



Electron Tomography 시스템을 위한 e-HVEM 포털¹⁾

목 차

1. 서 론
2. 사용자 요구 사항 및 포털 시스템 구조
3. 사용자에게 제공되는 서비스
4. 결론 및 향후 발전 계획

정원구 · 이호 · 박수진 · 이지영 · 김은성
정임영 · 정종만 · 최상수 · 신영길 · 염현영
최동훈 · 김윤중 · 권희석
(한국기초과학지원연구원 · 서울대학교 · 한국과학기술정보연구원)

<요 약>

그리드 기반의 e-Science 시스템을 실용화하여 세계 최고 수준의 국가적 첨단 공동 연구 장비의 활용도를 제고하고 e-Science 기반의 동시 협업 연구가 가능한 차세대 연구 개발 환경 구축을 목적으로 국내 유일의 가속전압 1.3 MV의 초고전압투과전자현미경 (HVEM)을 이용한 전문 연구 포털인 e-HVEM 포털을 개발하였다. 이는 웹포털 시스템에서 원격 제어 (Tele-HVEM), Nano-Bio 데이터베이스 및 계산 그리드 기반의 tomography 시스템 (G-Render)를 동시에 사용할 수 있는 통합 연구 환경으로써 e-HVEM 포털 시스템에서 단순 장비 운용뿐만 아니라 실제 연구 분석까지 활용할 수 있도록 하였다. 특히 본 연구에서는 HVEM으로부터 얻어진 일련의 화상 정보들에 대한 3차원 구조 복원을 위하여 그리드 연산 시스템을 도입함으로써 보다 빠른 시간에 원하는 최종 결과물을 얻을 수 있도록 구성하였다. 이로써 e-HVEM 포털은 다양한 국가 대형 연구 장비를 활용하여 시공간 개념을 넘어선 e-Science 공동 협업 시스템의 성공적인 모델

로써 국내는 물론 국제적인 공동 연구를 수행할 수 있는 장비 활용 가상 실험실 구축의 실현 가능성을 시사한다.

1. 서 론

한국기초과학지원연구원 (이하 KBSI)은 대학이나 연구 기관이 독자적으로 구축하기 어려운 대형 첨단 장비를 설치 운영함으로써 국가 연구 역량을 극대화시킨다는 목적 하에 대덕 본원을 비롯하여 서울, 춘천, 전주, 대구, 광주, 부산센터 및 강릉과 순천출장소에서 지역 특성에 맞는 첨단 장비를 설치하고 국내 연구자들에 대한 전문 연구 지원을 수행하고 있다. 하지만 상대적 지역 접근성과 정보의 한계로 연구자들은 여전히 필요로 하는 장비를 찾아 다녀야 하는 번거로움과 이동에 필요한 시간 및 경비 등 유·무형의 손실이 크다. 특히 대덕 본원에 설치한 초고전압투과전자현미경 (이하 HVEM)은 국내 유일의 장비로써 전국의 연구자를 대상으로 운영하고 있다. 따라서

1) 이 연구는 한국과학기술정보연구원 (KISTI)의 국가 e-Science 구축 사업비의 지원으로 이루어졌음(과제번호 : RF0-2005-000-00001-1).

절대적으로 제한된 가동 시간 및 지리적 제한을 수반한다. 이를 극복하기 위한 방편으로 이미 선진국에서는 2001년부터 경쟁적으로 예산을 투입하여 e-Science 사업을 추진 중에 있다. e-Science란 그리드 기술 및 GLORIAD와 같은 초고속 연구망과 웹의 활용을 통하여 원격지 데이터 관측, 수집, 저장 및 관리, 온라인 데이터 분석 및 해석 등을 구현함으로써 연구자, 연구 장비, 정보 등의 실시간 공유를 통한 연구 활동의 시공간적 제한으로부터 탈피하고 이를 통하여 연구에 필요한 모든 자원을 하나로 통합, 동시 활용할 수 있는 차세대 연구 개발 환경을 말한다.[1] 이러한 e-사이언스 연구 환경 구축을 통해 고부가성 물질 발굴 확률이 크게 높아지고 2009년까지 향후 5년간 슈퍼컴퓨터 공동 활용에 의한 경제적 파급 효과가 급성장 할 것으로 추산하고 있다.

이에 KBSI는 e-Science를 국가 첨단 장비에 적용하여 차세대 연구 개발 환경을 구축한다는 목적 하에 2005년도부터 “국가 e-Science 환경 구축 사업”에 참여하여 첫 단계로 대표적 국가 대형 연구 시설인 HVEM을 연구자의 방문 없이도 원격지에서 장비를 운용할 수 있도록 함은 물론 결과에 대한 분석까지 가능하게 함으로써 이를 전문 연구 지원 및 국제 공동 연구 등에 적극 활용하고자 한다.

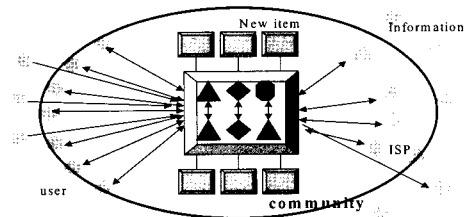
2. 사용자 요구 사항 및 포털 시스템 구조

2.1 e-HVEM 포털 구축

e-Science 포털의 대표적인 특징 중 하나는 사용자들의 요구 사항을 바탕으로 기초가 마련되고, 이에 각기 상황에 맞는 서비스들을 추가함으로써 하나의 완성된 포털의 모습을 만들어 가는 것이다. 즉 사용자들이 스스로 모여 만든 커뮤니티의 역할이 중요하다. 커뮤니티는 구성원들의 특성상 점진적으로 정보의 양적인 측면만이 아닌 질적인 측면에서도 급진적으로 발달해 나가고 있

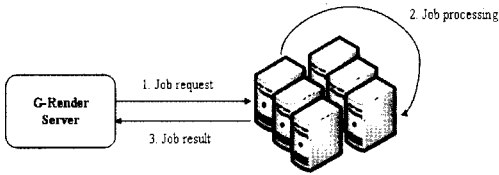
으며 이런 기능으로 인하여 전문적인 커뮤니티의 기능을 동시에 수반하여 진행할 수 있는 전문 연구 포털사이트의 필요성이 대두되었다.

e-Science 포털 시스템은 연구 분야 커뮤니티의 성격을 수행하고 있으며 아울러 전문 연구 포털의 기능을 포함하고 있다. 단순한 커뮤니티의 정보 공유 수준을 넘어 지역별로 분산되어 있는 고가 장비를 전문 연구 포털을 통하여 작업 할 수 있도록 연동함으로써 작업 환경의 개선과 장소에 구애 받지 않는 실험 환경을 마련 할 수 있는 장점을 갖는다. 또한 상황에 맞는 아이템을 추가하여 하나의 주제에 국한된 포털이 아닌 진화하는 형태의 전문 연구 포털의 모습을 구축하고 있다.



(그림 1) e-Science 포털과 커뮤니티와의 관계

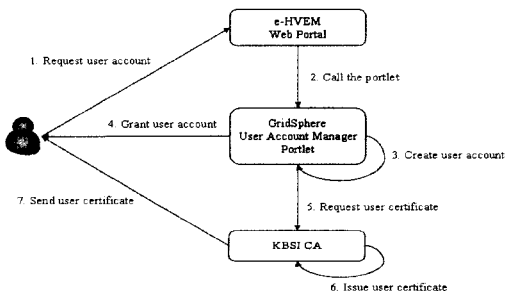
전문 연구를 위한 e-HVEM 포털을 이용한 협업 연구는 연구자들이 자신의 위치에 상관없이 장비의 접근 및 운용할 수 있어야 하며, 실험을 통해 얻은 데이터를 공동의 저장소에 저장해서 공동 연구자들이 조회하고 공유할 수 있게 해야 한다. 또한 기존의 실험 결과를 다운로드하여 자신이 원하는 방식으로 처리할 수 있어야 한다. 특히 결과 데이터를 이용한 이미지 프로세싱의 경우 고도의 연산 능력을 필요로 하기 때문에 연구자의 로컬 컴퓨터에서 처리한다면 적절한 시간 내에 원하는 결과를 생성해 내지 못할 수 있다. 따라서 연구자를 위해 이미지 프로세싱을 위한 컴퓨팅 자원을 제공하는 일이 반드시 필요하다. 특히 장비 특성상 얻어지는 데이터의 형태가 이미지이기에 이를 최종 결과로 가공할 수 있는 그리드 기반의 3D 복원 시스템이 필수적이다.



(그림 2) e-HVEM 포털 그리드 시스템

2.2 e-HVEM 포털 인증 시스템

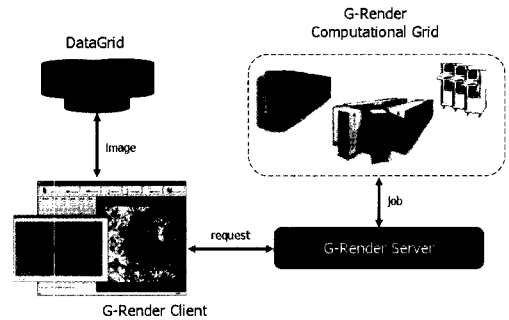
커뮤니티 구성원들의 전문 지식 및 연구에 대한 관심은 e-Science 포털을 더 나은 단계로 업그레이드 시켜준다. 하지만 실험을 진행하는 사람과 실험 과정을 지켜보는 사람의 차이가 존재하기에 모든 사용자에게 동일한 서비스를 제공할 수 없다. 단순 정보의 공유 및 관람을 요구하는 사람에게는 포털 게시 기능을 이용하여 정보를 공개하지만 고가 장비의 경우에는 인증을 받은 특정의 이용자에게만 권한을 주게 된다. 권한을 설정하고 서비스 및 자원의 효과적이고 안전한 운영을 위하여 PKI 기반 인증 시스템을 구축하고 있다. PKI 기반의 인증 시스템은 이원화 인증 방식으로 사용자와 자원에 대한 매핑을 유연하게 조절할 수 있는 장점을 제공하므로 서비스와 자원의 효율적인 이용을 보장하면서 효과적인 인증을 제공할 수 있다. 따라서 e-HVEM 시스템이 제공하는 원격 제어, 데이터 그리드, 이미지 프로세싱 등의 각 서비스에 접근할 수 있도록 포털 인증 기반의 통합된 ID/Password 방식을 제공하고 있다.



(그림 3) e-HVEM 포털 인증 시스템

2.3 Tomography 시스템

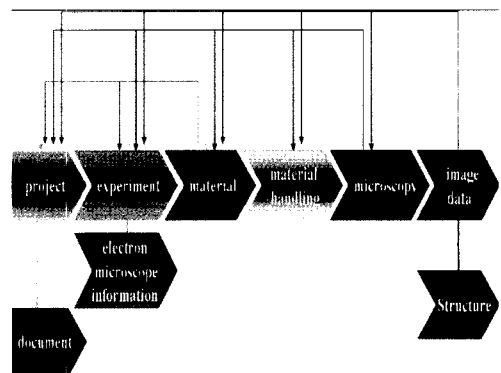
e-HVEM 포털의 주요 기능 중 하나인 G-Render 시스템은 계산 그리드 기반 이미지 프로세싱 시스템으로 전체 구성은 그림 4와 같다. 데이터 그리드는 G-Render 시스템에서 이용되는 이미지 파일들을 공유해서 사용할 수 있는 이미지 파일 저장소이다. G-Render 클라이언트는 G-Render 시스템에 대한 사용자 인터페이스를 제공하며, 다양한 이미지 뷰어 및 3차원 렌더링 도구를 포함하고 있다. G-Render 서버는 G-Render 클라이언트의 이미지 처리 작업 요청을 받아서 이를 적절히 스케줄링하고 작업 프로세스를 관리하는 역할을 제공한다[2].



(그림 4) G-Render Architecture

3. 사용자에게 제공되는 서비스

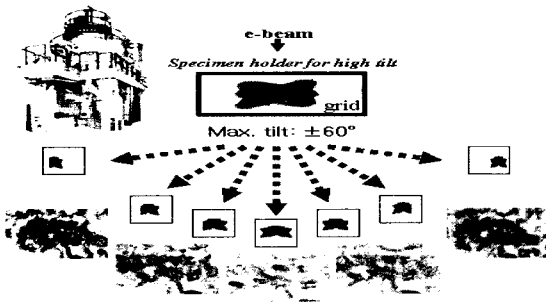
3.1 전자현미경 데이터 저장



(그림 5) 전자현미경을 통한 실험 워크플로우

기본적으로 전자현미경을 통한 데이터 획득에 있어서는 하나의 실험 주제를 갖고서 데이터를 획득하게 된다.

전자현미경로부터 얻는 시료 데이터는 이미지 파일로 전자현미경의 X, Y축 각도를 조절하여 관찰하고자 하는 이미지를 얻는 방식이다. 전자현미경은 Y축을 고정하고, X축만을 $-a^\circ \sim +a^\circ$ 로 약 n° 도 간격으로 촬영하여 동일한 Y축에서 관찰하는 데 이것을 single tilting 이미지라고 한다. 이러한 이미지는 2차원 영상으로써 3차원 영상으로 변환할 수 있으며, 자세한 3차원 영상 정보를 관찰하기 위해서 Y축을 변환하여 고정 후 다시 X축의 각도를 움직이며 사진을 촬영한다. 따라서 a° 각도의 크기가 크고 n° 의 밀도가 조밀 할수록 tilting 이미지의 정보를 담는 파일을 더 많이 확보할 수 있다. 그림6은 tilting image를 이용 3차원 구조를 재구성하는 원리를 설명하고 있다.

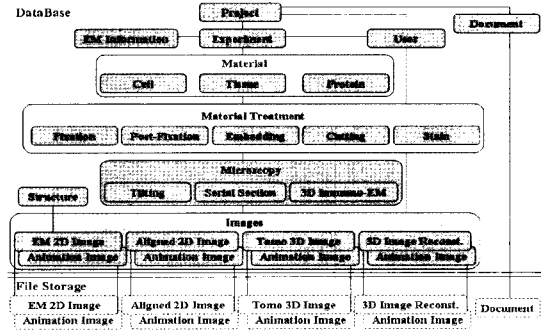


(그림 6) Tilting을 통한 이미지 추출

하나의 시료에 대해서 여러 개의 Tilt 이미지 시리즈를 갖는다면 그 데이터의 저장 공간의 증가가 전자현미경으로부터 획득한 이미지 데이터는 정렬이미지 -> Tomo 이미지 -> 3D 이미지라는 단계를 거친다.

'정렬 이미지'란 전자현미경으로부터 획득한 데이터를 3차원으로 구성할 수 있도록 이미지를 정렬하는 단계이다. 'Tomo 이미지'는 정렬된 이미지로부터 3차원구조를 재구성한 실사 이미지이다. Tomo 관련 소프트웨어를 통해서 전자현미

경의 이미지를 3차원으로 변환한다. '3D 이미지'란 Tomo 이미지를 이용하여 전자현미경을 통해 관찰한 시료를 3차원으로 재구성하는 단계이다.



(그림 7) 데이터베이스 스키마

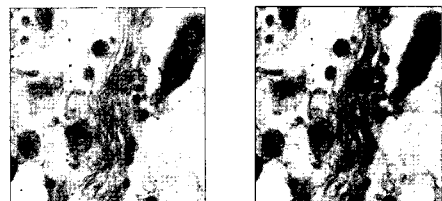
(그림 7)은 위의 요구 사항을 토대로 생성한 데이터베이스 스키마이다. Database는 범용데이터베이스 시스템을 이용하여 구성한 시스템으로 전자현미경을 이용하는데 필요 정보와 파일로 저장되는 메타정보를 저장한다 [3].

3.2 G-Render 이미지 프로세싱 알고리즘

3.2.1 mean 필터를 통한 smoothing 전처리

현미경 영상은 전자 광선의 회절, 산란 등으로 매우 높거나 낮은 밝기 값을 갖는 잡음 픽셀을 만들어 낸다. 이러한 잡음(noise)은 잡음을 제거하기 위한 전처리 기술이 필요하다. 잡음 제거 필터를 적용하여 영상의 잡음을 제거하고 엔트로피를 낮추어 이후 과정에서 보다 정확한 정합을 가능하게 한다[4].

3.2.2 미디언 필터(median filter)를 통한 전처리



(a) 필터 전 (b) 필터 후

(그림 8) 미디언 필터 사용 예

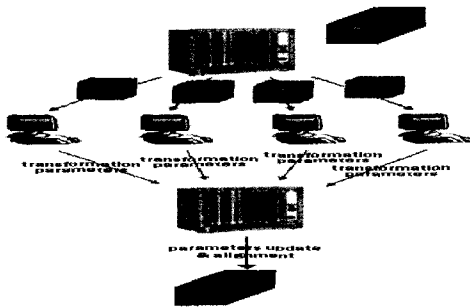
미디언 필터는 평활화 필터에 비하여 원 색상에 더욱 가까운 결과를 가진다. 미디언 필터의 잡음 제거 원리는 마스크에 해당하는 화소를 오름차순으로 정렬한 후 중앙값을 선택하여 적용한다. 오름차순으로 화소를 정렬할 때 잡음 성분은 좌우로 치우치는 특성이 있기 때문에 원 정보를 보존하면서 잡음을 효과적으로 제거한다. 또한, 미디언 필터는 평활화 필터에 비하여 조직의 경계를 손상하지 않으며 잡음을 제거하는 특징이 있다.

3.2.3 자동 영상정렬 기술 - 유사도 평가

투영 영상을 대략적으로 보정하기 위해 정규 화상보정 정보량 (normalized mutual information) 척도를 이용하여 인접 영상 간에 유사도 평가를 수행한다. 상호 정보량은 두 영상 간 중첩된 영역을 대응되는 복셀 밝기 값 간의 통계적 패턴을 이용하는 기법으로 특징점 추출 과정 없이 적용 가능한 유사도 평가 방법이다.

3.2.4 데이터 병렬화

한 세트의 이미지를 가용될 Grid의 계산 노드 수만큼 몇 장의 이미지들의 서브셋으로 나눈 후에 각 계산 노드에 이미지 서브셋을 할당하고 이들에 대한 정렬 과정을 수행한다. 각 계산 노드에서는 변환 파라미터와 삼차원 재구성에 필요한 파라미터를 관리 서버에 전송해주고 관리 서버에서는 각 노드로부터 전송된 변환 파라미터를 갱신하여 데이터를 정렬한다.

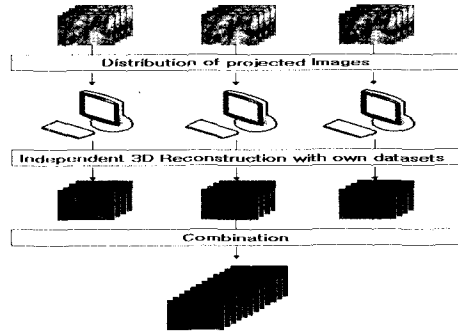


(그림 9) 데이터 병렬화

3.3 효과적인 삼차원 재구성 기술

3.3.1 병렬화 처리

삼차원 재구성 알고리즘은 투영된 영상이 많을수록 보다 정교한 삼차원 재구성이 가능하게 되지만 수행시간이 오래 걸리는 단점을 가진다. 따라서 계산 노드 수만큼 영상 수를 나누고 각 계산 노드에 해당되는 영상을 할당함으로써 수행 시간을 감소시킨다. (그림 10)과 같이 여러 장의 투영 영상을 그리드에 포함된 컴퓨터 수만큼 그룹으로 나누고 이를 각각의 컴퓨터에 전달한 한 후에 전달받은 영상들을 가지고 각 컴퓨터 내에서 삼차원 재구성을 수행한 후에 각 컴퓨터에서 처리한 결과들을 모두 병합하여 최종적인 재구성 결과를 얻을 수 있다[5][6].



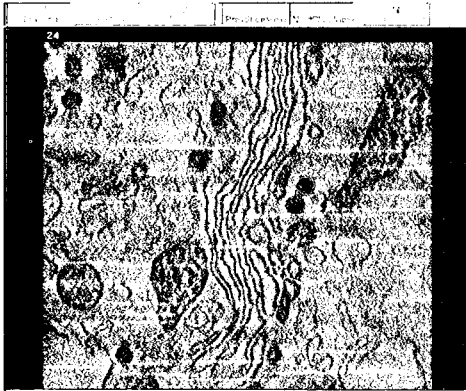
(그림 10) 삼차원 복원을 위한 병렬화 과정 (Parallel processing)

3.4. 편집 도구 및 삼차원 가시화

3.4.1 효율적인 편집 도구

Drawing 기능은 삼차원 가시화 하고자 하는 관심 영역을 마우스를 이용하여 드래그 하여 저장하도록 하며 지우기 기능은 그리기를 하는 도중 이미 선택된 영역을 수정하고 싶을 때 delete 버튼을 누른 뒤 영역을 선택하면 그리기 과정에서 문제 생긴 부분을 수정할 수 있다. 선택 영역

색상 변환 기능은 서로 다른 Object를 표현한다. (그림 11)은 각기 다른 색으로 선택된 영역을 표시한 것을 볼 수 있다.

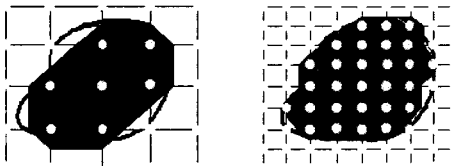


(그림 11) 관심 영역 구분 과정

3.4.2 삼차원 모델링을 위한 표면 기반 렌더링 기술

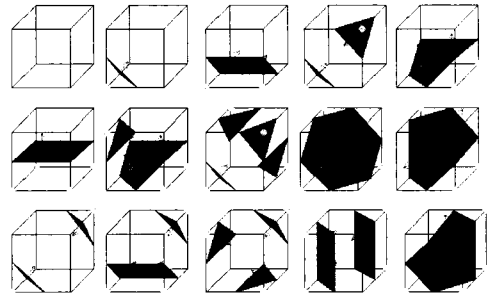
편집 도구를 통하여 분할된 관심 영역을 삼차원으로 가시화하기 위하여 marching cube 알고리즘을 적용하였다. marching cube는 isosurface를 재구성하기 위한 알고리즘으로 볼륨을 작은 cube로 분할하고 각 cube에 대하여 테이블에서 가장 적합한 형태의 모델을 찾아 그 형태로 isosurface를 계산하는 방법이다. 아래 그림은 2차원 grid를 통하여 isosurface 추출을 표현한 것이다.

(그림 12) 2-D grid isosurface 추출 사례



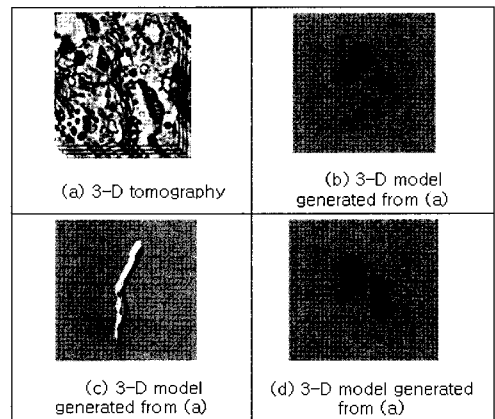
marching cube 알고리즘은 전체 데이터를 작은 영역으로 분할하여 cube로 구성하고 그림과 같은 marching cube의 모델과 비교하여 가장 유사한 형태의 모델을 선택한다. 아래 그림은 3차원 볼륨데이터에 marching cube 알고리즘을 적

용시키기 위한 3차원 grid에서의 marching cube 모델이다[7].



(그림 13) 3-D grid marching cube 모델

편집 도구를 통해 저장된 관심 영역에 따라 0 이외의 label로 저장된다. label을 통하여 동일한 영역인지를 구분할 수 있게 되고, 각 label 별로 컬러 영상을 달리해서 삼차원으로 가시화하는 것이 가능하다. 아래 그림은 marching cube 알고리즘을 적용하여 관심 영역을 삼차원으로 가시화한 결과이다.



(그림 14) 관심영역 3-D visualization

4. 결론 및 향후 발전 계획

e-HVEM 포털은 포괄적 의미의 포털에서 장비 활용을 통한 전문 연구 포털 모습의 아이템들로 구성되었다. 여타의 포털과 다르게 e-HVEM

포털의 특징으로는 고가의 장비 및 분산된 자원을 원격으로 접속하여 실험자가 조절할 수 있다는 것과 보다 빠르게 연산 처리 할 수 있는 그리드 시스템을 기반으로 하고 있다는 점이다. 특히 그리드 연산 시스템을 바탕으로 한 서비스 아이템 중 G-Render는 HVEM을 통해 얻은 데이터의 2차원 이미지를 3차원 분석이 가능하도록 재구성해 줌으로써 장비 고유의 기능을 한층 고급화할 수 있어 그 활용도가 지대할 것으로 예상된다.

또한 본 시스템은 PKI 기반 인증 시스템을 통하여 사용자에게 권한 설정을 할 수 있게 하였다. 데이터베이스를 체계적으로 정리하고, 유저들이 원하는 대로 검색이 가능하여 데이터 그리드를 통해 연결된 시스템에 접근하여 언제 어디서든지 원하는 데이터를 빠르고 쉽게 찾아서 BT, NT 연구 활동에 도움을 줄 수 있을 것이다. 저장된 데이터를 메타 데이터로 이용하여 관리하는 시스템을 설계하였고, 또한 데이터베이스의 자료를 이용한 G-Render의 연계 작업은 연구 활동에 더 효과적인 접근과 이해를 도모해줄 것이다. e-HVEM 포털 시스템을 통하여 현재 자동 한계에 따른 제한된 연구 지원이 가시적으로 증가할 수 있을 것으로 기대한다. 특히 야간 운용 등을 통한 국제 공동 연구 시 국내 연구자들과의 중복을 사전에 차단할 수 있어 효율적인 장비 운용이 가능할 것이다. 아울러 본 시스템의 상시 운영을 통해 유저들이 포털을 통하여 쉽게 접근하는가를 파악하고, G-Render작업의 편의성과 시스템 사용에 대한 성능 평가를 지속적으로 확인할 것이다. 이를 통하여 추가적으로 필요한 아이템을 찾아 보완할 것이다.

향후 현재의 시스템과 개발 프로그램을 기반으로 KBSI 지역 센터에 설치된 전자현미경의 네트워크를 구성하고 나아가 다양한 대형 장비와의 연동을 통하여 시공간 개념을 넘어선 진정한 의미의 e-Science 공동 협업 시스템을 갖출 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] 안영현, 허만희, 김재욱, 김은성, 정임영, 염현영, 조금원, 권희석, 2006. 데이터그리드를 이용한 e-Science 전자현미경 데이터베이스 시스템. HPC연구회 학술발표회, 경희대학교 수원캠퍼스 (2006).
- [2] 이정진, 이호, 김계현, 김은성, 최상수, 신영길, 염현영, 안영현, 권희석, 조금원, 2006. e-Science 환경에서의 자동 초고전압 전자현미경 영상 정합. HPC연구회 학술발표회, 경희대학교 수원캠퍼스 (2006).
- [3] Bester, J., Foster, I., Kesselman, C., Tedesco, J., Tuecke, S., "GASS: A Data Movement and Access Service for Wide Area Computing Systems", Sixth Workshop on I/O in Parallel and Distributed Systems (1999).
- [4] J.B.A. Maintz, M.A. Viergever, 1998. "A survey of medical image registration", Medical Image Analysis, Vol.2, No.1, pp.1-36.
- [5] J.-J. Fernandez, C.O.S. Sorzano, 2006. "Image processing and 3-D reconstruction in Electron Microscopy", IEEE Signal Processing Magazine, pp. 84-94.
- [6] F. Maes, A. Collignon, G. Marchal, P. Suetens, 1997. "Multimodality Image Registration by maximization of Mutual Information," IEEE Transaction on Medical Imaging, Vol.16, No.2, pp.187-1987.
- [7] M.W.Jones, M. Chen, 1994. "A New Approach to the Construction of Surfaces from Contour Data", EROGRAPHICS'94, 13(3), 75-84.

저자약력



정 원 구

2003년 8월 인하대학교 전기전자컴퓨터공학부 공학사
2006년 2월 인하대학교 컴퓨터공학석사
2006년 9월 한국기초과학지원연구원 전자현미경연구단
관심분야 : 패턴인식, 영상처리,
이 메 일 : wjung@kbsi.re.kr



이지영

2005년 2월 충남대학교 학사 (생물학)
2004년 12월 한국기초과학지원연구원 전자현미경연구단
관심분야 : 생물 미세구조학
이 메 일 : ljjy0601@kbsi.re.kr



이 호

2000년 8월 숭실대학교 전자전기정보통신공학부 학사
2002년 8월 숭실대학교 정보통신공학과 석사
2002년 5월~2003년 2월 (주)인피니트테크놀로지 연구원
2003년 3월~현재 서울대학교 컴퓨터공학부 박사과정
관심분야 : 영상정합, 영상분할, 삼차원 재구성, GPGPU
이 메 일 : holce@cglab.snu.ac.kr



김은성

2000년 2월 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부 공학사
2002년 2월 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학과 공학석사
2007년 2월 서울대학교 컴퓨터공학부 박사수료
2002년 3월~2005년 02월 한국과학기술정보연구원 Researcher
관심분야 : 분산시스템, 그리드컴퓨팅, 고성능컴퓨팅
이 메 일 : eskim@dcslab.snu.ac.kr



박수진

2000년 2월 충남대학교 (농생물학과) 학사
2002년 3월 충남대학교 (곤충학)석사
2002년~2004년 한국생명공학연구원 공통기기분석부
전자현미경담당(SEM/TEM)
2006년~2007년 한국기초과학지원연구원 EF-TEM
/기기운영및 지원
관심분야 : 생물미세구조학, 전자현미경학



정임영

Ph.D course in DCSLAB of SNU
MS, Distributed Computing & Distributed Systems,
School of Computer Science & Engineering, Seoul
National University, 1999년~2001년
BS, Computer Science, Seoul National University,
1994년~1999년
BS, Chemistry, Pohang University of Science and
Technology (POSTECH), 1989년~1993년
2001년~2004년 Electronics and Telecommunications
Research Institute (ETRI), Researcher
1999년 1월~1999년 10월 Interpark(www.interpark.com),
Researcher & Developer
관심분야 : Distributed Computing and System, E-Science, Security
이 메 일 : iyjung@dcslab.snu.ac.kr



정종만

1992년 상지전문대학교 전문대졸(전자)
2000년 한밭대학교 학사(전자공학)
1994년~1996년 (주)일주전자
1996년~현재 한국기초과학지원연구원 전자현미경연구단
관심분야 : 전자공학(정밀제어), 원격제어, 전자현미경학
이 메 일 : jmjeung@kbsi.re.kr



염언영

1984년 2월 서울대학교 계산통계학 이학사
1986년 5월 Texas A&M Univ. 전산과학 공학석사
1992년 12월 Texas A&M Univ. 전산과학 공학박사
1993년 8월 삼성데이타시스템 선임연구원
1998년 8월 서울대학교 조교수
2004년 8월 서울대학교 부교수
2004년 9월~현재 서울대학교 교수
관심분야 : 분산시스템, 그리드컴퓨팅, 고성능컴퓨팅,
대용량 데이터처리, e-Science
이 메 일 : yeom@snu.ac.kr



최상수

2006년 2월 서울대학교 수리과학부 이학사
2008년 2월 서울대학교 컴퓨터공학부 공학석사
현재 : ㈜바텍 연구원
관심분야 : 의료영상처리 및 가시화
이 메 일 : ssangs@cglab.snu.ac.kr



최동운

1981년 2월 서울대학교 계산통계학과 졸업(학사)
1983년 2월 한국과학기술원 전산학과 졸업(석사)
1986년 6월 Northwestern University 전산학과 졸업(박사)
1983년 2월~1986년 8월 한국증권전산(주) 과장대리
1989년 8월~1992년 2월 한국국방연구원 선임연구원
1992년 3월~1999년 2월 동덕여자대학교 전산학과
부교수(1992년~1999년)
2004년 6월~2005년 1월 한국과학기술원 초빙교수
2005년 2월~현재 한국과학기술정보연구원 책임연구원



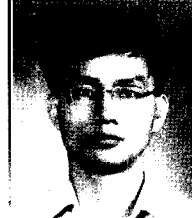
신영길

1982년 2월 서울대학교 계산통계학과 학사
1984년 2월 서울대학교 계산통계학과 석사
1990년 2월 미국 USC 전산학과 박사
1990년 2월~1992년 2월 경북대학교 전자계산학과
전임강사
1992년 3월~현재 서울대학교 컴퓨터공학부 교수
관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 실시간가시화, 영상매칭,
영상분할
이 메 일 : yshin@cse.snu.ac.kr



김윤중

1976년 2월 연세대학교 학사 (지질학)
1989년 1월 Uni. of Illinois at Urbana-Champaign 석사(광물학)
1991년 1월 Uni. of Illinois at Urbana-Champaign 박사(재료공학)
1993년 9월 Uni. of Illinois at Urbana-Champaign 박사후 연구원
1993년 10월 한국기초과학지원연구원 전자현미경연구단 책임연구원
관심분야 : 전자현미경학, 세라믹재료상전이
이 메 일 : y-jkim@kbsi.re.kr



권익석

1987년 한양대학교 학사(생물학)
1989년 한양대학교 석사(세포생물학)
1998년 한양대학교 박사(세포생물학)
1996년~2000년 한양대학교 강사
2001년~2003년 이태리 마리오네그리연구소 박사후연구원
2004년~한국기초과학지원연구원 전자현미경연구단 선임연구원
관심분야 : 3차원 미세 구조 분석, 전자현미경학
e-Science의 전자현미경 응용
이 메 일 : hskweon@kbsi.re.kr