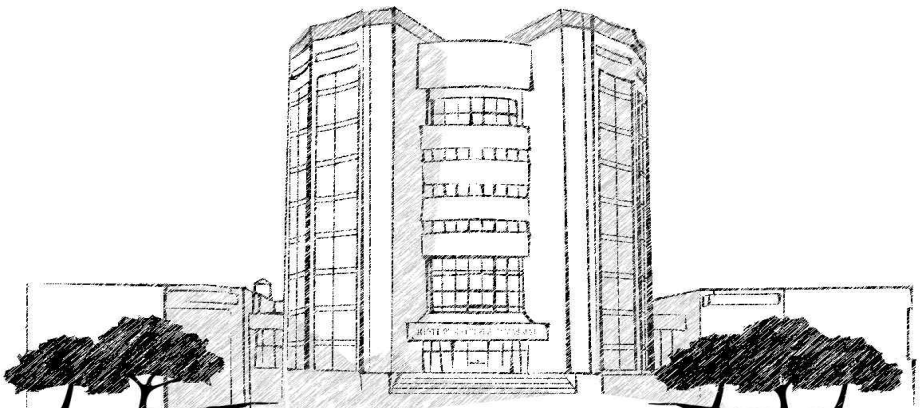
ISBN 978-89-6211-569-7

UK e-Science 현황 조사 보고서

2010. 10.



KISTI 차세대연구환경개발실

이 종 숙

목 차

요 약

- UK 과학 및 기술 장비 이사회 (STFC) 현황 ---------- 2
- STFC 이사이언스 센터 (STFC e-Science Center) ---------- 7
- National Grid Services @ STFC RAL ---------- 12

본 문

- UK 과학 및 기술 장비 이사회 (STFC) ---------- 16
- STFC Rutherford Appleton Laboratory (RAL) ---------- 25
- STFC 이사이언스 센터 (STFC e-Science Center) ---------- 27
- National Grid Services @ STFC RAL ---------- 35

UK 과학 및 기술 장비 이사회(STFC) 현황
- 요 약 -

□ 개요

- UK 과학 및 기술 장비 이사회(Science and Technology Facilities Council)는 과학기술 분야를 총괄하기 위해 경영, 혁신 및 기술부문으로 구성된 독립적인 공공기관임

  ※ UK 과학 및 기술 장비 이사회(STFC)는 UK 국가연구자문 이사회(Research Councils UK, 예산: £2.8 billon)의 7개 이사회 중 하나임

  - URL : http://www.scitech.ac.uk/
  - 예산 : £787 millon(2008-2009) & £491 millon(2009-2010)
  - 인력 : 2,200명 이상
  - 소재지 : 영국 내외 7개 지역 7개 기관에서 분산 운영됨 (본원: Wiltshire)
  - 조직구성 : STFC는 관리기관이며, UK 과학혁신부 장관이 임명한 이사장 (Prof. Keith Mason), 집행위원회(Executive Board)와 운영위원회(Operations Board) 임원으로 구성됨

[UK 연구회 조직 구성도]

- STFC는 2007년 4월 1일 입자 물리학 및 천문학 연구이사회(PPARC), 중앙연구소 연구자문이사회(CCLRC)와 공학 및 물리과학 연구이사회(EPSRC)의 핵물리 프로그램(Nuclear Physics Program)을 통합한 조직임

  ※ PPARC : Particle Physics and Astronomy Research Council
  ※ CCLRC : Council for the Central Laboratory of the Research Councils
  ※ EPSRC : Engineering and Physical Sciences Research Council

- 다양한 기초과학 분야의 과학자들이 최고의 연구를 통해 사회 및 경제적으로 지대한 영향을 미칠 수 있는 혁신기술 개발, 당면문제해결, 새로운 비즈니스 창출 등을 할 수 있도록 지원하는 과학 중심 기관임

□ 미션

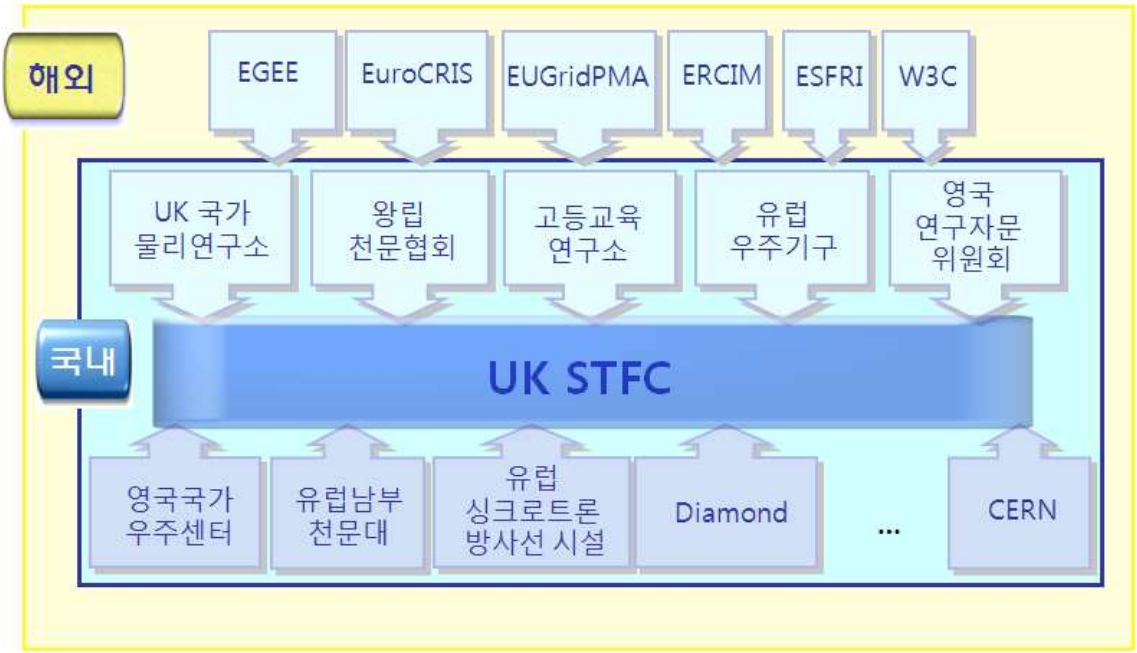
- 기본 전략, 응용연구 프로그램, 시설, 기술적인 전문지식 개발 및 제공으로 높은 수준의 과학/공학 연구 촉진 및 지원
- 천문학, 입자 물리학, 우주과학 및 핵 물리학 분야의 고품질 및 전략적인 응용연구, 훈련 등을 통한 과학/공학 연구 촉진 및 지원
- UK 국가경쟁력 강화 및 국민 삶의 질 향상에 기여할 수 있도록 숙련된 연구자 및 연구 결과의 활용을 통한 지식 및 기술의 발전 촉진 및 지원
- 연구 결과 홍보, 지식 전파, 조언 제공, 대중과의 소통 기회 제공 등을 통한 대중의 과학 기술에 대한 인식도 제고

□ 역할 및 기능

- 대학의 천문학, 입자 물리학, 우주과학 및 핵 물리학 분야 연구비 지원, 대학원생 교육 및 훈련을 통한 직접적인 대학의 연구 지원
- UK내 보유한 세계적 수준의 장비인 ISIS, 중앙 레이저 시설, 고성능 컴퓨터 등 주요 연구 장비 인프라 운영 및 제공
- 우주 및 지상 기반의 천문학 기술, 마이크로 전자, 웨이퍼 규모의 제조, 입자 및 핵 물리학, 대체 에너지 생산, 무선 통신 및 레이더 등 관련한 과학 기술 전문 지식을 다양한 분야에 제공
- 유럽우주기구, 유럽 남방천문대, 유럽 싱크로트론 방사선 시설, 칠레, 하와이, 라 팔마, 오스트리아 및 MERLIN/VLBI에 위치한 세계적 수준의 장비인 천체 망원경 등 접근 제공

□ 국내외 협력기관 및 사업

- 세계 최고의 과학 기술을 선도하기 위해서 학계, 정부, 산업체 등 다양한 분야의 연구자 및 기관들과 긴밀한 협력 추진
  - UK 내 국가 물리연구소, 왕립 천문협회, 고등교육연구소, 영국국가우주센터, CERN, Diamond, 유럽남부천문대, 유럽우주기구, 유럽 싱크로트론 방사선 시설, 영국 연구자문 위원회 등과 협력
  - Enabling Grids for e-Science(EGEE), EuroCRIS(Current Research Information Systems), European Policy Management Authority for Grid Authentication(EUGridPMA), European Research Consortium for Informatics and Mathematics(ERCIM), European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI), World Wide Web Consortium (W3C) 등 국제기관과 협력



□ 주요 보유 연구 장비

- 중앙 레이저 장비 (Central Laser Facility, RAL 소재)
- 뉴트론 및 뮤온 생산 장비 (ISIS, RAL 소재)
- 계산과학 및 공학 장비 (HECToR, High Performance Computing)
- 중간 에너지 이온 분산 장비, 국립 일렉트론 분광학 및 표면 분석 장비 (Daresbury 연구실 소재)

- 대기, 천문학 및 우주 과학 연구 장비
  - 대기과학 및 라디오 연구를 위한 장비 (Chilbolton 전망대 소재), 망원경 (아이작 뉴턴 그룹, 라 팔마 소재), 합동 천문학 센터 장비 (하와이 소재), 분자 분광학 장비 (RAL 소재), 우주 시험 장비 (RAL 소재), 영국 천문학 기술 센터 장비 (에딘버러 소재)
- 다이아몬드 광원 (Diamond Light Source, RAL 소재)

□ 과학 및 기술 게이트웨이 센터

- 학계 및 산업계의 연구자들과 과학 기반의 협력 및 지식 교류를 제공하는 국가적 차원의 중요한 임무 수행을 위해서 5개의 게이트웨이 센터 운영
  - 검출기 시스템 센터(Detector System Center), Hartree 센터, 이미지 솔루션 센터(Imaging Solutions Center), 재료 디자인 공동 연구소 (Joint Institute for Materials Design), 우주 센터(Space Center)

□ 국가 과학 혁신 캠퍼스 (National Science and Innovation Campuses)

- 목적 : 다양한 과학 및 기술 분야의 공공 및 사설기관 모두가 활용할 수 있는 학제간 협업연구가 가능한 플랫폼 구축 및 제공으로 UK 지식 경제 선도 및 개발로 경제적 효과의 극대화 실현
- 소재지 : Rutherford Appleton Laboratory 및 Daresbury Laboratory (2곳)

□ 연구 분야

삶의 질 향상, 자연계 및 우주계의 기원 등의 연구에 STFC가 보유한 연구 장비들을 이용하여 다양한 분야의 과학 연구 수행 지원

- 천문학 (Astronomy) : 지상 및 우주 기반의 천문학 연구
- 생물학 및 의학 (Biology and Medicine) : 질병 예측 및 치료 연구
- 계산 과학 (Computational Science) : 이론 과학 및 계산 과학 연구
- 에너지 연구 (Energy Research) : 청정 에너지 개발 연구
- 환경 (Environment) : 환경과 관련된 다양한 분야에 대한 연구
- 핵 및 입자 물리학 (Nuclear and Particle Physics) : 핵 및 입자 물리학 연구

- 우주 과학 (Space Science) : 우주에 대한 연구

□ 향후 추진 분야

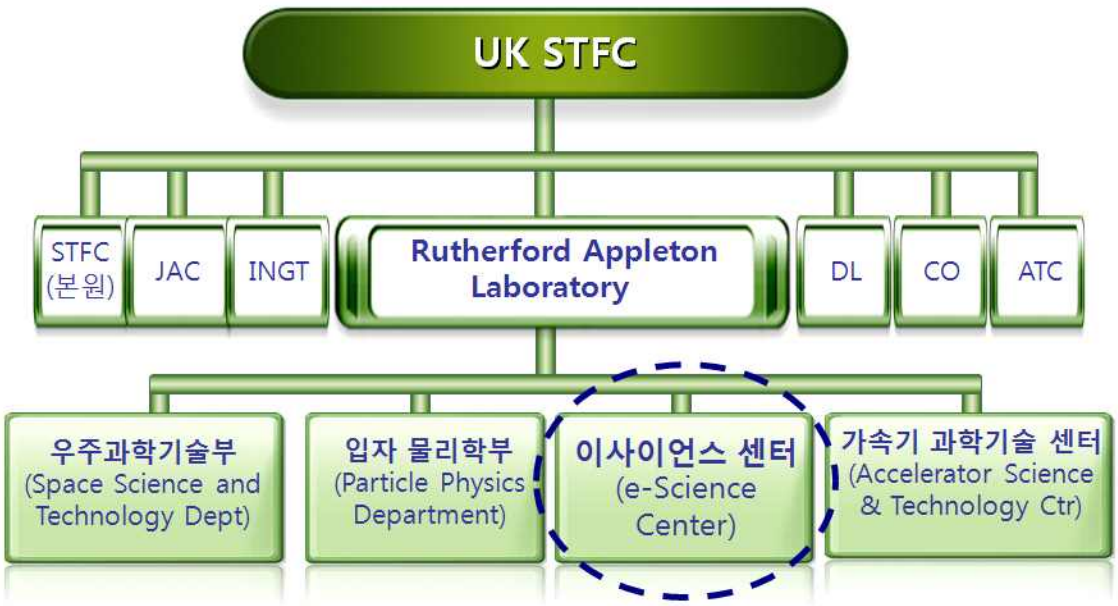
- 에너지 (Energy)
- 환경 변화 (Environmental Change)
- 보안 (Security)
- 생의학 (Biomedical)
- 디지털 경제 (Digital Economy)
- 나노 과학 및 나노 기술 (Nanoscience and Nanotechnology)

UK STFC e-Science 센터 현황
- 요 약 -

□ 개요

- 2009년 재정비된 STFC e-Science 센터(책임자: Dr. Neil Geddes)의 인력은 약 100여명으로 STFC 자체 펀드 및 외부펀드로 운영
- 소재지 : Daresbury Laboratory 및 Rutherford Appleton Laboratory

  ※ STFC RAL은 4개의 조직으로 구성 : 우주과학기술부(Space Science and Technology Department), 입자 물리학부 (Partide Physics Department), 가속기 과학기술 센터 (Accelerator Science and Technology Center), **이사이언스 센터 (e-Science Center)**



- STFC e-Science 센터는 STFC가 추진하는 과학 응용연구를 지원하기 위한
  - 그리드 기반의 응용환경구축 및 기술개발,
  - NGS(National Grid Service),
  - W3C UK 사무소 운영,

- LCG Tier-1 데이터 센터 운영,
- 자연환경연구이사회 (NERC) Data 등 다른 이사회와 연계한 업무 수행

● URL : http://www.e-science.cclrc.ac.uk/

□ STFC e-Science 센터 설립 배경

● STFC 과학 프로그램은 싱크로트론, 위성, 천체 망원경, 레이저, LHC@CERN 등 이기종의 다양한 과학 장비에서 대규모로 생산되는 과학적 데이터의 효율적인 저장, 처리 및 분석을 지원하기 위해 설립

● 향후 지속적인 과학적 데이터의 양 증가 및 복잡도의 급속한 증가는 UK내 물리학을 포함한 다양한 과학 기술 연구에서 해결해야 할 당면 과제임

● e-Science는 이러한 당면과제를 해결 가능하게 하는 핵심 기술 및 인프라로써 STFC에서 추진하고 있는 다양한 과학 프로그램의 성공적 수행을 체계적으로 지원하기 위해 STFC e-Science 센터 설립

□ STFC e-Science 센터의 목적

● UK 물리학 연구 등 다양한 과학 프로그램에서 해결해야 하는 당면 과제 해결을 지원하기 위해 대용량 데이터의 신속한 계산 및 대용량 데이터의 분산 저장 등을 가능하게 하는 컴퓨팅, 스토리지 및 네트워크 자원 제공

● 최첨단의 그리드 기술 등 IT를 기반으로 한 당면과제 해결을 위해 필요한 다양한 문제해결 도구 개발 및 연구자 지원

● 과학 실험 장비, 컴퓨팅 장비, 데이터 장비들에 대한 e-Services 개발 및 제공

● One-stop 이사이언스 서비스 지원 : e-Science 환경에서 성공적인 과학 연구를 수행하는데 필요한 이사이언스 서비스 전체 라이프사이클 지원

※ 이사이언스 서비스의 라이프사이클 :
Background Research --> Idea Generation --> Proposal --> Simulation --> Experimental Design --> Controlled Experiment --> Data Collection --> Data Analysis --> Publication

□ 추진 전략

- 다양한 과학 실험 장비 및 관련한 사용자들과의 긴밀한 협력을 통해서 각종 STFC 과학 연구 프로그램 지원
- UK 학계를 지원하기 위한 가장 막강하고 오랫동안 지속적으로 지원 가능한 과학 지식 소스 창출을 통해서 각종 STFC 과학 연구 프로그램 지원
- 사용자가 과거와 현재의 데이터, 관련 실험 데이터, 출판물 등에 신속하게 접근 가능하게 하여 좀더 많은 데이터 세트를 단시간에 수집 및 정확도가 높은 데이터 분석을 할 수 있도록 지원
- 데이터 관리 및 정확도가 높은 데이터 분석을 가능하게 하는 통합된 인프라 제공을 통한 각종 STFC 과학 연구 프로그램 지원

□ 주요 지원 사업

- **AstroGrid 사업 (http://www.astrogrod.org/) :** 지상 및 우주 기반의 천체 망원경 등 다양한 소스에서 생산된 천체 데이터를 데이터 그리드 기반으로 저장하여 연구자들이 이들 데이터에 쉽게 접근 가능하도록 가상관측소(Virtual Observatory)를 구축하여 2008년 4월부터 서비스 제공
- **GridPP 사업 (http://www.gridpp.ac.uk/) :** UK와 CERN의 물리학자 및 컴퓨터 과학자간의 협력 사업으로 입자 물리 연구를 지원하기 위해서 UK내에 17개 기관을 연동한 분산된 컴퓨팅 그리드를 구축하여 서비스 제공
- RAL에 소재한 CERN의 Tier 1 센터 및 Tier 2 센터 (ScotGrid, NorthGrid, SouthGrid 및 London) 감독

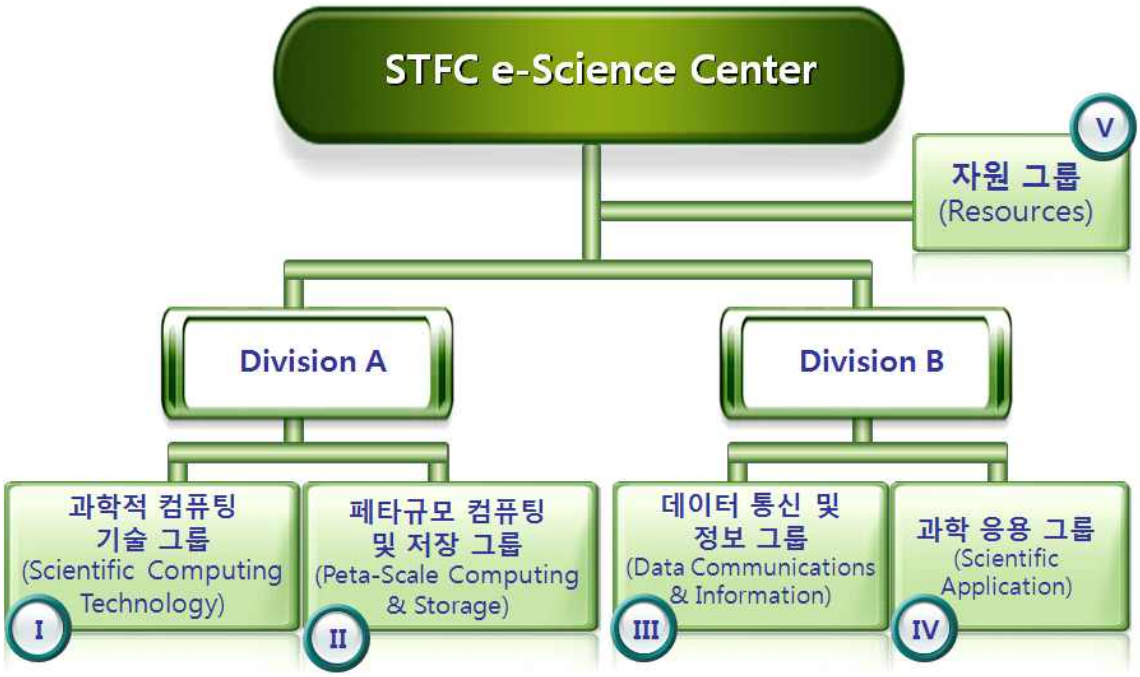
□ STFC e-Science 센터 조직 구성 현황

- STFC 산하 부서(Department)로 STFC e-Science 센터는 2개의 Division 밑에 5개 그룹으로 구성되며, 각 그룹은 여러개의 팀으로 나누어서 운영되고 있음
  - Division A :

- 과학적 컴퓨팅 기술 그룹 (Scientific Computing Technology)
- 페타규모 컴퓨팅 및 저장 그룹 (Peta-Scale Computing and Storage)

• Division B :
- 데이터 통신 및 정보 그룹 (Data Communications and Information)
- 과학 응용 그룹 (Scientific Application)

• 자원 그룹 (Resources) - 센터장 직속그룹



※ 참고 자료

- **National e-Science Center(NeSC) 및 e-Science Institute**
  - NeSC(책임자: Prof. Peter Clarke)는 영국내 여러 e-Science 센터들 간의 허브 역할 수행
  - NeSC의 주요 기능: e-Science 관련한 교육, 훈련, AHM 및 세미나 개최 등 Outreach 프로그램 등 진행
  - STFC 산하 e-Science Center로부터 일부 예산을 지원받고 있음
    ※ 향후 NeSC의 외부펀딩은 어려울 것으로 예측됨
  - e-Science Institute(책임자: Prof. Malcolm Atkinson)는 특정 연구주제(기후변화, Brain 등)에 대해서 자체 및 외부기관과의 공동연구 진행 중
  - 현재 우리와 MoU를 체결한 상태임

- **UK e-Science 센터 운영 현황**
  - 기존에는 UK 내 15개의 e-Science 센터가 운영되었으나, 현재는 6개의 e-Science 센터만이 펀드(자체, 외부)를 받아 운영 중이며, 나머지는 대학에 흡수됨
    ※ 현재 6개 운영 중인 센터 : York e-Science Center, Oxford e-Science Center, Edinburgh e-Science Center, Southhampton e-Science Center, North West e-Science Center, Belfast e-Science Center

UK 국가 그리드 서비스(NGS) 현황 @ STFC e-Science 센터 - 요 약 -

□ 개요

- 2001년 UK e-Science 그리드를 시작하여 2004년 10월부터 상용 수준의 그리드 서비스를 실시하고 있으며, 600명 이상의 과학자들이 그리드 서비스를 활용하여 예전에 풀지 못했던 문제해결 및 문제해결 시간 현저히 단축시킴
- 2009년 현재 국가 그리드 서비스 (National Grid Service) 3단계 서비스를 제공하고 있으며, 2011년부터 JISC (National Academic Mailing List Service)/NGI (National Grid Initiative) 서비스 예정임

  ※ JISC 서비스 : UK내 학계의 협업 활동을 지원하는 메일링 서비스를 통해 제공하는 그리드 서비스
- 책임자: Dr. Andrew Richards (Executive Director of NGS)
- 소재지 : Rutherford Appleton Laboratory

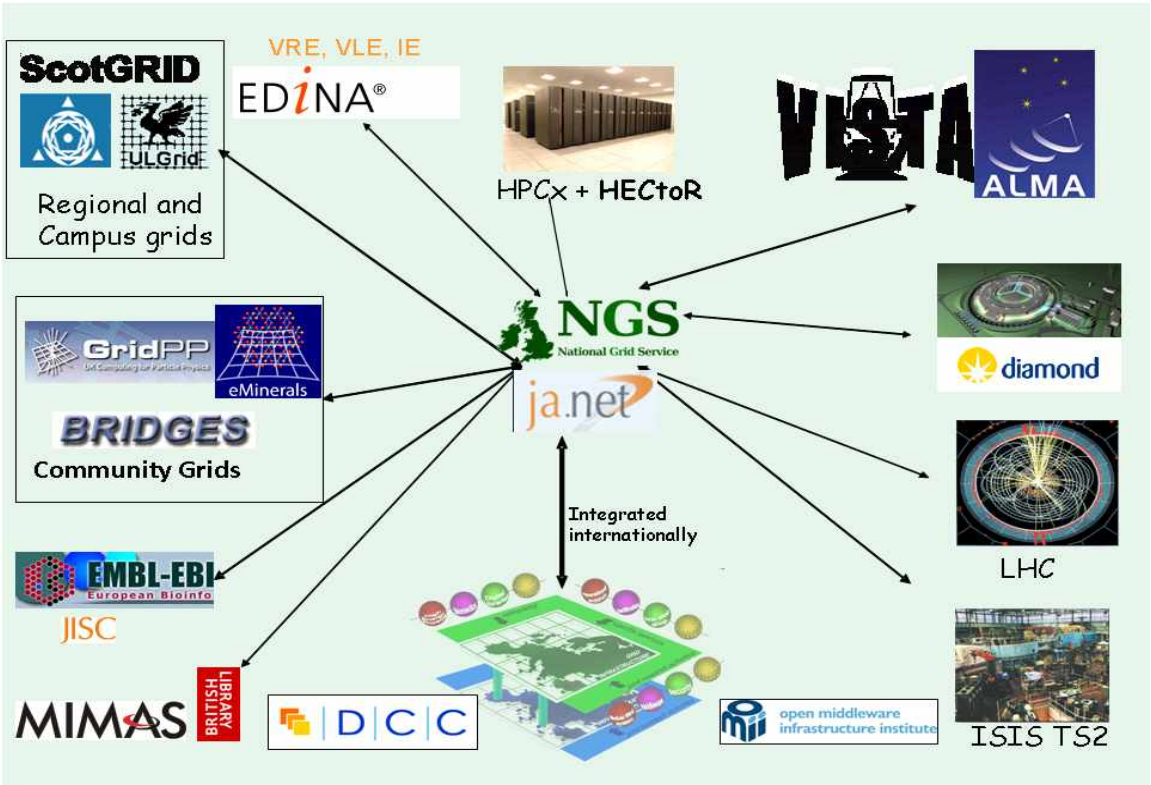
  ※ STFC RAL내 4개의 조직 중 하나인 STFC e-Science 센터에서 제공하는 서비스임
- URL : http://www.ngs.ac.uk

□ NGS의 목적

- UK 연구자들에게 연구자가 소유한 자원이나 위치에 상관없이, 어디서나 그들의 연구에 필요한 계산 자원과 데이터를 이용할 수 있도록 통합 표준을 기반으로 연구자에게 그리드 서비스 제공
- UK내 그리드 형태의 컴퓨팅 자원을 접근 및 활용할 수 없는 학계의 연구자에게 컴퓨팅, 데이터, 네트워크 자원, 각종 과학기술 장비를 상용

수준의 국가 그리드 서비스로 제공하여 e-Science 응용 연구 수행 기회 제공

□ NGS가 지원하는 프로젝트 현황



□ NGS 인프라 사이트 현황

- 약 22 테라플롭스의 고성능 컴퓨터가 NGS 인프라에 연동되어 서비스 되고 있음
  - 핵심 인프라 사이트 (4곳)
    ※ STFC RAL@Oxford, White Rose Grid at the Univ of Leeds, The Univ of Manchester, Univ of Oxford
  - 파트너 사이트 (6곳)
    ※ Cardiff Univ, Univ of Glasgow, Lancaster Univ, Univ of Westminster, Queens's Univ Belfast, HPCx
  - 제휴 회원 사이트 (5곳)

※ Univ of Edinburgh, Keele Univ, National e-Science Center (NeSC), Imperial College London, Univ of Southampton

□ NGS가 제공하는 서비스

- UK 연구자가 NGS가 제공하는 인프라 자원을 아무런 어려움 없이 쉽게 접근하여 연구를 수행 할 수 있도록 17여 종의 다양한 서비스를 제공하고 있음
  - GSI-SSH 터미널 접속 서비스
  - Open CA 서비스
  - 응용 저장 서비스 (Applications Repository)
  - 자원 브로커 서비스 (Resource Broker)
  - 스토리지 자원 브로커 서비스 (Storage Resource Broker)
  - OGSA-DAI 서비스
  - NGS 계정 서비스
  - BDII(Berkely Database Information Index) 정보 서버 서비스
  - MyProxy Upload Tool 서비스
  - Ganglia 모니터링 서비스 및 NGS Inca 모니터링 서비스
  - VOMS (Virtual Organization Membership Service) 서비스
  - Oracle 10g : 대용량 데이터 저장 서비스
  - Grimoires : 서비스 디렉토리에 대한 확장된 UDDI 등록 서비스
  - GridSAM : 작업 제출 및 모니터링을 제공하는 웹서비스
  - SARoNGS : 소속기관의 ID 및 비밀번호를 이용한 접속 서비스
  - NGS Helpdesk : 사용자 지원 서비스
  - 다양한 사용자 교육, 훈련 및 Outreach 프로그램 운영

□ NGS가 지원하는 응용 분야

- 화학 (Chemistry)
- 생물정보학 (Bioinformatics)
- 양자 물리학 (Quantum Physics)
- 천문학 (Astronomy) 및 우주론 (Cosmology)
- 사회 과학 (Social Science) 등

UK 과학 및 기술 장비 이사회(STFC) 및 산하 소속 기관 현황

본 문

UK 과학 및 기술 장비 이사회(STFC)

□ 개요

- UK 과학 및 기술 장비 이사회(Science and Technology Facilities Council)는 UK의 7개 국립 연구 자문위원회 중 하나로 과학기술 분야를 총괄하기 위해 경영, 혁신 및 기술부문으로 구성된 독립적인 공공기관임
  - 이사장 : Prof. Keith Mason
  - URL : http://www.scitech.ac.uk/
  - 예산 : £787 millon(2008-2009) & £491 millon(2009-2010)
  - 연구 인력 : 2,200명 이상

※ UK 국가연구자문 이사회(Research Councils UK, 예산: £2.8 billon)는 7개로 이사회로 구성됨
- 예술 및 인문학 연구이사회 (Arts and Humanities Research Council),
- 생명공학 및 생물과학 연구이사회 (Biotechnology and Biological Sciences Research Council),
- 공학 및 물리과학 연구이사회 (Engineering and Physical Sciences Research Council),

- 경제 및 사회 연구이사회 (Economic and Social Research Council),
- 의료 연구이사회 (Medical Research Council),
- 자연 환경 연구이사회 (Natural Environment Research Council),
- **과학 및 기술 장비 이사회 (Science and Technology Facilities Council)**

● 과학기술장비이사회(STFC)는 2007년 4월 1일 입자물리학 및 천문학 연구이사회(PPARC), 중앙연구소 연구자문이사회(CCLRC)와 공학 및 물리과학 연구이사회(EPSRC)의 핵물리 프로그램(Nuclear Physics Program)을 통합한 조직임

※ 입자 물리학 및 천문학 연구이사회 (Particle Physics and Astronomy research Council)

※ 중앙연구소 연구자문이사회 (Council for the Central Laboratory of the Research Councils)

※ 공학 및 물리과학 연구이사회 (Engineering and Physical Sciences Research Council)

● 다양한 기초 과학 분야의 과학자들이 최고의 연구를 통해 사회 및 경제적으로 지대한 영향을 미칠 수 있는 기술 개발, 당면 문제 해결, 새로운 비즈니스 창출 등을 할 수 있도록 지원하는 과학 중심의 기관임

● 소재지 : 영국 내외 7개 지역의 7개 기관에 분산되어 운영됨

※ **본원 : Science & Technology Facilities Council (Wiltshire),**
Rutherford Appleton Laboratory* (Didcot),
Daresbury Laboratory* (Warrington),
Chilbolton Observatory (Nr Stockbridge),
UK Astronomy Technology Centre (Edinburgh),
Isaac Newton Group Telescopes (Canary Islands, Spain),
Joint Astronomy Centre (Hawaii, USA)

* 국가 과학 혁신 캠퍼스(National Science and Innovation Campuses)로 운영중

□ 미션

- 기본 전략, 응용연구 프로그램, 시설, 기술적인 전문지식 등의 개발 및 제공으로 높은 수준의 과학 및 공학 연구 촉진 및 지원
- 천문학, 입자 물리학, 우주과학 및 핵 물리학 분야의 고품질 및 전략적인 응용연구, 훈련 등을 통한 과학 및 공학 연구 촉진 및 지원
- UK 경제 경쟁력 강화 및 국민 삶의 질 향상에 기여할 수 있도록 숙련된 연구자 및 연구 결과의 활용을 포함한 지식 및 기술의 발전 촉진 및 지원
- 연구 결과 홍보, 지식 전파, 조언 제공, 대중과의 소통 기회 제공 등을 통한 대중의 과학 기술에 대한 인식도 제고

□ 역할 및 기능

- 천문학, 입자 물리학, 우주과학 및 핵 물리학 분야에 대학의 연구비 지원, 대학원생 교육 및 훈련을 통해 직접적으로 대학의 연구 지원
- 영국내 세계적 수준의 장비인 ISIS, 중앙 레이저 시설, 고성능 컴퓨터 등 주요 연구 인프라 운영 및 제공
- 공간 및 지상 기반의 천문학 기술, 마이크로 전자, 웨이퍼 규모의 제조, 입자 및 핵 물리학, 대체 에너지 생산, 무선 통신 및 레이더 등 다양한 분야에 과학 기술 전문 지식 제공
- 여러 곳에 위치한 세계적 수준의 장비인 유럽우주기구(European Space Agency), 유럽 남방천문대(European Southern Observatory), 유럽 싱크로트론 방사선 시설(European Synchrotron Radiation Facility), 칠레, 하와이, 라 팔마, 오스트리아 및 MERLIN/VLBI에 위치한 천체 망원경 등 접근 제공
- 우주 및 지상 기반의 천문학 기술, 마이크로전자공학, 입자 및 핵 물리학, 대체 에너지 생산, 무선 통신 및 레이더 관련한 과학적 및 기술적 전문가 및 기술 제공

□ 조직 현황

- 과학 및 기술 장비 이사회(STFC)는 관리기관이며, UK 과학혁신부 장관이 임명한 이사장(Professor Keith Mason) 밑에 집행위원회(Executive Board)와 운영위원회(Operations Board)의 임원으로 구성

- 집행위원회(Executive Board) 구성 현황
  - Prof Keith Mason - CEO
  - Prof Colin Whitehouse - Director of Campus Strategy and Deputy CEO
  - Prof Richard Wade - Chief Operating Officer and Deputy CEO
  - Mr Gordon Stewart - General Counsel and Director, Corporate Affairs
  - Mrs Jane Tirard - Director, Finance
  - Mr Paul Hartley - Director, Corporate Services
  - Mr Keith Williams - Director, Change Management
  - Mr Terry O'Connor - Director, Communications (Secretary)

- 운영위원회(Operations Board) 구성 현황
  - Richard Wade - Chief Operating Officer (Chairman)
  - Richard Blake – Director Computational Science and Engineering
  - Graham Brooks - Director, Planning
  - Sharon Cosgrove – Director, Strategy
  - Mike Dunne - Director, Photon Science
  - Roger Eccleston - Director, Technology
  - Neil Geddes – Director, e-Science
  - Paul Hartley - Director, Corporate Services
  - Richard Holdaway - Space Science and Technology
  - Norman McCubbin – Director, Particle Physics
  - Terry O'Connor - Director, Communications
  - Mike Poole – Director, Accelerator Science and Technology Centre
  - Ian Robson – Director, UK Astronomy Technology Centre
  - John Simpson – Head of Nuclear Physics

- Gordon Stewart – General Counsel & Director Corporate Affairs
- Andrew Taylor - Director, Facilities Development and Operations
- Jane Tirard - Director, Finance
- Liz Towns-Andrews - Director, Knowledge Exchange
- Colin Whitehouse – Director, Campus Strategy
- Keith Williams – Director, Change
- John Womersley - Director of Science Programmes
- Sharon Bonfield – Secretary

□ 협력기관 현황

- 세계 최고의 과학 기술을 선도하기 위해서 학계, 정부, 산업체 등 다양한 분야의 연구자 및 기관들과 긴밀한 협력을 추진하고 있음
  - UK 내의 물리연구소(Institute of Physics), 왕립 천문협회(Royal Astronomical Society), 고등교육연구소(Higher Education Institute) 등을 포함한 49개 대학에 720개의 연구과제에 연구비 지원

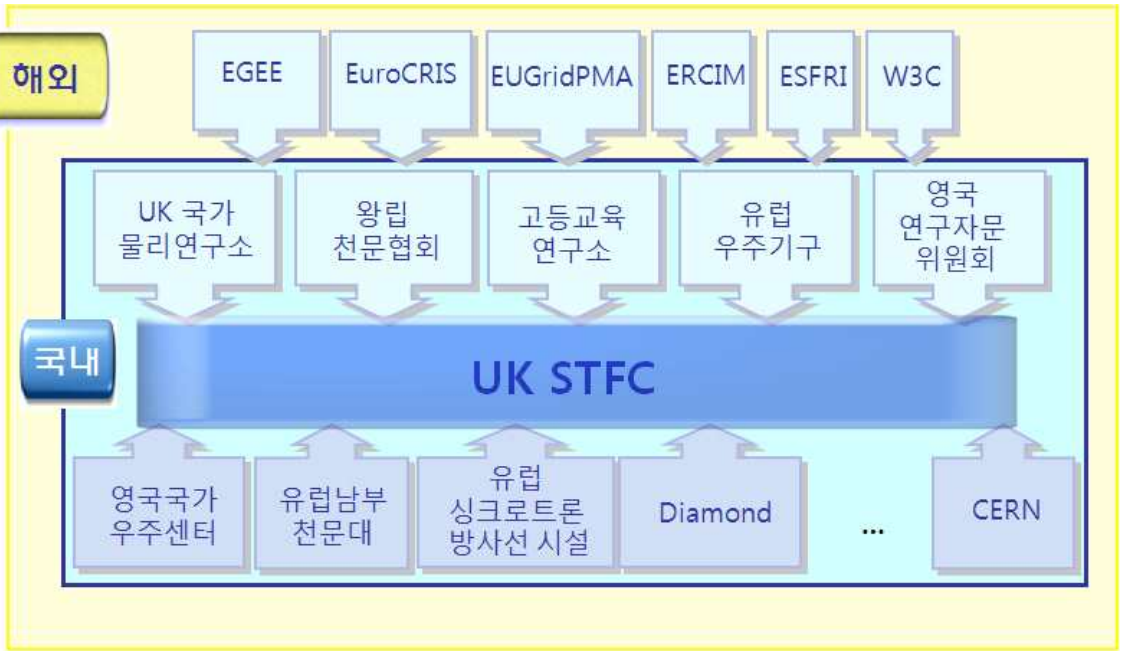
- 영국내 협력기관
  - 영국 국가우주센터(British National Space Centre): 우주 개척 및 탐험, 영구 우주산업 조정 및 지원을 목적으로 설립되었으며, 10개의 정부부처 및 연구회로 구성됨
  - CERN: 세계 최대 규모의 유럽 핵연구센터로 프랑스-스위스 국경에 위치한 입자 충돌기에 관한한 세계적으로 유명한 기관임
  - Diamond: UK 국립 싱크로테트론 시설에서 생산되는 고초첨의 에너지 빔, 조명의 형태, X-레이, 적외선 및 자외선 밝기 등 광선 그 자체의 본질을 연구하기 위해 설립됨
  - 유럽 남부 천문대(European Southern Observatory): 최첨단의 망원경 및 장비에 접근을 제공하는 범유럽의 천문학 연구기관임
  - 유럽 우주 기구(European Space Agency): 18개의 회원국으로 구성되었으며, 어느 한 국가가 해결할 수 없는 프로젝트를 회원국의 집단 지성을 활용해 해결하는 국제기구임
  - 유럽 싱크로트론 방사선 시설(European Synchrotron Radiation

Facility): 유럽에서 가장 강력한 싱크로트론 방사선 생산 소스로 19개 유럽 국가가 참여하는 공동 사업임

- 영국 연구 자문위원회(Research Councils UK): 영국 연구 자문위원회 내의 7개 위원회와 긴밀한 협력으로 효율성을 향상시키기 위해서 전략적 제휴를 유지하고 있음

● 국제 협력기관

- Enabling Grids for e-Science (EGEE)
- EuroCRIS (Current Research Information Systems)
- European Policy Management Authority for Grid Authentication (EUGridPMA)
- European Research Consortium for Informatics and Mathematics (ERCIM)
- European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI)
- World Wide Web Consortium (W3C)



□ 보유 연구 장비

● 중앙 레이저 장비 (Central Laser Facility, RAL 소재)

● 뉴트론 및 뮤온 생산 장비 (ISIS, RAL 소재) : 물리학, 화학, 재료과학,

지질학, 공학 및 생물학 등 분야에서 뉴트론 및 뮤온을 활용하는 전세계 1600여명의 과학자 지원

- 계산과학 및 공학 장비 (HECToR, High Performance Computing)
- 대기, 천문학 및 우주 과학 연구 장비
  - 대기과학 및 라디오 연구를 위한 장비 (Chilbolton 전망대 소재)
  - 망원경 (아이작 뉴턴 그룹, 라 팔마 소재)
  - 합동 천문학 센터 장비 (하와이 소재)
  - 분자 분광학 장비 (RAL 소재)
  - 우주 시험 장비 (RAL 소재)
  - 영국 천문학 기술 센터 장비 (에딘버러 소재)
- 중간 에너지 이온 분산 장비, 국립 일렉트론 분광학 및 표면 분석 장비 (Daresbury 연구실 소재)
- 다이아몬드 광원 (Diamond Light Source, RAL 소재) : 제3세대 싱크로트론 장비로 생의학, 의료연구, 환경과학, 농업, 광물 탐사, 재료과학, 토론학 등에서 활용되는 자외선과 X-레이를 조합해서 최고의 밝기를 가지는 빛을 생산하는 장비

□ 과학 및 기술 게이트웨이 센터

- 학계 및 산업계의 연구자들과 과학 기반의 협력 및 지식 교류를 제공하는 국가적 차원의 중요한 임무를 수행하기 위해서 5개의 게이트웨이 센터 운영 중
  - 검출기 시스템 센터 (Detector System Center) : STFC 보유의 검출기 및 지식에 기반한 학계 및 산업계의 협력 촉진
  - Hartree 센터 : 에너지, 생면과학, 환경, 재료, 기초물리 등 다분야의 대규모 시뮬레이션 연구 중심
  - 이미지 솔루션 센터 (Imaging Solutions Center) : 컴퓨터 시뮬레이션, 검출기, 데이터 획득 및 분석 등에 One-stop 솔루션 제곤
  - 재료 디자인 공동 연구소 (Joint Institute for Materials Design) : 에너지 응용(저장, 연료세포, 배터리, 태양 에너지) 및 전자 등 새

로운 재료 발견, 특성화 및 이미지화 등 연구
- 우주 센터 (Space Center) : 글로벌 기후 변화 연구, 우주 과학에 대한 새로운 융합 응용, 로보틱스 등 연구 지원

□ 국가 과학 혁신 캠퍼스 (National Science and Innovation Campuses)

- 목적 : 공공 및 사설기관 모두 활용할 수 있고, 다양한 과학 및 기술 분야의 학제간 협업연구가 가능한 플랫폼 구축 및 제공으로 UK 지식 경제의 선도 및 개발로 경제적 효과의 극대화 실현을 목적으로 운영
- 기대효과
  - 새로운 개방 혁신 기술을 촉진할 수 있는 최상의 협업 환경에서 연구 가능
  - STFC가 보유한 최첨단의 각종 과학 연구 장비, 과학 및 기술 전문가와의 협업 연구 가능
  - 다양한 분야의 전문가 및 경험자로 부터의 훈련 가능
  - STFC 산하 기관과의 긴밀한 협력 가능

□ 연구 분야

삶의 질 향상, 자연계 및 우주계의 기원 등에 대한 연구에 STFC가 보유한 연구 장비들을 이용하여 다양한 분야의 과학 연구를 수행

- 천문학(Astronomy) : 지상 및 우주 기반의 천문학 연구
  - 여명(Aurora): 유럽우주기구(European Space Agency)가 수행하는 프로그램의 하나로 화성과 달을 중심으로 태양계에 대한 장기 탐험 연구
- 생물학 및 의학(Biology and Medicine) : 인간을 가장 위협하는 질병들에 대한 거대 규모의 계산 시뮬레이션을 통한 분자 메커니즘의 규명에 대한 연구, 3차원의 실시간 및 정확한 신체 이미지 분석을 통한 질병 예측 및 치료 등에 대한 연구
- 계산 과학(Computational Science)

- 연구 프로그램 : 세계적 수준의 이론 과학 및 계산 과학 연구를 지원하기 위해서 각종 대규모 데이터의 계산, 분석, 예측을 가능하게 하는 고성능 컴퓨팅 서비스 제공
- Scientific Computing : 그리드 및 e-Science 프로그램(GridPP, AstroGrid, GridOneD, National e-Science Center), 고성능 컴퓨팅(High Performance Computing) 관련한 연구
- e-Science and IT : 과학 및 기술 장비 이사회에서는 UK 연구 커뮤니티를 대표하여 최첨단의 장비들을 성공적으로 운영하기 위한 핵심 기술로 e-Science를 기반으로 함

● 에너지 연구(Energy Research) : 온실 가스 배출로 인한 기후 변화 등을 고려한 청정 에너지 개발 및 제공을 위한 연구

● 환경(Environment) : 온실 가스 분자에 대한 연구부터 지구 관측에 이르기까지 환경과 관련된 다양한 분야에 대한 연구

● 핵 및 입자 물리학(Nuclear and Particle Physics) : 핵 물리학 및 입자 물리학에 대한 다양한 연구

● 우주 과학(Space Science) : 기상학, 지구 관측, 대기 과학, 태양전지, 행성 과학, 천문학, 무선통신 등 우주에 대한 연구

□ 향후 추진 프로그램 분야

● 에너지 (Energy)

● 환경 변화 (Environmental Change)

● 보안 (Security)

● 생의학 (Biomedical)

● 디지털 경제 (Digital Economy)

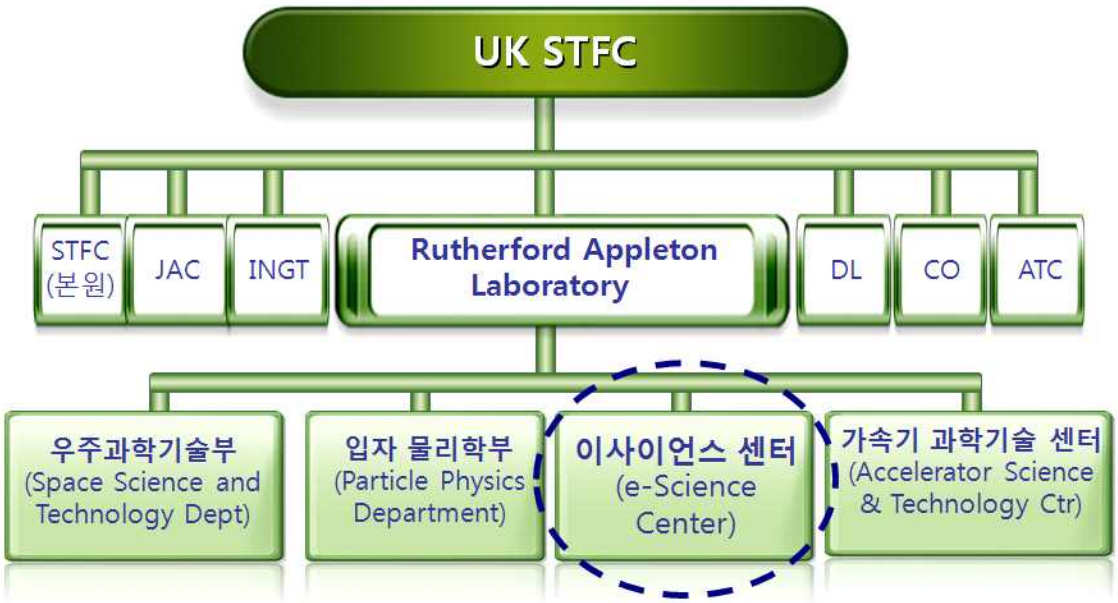
● 나노 과학 및 나노 기술 (Nanoscience and Nanotechnology)

STFC Rutherford Appleton Laboratory (RAL)

□ 개요

- UK 과학 및 기술 장비 이사회(Science and Technology Facilities Council)는 과학기술 분야를 총괄하기 위해 경영, 혁신 및 기술부문으로 구성된 독립적인 공공기관으로 RAL(Rutherford Appleton Laboratory)은 UK내 7개 연구소 중 하나 임
- 소재지 : 옥스퍼드셔 내의 Didcot 근처
- URL : http://www.scitech.ac.uk/About/Find/RAL/Introduction.aspx

□ RAL내 조직 구성 현황



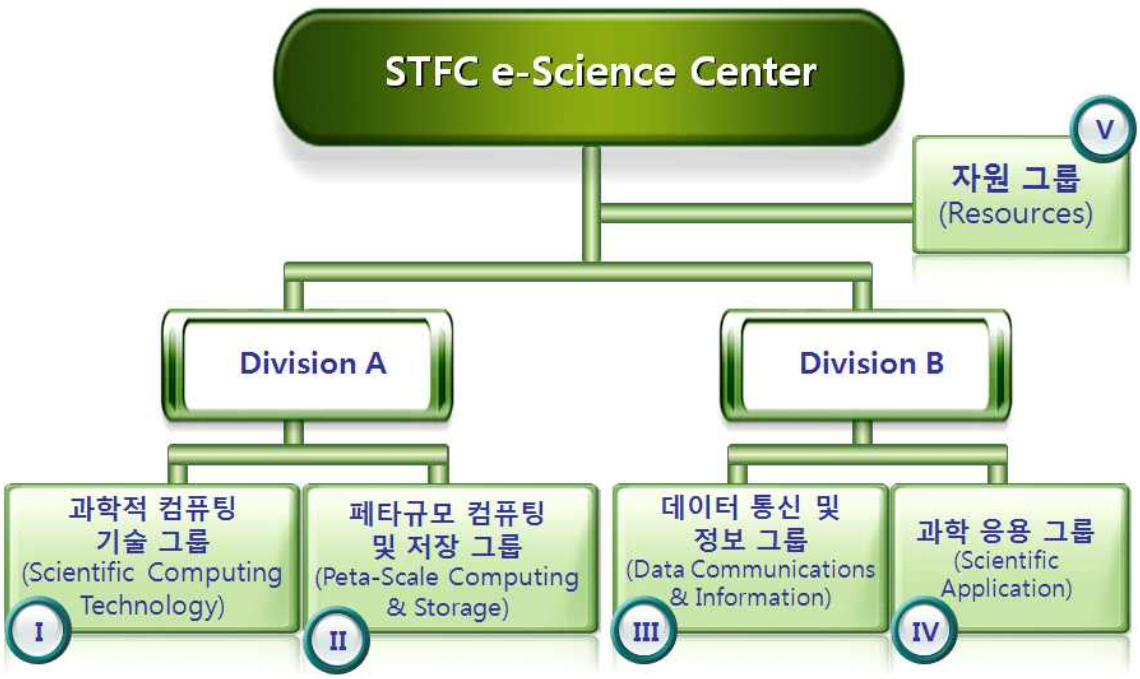
- **우주과학기술부** (Space Science and Technology Department)
  - URL : http://www.sstd.rl.ac.uk/
  - 천문학, 태양 물리학, 천체 물리학, 기초 물리학, 지구 관측, 대기 화학, 라디오 전파 등 다양한 분야의 전문가 200여명으로 구성된 조직

- **입자 물리학부** (Particle Physics Department)
  - URL : http://hepwww.rl.ac.uk/
  - ATLAS, CMS, LHCb. BaBar, nEDM, Dark Matter, T2K 등 대형 검출기 구축, 공학, 컴퓨팅, 데이터 분석, 가속기 등 입자 물리 연구 참여 및 지원을 위해 구성된 조직
- **가속기 과학기술 센터** (Accelerator Science and Technology Center)
  - URL : http://www.astec.ac.uk/
  - 중성자와 양성자에 대한 싱크로트론 소스 등 입자 물리 및 핵 물리 연구를 위한 대형 연구장비를 보유한 가속기 과학기술 전문 조직
- **이사이언스 센터** (e-Science Center)
  - URL : http://www.e-science.cclrc.ac.uk/
  - STFC가 보유 과학 장비인 싱크로트론, 위성, 전자망원경, 레이저 등에서 매일 생산되는 수 테라바이트의 데이터를 이사이언스 서비스 기반에서 효율적으로 저장, 전송, 분석하는데 필요한 인프라 구축, 기술 개발 및 연구자를 지원하는 조직

STFC 이사이언스 센터 (STFC e-Science Center)

□ 개요

- 센터장 : Dr. Neil Geddes
- 소재지 : Daresbury Laboratory 및 Rutherford Appleton Laboratory
- URL : http://www.e-science.cclrc.ac.uk/
- 2009년도 조직 재정비로 e-Science Center의 인력은 약 100여명으로 STFC 자체 펀드 및 외부펀드로 운영 중
- STFC 과학 응용 연구를 지원하기 위한 그리드 기반의 응용 환경구축 및 기술개발, UK NGS(National Grid Service), W3C UK 사무소 운영, LCG Tier-1 데이터 센터 운영, NERC(Natural Environment Research Council)의 Data Center 등 UK 다른 연구이사회와 연계하여 업무 수행



□ STFC 이사이언스 센터 설립 배경

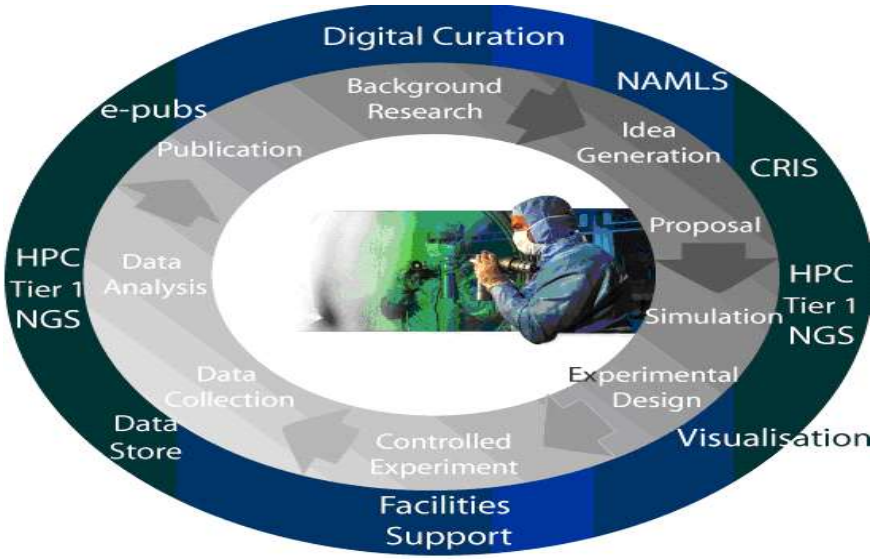
- STFC 과학 프로그램은 싱크로트론, 위성, 천체 망원경, 레이저, LHC@CERN 등에서 생산되는 이기종의 다양한 과학 장비에서 대규모로 생산되는 과학적 데이터의 효율적인 저장, 처리 및 분석에 초점을 맞추고 있음.
- 향후 지속적인 과학적 데이터의 양 증가 및 복잡도의 급속한 증가는 UK내 물리학을 포함한 다양한 과학 기술 연구에서 해결해야 할 당면 과제임.
- 이사이언스는 이러한 당면과제를 해결 가능하게 하는 필수적인 기술 및 인프라로 UK내에서 진행되고 있는 다양한 과학 프로그램의 성공적인 수행을 뒷받침하는 핵심 기술로 활용되고 있음.

□ STFC 이사이언스 센터의 목적

- UK내 물리학 연구 등 다양한 과학 프로그램에서 해결해야 하는 당면 과제 해결을 지원하기 위해 대용량 데이터의 신속한 계산 및 대용량 데이터의 분산 저장 등을 가능하게 하는 컴퓨팅, 스토리지 및 네트워크 자원 제공
- 최첨단의 그리드 기술 등 IT를 기반으로 한 당면과제 해결을 위해 필요한 다양한 문제해결 도구 개발 및 연구자 지원
- 과학 실험 장비, 컴퓨팅 장비, 데이터 장비들에 대한 e-Services 개발 및 제공
- One-stop 이사이언스 서비스 지원 : 이사이언스 환경에서 성공적인 과학 연구를 수행하는데 필요한 이사이언스 서비스 전체 라이프사이클 지원

  ※ 이사이언스 서비스의 라이프사이클 :

  Background Research --> Idea Generation --> Proposal --> Simulation --> Experimental Design --> Controlled Experiment --> Data Collection --> Data Analysis --> Publication



<이사이언스 서비스 라이프사이클>

□ 추진 전략

- 각종 과학 실험 장비 및 관련한 사용자들과의 긴밀한 협력을 통해서 각종 STFC 과학 프로그램 지원
- UK 학계를 위한 가장 막강하고 오랫동안 지속 가능한 과학적 지식 소스 창출을 통해서 각종 STFC 과학 프로그램 지원
- 사용자가 과거와 현재의 데이터, 관련 실험 데이터, 출판물 등에 신속하게 접근 가능하게 하여 좀더 완전한 데이터를 통해서 향상된 분석을 가능하게 지원
- 데이터 관리 및 진보된 분석을 위한 통합된 인프라 제공을 통해서 각종 STFC 과학 프로그램 지원

□ STFC 이사이언스 센터가 제공하는 서비스

- National Grid Services (http://www.ngs.ac.uk) : 이사이언스 연구를 위한 상용수준의 국가 그리드 서비스로 UK내에서 그리드 형태의 컴퓨팅 자원을 접근할 수 없는 학계의 연구자에게 컴퓨팅 및 데이터 자원 및 장비를 제공하는 서비스

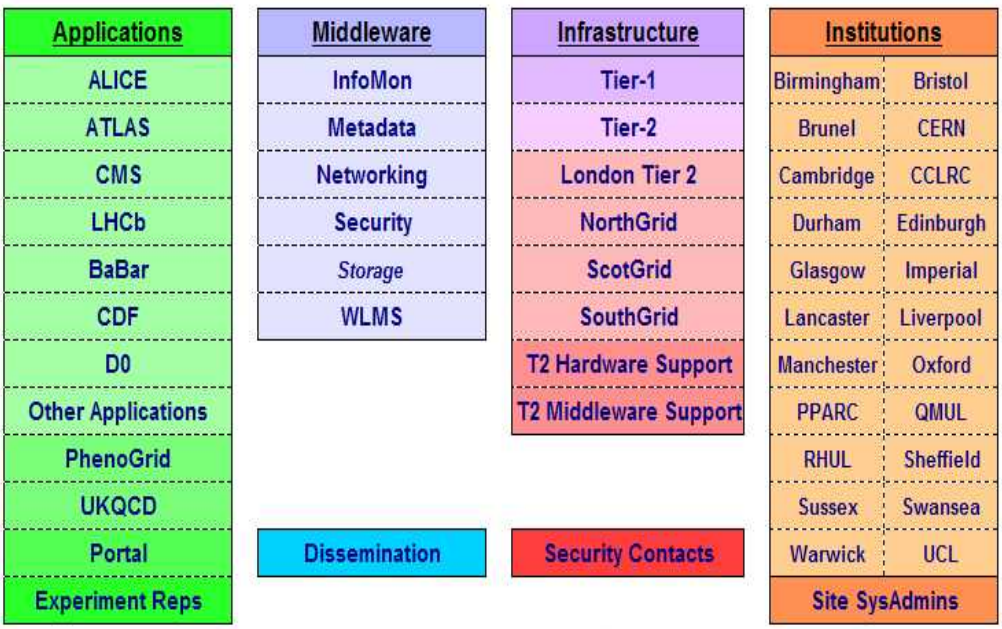
- Atlas Petabyte Storage Service : SRB(Storage Request Broker) 및 다른 그리드 인터페이스를 통한 5 Petabyte의 스토리지 온라인 접근 서비스
- EGEE 서비스 : European 그리드 서비스
- GridPP 서비스 : 입자 물리학 그리드 서비스
- NSCCS (National Service for Computational Chemistry Software) 서비스 : 계산화학 소프트웨어 서비스
- SCARF (Scientific Computing Application Resource for Facilities) 서비스 : 과학 실험 장비를 지원하는 과학적 컴퓨팅 응용 자원 서비스
- MOTT2 서비스 : 미네랄 및 세라믹에 대한 시뮬레이션 지원을 위한 MOTT2라 불리는 클러스터 컴퓨팅 자원 제공 서비스
- e-Publication 및 도서관 서비스 : 전자 출판 파일 보관 및 도서관 서비스
- 인증서 발급 서비스 : UK e-Science 인증서 공식 발급 서비스
- ICAT 포털 서비스 : STFC 데이터 포털 서비스
- Psych 서비스 : MRC(Medical Research Council) 심리 언어학 데이터베이스 서비스
- Tier 1 Computing Service : LHC 및 기타 다른 실험에 대한 UK 입자 물리 연구 커뮤니티에 컴퓨팅 및 데이터 저장 장치 제공 서비스
- HPC Support Service : 안정된 환경에서 상호 운용성을 제공하는 그리드 기반의 지역/기관/국가 자원을 관리하고 제공하는 서비스
- National Academic Mailing List Service (JISCMail) : UK내 학계의 협업 활동을 지원하기 위한 메일링 서비스
- Application Development Service : 고차원의 가시화, 데이터 분석, 과학적 응용의 성능 및 확장성 증대 서비스
- Scientific Database Service : 관계 데이터베이스 설계 및 지원 서비스
- Information Management Support Service : 과학적 주기를 통한 충격을 증대시키기 위한 데이터 및 출판물의 관리 및 접근에 대한 서비스
- Data Curation Service : 과학적 데이터에 대한 보존, 관리, 수집, 보관 서비스

□ 주요 지원 사업

- **AstroGrid 사업**
  - 지상 및 우주 기반의 천체망원경 등 다양한 소스에서 생산된 천체 데이터를 데이터 그리드 기반으로 저장하고 연구자들이 이들 데이터에 쉽게 접근이 가능한 가상관측소(Virtual Observatory) 구축 운영 사업임

    ※ 2008년 4월에 가상관측소 서비스 시작함
  - URL : http://www.astrogrod.org/

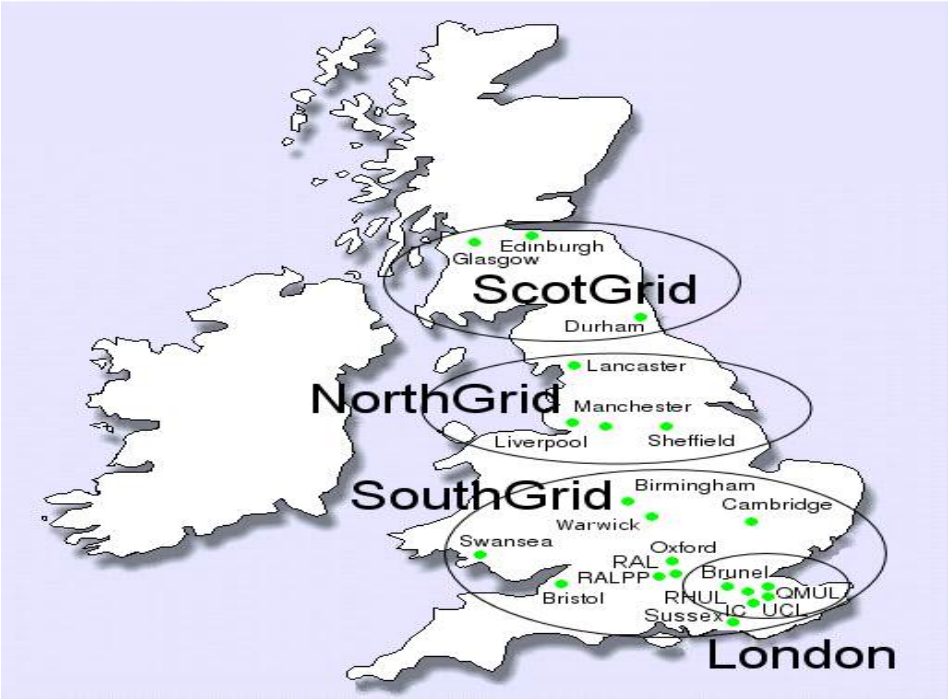
- **GridPP 사업**
  - UK와 CERN의 입자 물리학자 및 컴퓨터 과학자간의 협력 사업으로 입자 물리 연구를 지원하기 위해서 UK내에 17개 기관을 연동한 분산된 컴퓨팅 그리드를 구축하여 제공하는 사업임
  - URL : http://www.gridpp.ac.uk/



<GridPP 사업의 전체 구성도>

※ RAL 소재한 CERN의 Tier 1 센터, Tier 2 센터 (ScotGrid, NorthGrid, SouthGrid 및 London)를 감독하고 있음

※ 1999년 1단계 사업을 시작하여 현재 3단계(2008-2011) 사업을 진행 중이며, CERN의 LHC 컴퓨팅 그리드에 참여하는 전세계 39개국 200여 사이트 중 하나로 전체 30,000개 CPU 중 UK가 10,000개의 CPU를 제공하고 있음



<CERN Tier 2 센터 운영 현황>

□ 각종 과학 장비들 간 상호 운용성이 가능한 장비 인프라 구축을 위한 **공통 핵심 요소(Common Core Components)**

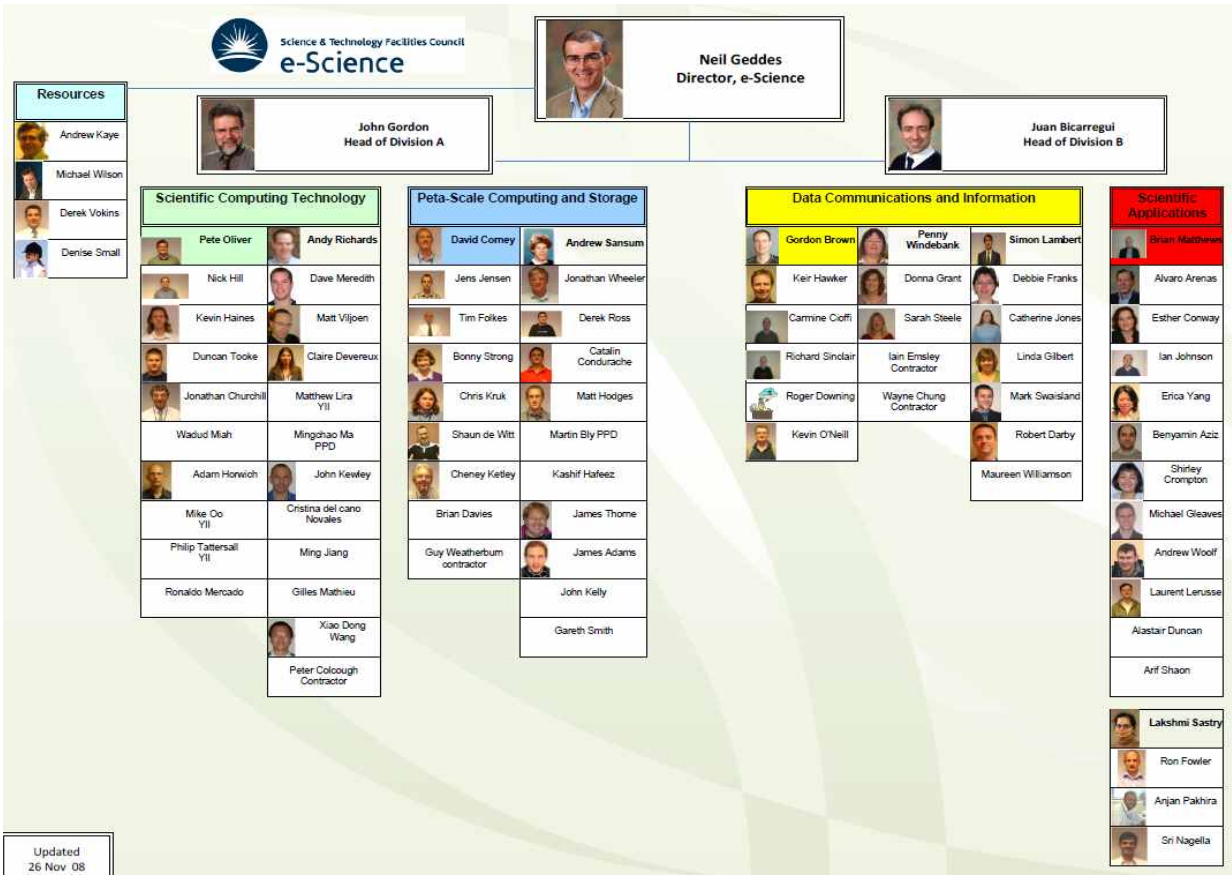
- Production of CSMD a common metadata format
- ICAT will be used as a metadata catalogue
- Nexus data format will be used for all future data
- Using the same underlying proposal system
- Single Sign On between all facilities and services - one user id for all
- SRB and Petabyte DataStore for data location management and long-term storage
- Using SCARF for advanced Data Analysis

- Oracle databases for operational use, largely maintained and operated by the Scientific Database group

□ 이사이언스 센터 조직 구성 현황

- STFC 산하 부서(Department)로 2개의 Division과 5개 그룹으로 구성되며, 각 그룹내는 여러개의 팀으로 운영됨
  - Division A :
    - 과학적 컴퓨팅 기술 그룹 (Scientific Computing Technology)
    - 페타규모 컴퓨팅 및 저장 그룹 (Peta-Scale Computing and Storage)
  - Division B :
    - 데이터 통신 및 정보 그룹 (Data Communications and Information)
    - 과학 응용 그룹 (Scientific Application)
  - 센터 직속 : 자원 그룹 (Resources)

<STFC e-Science 센터 조직도>



[참고 자료]

- **National e-Science Center(NeSC) 및 e-Science Institute**
  - NeSC(책임자: Prof. Peter Clarke)는 영국내 여러 e-Science 센터들 간 허브기능 수행
  - NeSC의 주요 기능: e-Science 관련한 교육, 훈련, AHM 및 세미나 개최 등 Outreach 프로그램 등 진행
  - STFC 산하 e-Science Center로부터 일부 예산을 지원받고 있음
    ※ 향후 NeSC의 외부펀딩은 어려울 것으로 예측됨
  - e-Science Institute(책임자: Prof. Malcolm Atkinson)는 특정 연구주제(기후변화, Brain 등)에 대해서 자체 및 외부기관과의 공동연구 진행 중
  - 현재 우리와 MoU를 체결한 상태임

- **UK e-Science 센터 운영 현황**
  - 기존에는 UK 내 15개의 e-Science 센터가 운영되었으나, 현재는 6개의 e-Science 센터만이 펀드(자체, 외부)를 받아 운영 중이며, 나머지는 대학에 흡수됨
  - 현재 6개의 센터 운영
    - York e-Science Center,
    - Oxford e-Science Center,
    - Edinburgh e-Science Center,
    - Southhampton e-Science Center,
    - North West e-Science Center,
    - Belfast e-Science Center

National Grid Services @ STFC RAL

□ 개요

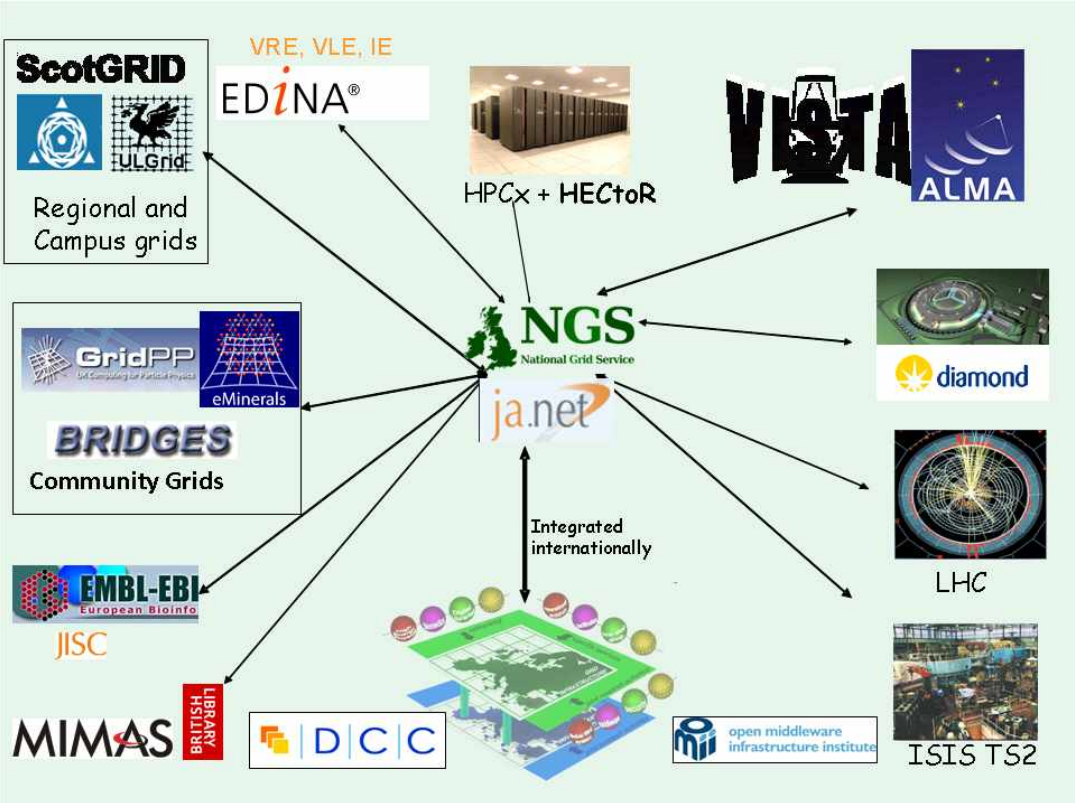
- 책임자: Dr. Andrew Richards (Executive Director of NGS)
- 소재지 : Rutherford Appleton Laboratory
- URL : http://www.ngs.ac.uk
- 2001년 UK e-Science 그리드를 시작하여 2004년 10월부터 프로덕션 서비스를 실시하여 600명 이상의 과학자들의 연구를 지원하여 예전에 풀지 못했던 문제해결 가능 및 문제해결 시간을 현저하게 단축시키는데 기여하고 있음
- 2009년 4월 현재 NGS 3단계 서비스를 제공하고 있으며, 2011년부터 JISC(National Academic Mailing List Service)/NGI(National Grid Initiative) 서비스 예정임

  ※ JISC 서비스 : UK내 학계의 협업 활동을 지원하기 위한 메일링 서비스를 통한 그리드 서비스 제공

□ NGS의 목적

- UK 연구자들에게 연구자들의 자원이나 위치에 상관없이, 어디서나 그들의 연구에 필요한 계산 자원과 데이터를 이용할 수 있도록 통합 표준을 기반으로 연구자들에게 서비스 제공
- 이사이언스 연구를 위한 상용수준의 국가 그리드 서비스로 UK내 그리드 형태의 컴퓨팅 자원을 접근할 수 없는 학계의 연구자에게 컴퓨팅, 데이터 자원 및 각종 과학기술 장비를 제공하는 서비스

□ NGS가 지원하는 프로젝트 현황



□ NGS 인프라 사이트 현황

- 약 22 테라플롭스의 고성능 컴퓨터가 NGS 인프라에 연동되어 서비스되고 있음
- 핵심 인프라 사이트 (4곳)
  - STFC RAL@Oxford
  - White Rose Grid at the University of Leeds
  - The University of Manchester,
  - University of Oxford
- 파트너 사이트 (6곳)
  - Cardiff Univ
  - Univ of Glasgow

- Lancaster Univ
- Univ of Westminster
- Queens's Univ Belfast
- HPCx

● 제휴 회원 사이트 (5곳)
- Univ of Edinburgh
- Keele Univ
- National e-Science Center(NeSC)
- Imperial College London
- Univ of Southampton

□ NGS가 제공하는 서비스

UK 연구자가 NGS가 제공하는 인프라 자원을 아무런 어려움 없이 쉽게 접근하여 연구를 수행 할 수 있도록 17여 종의 다양한 서비스를 제공하고 있음

- GSI-SSH 터미널 접속 서비스 : standalone java 응용, NGS 웹상의 applet 접속 가능
- Open CA 서비스 : UK e-Science 커뮤니티에 표준 X.509 증명서 발급 서비스 제공
- 응용 저장 서비스 (Applications Repository) : 일반적으로 수행되는 응용의 저장 및 다른 사용자가 변경하여 수행 가능한 개방형 접속 포털 서비스 제공
- 자원 브로커 서비스 (Resource Broker) : 최상의 자원을 자동으로 선정하여 작업에 할당 가능
- 스토리지 자원 브로커 서비스 (Storage Resource Broker) : 데이터 분산 저장 및 접근, 다양한 SRB 인터페이스 제공
- OGSA-DAI 서비스 : XML, 오라클 데이터베이스 등 분리된 구조의 데이터

소스의 접근 및 통합이 가능하게 하는 미들웨어 서비스

- NGS 계정 서비스 : 온라인으로 개인의 NGS 계정 (할당된 자원, 사용한 자원, 개인정보 수정 등) 체크 서비스
- BDII(Berkely Database Information Index) 정보 서버 서비스 : BDII 사용한 정보 서비스 제공
- MyProxy Upload Tool 서비스 : 원격의 서버에 Proxy 증명서를 저장해주는 서비스
- Ganglia 모니터링 서비스 및 NGS Inca 모니터링 서비스
- VOMS (Virtual Organization Membership Service) 서비스
- Oracle 10g : 대용량의 데이터를 저장가능하게 해주는 서비스
- Grimoires : 서비스 디렉토리에 대한 확장된 UDDI 등록 서비스 제공
- GridSAM : 다양한 분산 자원 관리자 (Distributed resource Managers)를 통한 작업 제출 및 모니터링을 제공하는 웹서비스
- SARoNGS : 소속기관의 ID 및 비밀번호를 이용한 NGS 사이트 접속 서비스 제공
- NGS Helpdesk : 사용자 지원 서비스
- 훈련 (Traning) : NeSC(National e-Science Center)와 공동으로 다양한 수준의 사용자 교육, 훈련 및 Outreach 프로그램 운영

□ NGS가 지원하는 응용 분야

- 화학 (Chemistry)
- 생물정보학 (Bioinformatics)
- 양자 물리학 (Quantum Physics)
- 천문학 (Astronomy) 및 우주론 (Cosmology)
- 사회 과학 (Social Science) 등

□ 지원되는 소프트웨어 종류

UK 연구자가 NGS가 제공하는 인프라 자원을 아무런 어려움 없이 쉽게 접근하여 연구를 수행 할 수 있도록 11여 종의 다양한 소프트웨어를 제공하고 있음

- Siesta
- Gaussian
- ncbiBlast
- DL_POLY
- Gromacs
- Fftw
- Amber
- NAMD
- VASP
- Oracle Client
- SABRE