

文章编号: 1000-5471(2008)04-0097-05

# 基于 WSRF 设计有状态 Web 服务资源<sup>①</sup>

李献礼<sup>1</sup>, 范会联<sup>2</sup>

1. 长江师范学院 网络信息中心, 重庆 408100; 2. 长江师范学院 计算机科学系, 重庆 408100

**摘要:** 研究了 WSRF 的核心规范及其在 Globus Toolkit 4 中的 java 实现, 结合具体实例论述基于 WSRF 创建有状态 Web 服务资源以及基于 WS-Notification 实现资源的发布/预定通知模式。

**关键词:** Web 服务资源框架; Web 服务通知; Globus Toolkit 4; Web 服务描述语言

**中图分类号:** TP393.03

**文献标识码:** A

Web 服务是无状态的实体,但在实际应用中,客户和服务器之间的互操作通常要求维护、存取和管理状态.处理有状态数据的经典做法是将状态存储在 Web 服务中,由应用程序本身通过 Web 服务接口的方法来处理状态数据.2004 年 3 月, Globus 联盟和 IBM 发布了 Web 服务资源框架(Web Services Resource Framework v1.0, WSRF).在保留无状态的 Web 服务的前提下, WSRF 中引入了有状态资源的概念,从 WSRF 观点来看,资源可以被理解为任何具有扩展生命周期的设备或者应用程序模块,从而对状态进行模型化,用无状态的 Web 服务来操纵有状态资源,为不同服务提供者和服务使用者描述、访问和管理有状态资源提供一种通用方法.

## 1 WSRF, Globus Toolkit 4 以及 OGSA, Web 服务之间的关系分析

OGSA 的目标是为基于网格的应用定义一个通用的标准体系结构,它在异构平台上构筑了一层通用的、与平台无关的信息和服务交换设施,来确保异构系统间的互操作性,这样可以在不同类型的系统之间实现资源和服务的共享. OGSA 是面向服务的分层结构,它将“服务”定义为:“在网络支持下通过信息交换能够给客户提某种能力的实体”,因此,计算资源、存储资源、网络、程序、数据库等都被 OGSA 抽象定义为服务. OGSA 将服务操作封装在一个面向消息的公共接口中,从而实现服务的虚拟化,即将服务的定位与服务实现细节相分离. OGSA 采用 Web 服务相关标准,利用 Web 服务与其支撑平台一起为分布、异构计算机环境提供通用的互操作手段能力,从而使网格服务也具有动态发现和组合能力.然而,Web 服务的无状态性不能满足网格中资源有状态特征的需要,因此,OGSA 需要对标准 Web 服务进行扩充与增强,构建其基础服务结构.所以,网格服务应该是提供一套良好定义接口和遵循一定规范的 Web 服务.

WSRF 提出了一组 Web 服务规范,该规范引入 WS-Resource 方法来表示、访问有状态资源.通过 WS-Resource 方法可以声明和实现 Web 服务和一个或者多个有状态的资源之间的关联.服务的请求者能发现 WS-Resource 的类型和对状态进行操作,包括读取、更新和查询它的状态值,管理它的生命周期等. WSRF 基本保留了 OGSI 中的所有功能,同时更改了一些语法,并且还在其表示中采用了不同的技术. Web 服务通知(WS-Notification)为 Web 服务提供基于消息的发布和预定能力. WSRF 和 WSN 都是建立在已存在的 Web 服务定义和技术基础上的,帮助实现了网格计算、系统管理和 Web 服务的统一. 2005 年 4 月发布的 Globus Toolkit 4(以下简称 GT4)实现了 WSRF 和 WS-Notification 标准.它提供一套标准 API 来构建有状态的 Web 服务,其目标是建立分布式异构计算环境.所有知名的 GT3 协议都被重新设计为可

① 收稿日期: 2008-01-05

基金项目: 重庆市教委科学研究资助项目(项目合同号: KJ071306).

作者简介: 李献礼(1960-),男,四川长宁人,副教授,主要从事计算机网络应用研究.

以使用 WSRF, 并且 GT4 也在其中增添了一些新的 Web 服务的组件, 它们之间的关系如图 1 所示。

## 2 WSRF: Web 服务资源框架

WSRF 提供了一种标准的方法来维护有关 Web 服务的数据和状态信息, 并保存状态和多个 Web 服务请求之间的永久性数据。为了表示 Web 服务和有状态资源之间的关系, WSRF 中采用隐含资源模式, 规定资源请求者可以通过 WS-Addressing 的端点引用(endpoint reference, EPR)机制定义有状态资源, 通过对 EPR 属性的描述, 使其带有足够的信息以保证端点被分发。

WSRF 由 5 个标准化的规范所定义, 这 5 个规范分别是:

(1)WS-ResourceProperties: 该规范指出如何定义和操纵 WS-Resource, 描述有状态的 Web 服务资源、以及资源属性和元素是怎样获得、更改、删除。WS 资源具有一个使用 XMLschema 定义的 XML 资源特性文档。服务请求者可以通过标准的方法搜索 WSDL portType 的定义来确定 Web 服务资源的类型, 或者使用 Web 服务消息交换来访问表示 Web 服务资源状态的 XML 文档。GT4 提供 ResourceProperty、ResourcePropertySet、ResourcePropertyMetaData 几个接口来管理资源属性。资源属性在 WSDL 文件中的资源属性文档部份申明。资源的多个实例都有其唯一的关键字标识, Resource 接口与 ResourceHome 及 ResourceKey 接口一起完成管理资源的发现、标识及移除。GT4 提供两个实现 ResourceHome 接口的类, 一个是 ResourceHomeImpl, 它用于管理多个资源实例, 另一个是 SingletonResourceHome, 用于管理一个资源实例。网格服务中的 ResourceHome 可以根据需要继承自它们中的一个。

(2)WS-ResourceLifetime: 该规范定义一套标准的消息交换模式, 作为网格服务生命周期的管理机制, 为服务请求者或者特定的服务提供显式的服务销毁以及指定服务生命周期的能力。在 WSRF 中有两种销毁方法: 或者直接立即终止; 或者通过调度在某一时刻终止。GT4 中的 RemoveCallback 接口提供立即析构资源的方法, ResourceLifetime 接口提供按计划析构资源的相关方法, 另外, PersistenceResource 接口提供资源持久化的相关方法。

(3)WS-RenewableReferences: 在 WSRF 中资源是隐藏在 Web Service 中的, 对服务来说标识它的方法是 WS-Addressing 端点引用。WS-RenewableReferences 定义了一套能够用来更新已经无效的端点引用的机制。

(4)WS-ServiceGroup: 该规范规定如何创建 WS-Resources 的逻辑组, 以及如何控制和操纵这些组, 定义一种通过引用的方式创建和使用异构的 Web 服务的方法, 这个规范可以被用来组织 Web 服务集合, 它所定义的接口要求是由其它的 Web 服务接口组成。

(5)WS-BaseFault: 定义任何 WSRF 应用程序都必须实现的基本故障消息, 以及如何扩展它以创建新的故障, 它描述了如何报告错误的机制。定义一个当 Web 服务消息交换返回错误的时候所使用的基本错误类型。它保证了在 WSRF 体系内, 当发生错误后, 返回错误信息的一致性。

另外, WS-Notification 提供了一种基于主题的方法来对有关网格系统的通信信息进行组织的手段, 它使用一个将 Web 服务资源内部的状态信息划分为不同类型(主题)的组织系统, 网格中的各个组件就可以发布有关事件和操作的信息, 其他网格组件(例如网格管理器)可以订阅这些通告, 并可以读取网格节点的状态和事件。通过从多个节点上订阅信息, 网格管理器就可以查看并监视这些状态信息来确定各个节点的负载和可用性等信息。

WSRF 规范中的软件层次结构如表 1 所示:

表 1 WSRF 规范中的软件层次结构

层 次	内 容
应用服务	WS-ServiceGroup、WS-Notification
服务质量	WS-ResourceLifetime
服务描述	WS-ResourceProperties、WS-BaseFault
消息传递	WS-Addressing、WS-RenewableReference

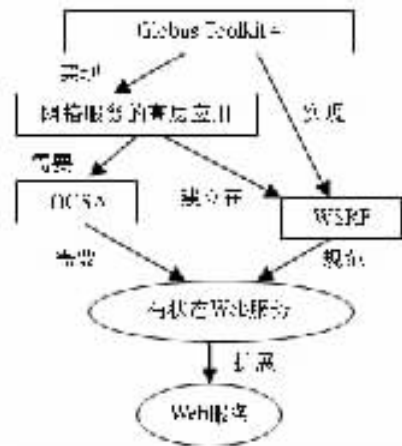


图 1 OGSA、Web 服务、WSRF 及 Globus Toolkit 4 之间的关系

### 3 基于 WSRF 创建有状态 Web 服务资源及网格服务

WSRF 的目的在于定义一个通用且开放的架构, 利用 Web 服务对具有状态属性的资源进行存取, 并包含描述状态属性的机制以及如何将该机制延伸至 Web 服务中的方法. 因此, 具有状态属性的 Web 服务资源的开发是基于 WSRF 的网格应用程序开发的关键.

创建基于 WSRF 的网格服务主要涉及对以下一些文件的创建及处理: WSDL 文件(定义网格服务及为有状态资源定义资源属性文档)、namespace2package.properties 文件(如果网格服务所在包的名称要与从服务的 WSDL 文件派生出的不同, 那么该文件指定如何从名字空间派生包名称)、QName 接口文件(保存资源属性/主题)、实现网格服务的类文件、Web 服务布署文件 deploy-server.wsdd、deploy-jndi-config.xml(该文件链接服务、资源和 ResourceHome 等, 使网格服务在接收到请求时知道到哪里去查找相应资源). 另外, 如果需要采用“Factory/Instance”模式处理资源, 则还需要 Resource 类文件、ResourceHome 类文件(用于创建及管理资源实例, 多个资源实例通过不同的关键字识别)、ResourceFactory 类文件(用于查找 ResourceHome 创建资源实例的工厂类). 接下来生成服务的骨架和参数数据结构类和生成 GAR 网格归档文件(其中包含了 Web 服务容器部署网格服务所需要的所有文件和信息), 最后将 GAR 文件布署到 GT4(或者 Tomcat)容器中.

以数字图书馆中关于书籍信息的发布/订阅为例讨论在 GT4 中基于 WSRF 的网格服务创建. BookInfoServices 服务中存储 2 种(可以扩展为更多种)最近更新的书籍: 计算机类 Computer 和文学类 Literature. 当这些书籍有更新时, 任何订阅相应主题的客户端都会收到最新的更新情况. 我们将 BookInfoServices 服务设计为一个 Web 服务, 它具有一个将这 2 种书籍类别作为 ResourceProperties 进行维护的有状态资源(如图 2 所示).

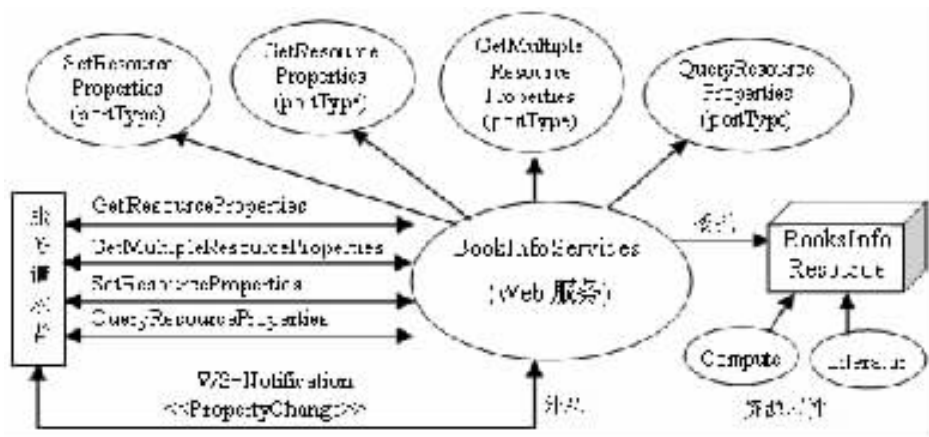


图 2 带有 WS-Resource Properties 接口的 WS-Resource

#### 3.1 有状态资源的描述

使用 Web 服务描述语言(Web Services Description Language, WSDL)定义 Web 服务和将需要发布的信息定义为有状态资源, WSDL 文件中有以下 5 部分内容: 定义命名空间(其中应定义 WSRF、WS-Notification 名字空间及网格服务中可能用到的其他名字空间); 请求/响应信息; 资源属性文档(定义状态资源的属性); 发送/接收的消息类型; 服务接口及操作.

```
<!-- 定义资源属性文档 Resource Properties -->
```

```
<xsd: element name="Computer" type="xsd: string"/>
```

```
<xsd: element name="Literature" type="xsd: string"/>
```

```
<xsd: element name="BooksInfoResourceProperties">
```

```
<xsd: complexType>
```

```
<xsd: sequence>
```

```
<xsd: element ref="tns: Computer" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded"/>
```

```

    <xsd: element ref="tns: Literature" minOccurs="1" maxOccurs="unbounded"/>
  </xsd: sequence>
</xsd: complexType>
</xsd: element>

```

### 3.2 具有通知功能的网格服务的实现

GT4 通过提供让 ResourceProperties 自动作为 WSN 主题的能力,极大地简化了网格服务中实现通知功能的编码.

```

<portType name="BooksInfoPortType"
  wsdlpp: extends="wsrpw: GetResourceProperty wsrpw: GetMultipleResourceProperties
  wsrpw: SetResourceProperties wsntw: NotificationProducer"
  wsrp: ResourceProperties="tns: BooksInfoResourceProperties">
</portType>

```

以下为网格服务实现的部份关键代码:

```

Public class BooksInfoService implements Resource, ResourceProperties, TopicListAccessor {
private ResourcePropertySet propSet;    //资源集合
private TopicList topicList;           //发布主题列表
private ResourceProperty computerRP;    //计算机类书籍资源
private ResourceProperty literatureRP;   //文学类书籍资源
public BooksInfoService()throws RemoteException {
this.propSet=new SimpleResourcePropertySet(BooksInfoQNames.RESOURCE_PROPERTIES);
try {
  computerRP=new impleResourceProperty(BooksInfoQNames.RP_COMPUTER);
  literatureRP = new SimpleResourceProperty(BooksInfoQNames.RP_LITERATURE);
} catch (Exception e) {
  throw new RuntimeException(e.getMessage());
}
this.topicList = new SimpleTopicList(this);
// 封装为 ResourcePropertyTopic
computerRP = new ResourcePropertyTopic(computerRP);
literatureRP = new ResourcePropertyTopic(literatureRP);
/* 加入资源集合中 */
this.propSet.add(computerRP);
this.propSet.add(historyRP);
this.propSet.add(literatureRP);
/* 加入发布主题列表 */
this.topicList.addTopic((Topic) computerRP);
this.topicList.addTopic((Topic) literatureRP);
}
public TopicList getTopicList() {return topicList; }
public ResourcePropertySet getResourcePropertySet() { // 实现 ResourceProperties 接口的要求
return this.propSet; }
}

```

最后,创建 Globus Archive 包(GAR 包),把网格服务所需的服务接口、WSDL 文件、Resource 文件和实现服务的全部 Java 代码文件打包进一个 GAR 包.

### 3.3 具有接收通知功能的客户端的实现方法

客户端将自己注册为网格服务中状态资源的一个消费者实例,然后开始监听该状态资源,一旦资源属性发生修改,客户端便会得到通知(消息推机制),客户端也可决定是否从服务端获取进一步的信息(消息拉机制)。

通过以上分析,基于GT4开发符合WSRF规范的网格应用程序的基本步骤如下:

## 4 结束语

Globus Toolkit 4通过重构OGSI,提出一套标准API来实现WSRF和WS-Notification规范,遵循Globus Toolkit 4网格服务开发的基本模式,用一个由Web服务地址和资源标识组成的端点来引用和访问Web资源,通过对Web服务的资源属性文档的操作来对状态进行检查和设置,而资源状态的变化又能够以一种标准的方式发布,从而设计出更灵活的WS-Resource应用程序。

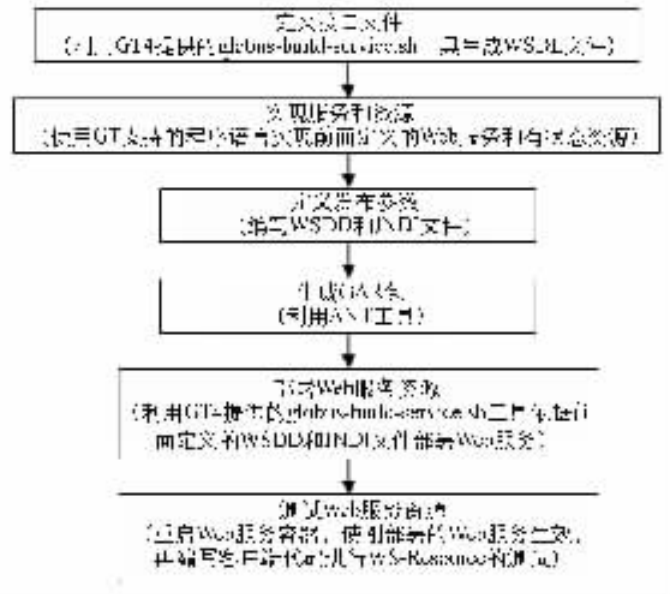


图3 基于GT4的有状态Web服务应用程序开发模型

### 参考文献:

- [1] Globus Team. Java WS Core [EB/OL]. [2006-07-05]. <http://www.globus.org/toolkit/docs/4.0/common/javawscore/2005>.
- [2] Borja Sotomayor. The Globus Toolkit 4 Programmer's Tutorial [EB/OL]. [2006-05-15]. <http://gdp.globus.org/gt4-tutorial/2005>.
- [3] 曾华桑,李季.论Web服务与网格[J].计算机应用,2005,7:1475.
- [4] 许骏,史美林,李玉顺,等.网络计算与e-Learning Grid[M].北京:科学出版社,2005,8:40-43.
- [5] Karl Czajkowski, Donald Ferguson, Ian Foster, etc. WS-Resource Framework [EB/OL]. [2006-06-05]. <http://www.globus.org/wsrf/specs/ws-wsrf.pdf>.
- [6] 易明,金海.基于WSRF的Web服务资源的设计[J].计算机工程,2006,12:263.
- [7] 杨昭昭,黄必清,颜波,等.基于Web服务的应用网格体系结构研究[J].计算机应用研究,2005,7:229-230.
- [8] 刘会斌,都志辉.网络与Web服务的融合-WSRF和WS-Notification[J].计算机科学,2005,2:76.
- [9] 易明.基于WSRF的网格应用程序模型研究与实践[J].微计算机信息,2006,11:140.

## Design of Stateful Web Services Resource Based on WSRF

LI Xian-li<sup>1</sup>, FAN Hui-lian<sup>2</sup>

1. Computer Network Information Center, Yzangtze Normal University, Chongqing 408100, China;

2. Department of Computer Science, Yzangtze Normal University, Chongqing 408100, China

**Abstract:** This paper focuses on the WSRF (Web services resource framework) framework and its realization in Globus Toolkit 4. Through the concrete example, it provides the process that consturcts the WS-Resource based on WSRF and discusses the pattern of publish/subscribe messaging.

**Key words:** WS-Resource Framework; WS-Notification; Globus Toolkit 4; WSDL

责任编辑 汤振全