

# 데이터 그리드 위한 웹 기반 Replica Manager 의 설계 및 구현

김은성\*, 박형우\*, 이상산\*, 정진욱\*\*  
\*한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅센터  
\*\*성균관대학교 정보통신및컴퓨터공학부  
e-mail : eskim74@hpcnet.ne.kr

## Design and Implementation of Web-based Replica Manager for Data Grid

Eun-Sung Kim\*, Hyung-Woo Park\*, Sang-San Lee\*, Jin-Wook Chung\*\*  
\*Supercomputing Center, Korea Institute of Science & Technology Information  
\*\*School of Information Communication & Computer Engineering, Sungkyunkwan University

### 요 약

데이터 그리드는 전 세계적인 데이터 공유를 목적으로 하는 그리드이다. 이를 위해서는 리플리카의 관리가 필수적이다. 본 논문에서는 이러한 리플리카의 효율적이고 수월한 관리를 위해서 글로벌 버스 툴킷에서 제공하는 API 를 이용하는 웹 기반 Replica Manager 를 제안한다. 이 시스템을 통하여 많은 응용 과학자들이 자신의 실험 결과나 시뮬레이션 결과를 다른 사람들과 쉽게 공유할 수 있도록 함으로써 연구력 향상에 도움을 줄 것이라고 기대한다. 또한 이 시스템을 GPKD 에 통합함으로써 GPKD 의 기능을 확장할 수 있을 것이라고 기대한다.

### 1. 서론

최근에 여러 조직에 의해서 소유되고 관리되는 다양한 자원들을 위치에 관계없이 통합적이고 협력적인 사용을 가능하게 하는 기반 구조인 그리드에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구는 초기에는 계산 자원의 공유를 중심으로 이루어졌으나 현재는 데이터 공유를 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 데이터 그리드는 이러한 연구의 성과물로서 전 세계적인 데이터 공유를 그 목적으로 한다[1].

현재 많은 응용 과학 기술 분야에서 대규모 데이터를 양산해 내고 있다. 이러한 데이터는 컴퓨팅 기술의 발전으로 인해 처리할 수 있는 데이터의 양이 기하급수적으로 증가했지만, 상대적으로 처리를 위해 필요한 이런 막대한 양의 데이터를 원하는 사람 모두가 소유할 수 있도록 하기에는 스토리지 용량이라는 한계에 부딪히게 되었다. 따라서 데이터를 분산해 소유하기 위한 여러 가지 기술들이 개발되어 오고 있다. 데이터 그리드도 이러한 맥락에서 해석될 수 있으며 기존의

존재하던 기술보다 훨씬 스케일이 크고 보다 복잡한 문제들을 해결할 수 있는 전세계 규모의 분산 데이터 관리를 위한 아키텍처이다.

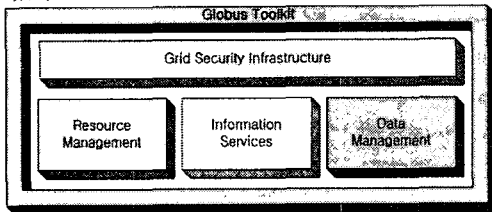
본 논문에서는 데이터 그리드를 구현하기 위해서 글로벌 버스 툴킷 2.0 버전부터 새롭게 추가된 데이터 관리 서비스에 대해서 살펴보고 데이터 관리 서비스의 핵심 기능 중 하나인 리플리카(replica) 관리 서비스를 웹 인터페이스를 통하여 보다 쉽고 편리하게 이용할 수 있도록 하는 Replica Manager 시스템을 제안한다.

이 시스템을 통하여 많은 응용 과학자들이 자신의 실험 결과나 시뮬레이션 결과를 다른 사람들과 쉽게 공유할 수 있도록 하여 다른 사람의 데이터를 쉽게 얻을 수 있도록 함으로써 연구력 향상에 도움을 줄 것이라고 기대한다. 또한 이 시스템은 웹 포털을 생성하여 그리드를 이용하려는 사용자에게 보다 편리한 사용자 환경을 제공해주는 GPKD(Grid Portal Development Kit)[7]로의 통합을 통해 GPKD 의 기능을 더욱 확장할 수 있을 것으로 기대한다.

## 2. 글로벌스의 데이터 관리 서비스

글로벌스 프로젝트는 처음에 전 세계에 분포된 컴퓨팅 자원을 공유해서 쓰기 위한 계산 그리드를 구축하기 위해서 시작되었다. 계산 그리드는 데스크톱 슈퍼컴퓨팅, 스마트 과학 장비, 가상 협업 환경, 분산 슈퍼컴퓨팅과 같은 과학 연구 분야에 강력하고 새로운 계산 인프라스트럭처를 제공한다.

글로벌스 프로젝트는 이러한 계산 그리드 구축을 위해서 <그림 1>과 같은 구조의 글로벌스 툴킷이라는 여러 미들웨어 소프트웨어를 제공한다. 이 툴킷은 여러 관련 그리드 프로젝트에 의해서 사용 및 평가되고 있다.



<그림 1> 글로벌스 메타컴퓨팅 툴킷의 구조

몇 년 동안 글로벌스 프로젝트 팀은 여러 과학 기술 커뮤니티와 협력을 통해서 “분산된 데이터에 대한 접근은 일반적으로 분산된 계산 자원에 대한 접근 만큼 중요하다”라는 사실을 인식하게 되었다. 즉, 과학 기술 커뮤니티에서 사용되는 여러 애플리케이션들은 테라바이트 또는 페타바이트 규모의 거대한 양의 데이터에 대한 접근을 자주 필요로 하며 또한 데이터에 대한 광범위한 접근(많은 사람에 의해서 여러 장소에서의 접근, 가상 협업 환경 등)도 필요로 한다는 것이었다[6].

위의 요구 사항을 바탕으로 글로벌스 프로젝트는 데이터 그리드를 구현하는데 필요로 되는 다음과 같은 핵심 컴포넌트들을 정의하고 개발하였다.

- GridFTP : 고성능의 안전하고 견고한 데이터 전송 메커니즘
- 글로벌스 리플리카 카탈로그 : 데이터 리플리카의 카탈로그를 유지하는 메커니즘
- 글로벌스 리플리카 관리 : 애플리케이션이 대규모 데이터의 리플리카를 생성하고 관리 할 수 있도록 리플리카 카탈로그와 GridFTP 기술을 연결하는 메커니즘

이러한 데이터 관리 서비스는 글로벌스 툴킷의 다른 주요한 서비스인 자원 관리 서비스, 정보 서비스, 보안 서비스의 기능을 보충하거나 이들 서비스들을 기반으로 구현된다.

## 3. 분산 데이터 관리를 위한 리플리카 서비스[3][4]

기후 모델링, 고에너지 물리학, 지진 연구, 천문학, 계산 유전체학과 같은 많은 과학 기술 분야에서 많은 양의 실험 데이터 및 시뮬레이션 데이터를 산출해내

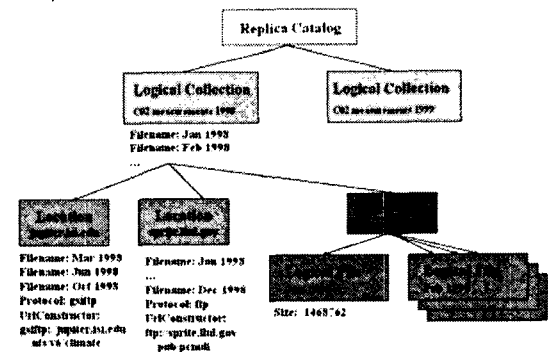
고 있다. 이러한 데이터의 양은 거의 수 테라바이트에서 페타바이트에까지 이르고 있으며 전 세계에 분포되어 있는 수많은 연구 커뮤니티에 의해서 공유되고 있다. 연구자들은 자신이 원하는 데이터의 처리를 위해서 원격 데이터 저장소로부터 로컬 사이트나 자신에게 유리한 다른 원격 사이트로 필요로 하는 데이터 집합을 이동할 필요가 있다. 또한 거리로 인한 전송 지연 문제를 해결하기 위해서 로컬 복사본을 생성할 수도 있다.

이와 같은 전세계적인 규모의 데이터 공유를 위해서는 광범위한 분산 컴퓨팅 환경에서 테라바이트나 페타바이트 규모 데이터의 효율적인 전송과 관리를 요구하며, 데이터 관리 환경은 사용자 인증과 같은 보안 서비스를 제공해야 한다. 또한 다수의 복사본이 다수의 위치에 저장된다면 복사본의 위치를 파악할 수 있어야 하고 존재하는 복사본에 액세스 할 것인지 아니면 자신의 애플리케이션의 성능 요구를 충족시키기 위해서 새로운 복사본을 만들 것인지를 결정할 수 있어야 한다. 이러한 요구 사항을 충족시키기 위해서 전세계적인 분산 환경에서의 통합적인 데이터 관리 기능을 담당하는 것이 리플리카 서비스이다.

리플리카 서비스는 다음과 같은 컴포넌트들로 구성된다.

### ① 리플리카 카탈로그

어떤 파일의 리플리카들이 어떤 위치에 저장되어 있고 이 저장된 장소에 접근하기 위해서 어떤 프로토콜들이 필요한가에 대한 내용을 담고 있다. 이를 위해서 리플리카 카탈로그는 같은 성격의 파일들의 집합인 collection, 이들 collection 에 포함된 파일들을 위치별로 모아 놓은 location, 파일의 특성을 알 수 있도록 하는 이름인 LFN(Logical File Name)과 실제 파일을 가리키는 PFN(Physical File Name)으로 구성된다. 리플리카 카탈로그의 주요 기능은 사용자 요구에 의해서 전달된 LFN 을 PFN 과 매핑시켜 주는 역할을 한다. <그림 2>는 연도별 매월 CO<sub>2</sub> 양을 측정된 데이터에 대한 리플리카 카탈로그를 보여준다.



<그림 2> 연도별 매월 CO<sub>2</sub> 양에 대한 리플리카 카탈로그

- ② 메타데이터 카탈로그  
데이터의 내용을 묘사하는 메타데이터를 저장하고 있으며 사용자나 애플리케이션이 지정한 속성에 맞는 LFN 을 찾아주는 역할을 한다.
- ③ 리플리카 관리 서비스  
어떤 데이터 파일에 대한 리플리카를 생성하고 생성된 리플리카에 대한 정보를 리플리카 카탈로그에 등록하는 역할을 한다.
- ④ 리플리카 선택 서비스  
이 서비스는 리플리카 카탈로그를 통해서 알아낸 여러 물리적 파일 중에서 현재 사용자의 위치, 애플리케이션 성능 요구 사항 등 여러 사항 등을 고려하여 사용자에게 최적의 물리적 파일을 알려주는 역할을 한다.

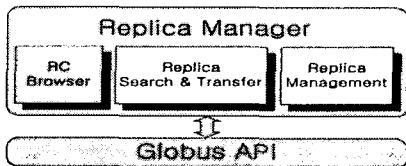
그러나 아직까지 글로벌스 툴킷은 분산 데이터 관리를 위한 리플리카 서비스의 여러 컴포넌트 중 리플리카 카탈로그와 단순한 기능의 리플리카 관리 서비스만을 제공하고 있다.

#### 4. Replica Manager 시스템 설계

현재 글로벌스 툴킷에서 제공하는 리플리카 관리 서비스는 커맨드 라인 기반 인터페이스를 제공하고 있다. 이러한 인터페이스는 실험이나 시뮬레이션을 통해서 생성된 데이터를 등록하려는 사용자나 자신이 원하는 데이터를 검색 및 전송하려는 사용자에게는 매우 불편한 방식이다. 따라서 사용자에게 보다 편리한 인터페이스를 제공하여 많은 사용자들이 손쉽게 리플리카 관리 서비스를 이용할 수 있다면 의미있는 일이 아닐 수 없다. 또한 그리드 환경을 이용하기를 원하는 사용자들에게 웹 포털을 통하여 보다 편리한 웹 기반 인터페이스를 제공해주는 GPKD 의 새로운 기능으로 추가될 수 있다면 그리드 사용자에게 더욱 유용한 기능을 제공할 수 있을 것이다.

Replica Manager 는 위의 두 가지 요구 사항을 만족시키기 위해서 제안되었으며 이를 통해서 리플리카의 효율적인 관리 및 사용이 가능하게 될 것이다.

Replica Manager 는 크게 <그림 3>에서 보는 것과 같이 크게 세가지 모듈로 구성된다. 이 모듈들은 모두 글로벌스 API 를 기반으로 동작한다.

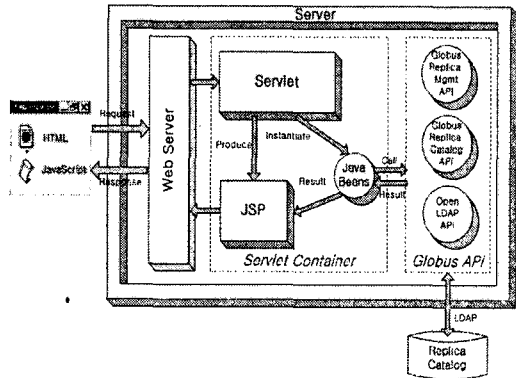


<그림 3> Replica Manager 구성 모듈

- RC(Replica Catalog) 브라우저 모듈  
리플리카 카탈로그 브라우징 기능
- 리플리카 검색 및 전송 모듈  
파일 패턴 기반 리플리카 검색 및 선택된 리플리카 전송

- 리플리카 관리 모듈  
리플리카 등록 및 등록된 리플리카 삭제 기능

<그림 4>는 Replica Manager 의 전체 구성도를 나타낸다. 사용자의 요구 사항은 웹 인터페이스를 통해서 전달되며 입력된 요구 사항은 서블릿 엔진을 통해서 글로벌스 API 로 전달된 후 처리된다. 처리된 결과는 서블릿 엔진을 통해서 다시 사용자에게 적절한 형태로 반환된다.



<그림 4> Replica Manager 시스템 전체 구성도

#### 5. Replica Manager 시스템 구현

Replica Manager 는 그리드 웹 포털 구축을 가능하게 하는 GPKD 와의 통합을 고려하여 자바 서블릿과 JSP(Java Server Page)를 사용하여 구현되었다.

Replica Manger 를 구현하기 위해서 사용한 글로벌스 툴킷 2.0 내부의 Globus Replica Management API 와 Globus Replica Catalog API 는 현재 알파 릴리즈 상태로 많은 버그를 포함하고 있다. 따라서 Replica Manager 를 구현하는데 있어서 다음과 같은 문제점들이 있었다.

- 로케이션을 제외한 다른 엔트리를 검색시 RDN attribute name 이 아니라 objectClass name 을 기반으로 검색하는데 objectClass name 으로 검색이 안되는 것들이 있다. 예) GlobusReplicaFileInfo, GlobusReplicaInfo, GlobusReplicaLogicalRollbackInfo  
→ replica.schema 파일 안에 있는 objectClass name 과 replica catalog 구현에서 사용되는 objectClass name 이 틀려서이다.
- 로케이션 검색 시 값을 리턴 못함  
→ RDN attribute name "re"를 찾지 못해서이다.

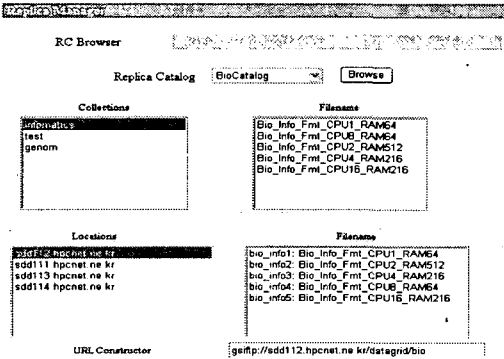
이를 해결하기 위해서 글로벌스 툴킷 소스를 다음과 같이 수정하였다.

- replica.schema 파일의 objectClass name 을 replica catalog 구현에서 사용된 objectClass name 으로 변경하였다.
- 로케이션 입력시 RDN attribute name "re"를 입력하도록 하였다.

이외에도 아직 글로벌스 API 는 스키마에서 LFN 에

대한 항목을 포함하고 있지 않기 때문에 LFN 을 지원 하지 않는다. 따라서 PFN 을 이용해서 작업해야 했다. 또한 현재 리플리카 관리 관련 자바 CoG(Commodity Grid) Kit 가 지원되지 않기 때문에 구현에서는 셸 스크립트 기반으로 글로버스 API 를 호출하여 이용하였다.

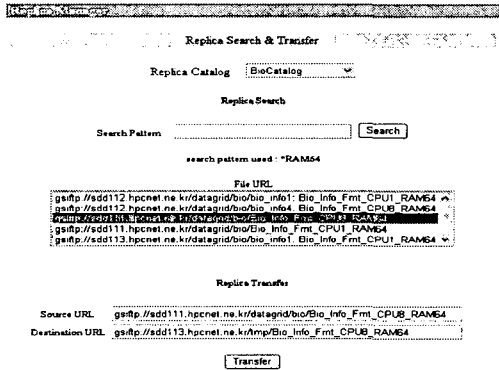
(1) RC 브라우저



<그림 5> RC 브라우저 모듈 실행 화면

<그림 5>는 RC 브라우저 모듈의 실행 화면이다. 사용자는 이 모듈을 통해서 리플리카 카탈로그의 내용을 살펴볼 수 있다. 여기서 보여주는 정보는 선택된 리플리카 카탈로그에 포함된 collection 과 각 collection 에 포함된 location 과 filename, 그리고 각 location 에 구성하는 filename 과 UC(URL Constructor)이다.

(2) 리플리카 검색 및 전송



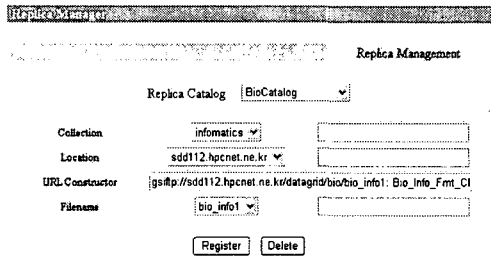
<그림 6> 리플리카 검색 및 전송 모듈 실행 화면

<그림 6>은 리플리카 검색 및 전송 모듈의 실행 화면이다. 사용자가 입력한 조건에 맞는 리플리카의 위치를 검색해 주고 사용자에게 요구에 따라 그 리플리카를 전송해 준다.

(3) 리플리카 관리

<그림 7>은 리플리카의 등록 및 삭제와 같은 기능

을 제공하는 리플리카 관리 모듈이다.



<그림 7> 리플리카 관리 모듈 실행 화면

6. 향후 연구 방향 및 결론

본 논문에서 제안한 Replica Manager 는 여러 응용 과학자들이 자신의 실험 결과나 시뮬레이션 결과를 그리드를 통해서 공유하여 사용할 수 있도록 하기 위한 시스템이다. 이 시스템은 RC 브라우저, 리플리카 검색 및 전송, 리플리카 관리의 세가지 모듈로 구성된다. 이 시스템을 통해서 그리드 환경에서의 효율적인 리플리카 관리 및 사용을 기대할 수 있으며 GPKD 의 기능 확장에 도움을 줄 것이라고 기대한다.

향후 연구 과제로는 메타데이터 카탈로그 기능 구현을 통한 LFN 지원 및 최적의 리플리카 선택을 위한 리플리카 선택 서비스 구현이 필요할 것으로 생각 한다.

참고문헌

- [1] I. Foster, C. Kesselman, S. Tuecke. "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations", International J. Supercomputer Applications, 15(3), 2001.
- [2] I. Foster, C. Kesselman, S. Tuecke. "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations", International J. Supercomputer Applications, 15(3), 2001.
- [3] W. Allcock, A. Chervenak, I. Foster, C. Kesselman, C. Salisbury, S. Tuecke, "The Data Grid: Towards an Architecture for the Distributed Management and Analysis of Large Scientific Datasets", Journal of Network and Computer Applications, 23:187-200, 2001.
- [4] W. Allcock, J. Bester, J. Bresnahan, A. Chervenak, I. Foster, C. Kesselman, S. Meder, V. Nefedova, D. Quesnal, S. Tuecke, "Data Management and Transfer in High Performance Computational Grid Environments", Parallel Computing, 2002.
- [5] G. von Laszewski, I. Foster, J. Gawor, W. Smith, and S. Tuecke, "CoG Kits: A Bridge between Commodity Distributed Computing and High-Performance Grids", ACM 2000 Java Grande Conference, 2000.
- [6] <http://www.globus.org/datagrid/>
- [7] <http://dast.nlanr.net/Projects/GridPortal/>