

미래인터넷 테스트베드 구축동향

강선무

한국정보사회진흥원

요약

현재 국제적으로 본격화되고 있는 미래인터넷기술의 개념을 실증시험하고 연구, 개발에 필수적인 대규모 네트워크 기반의 미래인터넷 테스트베드 구축동향을 살펴보고 우리나라가 보유하고 있는 네트워크 테스트베드인 KOREN(Korea Advanced Research Network)을 기반으로 하는 선도적인 미래인터넷 테스트베드 구축을 위한 활동에 대하여 소개하고자 한다.

서론에서는 미래인터넷기술의 연구를 추진하게 된 각국의 환경과 동기 및 현재 전략적인 추진현황에 대하여 알아보고 추진계획 및 예산 규모에 대하여 기술한다. 또한 미래인터넷테스트베드의 요구사항에 대하여도 소개한다.

본론에서는 가장 잘 정리된 미국 GENI의 미래인터넷테스트베드의 기능구조에 대하여 알아보고 우리나라가 미래인터넷기술을 본격적으로 시험하기 위하여 선도적으로 추진하고 있는 KOREN 기반의 미래인터넷테스트베드에 대하여 소개하고자 한다.

결론에서는 향후 발전방향과 우리나라가 지향하여야 할 추진방향에 대하여 제안을 하고자 한다.

1. 서론

최근 미국에서는 네트워크의 고도화가 가속화되면서 새로운 네트워킹 기술 및 서비스를 신속히 연구개발하기 위하여 무

엇보다도 우선적으로 필요한 것은 선도기술의 개념설정단계에서부터 이를 시험하고 검증하는 과정이며, 이는 본격적인 연구, 개발단계를 조기에 착수하고 또한 산업화를 앞당기기 위하여 매우 중요한 것으로 인식하기 시작하였다. 초기 단계에서부터 기초이론을 연구하는 학계 및 본격적인 연구, 개발을 진행하는 연구계, 이를 산업화시키는 산업계가 공동으로 참여하여 활용할 수 있는 대규모의 네트워크실증시험을 위한 첨단 연구개발망 구축을 위하여 미국을 비롯한 EU 및 일본등 각국은 향후 10년 이상 장기간 막대한 투자규모와 추진계획등을 이미 수립하여 국가의 중요한 발전계획에 포함시켜 실행에 옮기고 있다.

미국은 이미 수십년 동안을 인터넷 강국으로서 기술적, 상업적인 중심자 역할을 견지해 왔음에도 불구하고 현재의 인터넷과는 전혀 다른 미래인터넷에 대한 연구에 집중적으로 투자를 하고 특히 지금까지 상용망에 기반을 둔 테스트베드를 대신하여 국가가 직접 나서서 테스트베드망을 구축하려는 이유 중에 하나는 대통령 과학술자문회의에서 미래통신망고도화를 국방, 과학, 경제, 기술분야에서 미국이 21세기 미국의 리더십을 지속적으로 유지하고 촉진시키기 위한 것으로서 이의 추진에 전략적인 우선순위를 부여하고 국가의 핵심과제로 선정하는 한편 미국 연방정부의 통신망 고도화에 대한 요구사항을 만족시키는 동시에 미래 IT 분야에서의 주도권 확보를 위한 본격적인 활동에 착수 하였다[1].

전략적 우선순위를 부여하고 있는 연방정부 통신망 고도화는 첫째, 미 연방정부 기관들의 고도화된 통신기능 요구 증가 때문이며 현재 인터넷기술의 품질, 이동성, 보안, 확장성등 한계점과 고도의 통신망 기능을 요구하는 이용기관

(NASA, DoD, NSF등)의 요구사항을 충족시키기 위함이고, 둘째 개별 부처의 필요성에 따라 부처별로 통신망 고도화 사업을 추진함에 따라 연구개발의 중복 및 비효율성 문제가 제기되어 국가차원의 조정작업이 요구되었기 때문이다. 연방정부의 요구사항을 총괄적으로 수렴하고 통신망고도화계획을 위한 NCO/NITRD의 ITFAN TFT를 2007년 1월 구성하여 연방정부 통신망고도화 계획안 “Federal Plan for Advanced Networking”을 2007년 8월 수립하여 의견 수렴한 바 있다.

※ NCO(National Coordination Office)/NITRD (Networking and Information Technology Research and Development) : 백악관 국가 과학기술 위원회 산하 정보통신연구개발 조정 기구

※ ITFAN(Interagency Task Force on Advanced Networking) : 대통령 과학 자문관 Dr.John Marburger 을 중심으로 11개 기관이 참여하는 연방정부 통신망 고도화 TFT

이를 위하여 미국이 추진하는 구체적인 내용은 과거 인터넷 기술이 국방분야에서 시작되었듯이 정부부문의 혁신적 기술을 상용화하여 미래 IT 산업의 경제적 효과도 함께 고려하고자 아래 4대 목표를 부여하고 있다

- 언제 어디서나 활용 가능한 통신망 제공
- 전세계적으로 안전한 연방정부 통신망 기능 제공
- 다양하고 복잡도가 높은 이종 통신망 관리 기능
- 고도화된 미래 통신망 시스템과 기술분야 육성

응급, 비상사태, 국가안보, 국방, 보건, 분산형태 지식정보, 첨단 과학기술 등에 적용 가능한 고속, 무선, 확장성, 보안성 등을 갖춘 미래통신망 개발을 통하여 전시상황에 적합한 저 전력 센서 네트워크, 지구온난화에 따른 환경 모니터링, 음속 비행기에 접속 가능한 통신망 등 각종 mission critical 한 분야 등 구체적인 활용 분야를 명시하고 있다.

또한 원활한 계획추진을 위하여 NITRD에서는 2008년 \$4.16억 (약 3,740억원)의 예산을 요청하였으며 NSF 주관의 GENI(Global Environment for Network Innovations) 프로젝트를 기획하고 수행 중에 있다.

유럽에서는 미국이 그동안 주도해온 인터넷분야에서의 주

도권을 미래인터넷 분야에서 만큼은 우위를 탈환하거나 혹은 적어도 어깨를 나란히 하기 위하여 EU(European Union)를 중심으로 대규모 연구, 개발계획과 미래인터넷 테스트베드 구축 및 전세계 각국과의 협력체계 구축을 통한 글로벌 공동과제 추진을 적극 지원하고 있으며 이에 필요한 막대한 자금 투자계획 및 전략적인 사업추진계획을 수립하고 이미 실행단계에 있다.

유럽이 진행하고 있는 이런 노력은 2005년에 EU가 정보사회와 미디어 산업에서 성장과 일자리를 창출, 촉진하기 위하여 채택한 “i2010: European Information Society 2010”에 바탕을 두고 있으며 i2010은 디지털경제발달을 위한 모든 유럽연합의 총괄적인 정책을 포함하고 있다. i2010의 추진 전략 중에는 유럽이 상대적으로 뒤쳐져 있는 ICT (Information and Communication Technology) 연구개발 투자를 획기적으로 증가시키는 내용이 포함되어 있으며 또한 이를 위하여 추진하여야 할 세부 전략 과제를 명시하고 있다. 유럽이 매년 발행하는 i2010 연차 보고서에서 ICT의 진정한 혜택을 누리기 위하여는 1) 브로드밴드 인터넷에 대한 접근성 증대 2) 범유럽 차원의 디지털콘텐츠 확산, 3) 연구와 혁신의 통합, 4) 공공부문 서비스 현대화 추진 등에 대한 정책을 적극적으로 추진하여야 할 것이라고 조언 하고 있으며 또한 ICT가 EU 경제성장의 50%를 주도하고 있다고 발표하였다[4].

유럽이 전략적으로 추진하고 있는 ICT 프로젝트는 FP(Framework Program)라는 이름으로 추진되고 있으며 2007년부터 FP7 프로그램이 진행되고 있다. 이중 미래인터넷테스트베드 사업은 FIRE(Future Internet Research and Experimentation)라는 프로젝트 이름으로 추진 중인데 이미 2005년부터 진행되어 오던 다양한 테스트베드 과제들을 통합하고 미래인터넷테스트베드 요구 사항에 맞추어 진행시키는 형태로 추진되고 있다[2].

일본에서는 미래인터넷 분야에 있어서 주도권을 미국과 유럽이 주도하고 있고 또한 한국이 적극적으로 대응하고 있다는데 고무되어 총무성과 산하 NICT(정보통신연구기구: ETRI의 연구기능과 NIA의 산업진흥기능을 통합한 형태의 기관)가 중심이 되고 학계가 참여하는 JGN II 계획을 수립하여 추진하고 있으며 또한 미래인터넷 관련된 선도연구 및 이를 지원하기 위한 테스트베드를 다루게 될 과제를

NwGN(New Generation Network) 이름 하에 대규모 투자계획과 실행계획을 수립하고 추진에 박차를 가하고 있다.

이의 추진을 위하여 일본 총무성에서는 민간기업과 정부가 공동으로 초고속 신통신망(NwGN) 개발에 적극 나설 것을 천명하고 현재의 NGN보다 10배 빠른 10Gbps통신속도, 연결 가능한 단말기 숫자가 최대 1000억대, 신칸센등 빠른 속도로 이동중인 열차 안에서도 안정적으로 무선통신을 할 수 있으며 언제 어디서든 통신에 접속되어 의료, 방법목적의 상시 감시센서를 이용할 수 있는 유비쿼터스 사회 실현이 가능한 통신망이라 정의하고 있다.

또한 2007년 11월에는 신세대 네트워크 추진 포럼을 구성하여 2015년 이 기술을 실용화 한다는 계획이다. 이의 원활한 추진을 위하여 향후 5년간 300억엔에 달하는 투자 계획도 수립하였다.

2006년부터 국내에서도 이런 국제적인 동향을 파악하고 정부 및 학계가 중심이 되어 관련연구과제를 심도 있게 분석, 개념화하고 있으며 KOREN을 기반으로 하는 네트워크 테스트베드 구축을 위한 노력을 기울이는 한편 미국, EU 및 일본의 관련 기관들과 활발한 교류를 통한 미래인터넷 테스트베드 분야의 선도적인 위치 유지를 위하여 박차를 가하고 있다.

이미 2006년 하반기에 미래인터넷 연구 및 개발을 원활히 진행하기 위한 산,학,연 협의체인 미래인터넷포럼을 구성하였으며 산하에 5개의 전문 워킹그룹을 두고 연구 및 개발을 위한 활발한 활동을 진행하는 동시에 국제교류 활동도 적극 추진하고 있다.

현재 각국이 추진하고 있는 미래인터넷 관련 과제의 현황에 대하여는 아래 표로 정리 하였다.

<표 1> 각국의 미래인터넷 투자현황

항목	미 국	유 럽	일 본
추진시기	2004 ~ 2013	2007 ~ 2013	2007 ~ 2015
예 산	4억 달러 (약 3,600억원)	5억 8,500만 유로 (약 7,600억원)	300억엔 (약 2,400억원)
조 직	NSF산하 GPO 조직 신설	FP7산하 FIRE 조직 신설	총무성 산하 NICT 「신세대 네트워크 연구 개발 전략 본부」 신설
주요내용	미래인터넷 설계 및 테스트인프라 구축	선도적 테스트 인프라 구축 및 서비스 발굴	미래 유비쿼터스 통신망 기반구축

※ GPO(GENI Project Office)

위 표에서 보면 한국은 2007부터 36억원 규모의 미래인터넷 핵심기술연구를 학계 중심으로 착수 하였으나 제 외국의 투자를 고려할 때 2009년부터 미국, 유럽, 일본과 대동소이한 규모의 투자가 수년간 지속적으로 집중되어야 만이 제 외국과의 어깨를 나란히 할 수 있을 것이다.

각국의 미래인터넷 연구개발에서 가장 중요한 것으로 인식되고 있는 미래인터넷 테스트베드의 핵심적인 요구사항은 아래 3가지로 요약된다.

- 다양한 시험을 할 수 있도록 연구자에게 최대한 자유로운 실험을 보장하고 서로 독립성을 보장할 수 있는 테스트베드 아키텍처
- 장기간 동안 경제적으로 사용 할 수 있는 범용화, 모듈화된 아키텍처
- 무선이동통신기술등과 같은 미래 선도기술의 출현에 따른 새로운 테스트베드로 확장이 용이하고 가능한 아키텍처

II. 본 론

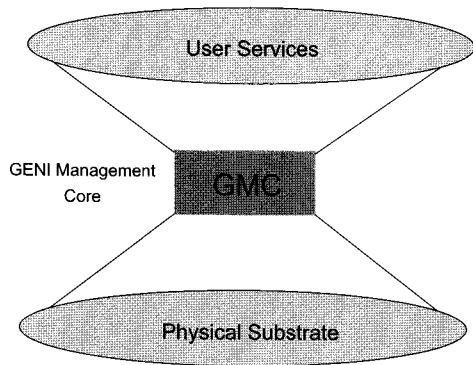
본 장에서는 위에서 제시한 핵심적인 요구사항을 구현하기 위하여 가장 구체적인 미래인터넷테스트베드의 기능구조를 정의하고 있는 GENI테스트베드 구조에 대하여 정리하고 KOREN에서 추진중인 한국의 미래인터넷테스트베드에 대하여 소개하고자 한다.

1. 미래인터넷테스트베드 기능구조

미국에서 진행중인 GENI 프로젝트에서는 현재 여러 문제점을 내포하고 있는 인터넷의 한계점을 극복하기 위한 미래인터넷기술의 연구를 촉진하고 실질적인 시험이 가능한 테스트베드를 구축하여 상용화를 조기 실현하기 위한 기능구조를 제안하고 있다[5].

미래인터넷기술 자체가 현재 인터넷을 개량하고 개선하는 수준이 아닌 처음부터 새로운 것을 설계하는 현재와 전혀 다른 구조를 갖는 새로운 개념의 망구축을 추진하는 이른바 "Clean Slate" 방식을 채택하고 있기 때문에 현재의 테스트베드를 개량, 개선하는 형태의 기술로는 구현이 불가능 하

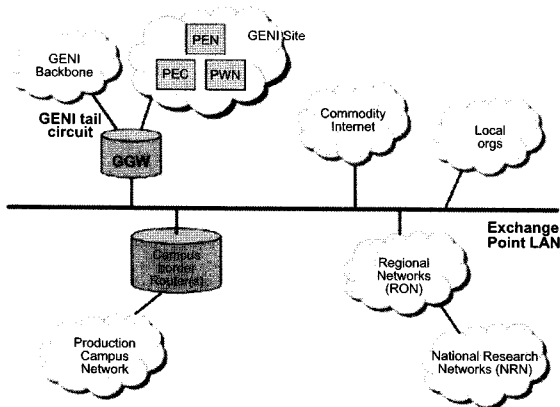
다. 즉, 미래인터넷테스트베드의 구축도 역시 “Clean Slate” 방식을 택하여 그 구조가 설계되고 구축되어야 할 필요성이 있다. 이에 따라 GENI가 채택하고 있는 혁신적인 4가지 기능구조로는 가상화 (virtualization), 프로그래밍성 (programmability), 제어연결성(controlled interconnection), 모듈화(modularity)를 들 수 있다. GENI의 전체 구조를 (그림 1)에 보인다.



(그림 1) GENI의 전체 아키텍처

1.1 Physical Substrate 구조

GENI를 구성하는 물리적인 망은 아래 (그림 2)와 같은 다양한 기능구조를 갖는 망 컴포넌트로 구성되며 각각의 기능은 미래인터넷테스트베드 요구사항을 충족시키고 위에서 언급한 혁신적인 4가지 기능구조를 실현하기 위한 특성을 제공하도록 설계되었다.

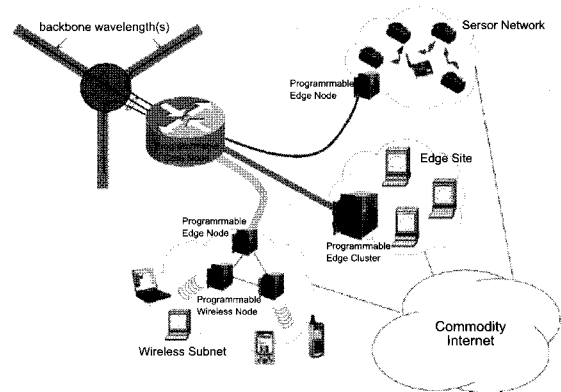


(그림 2) GENI Physical Substrate 구조

GENI는 기존 인터넷망과는 분리된 광기반 백본망으로 구성되며 백본망의 종단에는 백본망의 PoP에 해당되는 다수의 PCN(Programmable Core Node)이 연결되어 있다.

이 백본망은 동적으로 변경이 가능한 광경로의 설정을 통해서 물리적인 망구조와는 무관하게 구성할 수 있는 가상화 기능을 제공하게 된다.

PCN에는 GENI Tail Circuit을 통하여 (그림 3)과 같이 PEC(Programmable Edge Cluster)나 PEN (Programmable Edge Node)가 연결된다.



(그림 3) GENI 백본 사이트의 상세 구조

PCN은 PPS(Packet Processing System)과 CPS(Circuit Processing System)으로 구성되며 PPS는 프로그래머블 하드웨어를 이용하여 소켓과 가상링크 인터페이스를 지원한다. CPS는 다양한 Framing과 트랜스포트 프로토콜을 지원하는 프로그래머블 프레이머와 고속회선스위치 및 파장스위치 하드웨어로 구성된다.

PCN은 PEN의 접속 기능과 응용서비스 제공에 필요한 컴퓨팅자원의 제공역할도 가지고 있다. PEN은 에지 사이트와 백본 사이트의 중간에서 데이터를 전달하는 역할을 수행하며 무선망과의 접속은 PWN(Programmable Wireless Node)가 담당한다.

1.2 GMC(GENI Management Core) 구조

GMC는 기술 발전이 빠른 물리 기반설비와 사용자 서비스 계층 사이를 격리시켜 서로 독립적인 발전이 가능하게 하는

기능을 제공하면서 추상화, 인터페이스, 이름공간 개념등을 이용하여 (그림 1)에서 보여주듯이 GENI의 전체 구조를 묶는 기능을 가지고 있다.

여기서 추상화란 크게 컴포넌트, 슬라이스, 애그리게이트로 정의되며 컴포넌트는 물리적인 망의 구성요소를 지칭하고 슬라이스란 사용자가 GENI 기반설비 위에서 실험을 하기 위하여 부여 받은 자원을 의미한다. 애그리게이트는 물리적인 컴포넌트들의 집합체를 의미한다.

인터페이스는 컴포넌트, 슬라이스, 애그리게이트등의 동작을 연동하기 위한 기능이며 각 동작에 해당되는 object를 지칭하기 위하여 이름공간 및 식별자를 사용한다.

1.3 사용자 서비스

GENI에서 실행하는 실험들로부터 측정물들을 생성하고, 조작하고, 획득하기 위한 수단을 연구자들에 제공하는 서비스로서 두 사용자 그룹으로 분리되어 정의되는데 하나는 오피레이터 서비스이고 다른 하나는 연구자 서비스이다.

2. 한국의 미래인터넷테스트베드

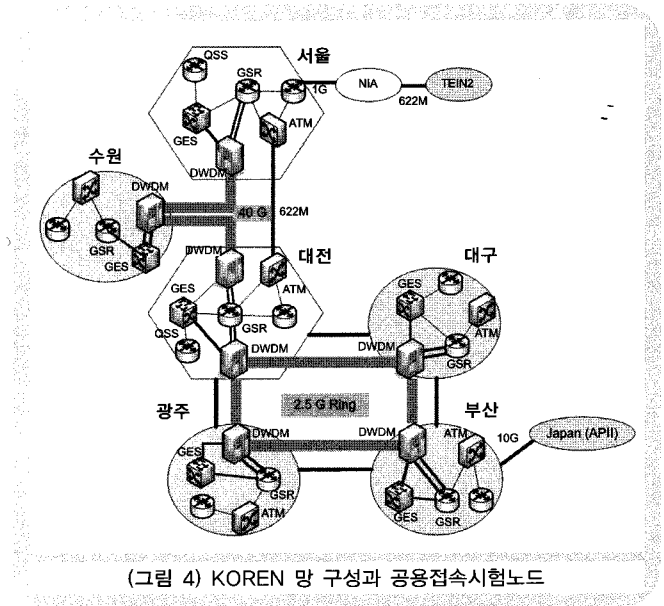
한국에서 네트워크 장비 및 프로토콜을 전문적으로 시험하고 검증하는 목적으로 만들어진 KOREN은 일찍이 상용망과 물리적으로 완전히 분리된 구조의 시험망으로 구성되어 있으며 기존 BcN 관련 기능을 시험하고 ETRI등 연구기관 및 산업체 등에서 개발된 장비, 프로토콜, 서비스를 시험하는 선도시험 망 기능을 제공하고 있다.

최근 들어 제 외국에서 연구가 활성화 되고 있고 국내에서도 시작된 미래인터넷기술의 시험을 지원할 수 있도록 테스트베드구조를 확립하고 기능을 확충해 가고 있다.

우선적으로 가상화를 지원할 수 있도록 물리망과 논리망의 구조를 분리하였고 Overlay 기능을 탑재하였으며 (그림 4)와 같이 전국 6대 대도시에 공용접속시험노드를 구성하였다.

현재 관심이 고조되고 있는 센서망 연동시험이나 다양한 무선망들을 연동하는 기능을 시험할 수 있는 시설들을 공용접속 시험노드에 설치하여 운용하고 있다.

특히 KOREN망은 APII 10G망으로 일본과 연동되어 있고 TEIN망으로는 유럽과 연동되어 있으며 미국과도 TransPAC 망으로 연동되어 있어 국제적인 협업과 공동연구 추진이 가



(그림 4) KOREN 망 구성과 공용접속시험노드

능하여 이미 여러 과제가 실제적으로 한-미, 한-유럽, 한-일 간에 추진된 바 있다.

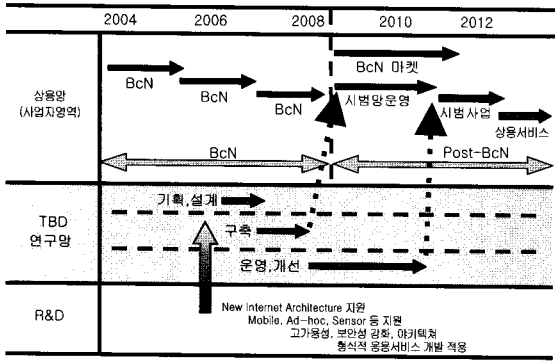
최근 들어 KOREN을 이용한 무선, 센서네트워크 시험시설이 여러 경로를 통하여 EU 국가들이나 미국, 일본에 소개됨에 따라 이들 국가들로부터 공동연구나 원격에서 공용접속 시험노드를 활용한 시험의 가능성 여부에 대한 문의가 들어오고 있다.

특히 센서네트워크 관련된 기능들은 다양한 새로운 라우팅 프로토콜이나 네트워크의 구조등에 관한 시험이 진행되고 있는 시점에서 미국의 GENI 프로젝트나 일본의 NICT등에서 상당히 구체적인 협력연구에 대한 요청이 접수되고 있는 상황이다.

우리나라는 2000년 초부터 광대역통합망(BcN) 구축을 진행해 오고 있으며 2010년까지 3단계에 걸친 상용화가 완성될 예정이다.

따라서 현재의 BcN 이후에 도래할 유,무선통합과 센서네트워크가 보편화되는 유비쿼터스 사회가 도래함에 따라 이에 필요한 다양한 연구를 추진하고 이를 시험할 수 있는 KOREN을 구축하기 위하여 미국에서 시도하고 있는 "Clean Slate"방식의 시도보다는 "Evolutionary Approach"를 채택하는 노력을 기울이고 있다고 말할 수 있다.

국내의 미래인터넷 포럼에서 다양한 의견을 수렴하여 설정한 미래인터넷테스트베드의 추진일정은 (그림 5)와 같다.



(그림 5) 미래인터넷테스트베드 추진일정

III. 결 론

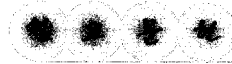
우리나라는 특히 무선, 센서네트워크 관련 기술분야에서 국제적으로 앞서 있으며 향후 5~10년 동안에 이를 활용하는 유비쿼터스 사회가 도래할 것으로 예상하고 있다. 따라서 우리나라는 이런 강점 분야를 적극적으로 공략하여 미래 인터넷 분야에서는 국제적인 선도역할을 수행할 수 있도록 집중화, 전문화 하여 발전시킬 필요가 있다.

현재도 가시적인 기술분야인 무선, 센서네트워크 등이 미래인터넷기술인가 하는 점에 있어서는 "Clean Slate"의 접근방식에서 보면 논란의 여지가 있을 수 있지만 우선 처리 능력이나 수많은 단말의 규모, 이동하며 통신하는 무선특성 때문에 현재의 인터넷 기술로는 적용이 어려운 복잡한 라우팅, 보안, 네트워크구조, 전원공급 문제등을 해결할 수 있는 새로운 개념의 미래인터넷 기술을 적용하여야 할 것으로 인식되고 있다.

지난 2월에 개최된 APAN 회의에서 미국, 일본, EU도 실제적인 미래인터넷테스트베드 구축을 위하여 우선적으로 고려하는 대상 기술 분야로 무선메시네트워크, 센서네트워크를 주목하고 있음을 표명 한 바 있다.

기술 선진국들의 적극적이고 구체적인 추진현황을 볼 때 우리나라도 미래인터넷 분야에서 만큼은 세계적인 주도권 확보를 위하여 체계적인 추진계획을 수립하고 적극적으로 투자를 확대하여야 하는 중요한 결정의 순간이 도래되었음

을 알 수 있다.



- [1] NCO/NITRD, "Federal Plan For Advanced Networking Research and Development," Interagency Task Force for Advanced Networking, May 15, 2007.
- [2] Anastasius Gravras, Arto Karila, Serge Fdida, Matrin May, Martin Potts, "Future internet research and experimentation : The FIRE initiative," ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 37, Issue 3, pp 89 - 92, Jul. 2007.
- [3] David D, Clark, "The Internet is Broken, Part 1, Part 2, Part 3," Technology Review, MIT. Dec. 2005 - Jan. 2006.
- [4] NIA, "EU, i2010 전략 성과 및 추진계획 - i2010 - Annual Information Society Report 2007," IT Issues Weekly, 2007.4.
- [5] <http://www.geni.net>
- [6] <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire>
- [7] <http://www.fp6-ist-onelab.eu>
- [8] <http://europa.eu.int/i2010>.
- [9] <http://www.planet-lab.org>
- [10] <http://www.jgn.nict.go.jp>
- [11] <http://www.koren21.net>
- [12] <http://www.koren2.net>

약 력



강 선 무

1983년 충남대학교 학사
 1987년 스웨덴 왕립공대 석사
 1998년 충남대학교 박사
 1983년 ~ 2000년 ETRI 책임연구원
 1984년 ~ 1987년 스웨덴 엘 엠 에릭슨 객원연구원
 2000년 ~ 2004년 ㈜네오텔레콤 부사장
 2004년 ~ 2006년 KORPA 연구위원
 2006년 ~ 현재 NIA 팀장
 관심분야 : Future Internet, Sensor Network, Testbed