

KOCED: 건설분야의 그리드 기술 활용[†]

인하대학교 신수봉

한양대학교 강수용

명지대학교 김철영

서울대학교 염현영 · 김재관

1. 머리말

최근 컴퓨터 기술의 발달과 더불어 그리드 기술을 토목 및 건설분야에 활용하려는 연구가 국내외에서 다양하게 진행되고 있다[1-6]. 국내에서도 KREONET 및 KOREN 등을 이용하여 건설분야 연구활동의 협업 환경을 구축하고 그리드 활용기술을 개발하려는 연구가 건설교통부 국책사업인 “분산공유형 건설연구인프라 구축사업 추진 연구단(KOCEDpmc: Korea Construction Engineering Development Collaboratory Program Management Center)”- 이하 “KOCED 연구단” - 을 중심으로 2004년에 시작하여 2009년까지 진행되고 있으며, 2010년부터는 KOCED 콘소시움이 구축되어 차후 15년간 구축되는 실험시설의 운용 및 활용을 담당하게 될 것이다. 그림 1은 ‘분산공유형 건설연구인프라 구축사업’ (KOCED 프로그램)의 추진 일정을 그린 것이다.

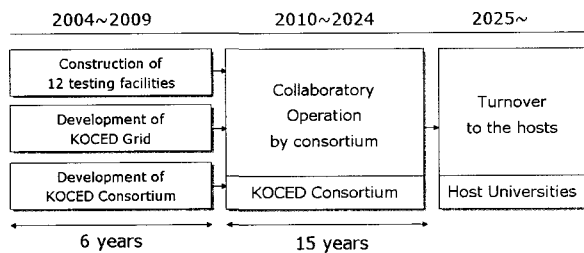


그림 1 KOCED 프로그램의 추진일정

그림 2는 KOCED 프로그램의 추진 체계를 그린 것이다. 건설교통기술평가원(KICTTEP)에서 평가위원회를 구성하여 실험시설을 유치할 기관을 선정하고 연구단 및 실험시설 유치기관을 총괄 감독하며, 전반적인 추진계획의 심의는 건설교통부와 중앙건설심의위원회를 통하여 진행한다.

이 사업을 원활하게 추진하기 위해, KOCED 연구단에서는 실험시설의 기본설계 및 건설 모니터링을 하

며, 분산공유 실험시설의 원활한 활용을 위한 그리드 시스템 및 활용기술을 개발하고 구축하는 역할을 한다.

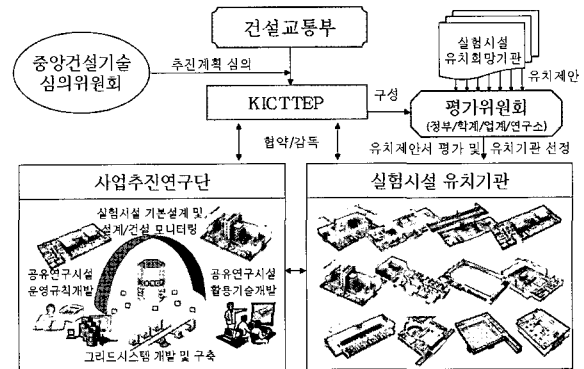


그림 2 KOCED 프로그램 추진 체계

또한 연구단에서는 차후 구축될 KOCED 콘소시움 운영을 위한 운영규칙 등을 개발하는 역할도 수행하고 있다. KOCED 프로그램의 기본적인 추진 내용은 그림 3에 정리하였다.

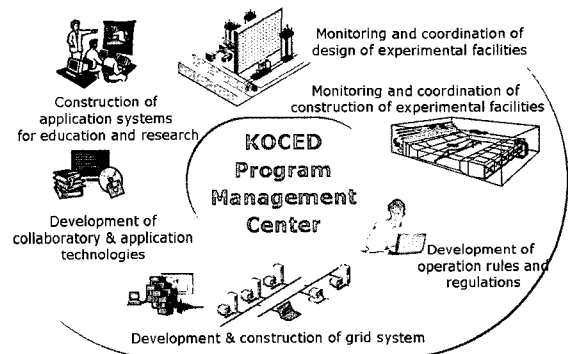


그림 3 KOCED 프로그램의 내용

KOCED 연구단에서는 해외와 비교하여 절대적으로 열악한 국내 건설분야 대형실험시설 구축을 기본 추진 사업으로 진행하고 있다. 특히 이들 실험시설들을 시설 투자 및 운영 비용이 상대적으로 경제적이며 효율적인 대학을 중심으로 전국에 분산하여 구축하고 있다. 현재 1단계 6개 실험시설에 대한 유치기관이 선정되어 실시설계가 종료되고 시공이 시작되는 단계에 있다[9]. 또

[†] 본 글은 건설교통부 국책과제인 “분산공유형 건설연구인프라 구축사업 추진 연구단”의 지원에 의한 것입니다.

한 건설교통부의 의지 여하에 따라 추진할 수 있도록 2단계 6개 실험시설에 대한 기본설계가 종료되어 있으며, 차후의 필요 및 수요에 따른 추가 실험시설 기획설계도 마무리되어 있는 상태이다[10,11]. 그림 4는 KOCED 프로그램을 통해 1단계에 구축될 실험시설을 나타낸다.

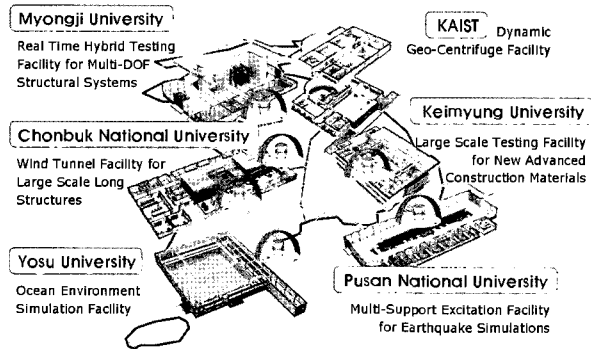


그림 4 KOCED 1단계 실험 시설

이렇게 대학 혹은 연구기관에 분산되어 구축되는 실험시설들은 초고속 통신망을 통해 그리드 시스템으로 구축되어 원격 활용이 가능하게 되고, 자료 및 정보가 공유되어 건설분야에 종사하는 연구자, 업계, 정부관계자, 그리고 학생과 일반인이 보다 많은 건설관련 정보를 용이하게 접할 수 있게 될 것이다. 또한 연구자들의 협업환경이 구축되어 국내외적으로 경쟁력이 줄어들고 있는 건설분야의 기술력을 지속적으로 향상시켜 국내외에서의 경쟁력 제고에 한 몫을 하게 되길 기대하고 있다. KOCED 연구단에서 추진하는 분산공유형 건설 연구인프라 구축사업은 현장적용적이고 실용적이며 그리드의 많은 기능들을 복합적으로 필요로 하는 것이기 때문에, 효과적인 기술의 개발과 활용을 통해 국내의 대표적 그리드 기술 개발의 예가 될 것으로 기대된다.

본 글에서는 다양한 목적으로 해외에서 추진 중인 건설관련 그리드 시스템 구축 및 기술 개발에 대한 자료 및 내용을 소개하고, KOCED연구단의 추진내용과 목표를 보다 상세히 소개하고자 한다. 특히 KOCED-grid는 분산협업(distributed collaboration) 환경 구축에 초점을 두고, 실험 및 현장 모니터링 등에서 나오는 과도한 데이터의 처리에 그리드를 활용하고자 개발되기 때문에 이런 점을 고려한 관련 그리드 활용기술 개발 내용을 중심으로 정리하고 소개한다.

2. 해외 건설관련 그리드 시스템

2.1 NEESgrid

NEES(Network for Earthquake Engineering Simulation) 프로그램은 미국 전역 대학 토목공학과에 분산

되어 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 역량 면에서 이전과는 차원이 다르게 실현 가능하도록 하고 있다.

NEESgrid는 NEES 사업의 그리드 구축 프로그램으로, 토목공학과, 컴퓨터공학센터, 국립연구소와 사설기관 같은 다양한 조직의 구성원들의 협력체로 개발되었다[2]. 시작은 UIUC(University of Illinois at Urbana-Champaign)의 토목공학과와 NCSA에 의해 주도되었으나, 2004년 10월 1일자로 NEES가 NEES Consortium으로 변환되면서 현재 콘소시움 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 MOU 체결을 통한 국제협력을 위해 노력하고 있으며, 우리나라의 KOCED 연구단과도 지속적인 관계를 유지하고 있다.

2.2 G-Civil

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 세계적으로 넓게 퍼져 있는 팀들을 연계하여 진행되므로, 인터넷 포털을 통해 건설 현장 모니터링 데이터를 원격에서 실시간으로 관찰하고 분석하기 위한 서비스를 개발하는 것이다. 따라서, G-Civil 프로그램의 목표는 토목공학 현장이나 인프라 모니터링 시스템에서 계측된 데이터를 수집·분배하고 시각화(visualization) 시키는 프로토타입 시스템을 개발하는 것이며, 이러한 관찰법(OM: observational method)을 통해 진행 중인 프로젝트의 효과적인 수정이 가능하도록 하는데 있다.

2.3 IntelliGrid

IntelliGrid는 2004년 9월~2007년 2월 사이에 걸쳐 Slovenia의 Univ. of Ljubljana를 중심으로 개발이 되고 있는 유럽 프로젝트이다[4]. IntelliGrid 개발

의 목표는 건설, 자동차, 항공과 같은 복잡한 산업체에 그리드 기반의 융합 인프라 기술을 제공하는 것이다. IntelliGrid에서는 가상의 조직체계 안에서 복잡하면서도 풍부한 정보를 처리할 소프트웨어와 서비스들을 지원해줄 수 있는 메카니즘으로 그리드 기술을 활용한다.

IntelliGrid의 주요 목표 중 하나는 공학관련 소프트웨어와 서비스를 제공하고 사용하는 소·중형 회사에 적합한 그리드 인프라를 구축하는 것이다. 이들 회사들의 주요 자산은 그리드 미들웨어, 인터넷 플랫폼 개발 기술 보다는 역학 및 모델링 관련 공학의 기초 기술이라 할 수 있다. 따라서 IntelliGrid 프로젝트를 통해 이들 회사들이 그리드 기술을 활용하여 회사 시스템의 효율성을 보다 증대시킬 수 있도록 기능을 제공한다. 또한, IntelliGrid는 다양한 건설관련 유즈 케이스(use cases)를 홈페이지에 제시하고 있으며, 다양한 제품과 서비스 및 기술을 IntelliGrid 플랫폼을 통해 제공하고 있다.

2.4 AccessGrid

AccessGrid[5]는 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 자연스러운 가상의 회의 장소를 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.

3. 국내 건설분야 그리드 시스템 - KOCEDgrid

KOCED 그리드 시스템은 크게 최소 6개의 건설/토목 관련 대형실험시설을 그리드로 연결하여 해당 분야 연구자들 및 일반 사용자들에게 다양한 서비스를 제공하기 위한 전체 시스템을 말한다. 그림 5는 KOCED 그리드 시스템의 개념도를 그린 것이다.

그림에서 보는 바와 같이, KOCED 그리드 시스템은 토목·건설 실험 장치, 관찰 카메라 등의 장비들과 그 장비들에서 생성되는 실험데이터 및 실험 관련 메타데이터를 저장하는 데이터 저장소, 컴퓨터 시뮬레이션 또는 기본적 정보 처리를 위한 장치 그리고 연구원,

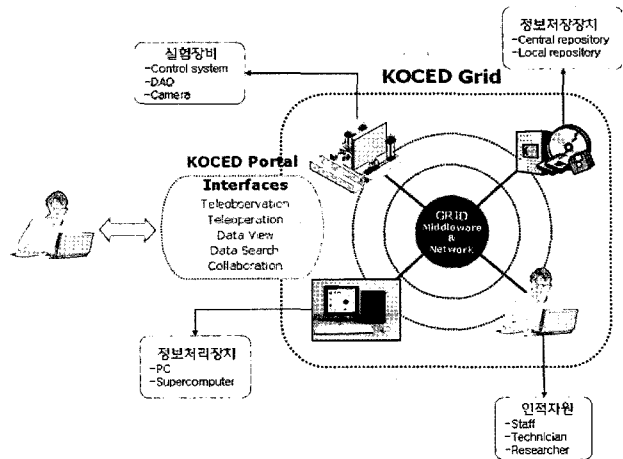


그림 5 KOCED 그리드의 개념도

기술자 등의 인적자원을 그리드 미들웨어와 초고속 통신망으로 연결한 것이다. 그리드로 연결된 연구 자원들은 KOCED 포털에서 제공하는 다양한 서비스를 통해 사용할 수 있는데, 그러한 서비스들에는 원격 관찰, 원격 제어, 데이터 가시화, 데이터 검색, 협업 환경 등이 있다.

3.1 KOCED 그리드 시스템의 기능

KOCED 그리드 시스템은 (1) 실험장비 그리드 구축을 위한 핵심기술, (2) 그리드로 연결된 실험시설을 사용하여 고급 연구를 수행할 수 있도록 하는 응용기술, (3) 구축될 전체 그리드 시스템을 통해 건설/토목 분야의 사용자들에게 일반적으로 제공할 서비스기술로 구분하여 개발되고 있다.

3.1.1 KOCED 그리드 핵심기술

실험장비 그리드 구축을 위한 핵심기술로는 인증 및 접근제어 등의 보안 기술, 원격제어(Tele-control), 원격 관찰(Tele-observation) 등의 원격존재(Tele-presence) 기술, 협업환경 제공을 위한 기술 등이 있다. 이 중 원격 제어 기능은 건설/토목 실험 장비를 이용한 실험의 규모 및 위험성 등을 고려하여 적절한 수준의 제한된 제어만 가능하도록 구현될 예정이며, 원격 관찰 기능은 실험 과정에서 발생하는 센서 데이터와 실험과정을 촬영한 동영상 데이터를 동기화 시켜 전송 및 저장 함으로써 추후 실험의 완전한 재현이 가능하도록 할 계획이다.

실험 과정에서 발생되는 모든 종류의 데이터는 해당 실험 센터에 있는 데이터 저장소(Local Data Repository)에 저장된다. 또한, 원격관찰의 효율성을 높이기 위하여 센서 데이터에 대한 실시간 가공 기능을 제공한다. 실시간 가공 기능은 센서로부터 측정되어 나오는 수치 데이터를 연구에 필요한 다양한 형태의 그래

프, 도표 등으로 시각화 시켜주는 것을 말하며, 이러한 기능을 통해 연구자들은 실험 과정의 이상 유무를 손쉽게 판별할 수 있게 된다. 그림 6은 실험 장치에 대한 원격제어와 원격관찰이 이루어지도록 본 사업단에서 구현한 파일럿 시스템에서 실제로 원격지의 연구자가 실험할 때 볼 수 있는 모습을 나타낸다.

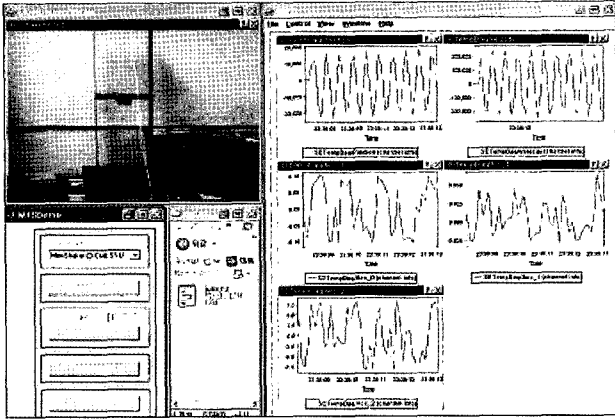


그림 6 원격관찰 화면의 예

협업환경 제공을 위한 기술은 연구자간의 실시간 또는 비실시간 통신을 가능하게 하는 통신 매체를 제공하는데, 여기에는 화상/음성/문자 채팅, 게시판, 전자공책(e-notebook), 응용프로그램 및 파일 공유 기능 등이 포함된다. 또한, 원격관찰이 협업환경 내에서 이루어질 수 있도록 함으로써, 실험이 이루어지는 동안 실시간 원격관찰을 포함하는 협업이 가능하도록 할 예정이다.

3.1.2 KOCED 그리드 응용기술

실험시설 및 계측 데이터를 활용하여 고급 연구를 수행할 수 있도록 하는 응용기술로는 분산실험, 하이브리드실험 등이 개발 중이다.

분산실험은 분산된 복수의 실험 장치를 연동하여 하나의 대규모 실험을 수행하는 기능이다. 대규모 구조물을 부분별로 분리하여 서로 다른 실험장치 혹은 원격의 실험시설에서 동시에 실험을 수행하고, 각 장치에서 발생하는 센서 데이터를 실시간으로 다른 장치에 전송하여 다른 장치에서 이루어지는 실험의 입력 파라미터 값으로 사용되도록 함으로써, 분산되어 이루어지는 각 실험이 서로 연계되어 하나의 대규모 실험이 될 수 있도록 하는 기능이다. 이러한 분산실험 기능이 구현된다면, 기존에는 불가능하였던 대규모 구조물의 실제 실험이 가능해짐으로써 실험 가능한 실험체의 범위가 넓어짐은 물론, 실험 결과의 정확도도 높아져 토목/건축 분야의 연구에 획기적인 발전이 이루어질 수 있을 것으로 예상된다.

하이브리드실험은 분산실험의 일종으로 실제 실험장치에서의 실험과 컴퓨터 시뮬레이션이 연계되어 일어나는 실험을 말한다. 즉, 실험장치에서의 센서 데이터가 컴퓨터로 전송되어 시뮬레이션의 입력 파라미터로 사용되고, 동시에 컴퓨터 시뮬레이션의 결과가 실험장치로 전송되어 실제 실험의 입력 파라미터로 사용됨으로써 대규모 실험이 이루어지게 된다. 그림 7은 하이브리드실험의 예를 그린 것이다.

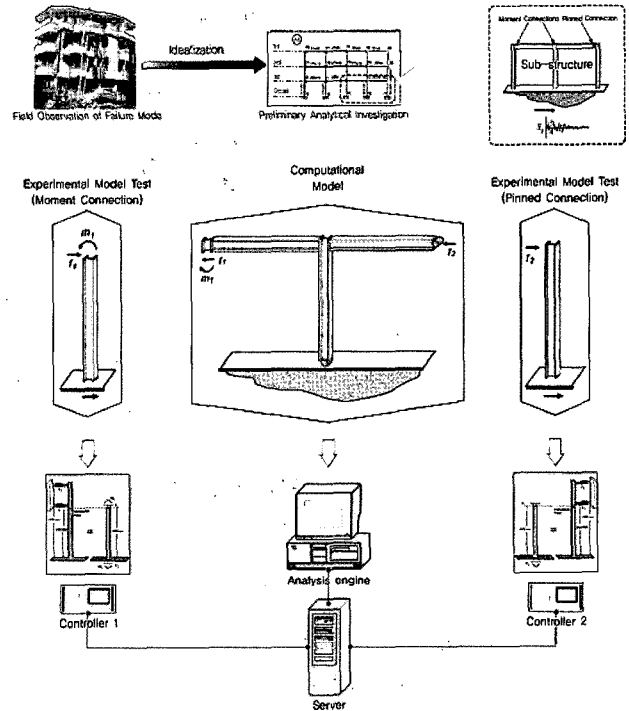


그림 7 하이브리드실험의 예

이러한 분산실험과 하이브리드실험은 실험이 이루어지는 과정에 실시간으로 데이터 전송이 이루어져야 하기 때문에 네트워크에서 발생하는 시간 지연 현상을 극복하도록 실험장치를 운용하는 것이 필요하므로 고난이도의 실험이라 할 수 있다.

3.1.3 KOCED 그리드 서비스기술

전체 그리드 시스템을 통해 건설/토목 분야의 사용자들에게 제공하기 위해 개발되는 서비스에는 중앙 데이터 저장소, 전문가 네트워킹 및 온라인 컨설팅, 가상 실험실, 원격강의 및 교육 서비스, 디지털 정보 도서관 구축 등이 진행되고 있으며, 이런 서비스 기능들은 KOCED Portal을 통해 제공되도록 할 계획이다.

먼저 중앙 데이터 저장소(Central Data Repository)는 각 실험 센터에 존재하는 지역 데이터 저장소의 데이터에 대한 복사본(replica)을 가짐은 물론, 실제로 이루어진 각 실험들에 대한 메타데이터도 관리하게 된다. 따라서 연구자들은 중앙 데이터 저장소에서 자신이

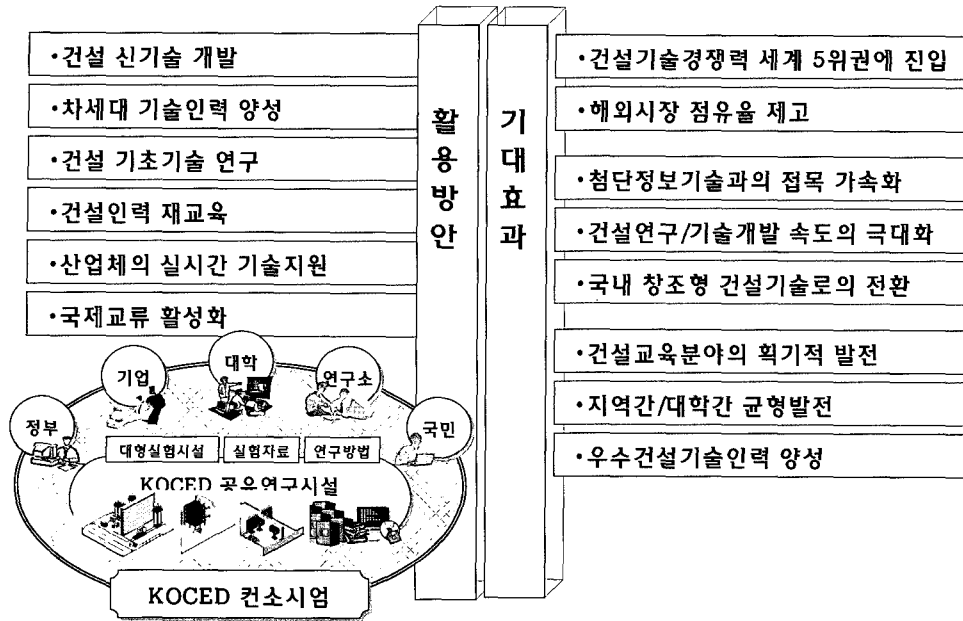


그림 8 KOCED 프로그램의 활용방안 및 기대 효과

계획하고 있는 실험과 유사한 실험에 대한 검색을 할 수 있고, 자신에게 부여된 권한에 따라 다양한 수준의 실험 결과값을 얻을 수 있다. 예를 들어, 권한이 낮은 사용자는 연구의 최종 결과물인 논문 파일만 얻을 수도 있고, 권한이 높은 사용자는 실제 실험 과정에 발생된 원시 데이터까지도 얻을 수 있게 된다. 이러한 권한별 데이터 공유 기능을 제공하기 위해 전체 KOCED 그리드 시스템은 하나의 인증 시스템을 통해 인증 서비스를 제공하게 되며, 인증 결과는 모든 자원과 서비스에 대한 접근 시 공통적으로 적용된다.

전문가 네트워킹 및 온라인 컨설팅 기능은 건설/토목 분야의 전문가들을 대상으로 온라인 커뮤니티를 형성함으로써 정보 교환 및 토론을 촉진시켜 궁극적으로 공동 연구를 활성화 시키고자 하는 목적과 함께 전문가의 지식을 바탕으로 일반 사용자에게 컨설팅 서비스를 제공하고자 하는 목적으로 구축되고 있다.

가상실험실은 토목/건축 분야에 익숙하지 않은 일반인들에게 토목/건축 분야의 실험실과 그 곳에서 실제로 실험이 이루어지는 모습을 컴퓨터 그래픽으로 보여줌으로써 일반인에 대한 홍보와 이해 증진을 목표로 개발 중이다.

원격 강의 및 교육 서비스는 상호작용이 가능한 실시간 강의 서비스를 네트워크를 통해 제공하는 것으로, 실제 이 기능을 활용하여 저명인사의 강연을 실시간으로 서비스 하거나 대학에서 원격 강의를 통한 대학간 공동학점제 시행 등에 이용될 수 있다.

마지막으로 디지털 정보 도서관의 경우 토목/건설 분야의 모든 디지털 자료를 저장하고 서비스하는 시스템

을 구축하고자 하는 것이다. 여기에는 논문이나 보고서, 책 등과 같은 문서 파일을 제공할 뿐만 아니라, 교육용 동영상 자료 서비스 등의 멀티미디어 서비스도 제공될 계획이다.

3.2 KOCED 그리드 구축에 따른 기대효과

그림 8은 KOCED 프로그램의 완료에 따라 구축될 실험 시설 및 그리드 시스템의 활용 방안 및 기대 효과를 그린 것이다.

KOCED 그리드 시스템의 구축은 건설/토목과 관련된 교육분야, 연구 및 기술개발 분야, 인력 양성 분야, 산업 분야 등에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다.

먼저 교육 분야에서는 실험 현장에 대한 원격 관찰을 대학 강의에 활용함으로써 강의의 질을 향상시킬 수 있고, 대학 교육에서 실험 교육 강화를 통해 학생들의 실무 능력을 함양할 수 있음은 물론, 원격 강의 기능을 통한 대학간 교과목 공동 운영이 이루어질 수 있을 것으로 기대된다.

연구 및 기술 개발 분야에서는 연구 결과 공유를 통한 기술 개발 속도의 가속화와 다양한 형태의 실험을 통한 고급 기술 개발을 기대할 수 있을 뿐만 아니라, 분산 협업 환경을 이용한 협업을 통해 연구 효율성을 증대시킬 수 있고, 협업의 활성화를 통해 산/학/연 연계를 강화시킬 수 있으며, 고효율 협업 위주의 연구 활동 패러다임 확산을 통해 소규모 개별 연구 위주의 연구 활동이 중·대규모 공동 연구 위주의 연구활동으로 변화함으로써 연구 결과의 파급 효과 증대도 기대할 수 있다.

인력 양성 분야에서는 그간 우리나라에서 절대적으로 부족했던 이론과 실험 경험이 겸비된 고급 인력 양성이 가능해지고, 신기술에 대한 온라인 교육을 통한 산업체 인력 재교육이 원활해 질 것으로 기대된다.

마지막으로, 산업 분야에서는 분산실험 및 하이브리드실험 등을 통해 더욱 더 정교하고 안전한 기술 확보가 가능해지고, 분산 설계 등을 통해 생산 비용을 감소시킬 수 있으며, 산/학/연 연계를 통한 신기술 개발로 기업 경쟁력을 강화시킬 수 있을 것으로 기대된다.

4. 요약

본 글에서는 최근 건설분야에 대한 적용이 적극적으로 모색되고 있는 그리드 기술에 대한 기존의 연구와 현재 국내에서 진행되고 있는 연구를 정리하고 소개하였다.

그리드 기술은 자원의 공유와 연계활용이라는 장점을 바탕으로 연구의 새로운 패러다임을 창출하는데 활용될 수 있다. 특히 건설현장에서 발생하는 복잡한 문제를 해결하기 위해 실험 및 해석을 병행하여 검증을 거쳐야 하는 경우가 많은 건설분야에서 시도되고 있는 하이브리드실험 및 분산실험 등의 연구는 그리드 기술이 제공하는 분산협업 환경을 활용함으로써 새로운 연구 형태로의 변화로 이어지고 있다. 그리고 국내건설업체에서도 마찬가지지만, 건설 및 계획현장이 전세계적으로 분산되고, 설계 및 시공의 전문가들 역시 분산되어 있는 상황이 빈번하게 발생할 경우, 전국 어느 곳에서나, 넓게는 세계 어느 곳에서나, 필요한 경우 협업이 가능하고 모든 필요 정보와 자원의 공유가 가능하도록 한다는 것은 지금까지의 독립적이고 제한적인 연구와는 차원이 다른 형태의 연구 환경을 제공하는 것이라 할 수 있다. 따라서 그리드 기술 및 그 활용기술의 개발은 이러한 새로운 형태의 연구를 보다 효과적이고 실효성 있게 진행하게 해줄 핵심기술로 기대된다. 이러한 상황에서 진행되고 있는 건설교통부의 '분산공유형 건설연구인프라 구축사업'은 건설/토목 분야 기술개발을 가속화시킬 수 있음은 물론 타 분야의 연구 활동에 변화를 촉진시킴으로써 우리나라 전체 과학 기술 발전에 크게 기여할 수 있는 사업이 될 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] Dolenc, M., Stankovski, V., and Turk, Ž., "Grid technology in civil engineering," CC2005, Rome, Italy, 30 August~2 September 2005.

[2] NEESgrid (<http://it.nees.org>)
 [3] G-civil (<http://www.soton.ac.uk/~gcivil/>)
 [4] InteliGrid (<http://www.InteliGrid.com>)
 [5] AccessGrid (<http://www.AccessGrid.org>)
 [6] KOCED (<http://www.koced.net>)
 [7] 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.
 [8] Zhang, Y. "Smart structural systems with a focus on civil infrastructure applications," Lehigh University, Report No. SSL 2004-01, July 2004.
 [9] 분산공유형 건설연구인프라 구축사업 추진연구단, "KOCED 6개 대형실험시설 기본설계 보고서", 2004 8월.
 [10] 분산공유형 건설연구인프라 구축사업 추진연구단, "KOCED 2단계 대형실험시설 기본설계 보고서", 2005 2월.
 [11] 분산공유형 건설연구인프라 구축사업 추진연구단, "KOCED 2단계 후 추가실험시설 수요조사 및 기획연구 보고서", 2005 2월.

신수봉

KOCEDpmc 부단장
 인하대학교 환경토목공학부 토목공학과
 부교수
 E-mail : sbshin@inha.ac.kr



강수용

한양대학교 컴퓨터교육과 조교수
 E-mail : sykang@hanyang.ac.kr



김 철 영



KOCEDpmc 부단장
명지대학교 토목환경공학과 교수
관심분야: 교량구조물의 건전도평가, 그리
드 시스템을 이용한 하이브리드
실험기법
E-mail : cykim@mju.ac.kr

염 현 영



KOCEDpmc 부단장
서울대학교 컴퓨터공학부 교수
E-mail : yeom@snu.ac.kr

김 재 관



KOCEDpmc 단장
서울대학교 지구환경시스템공학부 교수
E-mail : jkwankim@snu.ac.kr
