

그리드 컴퓨팅을 위한 K*Grid 테스트베드 구축

글 _곽재혁 · 그리드연구실 · jhkwak@kisti.re.kr

1. 서론

인터넷이 보급되기 이전에 과학 기술 응용 분야의 연구는 한 개인이나 소규모의 연구 그룹이 가설을 세우고 이를 소규모의 실험을 통해서 증명하는 형태였다. 그러나 컴퓨터 성능과 네트워크 속도의 급속한 발전과 더불어 인터넷을 통한 정보 교류가 증대됨에 따라 과거에는 불가능했던 대규모의 시뮬레이션이나 데이터 분석 혹은 새로운 형태의 응용 연구에 대한 요구가 점점 확대되고 있다. 그리드의 등장은 이러한 요구로부터 비롯되었으며, 초고속 네트워

크를 기반으로 하여 다양한 형태의 자원들을 연결하는 방법론을 제시하고 있다.

본 기고에서는 그리드 컴퓨팅에 대한 소개와 함께 그리드 컴퓨팅을 실현하기 위해서 한국과학기술정보연구원(이하 KISTI) 슈퍼컴퓨팅센터에서 추진되고 있는 ‘국가그리드 기반구축사업’의 일환으로 구축된 K*Grid 테스트베드에 대해서 알아보하고자 한다.

2. 생물다양성데이터 표준 및 데이터교환 프로토콜

그리드는 지역적으로 분산되어 있는 하이엔드(high-end) 자원들, 예를 들면, 슈퍼컴퓨터, 데이터 저장장치, 과학기술 연구 장비 등의 고성능 컴퓨팅 자원과 소프트웨어 및 인적 자원 등을 초고속 네트워크를 이용하여 조직과 지역을 벗어나 대규모의 상호 협력을 가능하게 하는 새로운 컴퓨팅 패러다임으로 정의될 수 있다. <그림 1>은 이러한 그리드의 개념을 보여주고 있다.



<그림 1> 그리드의 개념

오늘날 그리드 컴퓨팅이 가능한 응용 분야는 매우 다양하며, <표 1>은 그리드 컴퓨팅이 가능한 응용 분야를 정리하고 있다. 중요한 것은 앞서 말한 것처럼 각 응용 분야의 문제 크기가 방대하여 이를 해결하기 위해서는 여러 기관의

Application category	Application types	Application examples
Compute-intensive	Interactive simulation	climate modeling
	Very large-scale simulation and analysis	galaxy formation gravity waves battlefield simulation
Engineering		parameter studies linked component models
Data-intensive	Experimental data analysis	high-energy physics
	Image and sensor analysis	climate study ecology microscopes
Distributed collaboration	Online instrumentation	x-ray devices climate studies
	Remote visualization	biology large-scale structural testing
	Engineering	chemical engineering

<표 1> 그리드 응용의 예

자원과 데이터 및 과학기술 연구 장비들이 공유되어야 한다는 것이다.

물론, 그리드의 개념이 도입되기 이전에도 초고속 네트워크를 통한 대규모의 응용 연구가 불가능했던 것은 아니다. 그러나 이 과정에서 발생할 수 있는 다음과 같은 부차적인 문제들을 먼저 해결할 필요가 있었다.

1. 각 자원에 대한 인증(authentication)과 권한 부여(authorization)가 다양하다.
2. 각 자원에 대한 시스템 및 작업 상태를 모니터링하기가 어렵다.
3. 작업을 제출하기 위한 방법이 다양하다.
4. 파일과 데이터를 저장하기 위한 방법이 다양하다.

5. 데이터의 이동 경로가 다양하다.

6. 각 자원의 견고함(robustness)¹⁾을 보장하기 어렵다.

그리드는 이러한 문제들을 해결하기 위해서 그리드 미들웨어라는 단일한 인터페이스를 제공하고 있으며, 응용 연구자들은 위와 같은 부차적인 문제들을 해결하기 위한 추가적인 노력 없이 응용 연구 수행에 집중할 수 있게 됐다. 그리드 테스트베드는 그리드 응용 연구를 수행하는데 있어서 기본적인 연구 환경을 제공한다. 그리드 연구 환경은 기존의 연구 인프라 위에서 실행되는 그리드 미들웨어와 기본적인 그리드 서비스를 이용한다는 점에서 기존의 연구 환경과는 차이가 있는데, 다음 장에서는 그리드 테스트베드를 구축하기 위해서 필요한 관련 기술에 대해서 설명한다.

3. 그리드 테스트베드 구축 관련 기술

그리드 테스트베드를 구축 및 운영하기 위해서는 클러스터나 슈퍼컴퓨터의 그것과는 달리, 다음과 같은 추가적인 구성 요소들을 필요로 한다.

3.1 그리드 미들웨어

그리드 테스트베드를 구축하기 위해서는 먼저 분산된 이기종 컴퓨팅 자원들을 하나의 가상 슈퍼컴퓨터처럼 사용할 수 있게 해주는 그리드 미들웨어가 설치되어야 한다. 현재 대표적인 그리드 미들웨어는 북미의 Globus Alliance에서 개발되고 있는 글로버스 툴킷(Globus Toolkit, <http://www.globus.org>)과 유럽의 UNICORE 프로젝트에서 개발된 유니코어(Unicore, <http://www.unicore.org>)가 있다. 그리드 미들웨어로는 글로버스 툴킷이 사실상의 표준(de facto standard)으로 사용되고 있는데, 이유는 글로버스 툴킷이 분리될 수 없는 단일 시스템이 아닌 그리드에서 필요로 하는 다양한 서비스들을 독립적인 요소로서 구성되어 있으며, 기존의 각 시스템 및 네트워크의 관리 정책이나 운영 도구들을 무시하지 않고 각 요소들과 협력하여 그리드를 구성할 수 있기 때문이다. 글로버스 툴킷은 크게 자원 관리 컴포넌트, 정보 서비스 컴포넌트, 데이터 관리 컴포넌트로 이루어져 있으며, 이러한 컴포넌트들은 GSI(Grid

Security Infrastructure)²⁾라고 하는 보안 구조에 의해서 통합된다.



3.2 그리드 프로그래밍 모델

그리드 사용자는 그리드 상에서 실제로 응용 연구 및 개발을 수행하기 위한 프로그래밍 모델을 필요로 한다. 현재 대표적인 그리드 프로그래밍 모델은 ANL(Argonne National Laboratory)에서 개발된 MPICH-G2 (<http://www.globus.org/mpi>)와 일본 AIST에서 개발된 Ninf-G(<http://ninf.apgrid.org>)가 있다. MPICH-G2는 국내의 대부분의 그리드 연구자들에 의해서 사용되며, 글로버스 툴킷으로 구축된 그리드 환경에서 MPICH의 사용을 가능하게 한 라이브러리로서, 기존의 MPI로 작성된 코드의 경우 MPICH-G2로 재컴파일하는 과정을 거쳐서 그리드 환경에서 프로그램을 수행할 수 있게 한다. Ninf-G는 글로버스 툴킷으로 구축된 그리드 환경에서 Grid RPC에 기반한 Ninf의 사용을 가능하게 한 라이브러리로서 MPICH-G2보다 쉽고 편리한 그리드 프로그래밍 모델을 제시한다.

1) 자원의 견고함을 보장하기 어렵다는 의미는 각 자원이 서로 다른 도메인에 속하기 때문에 각 자원의 예기치 못한 변화나 장애에 대한 복원 정도가 모두 다르다는 데에 기인한다.

2) GSI는 위임 인증서(proxy certificate)에 기반하여 그리드 상에 존재하는 자원에 대한 일관된 접근을 가능하게 한다.

GSI에 대한 자세한 내용은 <http://www.globus.org/security/>을 참고하기 바란다.

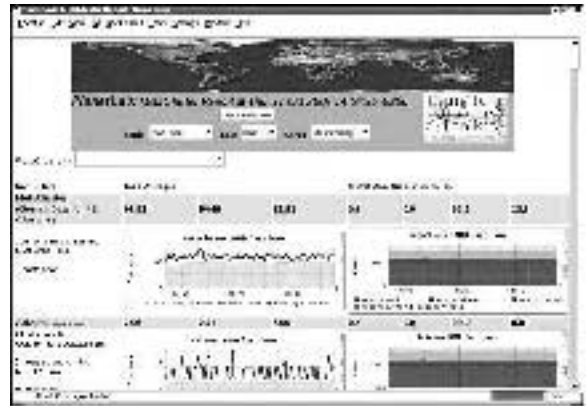
3.3 그리드 자원 모니터링

그리드 사용자는 그리드 상에서 이용 가능한 컴퓨팅 자원을 모니터링 할 수 있어야 한다. 현재 대표적인 그리드 자원 모니터링 시스템은 버클리 대학에서 개발된 Ganglia (<http://ganglia.sourceforge.net>)와 태국의 HPCNC에서 개발된 SCMSWeb(<http://hpcnc.cpe.ku.ac.th/Members/b4305127/SCMSWeb>)이 있다. Ganglia는 원래 클러스터 모니터링 시스템으로 개발되었으나, 이후에 그리드 모니터링 시스템으로 사용될 수 있도록 업그레이드 되었으며, 리눅스를 포함하여 AIX, IRIX, HPUX등의 다양한 플랫폼 상에 포팅되어 있기 때문에 분산된 이종 컴퓨팅 자원들을 모니터링 하는데 적합하다. SCMSWeb은 그리드 자원을 모니터링하기 위한 편리한 인터페이스와 GUI환경을 가지고 있으며, 그리드 서비스에 대한 탐침 기능(probe)도 제공하고 있다. 그러나 SCMSWeb은 현재 리눅스 만을 지원하므로 이 이종 컴퓨팅 자원을 모니터링 하는데는 한계가 있다.

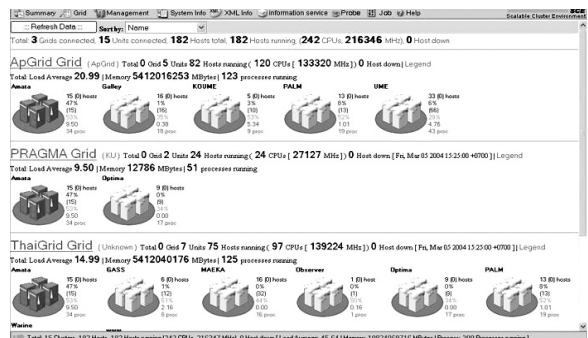
3.4 그리드 테스트베드 운영 정책

그리드 테스트베드와 관련하여 간과하기 쉬운 구성 요소 중의 하나가 그리드 테스트베드 운영 정책이다. 그리드 테스트베드는 하나의 기관이 소유하고 있는 로컬 컴퓨팅 자원을 연동하는 것을 넘어서서 여러 기관의 로컬 컴퓨팅 자원을 연동하여 글로벌 컴퓨팅 인프라를 제공하는 것을 목적으로 하기 때문에 각 기관의 로컬 컴퓨팅 자원의 운영 정책을 조율하여 응용 연구자에게 일관된 그리드 테스트베드 운영 정책을 제시할 필요가 있다.

이를 위해서는 그리드 테스트베드를 구성하는 각 로컬 컴퓨팅 자원의 운영자 사이에 긴밀한 협조 관계와 연락망 확립이 필수적이다. 기본적으로 그리드 테스트베드를 구성하는 각 자원 제공 기관은 응용 연구자에게 자원의 규모와 소프트웨어 스펙 및 자원에 대한 이용 방법 등을 명시한 정책 문서를 제공하여야 하며, 각 자원 제공 기관 간의 조율은 로컬 컴퓨팅 자원 담당자 간의 메일링 리스트나 그리드 운영 센터(GOC)를 통해서 이루어지게 된다.



〈그림 2〉 Ganglia 모니터링 시스템

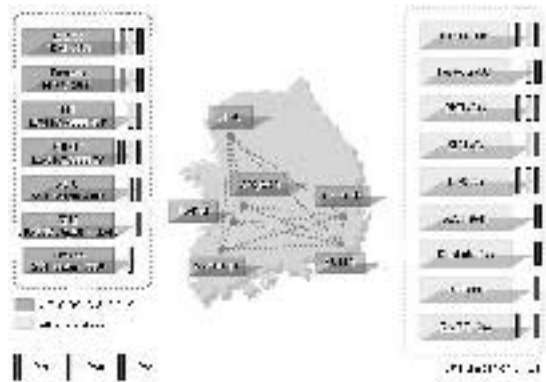


〈그림 3〉 SCMSWeb 모니터링 시스템

4. K*Grid 테스트베드 현황

4.1 국내 그리드 테스트베드 연동

K*Grid 테스트베드는 국내 6개 기관(KISTI, 전북대학교, 포항공대, 명지대학교, 동명정보대학교, 서울대)의 슈퍼컴퓨터 자원과 9개 기관(KISTI, 부산대학교, 서울대학교, 서울시립대학교, 포항공과대학교, 건국대학교, 천문연구원, 한국정보통신대학교, 한국과학기술원)의 고성능 클러스터 자원을 이용하여 구성되었다. 클러스터 자원을 제공한 기관 중 KISTI(80 CPU)와 한국천문연구원(64 CPU)를 제외한 모든 기관에서 각각 8 CPU~32 CPU를 가지는 클러스터를 제공하였으며, 슈퍼컴퓨터 자원 제공의 경우 SGI(명지대), IBM(KISTI, 동명정보대, 전북대,

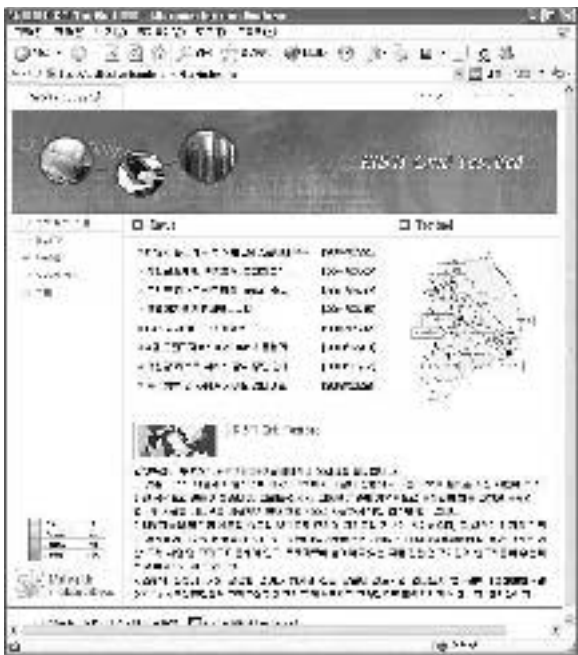


〈그림 4〉 K*Grid 테스트베드 현황(국내)

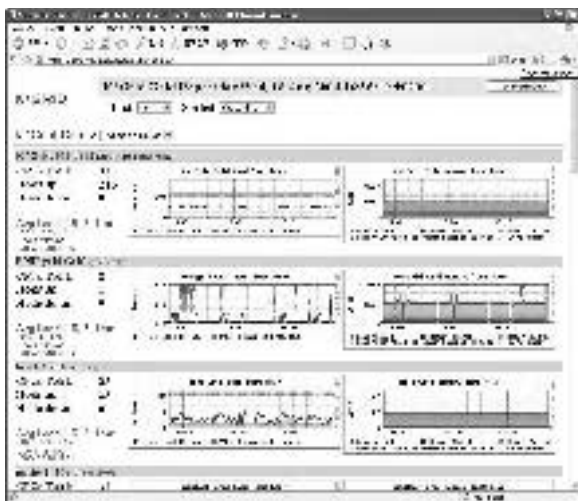
서울대), HP(포항공대) 등 매우 다양한 성능을 갖는 컴퓨터가 참여하고 있다.

〈그림 4〉에서 보는 것과 같이 각 자원 제공 기관은 전국에 걸쳐서 골고루 분포되어 있으며, 대부분의 자원 제공 기관은 선도 시험망을 통해서 연결되어 있고, 서울대학교 등 몇몇 기관에 대해서는 Gbps급의 네트워크를 지원해서 보다 빠른 속도로 데이터를 주고받을 수 있도록 하였다.

K*Grid 테스트베드는 그리드 미들웨어로서 글로벌스 툴킷을 사용하고 있으며, 어플리케이션 개발 툴킷으로 MPICH-G2를 사용하고 있다. 또한 K*Grid 테스트베드 자원 모니터링을 위해서 Ganglia〈그림 6〉를 사용하고 있으며, 위탁 연구자나 타 그리드 테스트베드 사용자의 계정 발급을 위한 웹 기반의 그리드 CA 시스템을 개발하여 운영하고 있다.



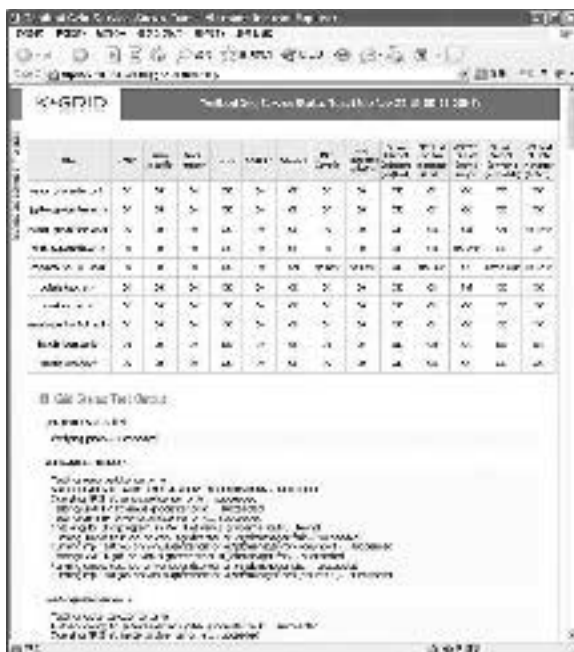
〈그림 5〉 K*Grid 테스트베드 홈페이지



〈그림 6〉 K*Grid 테스트베드 모니터링(국내)

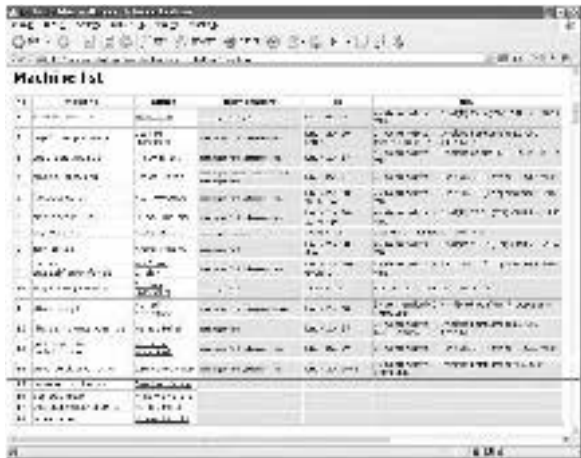


〈그림 7〉 Production-level 그리드 CA

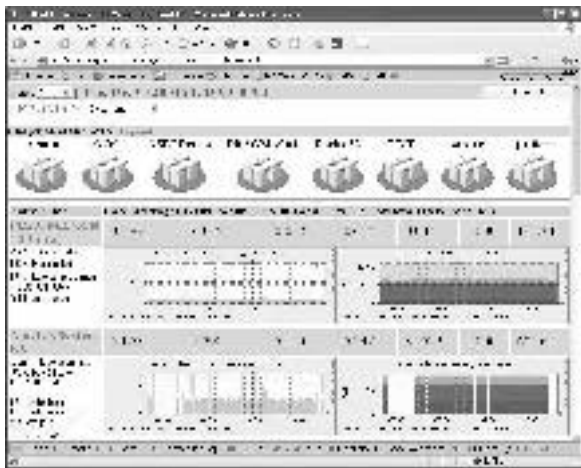


〈그림 8〉 K*Grid 그리드 서비스 상태 검사

특히, 2004년도에는 그리드 CA 시스템이 APGrid PMA(<http://www.apgridpma.org>)에서 제시한 Production-level CA 규격을 제공하도록 업그레이드되었으며〈그림 7〉, 국제적인 CA와의 상호 연동을 위해서 현재 APGrid PMA를 통해 유럽 PMA와 협의 중에 있다. 이와 함께, K*Grid 테스트베드 자원제공기관의 기본적인 그리드 서비스 상태를 검사할 수 있는 K*Grid 그리드 서비스 상태 검사 시스템〈그림 8〉을 개발하여 운영 중에 있으며, 이를 통해서 K*Grid 테스트베드 자원의 현재 상태



〈그림 9〉 GridLab 테스트베드 현황



〈그림 10〉 PRAGMA 테스트베드 모니터링

를 자동적으로 파악하고 있다.

마지막으로 일반인들이 그리드와 관련하여 궁금한 점이나 위탁 연구자들이 그리드 테스트베드를 사용하면서 발생하는 문제점들을 해결해 주기 위해서 K*Grid 테스트베드 홈페이지(<http://testbed.gridcenter.or.kr>)〈그림 5〉를 운영 중에 있다. 아울러 K*Grid 테스트베드를 사용함에 있어서 응용 연구자에게 일관된 그리드 테스트베드 사용 환경을 제시하기 위해서 K*Grid 사용자 가이드와 K*Grid 자원제공기관 가이드를 작성하여 배포하였고, 응용 연구자들의 K*Grid 테스트베드 사용 시 문제점을 해결하고 로컬 컴퓨팅 자원 운영자 사이의 협조 관계를 확립하기 위한 방법으로 메일링 리스트(testbed@mail.gridcenter.or.kr)를 구성하여 운영 중에 있다.

4.2 국외 그리드 테스트베드 연동

KISTI 그리드 테스트베드는 현재 PRAGMA와 GridLab 테스트베드와 연동되어 있다. PRAGMA는 미국의

SDSC, 한국의 KISTI, 일본의 AIST, 호주의 APAC 등 20여개 기관이 참여하는 아태 지역 그리드 커뮤니티이다. PRAGMA 테스트베드는 대부분 리눅스 클러스터 기반의 컴퓨팅 자원들로 구성되어 있으며, 2004년도부터는 한두가지의 시범적인 응용을 중심으로 routine-basis experiment를 수행하고 있다. GridLab은 EU에서 진행 중인 그리드 프로젝트로 응용 중심의 그리드 서비스와 툴킷을 개발하는 것을 목표로 하고 있다. GridLab 테스트베드는 대부분 EU 기관들로 구성되어 있으며, Cactus나 Triana와 같은 응용 프레임워크 상에서 응용 연구를 수행하고 있다.

KISTI 그리드 테스트베드는 국외 그리드 테스트베드와 연동되어 활발히 이용되고 있다. 특히, 2003년도에는 절지동물의 단일 진화(single evolution) 현상을 해석하기 위한 DNA 분석을 위하여 전 세계적으로 연결된 SC2003(SuperComputing 2003) 컴퓨팅 그리드 테스트베드에 참여하여 HPC challenge에서 최대 지역 분산 컴퓨팅 부문을 공동 수상하는 성과를 얻었다. 2004년도에는 주로 PRAGMA와 GridLab에서 진행 중인 그리드 응용 연구, 예를 들면, TDDFT run using Ninf-G2, Biogrid using mpiBlast-g2, Proteome analysis using iGAP/Gfarm, Cactus/GAT development 등에 주로 이용되고 있다.



〈그림 11〉 SC2003 컴퓨팅 그리드 테스트베드



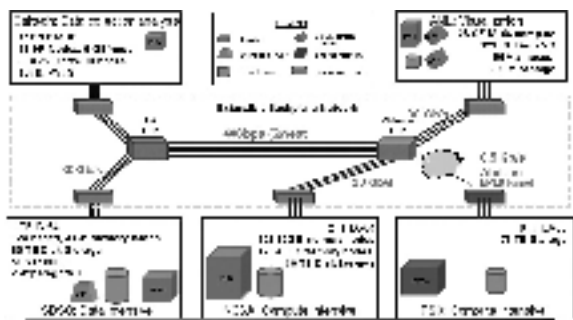
〈그림 12〉 SC2003 학술대회 상장

5. 해외 그리드 테스트베드

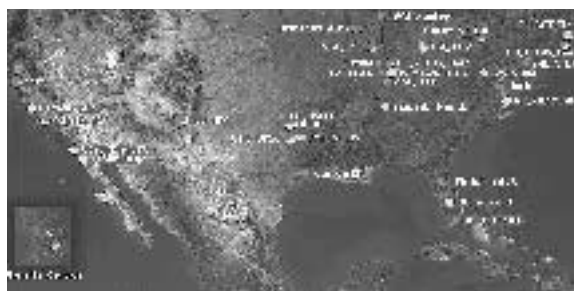
그리드가 1999년 Grid Forum의 시작을 계기로 전 세계에 소개된 지 5년이 지났다. 그 이후로 대부분의 국가에서는 소규모 그리드 프로젝트나 일부 분야에서 그리드 테스트베드 구축 및 기술 개발을 계속적으로 추진해오고 있다. 특히 최근에 그리드 기술이 국가적 차원의 R&D 연구 인프라로 확장될 수 있다고 인식되면서 영국의 e-Science나 미국의 SCI(Shared CyberInfrastructure)를 실현하기 위한 기반 기술로서 주목받고 있다. 대표적인 예로 미국의 ETF(Extensible Terascale Facility)의 경우, 전 세계에서 가장 거대한 그리드 테스트베드로서 40Gbps의 초고속 네트워크 백본을 통해서 지역적으로 떨어진 테라바이트급 슈퍼컴퓨터, 페타바이트급 데이터 저장장치 및 가

시화 장비 등을 연결하여 시간과 공간의 지역적인 제한을 허무는 연구 인프라로서 활용되고 있다.

해외 그리드 테스트베드 중 몇몇 경우는 대규모의 응용 연구와 밀접하게 연관되어 그리드 테스트베드의 범위를 넘어서서 Production Grid로서 활용되고 있다. 대표적인 예로 Grid3 프로젝트의 경우, 미국의 Trillium 프로젝트(GriPhyN, PPDG, iVDGL)에 의해 시작되어 ATLAS 프로젝트와 LHC Computing Grid 프로젝트로 확장되어 데이터 집약적인 대규모 응용 연구에 사용되고 있으며, 2003년 11월부터 Production Grid로서 활용되고 있다. <표 2>는 몇 가지 대표적인 그리드 테스트베드 구축 현황을 보여주고 있다.



〈그림 13〉 TeraGrid 현황



〈그림 14〉 Grid3 현황

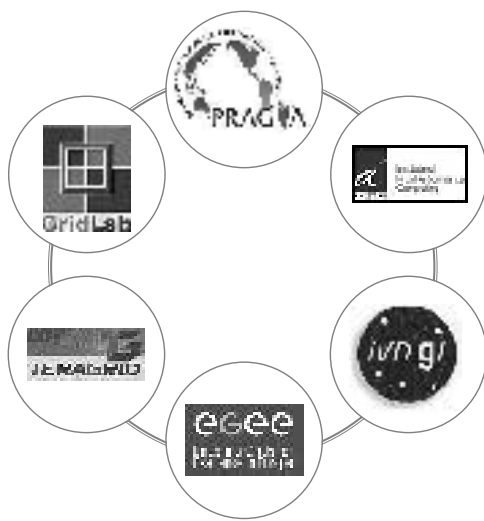
Name[of the Grid]	BaBar Grid	Grid3	PRAGMA	UK National Grid Service
Status	Prototype/Research	Production	Experimental	Production
Lifetime	Short-Mid Term	Persistent & evolving	Experimental	Persistent Infrastructure/Minimum 3yrs
Systems Management Model	Hybrid	Decentralised/Hybrid with US LHC	Decentralized	Decentralised management and coordination under control of Grid Operations Centre Director and National Grid Service Coordinator
Total Systems Management Staff	Site specific	10% of system admin for each site (28 sites) 7 iVDGL staff	Remote sites	1 dedicated operations staff(1FTE)
Type	Academic	Academic	Academic	Academic
Registered Users	In principle 48	200 or so	Less than 100	37 and growing
Type of Usage	Monte-carlo simulations/HEP Data Analysis	HEP/Biology/Chemistry/Computer Science Demonstrators/Other	Evaluation of Grid middleware & various Grid applications (Molecular simulation/Weather forecasting/Telescience/Bio informatics/Optimization problems & parameter studies)	Research code/Data mining/CFD/Molecular Dynamics/QCD
Training Activity	Info in form or web page and -help flag	Operation group/Group mailing lists/Grid Operation Center based status and monitoring	Tutorials in PRAGMA Workshops/Exchange students/Open mailing lists for information exchange and Q&A	UK e-Science Grid Support Centre
Approx number of sites	4 expanding to between 7 and 10	28	17	4 new core sites + 2 existing sites
Approx number of compute resources	4 expanding to between 7 and 10	1000	17	11
Approx total number of processors	80 at each site	2000	1046	2704


〈표 2〉 해외 그리드 테스트베드 현황(Excerpt from Grids Survey: June 2004 document on GGF PGM-RG)

6. 결론

지금까지 그리드 컴퓨팅의 소개와 함께 K*Grid 테스트 베드 구축에 대해서 알아보았다. 그리드가 소개된 지 5년 여의 시간이 지났지만, 아직까지도 그리드는 초기 단계에 머물러 있는 듯 보인다. 여러 이유 중에 하나로 글로벌 표준의 부재를 들 수 있다. 그러나 최근에 GGF(Global Grid Forum)을 중심으로 OGSA(Open Grid Service Architecture)나 WSRF(Web Service Resource

Framework)와 같은 글로벌 그리드 표준이 제정되면서 그리드의 현실화가 시작되려 하고 있다. 각국의 그리드 프로젝트의 결과물은 이러한 표준에 맞추어 리팩토링(refactoring)될 것이며, 그리드가 제시했던 대규모의 상호협력력을 가능하게 할 것이다. 현재, 각국의 그리드 프로젝트가 e-Science의 실현을 목표로 그리드에 주목하고 있는 이유도 이러한 움직임과 무관하지 않을 것이다.



K*Grid 테스트베드는 미국이나 유럽의 그리드 테스트베드와 비교해 볼 때, 자원의 규모나 활용도 면에서 뒤떨어지는 것이 사실이다. 현재 K*Grid 테스트베드는 국가그리드기반구축사업의 응용 연구자들의 위탁 연구를 지원하기 위한 목적으로 운영되고 있으며, 아직까지 Production Grid로 운영되지 않고 있다. K*Grid 테스트베드를 Production Grid로 전환하기 위한 여러 가지 기본적인 컴포넌트들이 아직까지 개발 중이거나 테스트 중에 있다는 것이 한 이유가 되겠지만, 가장 큰 이유로는 아직까지 그리드에 최적화된 응용 연구를 위한 커뮤니티가 형성되지 않았다는 점을 들 수 있으며, 이것은 향후에 해결되어야 할 과제로 남아 있다. 

■ 참고문헌 및 사이트

- <http://www.globus.org>
- <http://www.ggf.org>
- <http://www.unicore.org>
- <http://www.gridlab.org>
- <http://www.pragma-grid.org>
- <http://www.teragrid.org>
- <http://ihpc.a-star.edu.sg>
- <http://www.ivdgl.org/grid2003>
- <http://www.niu.edu/mpi>
- <http://ninf.apgrid.org>
- <http://hpcnc.cpe.ku.ac.th/Members/b4305127/SCMSWeb>
- <http://ganglia.sourceforge.net>
- <http://gridforumkorea.org>
- <http://testbed.gridcenter.or.kr>
- <http://www.hlr.de/news-events/2003/sc2003/HPC-CHALLENGE/>