

그리드에서 단일 뷰를 제공하는 파일 시스템의 설계¹⁾

이종혁^{0*} 진성호[†] 이화민[†] 이대원[†] 이필우[‡] 유현창[‡]
† 고려대학교 대학원 컴퓨터교육학과 ‡ 한국과학기술정보연구원
{spurt⁰, wingtop, zelkova, daelee, yuhc}@comedu.korea.ac.kr

A Design of File System that Supports a Global View in Grids

JongHyuk Lee^{0*} SungHo Chin[†] HwaMin Lee[†] DaeWon Lee[†] PilWoo Lee[‡] HeonChang Yu[‡]

† Dept. of Computer Science Education, Korea University
‡ Korea Institute of Science and Technology Information

요 약

현재 그리드 컴퓨팅에 관한 연구는 그리드 컴퓨팅 인프라의 성공적인 구축과 함께 그리드 컴퓨팅의 응용분야가 확대됨으로써 그리드 컴퓨팅이 제공하는 고성능 연산 자원뿐만 아니라 대용량의 저장장치와 데이터베이스를 이용하기 위한 데이터 그리드에 관한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 하지만 데이터 그리드를 이용하는 응용에서 파일을 이용할 기회가 더욱 많음에도 불구하고 데이터베이스에 관한 연구에 비해 파일 데이터에 관한 연구가 미비한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 그리드 컴퓨팅 미들웨어의 표준으로 자리 잡고 있는 OGSA를 기반으로 한 그리드 파일 시스템을 설계한다. OGSA 기반 그리드 파일 시스템은 크게 전통적인 파일 시스템과 같은 단일 뷰를 가능케 하는 명령 공간 서비스, 여러 개의 같은 파일을 단일 파일로 보이게 하는 복제 파일 관리 서비스, 파일의 메타 데이터 정보를 관리하는 파일 시스템 정보 서비스, 마지막으로 사용자와 개발자들이 동일한 접근 방식을 이용하도록 하는 서버-클라이언트-파일 제본자 인터페이스로 구성된다.

그리드 파일 시스템의 구조를 설명한다. 4장에서는 OGSA 기반 그리드 파일 시스템의 각종 서비스 기능에 대해 상세히 설명하고 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론 및 향후 과제를 제시한다.

1. 서 론

초창기 그리드 컴퓨팅에 관한 연구는 복이 지역을 중심으로 한 계산 그리드에 관한 연구가 주를 이루었다. 계산 그리드는 그리드 컴퓨팅이 제공하는 공유 자원 중 CPU, 메모리 등과 같은 연산 자원 공유에 초점을 맞추어 장시간의 연산을 요구하는 수치해석, 물리실험, 통계 등에 그리드 컴퓨팅을 이용하는 방법이다. 이를 위해 계산 그리드 인프라를 구축하고 연산 자원을 사용자에게 제공하기 위한 방법에 관한 연구가 진행되었다. 하지만, 현재 그리드 컴퓨팅에 관한 연구는 그리드 컴퓨팅 인프라의 성공적인 구축과 함께 그리드 컴퓨팅의 응용분야가 확대됨으로써 그리드 컴퓨팅이 제공하는 고성능 연산 자원 뿐 아니라 대용량의 저장장치와 데이터베이스를 이용하기 위한 데이터 그리드[1]에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 데이터 그리드는 유럽을 중심으로 하여 활발하게 연구가 진행되고 있으며 바이오 정보학, 데이터 마이닝 등과 같이 대용량의 데이터 관리를 필요로 하는 응용분야에서 그리드 컴퓨팅을 이용하기 위해 많은 연구를 진행하고 있다. 데이터 그리드에서 주 공유 대상이 되는 자원인 데이터는 크게 데이터베이스와 파일의 형태로 관리하게 된다. 현재 그리드 컴퓨팅 표준을 제안하고 있는 GGF(Global Grid Forum)에서는 그리드 상에서 분산된 데이터베이스를 관리하기 위해 OGSA-DAI, OGSA-DQP와 같은 서비스들을 제안하여 분산된 데이터베이스들로 이루어지는 가상 데이터베이스를 생성하여 데이터에 대한 접근성을 향상시키고 데이터를 효율적으로 관리할 수 있는 기회를 제공하고 있다. 하지만 데이터 그리드를 이용하는 응용에서 파일을 이용할 기회가 더욱 많음에도 불구하고 데이터베이스에 관한 연구에 비해 파일 데이터에 관한 연구가 미비한 실정이다.

현재 그리드 컴퓨팅은 웹서비스와의 접촉으로 그리드 자원을 서비스 형태로 제공하고 있다. 특히, 그리드 미들웨어 표준으로 자리 잡고 있는 GT3(Globus Toolkit Version 3)는 OGSA[2]를 기반으로 웹서비스를 지원하고 있으며 최신 GT4에서는 완전 통합이 이루어졌다. 그리드 기반의 유틸리티 컴퓨팅은 대부분 서비스로 관리되고 있기 때문에 새로 만들어지는 파일 시스템도 서비스 형태로 제공되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 그리드 상에 분산된 파일 데이터들을 통합 관리하고 단일한 뷰를 제공할 수 있도록 OGSA를 기반으로 한 그리드 파일 시스템을 설계한다. 2장에서는 기존의 그리드 파일 시스템과 관련된 연구들을 소개하고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 OGSA 기반

2. 관련 연구

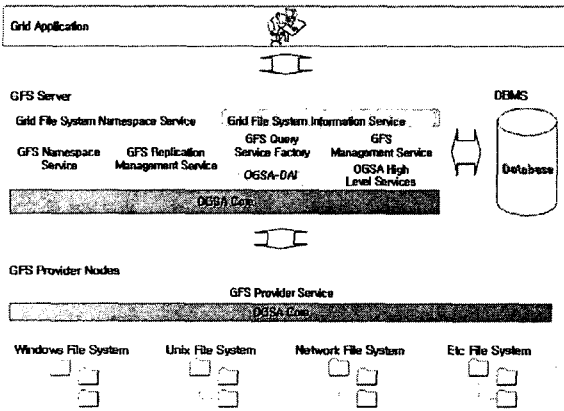
현재 진행되고 있는 그리드 컴퓨팅 상에서의 파일 데이터의 관리 방법에 관한 연구는 병렬, 분산 파일 시스템과 그리드 데이터 미들웨어의 두 가지로 분류해 볼 수 있다[3]. 병렬, 분산 파일 시스템은 기존 분산 시스템에서 사용하던 NFS(Network File System), AFS(Andrew File System), DFS(Distributed File System) 등을 이용하여 원격에 있는 파일 데이터를 접근하는 방법을 제공한다. 하지만 이 방법은 그리드 컴퓨팅과 같이 WAN(Wide Area Network) 방식에 적용하기 어렵고 여러 가지 다양한 파일 접근 정책을 가지는 VO(Virtual Organization)[4]를 구성할 수 없는 단점이 있다. 반면, 그리드 데이터 미들웨어는 글로벌 툴킷에서 제공하는 인터페이스처럼 파일 데이터들에 대한 접근을 용이하게 하는 풍부한 인터페이스를 제공한다. 이와 같은 그리드 데이터 미들웨어에 관한 연구는 SRB(Storage Resource Broker)[5] 와 Gfarm(Grid Datafarm)[6]이 대표적이다. SRB는 사용자에게 구조적 혹은 비구조적인 물리적 파일 데이터에 대해서 논리적 투영성을 제공한다. 이것은 사용자, 데이터 집합, 데이터 자원들에 대해서 전역 명령 공간(name space)의 제공에 의한 추상화와 파일의 생성, 접근, 사용자 인증, 복제 등의 기능에 대한 인터페이스를 통해 이루어진다. 또한, SRB는 파일 데이터에 대한 메타 데이터를 제공하여 메타 데이터를 이용한 의미적 수준(semantic level)의 검색이 가능하도록 하고 있다. 또 다른 그리드 데이터 미들웨어인 Gfarm은 대용량의 데이터 집약적인 연산을 지원하기 위해 설계된 것이다. Gfarm에서 제공하는 병렬 파일 시스템은 페타바이트 크기의 저장 공간, 확장된 디스크 I/O 대역폭, 확장된 병렬처리 성능을 제공한다. 특히, Gfarm은 파일 복제 기법을 이용하여 대용량 파일 연산의 결합포용과 연산 노드의 부하 균형을 유지함으로써 대용량 파일 처리를 효과적으로 수행할 수 있는 환경을 제공하고 있다. 하지만, SRB와 Gfarm 두 가지 연구 모두 각각의 프로젝트나 실험 환경에 의존적으로 설계·구현되어 있어서 서비스 기반의 일반적인 그리드 환경에 그대로 적용할 수 없다.

3. OGSA 기반 그리드 파일 시스템 구조

그리드 파일 시스템은 광대역통신망의 VO 내에 있는 저장 자원에 논리적 명령공간을 부여하여 데이터 저장 장치의 플러그 앤 플레이와 이질적인 저장 시스템들 간의 상호작용을 가능하도록 하는 시스템이

1) "이 연구는 2005년 한국과학기술정보연구원(KISTI) 국가그리드기반 구축사업 지원에 의해서 수행되었음."

다. 논리적 명명공간은 전통적인 파일 시스템처럼 단일 뷰를 제공할 수 있는 기본적인 기능이다. 복제 파일 데이터 관리는 여러 개의 같은 파일을 단일 파일로 볼 수 있도록 하고 파일의 효율적인 병렬 전송과 파일 복구에 대한 결합 포용 기능을 한다. 이질적인 저장 장치간의 상호작용을 위해서는 논리적 명명공간 뿐만 아니라 물리적 저장 장치에 대한 독립적인 데이터 접근, 전송, 인증 메커니즘이 필요하다.



<그림 1> OGSA 기반 그리드 파일 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 OGSA 기반 그리드 파일 시스템의 구조는 <그림 1>과 같다. 그리드 어플리케이션은 GFS 서버를 통하여 그리드 파일 시스템에 접근한다. GFS 서버는 크게 그리드 파일 시스템 명명 공간 서비스와 그리드 파일 시스템 정보 서비스로 나뉜다. 그리드 파일 시스템 명명 공간 서비스는 파일 제공자가 제공하는 물리적 파일을 메타데이터로 구성하여 논리적 파일로 등록, 수정, 삭제, 검색하는 GFS 명명 공간 서비스와 여러 개의 복제된 파일을 단일 파일로 보여 줄 수 있도록 관리하는 GFS 복제 관리 서비스로 나뉜다. 그리드 파일 시스템 정보 서비스는 그리드 파일 시스템 명명 공간 서비스와 상호작용하여 논리적 파일의 메타데이터가 데이터베이스에 관리되도록 중간자 역할을 한다. 그리드 파일 시스템 파일 제공자는 GFS 제공자 서비스를 통해 GFS 명명공간 서비스와 상호작용하여 그리드 파일 시스템에 등록한다.

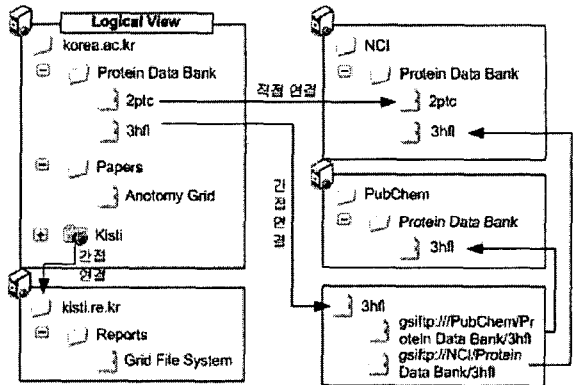
4. OGSA 기반 그리드 파일 시스템 기능

본 장에서는 OGSA 기반 그리드 파일 시스템을 구성하는 그리드 파일 명명 공간 서비스, 복제 파일 관리 서비스, 파일 시스템 정보 서비스에 대해 설명한다. 그리고 OGSA 기반 그리드 파일 시스템의 인터페이스 구조를 제시한다.

4.1 그리드 파일 명명 공간 서비스

그리드 파일 명명 공간 서비스는 그리드 상에 존재하는 분산된 파일 데이터에 논리적으로 단일한 명명 공간을 제공하는 서비스이다. 물리적 파일은 WS-Addressing 또는 URL로 직접 접근할 수 있는 파일이고 논리적 명명 공간은 그리드 어플리케이션이 그리드 파일 시스템을 통해 접근할 수 있는 최상단의 추상화된 파일 이름이다. 파일 명명 공간은 사용자에게 보여지는 논리적 이름과 실제 파일인 물리적인 중간자 연결시키는 것으로 물리적 파일과 논리적 명명 공간 간의 매핑 방법이 필요하다. 사용자는 그리드 파일 명명 공간 서비스를 통해 분산되어 있는 물리적 파일을 단일한 뷰로 볼 수 있게 된다. 물리적 파일과 논리적 명명 공간을 연결하는 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 논리적 명명 공간이 물리적 파일과 직접 연결하는 방식이고 두 번째는 물리적 파일들의 컬렉션을 구성하여 이를 나타내는 논리적 파일을 만들어 논리적 명명 공간과 간접적으로 연결시키는 방식이다. 두 번째 방식인 간접 연결은 여러 개의 복제 파일을 단일 파일로 보이게 하거나 다른 공간에 있는 명명 공간 서비스와 연결하여 연합 구성할 수 있도록 한다.

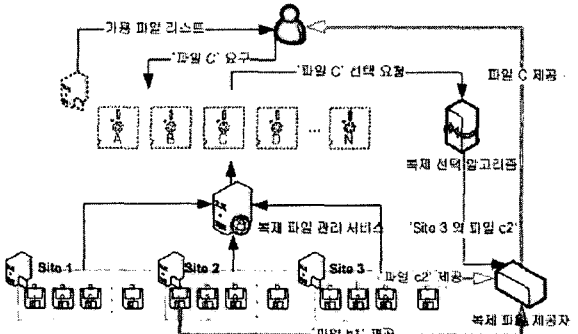
<그림 2>는 명명 공간 서비스를 이용하여 여러 파일 시스템에 대한 단일 뷰를 보여주고 있다. 'NCI' 명명 공간과 'PubChem' 명명 공간, 그리고 'kisti.re.kr' 명명 공간은 'korea.ac.kr' 명명 공간으로 직접 연결 또는 간접 연결을 통하여 그리드 파일 시스템을 구성한다.



<그림 2> 명명공간을 이용한 그리드 파일 시스템의 구성

4.2 복제 파일 관리 서비스

복제 파일 관리 서비스는 각 기관에 분산되어 있는 복제 파일들에 대해서 단일한 뷰를 제공하는 역할을 한다. 이 서비스는 복제된 동일한 파일들을 하나의 논리적인 파일로 보이도록 파일 리스트를 유지시켜 주는 기능을 한다. 이 때, 사용자는 복제 파일 관리자에 의해 유지되는 복제 파일들에 대한 정보를 그리드 파일 시스템의 인터페이스를 통해서 제공받게 되고 필요한 파일을 사용하게 된다. 또한 복제 파일 관리자는 복제된 파일의 변경, 삭제 등에 대해서 변경된 복제 파일들에 대한 논리적 파일 리스트를 변화시켜 전체 그리드 파일 시스템의 일관성을 유지한다. 복제 파일 관리 서비스는 사용자가 복제 파일 리스트를 통해 얻어진 정보를 바탕으로 파일을 이용하고자 할 때, 동일한 논리적 이름을 가지는 복제 파일들 중에서 사용자의 요구나 사용자 작업에 적합한 성능을 보장해 줄 수 있는 파일을 선택하는 알고리즘을 사용한다. 특히 이 알고리즘은 파일 데이터를 이용한 그리드 응용의 성능에 영향을 미치는 요소들을 고려하여 파일을 선택함으로써 사용자 작업을 효율적으로 수행할 수 있는 환경을 제공하여 준다.



<그림 3> 복제 파일 관리 서비스 구조

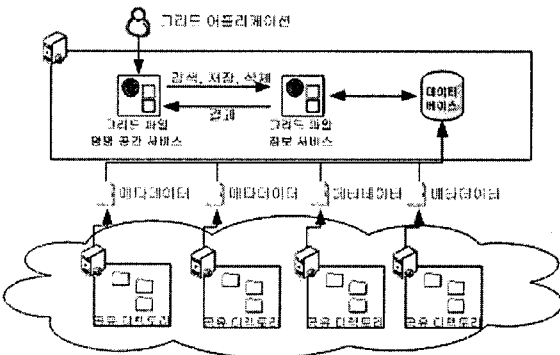
<그림 3>은 복제 파일 관리 서비스 구조를 보여준다. 사용자는 복제 파일 관리 서비스를 통해 제공되는 단일 뷰를 이용하여 가용 파일 리스트를 받는다. 사용자가 '파일 C'를 요구할 경우 복제 파일 관리 서비스는 복제 선택 알고리즘을 통해 효율적인 수행을 보장 받는 사이트의 파일을 선택하고 복제 파일 제공자를 이용하여 사용자에게 파일을 전송한다. 복제 파일 제공자는 복제 파일 알고리즘에 의해 선택된 복제 파일을 사용자나 사용자 작업에 전달하는 역할을 한다. 복제 파일 제

공자는 복제 파일이 제공되는 동안의 결함이나 성능 저하를 감지하고 이 때 발생할 수 있는 문제를 해결하기 위해서 새로운 복제 파일을 제공할 수 있는 역할을 하게 된다. 그러므로 복제 파일 제공자는 OGSA 기반 그리드 파일 시스템에서 복제 파일을 이용한 작업의 신뢰성을 보장해 줄 수 있는 역할을 하게 된다.

4.3 파일 시스템 정보 서비스

그리드 어플리케이션이 그리드 파일 명명 공간 서비스로부터 파일에 대한 속성을 제공받기 위해서는 파일 제공자에 위치한 물리적 파일 속성 뿐 아니라 논리적 파일 속성을 포함한 파일 속성 메타데이터를 정의한다. 파일의 생성날짜, 디렉토리, 파일명 등의 일반적인 파일 속성과 그리드 파일 명명 공간에서 사용하는 직접 연결, 간접 연결과 관련된 참조 속성, 논리적 파일의 생성날짜, 디렉토리, 파일명 등이 메타데이터에 포함된다.

그리드 어플리케이션이 그리드 파일 시스템의 파일 정보를 효율적으로 검색하기 위해서는 그리드 파일 메타데이터는 검색 속도가 빠른 저장소에 저장되어 파일 명명 공간 서비스와 상호작용해야 한다. 이를 위해서는 파일 메타데이터를 데이터베이스에 저장하여 관리하여야 한다. 따라서 그리드 파일 메타데이터에 관한 데이터베이스 스키마 정의와 메타데이터 정보를 서비스할 수 있는 그리드 정보 서비스가 필요하다. <그림 4>는 정보 제공자의 공유 디렉토리를 메타데이터로 구성하여 그리드 파일 명명 공간 서비스와 그리드 파일 정보 서비스를 통해 데이터베이스에 저장하고 검색하는 방식을 보여준다.



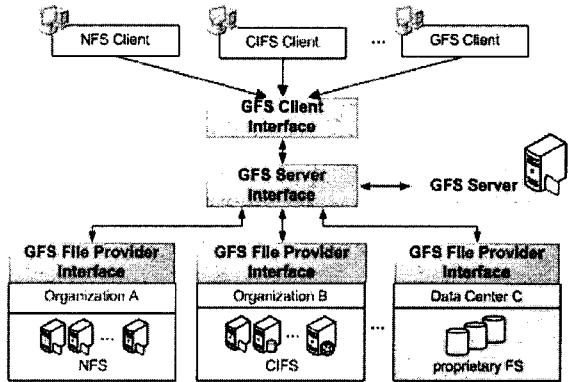
<그림 4> 그리드 파일 메타데이터 정보 제공자의 구조

4.4 인터페이스

그리드 사용자들과 개발자들은 전체 그리드 파일 시스템을 동일한 인터페이스로 볼 수 있어야 한다. <그림 5>는 본 논문에서 제시하는 그리드 파일 시스템의 인터페이스 구조를 보여 준다. 그리드 파일 시스템 서버 인터페이스는 그리드 파일 시스템의 공유 자원들과 클라이언트 사이에서 그리드 파일 시스템의 명명 공간 서비스를 제공한다. 또한 그리드 파일 시스템 서버 인터페이스는 그리드 파일 제공자들 사이에 데이터가 중복되거나 한 곳의 자원이 다른 곳으로 이동한 경우가 발생할 지라도 그리드 파일 시스템 클라이언트들에게 단일한 뷰를 제공한다. 그리드 파일 시스템 클라이언트 인터페이스는 그리드 파일 시스템 클라이언트뿐만 아니라 NFS나 CIFS(Common Internet File System) 등과 같은 기존의 파일 시스템을 사용하는 클라이언트들도 그리드 파일 시스템의 명명공간을 사용할 수 있게 해 준다. 이를 위해 그리드 파일 시스템 클라이언트 인터페이스는 그리드 파일 시스템 서버와 그리드 파일 시스템 클라이언트 사이에 주고받는 메시지나 통신 프로토콜을 정의해야 한다. 그리드 파일 시스템 파일 제공자 인터페이스는 기존의 여러 종류의 파일 시스템들이 그리드 파일 시스템의 자원이 될 수 있게 해 준다. 즉, 그리드 파일 시스템 서버와 그리드 파일 시스템 자원 제공자들은 이 인터페이스를 통해 통신하며 그리드 파일 시스템 서비스를 제공한다.

OGSA 기반 그리드 파일 시스템 인터페이스의 구현은 OGSA를 기반으로 하는 미들웨어인 글로벌스 톨킷의 OGSA 코어 부분을 확장하여

서비스 형태로 제공한다. 따라서 서버 인터페이스, 클라이언트 인터페이스, 파일 제공자 인터페이스는 이질적인 파일 시스템 간에 상호운용성을 보장받고 그리드 어플리케이션은 그리드 파일 시스템에 단일한 방법으로 접근할 수 있다.



<그림 5> 그리드 파일 시스템 인터페이스 구조

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 그리드 컴퓨팅 상에 존재하는 파일 데이터에 대한 효율적인 관리와 접근 방법을 위해 OGSA 기반 그리드 파일 시스템을 설계하였다. 파일 데이터는 데이터베이스와 함께 데이터 그리드 컴퓨팅을 위해 필수적으로 관리되어야 하는 중요한 자원 중의 하나이다. 따라서 본 논문에서 제시한 그리드 파일 시스템의 설계는 그리드 기반 응용 개발과 그리드 파일 시스템의 표준화 제시에 기여할 수 있다.

향후 연구과제로는 본 논문에서 설계한 내용을 바탕으로 그리드 파일 시스템을 구현하고 그리드 어플리케이션에 적용하는 실험과 성능 측정이 요구된다.

참고문헌

- [1] 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, 2001.
- [2] S. Tuecke, K. Czajkowski, I. Foster, J. Frey, S. Graham, C. Kesselman, T. Maguire, T. Sandholm, P. Vanderbilt, D. Snelling, "Open Grid Services Infrastructure (OGSI) Version 1.0.": Global Grid Forum Draft, 2003.
- [3] Pradeep Padala, "A Survey of Grid File Systems", Global Grid Forum Grid File Systems Working Group Draft, 2003.
- [4] I. Foster, C. Kesselman and S. Tuecke, "The Anatomy of the Grid : Enabling Scalable Virtual Organizations", International J. Supercomputer Applications, 2001.
- [5] Arcot Rajasekar, Michael Wan, Reagan Moore, Wayne Schroeder, George Kremenk, Arun Jagatheesan, Charles Cowart, Bing Zhu, Sheau-Yen Chen, Roman Olschanowsky, "Storage Resource Broker - Managing Distributed Data in a Grid", Computer Society of India Journal, Special Issue on SAN, 2003.
- [6] Osamu Tatebe, Youhei Morita, Satoshi Matsuoka, Noriyuki Soda, and Satoshi Sekiguchi, "Grid datafarm architecture for petascale data intensive computing", Proceedings of the Second IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid, 2002.