

그리드 컴퓨터를 이용한 초고전압 투과전자현미경 원격제어 시스템

안영현^o 허만회 권희석 김윤중
한국기초과학지원연구원 전자현미경팀
{yhahn^o, jjsgod, hskweon, y-jkim}@kbsi.re.kr

High Voltage Electron Microscopy Remote Access System Using Grid Computer

Young-Heon Ahn^o, Man-Hoi Hur, Hee-Seok Kweon, Youn-Joong Kim
Electron Microscopy Team, Korea Basic Science Institute

요 약

거리가 상당히 먼 곳에서 고가의 장비를 사용하기 위해서는 사용할 연구 인력이 직접 와야 하는 많은 시간적 비용적 문제가 발생한다. 특히 본원에 장비되어 있는 초고전압 투과전자현미경(High Voltage Electron Microscopy - 이하 HVEM)의 경우 고가의 장비로 지역마다 기기를 구비할 수 없어 사용자는 직접 장비가 있는 연구실까지 와서 사용해야 한다. HVEM은 1천만 배율의 성능을 가진 국내 유일인 물론 전 세계적으로도 손꼽히는 고성능의 투과전자현미경으로 NT(Nano Technology), BT(Bio Technology) 연구에 있어서 핵심적인 역할을 하는 첨단 연구기기이다. 따라서 본 논문에서는 그리드 컴퓨터 기술을 이용하여 HVEM을 원격제어 하는 시스템을 구축하였다.

1. 서 론

90년대 중반에 등장한 그리드는 기존의 병렬/분산 컴퓨팅이 가지고 있는 성능과 확장성, 그리고 지리적인 한계를 극복하여, 네트워크로 상호 연동된 컴퓨팅 자원들을 각 자원을 보유하고 있는 기관의 자율성을 침해하지 않으면서 온라인상에서 안전하게 사용할 수 있는 환경을 말한다[1]. 기존의 병렬/분산 시스템 분야는 작은 컴퓨팅 자원을 여러 개 연결하여 보다 큰 컴퓨팅 성능을 제공하기 위한 방법으로 발전해 왔지만, 범용성이나 단일 시스템 이미지 등을 제공하기에는 많은 한계가 있었다. 그리드 컴퓨팅은 병렬/분산 컴퓨팅의 연장선상에서 이러한 한계를 극복하기 위하여 태동하고 발전해 온 기술이다[2].

그리드 컴퓨팅은 주로 과학 포탈, 분산 컴퓨팅, 대용량 데이터 분석 등에 응용되고 있다. 그리드를 적용한 과학 포탈은 웹 브라우저나 혹은 단순하면서 쉽게 내려 받을 수 있는 클라이언트를 이용하여 과학 연구에 사용되는 복잡한 패키지들을 손쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 이러한 패키지들은 그리드 안에 있는 적절한 컴퓨터에서 원격으로 스스로 작동할 수 있다. 이러한 과학 포탈들은 주로 생물학, 핵융합, 계산 화학 분야에서 주로 이용되며, 대표적인 연구로는 BioWorkbench Portal[3], myGrid[4], NASA Lauchpad Portal[5] 등이 있다[2].

본 논문에서는 이러한 그리드 컴퓨터 기술을 이용하여 본 한국기초과학지원연구원에 있는 초고전압 투과전자현미경(이하 - HVEM)을 원격제어 하는 시스템을 구축하였다.

본 논문의 순서는 다음과 같다.

2장 관련 연구에서는 본원에 설치된 HVEM 및 그리드 컴퓨터 기술에 대해 설명한다.

3장 시스템 아키텍처에서는 HVEM 원격제어 시스템 구조에

대해 설명한다.

마지막 4장 결론 및 향후계획에서는 본 시스템에 향후 추가되어야 할 방향을 제시 하여 본다.

2. 관련 연구

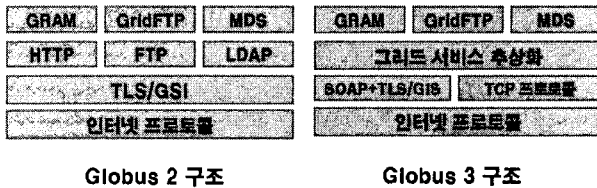
전자현미경은 1931년 독일 베를린공대의 에른스트 루스카와 막스 크놀리 광학 현미경과 같은 형태의 현미경에서 가시광선 대신 전자빔을 이용하여 만든 것이 시초다.

투과전자현미경은 높은 진공 상태에서 고속으로 가속되는 전자선을 광원으로 이용하며 이 전자선이 표본을 투과, 형광판이나 필름에 영상이 나타난다. 기본적으로 광학 현미경과 유사하지만 광선 대신 전자빔을 사용하며 유리 렌즈 대신 빔을 집중하기 위해 자기코일을 사용한다. 전자빔이 표본을 통과해야 하므로 표본은 매우 얇아야 한다. 가속전압에 따라 투과력이 달라지는데 보통 가속 전압 200-300 KV의 현미경은 0.2 μ m의 시료를 투과할 수 있다[6]. 본원이 갖고 있는 전자현미경의 경우 모델명 JEM-ARM1300S, 1250 KV 가속전압에 의해 얻어지는 고 투과력으로 생물 시료의 경우 3-5 μ m를 투과할 수 있는 고성능의 투과전자현미경이다.

그리드 컴퓨터는 크게 계산 그리드, 데이터 그리드, 액세스 그리드 3가지로 구분할 수 있다.

- 계산 그리드 : 그리드 시스템으로 묶여져 있는 컴퓨팅을 보다 많은 자원을 연결하여 작업 전체의 수행 시간을 줄여준다.
- 데이터 그리드 : 분산된 자료를 통합해 분석할 수 있게 해주는 그리드로 여러 곳에 분산되어 있는 데이터를 하나의 저장 장치처럼 처리하는데 사용된다.
- 액세스 그리드 : 분산 처리를 필요로 하는 어플리케이션을 위한 그리드이다[7].

이러한 그리드 환경을 구축하는 미들웨어로 Globus Toolkit(이하 Globus)이 있다. Globus는 그리드와 그리드 어플리케이션을 지원하는 서비스 및 소프트웨어 라이브러리로써 보안, 정보 발견, 자원 관리, 데이터 관리, 통신 오류 감지, 이식성 등 그리드에서 필요한 서비스들을 독립적인 요소로 제공한다[2]. 그중 Globus3는 그리드에서 제공한 서비스를 웹 서비스를 채택하여 표준 인터페이스를 통해 웹 서비스 프레임워크에 통합시켰다[8]. 웹 서비스(Web Services)를 이용하면 이질적인 환경에서 동작하는 다양한 그리드 서비스들을 표준화하고 통합할 수 있을 뿐 아니라, 기존의 웹 서비스로 구현된 다른 서비스들도 그리드 환경에서 사용할 수 있는 이점이 있다.



[그림 1] Globus2, 3 아키텍처[8]

[그림 1]은 Globus2와 Globus3의 구조이다. 기본적으로 Globus는 TLS(Transport Layer Security) 기반의 인증 기능인 GSI(Grid Security Infrastructure), 원격에서 작업을 제출할 수 있는 GRAM, 대용량의 데이터를 빠르고 안정적으로 제공해주는 Grid FTP, 시스템의 정보를 검색하는 MDS(Metacomputing Directory Service) 등으로 이루어져 있다. Globus2의 경우 이들을 각각 다른 프로토콜로 서비스를 제공하고 있는 반면에 Globus3의 경우에는 웹 서비스를 통해 동일한 인터페이스를 제공하고 있다. 그러나 기존의 웹 서비스는 서비스 상태를 유지할 수 없다. 그리드를 통한 서비스 간의 통신이 동적인 자원 공유, 예를 들어 어떠한 그리드 시스템의 현재 CPU사용량 및 여유 메모리 공간 등 자원의 상태를 필수적으로 유지해야 한다. 따라서 이러한 개념을 지원하기 위해 Globus3에서는 OGSA(Opne Grid System Architecture)로 정의하였다.

OGSI(Open Grid System Infrastructure)는 OGSA를 구현하기 위한 인프라를 제공하는 표준이다. OGSI는 그리드 서비스를 위한 WSDL(Web Services Definition Language)을 확장한 GWSDL(Grid Web Services Definition Language)을 이용하여 서비스를 기술하였으며, XML 스키마를 이용해 웹 서비스의 상태를 저장하는 변수를 정의하는 방법으로 OGSA의 개념을 구현하였다.

3. 시스템 아키텍처

[그림 2]는 HVEM 원격제어 시스템 구성도이다. 본 시스템을 이루는 시스템들의 역할은 다음과 같다.

1) HVEM

HVEM을 이루는 구성 요소는 많다. Gonio Control Unit의 경우 시편의 위치 및 각도를 조절하게 하는 기구이다. 이 장치를 통해서 보고자 하는 시편의 각도를 조절한다. GIF(Gatan Image Filter)는 보고자 하는 시편의 이미지의 밝기 및 포커스 조절을 통해 고화질 영상을 얻을 수 있도록 도와주는 역할을 한다. 자체적으로 CRT 모니터를 내장하여 현미경 앞에서도 이미지의 정보를

확인할 수 있다.

2) FASTEM Control Server

전자현미경을 원격제어 할 수 있는 API와 함께 서버역할을 하는 시스템이다. 이 API는 HVEM을 제작한 회사로부터 제공받으며 이 서버를 통해 HVEM을 실질적으로 제어할 수 있다. 이 서버에는 크게 HVEM 라이브러리 및 서버, 클라이언트 프로그램도 함께 설치되어 이 시스템으로도 HVEM을 제어할 수 있다.

3) Grid Web Services Server

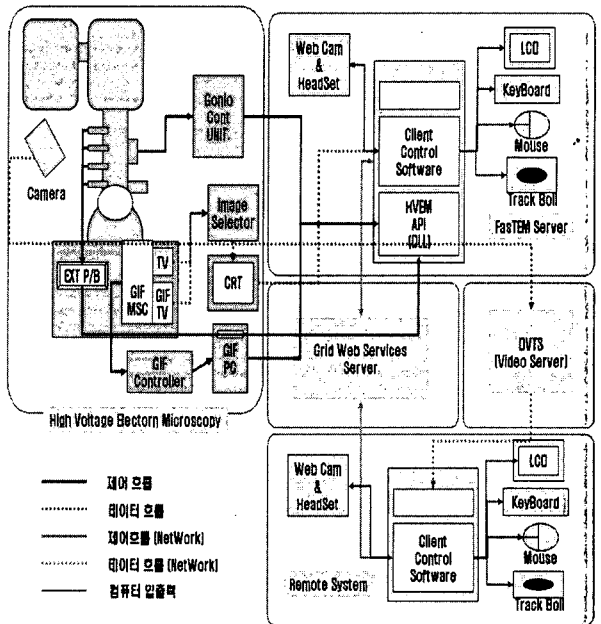
그리드 망을 통해 구성된 원격유저가 HVEM 제어 프로그램을 통해 내린 명령을 입력받고, 이를 토대로 FASTEM Control Server를 제어하는 역할을 한다.

4) DVTS(Digital Video Transport System)[9] Server

DVTS는 IEEE1394 인터페이스를 사용하여 디지털 비디오 스트리밍을 고속, 고화질로 전송하는 시스템이다. 일본에서 개발되어 원격 화상 진료 서비스 등에 많이 사용하고 있다. HVEM에서는 송출된 아날로그 데이터를 디지털 데이터로 변환하여 원격 유저에게 Broadcasting을 통해 전송하는 역할을 한다. 이 경우 DVTS는 송출하고자 하는 Remote System의 정보를 미리 알아야 한다.

6) Remote System

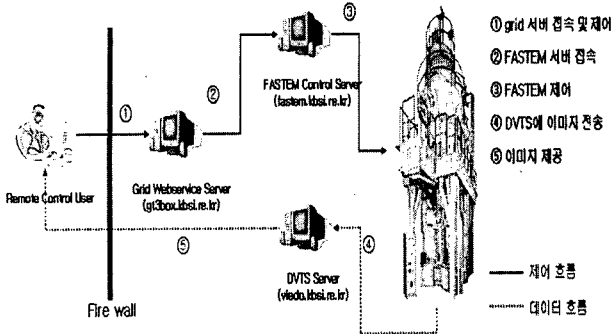
원격지의 컴퓨터로 그리드 인증을 통해 접속된 컴퓨터는 DVTS를 통해 영상을 제공받고, Grid Web Services의 접속을 통해 HVEM을 제어할 수 있다.



[그림 2] HVEM 원격제어 시스템 구성도

이 서비스를 구현하기 위해서는 먼저 HVEM에 있는 Off-line 운영자는 원격조정을 통해 시편 이미지를 관찰할 수 있도록 준비하여 주고, 액세스 그리드를 통하여 마이크와 헤드셋을 통해서 서로 실시간으로 이미지 공유 및 대화를 통해 보다 더 좋은 실험을 할 수 있다.

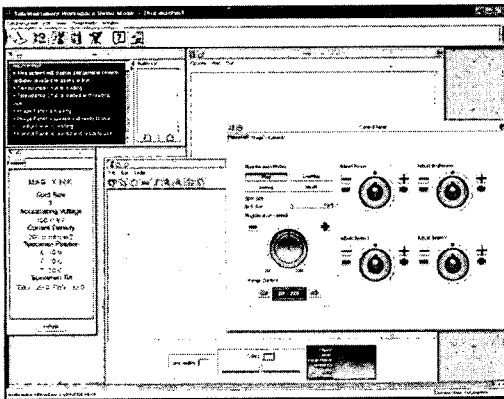
[그림 3]은 그리드 컴퓨터를 이용한 HVEM 원격제어 시스템 기본적인 흐름도이다.



[그림 3] HVEM 원격제어 시스템 구조

먼저 원격유저가 Grid 웹 서비스 서버에 인증과정을 통해 접속한다. 그러면 [그림4]와 같은 Java로 작성한 원격제어 프로그램이 실행된다. 이 프로그램을 통해 HVEM에 명령을 내리면 FASTEM Control Server는 HVEM에 명령을 내리게 된다. 이렇게 하여 획득한 영상은 DVTs를 통해서 전달하게 되고, DVTs는 TCP/IP의 UDP패킷을 통해 원격유저에게 이미지 정보를 실시간으로 전달하게 된다.

HVEM을 원격제어 하는 프로그램(이하 TeleInstrument)의 경우 Glous3의 OGS를 이용하여 Java web application으로 구현하였다. 따라서 유저는 자바 가상 머신을 통해서 프로그램을 실행한다.



[그림 4] TeleInstrument

4. 결론 및 향후 계획

이와 같이 그리드 컴퓨터를 이용한 HVEM 원격 제어 시스템을 구축해 보았다. 과학 기술 분야에 있어서 초정밀 장비 사용은 원활한 연구를 위해 필수적이다. 그러나 이러한 장비는 상당히 고가이고 장비를 사용하기 위해서는 직접 설치되어 있는 장소까지 가서 실험을 해야 한다. 그리드 컴퓨터 기술을 이용하면 위와 같은 불편함을 줄이는데 도움을 줄 수 있다. 본 시스템 구성에 있어서 일반적인 분산처리 기술을 사용하지 않

고, 그리드 컴퓨터 기술을 사용한 이유는 다음과 같다.

첫째, 통합 그리드 환경 서비스로 구축을 위해서이다. 현재 단순히 원격제어 서비스만을 통해 이미지를 전송받지만, 추후 이미지의 데이터는 고화질을 요구하기 때문에 상당한 용량을 차지하게 된다. 원격지에서 원하는 데이터를 찾고 이에 대한 저장 또한 고려해야 하는데 이럴 경우 데이터 그리드를 이용하는 것이 효율적이다.

둘째, 그리드 서비스를 통한 웹 포털 도입을 통한 가상 실험실 구축이 가능하다. 서론에서 설명했듯이 현재의 그리드 서비스는 웹 포털을 통해서 유저가 네트워크를 통해서 마치 자신의 실험실같이 사용할 수 있도록 해준다. 글로벌스의 경우 OGS를 통해 Web Services를 지원하기 때문에 기존의 분산처리 시스템에서 이식하기 쉽다.

마지막으로 보안성 측면에 있다. Globus의 경우 공인 인증기관의 인증서를 통해서 상호 연결이 되기 때문에 일반적인 분산처리 기술보다 높은 보안성을 보여준다.

향후 계획으로는 원격지에서 HVEM을 제어하는 것과 직접 제어하는 것과의 차이점 예를 들어 전송된 이미지의 화질 및 제어상의 문제점에 대해 분석할 필요가 있다. 그리고 원격제어 환경을 그리드 서비스 환경에 맞추어서 웹 포털환경으로 구축해야 하여 그리드 컴퓨터로 연결되어 있는 유저들이 하나의 실험실에서처럼 연구를 할 수 있도록 환경을 구성해야 한다.

그리고 현재 HVEM의 경우 아날로그 카메라로 데이터를 디지털로 전송함에 있어서 영상 손실이 발생한다. 따라서 HVEM에서의 디지털 카메라의 교체 및 HD급 영상 전송 및 저장에 위한 디지털 영상 압축전송 기술 및 1:1이 아닌 1:n의 고화질 압축 전송 기술에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] I. Foster, C.Kesselman, and S. Tuecke, "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organization," International J. Supercomputer Applications, 15(3), 2001.
- [2] 최재영, "웹 서비스를 적용한 그리드 서비스", 정보과학회지, 제22권 제 10호, 2004년 10월, pp54-59.
- [3] Biology Workbench Portal, <http://workbench.dsc.edu>
- [4] My Grid, <http://www.mygrid.org.uk>
- [5] NASA Launchpad Portal, <http://portal.ipg.nasa.gov>
- [6] 대전매일신문 2003년 4월 21일.
- [7] 이정훈, 오영은, 김정석 공저, "리눅스 클러스터로 만드는 슈퍼 컴퓨터", 영진닷컴.
- [8] I. Foster, C. Kesselman, J. Nick. and S.Tuecke. "The Physiology of the Grid: An Open Grid Service Architecture for Distributed Systems Integration" Open Grid Service Infrastructure WG, Global Grid Forum, 2002, 6.
- [9] DVTs, Digital Video Transport System, <http://www.dvts.jp/en/>