

面向语义服务结构的模型研究

刘 强

(湖南工业大学 计算机与通信学院, 湖南 株洲 412008)

摘 要: 针对 SOA 在构建业务处理、信息转换和消息通讯方面存在诸多弊端的现状, 主张融合语义 Web 和 Web 服务的技术优势, 提出一种新的面向语义服务的结构, 该结构用 WSDL-S 作为 Web 服务间交互的纽带, 使服务之间能完成基于语义的互操作、共享和集成; 用任务驱动的消息机制将其各个构件联系起来并协同工作, 这便于其在 Web 上异构、分布的部署。并探讨了 SSOA 的工作机理——动态执行语义, 并通过实例证实其可行性。

关键词: SOA; SSOA; WSDL-S; 动态执行语义; 标注; 调解器

中图分类号: TP312

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2007)02-0073-06

Research on the Model of Semantic Service-Oriented Architecture

Liu Qiang

(College of Computer and Communication, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

Abstract: Aiming at many defects of SOA in constructing business processing, information transforming and messages communicating, a new semantic services-oriented architecture (SSOA) is presented by fusing the technological advantage of semantic Web and Web services. Using WSDL-S as bridge of Web services interaction, the architecture can efficiently implement semantic-based interoperation, share and integration in Web services. Adopting task-driven message mechanism to connect these components and work in terms of collaboration, it is convenient for distributed deployment of its components on Web. Finally, the working principle of SSOA and dynamic executable semantic are discussed and the feasibility is testified by a practical sample.

Key words: SOA; SSOA; WSDL-S; dynamic executable semantic; annotation; mediator

1 面向服务的体系结构介绍

面向服务的体系结构(Service-oriented architecture, 简称 SOA)是一种松散耦合的应用程序体系结构, 在这种体系结构中, 所有功能被定义为独立的服务, 每个服务带有明确可调用的接口(interface), 服务之间互通信, 可以是简单的数据传递, 也可以是有序(已定义好)地调用多个服务进行服务组合, 形成业务流。在 SOA 体系结构中, 业务处理功能被封装成服务并通过接口使用服务, 接口定义了调用服务所必须的参数和结构类型^[1]。

鉴于 SOA 的技术优势, 众多软件开发商(如 IBM WebSphere^[2]和 MQ IONA Artic^[3]等)纷纷将该技术用于

EAI (Enterprise Application Integration)和B2B (Business to Business)系统的开发。SOA 有如下优势^[4]: 1)SOA 中的各项功能可以高度重用; 2)依据业界标准, 能提供灵活度高、适应性强的应用实现; 3)使服务间无需适配器而自由交互的设想成为可能。

SOA 结构解决了以往 EAI 和 B2B 系统中必需在一中心点进行集成的技术瓶颈。此外其各接口间可以通过 WSDL 使能(enabling)进行相互通讯, 大大减少了系统中点对点适配器的数量。不过, 该结构的致命缺点是它没有很好地解决接口的语义问题, 这妨碍了接口间相互协作, 使该结构很难构建基于 Web 的异构、分布的应用程序, 其主要缺点表现为:

收稿日期: 2007-01-04

作者简介: 刘 强(1980-), 男, 湖北随州人, 湖南工业大学教师, 主要从事计算机网络, Web 技术方面的教学与研究。

1)在 SOA 业务处理层,通常用 BPEL^[5]对工作流类型进行定义,并完成工作流实例的执行。在执行过程中,需要将公共处理融入到私有处理中,不同公司发布的公共处理行为要经过匹配才能建立连接。这就不得不为团体中的每个伙伴定义一个处理模型。这势必加重系统的负担。

2)在 SOA 转换层,转换实际上是功能映射的子过程,用于将任何基于 XML Schema 表示的源信息的内容及结构处理和转换为目标文档的格式。

3)在 SOA 的传输层,用 SOAP 作为结构化消息传输的协议,前提是参与交互的应用程序采用符合 WSDL 标准的接口,该方法没有解决适配器和传输协议间的集成问题。

针对 SOA 的技术缺陷,业界采用的主要解决方案是将语义 Web 技术和 Web 服务技术相融合,形成一个新的体系结构——面向语义服务的结构(Semantic Service-Oriented Architecture,简称 SSOA),SSOA 用本体模型化 Web 服务的语义数据,这不仅便于机器理解服务,也便于其进行智能推理等高层次操作。SSOA 方便 Web 上服务的自动发现、组合和执行,使 Web 上应用程序和数据间无缝集成的设想成为可能。

SSOA 是一全新的体系结构,目前还没有较完善的模型,本文在总结几个相关结构模型的基础上探索性地提出了一个新的模型,该模型既考虑到充分利用现有技术,又在多处进行创新,以期用它能更好地构建基于 Web 的异构的、分布的应用程序。

2 相关技术基础

目前,已有很多 SOA 结构的应用程序投入使用,如 IBM WebSphere MQ^[2]、IONA Artix^[3]、webMethods Fabric^[6]、BEA WebLogic Enterprise Platform^[7]等,这些产品的共同特点是没有对发布的服务进行语义标注(annotation),发现服务仅像黄页一样充当基于语法的查询功能。

能够为服务自动发现提供语义标记的框架模型有 4 个:OWS-S、METEOR-S^[8]、SWSF^[9]和 WSMX^[10]。

OWL-S 是基于 OWL 的 Web 服务本体,它只给出了像组合器、匹配器和编辑器这样相互独立的工具,没有给出一套支持设计和运行的完整工具集。文献[11]描述了用语义发现服务通过 BPWS4J(BPEL 的 Java 实现)实现 Web 服务的动态绑定。

METEOR-S 是在现有 Web 服务技术基础上融入了语义 Web 技术,使其能够完成基于语义的 Web 服务的发现和组合。METEOR-S 没有设计新的本体语言,而是使用 DAML+OIL 和 RDF(S)将 WSDL 消息类型(输入、输出)和操作映射为领域本体的概念。为了便于语义操作,用领域本体对 WSDL 进行语义标注而形成 WSDL-S。METEOR-S 的主要组件是抽象处理设计器、语义发布和发现引擎、约束分析器和执行环境。

SWSF 在 METEOR-S 基础上用 3 种语义对 Web 服务进行细致标注,并对约束分析/选优器给出了服务选择的定量标准,提高了服务查找的效率和精确度。

WSMX(Web Services eXecution environMent)是为了发现、选择、调解、调用和互操作基于语义描述的 Web 服务而设计的功能详尽的软件框架。它是 WSMO(Web Services Modeling Ontology)的实现,而 WSMO 定义了语义 Web 服务(Semantic Web Services,简称 SWS)不同方面的概念模型。WSMX 给出了 SWS 较详尽的实现,其主要缺点是重新开发一套 WSMO 语义的本体——WSML(Web Services Mod-eling Language),这无疑增加了系统开发的成本。

本文贯彻充分利用现有技术而减少系统开发成本的理念,用 WSDL-S 作为 Web 服务间交互的纽带,使服务之间能基于语义的互操作、共享和集成。同时也借鉴了 WSMX 的任务驱动的消息机制将其各个构件联系起来,协同工作的思想。给出了一个能够完成语义 Web 服务处理周期各项任务的、功能较完备的、布局较合理的 SSOA。

3 SSOA 结构模型

3.1 设计理念

既然 SWS 通过融合 Web 服务和语义 Web 技术,试图将 Internet 从供人们使用的信息库转变成为支持分布的 Web 计算的全球性系统,所以我们设计的 SSOA 将融入基本的 Web 设计原理、语义 Web 设计原理和 Web 上分布的、面向服务的设计原理。下面简要介绍一下本 SSOA 结构用到的关键技术。

1)符合传统的 Web 信息管理:SSOA 继承了用 URI 唯一标识资源的设计理念;用命名空间的概念表示一致的信息空间;支持 W3C 的 Web 技术推荐标准及分散化资源管理的理念。

2)以本体为基础:在整个 SSOA 中,用本体作为数据模型,也就是说所有的资源描述和服务中用到的交互数据都是基于本体的。本体的拓展用途是允许基于语义的增强信息处理和对互操作的支持。

3)严格的退耦:不管是否和其他资源交互,SSOA 的各个资源被规定为是相互独立的,他们直接通过任务驱动的公共消息交换协议实现通讯。这也符合 Web 开发和分布的实质。

4)调解的集中处理:调解着重处理在开放环境中引发的异构问题。作为严格退耦的补充,调解器提供映射不同商业逻辑的调解方法,这非常有利于异构资源的互操作。由此可见,调解器是 SSOA 中至关重要的组件。

5)本体规则的分离:用户需求被模式化为服务模板(Service Template,简称 ST),ST 独立于可用的 Web 服

务公告(Service Advertisement, 简称 SA), 这松散化了服务需求者和提供者之间的关系, 有利于他们在 Web 上分布式部署。

6)接口和实现的分离: 通过区分内部实现和行为与外部可见行为接口, 使构件间的关系变得更加松散, 便于他们在 Web 上分布式部署。

7)执行语义: 需要在运行时唯一指定其执行行为,

所以需要设计一套正式的执行语义, 以确保执行模型的一致性。

3.2 新 SSOA 模型

遵循上述设计理念, 吸收了以往 SSOA 模型(OWS-S、METEOR-S、SWSF 和 WSMX)的优点, 本文给出了 SSOA 的一个新模型, 如图 1 所示。

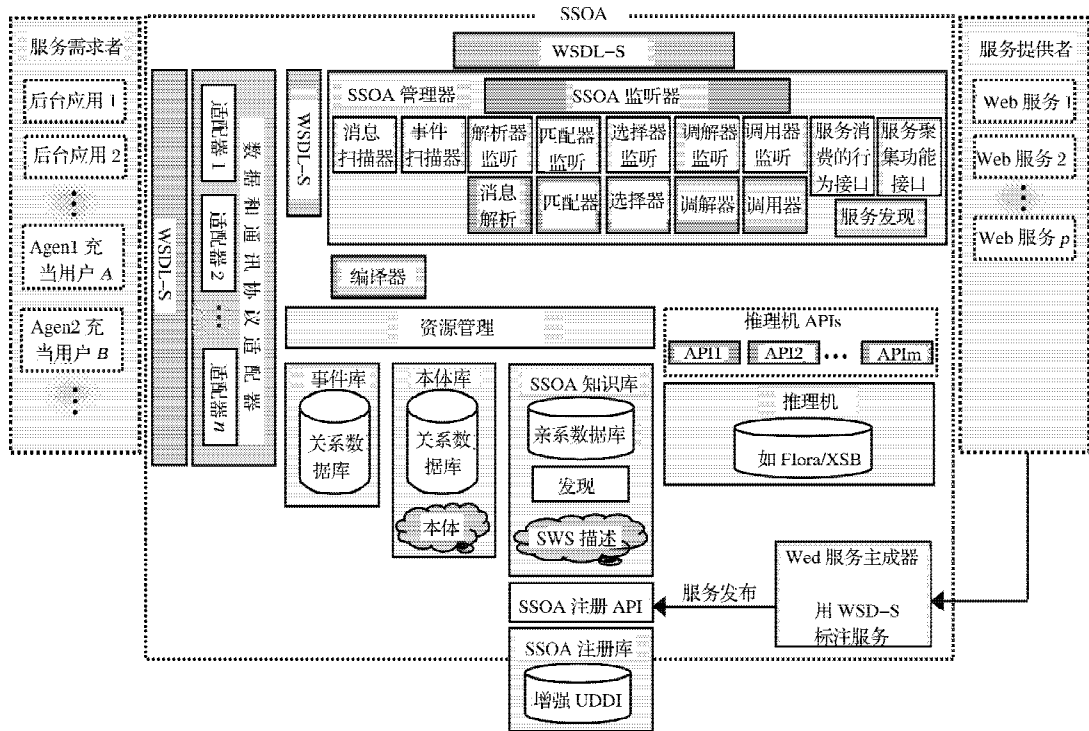


图 1 SSOA 的模型

Fig. 1 Model of Semantic Service-Oriented Architecture

由图 1 可知, SSOA 模型是由众多松散耦合的组件组成, 他们可以自如地插入系统或从系统中移除, 组件可以由第三方开发和维护。每一个组件都定义了公共接口, 他们可以由 SSOA 提供了统一参考实现的组件存取, 也可以通过组件自己的参考实现存取。SSOA 的参考实现提供了所有组件实现的接口描述, 在 SSOA 部署时, 任何由第三方开发的符合接口描述的组件都可以成为 SSOA 的功能组件。在后续版本中, 我们打算提供组件的分布式部署, 使用时组件按需组合。下面分别阐述主要组件的功能。

1)数据和通讯协议适配器: 因为某些后台应用程序本身不支持 WSDL-S 的 Web 服务接口, 所以需要适配器将从交互信息中提取的消息或事件, 转换成符合 SSOA 标准的数据格式

2)资源管理: 用于提供 SSOA 一致性存储的接口组件, 它管理事件库、本体库和 SSOA 知识库(库中存储了 SSOA 使用的每一个数据项)。SSOA API(参考了文献 [12])提供了用于表示领域模型的 Java 接口集。目前该组件能够提供的接口包括: Web 服务、本体、ST、调

解器、数据和消息。

3)Web 服务生成器: 负责服务的生成和发布工作。它用领域本体对提供者提供的 WSDL 文件进行语义标注, 形成 WSDL-S 文件, 然后将 WSDL-S 文件发布到增强 UDDI 中, 供 SSOA 各组件对 Web 服务进行基于语义的操作。增强 UDDI 是在 UDDI v2 基础上添加一层用于语义描述的内容而产生的。我们参考文献 [13]设计了一个能够进行服务标注的 GUI 软件。

4)服务发现: 负责发现与服务需求者的需求(被表示成为 ST)相匹配的服务(即发布到增强 UDDI 中的 SA), 计算公式如下:

$$\text{Sim}(\text{ST}, \text{SA}) = \{\text{match}(\text{SLP}(\text{ST}), \text{SLP}(\text{SA})) * \text{match}(\text{OP}(\text{ST}), \text{OP}(\text{SA}))\}$$

由公式可知, 相似性的结果等于服务层参数匹配结果与操作层参数匹配结果的乘积。服务层参数的匹配结果是由服务层参数的各部分(包括事务名称、位置和所属领域)比较后的值相乘得到的。操作层参数的匹配结果是由 ST 中每个操作与 SA 中所有操作比较后所得的值相乘表示。通过 ST 和 SA 的相似性匹配过程,

返回了一个从最优到基本适合排列的候选服务集。关于服务发现的相似性评价算法请参考文献[14]。

5)服务选择器：该组件从“服务发现”组件返回的候选服务集中选择最优服务并交由调用器处理。

6)调解器：该组件分为数据调解器(Data Mediator, 简称DM) 和处理调解器(Processing Mediator, 简称PM) 两类。数据调解器调和可能发生在服务发现、组合、选择或调用时产生的数据异构问题, 即本体到本体的调解。处理调解器负责在运行时分析两个服务消费的实例, 并补偿可能发生不匹配问题, 包括ST到ST的调解、ST到SA的调解、SA到SA的调解。

7)服务消费的行为接口：定义了如何用交换消息的形式(即所谓的通讯模式)和服务进行交互。

8)服务聚集功能接口：定义了通过聚集多个服务来完成复杂业务处理。

3.3 SSOA 的动态执行语义

在SSOA的执行中, 我们之所以采用动态语义, 一是通过模型化执行语义使采用该模型的软件开发者能够很好地理解其系统并推断出系统的确定属性, 也能实现系统组件的模型驱动语义(model-driven semantic); 二是通过动态执行语义可以明确地把功能语义从操作语义中区分出来, 这使得系统引入或更改组件不会影响系统的客户端。

SSOA的一个关键特征是使组件间的耦合度尽量小, 并允许这些组件在Web上分布式部署。它改变以往的通过对组件进行硬编码(hard-coded)形成执行语义的传统模式, 使系统可以在运行时插入和移除组件, 且允许重配置、管理和监控可用的组件。对于单个组件的配置, 可以通过传递一个描述符文件或代码标注实现。

我们还给SSOA中的多个组件设计了包装器(wrapper), 其目的是为了更方便事件处理而将某些组件从传输层分离出来。SSOA是任务驱动的系统, 所以包含很多用事件进行通讯的包装器。包装器采用异步通讯形式, 当一个包装器通过消息引发一个事件时, 另一个包装器能够在某个节点处及时消费该事件并做出相应的反应。SSOA通讯服务的组件可以不了解事件的基本结构, 它只和自己的包装器通讯, 事件的产生和消费只发生在包装器层。另外SSOA的传输机制也通过传输接口从系统中退耦出来, 所以它隐藏了事件传输的细节。

通过采用上述措施, SSOA完全可以通过在运行时将抽象的系统行为映射为系统实际的事件结构而实现动态执行语义, 图2描述了SSOA的动态执行语义结构。

3.4 SSOA 的性能评价

通过对SSOA的模型和动态执行语义阐述可知, 我们提出的SSOA模型很好地解决了传统SOA存在的

技术问题, 主要表现在:

1) 在处理层, 针对服务接口不同的情况, SSOA应用调解器补偿接口不兼容问题, 以此得到等同的公共处理。调解器的作用是在运行时为一个公共处理的两个给定实例提供协作和融合的有效途径, 调试和补偿可能出现的不匹配问题。

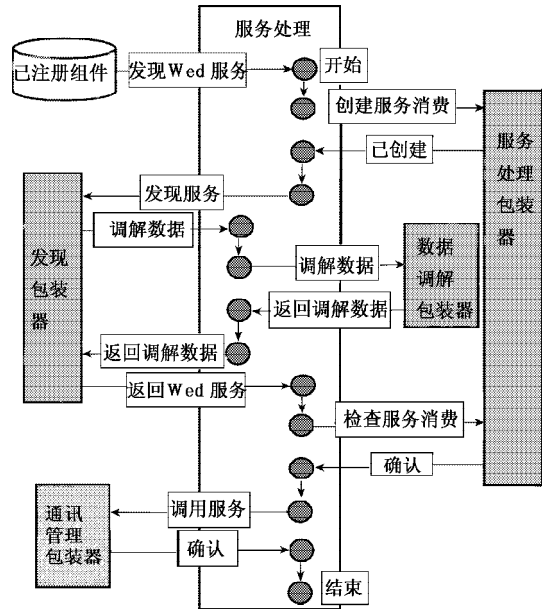


图2 SSOA 的动态执行语义

Fig. 2 Dynamic execution semantics of SSOA

2) 在转换层, 传统的SOA通过XML Schema完成基于语法的映射, 该映射过程只能在设计时静态绑定, 且映射是针对每一个消息的。而对于SSOA是在其领域内本体到本体的映射, 该映射可以在运行时被发现和重用。

3) 在传输层, 我们用WSDL-S作为各应用程序和SSOA的接口语言, 由于WSDL-S已用领域本体标注过, 所以它支持基于语义操作, 这既便于各异构应用程序与SSOA间的互操作, 也便于适配器和传输协议间的集成。

4 SSOA 的应用举例

为了验证SSOA模型的可行性, 我们设计了一个简单的旅游代理系统(Tourism Agency System, 简称TAS), 它是为确定的旅游路线而提供的在线订票业务系统。

4.1 服务接口定义

为了简化本例, 这里只给出了需求者和服务消费接口间的交互过程。假定他们有下列内部本体: ① station: 其概念的实例表示旅游始发地或目的地; ② date: 其概念的实例表示旅游开始的日期; ③ time: 其概念的实例表示旅游启程的时间; ④ price: 旅游路线的价格。此外, 需求者本体还包括myRoute(旅行线路)

的概念，其定义如下：

```

concept myRoute
  nonFunctionalProperties
    dc#description hasValue "本概念包含始发地和目的地及旅游日期"
    mode hasValue out
  endNonFunctionalProperties
  sourceLocation ofType station
  destinationLocation ofType station
  onDate ofType date

```

服务消费的行为接口需要使用下面的概念：

- 1) route 概念表示服务路线的始发地和目的地。
- 2) routeOnDate 概念表示某一确定日期的路线，它包含 route、date、time 和 price 参数。

由于篇幅限制，route 和 routeOnDate 概念定义过程省略。

此外服务消费过程中包括下面规则：

- 1) myRoute 实例的规则，这里假定两个 station 和一个 date 的实例已经创建。

```

?x [sourceLocation hasValue ?sourceLocation,
  destinationLocation hasValue ?destinationLocation,
  onDate hasValue ?onDate]
  memberOf myRoute<-

```

```

  ?sourceLocation memberOf station and
  ?endLocation memberOf station and
  ?onDate memberOf date.

```

- 2) 当 myRoute 被传送到对应服务时，需要一个 time 的实例。

```

?x memberOf time <-
  ?myRoute memberOf myRoute.

```

- 3) 当 myRoute 被传送到对应服务时，需要一个 time 的实例。

```

?x memberOf price <-
  ?myRoute memberOf myRoute.

```

- 4) route 实例的规则，它由服务消费接口传送给服务需求者，用于表示路线。(规则内容省略)

- 5) routeOnDate 实例的规则，它由服务消费接口传送给服务需求者，用于表示路线的日期。(规则内容省略)

4.2 服务的动态执行过程

下面逐步阐述服务提供者和服务需求者通过服务消费接口进行交互完成在线订票业务的过程：

- 1) 需求者提供传送一个 myRoute 实现初始化服务处理过程；

- 2) PM 将该实例翻译成为服务本体形式，同时又要获取两个 station 和一个 date 的实例，并把他们存储在内部知识库中；

- 3) 选择两个 station 实例，并从内部知识删除他们；

- 4) PM 评估需求者规则，并将第一个规则进行标记，这意味着在后续重复调用时不必重新评估；

- 5) 提供者创建 route 实例并传送给 SSOA；

- 6) 按需求者本体的形式翻译 route 实例后，分析要进行交互的需求者和提供者的情况，PM 丢弃 route 实例（以后不再使用）和调解过的实例。通过评估转换规则，PM 确定，提供者需要前面存储的 date 实例；PM 将 date 实例传给提供者，然后从内部知识库中删除它；

- 7) PM 从需求者的服务处理开始标记规则；

- 8) PM 检查所有需求者的规则是否被标记，如还有要标记的规则，则处理尚未结束

- 9) 提供者创建 routeOnDate 实例并将其传送给 SSOA；

- 10) PM 用需求者本体形式将 routeOnDate 转换成两个 station、一个 time 和一个 price 实例。station 不再使用了，删除之。price 和 time 实例被传送给需求者；

- 11) PM 评估并标记第二个规则；

- 12) PM 检查需求者的所有规则是否被标记，若现在都已被标记，则通讯结束；

- 13) PM 删除这两个进行服务处理的实例（也应该同时从内部知识库中删除任何实例，不过在本例中已经没有了）。

上述操作步骤的图示表示如图 3 所示。

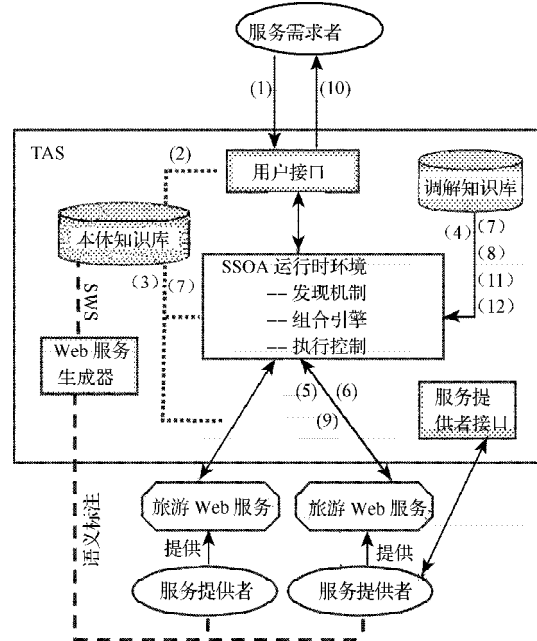


图 3 TAS 的动态执行过程

Fig. 3 Dynamic execute process of TAS

5 总结与展望

本文针对以往 SOA 的技术缺陷，充分利用当前先进的技术和设计理念，吸收并融合了当前业界比较先进的 SSOA 模型的优点，创造性地提出了一个新的 SSOA 模型。该模型将是未来十分流行的软件体系结

构——面向 Web 的异构、分布的组件结构的一个有益探索。但目前我们只初步规划了模型各组件的功能,关于组件的功能实现、组件间的协调等工作有待我们的继续研究和探索。

做为 Web 上构建 EAI 和 B2B 应用程序非常理想的结构模型, SSOA 必然拥有美好的应用前景。

参考文献:

- [1] Knutson J, Kreger H. Web Services for J2EE [EB/OL]. [2002-08-19]. http://www.huihoo.org/openwed/web_services_for_j2ee/index_eng.shtml.htm.
- [2] IBM Enterprise. WebSphere MQ: Services Oriented Architecture and Web services [EB/OL]. [2004-04-29]. <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg246303.pdf>.
- [3] Morton R, Humphreys T, Roy D. Integration Across the Complex Enterprise-Artix ESB Overview[EB/OL]. [2005-04-01]. <http://www.iona.com/whitepaper.htm>.
- [4] Medjahed B, Benattallah B, Bouguettaya. Business-to-business interactions: Issues and enabling technologies[J]. The VLDB Journal, 2003, 12(1): 59-85.
- [5] Tony Andrews, Francisco Curbera, Hitesh Dholakia, et al. Business Process Execution Language for Web Services, Version 1.1. [EB/OL]. [2003-05-05]. <ftp://www6.software>.

(上接第 67 页) α -噻吩甲酰三氟丙酮(HTTA)、对甲氧基苯甲酸(POA)和邻菲罗啉(Phen)的配合物,它们具有强的红色荧光,它们的组成是 $\text{Eu}_{1-x}\text{Gd}_x(\text{POA})(\text{TTA})_2\text{Phen}$ ($x = 0 \sim 1$)。

2) 通过在配合物 $\text{Eu}(\text{POA})(\text{TTA})_2\text{Phen}$ 中以共沉淀方式掺杂相当便宜的共发光 Gd^{3+} 离子可使配合物的荧光强度明显增强。掺杂配合物中 Eu^{3+} 离子与 Gd^{3+} 离子的物质的量的最佳比为 3:2。分子间能量传递方式可能是配合物 $\text{Eu}_{1-x}\text{Gd}_x(\text{POA})(\text{TTA})_2\text{Phen}$ 荧光增强的主要机制。

参考文献:

- [1] Andrzej M K, Stefan L, Zbingniew H, et al. Improvement of emission intensity in luminescent materials based on the antenna effect[J]. J Alloys and Compounds, 2000, 300-301:55-60.
- [2] Brito H F, Malta O L, Menezes J F S. Luminescent properties of diketonates of trivalent europium with dimethylsulfoxide [J]. J Alloys and Compounds, 2002, 303-304: 336-339.
- [3] Panigrahi B S. A fluorimetric study of terbium, europium and dysprosium in aqueous solution using pyridine carboxylic acids as ligands[J]. J Alloys Compounds, 2002, 334: 228-231.
- [4] Ricardo O F, Rodrigo Q A, Severino A J, et al. On the use of combinatory chemistry to the design of new luminescent Eu^{3+} complexes [J]. Chemical Physics Letters, 2005, 405: 123-126.

ibm.com/software/developer/library/ws-bpel.pdf.

- [6] webMethods Co. Overview of webMethods Fabric. [EB/OL]. [2004-10-29]. <http://www.webmethods.com/products/fabric>.
- [7] BEA Company. BEA WebLogic Product Family: Accelerate your SOA initiative [EB/OL]. [2006-07-12]. <http://www.bea.com.cn/products/beawebLogic/index.jsp>.
- [8] METEOR-S. Semantic Web Services and Processes[EB/OL]. [2005-06-24]. <http://lstdis.cs.uga.edu/Projects/METEOR-S/>.
- [9] 满君丰,邱银安,陈青. 语义 Web 服务框架模型研究[J]. 计算机集成制造系统, 2005, 11(10): 1372-1379.
- [10] WSMX Work Draft. Web Service Modeling Execution Environment-Conceptual Model[EB/OL]. [2005-09-13]. <http://www.wsmo.org/TR/d13/d13.1/v0.3/>.
- [11] Mandell D J, McIlraith S A. Adapting BPEL4WS for the Semantic Web: The Bottom-Up Approach to Web Service Interoperation[C]// In Proc. of the International Semantic Web Conference (ISWC), New York: [s. n.], 2003: 227-241.
- [12] Dimitrov M, Ognyanov D. wsmo4j Programmer's Guide [EB/OL]. [2006-11-24]. <http://wsmo4j.sourceforge.net/doc/wsmo4j-prog-guide.pdf>.
- [13] Akkiraju R, Farrell J, Miller J. Web Service Semantics: WSDL-S[EB/OL]. [2005-11-07]. <http://lstdis.cs.uga.edu/library/download/WSDL-S-V1.html>.
- [14] 李建设,满君丰,陈青. 约束驱动的语义 Web 服务相似性问题研究[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(34): 156-159.

- [5] WANG Zheng-xiang, SHU Wan-yin, ZHOU Zhong-cheng, et al. Fluorescence properties and application of doping complexes $\text{Eu}_{1-x}\text{L}_x(\text{TTA})_3\text{Phen}$ as light conversion agents[J]. J Cent South Univ Technol, 2003, 10 (4):342-346.
- [6] Jiu H F, Ding J J, Bao J, et al. Combinatorial method for the study of new cofluorescence enhancement system [J]. Spectrochimica Acta Part A, 2005, 61: 3150-3154.
- [7] Fu Y J, Wong T K S, Yan Y K, et al. Syntheses, characterization and Luminescent properties of Eu (III) complex [J]. Thin Solid Films, 2002, 417: 78-84.
- [8] Yang J H, Ren X Z, Zhou H B, et al. Enhanced luminescence of the europium(III) -dibenzoylmethane- ammonia-acetone system and its analytical application to the determination of europium ion[J]. Analyst, 1990, 115: 1505-1509.
- [9] Ji Xiang-ling, LI Bin, JIANG Shi-chun, et al. Luminescent properties of organic - inorganic hybrid monoliths containing rare-earth complexes[J]. Journal of Non-Crystalline Solids, 2000, 275: 52-58.
- [10] Deacon G B, Philips R J. Relationships between the carbon-oxygen stretching frequencies of carboxylate complexes and the type of carboxylate coordination[J]. Coord. Chem. Rev, 1980, 33: 227-231.
- [11] Taylor M D, Carter C P, Wynter C I. The infrared spectra and structure of the rare earth benzoates[J]. Inorg. Nucl. Chem. , 1968, 30: 1503-1507.