

# 그리드(GRID)

이필우 | 한국과학기술정보연구원(KISTI) 슈퍼컴퓨팅센터초고속연구망사업실 선임연구원  
TTA 표준총회 위원  
황일선 | 한국과학기술정보연구원(KISTI) 슈퍼컴퓨팅센터초고속연구망사업실 실장

## 1. 서론

최근 컴퓨터 하드웨어 및 네트워크의 성능이 급격히 향상됨에 따라 컴퓨터를 이용하는 형태도 크게 변화하고 있다. 특히 과거 LAN 환경에서 동일한 기종의 컴퓨터를 기반으로 하여 수행하던 분산컴퓨팅 분야에서는 네트워크의 획기적인 성능향상에 따라 인터넷 기반의 분산컴퓨팅을 가능케 하였다. 또한 소프트웨어의 기술적인 변화는 동일한 기종의 컴퓨터 뿐만이 아니라 이기종 컴퓨팅 자원과 대용량 저장장치 및 다양한 고성능 연구장비들을 통합하여 하나의 문제를 해결하는데 도움을 주고 있다.

이와같이 그리드(Grid)는 지역적으로 분산되어 있는 고성능 컴퓨팅 자원들을 초고속 네트워크로 상호 연동하여 조직과 지역에 관계없이 단일 시스템처럼 사용할 수 있는 환경을 말한다[1, 2, 4]. 그리드에 관한 연구개발은 1995년 슈퍼컴퓨팅 컨퍼런스(SC '95)를 기점으로 확산되기 시작하였다. SC '95에서 I-WAY의 시연은 OC-3 네트워크를 이용해서 연결된 슈퍼컴퓨터들과 ImmersaDesk상에서 60여개의 애플리케이션을 수행함으로써 초고속 네트워크기반 컴퓨팅의 가능성을 보여주었다. I-WAY의 성공적인 시연을 기점으로 미국 내에는 여러 개의 정부주도의 그리드 개발 과제가 시작되었으며, 대표적으로 NSF PACI[13],

IPG[14], ASCI DisCom[15] 등이 있다.

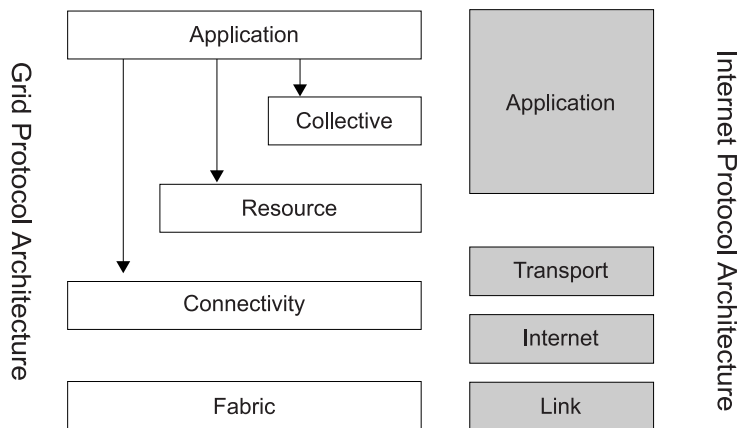
한편 2002년 2월 캐나다에서 개최된 GGF4에서 IBM과 Globus[12] 개발그룹은 그리드와 웹 서비스를 통합한 OGSA(Open Grid Services Architecture) 모델[11]을 발표하였다. 그리드 표준화에 가장 많은 영향을 주고 있는 Globus와 웹서비스 표준화를 주도하고 있는 IBM이 협력해 발표한 아키텍처라는 점에서 OGSA의 구성요소들이 표준화될 가능성은 매우 높으며, 그리드 미들웨어 기술영역의 표준화에 직접적인 영향을 줄 것으로 예상된다. 본 고에서는 먼저 그리드의 구조에 대하여 간단히 알아보고 그리드 관련 연구 개발을 논의하고 있는 GGF(Global Grid Forum)의 기술영역별 동향을 소개한 후 그리드 웹 서비스와 관련한 표준화 동향에 대하여 간단히 알아본다.

## 2. 그리드의 구조

본 절에서 언급하는 그리드 구조는 그리드 프로토콜과 서비스의 나열이 아니라 범용적인 구성요소들을 제시한다. 이러한 구성요소들은 <그림 1>과 같이 각각의 계층으로 나누어져 분류된다. 그리드 구조의 다양한 계층을 나타냄에 있어서 흔히 “모래시계” 모델[4, 11, 12]이 사용되는데 모래시계의 좁은 목 부분은 핵심적

인 기능과 프로토콜을 나타낸다. 모래시계 모델의 상위 부분에는 서로 다른 고수준(high-level) 기능들이 매핑되고 이와 같은 기능들은 핵심 프로토콜을 통해서 모래 시계의 아래 부분에 위치하는 수많은 기반기술과 대응된다. 본 절에서 제시되는 그리드 구조는 모래시계의 목 부분은 자원과 연결 프로토콜(resource and connectivity protocol)로 구성되어 독립적인 자원들을 공유할 수 있는 기능을 제공한다. 그리고 이들 프로토콜을 통하여 상위에 있는 Collective 계층과 하위의 Fabric 계층이 각각 다양한 범위의 서비스, 애플리케이션 및 링크 자원을 서로 공유할 수 있게 된다.

성이 존재하게 된다. Connectivity 계층은 그리드에 한정적인 네트워크 트랜잭션 처리를 위해서 요구되는 핵심적인 통신과 인증 프로토콜을 정의한다. 통신 프로토콜은 Fabric 계층 자원들간의 데이터 교환을 활성화하고, 인증 프로토콜은 사용자와 자원의 식별을 검증하는 암호화 보안 메커니즘을 제공하며, “Single sign on”과 “Delegation” 기능, 다양한 지역 보안 솔루션들의 통합기능이 필요하다. Resource 계층은 개별적인 자원 상에서 이루어지는 공유작업에 대한 보안 협상, 초기화, 모니터링, 제어 등을 위한 프로토콜을 정의한다. 이러한 Resource 계층의 프로토콜을 구현



<그림 1> 그리드 구조와 인터넷 프로토콜 계층의 관계(<http://www.ggf.org>)

그리드 Fabric 계층은 그리드 프로토콜에 의해서 제어되는 공유 액세스에 자원을 제공하는 역할을 담당한다. “자원”은 분산 파일 시스템, 클러스터, 분산 컴퓨터 풀 등의 논리적인 집합일 수도 있고 계산 자원, 저장 시스템, 네트워크 자원 등일 수도 있다. Fabric 계층의 구성요소는 상위 레벨의 공유작업에 따른 결과로써 특정한 자원에서 발생하는 자원-제한적이며 지역적인 기능을 구현한다. 따라서 Fabric 레벨에서 구현되는 기능들과 공유작업 사이에는 밀접한 상호 의존

하기 위해서는 Fabric 계층의 함수들을 사용하여 지역 자원들을 제어하고 액세스한다.

Resource 계층이 단일 자원과의 상호작용에 초점을 맞추었다면, 그리드 구조의 다음 계층은 자원의 집합을 통한 상호작용에 관련된 서비스(API)와 SDK (Software Development Kits) 및 프로토콜을 포함한다. 이러한 이유로 이 계층을 “Collective” 계층이라고 부른다. Collective 계층이 모래시계 모델의 좁은 부분을 구성하는 Resource와 Connectivity 계층 위

에 구현되기 때문에 공유되고 있는 자원에 대해서 새로운 요구없이 다양한 공유기능을 구현할 수 있다. Collective 계층의 기능은 지속적인 서비스로서 구현되어야하며, 애플리케이션과 연동될 수 있는 SDK나 관련된 프로토콜과 함께 만들어져야 한다.

그리드 구조의 마지막 계층은 VO(Virtual Organization)내에서 동작하는 사용자 애플리케이션들로 이루어져 있다. 애플리케이션은 모든 계층에서 정의되는 서비스를 위해서 구축된다. 각각의 계층에는 자원 관리, 데이터 액세스, 자원 발견등과 같은 유용한 서비스에 접근하기 위해 정의된 프로토콜들이 있으며 API가 역시 제공된다. API는 SDK에 의해서 구현되는데 SDK는 단말 사용자에게 여러 가지 기능을 제공하기 위한 네트워크 서비스와 상호 동작하기 위해 그리드 프로토콜을 사용한다. 상위 레벨의 SDK는 특정 프로토콜에 직접 매핑하지 않지만 지역적인 기능구현 및 부가적인 API 호출과 프로토콜 동작을 연관시킬 수 있는 기능을 제공한다.

### 3. GGF의 기술영역 동향

2001년 3월 GGF가 처음 개최된 후 여러 워킹그룹들이 추가되어왔다. 이들 워킹그룹(WG)들은 IETF의 영역(areas)처럼 세부적인 이슈들을 다루고 문서화 작업을 위해 하부 워킹그룹들을 구성하고 있다. 그 외 워킹그룹들은 IETF의 연구그룹(RG)처럼 보다 넓은 주제 영역에 대한 연구에 중점을 두고 활동하고 있으며, 현재 7개 분야로 기술영역을 분류하여 26개의 워킹그룹과 21개의 연구그룹이 있다(<http://www.ggf.org>).

#### 1) Applications, Programming Models, Environments(APME)

PSE(Problem Solving Environment)란 특정 분야에서 어떤 문제를 풀기 위한 환경을 제공하는 컴퓨터 시스템이다. 여기서 환경이란 컴퓨터, 네트워크, 실험장치 등의 물리적인 자원뿐만 아니라 프로그램, 알고리즘, 최신의 정보기술 등의 논리적인 자원도 포함한다. PSE는 그리드 환경을 지원하기 위하여 보안 서비스(Grid Security Infrastructure), 정보 서비스(Grid Information Service), 스케줄링 서비스, 데이터 전송 서비스를 지원하며, 그리드 미들웨어의 다른 영역과 연동되어 협업개발 환경, 시각화 및 원격제어와 같은 개발환경을 지원한다.

#### 2) Architecture(ARCH)

Architecture 영역은 그리드의 여러 서비스들의 상호 관계와 그리드 동작의 전체구조에 대한 개념적 프레임워크를 정의하기 위한 영역이다. Open Grid Service Infrastructure(OGSI-WG)는 데이터의 변화를 여러 애플리케이션에 자동으로 반영토록 함으로써 e비즈니스를 간편하게 하려는 웹 서비스 분야와 다양한 IT 인프라 환경에서 사용자들이 쉽게 접근할 수 있도록 하는 그리드 분야의 통합된 아키텍처 모델의 정의를 목적으로 한다. New Productivity Initiative(NPI-WG)는 분산 컴퓨팅 관리를 위한 상위 레벨의 가벼운 아키텍처를 정의하고 있으며, Service Management Frameworks(JINI-RG)은 그리드 컴퓨팅 환경에서 동적으로 서비스의 등록과 해제에 필요한 요구사항들을 지원하기 위하여 JINI 기술을 그리드 환경에 적용시키는 방법을 연구하고 있다.

#### 3) Data

데이터(Data) 영역은 그리드 액세스 그룹에서 연구

하고 있는 분야로써 그리드 환경에서 데이터 액세스 처리를 위한 모든 부분들을 제공한다. GridFTP-WG 은 데이터 영역에서 데이터 전송을 하기 위한 새로운 프로토콜을 작성하는 워킹그룹으로써 그리드 환경에서 데이터 전송에 관한 프로토콜을 정의하기 위해 기존의 FTP를 확장시키고 있다. Data Access and Integration Services(DAIS-WG)는 그리드 상에서의 데이터베이스의 액세스와 통합에 중점을 두고 있다. Data Replication(REP-RG)에서는 분산된 대용량의 여러 데이터의 복제를 처리하기 위한 프레임워크를 제공하고 있으며, Gigggle(GIGa-scale Global Location Engine)이 대표적이다. Persistent Archives(PA-RG)은 데이터 집합의 관리를 위한 모든 부분을 제공하는데에 중점을 두고 있다.

#### 4) Information Systems and Performance (ISP)

그리드 정보시스템 및 성능(ISP) 영역은 그리드에 관련된 정보를 제공하거나 소비하는 서비스에 중점을 두고 있다. 따라서 그리드 기반 컴퓨팅에 필요한 정보 서비스를 위한 요구사항을 정의하고 상호운용 모델과 메커니즘 개발을 용이하게 하기 위해 활동하고 있다. 그리드 컴퓨팅을 위한 ISP의 핵심적인 역할은 정보서비스를 위한 자원의 발견과 모니터링에 대한 기본적인 메커니즘을 제공하고, 애플리케이션의 동작에 적응할 수 있도록 하는 것이다. 즉, 분산된 자원 그룹들간의 협력을 통해 자원을 발견하고, 자원공유 및 자원의 상태 파악 등을 가능하게 한다. 최근 ISP 영역에 통합된 성능(Performance) 영역은 병렬 및 분산 컴퓨팅의 주요 요소인 단대단(end-to-end) 성능향상에 대한 분석과 측정에 관련된 다양한 이슈에 중점을 두고 있다.

#### 5) Peer-to-Peer(P2P)

P2P 기술에서는 네트워크로 연결된 컴퓨터간에 동등한 관계로 대상업무를 처리한다. 따라서 P2P 기술은 사용자 사이의 실시간 통신이나 자원 및 정보교환 등을 지원하는 동기적 상태지원 기술로도 정의된다. 기존의 클라이언트/서버 시스템에서는 서버에 부하가 집중되는 것을 피할 수 없지만, P2P 시스템은 클라이언트 사이에서 처리가 완결될 수 있기 때문에 서버를 거치지 않고 분산처리를 수행할 수 있다. 뿐만 아니라, P2P 시스템은 실시간 정보를 생성하는 정보원의 역할과 실시간 정보공유 및 디지털 콘텐츠의 교환을 특별한 조작없이 가능하게 하여 동기적 커뮤니티 서비스에 대한 새로운 클라이언트 이용환경을 제공한다.

#### 6) Scheduling and Resource Management (SRM)

스케줄링 및 자원관리(SRM) 영역은 그리드 환경 내에서 이기종의 자원들을 검색하여 각각의 다른 관리영역의 사용자가 자원을 이용할 수 있도록 하는 일련의 과정과 분산되어 있는 이기종의 자원들을 효과적으로 관리하기 위해 요구되는 상호운용성을 구현하기 위한 분야이다. 크게 스케줄링과 자원관리로 나눌 수 있는데, 스케줄링은 여러 개의 작업에 대한 제어를 하는 글로벌 스케줄러를 표준화하고 그 속성을 정의하고 있으며, 자원관리는 그리드 정보서비스 분야에서 제공되는 서비스를 이용하여 자원의 위치를 확인하고, 자원의 예약, 요청 및 할당을 받는 과정의 표준화를 수행하고 있다.

#### 7) Grid Security(Grid SEC)

그리드 보안영역은 서로 다른 보안 솔루션을 가진 그리드 환경에서 사용자나 서비스 혹은 개체(entity)를 인증(authentication)하거나 권한 부여(authorization)와 같은 다양한 문제를 다루고 있다. 그리드 보안 솔루션은 기존의 표준을 기반으로 하고 있으며, 이러한 기존의 표준을 그대로 사용하거나 확장하여 적용하고 있다. Grid Security Infrastructure(GSI-WG)과 Grid Certificate Policy(GCP-WG)에서는 그리드 인증이나 권한부여, 그리고 통신보안 등의 그리드 서비스나 프로토콜, API 등과 관련된 표준안을 정의하고 있다.

#### 4. 그리드의 웹 서비스와 표준화

그리드 미들웨어에 적용되는 기술들은 단순히 소프트웨어 요소간 상호작용의 범주를 넘어 컴퓨팅 자원들에 대한 정보서비스, 컴퓨팅 자원관리 및 작업 스케줄링, 분산 데이터 처리, 보안, 네트워크, 장애 검출 및 복구 등의 기술을 망라한다. 특히 여러 지역에 분산되어 있는 다양한 자원을 이용하기 위한 플랫폼 지원은 필수적이다. 따라서 그리드 미들웨어의 표준화를 통해 이러한 그리드 서비스들의 통합과 상호운용성을 보다 안정적이고 효율적으로 제공할 수 있도록 하는 연구가 계속되고 있다.

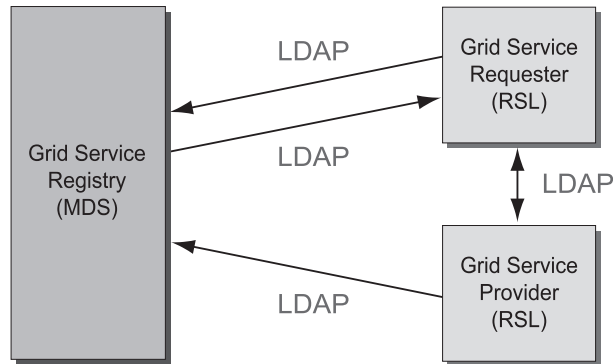
그리드 웹 서비스를 위해 OGSA-WG에서는 인터넷 기반 기술을 이용하여 이기종 컴퓨팅 환경에 따른 정보 호환성 문제, 자원관리의 어려움, 애플리케이션 개발의 어려움, 시스템 개발시 통합의 어려움 등을 해결하고 이를 표준화하기 위한 노력을 계속하고 있다. 또한 그리드의 분산 환경에서 정보 데이터의 효율적인 교환과 그리드 서비스의 효율적인 핸들링을 위해 그리드 프로토콜에 대한 표준안을 정의하고 있다. 분산컴

퓨팅 환경에서 원활한 정보교환을 위하여 XML 기반의 프로토콜인 SOAP(Simple Object Access Protocol)을 그리드 표준 프로토콜로 적용할 수 있는데 SOAP은 다양한 다른 프로토콜들과 결합하여 사용될 수 있고, SOAP 메시지들의 교환은 그리드 서비스 간의 통신을 위해 유용한 방법으로 사용할 수 있기 때문이다.

한편 그리드 서비스를 위한 인터페이스 기술에는 그리드 서비스 구성요소 사이에 교환되는 각 오퍼레이션의 데이터 타입과 메시지들의 포맷이 포함된다. 그리드 서비스를 효율적으로 사용하기 위해서는 그리드 서비스에 의해 지원되는 자원 및 오퍼레이션들과 각 오퍼레이션에 의해 생성/소비되는 데이터나 메시지 구조를 알아야 한다. 이러한 정보들의 스키마를 그리드 서비스 문서 안에 정의하고 표준화하는데 그리드 정보서비스의 인터페이스를 기술하기 위한 WSDL(Web Service Description Language)를 적용하고 있다.

그리드의 서비스 오퍼레이션을 추상적인 모델로 표현하면 <그림 2>와 같다. 그리드 자원 제공자는 자신의 자원을 표준화된 형식으로 정의하여(Resource Specification Language) 그리드 정보서비스(Metacomputing Directory Service)에 등록한다. 그리드 자원 이용자가 요청한 자원은 RSL을 통해 그리드 정보서비스를 참조하여 자원 제공자를 찾아내고(MDS), 작업을 그리드 자원 제공자에게 보내어 컴퓨팅을 수행하고 결과를 돌려받게 된다. 그리드 오퍼레이션 사이에 오고가는 정보들은 표준 프로토콜에 의해 전달된다(LDAP).

이와 같이 표준화되어 기술된 그리드의 각 자원객체와 그리드 서비스들은 서비스 디렉토리를 통해 검색되고 자원예약 표준과 프로토콜 표준, 보안 표준을 통해 관리되어야 한다. 표준화된 그리드 자원의 객체화 정보들과 그리드 서비스들의 오퍼레이션 정보 등을 그리



〈그림 2〉 그리드 서비스 모델

드 정보서비스의 표준 인터페이스에 맞추어 서비스 디렉토리로 구축한다. 정보서비스의 서비스 디렉토리 구축을 위하여, 정보 데이터를 얻고 상호작용하는 방법에 대한 유동적인 모델을 제시하는 UDDI(Universal Description, Discovery, and Integration)를 적용할 수 있다. UDDI는 정보 데이터를 실시간으로 상호 교류하는 시스템으로 XML에 기반하고 있으며, 그리드 정보서비스의 정보 데이터들은 UDDI 레지스트리를 통해 검색될 수 있다. 이와 같이 웹서비스를 통해 데이터의 변화가 여러 애플리케이션에 자동으로 반영됨으로써 관리가 간편해지고 그리드를 통해 다양한 IT 인프라의 복잡함에서 사용자들이 벗어나게 된다는 점에서 웹서비스와 그리드가 가지는 가치관은 매우 유사하다고 할 수 있다.

## 5. 결론

그리드 컴퓨팅에서는 차세대 인터넷 기술을 기반으로 연결된 고성능 컴퓨팅 자원을 이용하여 대형의 문제들을 분산 처리할 수 있고, 처리후 원격지에 있는 연구자들이 고성능 가시화 장비들을 이용하여 협업을 할 수 있는 환경을 제공한다. 또한 글로벌 환경에서 고성

능 컴퓨팅 자원과 첨단 IT 기술들을 효율적으로 통합 연계하여 고성능 협업환경을 지원함으로써 이기종 컴퓨터간의 원활한 데이터 통신 및 상호공유를 지원한다. www은 IT기술의 맛을 보여주었다면, GRID는 IT의 비전을 보여 줄 것이라는 어느 해외전문가의 말처럼 향후 그리드는 많은 분야에 적용되어 전세계를 대상으로 글로벌 그리드 인프라로 발전할 것으로 예상된다. 우리나라도 장기적인 안목으로 그리드 인프라를 구축하고 주요 애플리케이션 분야를 확장하여 나가는 것이 바람직하다고 생각된다. 아울러 그리드 컴퓨팅 환경에서 기존에는 해결하기 어려웠던 대규모 병렬/분산 처리문제를 해결하고, 여러 고성능 컴퓨팅 자원을 통합하여 고성능 컴퓨팅 시스템을 구현하는 그리드 기술에 대한 연구가 활발하게 진행되기를 희망해 본다.

## 6. 참고문헌

- [1] I. Foster, J. Geisler, W. Nickless, W. Smith, S. Tuecke, "Software Infrastructure for the I-WAY High Performance Distributed Computing Experiment.", Proc. 5th IEEE Symposium on HPDC, pg. 562-571, 1997.

- [2] I. Foster, C. Kesselman, "The Globus Project: A Status Report" Intl. J. Supercomputer Applications, 11(2): 115-128, 1997
- [3] I. Foster, C. Kesselman, G. Tsudik, S. Tuecke, "A Security Architecture for Computational Grids." Proc. 5th ACM Conference on Computer and Communications Security Conference, pg. 83-92, 1998.
- [4] I. Foster and C. Kesselman(eds.) "The Grid: Blueprint for a new Computing Infrastructure" Morgan Kaufmann Publishers, 1998
- [5] Armstrong, R., Gannon, D., Geist, A., Keahey, K., Kohn, S., McInnes, L. and Parker, S. Toward a Common Component Architecture for High Performance Scientific Computing. In Proc. 8th IEEE Symp. on High Performance Distributed Computing, 1999.
- [6] Butler, R., Engert, D., Foster, I., Kesselman, C., Tuecke, S., Volmer, J. and Welch, V. Design and Deployment of a National-Scale Authentication Infrastructure. IEEE Computer, 33(12):60-66, 2000.
- [7] Czajkowski, K., Fitzgerald, S., Foster, I. and Kesselman, C. Grid Information Services for Distributed Resource Sharing, 2001.
- [8] Berman, F. High-Performance Schedulers. In Foster, I. and Kesselman, C. eds. The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure, Morgan Kaufmann, 1999, 279-309.
- [9] Berman, F., Wolski, R., Figueira, S., Schopf, J. and Shao, G. Application-Level Scheduling on Distributed Heterogeneous Networks. In Proc. Supercomputing '96, 1996.
- [10] Frey, J. Foster, I., Livny, M., Tannenbaum, T. and Tuecke, S. Condor-G: A Computation Management Agent for Multi-Institutional Grids, University of Wisconsin Madison, 2001.
- [11] <http://www.ggf.org>
- [12] <http://www.globus.org>
- [13] <http://www.ncsa.uiuc.edu/About/PACI>
- [14] <http://www.ipg.nasa.gov>
- [15] <http://www.cs.sandia.gov/discom/main.html> 