

# 미래인터넷 실험을 위한 인프라 및 테스트베드 기술현황

정상진 | ETRI u-인프라표준연구팀 선임연구원

합진호 | ETRI 미래인터넷연구팀 팀장



## 1. 머리말

미래인터넷은 현재 인터넷의 한계를 극복하고 새롭고 혁신적인 서비스 및 기술이 적용될 것으로 예상되고 있다. 이러한 혁신적인 기술의 개발을 위해서는 새로운 아이디어를 구현하고 시험하기 위한 실험 인프라의 구축이 선행되어야 한다. 현재 미국과 유럽을 중심으로 GENI, FIRE 등의 미래인터넷을 위한 실험 인프라의 구축이 가속화 되고 있으며, 국내에서도 이에 발맞추어 독자적인 미래인터넷 테스트베드의 구축 작업이 진행되고 있다. 본 고에서는 국내외 미래인터넷 실험을 위한 인프라 및 테스트베드 구축 동향과 국내에서 개발중인 미래인터넷용 라우터 플랫폼의 기술 개요에 대해 살펴본다.

## 2. 국외 미래인터넷 인프라 실험 기술 현황

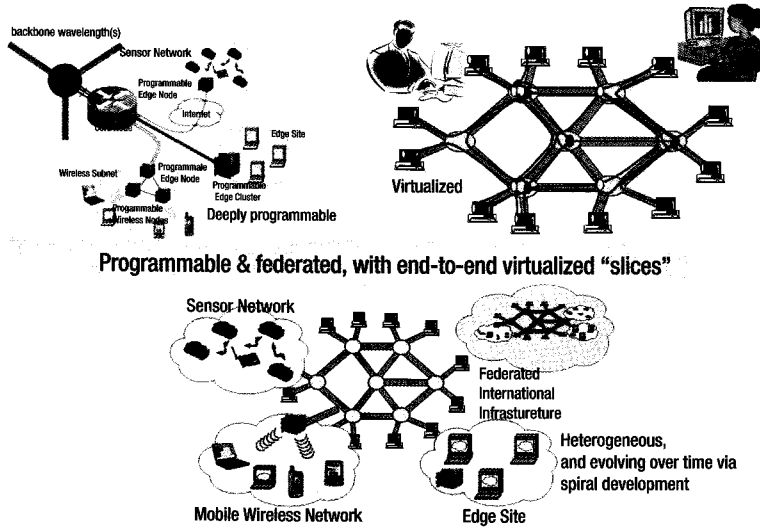
본 장에서는 국외의 미래인터넷 실험을 위한 인프라 및 테스트베드 기술동향을 기술한다. 국외의 미래인터넷 연구를 위한 실험 인프라 구축은 미국의 GENI(Global Environment for Network Innovation) 프로젝트, 유럽의 FIRE(Future

Internet Research and Experimentation) 프로젝트를 중심으로 이루어지고 있다.

### 2.1. GENI(Global Environment for Network Innovation)

GENI의 목표는 네트워크를 이용하는 과학 및 엔지니어링 분야의 다양한 실험들을 위한 장기간 지속될 수 있고 현실과 유사한 환경을 제공할 수 있는 국가 규모의 네트워크 인프라를 구축하는 것이다. GENI와 기존의 다양한 네트워크 테스트베드와의 차이점은 다음과 같다. [그림 1]은 GENI의 고유한 특성을 나타낸 것이다[1].

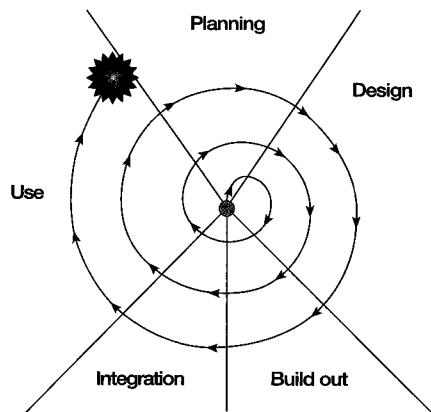
- 프로그래머빌리티: 테스트베드 상의 각 구성 요소들(PC, 서버뿐만 아니라 라우터, 스위치 등의 네트워크 장비도 포함)이 물리계층(Layer 1)에서 응용계층(Layer 7)까지 동적으로 프로그래밍될 수 있는 완전한 프로그래머빌리티 제공(Deep Programmability)
- 가상화: 종단 간 가상화 기술을 이용한 네트워크 슬라이스를 제공
- 연합(Federation): 서로 다른 망, 테스트베드, 종단 장비 등을 모두 연합할 수 있는 환경 제공



[그림 1] GENI와 기존 테스트베드 간의 차별성

GENI의 개발은 신속한 프로토타이핑과이를 바탕으로 한 통합 및 사용을 통한 피드백을 다시 프로토타이핑 설계에 반영하기 위해서 [그림 2]와 같은 Spiral 프로토타이핑 계획에 따라 진행되고 있다. 현재, Spiral 1이 진행되고 있으며, Spiral 1은 2009년 9월까지 계획되어 있다. Spiral 1의 목표는 다음과 같다.

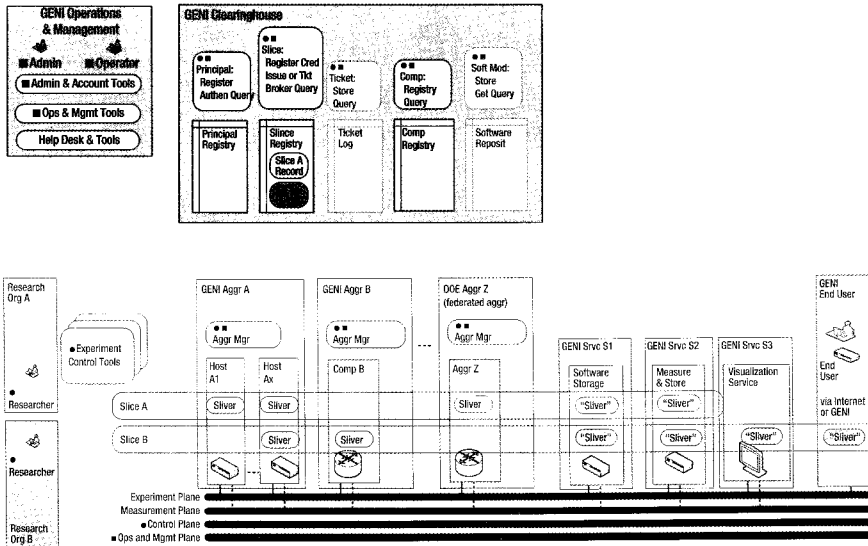
- 네트워크를 사용하는 과학기술 분야의 실험을 위한 상호연동 가능한 국가 규모의 실험 인프라의 초기 프로토타이핑
- GENI 프로토타입을 산·학 협력으로 개발하고, GENI 인프라의 제어를 위한 제어 프레임워크와 클리어링 하우스(자원, 사용자, 슬라이스 등의 레지스트리)의 개발
- 다양한 국가 단위의 백본, 광 네트워크, 캠퍼스, 컴퓨터·스토리지 클러스터, 무선센서 네트워크 등을 모두 연동할 수 있는 실험 인프라 구축
- GENI의 제어 프레임워크의 프로토타이핑이 GENI



[그림 2] GENI 프로토타이핑 계획

개발의 가장 중요한 요소이므로, 5개의 제어 프레임워크 개발을 팀으로 구분해 동시에 추진하고, 각 팀별 통합 및 시연

GENI Spiral 1의 마일스톤은 GENI 클리어링 하우스와 제어 프레임워크를 개발하기 위해 여러 개의 팀을 구성하여 제어 프레임워크의 개발을 경쟁시키고, 각 제어 프레임워크 별로 중단 간 서로 다른 종류



[그림 3] GENI 슬라이스 개념

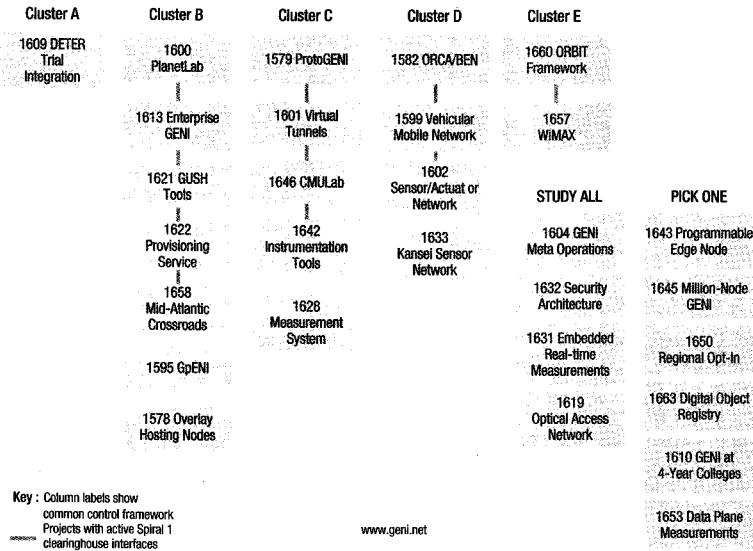
의 네트워크 자원들 간 슬라이스가 생성되는 것을 시연하는 것으로 요약할 수 있다. GENI의 슬라이스 개념은 [그림 3]에 도시된 것처럼, 각 자원(Aggregate 또는 Component) 내에 사용자에게 할당된 자원의 일부(Sliver)들을 연결한 것을 지칭한다. GENI에서 새로운 형태의 네트워크 기술을 개발 및 시험하고자 하는 사용자는 GENI 인프라 상에서 자신의 요구사항을 만족시키는 네트워크 슬라이스를 생성한 후 사용하게 된다. 각 슬라이스는 완벽하게 상호 독립성이 제공된다. 사용자, 자원, 생성된 슬라이스 정보 등은 GENI 클리어링 하우스 내의 레지스트리에 보관된다.

앞에서 기술한 것처럼, GENI Spiral 1은 여러 개의 제어 프레임워크를 클러스터로 구분하여 동시에 개발을 진행하고 있다. [그림 4]는 GENI Spiral 1의 프로젝트를 나열한 것으로, 총 29개의 프로젝트가 진행되고 있다. GENI 제어 프레임워크는 클러스터 A에서 클러스터 E까지 5개로 구성되며, 각 클러스터에서 가장 위에 위치한 프로젝트가 해당 클러스터에서 개발하는 GENI 제

어 프레임워크를 의미하고, 각 클러스터에서 제어 프레임워크를 통해 관리되는 자원들(Aggregate) 또는 관리 기능 등을 개발하는 세부 프로젝트가 나열되어 있다. 또한, 어느 클러스터에도 속하지 않거나 모든 클러스터에 공통으로 적용될 수 있는 프로젝트들은 별도로 구분되어 있다. 각 프로젝트 별 세부 내용은 <http://groups.geni.net/>에서 확인할 수 있다.

## 2.2 FIRE(Future Internet Research and Experimentation)

FIRE는 유럽에서 미래 인터넷 관련 연구개발을 위한 프로젝트인 FP7(Future Internet in Framework Programme 7) 내에서 미래 인터넷을 위한 기술개발 및 다양한 실험을 위한 인프라를 구축하는 프로젝트이다. FIRE의 목표는 매우 실험적이고 혁신적인 아이디어를 도출하고 실험적으로 증명하기 위한 연구 실험용 테스트베드를 구축하는 것이다[2]. 이를 통해 기술의 트렌드를 예측하고, 기술과 연관된 비즈니스 모델을 개발하고, 기술의 사회적 영향력을 평가하고 사용자 기반의 기술 개발을 장려하

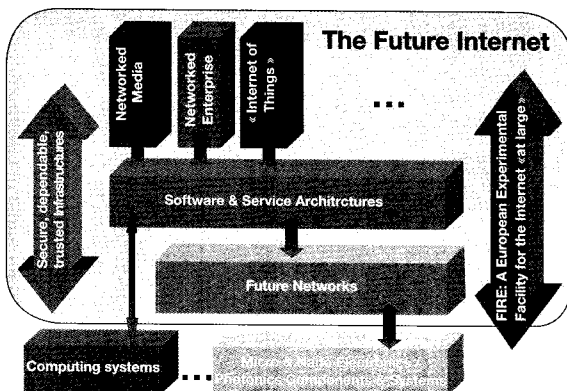


[그림 4] GENI Spiral 1 프로젝트 구분

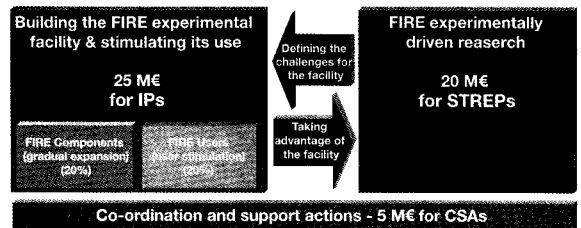
며 데이터 집중적인 실험 및 연구를 가능하게 한다. 즉, FIRE의 궁극적인 목표는 인터넷이 경제와 사회를 어떻게 변화시키고, 이를 통해 인터넷이 사회와 환경을 어떻게 향상시킬 수 있는가를 이해하기 위함이다. [그림 5]는 유럽의 미래인터넷 분야의 연구 개발 프로젝트에서 FIRE가 담당하는 부분을 나타낸 것이다. 유럽연합에서는 2010년까지 FIRE 프로젝트를 위해 5

천만 유로를 할당해 놓고 있으며, 이 중 2천만 유로는 FIRE를 활용하는 실험 기반의 연구개발을 위해 지원하고 있으며, 25백만 유로는 FIRE 인프라를 구축하는데 할당되어 있다. 그 외 지원 및 관리를 위한 부분에 5백만 유로가 할당되어 있다.

[그림 6]은 FIRE 프로젝트의 구성 요소를 도시한 것

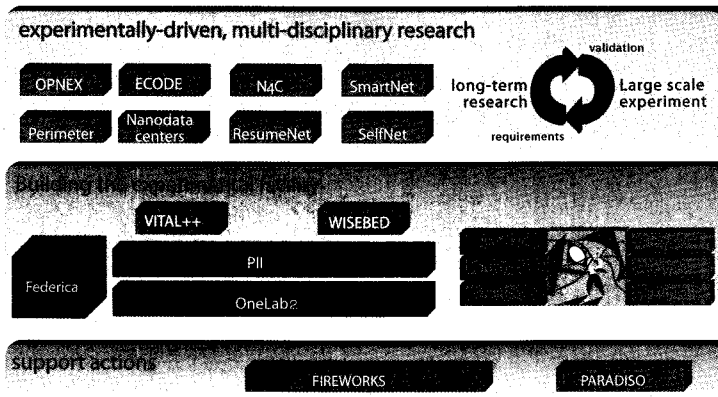


[그림 5] 미래인터넷 분야의 FIRE 위치

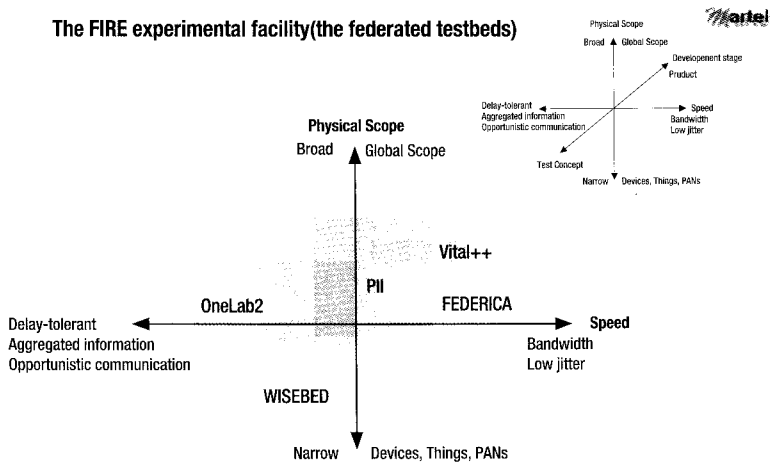


[그림 6] FIRE 관련 예산 분배

이다. FIRE 프로젝트의 핵심은 다양한 목적과 용도에 맞도록 구분되어 있는 테스트베드를 하나로 연합한 실험 인프라이다. 현재 FIRE 실험 인프라는 5개의 각기 다른 테스트베드를 연합하여 구축하고 있다. 이러한



[그림 7] FIRE 구성 요소



[그림 8] FIRE 세부 테스트베드 특성 별 분류

테스트베드 위에서 다양한 분야의 실험 기반의 연구들이 진행되고 있으며 이들 실험과 테스트베드를 지원하기 위한 관리 기관이 있다.

[그림 8]은 FIRE 인프라의 세부 테스트베드를 각 테스트베드의 특성에 따라 구분한 것이다[3].

### 3. 국내 미래인터넷 테스트베드 기술현황

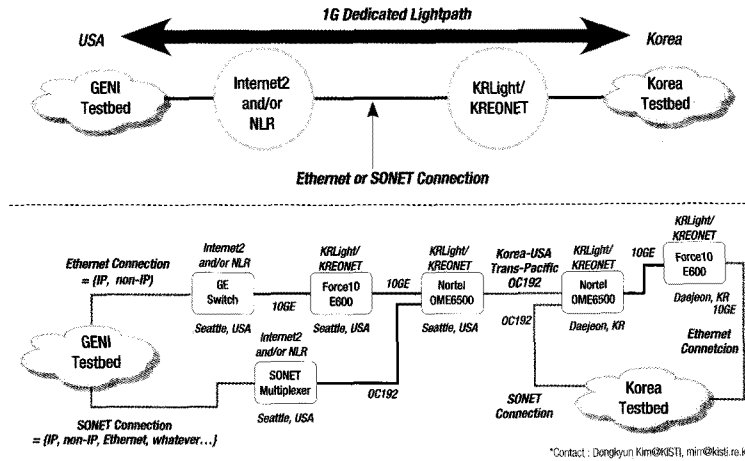
본 장에서는 국내 미래 인터넷 테스트베드 구축과

관련된 기술 동향에 대해 기술한다.

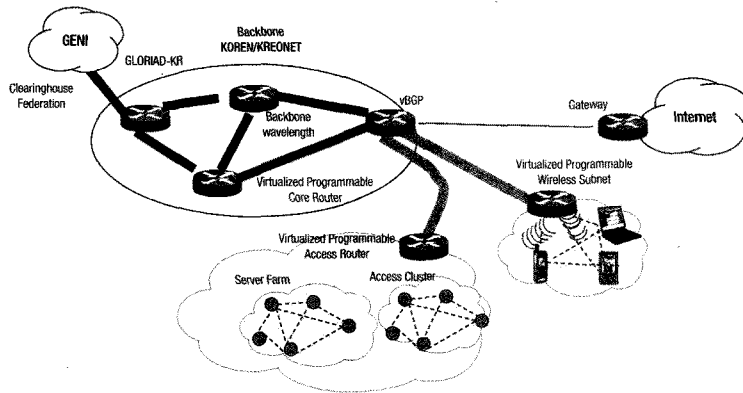
#### 3.1 미래인터넷 테스트베드 구축 동향

국내에서 미래인터넷 연구를 위한 테스트베드 구축은 과학기술연구망(KKREONET)[4]을 활용한 테스트베드 구축과 광대역통합연구개발망(KORENET)[5]을 활용한 테스트베드 구축으로 구분될 수 있다. 본 절에서는 각 연구망 별 미래인터넷 테스트베드 구축 동향에 대해서 살펴본다.

[그림 9]는 KREONET 기반의 미래인터넷 테스트베



[그림 9] GENI-Korea 광경로 연결계획



[그림 10] 미래인터넷 테스트베드 구축 계획

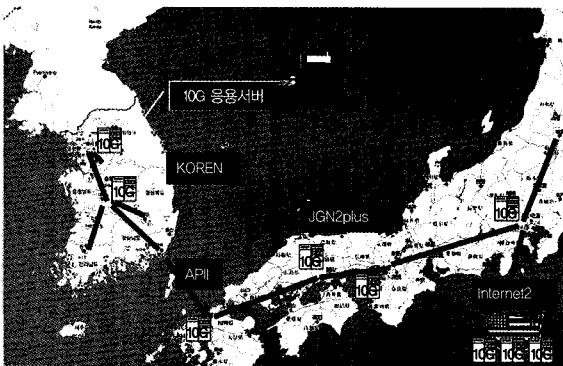
드와 미국의 GENI와의 연동을 위한 망 연동계획을 도시한 그림이다[6]. 미국과 한국 간 1G 광 경로의 연결을 위해 GENI의 백본망인 인터넷2/NLR(National Lambda Rail)과 KRLight/KREONET 간 이더넷 또는 소넷 기반의 연결을 설정하기 위한 작업을 KISTI와 ETRI가 공동으로 진행하고 있다.

[그림 10]은 KREONET을 활용한 국내 미래인터넷 테스트베드 구축 계획을 도시한 것이다. KREONET을 백본으로 활용하고, 백본의 코어에는 가상화 지원 프로그래머블 라우터를 도입하여 미국의 GENI와 연동할

수 있도록 한다. 액세스 네트워크에는 ETRI에서 개발하고 있는 가상화 지원 프로그래머블 액세스 라우터를 도입하여 액세스 망에 연결되어 있는 다양한 미래인터넷 테스트베드용 자원들 간의 슬라이스 기능을 제공할 예정이다.

KOREN 미래인터넷 테스트베드 구축 목표는 미래 네트워크 신기술의 연구·시험·검증을 위한 방송통신융합 테스트베드 구축 및 국제연구협력 기반을 조성하는 것이다. 이를 위해 다음과 같은 전략을 추진할 예정이다[7].

- OpenFlow 기반의 미래 방송통신융합 테스트베드 구축
- uBCN, 기가인터넷, IP-USN 등 방송통신 시범사업과 연계하여 시범사업의 백본망 인프라 제공
- 국제연구망(APII/TEIN) 구축 및 연동을 통한 글로벌 테스트베드 구축



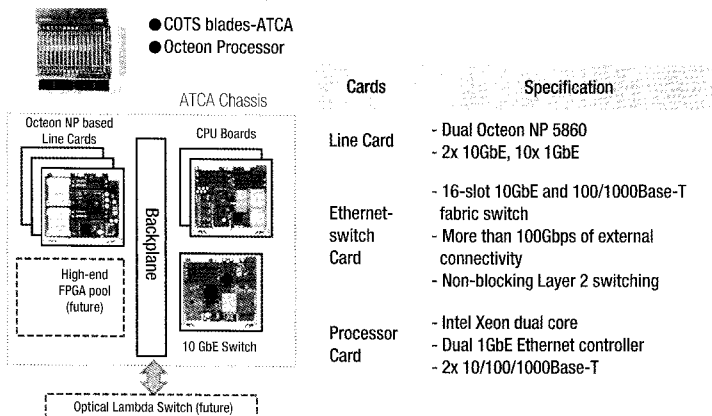
[그림 11] KOREN 기반 미래인터넷 테스트베드 구축 계획

[그림 11]은 KOREN을 기반으로 한 국내 미래인터넷 테스트베드 구축 및 미국·일본과의 연동 방안을 도시한 그림이다. 서울과 대전에 10Gbps급 데이터 처리가 가능한 서버를 구축하고 일본 연구망 JGN2+와 연동해

국제 간 대용량 트래픽 전송시험을 실시할 계획이다 [7].

### 3.2 미래인터넷 테스트베드를 위한 플랫폼 개발 현황

본 절에서는 ETRI에서 진행하고 있는 미래인터넷 테스트베드에 적용 가능한 플랫폼에 대한 연구 내용을 기술한다. ETRI는 GENI 제어 프레임워크 중 하나인 ProtoGENI 제어 프레임워크와 호환 가능한 가상화 지원 프로그래머블 플랫폼을 개발 중에 있으며, 개발된 플랫폼을 KREONET 기반 미래인터넷 테스트베드에 도입하여 GENI와의 연동 시험을 추진할 예정이다. 상기 내용으로 GENI Spiral-2에 미국의 유타대학과 공동으로 제안서를 접수했으며, 제안서의 평가 결과를 기다리고 있다. ETRI에서 개발 중인 가상화 지원 프로그래머블 라우터 플랫폼은 독자적인 제어 프레임워크에 따라 가상화 기반의 슬라이스 및 프로그래머빌리티를 제공할 예정이며, 자체 제어 프레임워크를 확장해 ProtoGENI와의 호환성을 확보할 예정이다. ETRI 플랫폼은 옥테온 네트워크 프로세서 기반의 하드웨어 플랫폼으로 PC 기반의 가상화 지원 라우터 플랫폼 대비 고성능을 지원할 수 있을 것으로 기대된다. [그림 12]는



[그림 12] ETRI의 가상화 지원 프로그래머블 라우터 플랫폼의 하드웨어 규격

ETRI의 가상화 지원 프로그래머블 라우터 플랫폼의 하드웨어 규격을 나타낸 것이다[6].

#### 4. 맺음말

미래인터넷은 현재 인터넷의 한계를 극복하고 새롭고 혁신적인 서비스 및 기술이 적용될 것으로 예상되고 있다. 이러한 혁신적인 기술의 개발을 위해서는 새로운 아이디어를 구현하고 시험하기 위한 실험 인프라의 구축이 선행되어야 한다. 현재 미국과 유럽을 중심으로 GENI, FIRE 등의 미래인터넷을 위한 실험 인프라의 구축이 가속화되고 있으며, 국내에서도 이에 발맞추어 독자적인 미래인터넷 테스트베드의 구축 작업이 진행되고 있다. 현재까지는 미국과 유럽 독자적으로 실험 인프라를 구축하고 있지만, 장기적으로 이러한 테스트베드를 하나로 연합해 국제 규모의 미래인터넷 테스트베드를 구축하는 작업이 중요한 이슈로 부각될

것으로 예상됨에 따라, 국내 미래인터넷 테스트베드를 조기에 구축하고, 미국·유럽의 테스트베드와 상호 연동을 추진한다면 우리나라가 미래인터넷 분야에서 기술을 선도할 수 있는 지위를 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

#### [참고문헌]

- [1] <http://groups.geni.net/>
- [2] <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire/>
- [3] <http://www.ict-fireworks.eu/>
- [4] <http://www.kreonet.re.kr/>
- [5] <http://www.koren.kr/>
- [6] 신명기, 함진호, Virtualized Programmable Platform Update, GEC5, 21 July 2009.
- [7] 이재근, 미래네트워크를 위한 KOREN 연동 및 구축 계획, 미래인터넷 표준기술 워크숍, 27 May 2009. TTA

## 정보통신용어해설



### 메가스코프 아웃소싱

Megascope Outsourcing[관리운용]

토털 아웃소싱과 유사한 개념으로 IT인프라 아웃소싱을 넘어 애플리케이션 서비스, 비즈니스 혁신 아웃소싱(MBPS) 등이 결합된 기업 업무 전반을 아웃소싱하는 것.