): 107-112. (in Chinese)

- [9] Dong W L. QoS driven service discovery method based on extended UDDI [C]. // Proc. 3rd Intl. Conf. Natural Computation. New York: IEEE Press, 2007, **5**:317-324.

- [10] UDDI COMMITTEE. UDDI Version 2.03 Data Structure Reference [EB/OL]. [2002-7-19] http://www.uddi.org/pubs/DataStructure_v2.htm

- [11] Ran S P. A model for Web services discovery with QoS [J]. *ACM SIGecom Exchanges*, 2003, **4**(1):1-10.

- [12] Christensen E, Curbera F, Meretdih G, et al.. Web Services Description Language (WSDL) 1.1. [EB/OL]. [2001-3-15]. <http://www.w3.org/TR/wsdl>.

- [13] Colgrave J, Januszewski K. Using WSDL in a UDDI Registry, Version 2.0.2. [EB/OL]. [2004-6-31]. <http://www.oasis-open.org/committees/uddi-spec/doc/tn/uddi-spec-tc-tn-wsdl-v2.htm>