


 특집  
01

## 한국 e-Science의 현재와 발전방향


 목차

1. 서 론
2. 국가 e-Science 구축 사업
3. 전문 분야별 e-Science 환경구축
4. 결 론

조금원 · 양영규 · 김종암 · 조기현  
김진철 · 변옥환  
(한국과학기술정보연구원 · 경원대학교 · 서울대학교)

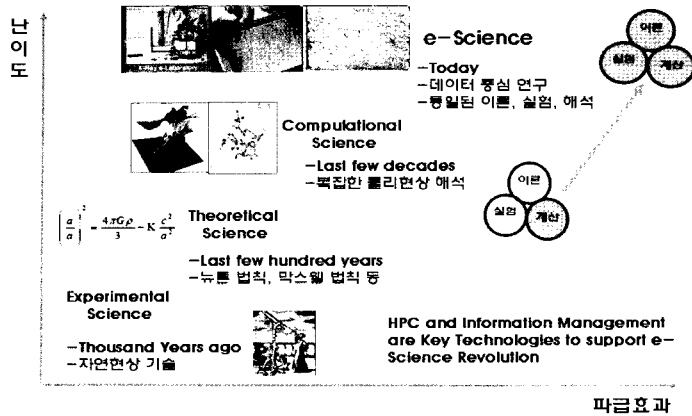
### 1. 서 론

2000년 유럽의 정상들은 리스본 회의 및 2001년 스톡홀름 회의를 통해 eEurope 계획과 수행 방안을 수립하였고[1], EU R&D Framework Programme에 반영하여 사업을 착수하였다. 그 결과, 유럽은 EGEE(Enabling Grid for E-sciencE)[2] 등의 범 유럽차원 프로젝트를 발굴하였고, 세계에서 가장 선도적이고 앞선 e-Science 인프라 및 연구환경을 구축하게 되었다. 이와 연계하여 유럽의 각 국가들은 독자적인 e-Science 환경을 구축하였으며, 그 결과를 EU의 계획에 적용함으로써 시너지를 창출하고 있다. 2010년 유럽은 단일 과학기술연구환경을 구축하게 될 것이며, 올해부터 완성될 첨단 연구환경을 어떻게 운영하고 활용할 것인가에 대한 계획수립에 착수하였다.

2004년 미국 NSF Atkins 보고서[3]에서 전문가들은 “e-Science는 한 세대를 대표할 수 있는 획기적인 사업이다.”라고 제시하고 여러 가지 항목들을 구분하여 세부 추진방안까지 제시하였다. 부시행정부는 이러한 노력들을 반영하여 최

우선 사업으로 e-Science 선정하여 적극적인 추진을 진행하고 있다. 이를 기반으로 NSF는 미국을 하나의 가상실험실로 묶는 TeraGrid 프로젝트[4]를 수행하고 있으며, 이러한 사이버인프라 기반한 사이언스게이트웨이 프로젝트를 통해 다양한 연구분야를 접목시키는 노력을 기울이고 있다. 국가 차원에서의 노력과 함께 NCSA(National Center for Supercomputing Applications)[5] 등과 같은 미국 대표 국가 슈퍼컴퓨팅센터들은 Cyber Environment, Collaboratory 등의 신조어를 만들어 e-Science 환경을 완성하는데 가세하고 있다.

e-Science는 국내외에 위치한 연구자, 연구장비, 연구정보 등의 연구자원을 사이버 공간에서 공동 활용하며 연구를 수행하는 차세대 연구활동을 말한다. 현재 과학기술자가 활용하고 있는 연구자원 및 연구환경은 개인, 지역, 정책, 분야별 등으로 한정되어 있으며, 심하게는 고립되어져 있다. 이러한 고립적 환경을 공유 및 협업의 환경으로 전환하고 이를 기반으로 과학기술 연구활동을 수행할 수 있도록 만드는 것이 e-



(그림 1) e-Science 소개(MS사, Tony Hey 부사장)

e-Science이다. 이를 위해서는 다양한 분야의 과학기술 연구자, 전산화 및 정책분야 전문가 등의 상호 교류(기획, 요구, 구현, 검증의 순환적 교류)가 필수적이며 국제적 교류를 수반해야 한다. 이러한 배경으로 e-Science를 차세대 융합형 연구라고 표현하기도 한다.

전 세계적으로 e-Science를 국가사업으로 추진하는 배경은 미래 개척 분야이며, 파급효과가 매우 크기 때문이다. e-Science를 국내 또는 국가간 대용량의 협업연구가 요구되는 지구환경, 고에너지물리학, 생명공학, 천문우주, 나노물질 해석 등의 연구분야에 적용할 경우, 연구생산성이 획기적으로 개선된다고 보고되고 있다[6]. 최근에는 e-Science의 적용범위가 순수과학의 범주를 벗어나 자동차, 항공, 선박 등의 산업기술 뿐만 아니라 교육, 국방, 경제 등의 분야까지 확대되고 있다. 초기의 e-Science는 컴퓨팅 중심으로 추진되었으나, 대용량 데이터를 활용하는 중심으로 바뀌고 있다. 그래서 e-Science를 data-centric science란 말로도 표현한다. (그림 1)에 e-Science를 통해 과학기술의 3대 연구방법인 실험, 계산, 이론이 데이터라는 매개체를 이용해서 연결되며, 상호 보완 및 융합이 가능하게 된다는 것을 나타내었다. 투자 규모에서도 미국,

EU, 영국, 일본, 그리고 후발국인 중국 등에서도 e-Science를 차세대 연구환경으로 인식하고 있으며, 연간 1,000억원 이상 투자하고 있다. 기술의 발전 속도에 의하면 e-Science가 수년 내에 보편적인 연구환경으로 활용될 수 있을 것으로 예상되고 있으며[6],[7], 더욱이 국내에서도 1~2년 전에는 생소한 용어인 e-Science가 대학원 교과과정에 포함될 만큼 보편화되고 있는 시점이다.

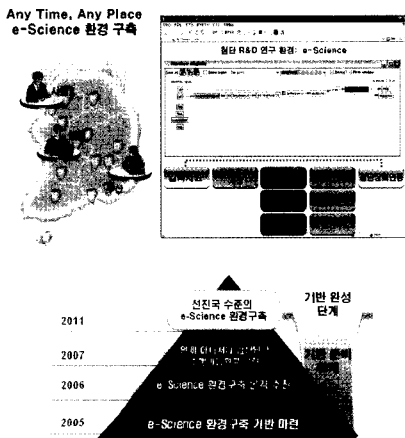
우리나라의 e-Science 활동은 다양하게 진행되어 왔으며, 2005년도에 과학기술부 주관의 국가 e-Science 구축사업이 착수됨에 따라 본격적으로 추진하게 되었다. 국가 e-Science 구축사업은 그동안 정보통신부에서 추진한 국가 그리드 기반구축사업과 첨단 과학기술연구망, 슈퍼컴퓨터 및 첨단 연구장비 등의 인프라를 기반으로 차세대 연구개발 환경을 구축하기 위하여 추진되었다. 2007년도 국가 과학기술하부구조 보고서에 우리나라의 e-Science 미래 추진방향을 찾을 수 있다. 전 세계적으로 e-Infrastructure, 사이버 인프라스트럭처가 추진되고 있으며, 그 결실을 보고 있다. 이제는 이를 활용하는 연구환경인 e-Science를 통해 그 결실을 맺을 때가 되었다. 본 원고에서는 해외 사례와의 비교 및 실제 사례

를 통해 우리나라의 e-Science 현재와 발전방향을 조명해보고자 한다.

## 2. 국가 e-Science 구축 사업

국가 e-Science 구축사업의 추진은 다수의 정부 정책과제 결과를 기반으로 진행되었다. 2003년도에 과학기술부는 e-Science 타당성 조사 연구[6]를 수행하였으며, 2004년도에 국가과학기술자문회의는 e-Science 수요조사[7]를 진행하였다. 타당성 조사는 다수의 해외 선진 사례를 조사 분석하였으며, 국내의 환경과 비교 평가함으로써, 중장기적 e-Science 추진의 기반을 마련하였다. 수요조사는 슈퍼컴퓨터 또는 첨단 연구장비를 공동활용하는 연구자를 대상으로 수행하였으며, 조사 결과 국내 연구자의 80% 이상이 2010년 이내에 e-Science 환경 활용을 요구하고 있는 것으로 조사되었다.

이러한 정책 보고서에 기반하여 과학기술부는 2005년 3월에 국가 e-Science 구축사업 기본계획[8]을 발표하였다. 국가 e-Science 구축사업의 목표(그림 2)는 2011년까지 선진국(미국, 영국, 일본, 독일) 수준의 e-Science 환경을 구축하는 것이다.

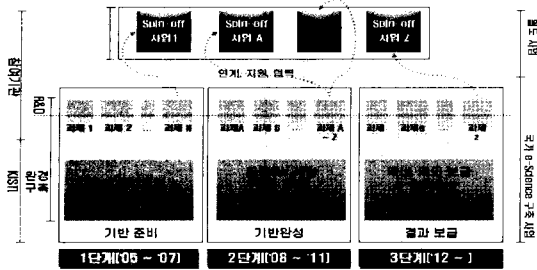


(그림 2) 국가 e-Science 구축사업의 목표

목표를 달성하기 위한 추진전략으로 선진국에 비해서 늦게 출발하여 부족한 국내 여건을 강화하는데 중점을 두었다. 중점 추진 항목은 e-Science 환경구축을 위해 필요한 핵심기술의 개발 및 확보, 대표적 과학기술분야의 e-Science 시범환경구축 완성 및 서비스, 그리고 e-Science의 인식제고 유관 분야와의 연계 등을 위한 포럼을 구성하여 추진하는 것이다. 이것이 완료되면, 과학기술분야의 연구자가 e-Science 환경에 상시적으로 접속하여, 새로운 연구환경을 경험하게 될 것이며, 언제 어디서나 첨단 연구장비(슈퍼컴퓨터, 초고전압투과전자 현미경 등)를 활용하게 되며, 협업연구가 보다 활성화될 것이다. 국가적으로 보면, 국내에서 처음으로 차세대 연구환경을 구축하게 되며 새로운 개념의 연구를 수행할 수 있는 인프라를 제공하게 되는 것이며, 해외 선진국에 비해 뒤쳐진 연구환경을 개선하여 국가 경쟁력을 강화하는데 기여하게 될 것이다.

또한, 구축된 연구환경은 국제 표준에 맞게 재사용이 가능하도록 웹서비스 형태로 개발되고 있으며, 일부에서는 이를 국제적으로 선도하고 있다. 더불어, 환경구축 분야도 확대하고, 구축된 e-Science 환경은 미국, 유럽, 일본 등의 e-Science 환경과 호환 및 상호 활용할 수 있도록 협력을 추진하고 있다. 이러한 전략들을 통해 2011년 선진국 수준의 e-Science 환경의 기반이 완성될 뿐 아니라, 이후에 유사과학기술분야에서 e-Science 환경을 구축할 때 보다 쉽게, 편리하게, 적은 예산으로 e-Science 환경을 구축하게 될 것이다. 이러한 노력은 국가차원에서 계속적으로 진행하여, (그림 3)과 같이 국가 e-Science 구축사업을 기반으로 다양한 사업으로 확대발전시킬 예정이다.

e-Science 환경구축에 있어서 무엇보다 중요한 것은 활용하는 사용자의 요구에 기반하여 진행되어야 하며, 구축된 환경은 해당분야의 연구자들이 활용하여 실제 연구를 수행할 수 있어야



(그림 3) e-Science 발전 및 확대발전 전략

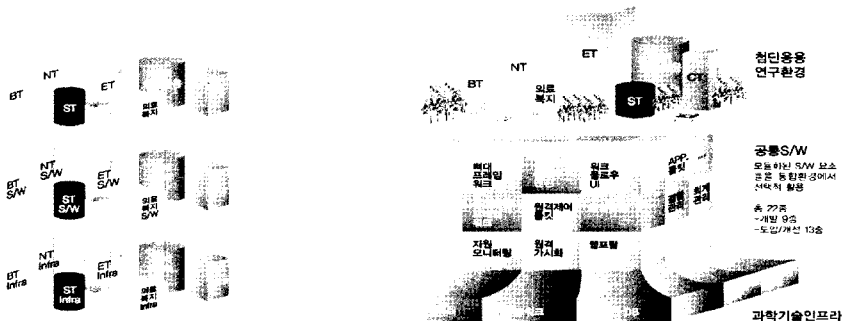
한다. 이를 위해 국가 e-Science 구축사업에서는 과제제안에서부터 과제 완성까지 다양한 전략을 도입하여 추진하고 있다. 그 예가 IT전문가가 각 전문분야에 반드시 참가하는 것이다. 이에 대하여, 일반 연구자와의 협력창구가 개설되어 있으며, 이 글을 빌어서 많은 분들의 협조를 요청하고자 한다.

국가 e-Science 구축사업의 핵심기술 개발은 (그림 4)와 같이 특정한 응용분야에만 적용되는 것이 아니라, 각 응용분야의 요구조건과 수행환경을 분석하여 모든 응용에서 활용될 수 있도록 개발된다. 대표적으로 다중분산컴퓨팅기술 (HTC: High Throughput Computing), 가시화 기술 등이 있다.

이러한 핵심기술 개발 노력은 국제적으로 대표적인 사업들에서 유사하게 진행되고 있다. 예로, 미국에서는 NMI(NSF Middleware

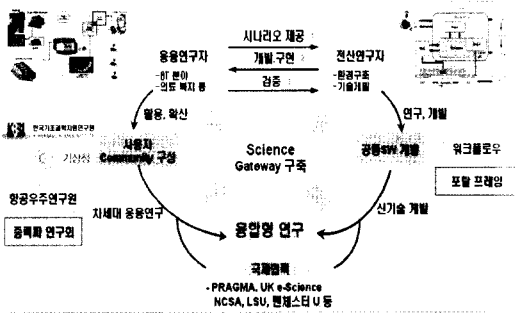
Initiative), 영국의 OMII(Open Middleware Infrastructure Initiative), 일본의 NAREGI (NAtional REsearch Grid Initiative) 등이 대표적이다. 각 국가에서 국가 대표로서 이러한 핵심 기술을 개발하는 것은 국내의 추진 현황과 유사하다. 대부분의 국가에서는 수 십개의 e-Science 응용환경을 구축 중에 있으며, 각 사업별로 유사한 기술을 경쟁적으로 개발하고 있다. 이러한 단점을 보완하고 장점을 부각할 수 있도록 국가에서 각 과제별로 필요한 기술을 통합하여 개발하고 보급하는 노력을 기울이고 있다. 이를 통해 예산절감과 향후 확대 발전의 계기를 마련하고자 한다. 이러한 노력이 가능한 것은 e-Science를 전 세계적으로 차세대 연구환경으로 인식하여 국가 차원에서의 주도적으로 추진하고 있으며, 더불어 핵심기술의 개발이 국제적으로 표준화가 완성되어 많은 상황에서 국제표준을 통한 기술선점을 통한 리더 및 수익 등의 부가가치를 창출할 수 있기 때문이다.

우리나라가 추진하는 국가 e-Science 구축사업에서 개발하는 핵심기술은 후발국으로서 큰 특징을 가지고 있다. 해외의 경우, 기존에 개발된 핵심기술을 응용환경에 적용하는 노력을 기울이고 있다. 이러한 것은 실제 연구자가 활용할 경우에, 재구성해야 하는 어려움이 있고 추가예산에 있어서도 초기비용이 매우 크게 발생함을



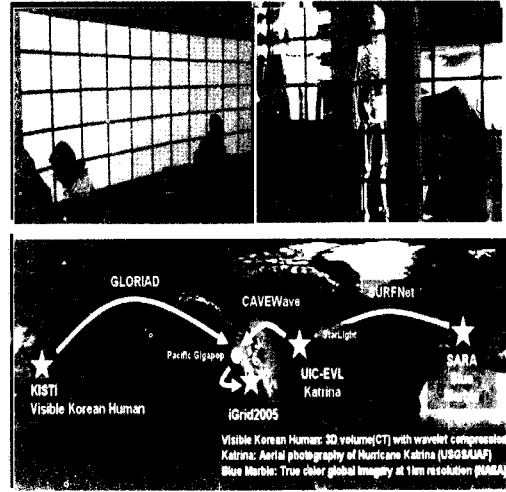
(그림 4) 핵심기술 개발전략 및 구성도

볼 수 있다. 몇 가지 경우에는 연구과제뿐만 아니라 종료되어 결과가 사장되기도 한다. 따라서, 본 과제에서는 이러한 문제를 해결할 수 있도록 사용자의 요구와 아주 밀접히 연계하고 있다. (그림 5)에서 보는 것과 같이 응용연구자는 기존의 연구환경에서 불가능했던 요구조건을 제시하고 이를 전산분야의 연구자가 개발을 수행하게 된다. 개발된 결과는 응용연구자에 의해 다시 검증되어 완성도를 높인다. 개발된 환경에 대해서 전산분야 연구자는 도출된 핵심기술을 국제 수준으로 개발하게 되며, 응용연구자는 해당분야의 연구그룹에 확대 적용하는 노력을 동시에 진행한다.



(그림 5) 핵심기술개발과 응용환경 구축과의 관계도

국가 e-Science 구축사업은 2005년도에 착수 하였음에도 불구하고 우수한 결과를 다수 창출 하였다. 대표적으로 원격가시화를 위한 핵심기술을 자체개발하였으며, 이를 통해 아태지역에서는 유일하게 미국 NSF의 OptIPuter 프로젝트에 공식파트너로 참가하고 있다. 더불어, 개발 및 구축된 e-Science 환경을 이용하여 한국, 미국, 네덜란드 등이 참여하는 원격협업 환경연구의 시험을 성공적으로 수행하였다(그림 6). 이때에 세계 최초로 구축된 10기가 국제협업 네트워크인 GLORIAD(Global Ring Network for Advanced Application Development)의 도움이 큰 역할을 하였다.



(그림 6) 국제 공동의 연구성과 대모

### 3. 전문 분야별 e-Science 환경구축

e-Science 연구환경은 최근 들어 실제적인 연구로 전환되어 성과를 도출하고 있다. 전 세계에 흩어진 수 백만개의 컴퓨터를 이용하여 신약 후보 물질을 도출하는데 성공하였고, 지구 관측자료를 공동활용하여 국민 복지에 기여하고, 해저의 생태계를 실시간 모니터링하면서 연구를 하여 불가능한 연구가 가능하게 되었다. 더불어, e-Science 라는 용어도 영국에서 출발하여, 독일, 이탈리아, 미국, 대만 등의 다양한 국가에서 사용하기 시작했으며, 최근 일본에서는 차세대 연구환경사업으로 e-Science 사업을 기획하고 있다. 본 논문에서는 국내의 대표적인 e-Science 연구환경을 소개하고 발전전략을 논의해보고자 한다.

#### 3.1 고에너지물리 e-Science 연구환경 구축 및 활용

고에너지 물리학(HEP, High Energy Physics)은 물질의 근본 구성 입자들간의 상호 작용 연구를 통해 궁극적으로 우주 탄생의 비밀을 밝히는 학문이다. 고에너지물리 실험에서 생산하는 데이터 양은 기존의 전산자원의 개념으로 처리하는 것이 불가능하다. 그 예로, 2008년에 시작하는 유럽입자물리연구소(CERN)의 대형강입자

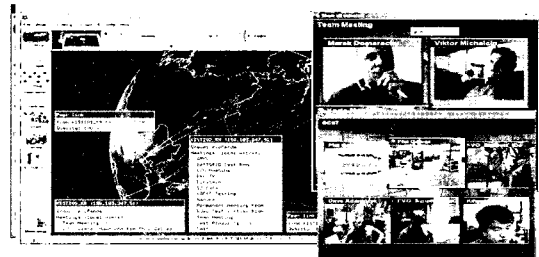
충돌기(LHC, Large Hadron Collider)의 CMS (Compact Muon Solenoid) 실험을 들 수 있다. CMS 실험에는 2,000여명의 연구진들이 참여하며, 생산되는 데이터 양도 연간 수 PetaByte에 달할 예정이다. 그리하여 고에너지물리 분야에서는 데이터 그리드라는 개념을 기반으로 e-Science를 도입하게 되었다.

고에너지물리 e-Science 연구환경은 데이터 센터를 구축하여 데이터가 생산되는 외국의 가속기 연구소에 있지 않더라도 언제나 어디서나 실제 가속기 연구소에서 고에너지물리 연구를 수행하는 것과 같은 연구환경을 만드는 것이다. 원격지에서도 국내 미 보유 가속기 연구소에서와 같은 고에너지물리 연구를 가능케 하는 것을 e-HEP(High Energy Physics)이라고 부르며, 그 구성 요소로서 1) 데이터 생산, 2) 데이터 프로세싱, 3) 데이터 협업연구가 있다. 데이터 생산은 원격 제어시스템을 활용하여 원격으로 데이터 생산에 참여하는 것이며, 데이터 프로세싱은 그리드 팜을 활용하여 작업을 언제나 어디서나 수행하는 것이다. 데이터 협업연구는 EVO(Enabling Virtual Organization) 시스템을 활용하여 연구자들이 공동 협업 환경을 이용하여 그 결과물을 출판하는 것이다. 이러한 개념을 유럽 입자공동물리연구소(CERN) ALICE(A Large Ion Collider Experiment) 실험 및 미국 페르미연구소 CDF(Collider Detector at Fermilab) 실험에 구현하여 연구에 활용한다. 실제로, 데이터 생산으로는 KISTI 원격제어실을 구축 중이며 향후 국내·외 연구자가 활용될 예정이다. 데이터 프로세싱으로는 LCG(LHC Computing Grid) 팜, ALICE Tier2 센터 및 Pacific CAF(CDF Analysis Farm)를 구축 운영하며, 전 세계 ALICE 실험 연구자 및 CDF 실험 연구자 수천명이 활용 및 활용예정에 있다. 데이터 협업연구로서는 EVO(Enabling Virtual Organization) 시스템의 서버를 KISTI에 구축하며 국내 연구



미국 페르미연구소 CDF실험 제어실 KISTI 원격제어실

(그림 7) 페르미연구소 CDF실험제어실과 KISTI 원격제어실



(그림 8) EVO 모니터링 및 EVO 시스템

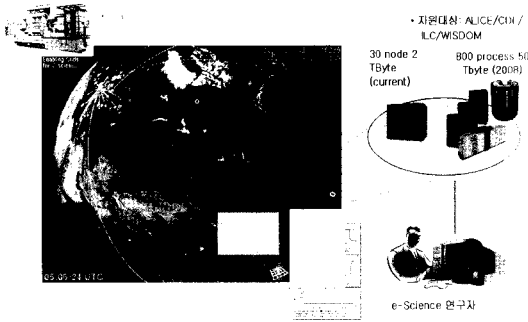
자 200여명이 활용 중에 있다.

국제협력에 있어서도 프랑스 CNRS(과학연구소)와 MoU를 맺어 한(KISTI)-불(IN2P3) 국제연합실험실(LIA)을 구축하고 있으며, 유럽 CERN과 과기부와와 KISTI ALICE Tier2 구축 관련 MoU를 맺고, ALICE Tier2 센터로서 WLCG(Worldwide LHC Computing Grid) 협력 연구에 공식적으로 가입하게 되었다. 2007년도에 ALICE Tier2 센터를 구축하고 총 15,786개의 작업을 처리하였으며, 그 중 14,982개의 작업이 성공적으로 처리되어 작업 성공률<sup>1)</sup> 95% 유지하고 있다. 그 이외에도 KISTI-미국 페르미연구소 CDF 실험간 MoU 및 공동연구, 대만 아카데미 시카 등과 협력을 통한 국제공동연구를 추진하고 있다.

고에너지물리 e-Science의 발전 방향은 기존의 전 세계에 분산된 데이터 팜들이 그리드화 될 것이라는 예상속에 진행되고 있다. 그리드로 활용되고 있는 팜들은 상호 호환을 이룰 것이며,

1) 작업성공률은 다음처럼 정의 된다.

작업성공률 = (job 수행성공수/job 수행수) X 100 %



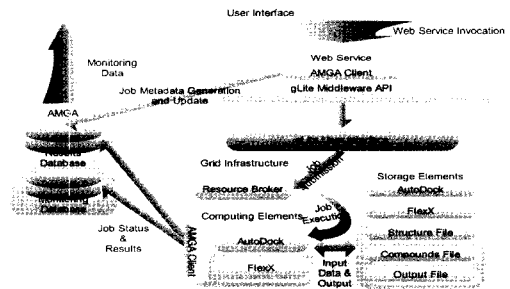
(그림 9) ALICE Tier 2 센터 구축 및 활용

각 그리드 팜은 대용량 저장장치와 연동되는 기술을 가질 것이다. 예로서, CDF 실험은 2006년부터 전 세계 분산된 팜을 세계의 큰 지역의 그리드로 구성한 Grid CAF를 운영하고 있다. 세계의 큰 지역의 팜 이름은 North America Farm, European Farm, Pacific Farm으로 이루어져 있다. 2008년부터 사이트가 큰 그리드 팜에 대용량 저장 장치 및 전송장치를 포함하는 CGCC(CDF Grid Computing Center)로 발전할 예정이다. 그 후보 사이트로서 프랑스의 IN2P3, 이탈리아의 CNAF, 한국의 KISTI를 들고 있다. 일본 등도 유사한 방향으로 진행하고 있으며, 국내에서도 이러한 해외 동향과 방향을 맞추어 진행될 예정이다.

### 3.2 의생명과학 e-Science 연구환경 구축 및 활용

의생명과학분야의 대표적인 사례로 WISDOM (Wide In Silico Docking on Malaria)은 EGEE 프로젝트를 통해 구축된 대형 그리드 인프라를 이용하여, 대규모의 단백질 결합(protein docking) 계산을 수행해 신약 후보 물질을 탐색하는 EGEE의 대표적인 응용 연구이다. 수익성이 낮다는 이유로 신약 개발 대상에서 외면되어 온 말라리아 등의 질병과, 최근 전 세계적으로 사회 이슈화되고 있는 조류 독감 등의 질병을 대상으로 대규모 단백질 결합 계산을 이용해 새로운 신약 후보 물질을 찾는 대규모 데이터 챌린지

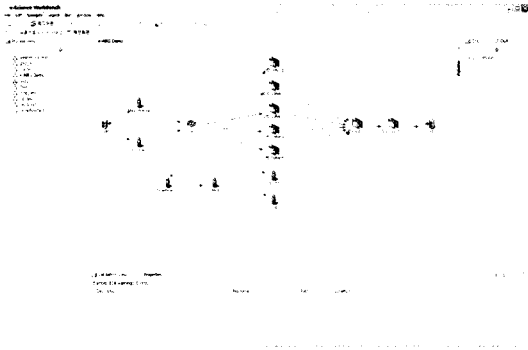
가 수행되었다. 2005년 7월과 8월, 2006년 10월부터 12월까지 말라리아를 대상으로 데이터 챌린지를 수행하여 50만개의 화합물 중에서 30개의 신약 후보 물질을 성공적으로 선별하였고, 현재 전남대의 김도만 교수 연구팀에서 인 비트로 실험을 성공적으로 마친 상태이다. 조류독감 바이러스에 대한 목표 단백질에 대해서는 2006년 4월부터 6월까지 수행한 데이터 챌린지 실험을 통해 308,585개의 화합물 중 2,250개의 신약 후보 물질을 선별하였고, 이 중 308개의 후보 물질에 대한 인 비트로 실험을 마친 상태이다. WISDOM 프로젝트는 지금까지 수행한 데이터 챌린지를 통해서 그리드를 이용한 대규모 신약 물질 탐색 기술이 앞으로의 신약 물질 탐색 연구에 효과적으로 응용될 수 있다는 것을 증명하였다. 지금까지의 경험을 바탕으로, 그리드 기반 가상 신약 물질 탐색 방법을, WISDOM 관련 연구자들뿐만이 아니라, 신약 개발에 관련된 연구자들이 e-Science 연구환경에 대한 지식이 없어도 그리드의 방대한 자원을 사용하여 신약 물질 탐색을 할 수 있도록 하는 사용자 환경을 제공하기 위한 연구를 계속 진행해 나갈 계획이다.



(그림 10) WISDOM 구축 환경

그리드 기반 대규모 신약 물질 탐색 환경의 개발을 위해 몇 가지 해결되어야 할 기술적인 문제들이 있다. 신약물질 탐색에 가장 핵심적인 역할을 하는 단백질과 리간드, 단백질과 단백질 결합 (protein-ligand, protein-protein docking) 계산

의 경우, 많은 종류의 단백질 및 리간드 구조 데이터를 서로 짝지워 많은 양의 작업을 그리드에서 실행시켜야 한다. 이런 많은 양의 작업을 조직적으로 생성하고 관리하는 기능을 위해 작업의 파라미터 영역 제어 기술(Parametric Sweep Study: PSS) 등이다.



(그림 11) e-Science 통합 워크벤치 프로토타입

아직까지 생물학 분야에서는 대량의 계산에 의한 연구보다는 대량의 데이터를 공유하여 연구에 활용하는 것에 초점이 많이 맞추어져 있고, 생물정보데이터의 양도 고에너지 물리학이나 핵융합, 기상과학이나 항공공학 연구 등의 물리과학(physical science)에 비해 많지 않아 그리드를 이용한 연구가 크게 요구되지 않았다. 그리드 연구가 진전됨에 따라서 점차 대량의 계산 및 저장 장치 자원을 사용하는 것이 크게 복잡하고 어렵지 않은 작업으로 개선되어 가고, 계산량이 방대하여 지금까지의 컴퓨터 기술이나 자원만으로는 해결이 불가능하다고 여겨졌던 생물정보학 문제들이 그리드 기술을 비롯한 분산 컴퓨팅 기술을 이용한 방법으로 풀릴 수 있게 되면, 그리드를 이용한 생물정보학 및 계산생물학(computational biology) 문제 해결 방법이 워크플로우 시스템에 통합되어야 할 필요성이 높아질 것이다. 단백질 구조 예측(protein structure prediction)이나 단백질 접힘(protein folding) 연구와 같이 병렬 계산이나 대

량의 작업 실행이 요구 되는 대형 계산 문제들이 그리드 기술과 함께 워크플로우 시스템에 간편하게 통합될 수 있다면 생물정보학으로 해결 가능한 의생명과학 문제들의 범위가 넓어지고, 연구의 생산성이 대폭 향상될 것이다.

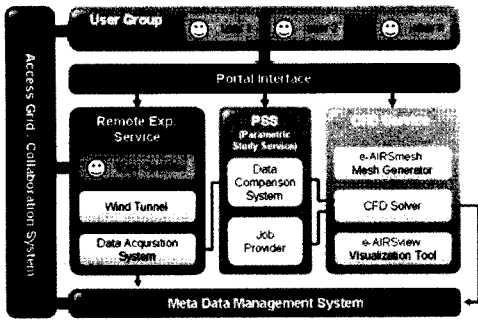
### 3.3 우주항공 e-Science 연구환경 구축 및 활용

우주항공 분야는 분야 간 협력 체계가 중시되는 시스템 통합적 학문으로 공력(aerodynamics), 구조(structure), 추진(propulsion), 제어(control) 등의 다분야의 최첨단 연구 성과를 결합함으로써 항공기 및 우주 비행체를 개발하는 과정이다. 우주항공 분야 연구개발 효율성과 협업을 현실화할 수 있는 대표적인 방안이 e-Science 연구환경이다. 그리드 컴퓨팅에 기반을 둔 방대한 계산 자원, 설비 간 네트워크를 통한 원격실험 연구, 협력 연구 수행 및 연구성과의 공유를 지원할 협업 체계, 그리고 이들 시스템을 하나로 통합하여 서비스화 하는 통합연구 시스템의 구현이 우주항공 분야 e-Science 연구환경 구축의 목표이다.

이들 요구에 부응하기 위한 목적으로 이미 수년 전부터 우주항공 e-Science 환경의 개발이 진행되어 왔으며, 우선적으로 공력분야에 한하여 e-AIRS(e-Science Aerospace Integration Research System)라는 통합연구 시스템이 구축되었다. e-AIRS는 개별 서비스를 통합하는 방식으로 구성되어 있으며, e-AIRS의 주요 서비스로는 CFD(Computational Fluid Dynamics, 전산유체역학) 서비스, 원격 풍동 실험 서비스, PSS(Parametric Study Service) 서비스, 원격 협업 서비스 등이 있다. 이들 서비스는 인터넷 기반의 포털 시스템을 통해 언제 어디서나 연구의 수행이 가능하도록 사용자에게 제공된다(그림 12).

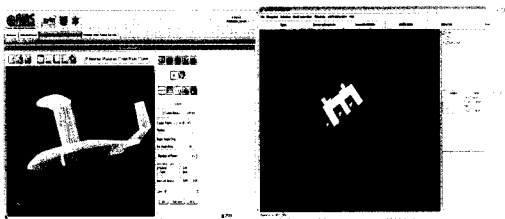
CFD 서비스는 크게 격자생성 서비스, 수치해석 서비스, 모니터링 및 결과 가시화 서비스가 제공되며, 격자 생성 서비스는 수치해석 과정의 첫 번째 단계인 전처리 과정을 서비스하는 것으





(그림 12) e-AIRS 서비스 구성도

로, 웹 포털을 통하여 제공되는 두 가지 응용프로그램(e-AIRSmesh, CAD2mesh)을 활용한다. 해석 대상의 형상을 모델링할 때, 간단한 형상의 경우 e-AIRSmesh에서 기본적으로 제공하는 모델링 기능을 이용하여 구성할 수 있다. 복잡한 형상의 경우에는 CAD2mesh로 전문 CAD 응용 프로그램(CATIA, ProEngineer 등)의 결과를 읽어 들여 e-AIRS에서 활용 가능한 파일 형식으로 전환한 후 격자생성에 사용할 수 있다.



(그림 13) e-AIRSmesh와 CAD2mesh

e-AIRS에서는 전산유체역학 분야에서 사용되는 여러 가지 기법을 적용한 수치해석자가 제공된다. 수치해석자는 높은 정확성을 가지며, 2차원/3차원 형상에 대해서 점성/비점성, 압축성/비압축성, 정상(定常)상태/비정상상태 등의 옵션을 제공한다. 또한 자동으로 계산영역을 분할하여 병렬처리를 수행할 수 있도록 되어 있다. 또한, e-AIRS에서는 물체의 형상에 따라 project를 설정하고 그 하위에 유동 조건에 따라

case를 생성하는 형태로 연구수행의 체계화를 도모하였다. 각 case는 수치해석 결과와 원격실험 결과를 갖게 되며, case의 선택만으로 결과의 산출 과정과 수치해석-실험 결과 비교를 쉽게 수행할 수 있다.



(그림 14) 수치해석 결과 예시

그 이외에도 e-AIRS 환경에서 산출된 연구 결과를 가시화하는 e-AIRView 기능, 포털 인터페이스를 통하여 풍동이 있는 연구소를 직접 방문하거나 상주하지 않으면서도 풍동 실험을 수행할 수 있는 원격풍동활용 기능이 있으며, 파라미터스터디를 지원하는 HTC(High Throughput Computing) 및 다자간 협업 기능 등이 있다.

이상과 같이 우주 항공 분야에서의 e-Science 연구환경 개발은 e-AIRS의 개발을 통해 일차적인 성공을 거두었다고 할 수 있다. 이러한 성과를 바탕으로 향후의 발전 방향은 크게 성능 확장과 사용자층 확대의 두 가지 차원에서 수립되어야 할 것이다. 기능 향상의 측면에서는 앞서 언급한 바와 같이 시스템의 확장성과 적응성을 높이는 측면에 주안점을 두는 것이 필요하다. 보다 다양한 문제의 해석을 위한 여러 가지 수치해석자의 탑재, 전·후처리기의 기능 강화, PSS와 같은 통합·비교 연구 서비스의 다변화, 워크플로우를 이용한 연구 수행의 편의성 증대, 연구자간 공유 데이터베이스의 구현과 확장 등이 예상된다. 사용자가 쉽게 자신의 수치해석자를 탑재할 수 있도록 한다면, 개별 사용자에게 특화된 연구환경의 제공도 가능할 것이다.

이러한 성능 확장은 우주 항공 분야 내에서는

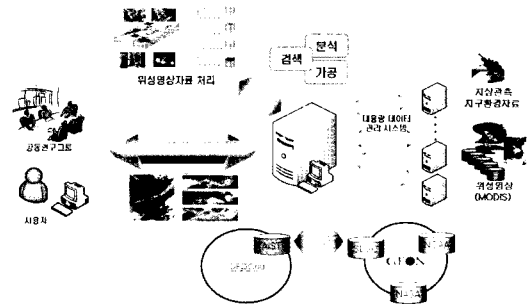
공력뿐만 아니라 구조, 제어, 추진 등으로 연구 분야를 넓혀가는 것을 전제로 하며, 이러한 연구 분야 확장이 실현되면 비행체 설계, 형상 최적화, 가상 모의비행 테스트, 대규모 해석 문제의 수행 등이 가능하리라 예측된다. 한편으로는 우주항공 분야에 그치지 않고 다른 공학 분야로의 확장도 추진될 수 있으며, 건설·토목, 조선, 기계공학 등 공학 분야는 일반적으로 우주항공 분야와 연구 방법이 유사하므로 직접적인 확장이 가능하다. 건설 분야에서 분산·공유형 연구환경 구축 사업을 진행하는 KOCED(Korea Construction Engineering Development Collaboratory Program)와 e-AIRS의 제휴가 대표적인 사례가 될 것이다.

사용자층 확대의 측면에 있어, e-AIRS는 교육용도와 연구용도를 구분하여 노력을 경주해왔다. 교육 현장에서의 강의·실습 활용은 e-AIRS의 인식을 넓히는 계기가 되었다. 연구용 e-Science 환경은 사용자와 생산자가 동일한 집단에 속해 있다는 특성상, 사용자층의 확대가 시스템의 발전과 직접적인 연관이 있다. 연구자원의 확장과 연구설비의 공동활용은 연구그룹 간의 공감대가 형성되어야 가능하며, 시스템 자체의 성능향상도 사용자 요구의 feed-back 과정에서 도출되기 때문이다. 사용자층의 확장을 위한 노력의 일환으로, 우주항공 분야에서는 Korea Aerospace-Net이라는 이름으로 대학, 연구원, 대학의 공동 연구환경 구축을 위해 노력하고 있다. 중장기적으로 이러한 저변 확장은 시스템 기능 확장을 통해 다시 사용자층을 늘리는 선순환 구조를 만들어 낼 것으로 기대된다.

### 3.4 GeoScience 연구환경 구축 및 활용

한국은 교토의정서 상에 개발도상국으로 분류되어 기후문제를 해결하는 노력에 관심을 등한시 하였으나 이젠 세계 10위의 경제규모와 세계 9위의 온실가스 배출국으로써, 지구 사회의 일원으로서 역할을 할 때가 되었다. 물론 앞서 언급

한대로 총리 산하 범정부적인 기후변화 대책위원회를 꾸리고 종합대책을 추진해 왔으며 이를 통해 온실가스 배출량 관리시스템을 구축하고 기업의 자발적 온실가스 감축 기반을 확충하는 등 많은 성과를 거두어 왔다. 하지만 아직도 지구 온난화 기후변화 감시와 지구온실가스 측정 및 분석을 위한 체계와 전략이 부족하다.



(그림 15) GeoGrid 개발 시스템 개요

따라서 현시점에서 다양한 국내의 지구관측분야별 자료의 관리 및 제공을 통하여 관련 연구분야에서의 활발한 활용이 가능할 수 있는 대규모 환경 구축이 무엇보다도 시급하다. 즉, 관련 기관간의 긴밀한 협업 연구 환경 조성, 자원과 자료의 공유를 위한 시스템 개발 등의 전략적 계획과 함께 국가차원의 지속적인 지원이 필요하다. 이러한 지구환경 자료들은 개별 대학이나 연구기관이 독자적으로 보유, 관리하기가 힘들며 그리드 기반 연구환경 구축 및 서비스 제공 기술 개발을 통한 자료의 체계적 정리 및 공유가 필요하다.

이를 위해, 국내·외의 여러 위성으로부터 획득한 위성영상, 지상 관측 등을 통한 지구환경 관측자료, 지리 정보 등의 데이터를 그리드를 통하여 효율적으로 처리하고 이를 효과적으로 활용하여 서비스 할 수 있는 e-Science 기반 웹 환경을 구축, 둘째 지구 온난화 분석, 미세먼지/황사 분석, 지구 자원 분석 등과 같은 분야에서 위성사진 및 지구환경자료를 이용한 서비스 제공

을 위해 미국, 일본에서 운용하고 있는 지구환경 관측 자료 및 위성사진에 대한 공유 플랫폼을 국내 환경에 맞게 적용하고 시범 운용이 필요하다. 다음으로 지구과학자 및 정책 결정자들에게 지구온난화, 이산화탄소량 및 미세먼지량 등의 지구환경정보와 자원개발 및 활용 등에 정확하고 방대한 지식정보의 신속한 처리 및 서비스를 제공할 수 있는 시나리오를 개발하여 국내외의 여러 지구관측 위성으로부터 획득한 위성영상 등의 자료를 효율적으로 관리, 공유, 처리하여 전송할 수 있는 응용 서비스를 위한 위성영상 처리 기반기술을 연구한다. 결론적으로 GeoGrid를 한국의 e-Science 연구환경 구축의 대표 응용 분야 중의 하나로 발전 및 확산시켜 협업 환경에서의 연구 효율성 증대와 관련 연구 분야의 시너지 효과를 높일 수 있는 새로운 지구환경서비스 창출에 기여한다.

GeoScience 연구환경 구축내용은 첫째, GeoGrid 웹 환경 구축을 위해서는 위성영상 및 지상관측 자료관리/사용을 위한 유저인터페이스를 설계/개발하며 iGEON[9] 플랫폼을 활용한 웹 서비스 기반을 구축한다. 이를 통하여 데이터 검색 및 데이터 카탈로그 서비스 기능이 제공된다. 둘째, 지구환경 위성영상 자료처리 기반 기술을 확보하기 위하여 iGEON 환경에 적합한 JAVA 기반 위성영상 처리 모듈을 개발한다. 위성영상 처리 기술은 1단계 전처리 기술(방사보정, 기하보정, 레지스트레이션)에서부터 분석 기술(필터링, 분류, 향상), 응용 기술(영상 융합, 3차원 지형 분석, 변화 탐지)에 이르기까지 사용자 요구에 맞게 단계적으로 개발한다. 이러한 영상처리 결과를 효과적으로 보여주기 위한 가시화 모듈도 아울러 개발한다. 셋째, 환경분야 응용 서비스 개발 및 커뮤니티 활성화를 위하여 지상 관측자료(미세먼지, 이산화탄소) 수집 및 분석 기술을 발전시키며, 이 역시 지상관측 자료 분석 결과의 효과적인 가시화 기법 연구가 병행

된다. 또한 유저들의 효과적인 응용 및 협업 연구를 위하여 환경 분야 응용 워크플로우를 개발한다. 마지막으로 지속적인 서비스 유지 그룹 확보 및 커뮤니티 활성화를 통하여 방대한 지구 환경정보를 공유 및 교환하고 활발한 지식 교류를 하기 위한 포털 환경의 장을 마련하고자 한다.

현재 개발 진행 중인 GeoScience 웹 포털 환경은 유저들의 요구를 지속적으로 반영하여 보다 발전된 시스템으로 구축될 것이며, 이를 다른 종류의 대단위 데이터 모델에 적용함으로써 국가 대형자료 공유에 대한 유기적인 네트워크를 형성하는 통합 e-Science 시스템 구축에 기여할 수 있다. e-Science 네트워크를 통한 각 국가 또는 기관 간 협력 관계 구축을 통하여 연구자원 및 정보가 상대적으로 취약한 연구 기관 및 학교에 대한 포털 연구 환경을 제공함으로써 국가 연구 역량의 극대화를 기대할 수 있다.

그 파급 효과로써 대용량 위성 및 지상 관측 자료의 공동 연구 및 공동 활용에 소요되는 연구자들의 사회·경제적 비용의 감소와 연구자들 간의 과학 기술 자원의 공유 및 원격지에서의 협업을 통한 연구 개발 시간이 단축된다. 본 시스템은 GeoGrid 기반 정보 제공을 통한 지구 환경 모델링이 가능한데 지구 환경 모니터링, 국내 및 국제 협력 기관과 연계한 지구시스템 모델링 등으로 연구 내용을 확장 발전시킬 수 있다. GeoScience 환경은 기본적으로 지구과학 관련 연구자를 지원하도록 개발될 것이며 지구온난화, 이산화탄소량, 미세먼지 확산 등의 연구를 지원하고, 분산된 연구 자원의 공유 및 연구 복합 공간을 창출할 것이다. 이는 연구의 체계적인 관리를 추가함으로써 관련 연구 분야 시너지 효과를 증대시킬 수 있다.

#### 4. 결론

본 원고에서 한국의 e-Science의 현재와 미래를 조명하고자 하였으며, 국내에서 처음으로 추

진된 국가 e-Science 구축사업(과학기술부)과 기술개발 현황 및 e-Science 연구환경을 소개하였다. 서두에서 언급한 것처럼 미국 및 영국 등에서는 e-Science를 차세대 연구환경으로 인식하고 적극적인 투자를 통해 자국의 연구환경을 개선시키고자 노력하고 있다. e-Science의 궁극적 목표는 지역간, 연구분야간, 자원간의 제약없는 협업이 가능하도록 하여, 연구생산성을 획기적으로 개선하는 것이다. 다양한 보고서에 의하면 사례적용을 통해 그 가능성이 검증되었으며, 이를 통해 과학기술 뿐 아니라 사회과학 분야에 까지 적용을 넓히고 있는 것이 사실이다.

e-Science의 분야별 발전은 서두에서 언급한 것과 같이 두 가지 대표 주제로 축약될 수 있겠다. 우선, 데이터 집약적인 학문으로의 발전이며 그 예로, 고에너지물리학, 의료분야 및 GeoGrid 분야가 될 것이다. 데이터의 전송을 원활히 하기 위해서도 고속의 네트워크 자원이 필수적으로 요구된다. 두 번째로 컴퓨팅 중심의 e-Science 환경이다. e-AIRS와 같은 항공우주 e-Science 환경이 그 대상이 되겠으며, 이 분야에서는 다중 분산처리(파라미터 서치 연구 등)가 중요한 이슈가 될 것이다. 따라서, 전 세계의 컴퓨팅자원을 연결하면 수천만개의 파라미터를 동시에 제출하여 연구를 수행할 수 있게 되고, 이에 따른 연구생산성을 극대화 할 수 있을 것으로 기대된다. 더불어, 국내외에 분산된 연구자간의 협업활동을 가능하게 하는 가상협업활동(예: 액세스그리드, 오피포탈 등)이 있다.

국가 e-Science 구축사업은 2005년도부터 착수되어, IT와 과학기술연구활동의 융합이라는 새로운 주제에 대해서 많은 성과를 도출하였다. e-Science 성공의 핵심은 응용연구자와 IT 연구자가 긴밀한 결합을 통해 재사용이 가능하고, 과학기술연구자에게 도움이 되는 환경을 구축하는 것이다. 다행히 우리나라는 IT가 세계적 수준이고, 추진되는 e-Science 사업이 해외와 비교하여

적절한 방법으로 수행되고 있어서 최소한의 시간에 외국과 경쟁할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 더욱이 우수한 과학기술인프라를 기반으로 하고 있는 우리나라의 큰 성장동력이 될 것으로 기대된다.

본 원고에서 언급된 연구활동 이외에도 국내에서는 다양한 연구가 진행되고 있다. 건설교통분야의 KoCED 사업, 의료 복지 분야의 u-Health 사업 등이 있음을 언급하고자 하며, 이러한 활동이 국가 차원에서 유기적 연계를 갖고 계획대로 추진된다면 2010년 한국은 세계에서 가장 앞선 선도적인 e-Science 연구환경을 보유하게 될 것이며, 그 혜택은 과학기술자 뿐 아니라 대학, 산업체, 일반 국민에게로 돌아갈 것이다. e-Science는 세계적인 추세이며, 우리가 세계의 중심에 있어야 할 우리의 큰 기대주임을 강조하며 원고를 마치고자 한다.

## 참고문헌

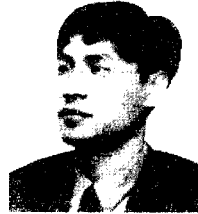
- [1] Frans de Bruine, The European Union policy on th Grid prospects for the future, 2001
- [2] <http://www.eu-egee.org/>
- [3] Daniel E. Atkins 등, Revolutionizing Science and Engineering Through Cyberinfrastructure (2003)
- [4] <http://www.teragrid.org>
- [5] <http://www.ncsa.uiuc.edu/>
- [6] 과학기술부, e-Science 구축방안 연구 (2003)
- [7] 국가과학기술자문회의, e-Science 국내 연구환경 영향평가 및 추진타당성 조사연구 (2004)
- [8] 과학기술부, 국가 e-Science 구축사업 기본 계획(2006)
- [9] [www.geongrid.org](http://www.geongrid.org)

### 저자약력



**조금원**

1993년 인하대학교 항공우주공학과(학사)  
 1995년 KAIST 항공우주공학과(석사)  
 2000년 KAIST 항공우주공학과(박사)  
 2000년~현재 한국과학기술정보연구원(KISTI)  
 응용연구개발팀장, 환태평양 e-Science  
 협의체(PRAGMA) 운영위원,  
 한국전산유체공학회 이사  
 관심분야 : e-Science, 그리드 및 병렬 컴퓨팅,  
 CFD(전산유체역학)



**김종암**

1988년 서울대학교 항공우주공학과 학사  
 1990년 서울대학교 항공우주공학과 석사.  
 1997년 Princeton University 항공우주공학과 박사  
 1991년~1992년 KIST 시스템공학연구소 연구원  
 1997년~1998년 Stanford University Center for  
 Turbulence Research 연구원  
 1998년~현재 서울대학교 기계항공공학부 교수  
 관심분야 : CFD, 그리드 컴퓨팅, e-Science  
 이 메 일 : chongam@snu.ac.kr



**양영규**

서울대학교 농공학 학사  
 서울대학교 도시계획학 도시및지역계획박사  
 (미)TEXAS A&M UNIV. 원격탐사 공학박사  
 현 경원대 IT대학 교수



**조기현**

1981년 2월~1985년 2월 연세대학교 물리학과 이학사  
 1985년 3월~1987년 2월 연세대학교 물리학과 이학석사  
 1991년 8월~1996년 5월 University of Colorado, Boulder  
 물리학과 Ph.D.  
 1992년 1월~1996년 5월 University of Colorado, Boulder,  
 연구조교  
 1992년 9월~1995년 9월 Cornell University, Visting Feilow  
 1996년 5월~1996년 10월 University of Colorado Boulder,  
 박사후연구원  
 1996년 10월~2001년 5월 University of Tennessee,  
 Knoxville 박사후연구원  
 2001년 6월~2006년 4월 경북대학교 초빙교수  
 2006년 5월~현재 KISTI 책임연구원  
 관심분야 : CDF, HEP Data Grid, e-Science  
 이 메 일 : cho@kisti.re.kr



**김진철**

1997년 2월 한국과학기술원 물리학 학사  
 1999년 2월 포항공과대학교 물리학 석사  
 2005년 2월 포항공과대학교 물리학 박사  
 2005년 3월~2007년 9월 경북대학교 고에너지  
 물리 연구소 연구원  
 2006년 1월~2007년 9월 유럽입자물리연구소(CERN)  
 CMS 검출기 데이터 획득 시스템 개발  
 프로젝트(The TriDAS project) 연구원  
 2007년 10월~현재 한국과학기술정보연구원 선임초청연구원  
 관심분야 : 분산 컴퓨팅, 과학 기술 계산, 그리드 컴퓨팅,  
 대형 실험 장비의 공유 및 원격 제어 기술,  
 생물정보학  
 이 메 일 : Jin.Cheol.Kim@kisti.re.kr



**변옥환**

1979년 2월 한국항공대학교 통신정보공학과(학사)  
 1985년 2월 인하대학교 전자공학과(석사)  
 1993년 8월 경희대학교 전자공학과(박사)  
 1978년 9월~1999년 10월 KIST/SERI, ETRI(실장/책임연구원)  
 1999년 11월~현재 한국과학기술정보연구원(KISTI)  
 초고속연구망부장, 슈퍼컴퓨팅인프라개발실장,  
 e-Science사업단장  
 1997년 4월~1998년 4월 미국 UIUC/NCSA 초빙연구원  
 현재~한국정보처리학회 이사, 한국 e-Science포럼 부의장,  
 UST 겸임교수  
 관심분야 : e-Science, 고성능연구망, 그리드컴퓨팅,  
 첨단협업연구  
 이 메 일 : ohbyeon@kisti.re.kr