

그리드 기술을 이용한 공학 교육 및 연구의 새로운 패러다임

New Paradigm of Engineering Education and Research using Grid Technology



신수봉*



심창수**



강수용***

*인하대학교 공과대학 토목공학과 부교수 KOCED PMC 부단장
**중앙대학교 건설대학 토목공학과 조교수
***한양대학교 사범대학 컴퓨터교육과 조교수

1. 서론

컴퓨터 기술의 발달과 더불어 최근 그리드 기술을 공학 분야에 활용하려는 시도가 국내외적으로 다양하게 진행되고 있으며, 이러한 움직임은 궁극적으로 공학 교육 및 연구에 새로운 패러다임을 제시할 것으로 판단된다. 특히 그리드 기술의 활용은 지역간 혹은 국가간의 거리에 상관없이 공동연구, 분산협업과 원격강의 등을 가능하게 하여 이전에 생각하지 못했던 새롭고 다양한 형태의 연구 및 교육이 이루어지게 될 것으로 기대된다.¹⁾

그리드 기술은 그림 1에 도시한 것처럼 향상된 실험장비, 계산장치, 인적자원 및 네트워크 등의 고급자원(advanced resources)을 보다 잘 활용하기 위해 개발되었다. 그리드는 지리적으로 분산된 연구자원들을 초고속 네트워크를 통해 연결하고, 자원 및 정보의 사용에 대한 안전하고 신뢰할 수 있는 유기적인 방법을 제공하는 통합된 가상 시스템이다. 이러한 그리드 사용의 목표는 범용 프로토콜과 인프라(infrastructure)를 통해 분산된 자원을 통합 관리하여 최선의 서비스보다 더 나은 서비스(better-than-best-effort service)를 다양한 사용자들에게 제공하자는 것이다.

건설분야의 연구 개발을 통한 기술의 실현은 타 분야에

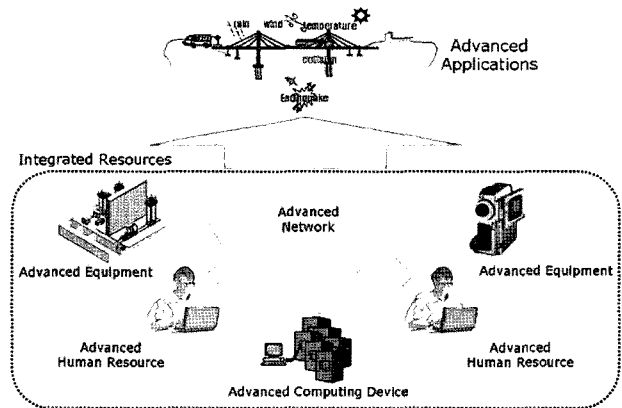


그림 1 그리드 개념 및 개발 목표⁸⁾

비해서 상대적으로 많은 시간과 연구자원을 요구한다. 이는 건설을 통해 창출되는 결과물의 수명 및 중요도에 기인하기도 하지만, 신뢰성을 주기 위한 방대한 규모의 실험적 연구 등의 결과물이 효과적으로 공유되지 못하기 때문이기도 하다. 건설이 응용 과학이라고 하면, 최근의 타 분야에서의 급속한 기술개발 결과를 이용하여 새로운 건설기술을 실현하기 위해서는 연구자원의 효율적 활용과 더불어 연구개발 결과의 공유 및 개방이 필수적이다. 중복된 연구를 피하고 신뢰성 있는 실험방법, 절차, 결과물을 관련 연구자들이 공유하여 기술발전의 속도를 높이고 신뢰

성을 현재보다 높은 수준에서 확보할 수 있어야 한다. 특히, 국내의 건설관련 연구자원의 실정이 열악한 상황에서는 이를 효과적으로 타개하기 위해 그리드 기술의 활용은 연구의 패러다임을 획기적으로 개선할 수 있게 할 것으로 기대된다.

본 글에서는 현재 구축되고 시도되고 있는 국내의 건설관련 그리드 시스템을 분석하고, 이를 바탕으로 그리드의 장점을 살려 수행할 수 있는 미래 지향적이며 새로운 패러다임의 연구와 교육방법을 소개하고 정리해보고자 한다. 그리고 이러한 새로운 형태의 연구와 교육을 국내에서 건설교통부 국책사업의 일환으로 진행 중인 분산공유형 건설연구인프라 구축사업(Korea Construction Engineering Development Collaboratory Program - 이하 KOCED)의 내용을 중심으로 정리하고자 한다.

2. 그리드 기술의 활용분야

그리드 기술은 활용분야에 따라 계산 그리드, 데이터 그리드, 분산협업 그리드 로 분류할 수 있다.

계산 그리드(*computation intensive grid*)는 계산량이 많은 문제를 해결하기 위해, 분산된 장치에 계산작업을 할당하고 제어하며, 계산 장치 간의 상호작용을 중계하는 그리드이다. 천체물리학, 항공공학, 구조역학 등의 문제를 푸는데 활용되고 있으며, 구축 사례로는 TeraGrid²⁾와 GriPhyN³⁾ 등이 있다.

데이터 그리드(*data intensive grid*)는 분산된 저장장치에 별도로 저장되어 있는 많은 양의 데이터를 대상으로, 해석, 통계, 가공, 조회, 추가, 삭제 등의 작업을 수행하기 위해 일관된 시각화(view)과 데이터 조작 방법을 제공하는 그리드이다. 고에너지 물리, 기상, 생태 분야 등에 활용되고 있으며, 구축사례로는 InteliGrid⁴⁾와 G-Civil⁵⁾ 등이 있다.

분산협업 그리드(*distributed collaboration grid*)는 지리적으로 분산된 연구자들이 원격지의 실험장치를 온라인 상에서 공동으로 이용할 수 있게 하고, 연구자 상호간의 시청각을 공유하여 협업작업이 가능하도록 하는 환경을 제공하는 그리드이다. 대형실험장비를 사용한 연구분야, 복수 연구원 간의 공동연구가 필요한 분야 등에 활용되고 있으며, 구축사례로는 AccessGrid⁶⁾, NEESgrid⁷⁾, KOCEDgrid⁸⁾ 등을 들 수 있다.

이 중, 분산협업 그리드의 개발 및 활용은 공학 연구 및 교육에서의 새로운 분야를 개척하는 것과 연관되어 있다고 할 수 있다.

3. 해외 건설관련 그리드 시스템

3.1 NEESgrid⁷⁾

NEES(National Earthquake Engineering Simulation) 프로그램은 미국 전역 대학 토목공학과에 분산되어 있는 15개 지진관련 실험시설을 그리드 시스템으로 엮어 하나의 분산협업 시스템을 개발하는 것이다. 지진관련 실험을 분산·공동으로 수행하는 것을 목표로 하고 있으나, 다양한 실험환경의 구축이 가능하기 때문에 토목공학과 관련된 다양한 실험을 규모 및 역량면에서 이전과는 차원이 다르게 실현 가능하도록 하고 있다.

NEESgrid는 NEES에서 그리드 시스템으로 개발하는 것으로, 토목공학과, 컴퓨터공학센터, 국립실험소와 사설기관 같은 다양한 계층의 구성원들의 협력체로 개발되었다.²⁾ 시작은 UIUC(University of Illinois at Urbana-Champaign)의 토목공학과와 NCSA(National Center for Supercomputing Applications)에 의해 주도되었으나, 2004년 10월 1일자로 NEESgrid가 NEES Consortium으로 변환되면서 현재 컨소시엄 형태로 유지되고 있다.

NEESgrid 소프트웨어는 컴퓨팅 자원과 연구장비를 이용하여 실험을 계획·수행하고 결과를 제출하는 협업환경을 구축하여 미국 전역의 지진관련 연구자들이 공유하도록 개발되고 있다. 따라서 NEESgrid는 원격관찰, 원격실험, 시뮬레이션 도구 등 지진공학 연구자들 사이의 다양한 협동연구를 유도하고자 하며, 지진공학 연구자들에게 필요한 다양한 사이버인프라를 구축하고자 개발되고 있다. 최근에는 일본 및 대만 등과의 MOU 체결을 통한 국제협력에 노력하고 있으며, 우리나라의 KOCED PMC(Program Management Center)와도 지속적인 협력 관계를 유지하고 있다.

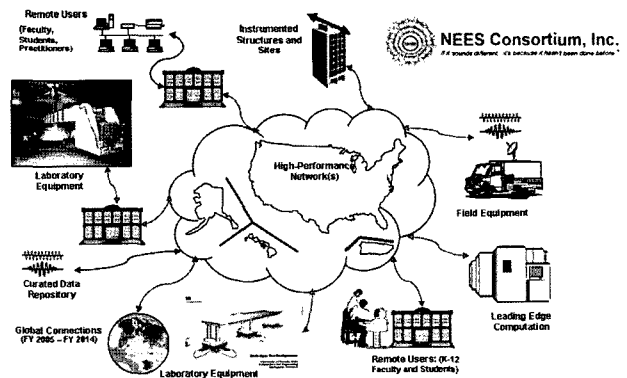
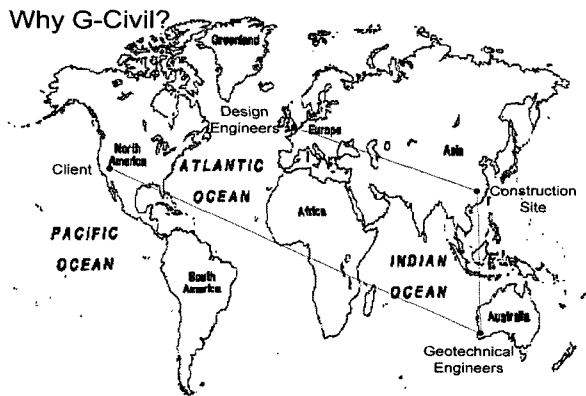


그림 2 NEESgrid 구성 및 개념도⁷⁾

3.2 G-Civil⁵⁾

G-Civil은 유럽에서 다수의 산업체가 연계되어 University of Southampton에서 진행되는 유럽 e-Science 프로젝트의 하나로 개발되고 있다.³⁾ G-Civil의 주된 목적은 실제 많은 대형 건설 프로젝트들이 그림 3에서와 같이 세계적으로 넓게 퍼져 있는 팀들을 포함하여 진행되는 것과 같이, 인터넷 포털을 통해 토목공학 현장 모니터링 데이터를 원격에서 실시간으로 접속하고 다루기 위한 서비스를 개발하는 것이다.

따라서, G-Civil 프로그램의 목표는 토목공학 현장이나 인프라 모니터링 시스템에서 측정된 데이터를 수집·분배하고 시각화(visualization)시키는 프로토 타입 시스템을 개발하는 것이며, 이러한 관찰법(OM: observational method)을 통해 진행 중인 프로젝트의 효과적인 수정이 가능하도록 하는데 있다.



Overview of G-Civil Project

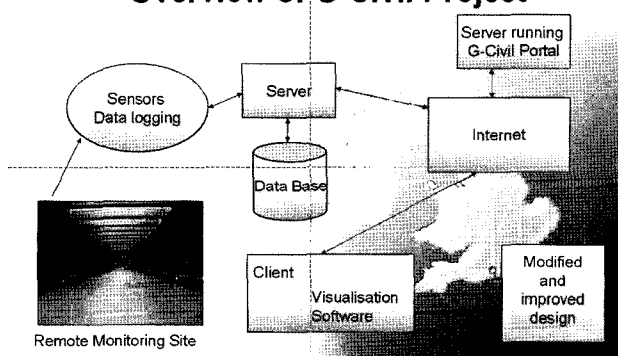


그림 3 G-Civil에서 추구하는 분산협업의 개념도⁵⁾

3.3 IntelliGrid⁴⁾

IntelliGrid는 2004년 9월 ~ 2007년 2월 사이에 걸쳐 Slovenia의 Univ. of Ljubljana를 중심으로 개발이 되고 있는 유럽 프로젝트이다. IntelliGrid 개발의 목표는 건설, 자동차, 항공과 같은 복잡한 산업체에 그리드 기반의 융합

인프라 기술을 제공하는 것이다. IntelliGrid 개발연구팀에서는 정보, 통신 및 가공된 자원에 유연하고, 안전하며, 안정적이고, 접근성이 좋고, 내적 작동이 가능하도록 개발하여 부가가치를 높이는 것을 미래 공학에 대한 비전으로 정의하고 있다. 따라서 IntelliGrid에서는 가상의 조직체계 안에서 복잡하면서도 풍부한 정보를 작동할 소프트웨어와 서비스들을 지원해줄 수 있는 메카니즘으로 그리드 기술을 활용하려고 한다.

IntelliGrid의 주요 목표 중 하나는 공학 소프트웨어와 서비스를 제공하고 사용하는 소·중형 회사에 적합한 그리드 인프라를 구축하는 것이다. 이들 회사들의 주요 자산은 구조역학이나 3차원 고체 모델링과 같은 것으로 최근 경향인 미들웨어 기술이나 내적 작동 플랫폼과 같은 것이 아니기 때문에, IntelliGrid 프로젝트를 통해 이들 회사들이 그리드

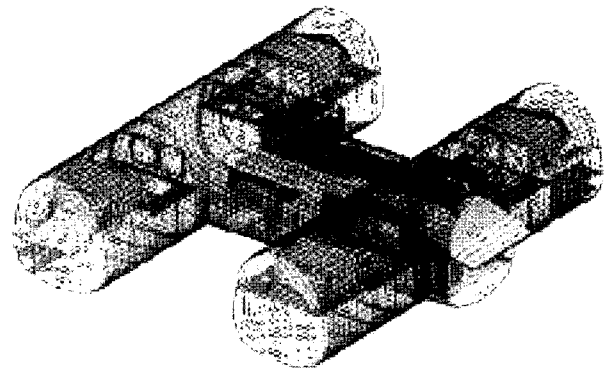


그림 4 IntelliGrid를 사용한 터널설계 예⁴⁾

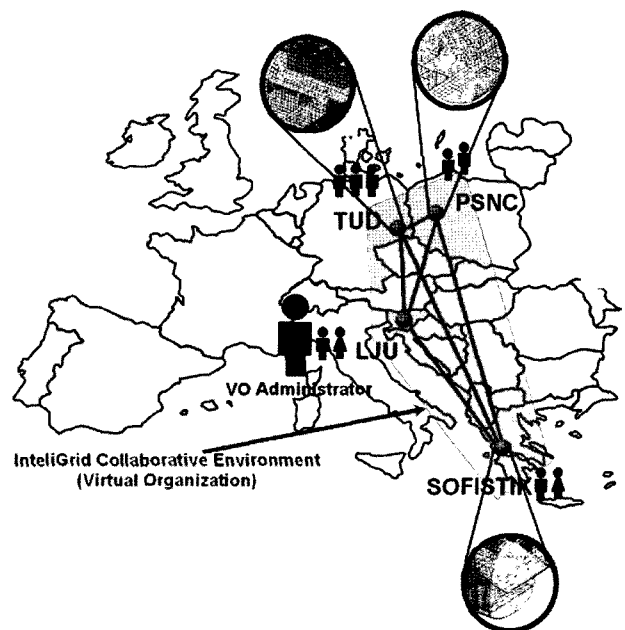


그림 5 IntelliGrid testbed 예⁴⁾

컴퓨팅 기능을 사용한 활용기술을 받아들이고 이러한 시스템에 의해 효율성을 증대시키도록 해주려는 것이다.

그림 4는 IntelliGrid를 사용하여 엔지니어들이 새로운 차원의 보안과 성능으로 인프라를 협동설계할 수 있는 예를 보여준다. 또한, IntelliGrid는 다양한 건설관련 유즈 케이스(use cases)를 홈페이지에 제시하고 있으며, 다양한 제품과 서비스 및 기술을 IntelliGrid 플랫폼을 통해 제공하고 있다.

특히 IntelliGrid에서는 홈페이지의 “Open Source IntelliGrid Collaboration Platform”을 통해 그림 5와 같이 가상조직(virtual organization) 내에서의 사업진행에 요구되는 분산된 데이터 자원, 서비스 및 활용기술 간의 내적 작동성을 해결해줄 안전하고, 유연하며, 쉽게 사용할 수 있는 웹기반 해법을 제공해주고 있다.

3.4 AccessGrid⁶⁾

AccessGrid는 멀티미디어 디스플레이, 발표 및 상호작용적 환경, 그리드 미들웨어와 시각적 환경에 대한 인터페이스를 포함하는 자원들을 종합적으로 갖추고 있는 시스템이다. 즉, AccessGrid는 비록 관련자들이 원격으로 떨어져 있지만 자연스럽게 하고 확고한 가상의 회의장소를 제공하여 분산협업을 효과적으로 수행할 수 있도록 해주는 시스템을 개발하는 것이다. AccessGrid의 이러한 기능들은 그리드를 통한 그룹과 그룹 간의 상호작용을 지원하기 위해 사용될 수 있다. 그 적용 예로는 대규모 분산회의, 협업 세션, 세미나, 강의, 트레이닝 등을 들 수 있다. AccessGrid의 개발은 건설분야와 직접적인 연관은 없지만 건설분야의 그리드 시스템 구축에 적극적으로 활용될 수 있는 분야로 고려될 수 있다. 그림 6은 이러한 AccessGrid에서 구축하고 활용되고 있는 환경의 예를 보여준다.

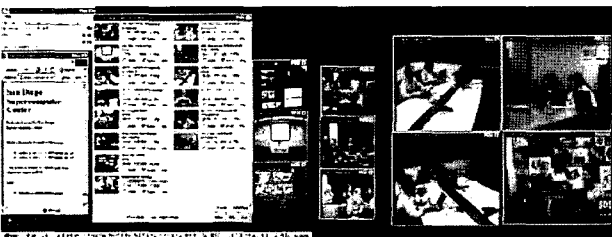


그림 6 AccessGrid 환경 예⁶⁾

4. 그리드를 활용한 연구

그리드를 이용한 분산협업 관련 활용기술 개발 연구로는 분산실험, 하이브리드실험 및 원격모니터링을 들 수 있

다. 특히 분산실험과 하이브리드실험은 원격으로 떨어져 있는 두 개 이상의 실험기관이 실험을 분산하여 수행하거나 혹은 실험과 시뮬레이션 해석을 분담하여 수행하고 이를 하나의 시스템으로 엮어 연구를 진행하는 것으로, 이를 위하여 그리드를 사용할 경우 보다 효과적이고 실효성 있는 연구를 수행할 수 있다.⁹⁾

그림 7은 하이브리드실험의 개념을 보여주는 예제이다. 그림에서 좌·우의 기둥은 각각 다른 실험시설에서 실험이 진행되고 가운데 기둥과 보로 이루어진 시스템은 컴퓨터 비선형 해석을 통해 진행이 되어 서로 유기적인 I/O 연결을 통해 점진적인 실험 및 해석을 진행하는 것이다.

그림 7과 같은 실험은 현재로서는 여러 가지 원인으로 인하여 실시간으로 이루어지기 어렵고 시간지연 현상이 크게 일어나기 때문에 실험을 수행하는 시간이 상당히 소요된다. 따라서 실제 크기의 시편에 대한 실험을 수행하기에 앞서 이러한 하이브리드실험의 가능성 및 문제점을 확인하기 위하여 그림 8과 같은 소규모의 하이브리드실험 테스트베드인 Mini Most(Multi-site Online Simulation Test) 시스템을 구축하여 검증실험을 수행하고 있다.^{7,8)}

실 구조물에 대한 원격모니터링 연구는 국내 토목분야에서는 장대교량을 중심으로 실 교량에 다양한 계측센서가 부착되어 있는 모니터링 시스템들이 실제 가동되고 있기 때문에 이들 시스템들을 필요에 따라 그리드를 활용한 시스템으로 업그레이드시킬 수 있을 것으로 기대된다. 그리고 G-Civil과 같이 세계를 상대로 원격지 구조물의 모

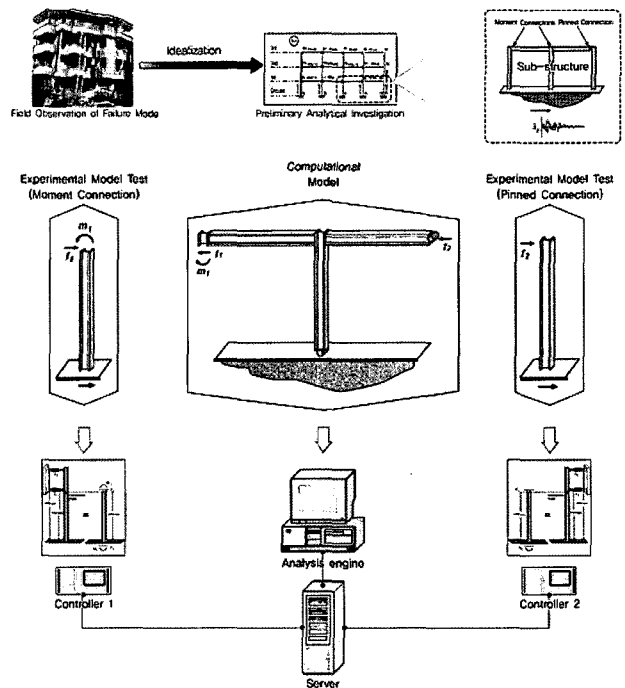


그림 7 하이브리드실험의 예⁷⁾

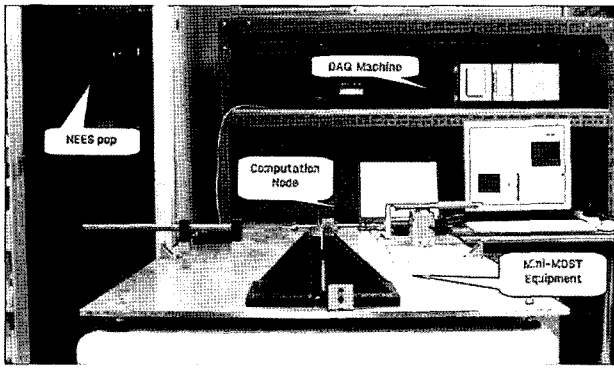


그림 8 Mini-Most를 이용한 하이브리드실험⁸⁾

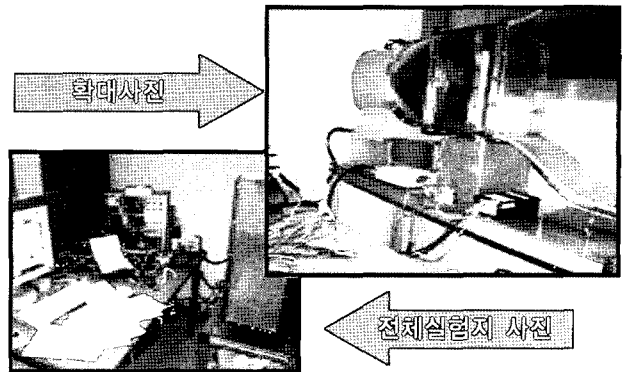


그림 10 원격제어를 위한 미니펌동

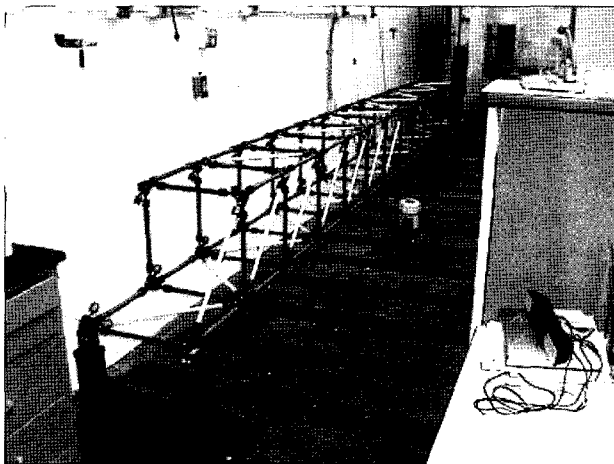


그림 9 원격모니터링을 위한 Testbed 예 (UIUC)

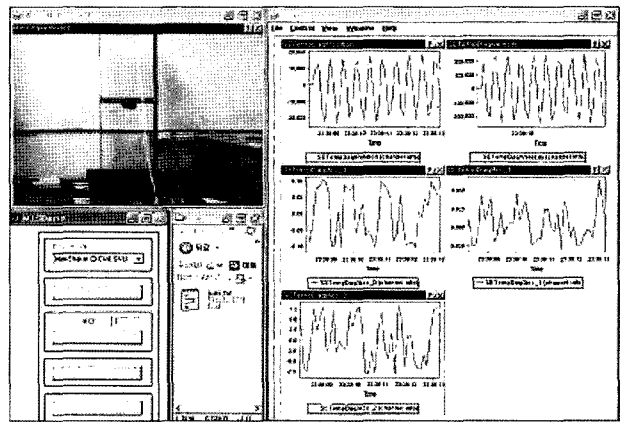


그림 11 원격제어를 위한 미니진동대의 원격 사용자 인터페이스

니터링과 이를 설계 및 시공에 반영하여 지속적인 수정을 할 수 있는 시스템의 개발은 그리드를 원격모니터링에 활용하는 모범적 예라 할 수 있다.

그림 9는 미국 UIUC에 설치되어 있는 원격모니터링 실험을 위한 testbed이다. 이와 유사한 형태의 testbed가 KOCED 연구단에 현재 설치 중이며 2006년 하반기부터는 관련 연구자들에게 연구 및 교육 목적으로 그 사용이 개방될 것으로 기대하고 있다.

그리드는 독립적이고 다양한 자원 및 정보를 하나의 통합된 시스템으로 묶어 공동연구 및 협업이 가능하도록 한 시스템이기 때문에 앞서 소개한 분산실험, 하이브리드실험, 원격모니터링 이외에도 그리드를 활용한 다양한 공학 연구를 창출하고 개발하여 진행할 수 있을 것으로 본다.

5. 그리드를 활용한 교육

그리드 활용을 위해 개발되는 시스템과 제공되는 서비스를 사용하면 다양한 형태의 공학 교육을 시도할 수 있을 것

으로 기대된다. 원격강의, 공동강의 등과 같이 그리드에서 제공하는 서비스를 직접적으로 사용하는 교육 프로그램 이외에도 Mini Most 혹은 Testbed를 원격제어 및 원격관찰하여 실구조물 혹은 시험체에 대한 실험을 직접 수행하지 않고도 다양한 건설관련 실험과목에 필요한 실험들을 수행할 수 있을 것이다. 그림 10과 그림 11은 KOCED 연구단에서 개발하여 활용하고 있는 원격제어 미니펌동 시스템과 원격제어 미니진동대 시스템의 원격 사용자 인터페이스 화면을 각각 보여주고 있다.

KOCED 연구단에서는 그 외에도 6자유도 및 3자유도의 진동대 세 개로 묶여진 미니 다지점 가진 진동대를 구축하고 있으며, 미니 해양수조도 구축하고 있다. 이렇게 구축되는 미니 시스템들은 KOCED 연구원들의 작동 및 거동에 대한 검토 및 검증을 거쳐 관련분야 연구자들의 연구 및 교육용으로 개방될 것이다.

그리고 디지털 도서관에 저장될 강의관련 다양한 자료를 활용하여 개별 강의의 질 및 내용을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 동영상 및 관련 전문가의 기존 강의자료 등은 활용도가 아주 높을 것으로 전망된다. 특히 기존 건

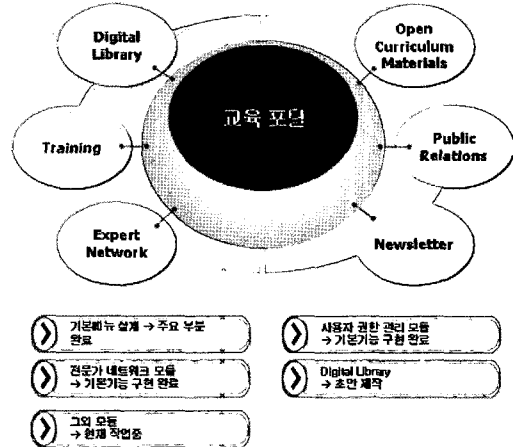
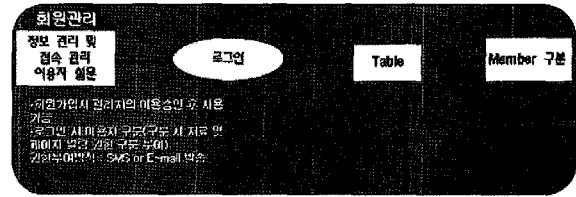
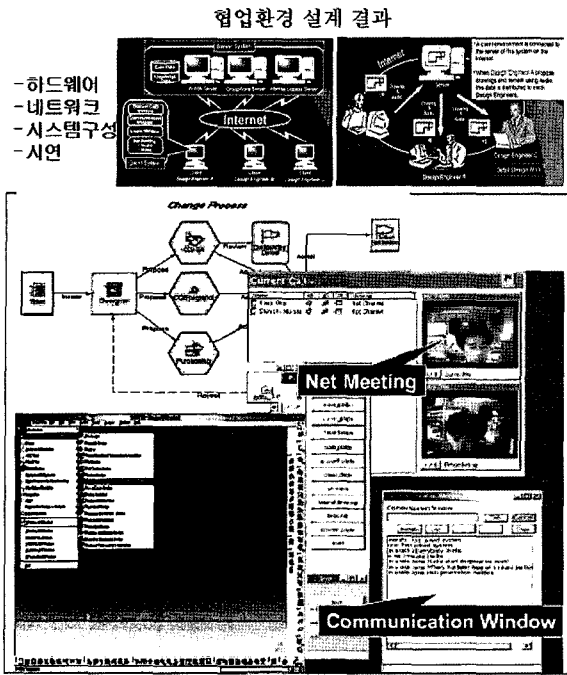


그림 12 KOCED 그리드의 서비스

설관련 프로젝트에 직접 참여하였던 전문가들의 발표내용 및 자료들은 학생 이외의 건설분야 종사자들에게도 필요한 교육자료가 될 것이다.

그 이외의 그리드 활용을 위한 지원 서비스로는 전문가 네트워킹 및 온라인 컨설팅, 가상실험실, 화상회의 시스템 등이 있으며, 이런 기능들을 그림 12와 같은 Portal을 통해 사용할 수 있을 것이다. 그리고 원격관측, 사용자관리, 데이터 및 메타데이터의 관리 등에 관한 서비스도 개발되고 있다.

6. 결 론

본 글에서는 최근 건설분야에 대한 적용이 적극적으로 모색되고 있는 그리드 기술을 활용한 새로운 공학 연구 및 교육의 패러다임을 기존에 진행되고 있는 건설관련 그리드 시스템을 중심으로 분석하여 모색해보고자 하였다.

IT기술의 발전과 이를 건설분야에 접목시키려는 관심들이 지대한 반면, 실제적으로 그 방향 및 도구를 찾기가 쉽지 않았던 것 같다. 그리드는 이러한 관점에서도 매력이 있으며 그 활용도 및 실효성이 높은 적용 분야라고 판단된다.

우리나라가 보유한 건설분야의 연구 및 기술개발 자원이 한정되어 있는 상태에서, 치열한 국제 건설시장에서의 경쟁력 확보는 현재의 연구, 건설기술 적용 및 교육의 패러다임으로는 담보하기가 어렵다. 따라서, 다양한 연구, 교

육, 기술개발 및 적용의 주체들이 상호 정보를 교류, 공유하고 연구자원을 공유할 수 있는 시스템의 구축은 반드시 필요할 것이다.

감사의 글

본 글은 건설교통부 국책과제인 "분산공유형 건설연구 인프라 구축사업 추진 연구단"의 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

1. Dolenc, M., Stankovski, V., and Turk, Ž., "Grid technology in civil engineering", CC2005, Rome, Italy, 30 August~2 September 2005.
2. TeraGrid(<http://www.teragrid.org>)
3. GriPhyN(<http://www.griphyn.org>)
4. InteliGrid (<http://www.InteliGrid.com>)
5. G-civil (<http://www.soton.ac.uk/~gcivil>)
6. AcessGrid (<http://www.AcessGrid.org>)
7. NEESgrid (<http://it.nees.org>)
8. KOCED (<http://www.koced.net>)
9. Mosqueda, G., Stojadinovic, B., and Mahin, S. "Implementation and accuracy of continuous hybrid simulation with geographically distributed substructures",

- EERC, UC Berkeley, UBC/EERC 2005-02, November 2005.
10. Zhang, Y. "Smart structural systems with a focus on civil infrastructure applications", Lehigh University, Report No. SSL 2004-01, July 2004
 11. 분산공유형 건설연구인프라 구축사업 추진연구단, "KOCED 6개 대형실험시설 기본설계 보고서", 2004. 8.
 12. 분산공유형 건설연구인프라 구축사업 추진연구단, "KOCED 2단계 대형실험시설 기본설계 보고서", 2005. 2.
 13. 분산공유형 건설연구인프라 구축사업 추진연구단, "KOCED 2단계 후 추가실험시설 수요조사 및 기획연구 보고서", 2005. 2.
 14. 염현영, 정갑주, "그리드컴퓨팅의 토목분야 응용", 전산구조공학회지 제18권 제1호, 2005. 