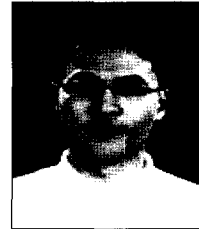


# 그리드컴퓨팅의 토목분야 응용

## Grid Computing and its Application on Construction Engineering



염현영\*



정갑주\*\*

\*서울대학교 컴퓨터공학부 교수  
\*\*건국대학교 인터넷미디어공학부 교수

### 1. 서론

그리드 컴퓨팅이란 사실 새로운 개념이라고 할 수는 없다. 컴퓨터가 본격적으로 사용되기 시작한 이래로 여러 대의 컴퓨터를 같이 사용해서 한대로는 할 수 없는 작업을 한다는 개념은 계속해서 존재해 왔다. 이러한 비슷한 개념들은 여러 가지 이름으로 불리어 왔는데 대표적인 것들은 병렬처리, 분산컴퓨팅, 유틸리티 컴퓨팅, 온디맨드 컴퓨팅 등이 있다. 또한 컴퓨터와 가전제품, 네트워크 등의 경계선이 불분명해지면서 컴퓨팅이라는 것이 꼭 컴퓨터에서 이루어지는 계산이 아니라 네트워크로 연결된 모든 자원에서 제공되는 서비스의 형태를 의미하는 것으로 모양이 바뀌게 되었다. 일반적인 분산시스템과 그리드 시스템의 차이를 굳이 따져본다면 분산시스템은 전체 시스템이 하나의 일관된 정책을 가지고 하나의 시스템으로 보여져야 하지만 그리드 시스템은 전체 시스템 안에 몇 개의 작은 시스템들이 있고 그들은 나름대로의 독립성을 유지하며 각자 독립적인 정책을 사용할 수 있다는 점이다. 그렇게 독립성을 유지하면서도 전체적으로는 어느 정도 일관적인 목적을 가지고 움직일 수 있는 유연성을 제공한다는 것이 가장 커다란 차이라고 할 수 있다.

사용자들이 네트워크에 접근하는 이유는 한가지이다. 네트워크를 통해서 접속할 수 있는 어떤 자원을 이용하기

위해서이다. 여기서 자원이라는 것은 계산을 하는 슈퍼컴퓨터일 수도 있고, 데이터를 제공하는 데이터베이스이거나 먼 곳에 있는 기계장치를 제어하거나 관찰하는 장치일 수도 있다. 물론 지금도 이러한 일들은 어느 정도 가능하다. 여기서 어느 정도라고 하는 것은 소수의 많은 자원을 가진 사람들이 아주 많은 노력을 들이면 그 사람들에게 가능하다는 뜻이다. 그리드 컴퓨팅의 목적은 이러한 일들이 모든 사람들에게 가능하도록 만들자는 것이다. 하나의 예로 다음과 같은 상황을 생각해 볼 수 있다. 서울대학교에 있는 연구자가 구조해석을 위해서 아주 많은 계산을 해야 한다고 하자. 필요한 자원을 서울대학교에서 모두 제공할 수 있다면 좋겠지만 그렇지 못하다고 하면 다른 대학이나 연구소에 있는 자원을 같이 사용할 수 있는 방법이 없겠느냐는 것이다. 기존에는 이런 일을 가능하게 하려면 엄청난 게 복잡한 과정을 거쳐야 했었지만 그리드 컴퓨팅 환경이 제대로 갖추어 진다면 이런 일들이 간단하게 해결될 수 있다는 것이다.

그리드 컴퓨팅의 개념이 알려지면서 많은 컴퓨터의 사용자들이 관심을 표명하고 있다. 특히 많은 계산을 하거나 많은 양의 데이터를 다루어야 하는 분야에서는 그리드 컴퓨팅이야말로 인터넷의 발전에서 www의 등장에 못지 않은 획기적인 사건이라고 평하고 있다. 여태까지 하나하나의 서비스를 사용하기 위해서 복잡한 접속과정을 거쳐서

서로 다른 형태로 인증을 받고 하던 것들은 통합해서 모든 과정을 몰 흐르듯이 무리 없이 해결할 수 있는 방법들이 가능하게 될 것이다. 과학기술분야 뿐만이 아니라 상용으로 컴퓨터를 사용하는 분야에서도 그리드 컴퓨팅은 많은 역할을 할 것으로 기대되고 있다. 오늘날과 같이 이합집산이 빠르게 진행되는 환경에서 계속해서 변화하는 비즈니스 파트너와 자료를 공유하고 기획을 하는 과정들이 많은 부분 자동화되어갈 수 있을 것이다.

이러한 그리드 컴퓨팅을 본격적으로 사용하려는 시도들이 세계 각국에서 벌어지고 있는데, 먼저 그리드 기술의 개요를 간단히 살펴보고 그중에서 특히 토목/건축 분야에서 국내/외에서 진행되고 있는 과제들을 살펴보기로 하자.

## 2. 그리드 기술 개요

### 2.1 가상기관 (Virtual Organization)

그리드 기술의 핵심적 목적은 가상기관 (Virtual Organization, 이후 VO) 구축이다. VO는 실제 존재하는 기관이 아니고, 지역적·행정적으로 분산되어 있는 여러 현실 기관들이 마치 하나의 기관인 것처럼 서로의 다양한 자원 (CPU, 저장공간, 해석코드, 실험장비, 연구데이터)을 공유할 수 있게 하는 IT 환경 상에 존재하는 가상의 기관이다. 이러한 VO의 구현을 위해서 제공되는 핵심기술은 다음의 3가지이다.

- 원격자원접근 (Remote Resource Access): VO에서는 기관간 자원공유를 위해서 필연적으로 타 기관의 자원에 접근할 수 있어야 한다. 그리드 기술은 사용자들이 컴퓨터와 네트워크를 이용해서 멀리 떨어져 있는 기관의 자원을 이용할 수 있도록 한다. 이러한 원격접근 기

술의 적용대상은 타 기관의 실험장비, 컴퓨터 (CPU 및 저장공간), 데이터, 해석코드 등의 다양한 자원이다. 따라서 원격자원접근 기술은 KOCED에서 목표로 하는 원격실험을 위한 핵심기술이 된다.

- 자원 디렉토리 서비스 (Resource Directory Service): VO 상에서 접근 가능한 자원들에 대한 정보를 관리하는 서비스이다. 자원을 보유한 기관에서는 자원에 관한 정보를 등록하고, 자원을 이용하는 기관에서는 자원에 관한 정보를 검색할 수 있다. 이러한 정보 서비스를 이용해서 기관들은 VO에 속한 다른 기관들에 존재하는 자원들에 대한 정보를 손쉽게 확인할 수 있고, 이 정보를 이용해서 타 기관의 자원들을 이용할 수가 있다.
- 보안인프라 (Security Infrastructure): VO에서는 필연적으로 외부 기관으로부터의 자원 접근을 허용해야 한다. 따라서 외부로부터의 접근 시도가 VO내의 기관들로부터의 합법적 접근인지 아니면 다른 외부로부터의 불법적 접근인지를 판단하고 합법적 접근만 허용해야 한다. 이를 위해서는 VO에 참여하는 모든 기관들의 사용자들에 대한 인증 서비스가 제공된다.

<그림 1>은 이러한 개념을 설명하고 있다.

### 2.2 자원공유 서비스

앞에서 언급된 VO핵심기술들을 직접적으로 자원공유를 지원하지는 않는다. VO내에서의 자원공유를 위해서는 이러한 핵심기술을 기반으로 해서 보다 구체적인 자원공유 기술들이 구현되어야 한다. 이러한 자원공유 기술들은 실제 자원의 종류에 따라 구별된다. 대표적인 자원공유 기술들은 아래와 같다.

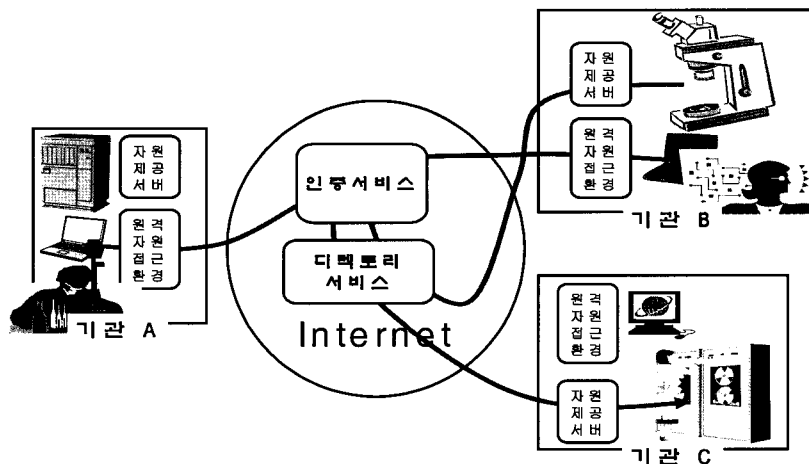


그림 1 그리드 시스템 구성

계산 그리드(Computational Grids). 이 기술은 VO내의 여러 기관들이 서로의 컴퓨팅 자원들을 공유할 수 있게 하는 기술이다. 예를 들어, 고성능컴퓨터를 보유하지 못한 기관에서 대규모 시뮬레이션 작업의 처리가 필요한 경우, 이 작업은 자동적으로 VO내의 슈퍼컴퓨팅센터로 이동되어 처리되고, 그 결과가 원래 기관으로 자동으로 전달된다. 이러한 활용사례는 슈퍼컴퓨터센터(예, KISTI)가 KOCED 가상기관의 내부기관으로 참여하게 되면, KOCED에서도 실제 가능하다. 이와 별도로 여러 기관에 존재하는 컴퓨터들을 연결해서 하나의 병렬컴퓨터처럼 활용하는 것도 지원한다.

데이터 그리드(Data Grids). 이 기술은 VO내의 기관들 간 저장공간 및 데이터의 공유를 지원한다. 접근권한에 따라서 합법적 접근만이 허용한다. 또한, 한 기관에서 저장공간이 부족하면 VO내 타 기관의 저장공간을 이용해서 저장할 수도 있다. 또는 구축전략에 따라서 특정 기관이 VO내의 데이터 관리 서비스를 전담할 수도 있다.

원격운영(Tele-Operation). 이 기술은 원격지 장비를 컴퓨터를 통해 직접 조작하게 하는 기술로서, VO내 기관 간 실험장비 공유를 지원한다. 이를 위해서는 VO내 기관 간 초고속통신망, 실험장비 모니터링 및 제어 소프트웨어, 실시간 분산미들웨어 등의 다양한 기술이 복합적으로 적용되어야 한다. 원격운영은 원격모니터링(Tele-Monitoring)과 원격제어(Tele-Control), 두 가지 기능으로 구성된다. 원격제어는 기술적으로 구현하는 것이 복잡하기 때문에, 현재까지는 대부분의 응용에서는 원격모니터링을 주로 이용하고 있다.

협업 환경(Collaboration). 이 기술은 VO내의 과학자들 간의 협업 활동을 지원하는 기술이다. 이 기술을 이용해서 과학자들은 타 기관의 공동연구자들과 함께 연구 계획, 연구 진행과정 점검, 연구 결과 확인 및 검증을 효율적으로 수행할 수 있다. 이러한 협업 환경은 대부분 사용자 편리성을 위해 웹 기반으로 구축된다.

이러한 그리드 서비스들은 그리드 사용자가 VO내부 기관간의 공간적·행정적 장벽에 제약받지 않고 VO내의 자원을 자유롭게 공유할 수 있게 하는 환경을 구축하는 것을 목표로 한다. 그러나 이러한 이상적인 목표를 완벽하게 실현하는 것은 여러 가지 이유로 인해서 불가능하다. 우선, 그리드 서비스 대상이 되는 기관 및 자원들은 너무 다양해서 모든 경우를 기술적으로 해결하는 것은 불가능하다. 또한 기관간의 자원공유는 기술적 문제와 무관하게 지적재산권 등과 같은 행정적·사회적 문제의 해결을 요구한다. 이러한 문제점들은 현재 활발하게 연구가 되고 있으

나, 해결되기에는 앞으로도 많은 시간이 소요될 것으로 판단된다. 따라서 현재 그리드 기반 연구인프라 구축사업들에서는 기관의 상황과 자원들의 특징에 따라서 그리드 서비스의 기능에 제약을 두어서 구현하는 방식으로 추진을 하고 있다.

KOCED에서의 원격실험도 이러한 문제점이 제기되는 경우에 해당된다. 따라서 대상 실험장비의 특성에 따라서 원격제어가 어려운 경우, 원격모니터링 서비스만을 제공하는 방식으로 추진이 요구된다.

### 3. 분산공유형 건설연구인프라에서의 그리드 적용사례: NEES

KOCED 연구인프라에서 그리드 시스템의 역할을 예상해 보기 위해서, 이미 구축이 완료된 NEES 연구인프라에서의 그리드 시스템을 살펴본다.

#### 3.1 가상기관 구축

NEES 연구인프라는 <그림 2>에서 제시된 16개 대학의 대형실험시설들을 기반으로 구축되었다. NEES 연구인프라의 목표는 이러한 대형실험시설들을 그리드 기술을 이용해서 <그림 3>에서 보이는 것과 같은 하나의 가상기관(NEES VO)으로 구성하는 것이다. 이 VO에 가입한 사용자들은 한번의 로그인 (Single Sign On)을 통해서 VO에 로그인하고, VO내의 실험장비와 데이터베이스화된 실험결과들을 공유할 수 있다. 즉, NEES사용자들이 이러한 장비와 실험데이터들이 마치 하나의 기관에 속해 있는 것처럼 느낄 수 있는 환경을 구축하는 것을 목표로 한다. 이와 동시에 강력한 보안인프라를 통해 엄격한 사용자인증을 실행하여, 외부로부터의 불법적 접근을 차단한다.

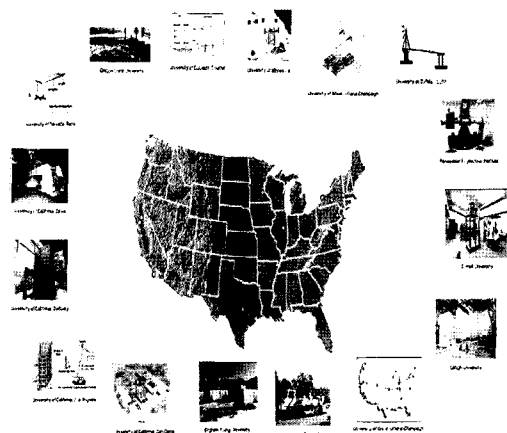


그림 2 NEES 실험시설

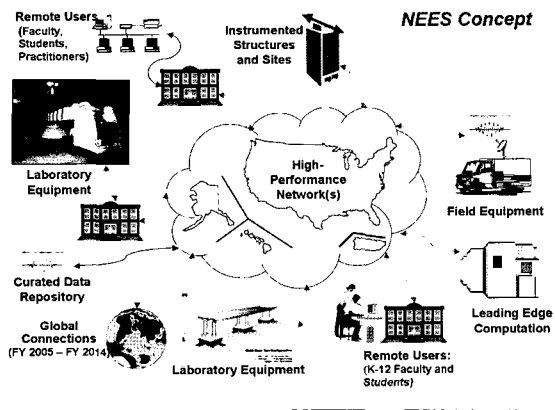


그림 3 NEES 가상기관

NEES 연구인프라를 위한 그리드 시스템은 위에서 언급된 계산 그리드, 데이터 그리드, 원격운영, 협업 환경 등의 서비스들을 제공한다. 이러한 서비스들은 최대한 토목학자들이 복잡한 IT 환경을 의식하지 않고 실험을 수행하고, 그 결과를 이용할 수 있도록 설계되어 있다.

### 3.2 NEES 원격실험

NEES 연구인프라의 핵심적 목표 중의 하나는 원격실험이다. 원격실험은 그리드 원격운영 기술(Tele-Operation)을 이용해서 구현된다. 이러한 원격실험을 위해서 <그림 4>에서 제시된 구조를 갖는 그리드 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 사용자(그림 우측)가 인터넷을 통해 원격지 실험시설(그림에서 Shake Table)에 접근을 해서 모니터링과 제어를 수행하도록 지원한다. 이를 위해서 개발된 그리드 소프트웨어가 NEES POP(Point of Presence)이다. 원격실험 과정에서 획득된 데이터들은 그 원격지 실험시설에 위치한 컴퓨터에 저장되고 이후에 별도의 후처리과정(Post-Processing)을 통해서 데이터 그리드에 저장된다.

현재 NEES 그리드 시스템의 구현 상태는 아직 원격실험을 완벽하게 지원할 수 있는 수준은 아니다. 현재 원격 모니터링을 위한 환경은 개발되어 있으나, 아직 원격제어에 대한 충분한 지원은 구현되어 있지 않다.

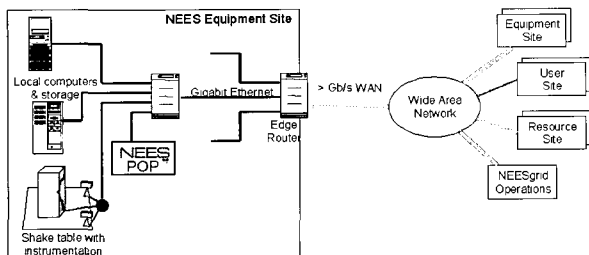


그림 4 원격실험을 위한 NEES 그리드 시스템 구성도

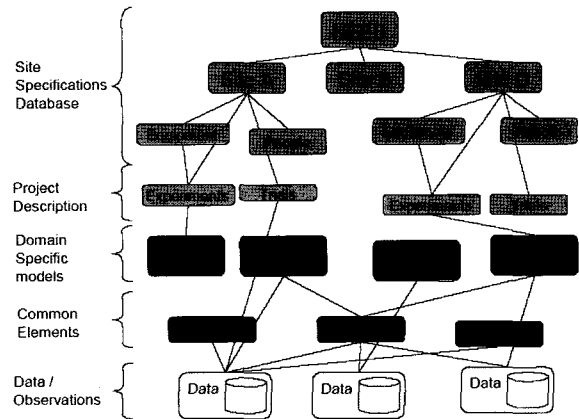


그림 5 NEES 데이터모델의 개략적 구성도

### 3.3 NEES 실험데이터 정보화

NEES 연구인프라에서는 지진공학과 관련된 실험데이터들을 체계적 정보화하고, 이를 NEES 소속 기관 및 사용자들이 효율적으로 공유할 수 있는 환경(NEES 데이터 그리드)을 제공한다. 이를 위해 실험 관련 데이터 모델을 만들었고, 이를 바탕으로 실험데이터 저장소(Repository)를 구축하였다. NEES사용자들은 이 데이터 모델과 저장소를 이용해서 새로운 실험데이터를 저장하고, 과거 데이터를 검색할 수 있다.

<그림 5>은 NEES 데이터 모델의 기본 구성을 보여준다. 그림에서 제시된 것과 같이 NEES 데이터 모델은 실험 전 과정을 정보화하는 것을 목표로 한다. 이런 모델을 통해 정보화된 자료들은 웹을 통해 합법적 NEES사용자들에게 제공된다.

NEES 데이터 그리드는 사용자들이 실험데이터들을 편리하게 검색 및 분석할 수 있게 하는 웹 포털 서비스를 제공한다. 웹 포털을 통해서 사용자들은 개인 PC에서도 실험데이터들을 검색하고, 분석할 수가 있다. NEES 데이터 그리드에서는 실험데이터들을 사용자들이 이해하기 쉽도록 <그림 6>에 제시되는 것과 같은 그래프 형식으로 처리

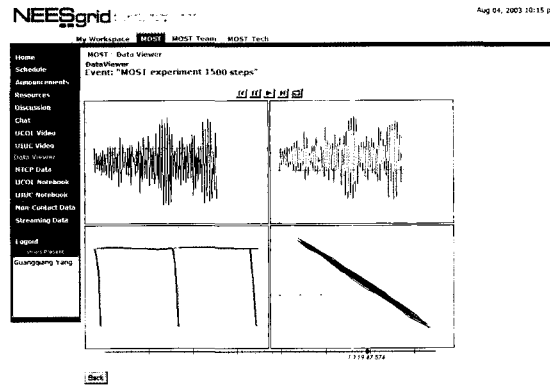


그림 6 NEES 실험데이터 뷰어

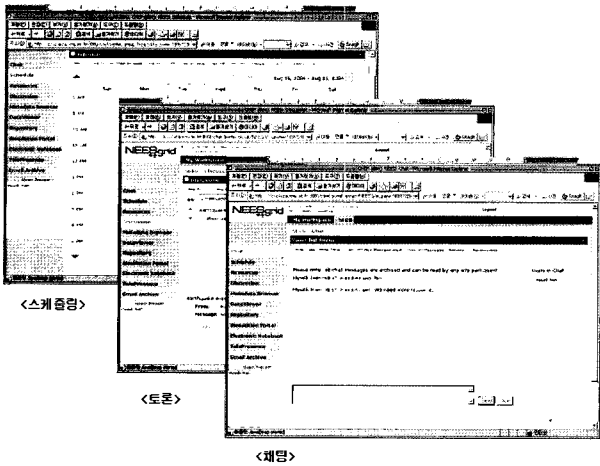


그림 7 NEES 웹 기반 협업환경

해서 제공할 수 있다. 특히 실험진행에서의 시간정보까지 관리되어 있어, 특정 실험에 대한 여러 종류의 데이터(예, 여러 종류의 센서 데이터)들을 시간에 따라서 동기화해서 볼 수 있도록 되어 있다.

NEES 데이터모델은 아직 시범모델만 구축된 상황이며, 앞으로 더 많은 연구가 요구되는 문제이다.

### 3.4 NEES 협업환경

NEES 연구인프라에서는 사용자간의 공동연구를 지원하기 위해 웹 기반 협업환경(Collaboration Environment)을 제공한다. NEES 협업환경은 응용과학분야를 위한 협업환경 개발도구인 CHEF를 이용해서 구축되었다. NEES 협업환경의 대표적 기능들은 다음과 같다.

- 스케줄 관리: 프로젝트 및 팀원의 스케줄을 추가, 변경, 삭제해주는 기능을 제공한다.
- 자원 관리: 파일 등과 같은 프로젝트에서 사용되는 자원을 업로드, 삭제, 다운로드 할 수 있는 기능을 제공한다.
- 데이터 뷰어: 저장된 실험 데이터들을 다양한 방식으로 볼 수 있게 한다.
- 공지사항 관리: NEES 사용자들을 위한 공지사항을 관리해 준다.
- 토론 관리: 실험에 대한 토론을 게시판과 같이 관리해주는 기능을 제공한다.
- 대화방: 사용자들에게 대화방 기능을 제공한다.

## 4. KOCED 시스템

분산공유형 건설연구인프라 구축사업(Korea Construction Engineering Development Collaboratory, 이후 KOCED)

은 국내 토목공학분야 연구시설을 혁신적으로 개선하고, 이러한 시설을 바탕으로 첨단 연구기법을 개발하고, 이를 통해 국내 토목공학분야 연구수준을 세계 수준으로 발전시키는 것을 목표로 한다. 이러한 목표를 달성하기 위한 추진전략은 다음과 같다.

- 집중: 제한된 투자자원을 다수의 소규모 실험시설 구축으로 분산시키기보다는 소수의 세계적 수준의 대형 실험시설 구축에 집중한다.
- 공유: 다수의 국내 토목공학자들에 의한 대형실험시설들의 공유를 극대화한다. KOCED에서 지향하는 공유는 단순한 실험시설의 공유를 넘어서, 실험결과에 대한 공유까지를 포함한다. 실험결과가 공유될 경우, 실험에 직접 참가하지 못 하는 사람들까지도 그 실험에 동참하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있고, 불필요한 중복실험을 사전에 방지할 수 있고, 획득된 지식의 신속한 확산을 유도할 수 있다.

KOCED에서는 이러한 전략을 추진하기 위해서 첨단 IT 그리드 기술을 도입한다. 그리드 기술은 기관들간 자원 공유를 위해 개발된 기술로 현재 생명공학분야, 나노공학분야, 고에너지물리분야 등의 다양한 과학·공학분야에서 활용되고 있다. 실제 미국에서는 1999년 말부터 2004년까지 5년간 토목공학자들과 IT 그리드 전문가들이 함께 그리드 기반 지진공학 연구인프라(Network for Earthquake Engineering Simulation, 이후 NEES)를 구축했고, 이 NEES 연구인프라에 대한 본격적 사용이 2004년 말부터 추진되고 있다.

### 4.1 KOCED 실험시설 특성이 반영된 그리드 시스템 구축

그리드의 핵심기술들은 기본적으로 특정 응용을 고려해서 설계되지 않는다. 이는 그리드 기술의 단계적 적용전략에 따른 결과이다. 이 전략은 우선, 다양한 응용분야들의 공통적 요구사항을 위한 연구인프라를 먼저 구축하고, 그 인프라 위에 각 응용별로 요구사항을 위한 연구인프라를 추가하는 방식이다. 이러한 전략을 통해 불필요한 중복개발을 최소화하고, 사회적 인프라 표준화를 최대화할 수 있다. 현재 그리드 기술의 수준은 첫 번째 단계를 위한 기술들은 많이 개발되어 있지만, 두 번째 단계를 위한 기술들은 미흡한 상황이다. 따라서 그리드 기반 연구인프라의 성공여부는 두 번째 단계를 얼마나 성공적으로 수행하느냐에 많은 영향을 받게 된다.

이러한 관점에서 그리드 원격운영 (Tele-Operation) 기

술인 NEES POP의 경우도 현재 특정 장비(예, Shake Table)의 특성에 대한 고려없이 기본 인프라만 개발되어 있다. 따라서 NEES POP을 KOCED에서 이용하기 위해서는 KOCED의 실험시설들의 특성을 반영한 맞춤형 확장을 수행해야 한다. 이러한 기술적 과제는 현재 NEES에서도 직면하고 있는 어려움이다.

이러한 문제점은 데이터모델 개발에서도 나타나게 된다. 과학·공학 실험들은 다양한 특성들을 갖고 있어서, 이들을 단일 데이터 모델로 표현하는 것은 기술적으로 매우 어렵다. 데이터모델 개발의 또 다른 어려움은 새로운 실험시설의 추가 및 실험방법의 변경은 필연적으로 데이터모델의 변경을 요구하게 되는데 있다. 따라서 데이터모델은 한 번 개발로 고정되는 것이 아니라 지속적으로 개선 및 확장을 요구한다. 이러한 어려움으로 인해서, NEES에서도 현재까지 기본 정보들에 대한 모델링만이 완료된 상황이다.

#### 4.2 KOCED 연구인프라에 최적화된 실험방법 개발

새로운 연구인프라의 구축만으로는 연구수준이 자동적으로 개선되지 않는다. 기존의 연구방식을 새로운 연구인프라에서 고집하게 되면, 오히려 과거의 실험방식에서보다 훨씬 불편하고 비효율적인 결과가 발생할 가능성이 높다. 예를 들어, 공장 자동화를 해 놓고, 공장 관리자들이 수동식 방식의 공정을 고집한다면 그 공장은 자동화 이전보다 더 비효율적으로 운영되게 될 것이다. 이러한 이유에서 KOCED 연구인프라를 통해 국내 토목공학분야의 연구수준을 세계적 수준으로 개선시키려면, 이러한 연구인프라에 최적화된 첨단 실험방법과 절차들이 개발되어야 한다.

### 5. 결 론

본 글에서는 연구인프라 구축 관점에서 그리드 기술을

소개했고, KOCED 사업과 유사한 목적으로 추진되고 있는 미국의 NEES 사업 사례를 중심으로 KOCED와 같은 분산공유형 건설연구인프라에서 그리드 시스템이 어떤 역할을 할 수 있을 지에 대해서 살펴보았다. 그리고 이러한 연구인프라 구축사업에 그리드 기술을 적용할 때 극복되어야 할 기술적 과제들을 논의해 보았다.

본 글을 요약하면 다음과 같다. 첫째, KOCED와 같은 연구인프라 구축 시에 그리드 기술의 이용은 반드시 필요할 뿐만 아니라, 성공적으로 적용될 경우 그 기대효과는 매우 크다. 둘째, 그러나 성공적 그리드 기술 적용을 위해서는 범용적 그리드 기술들을 KOCED 특성에 맞게 확장해야 하는 기술적 과제를 해결해야 한다.

안타깝게도 이러한 기술적 과제들에 대한 분명한 해결 방안은 아직 그리드 전문가들에 의해 제시되지 못하고 있다. 그러나 이러한 과제들은 해결이 불가능한 문제들은 아니고, 토목공학 전문가와 그리드 전문가간의 긴밀한 협력 연구를 통해 해결이 가능한 문제들로 판단된다. 따라서 KOCED에서 그리드 기술의 적용도 충분히 성공이 가능한 것으로 생각되며, 앞으로 KOCED 사업이 성공적으로 완료되어, 우리나라 토목공학분야 연구수준이 세계적 연구수준으로 도약하는데 크게 기여할 수 있기를 바라며 이 글을 마무리한다.

### 참 고 문 헌

1. Ian Foster and Carl Kesselman. The Grid: Blueprint for a new Computing Infrastructure (2nd Ed.).
2. Global Grid Forum. <http://www.ggf.org>
3. Globus Project Homepage. <http://www.globus.org>
4. NEES Consortium, Inc. <http://www.nees.org>
5. KOCED Project Homepage. <http://koced.org>