

고에너지물리연구를 위한 그리드의 구축

조기현^{0,1} 오영도¹ 권기환¹ 한대희¹ 손동철¹ 김복주² 이상산³

1. 경북대학교 고에너지물리연구소, 2. 서울대학교 물리학과, 3. 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅센터
cho@knu.ac.kr⁰, ydoh@fnal.gov, kihwan@knu.ac.kr, hanbi@knu.ac.kr, son@knu.ac.kr, bockjoo@fnal.gov,

sslee@hpcnet.ne.kr

A Grid Implementation for High-Energy Physics Study

Kihyeon Cho^{0,1}, Youngdo Oh¹, Kihwan Kwon¹, Daehee Han¹, Dongchul Son¹, Bockjoo Kim², Sangsan Lee³

1. Center for High Energy Physics, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

2. Department of Physics, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

3. KISTI, Supercomputing Center, P.O. Box 122, Daejeon 305-806, Korea

요 약

고에너지물리연구에서는 입자가속기에서 배출되는 막대한 양의 데이터를 저장, 처리하기 위한 계산능력과 대용량의 저장장치를 확보하는데 어려움을 겪어왔다. 또한, 실제 실험에 참여, 연구, 분석하는 인력 또한 전세계에 흩어져 있어 실험의 효율성을 떨어뜨리고 있다. 이러한 어려움을 해결하고자 차세대 인터넷이라 불리는 그리드를 활용하여 고에너지연구에서 필요로 하는 계산자원과 저장장치, 데이터에 대한 접근성 등을 확보한다는 방안이다. 이 글에서는 CERN에서 개발한 EU-DataGrid 소프트웨어를 이용한 고에너지물리 데이터 그리드의 구축 상황을 기술하였다.

1. 서 론

고에너지물리 분야는 가속기의 입자충돌을 통하여 검출된 데이터를 분석함으로써 우주의 생성 및 진화를 연구하는 기초과학 분야이다. 국내에서는 고에너지 실험을 위한 가속기가 없기 때문에 고에너지 물리 실험은 가속기가 있는 유럽, 미국, 일본 등과 국제 공동 연구의 형태를 띠게 된다. 가속기에서 나오는 데이터를 검출하여 생성되는 아날로그 (Analog) 신호를 디지털화하여, 수 단계 온라인 및 오프라인 필터링 (massive parallel processing) 단계를 거쳐 자료분석 컴퓨터에서 자료를 저장하고 사용자 요구에 따라 분석할 수 있도록 제공한다. 고에너지물리실험은 검출기 설계, 제작, 신호처리 및 자료 수집, 분석에 이르기까지 일련의 작업을 수행한다. 적게는 100여명, 크게는 전 세계에 분산된 2000여명이 동시에 자료를 처리하기도 한다.

국제 공동연구의 실험들은 대개 엄청난 양의 데이터를 산출한다. 특히, 2007년부터 CERN에서 진행할 CMS 및 ATLAS 실험들은 연간 수 페타 바이트 (Peta Byte, 100만 기가 바이트) 급이다. 그리고 미국 Fermilab 연구소에서 2005년부터 가동할 CDF Run IIb의 총휘도는 15 fb^{-1} 로 현재 RunIIa에서 가동될 데이터(2fb^{-1})의 8 배나 가까이 된다. 따라서 원격지에 있는 공동연구진과 CERN이나 Fermilab 내부의 연구진이 이 데이터를 분석하기 위해서는 데이터에 대한 즉각적인 접근과 충분한 고속연

산 능력을 제공할 수 있는 시설이 필요하나, 현재 CERN이나 Fermilab의 자원은 충분치 못하며, 이에 참여하고 있는 여러 나라에서 기존의 자원들을 공유할 수 있도록 설정하여 실험분석에 함께 사용될 수 있어야 한다. 그러므로, CERN의 CMS실험이나 Fermilab의 CDF실험에는 컴퓨팅자원 및 저장자원들이 공유될 수 있도록 인프라를 구축하는 것이 필수적이다. 경북대학교 고에너지물리연구소는 2002년도에 CMS실험과 CDF실험의 지역데이터센터 (Regional Data Center) 를 목표로 하여 필요한 인프라를 구축하는데 착수하였으며, 위의 실험들 뿐만 아니라 우주에서의 반물질을 검출하는 AMS실험에도 계산능력과 저장자원 등 필요한 자원들을 제공하여 공헌할 수 있을 것으로 기대 된다.

이와 같이, 고에너지물리연구에서 필요로하는 자원을 공유하기위한 인프라를 구성하기 위해서 차세대 인터넷이라고 불리는 그리드를 활용하려는 시도를 하고 있다. 그리드는 전세계에 산재해 있는 컴퓨터를 공유하여 활용할 수 있게 해주며, 단지 컴퓨터의 연산 능력뿐만 아니라, 응용프로그램, 저장장치까지 사용할 수 있게 해주는 새로운 개념의 인터넷이다. 전 세계에 산재해 있는 연구진이 그리드를 통하여 데이터를 가까운 곳으로 저장하여 효율적으로 실험데이터를 분석할 수 있게 될 것이다. 이 논문에서는 경북대학교 고에너지물리 연구소가 주축으로 구성하고 있는 고에너지물리 데이터 그리드를 기술하였다.

2. 본론

2.1 EU-DataGrid

현재 가장 선진적인 그리드의 한 형태인 EU-DataGrid는 Linux RedHat을 기반으로 개발되었고, LCFG (Local Configuration), RB(Resource Broker), CE (Computing Element), SE (Storage Element), WN (Worker Node), UI (User Interface) 등으로 구성되어 있으며, 이 각각이 그리드 컴퓨팅을 가능하게 해준다. 그림 1은 각각의 관계 및 구축한 그리드 시스템의 구조를 보여주며, 각 노드의 기능 및 역할은 참고문헌과 웹사이트에 설명되어 있다[1,2].

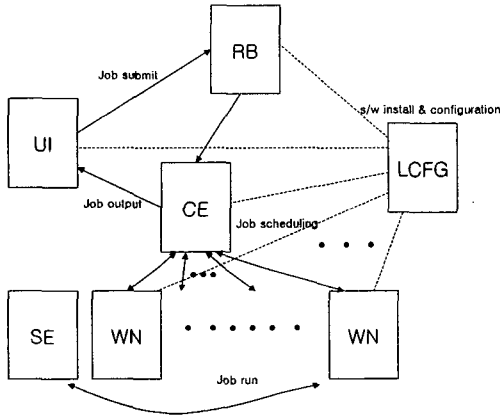


그림 1. EU-DataGrid S/W 구성도

2.2 고에너지물리 데이터 그리드

현재, 고에너지물리연구소에서는 EU-DataGrid에 기반하는 고에너지물리 데이터그리드를 단계적으로 구축하기 시작하였다. 그림 2와 같이 각 학교 및 연구소에서 EU-DataGrid 기반의 그리드 시스템을 구축하고 각 시스템에 대한 정보를 Information Server에서 관리하여 필요한 자원을 찾아서 실행한다는 것이다. 이렇게 구성된 그리드 시스템은 국지적으로 제한된 자원을 효율적으로 이용할 수 있으며, 데이터의 분산 관리도 용이하다. 하지만, 그리드 구조는 기본적으로 네트워크의 빠른 성능과 데이터 저장을 위한 저장장치, 그리고 빠른 연산을 위한 컴퓨팅 파워등이 요구된다. 이런 부분을 충족시키기 위해서 고에너지물리연구소에서는 다음과 같은 자원들을

준비하고 있다.

가) 저장장치

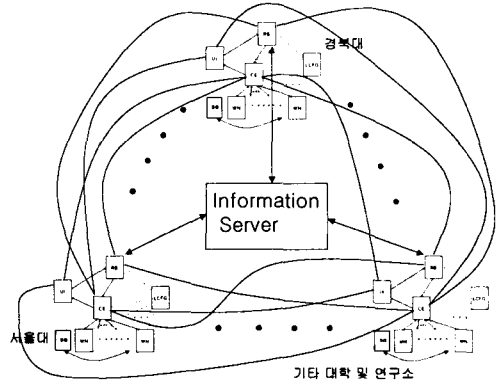


그림 2. 고에너지물리연구소에서 활용을 위한 시스템 구조

데이터 그리드에서 SE (Storage Element) 역할을 하는 대용량의 저장장치가 필수적인데, 현재 경북대학교 고에너지물리 연구 센터에서는 약 1TB (Tera Byte)의 레이드 (RAID, Redundant Array of Independent Disks) 디스크와 48TB 용량의 테이프 라이브러리 (Tape Library)를 확보하였다. 그림 3과 같이 저장장치는 HSM (Hierarchical Storage Management) 으로 구성되어, 정해진 임계값 (Threshold) 을 초과할 경우 데이터는 1차 저장장치 (레이드 디스크) 에서 2차 저장장치 (테이프 라이브러리) 로 자동적으로 옮겨가게 된다[3]. 데이터는 저

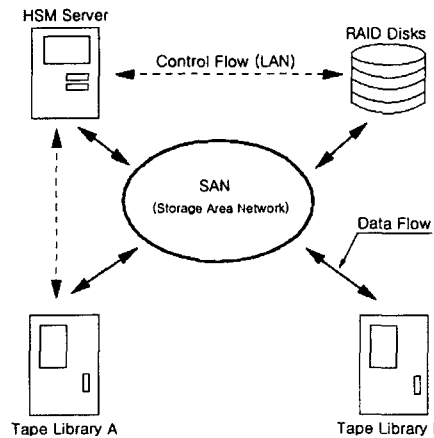


그림 3. 저장장치의 구성(SAN을 이용한 네트워크 구성)

장장치간에 Fibre Channel SAN네트워크를 통해 이동하며 HSM 서버의 콘트롤 신호는 LAN을 통해서 전송되어 데이터 전송을 간섭하지 않는다. 고에너지물리연구소는 2006년도까지 1.1 페타 바이트의 디스크와 3 페타 바이트의 Tape 저장장치를 확보한다는 계획이다.

나) 네트워크

많은 양의 데이터를 전송하고 처리하기 위해서 빠른 네트워크가 요구된다. 유럽, 미국, 일본 등 가속기가 있는 국가들과의 연결은 1 ~ 10 Gbps의 초고속 광대역폭의 네트워크가 필요하다. 이러한 국제적 네트워크는 현재 단계적으로 향상되고 있는 상태이다. 고에너지물리연구소는 1Gbps의 네트워크로 외부와 연결되어 있으며, 2003년도 여름에는 연구 선도망과 더불어 10Gbps로 네트워크 속도를 향상 시킬 것이며, 실제 데이터를 10Gbps로 보내고 저장하는 모의 테스트를 실행할 것이다.

이러한 네트워크 트래픽은 국내에서는 혼한 일이 아니며 네트워크와 관련된 여러 시스템들의 테스트베드로 또한 사용될 수 있다. 예를 들면, 10Gbps대의 트래픽을 처리할 수 있는 방화벽이 곧 나올 것으로 전망되는데, 실제 그 성능을 테스트해 보기란 쉬운 것이 아니다. 10Gbps로 연결된 데이터 그리드 네트워크 환경은 이러한 목적의 훌륭한 테스트베드로도 적용될 수 있을 것이다.

다) PC 클러스터

고에너지물리 데이터 그리드에서 필요한 충분한 계산 능력을 제공해 주기 위해서 경북대 고에너지물리연구소는 1000여대의 PC Cluster Farm을 궁극적 목표로 하고 있다. Tier 1 기관인 고에너지물리연구소에 600대의 Analysis Farm을 구성하고 관련된 Tier 2 기관에 400대의 자원을 할당할 계획이다. 현재 200여 CPU의 계산 자원을 확보하였으며 Linux RedHat 운영체제를 기반으로 EU-DataGrid 구성요소들과 각 국제 공동실험 소프트웨어를 설치하여 계산 능력과 그리드 환경을 테스트하고 있다.

3. 결론

서방 선진국 G7 모두 고에너지 실험을 위한 가속기 설비를 보유하여 이를 활용한 실험을 활발히 진행중이며, 고에너지 물리 데이터 그리드를 활용하여 데이터 전송과 분석에 연구를 활발히 하고 있다. 한국에서도 경북대학교 고에너지물리연구소를 주축으로 데이터 그리드

구축을 단계적으로 진행해 나가고 있다. 데이터 그리드의 완성으로 국제 공동실험에 더욱 깊이 참여하여 공헌함으로써 국제적 위상을 드높일 것이며 명실상부 아시아의 고에너지물리 허브가 될것이다.

또한, 데이터 그리드 환경은 High-End 기반의 정보기술 (IT)로 나노기술 (Nano Technology, NT), 우주항공 기술 (Space Technology, ST), 환경 기술 (Environment Technology, ET), 문화기술 (Culture Technology, CT), 생명기술 (Bio Technology, BT) 등의 모든 차세대 핵심 기술 개발 및 응용에 필요한 요소이다. 고에너지물리 데이터 그리드 구축 연구를 통하여 얻어지는 기술과 경험은 이러한 분야의 발전에 충분히 기여할 수 있다.

4. 참고문헌

- [1] 조기현 외. 고에너지물리연구를 위한 그리드의 설계, 2002년 10월, 정보과학회
- [2] <http://eu-datagrid.web.cern.ch/eu-datagrid/>
- [3] <http://support.cai.com/techbases/hsm/HSMWhitePaper.html>