

# 基于数据网格的教育资源服务系统 ERSDG 的实现<sup>1</sup>

肖君<sup>1</sup>, 吴永和<sup>2</sup>, 马晓玲<sup>3</sup>

<sup>1</sup>上海远程教育集团 <sup>2</sup>华东师范大学网络教育学院及现代远程教育研究中心 <sup>3</sup>华东师范大学  
信息学系

**摘要:** 本文应用网格技术来研究构建一个分布式网络教学资源服务系统, 即构建基于数据网格的教育资源服务系统 ERSDG, 分别从 Globus Toolkit、系统架构、系统功能和系统实现等方面来阐述如何实现 ERSDG 系统。

**关键词:** 教育资源; Globus Toolkit; 数据网格

## 1. 引言

教育资源是网络教育的基础, 国家已加大涵盖各级各类教育的信息资源开发的力度, 如北京已投入 1800 多万元、上海首期投入 1600 万元、广东省预算投入 2350 万元, 进行教育资源库建设。如何将开发好的教育资源方便、有效利用呢? 随着技术发展, 资源共享方式从 PC 的人为共享, 到计算机网络的自动共享, 再迈入网格 Grid 的智能化共享, 网格技术成为解决教育资源共享和方便使用的重要技术方法。本文研究应用 Globus Toolkit 工具包构建基于数据网格的教育资源服务系统 ERSDG(Education Resource Service DataGrid), 将上海教育资源从中心节点分布(镜像)到各区县节点上, 并为师生提供高效、高速的资源服务, 更好地共享和利用好已建成的上海教育资源库。

## 2. Globus Toolkit

网格是继传统因特网、Web 之后的第三个大浪潮, 称之为第三代因特网, 它试图实现互联网上所有资源的全面连通, 包括计算资源、存储资源、通信资源、软件资源、信息资源、知识资源等。其中由全球网格论坛(GGF)下属 Globus 项目组成员联合开发的 Globus Toolkit 标准工具包, 已被公认为当前建立网格系统和开发网格软件事实上的参考标准。目前, 美国国家技术网格 NTG、欧洲数据网格、日本的 Data Farm 等项目都采用了 Globus 系统。Globus 随着体系结构的变化经历了几次飞跃, 变得越来越完善。从网格的五层沙漏结构, 到开放网格服务体系 OGSA, 再到 Web 服务资源框架 WSRF。目前, 发布的 Globus Toolkit 4.0.1 版本, 已完全架构在 WSRF 标准上, 其体系架构<sup>[1]</sup>, 如图 1 所示。它是有几个组件构成, 包括安全(Security)、数据管理(Data Management)、实施管理(Execution Management)、信息服务(Information Services)和公共运行环境(Common Runtime)等 5 个部分组件集<sup>[2]</sup>。组件种类分为 Web 服务组件和非 Web 服务组件两大类。在安全组件集负责安全认证、身份鉴别、证书管理、安全委托和单点登录等, 有公共认证 CA、授权认证 AA、代理 Delegation、证书管理 CM, CM 包括静态的 SimpleCA 和动态的 Myproxy; 数据管理组件集负责数据传送和复制, 从底层到高层有网格文件传输协议 GridFTP、可靠定位服务 RLS、

可靠文件传输 RFT 和数据复制服务 DRS 等; 实施管理组件集负责任务调度, 主要有网格资源分配管理 GRAM 和远程控制 GTP 等; 信息服务组件集负责系统系统信息数据收集和监控管理, 采用监控发现服务 MDS 协议, 包括 web 监控发现服务 WebMDS、索引 Index、触发器 Tigger 等; 公共运行环境组件集是公共基础运行环境, 包括 Python、Java、C 语言的 WS Core 和 CCL 等。

由于数据网格应用的需求迫切, Globus 系统在原有面向计算网格的基础上增加了数据网格的功能, 对数据的高速传输、数据复制、数据复制的选择、元数据管理等进行了研究和实现,

成为数据网格应用的开发平台。

本研究基于该系统实现一个教育资源数据服务网络。

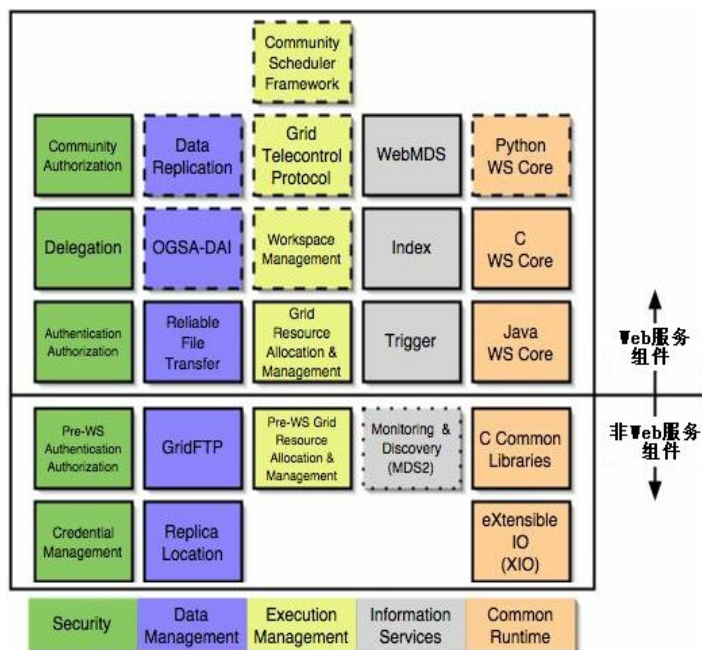


图1 Globus Toolkit 4 体系架构

Fig. 1 Architecture of Globus Toolkit 4

### 3. 系统架构

ERSDG 将分布在互联网上的教育资源整合成具有统一逻辑视图的教育资源服务系统, 系统架构如图 2 所示。整个系统主要包括教育资源服务点 ERSP(Education Resource Service Point)、教育资源数据同步系统 ERDS(Education Resource Data Synchronization)、全局命名服务器 GNS(GlobalName Server)、认证服务中心 CAS(Certificate Authority Service)、教育资源管理器 ERM(Education Resource Manager)、教育资源服务代理 ERSA(Education Resource Service Agent)、客户端以及可视化管理<sup>[3]</sup>。

ERSP 是整个系统的入口, 都通过它访问系统所有模块, 主要提供数据同步 API、FTP、CAS、ERM 和 GNS 等接口; 系统中 ERSP 的个数可根据需要动态增加。

ERDS 访问原有教育资源数据库通讯的 API 接口, 从资源数据库获取新的数据信息和教育资源, 同步到 ERS DG 中。

GNS 负责系统的元数据管理, 主要包括元数据操作接口、元数据容错系统、元数据搜索系统。

CAS 包含证书管理系统, 主要负责系统的安全性和数据的访问控制。

ERM 包括教育资源调度模块和副本管理模块, 其主要负责资源的申请和调度, 同时提供透明的副本创建和选择策略, 自动地实现教育资源分布和节点间教育资源同步。

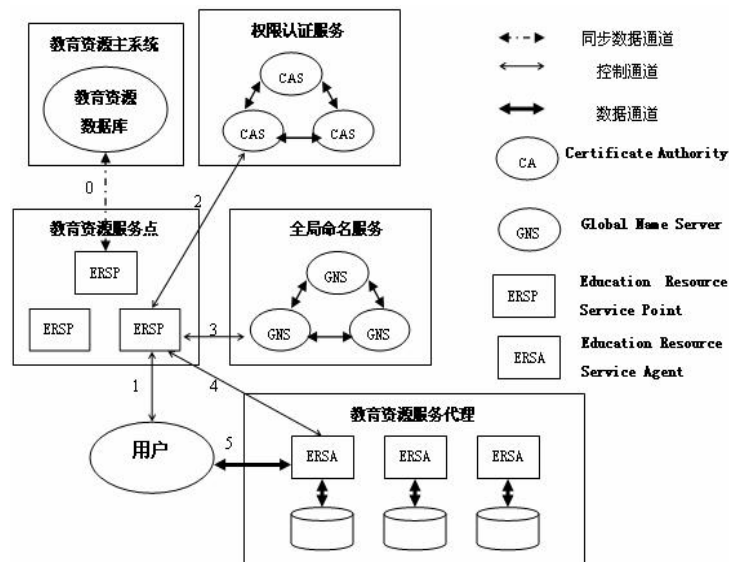


图2 ERSDG 系统架构

Fig. 2 Frame of ERSDG

ERSA 透明地提供多样性资源访问，为系统提供统一资源访问接口，同时提供了标准 FTP 和扩展的 FTP 操作方式，并对文件复制管理操作提供支持，为高效传输提供服务。

客户端目前支持二种形式：通用 FTP 客户端和特制客户端。用户通过系统提供的特制客户端，不但能够具有搜索和共享等功能，还可以获得高性能的服务。

其中系统同步数据和用户访问流程如图2的三个通道标志所示，在双箭头线上所标识的数字为该访问步骤。

系统同步数据：ERDS 将现有教育资源数据库的信息和资源文件同步到 ERSDG 系统中(步骤 0)。系统同步具体过程在系统实现中数据同步详述。

用户访问资源流程：用户首先访问整个系统的入口 ERSP(步骤 1)，通过 ERSP 访问 CAS，获得认证(步骤 2)，认证通过后，由 ERSP 访问 GNS 获得资源信息(步骤 3)，根据获得资源信息，再由 ERSP 访问 ERSA(步骤 4)，ERSA 给用户 提供资源访问服务(步骤 5)。

#### 4. 系统功能

ERSDG 功能包括教育资源服务点、信息服务器、命名服务器、教育资源管理器、资源服务代理、客户端和系统监控等部分[3] [4] [5]，如表 1 所示。

基于数据网的教育资源管理应用系统 ERDataGrid																				
教育资源服务点					信息服务器		命名服务器			教育资源管理器		资源服务代理		系统监控			客户端			
教育	用户	文件	终端	GNS	ERSP	证书	全局	元数据	元数据	元数据	资源	副本	资源	广域	系	E	E	G	标	特
资源	管	管	服	N	R	书	局	数	数	数	调	本	调	域	统	R	R	N	准	定
数	理	理	务	S	M	管	信	据	据	据	度	管	度	网	总	S	M	S	F	的
据	模	模	模	通	通	理	息	服	容	搜	模	理	传	控	控	P	服	服	T	客
同	块	块	块	信	信	管	管	务	错	索	模	模	输	模	服	器	器	P	户	户
步				模	模	理	理	模	模	模	块	块	控	块	器	器	器	客	户	户
接				块	块	管	理	块	块	块			制	监	监	监	监	户	户	户
口						理	理							控	控	控	控	端	端	端
模						模	模							模	模	模	模			
块						块	块							块	块	块	块			

表 1 ERSDG 系统功能模块

Tab. 1 Function modules of ERSDG

教育资源服务点包括教育资源数据同步接口模块、用户管理模块、文件管理模块、终端服务模块、GNS 通信模块和 ERM 通信模块等。利用 Delegation 开发代理功能模块，由 GRAM 进行统一调度。

信息服务器包括证书管理模块和全局信息管理模块，由 SimpleCA 来实现安全认证，利用 MDS 收集信息并汇集到中央节点。命名服务器包括元数据服务模块、元数据容错模块和元数据搜索模块，通过 MDS 协议 Index、Tigger 来实现。

教育资源管理器包括资源调度模块和副本管理模块，利用 GRAM、FTP、GridFTP、RLS、RFT 和 DRS 来实现。建立了一个在广域网上的高效数据传输机制，包括分布式合作传输、分片传输、部分数据传输和断点续传等。

资源服务代理包括资源调度模块和广域网传输控制，利用 GRAM、GridFTP、RLS、RFT 来实现。ERSA 实现了资源的虚拟化，分布式的虚拟化和内部共享管理机制，并根据用户的特征而自动变化创建策略，为用户提供高效、灵活性的资源访问服务方式。

客户端包括标准 FTP 客户端和特定客户端，特定客户端利用 GridFTP 及其客户端（如 globus-url-copy、UberFTP）来实现。

系统监控包括 ERSP 服务器、ERM 服务器、ERM 服务器和 GNS 服务器等监控模块，利用 WebMDS 调用监控信息，并可以图形来显示。

## 5. 系统实现

### 5.1 资源文件命名

由于资源文件分布在各个节点上，为方便有效管理，需要有一个全局的命名空间，对系统中的文件进行统一命名，将文件的物理特征与逻辑视图独立开，使物理层次上的变化与逻辑层上的变化互不影响。系统对数据采用三种命名空间，即用户层面的逻辑文件名 Logical File Name (LFN) 和分布在各节点上的物理文件名 Physical File Name (PFN) 以及内部资源数据对象名 Resource Data Object Name (RDON)。用户逻辑文件名 LFN：面向用户的、在用户的逻辑视图中所使用的文件名称。物理文件名 PFN：分布在各节点上文件实体，通过 URL 对该文件进行访问。内部资源数据对象名 RDON：内部资源数据对象的全局唯一标识符，与资源 LOM 属性描述关联，特别是基于教育资源建设规范 CELTS-41 和基础教育教学资源元数据应用规范 CELTS-42 的资源属性，是在系统内部使用的文件名称，在数据实体的整个生命周期中保持不变。它们之间的关系用图 3 来表示。用户从用户逻辑文件名获知用户的逻辑视图中的文件名称；并与 RDON 关联，获取资源属性描述；

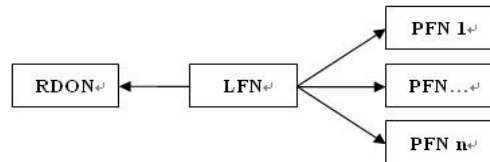


图 3 文件名字空间的组成

与 PFN 关联，访问分布在各节点上物理文件， Fig. 3 Component of file name space 对应 PFN 有多个。表示方法如：RDON 为 R123456，LFN 为 lfn\_R123456，而 PFN 为具体 URL，如 <http://resource.edu.sh.cn/middleschool/grade2/chinese/resource1.mpg>

### 5.2 资源节点

在 ERSDG 系统实现中，有两种类型的节点：管理节点和数据节点，主要功能和使用

GridFTP、RLS 和 DRS 情况，如表 2 所示。

节点类型	主要功能	GridFTP	RLS	DRS
管理节点	<ul style="list-style-type: none"> <li>通过 XML-RPC 接口读取外部资源的信息；</li> <li>通过 SOAP 接口在外部资源节点和系统中数据节点之间同步资源数据；</li> <li>通过 SOAP 接口在系统中数据节点之间同步资源数据；</li> </ul>	可选	必选	必选
数据节点	<ul style="list-style-type: none"> <li>通过 HTTP 接口接受外部资源或者其他数据节点的资源数据同步；</li> <li>通过 GridFTP 接口接受其他数据节点的资源数据同步；</li> <li>通过 FTP 接口向终端用户提供数据访问服务；</li> </ul>	必选		

表 2 ERS DG 节点类型

Tab.2 Node type of ERS DG

### 5.3 数据同步

数据同步按图 4 示意进行同步。管理节点通过教育资源访问接口 XML-RPC 访问现有教育资源数据库，从资源库获取新的教育资源数据，同步到 ERS DG 中，将数据信息存储到数据库（资源信息）或 LADP（用户信息）中。由 GRAM 进行自动的统一调度，由数据管理的高层应用 DRS 服务，透明地调用 RFT 和 RLS，再调用底层的 GridFTP，将教育资源文件同步到各节点上，实现教育资源自动分布和同步功能。

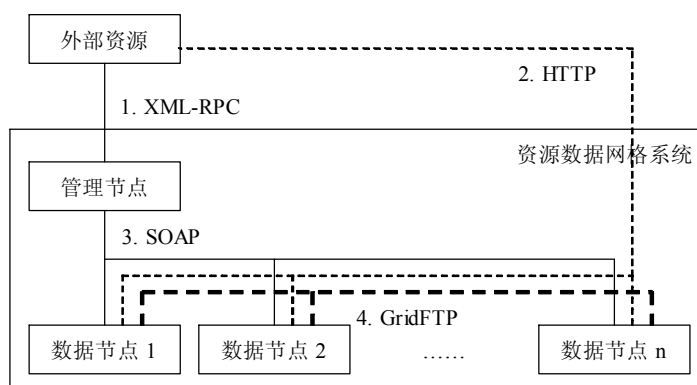


图 4 数据同步示意图

Fig. 4 Sketch map of data synchronization

#### 5.3.1 外部资源信息的访问

在流程 1 中，外部资源信息的访问采用 XML-RPC 接口，由管理节点分批读取，对于读取的每一个资源信息，将相关的索引和文字信息录入数据库，并且将资源的名称和标识（Identifier）对应信息临时存储。如下所示：

名称	标识
Lfn_resource_1	http://resourceoutside/type1/subtype1/resource_1.data
...	...
Lfn_resource_n	http://resrouceoutside/typen/subtypen/resource_n.data

#### 5.3.2 资源数据的远端同步

在流程 2 中，将资源文件数据从外部同步到某个数据节点中，需要以下步骤：

1. 从数据节点中根据定义的策略选择一个数据节点（该策略可以是顺序或者某种算法，如根据数据节点的忙闲和网络链路情况等）。
2. 向选中的数据节点（例如数据节点 1）提交 GridFTP 请求，源地址为外部资源的 URL，目标地址为数据节点的对应目录。例如：

```
globus-url-copy http://resourceoutside/type1/subtype1/resource_1.data
gsiftp://datanode1/resource/type1/subtype1/pfn_resource_1.data
```

3. 将该信息提交到管理节点的 RLS 服务器，生成一个 LFN 到 PFN 的映射。例如：

```
globus-rls-cli add lfn_resource_1
gsiftp://datanode1/resource/type1/subtype1/pfn_resource_1.data
rls://managenode
```

4. 将映射关系同步到 RLI 的数据库中。例如：

```
globus-rls-admin -s rls://managenode
```

### 5.3.3 资源数据在网格中同步

在流程 3 和 4 中，资源数据网格中的同步将存在于某个数据节点上的资源数据同步到所有的数据节点上，有关同步信息由管理节点来管理，按照如下步骤进行：

1. 建立 DRS 请求文件，内容为每个资源到所有数据节点（包括刚才参与远端同步的数据节点）。例如 repl.req:

```
Lfn_resource_1 gsiftp://datanode1/resource/type1/subtype1/pfn_resource_1.data
Lfn_resource_1 gsiftp://datanode2/resource/type1/subtype1/pfn_resource_1.data
...
Lfn_resource_1 gsiftp://datanoden/resource/type1/subtype1/pfn_resource_1.data
...
Lfn_resource_n gsiftp://datanode1/resource/type1/subtype1/pfn_resource_n.data
Lfn_resource_n gsiftp://datanode2/resource/type1/subtype1/pfn_resource_n.data
...
Lfn_resource_n gsiftp://datanoden/resource/type1/subtype1/pfn_resource_n.data
```

2. 向 DRS 提交该请求文件，完成资源的网格内部所有数据节点的同步工作。例如：

```
globus-credential-delegate -a self -h managenode -p 8443 mycredential.epr
globus-replication-create -s
https://managenode:8443/wsrp/services/ReplicationService -C
mycredential.epr -V myreplicator.epr file:///home/globus2/tmp/repl.req
globus-replication-start -d -e myreplicator.epr
```

## 5.4 资源访问服务

由 GRAM 进行统一调度，由 SimpleCA 进行安全认证，将分布在各节点上教育资源文件按最佳算法提供给用户，即根据就近原则、系统及网络负载情况，为用户提供在最佳的节点处下载教育资源；用户按照图 2 所示的资源访问流程，通过标准 FTP 客户端或特定客户端访问。

## 5.5 监控管理

在监控管理方面，由 MDS 的收集各节点的状态信息，汇集到中央节点，调用 WSMDS

发布相关监控信息,对节点同步数据情况和各节点提供用户访问资源情况进行统计分析,由免费 Java 组件 JFreeChart 工具提供图形显示。

## 6. 总结

本文研究构建ERSDG系统,选择Red Hat Linux 操作系统,采用Web service资源框架WSRF作为网格系统架构,利用国际主流的 Globus Toolkit 4.0.1网格平台及相关开发工具包,按照该系统模型设计、系统架构设计和系统功能设计的要求,实现数据信息与资源文件等数据同步功能和提供资源服务功能,具体包括分布式网络教学资源动态管理、节点间教学资源自复制和访问教学资源应用调度等,提供一个虚拟化网络教学资源分布应用环境,实现教育资源全面的共享。

进一步研究工作是:要为用户实现一个方便高效的客户端,包含优化的算法和对P2P的协议支持;加快该系统的部署工作,增加节点,并在实际环境中测试和监控服务的性能,并进行调优工作。

## 参考文献:

- [1] Borja Sotomayor The Globus Toolkit 4 Programmer's Tutorial <http://www.globus.org/toolkit/docs/>
- [2] A Globus Primer <http://www.globus.org/toolkit/docs/> 2005.5.8
- [3] 华中科技大学集群与网格计算湖北省重点实验室 信息存储系统教育部重点实验室  
虚拟化存储系统 2003年12月
- [4] 肖依 付伟 黄斌 卢锡城 Griddaen 数据网格系统的设计与与关键技术实现 <http://www.chinagrid.com/>
- [5] GT4 Admin Guide <http://www.globus.org/toolkit/docs/4.0/> April 2005