

## GENI를 중심으로 한 해외 Future Internet 동향과 전망

이재호 · 최병익 · 강선무 · 이영로(한국정보사회진흥원)

### 1. 서론

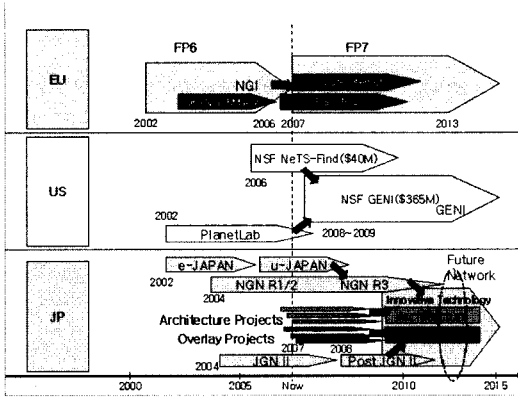
1962년 패킷 스위칭 방식이 고안된 이후, 1969년 미 국방성의 ARPA(Advanced Research Projects Agency)에서는 네트워크이 끊겨도 우회루트를 경유하여 지속적인 통신이 가능하고 일부 컴퓨터가 파괴되어도 동작이 가능하며 이기종의 컴퓨터를 상호 접속할 수 있는 획기적이면서 기술적인 개념의 컴퓨터 네트워크를 개발하였다. 이것이 바로 현재 우리가 사용하고 있는 인터넷의 시초가 된 ARPAnet이다. 이후 1974년 인터넷 개념이 개발되고 나서 1978년에는 IP(Internet Protocol)이 설계되었다.

80년대 BGP를 비롯한 각종 라우팅 프로토콜이 개발된 이후 90년에 들어서면서 NSF(National Science Foundation) 주도의 NSFNet이 여러 대학과 연구기관을 연결하는 학술연구망으로 발전하였으며 기업과 개인이 비즈니스와 일상 생활에서 인터넷을 점차 이용하게 되면서 현재와 같은 대 발전을 이루게 되었다.

우리의 삶에 없어서는 안될 필수적인 수단인 인터넷은 수 십년을 지나오며 다양한 요구사항을 수용하여 발전에 발전을 거듭하여 현재의 모

습에 이르렀고 앞으로도 다양한 기능적인 요구사항을 충족시키기 위하여 진화와 발전을 지속하게 될 것이다. 그러나 아주 적은 규모의 USN(Ubiquitous Sensor Network)에서부터 전 세계를 하나의 통신망으로 묶는 글로벌통신을 모두 수용하고 유,무선 통합, 방송,통신 융합등 유비쿼터스 컨버전스 환경으로 통신이 발전하면서 중요한 전환 국면을 맞이하고 있다.

좀더 확장성이 있으며 보안에 강하고 실시간 트래픽을 처리하는데 유리하고 또한 이동성을 제공하는 무선통신 기반의 유비쿼터스 통신에 최적인 새로운 구조의 네트워크, 새로운 구조의 프로토콜에 대한 필요성이 제기되고 있으며 이를 달성하기 위한 다양한 연구가 미국의 GENI(Global Environment for Network Innovations), 유럽 EU의 FP7(7th Framework Programme) 프로젝트를 중심으로 추진되고 있으며 선도기술 연구개발 프로젝트 및 연구, 개발된 선도기술을 시험할 수 있는 글로벌한 National Testbed 인프라 구축에 대규모 투자가 활발히 진행되고 있다. 이들에 대한 전반적인 추진현황은 <그림 1>과 같다.



〈그림 1〉 유럽, 미국, 일본의 미래인터넷 추진 로드맵

본 기고문에서는 특히 GENI를 중심으로 해외 주요국의 Future Internet 동향에 대하여 살펴보고 향후 발전 전망을 제시해 보았다.

## II. 미국의 GENI

### 1. 추진배경

인터넷의 종주국인 미국은 시장중심의 정책을 견지해온 가장 대표적인 나라로서 국가의 중요한 통신인프라까지도 사업자 중심으로 구축해왔다. 최근에 한국을 비롯한 신흥개도국의 국가 주도적인 IT 인프라 구축 정책에 대한 새로운 평가를 하고 있으며 미래 인터넷분야의 국가주도적인 글로벌한 성격의 National Testbed, 즉 선도시험 인프라(GENI) 구축을 위하여 2005년부터 2013년까지 8년간 NSF와 미의회가 공동으로 약 1조원의 예산을 투입하기로 되어 있다. 미래인터넷에 있어서도 기존 인터넷의 종주국의 위치를 견지하고픈 강한 의지를 엿볼 수 있는 움직임으로 이해할 수 있다.

2005년 8월 SIGCOMM 학회에서 NSF가 GENI 이니셔티브를 선언한 이후, GENI 프로젝트는 NSF가 중심이 되어 미국 내 학계, 연구소, 산업체뿐만 아니라 세계 각국의 기관을 참여시켜서 현재의 인터넷을 능가 하는 혁신적인 인터넷 구조를 제시하고 연구, 개발된 기술은 시험 인프라를 이용한 검증 거쳐 실제 망에 도입 되도록 하는 목표를 가지고 있다. GENI 프로젝트의 내부를 자세히 들여다 보면 크게 미래인터넷 기술을 개발하기 위한 다수의 연구프로젝트와 이를 시험할 수 있는 선도시험 인프라구축 프로젝트로 구분되어 있으며 이의 원활한 추진을 위하여 학계, 연구소, 산업체등의 전문가가 참여하는 위원회를 두고 있다.

### 2. GENI의 특성과 세부 연구분야

GENI는 GENI Research Program과 GENI Facility 두 분야로 추진되고 있으며, GENI의 일반적인 목표는 다음과 같다

- 혁신적인 인터넷 구조(아키텍처) 고안
- 현재의 인터넷을 뛰어 넘는 기술
- 새로운 개념을 바로 확산할 수 있는 기반
- 학계, 산업계, 미국 및 국제표준기구들과의 폭넓은 협력

하지만 이를 달성하기에는 쉽지 않은 도전과제들이 존재하는 것이 사실이다. 그래서 21세기를 위한 새로운 인터넷을 새로이 창조하기 위하여 보다 안정적이고, 과학적인 네트워크 실험을 할 수 있는 GENI라는 연구기반을 조성하려 하고 있다. GENI 프로젝트에 따르면 미래 인터넷은 다음과 같은 특성들을 가지고 있다.

- 사회적으로 가치가 있을 것
- 물리적 현실세계와 가상세계를 연결시킬 수 있을 것
- Pervasive(ubiquitous) 컴퓨팅에 적합할 것
- 과학과 교육분야 연구에 혁신을 가져올 것
- 처음부터 다시 설계할 것
- 우리가 살고 싶어하는 세계를 창조할 수 있어야 할 것
- 미래 인터넷은 혁신을 위한 기반이 되어야 할 것

상기와 같은 특성들을 가지고 GENI 프로젝트는 시작되었으며, 이러한 특성들은 다음과 같은 구체적인 기능들을 연구하는 분야로 구성되고 있다.

- Core functionalities
- Security and robustness
- Privacy and accountability
- Manageability and usability
- Viability is economized
- Theoretical foundations
- Enable communications during crisis (earthquake, flood, tsunami and DoS attacks)
- High-level conceptualization (guarantee critical information is delivered)
- Support for applications design
- Large scale data management
- Societal needs

이러한 연구분야는 다음과 같은 연구 프로젝트들로 현실화 되고 있다. NeTs(Networking Technology and Systems)라는 이름아래 ProWin(Programmable Wireless Networks), WN(new

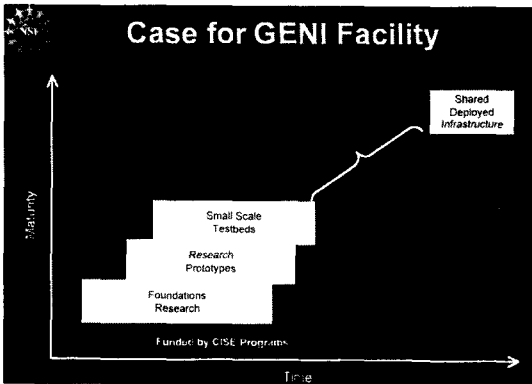
Wireless Networks), FIND(Future INternet Design), NOSS(Networking of Sensor Systems), NBD(Networking Broadly Defined) 등의 과제가 진행되고 있으며 이중에 FIND는 직접적으로 미래 인터넷을 설계하는 프로젝트이고 기타 과제들의 이름을 보면 현재 연구가 지향하고 있는 방향이 센서와 무선기반의 망을 연동하는 광대역망임을 알 수 있다.

### 3. GENI 테스트베드

GENI는 현재의 인터넷을 업그레이드 한다는 제약을 받지 않고 기반부터 다시 설계하는 접근 방식을 채택하고 있다. 따라서 미래인터넷이 정확히 이러한 것이라는 사전적 정의를 내리지 않는 포괄적인 개념에서 접근하고 있다. 또한 GENI 테스트베드를 활용하여 실제 이용자가 미래 인터넷 응용을 직접 사용할 수 있도록 하는 방식을 채택하고 있다.

많은 연구분야가 실제로 확산되기 위해서는 많은 단계가 필요하다. 하지만 현실적 환경에서는 기초연구, 프로토타입 연구, 소규모 연구에 그치는 경우가 많다. 따라서 소규모 연구 규모를 대규모 연구로 확산하고 연구의 성숙도를 높이기 위하여 <그림 2>와 같이 GENI 테스트 베드를 구축하고 있다.

GENI는 새로운 네트워크 아키텍처와 기능 그리고 분산 시스템을 지원할 수 있는 구조로 설계하고 있다. 이를 통하여 넓은 범위에 연구를 동시에 진행하고, 연구망과 현재의 상용망을 연계하고, 사용자와 응용서비스를 결합하여 혁신을 도모하고자 한다. 새로운 네트워크를 만들어 나가는 과정은 실패 가능성이 높기 때문에 높은 위험과 대규모 예산을 수반하기도 한다. 하지만 이

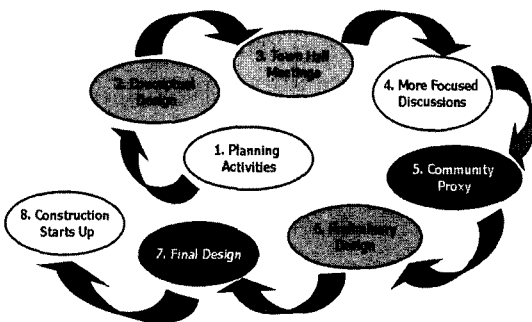


〈그림 2〉 테스트베드로서의 GENI의 역할

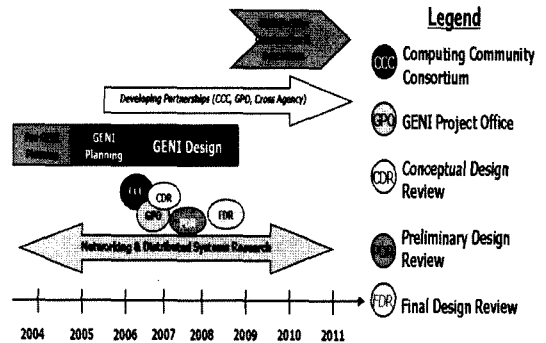
러한 위험에도 불구하고 새로운 네트워크 설계는 궁극적으로 추구하는 것이기 때문에 GENI에서는 기꺼이 위험을 감수하고 있다.

GENI는 <그림 3>과 같은 8단계를 거쳐서 구축될 예정이다. 초기의 계획단계와 개념적 설계 이후, 연구 참여자들의 의견을 지속적으로 수렴하여 GENI 설계(안)을 도출한 다음 이를 확정하여 GENI 테스트 베드구축에 착수하려 하고 있다.

이중 특히 GENI의 개념적 설계 단계는 CISE (Computer & Information Science & Engineering) funding으로 진행되고 있으며,



〈그림 3〉 GENI 개발 단계



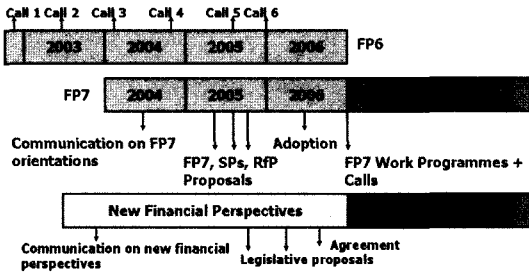
〈그림 4〉 GENI 구축 일정

Preliminary Design 단계는 미국 의회에서 지원할 계획이다.

이러한 GENI 구축을 통하여 다양하고 새로운 아키텍처를 구현하여 엔지니어링을 통한 검증이 가능할 것이다. 그리고 무엇보다도 새로운 네트워크 장비 플랫폼들이 구현되고 현실에서 운영될 것이다. 아마도 새로운 형태의 스위치, 라우터, 광장비, 분산시스템장비 등이 출현할 것으로 예상된다. 결국 새로운 장비로 구축된 새로운 인프라는 보안성이 높으며, 안정적이고, 가용성이 높으며, 확장성과 관리가 용이한 구조를 가져야 할 것이다. NSF와 더불어 국방부(DoD, Department of Defense)나 에너지국(DoE, Department of Energy)은 때로는 경쟁적이면서도 협조적인 관계를 구성하고 있다.

GENI는 <그림 4>와 같은 일정을 가지고 진행되고 있다. Pre-GENI Planning 단계를 거쳐, 본격적인 계획을 수립하고, FIND와 같은 연구 결과물을 기초로 2008년까지 GENI 설계를 마치고, 2009년부터 GENI 시설을 구축하려 하고 있다. 이와 같은 설계와 구축 과정에서 <그림 4>에서의 CDR, PDR, FDR과 같은 과정을 통해 설계적 완성도를 재고하게 된다.



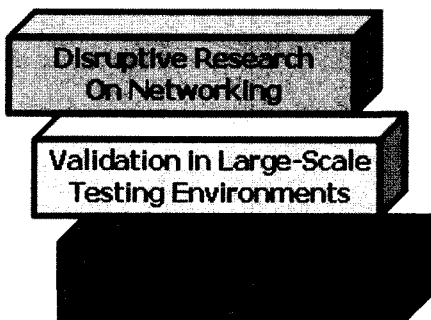


<그림 5> FP7 타임 테이블

년부터 준비를 해왔다. FP6의 진행단계와 FP7 진행단계는 <그림 5>와 같다.

ICT프로그램에 속해 있는 연구주제로는 통신 네트워크, 임베디드 컴퓨팅, nano-electronics, 음성-영상 콘텐츠 기술등이다. 이중 통신네트워크 분야에는 FP6 프로그램으로 시작된 Ambient Network 연구가 있으며 WPAN 영역의 네트워크로부터 4G 이동통신까지를 포함한 유, 무선통합 환경에서의 서비스제공을 위한 네트워크구조를 제시하는 연구에 초점을 맞추고 있다. 특히 FP7은 <그림 6>과 같은 3개 요소를 기반으로 추진되고 있다.

FP7에서 ICT 관련된 연구분야는 FET(Future and Emerging Technology)로써 현재 SAC



<그림 6> FP7 인프라 주요 요소

(Situated and Autonomic Communications)과제로 여러 세부연구들이 진행되고 있다. 또한 미래 인터넷 연구에는 ARTEMIS(Advanced Research & Technology for Embedded Intelligence and Systems), eMobility, NEM(Networked and Electronic Media), NESSI(Networked European Software and Services Initiative), ENIAC (European Nanoelectronics Initiative Advisory Council), ISI(Integral Satcom Initiative)가 있으며 네트워크 분야의 단편적인 연구를 실제 실험용 장비들로 구성함으로써 상호 접속된 실증을 위한 대형 테스트베드와 연계하여 실험 가능한 환경을 제공하는 것을 포함하고 있다. 이를 바탕으로 향후 Pervasive Adaptation 과제가 진행될 예정이다. 최근에는 미래 인터넷분야에서 유럽이 선두에 서기 위한 노력의 일환으로 FP7 내에 미래 인터넷 전문가그룹을 결성하여 이를 EIFFEL(Evolved Internet Future For European Leadership)이라 명명 하였다.

## 2. 일본

일본의 미래인터넷 관련 활동은 최근에 시작되고 있으며 미국, 유럽에서 추진되고 있는 대규모 프로젝트에 고무되어 최근 정부를 비롯한 학계의 관심이 고조되고 있다. 일본은 JGN이란 이름으로 1999년부터 광대역 연구망망 프로젝트를 진행해 오고 있으며 2003년까지를 1단계 JGN, 2003년부터 2008년까지를 이단계 JGN으로 발전시키고 있다. 일본 정부가 발표한 미래인터넷 추진 방향은 2008년부터 시작되는 삼단계 JGN을 IP기반을 고려한 차세대네트워크(Next Generation Network : NXGN)이라 규정하고 Quadruple-play 서비스 제공을 목표로 하고 있다.

2015년경부터는 IP+a 혹은 post-IP 형태의 새로운 망(New Generation Network : NWGN)으로의 발전을 계획하고 있으며 이 망의 특징을 NPN NPN : New Paradigm Network으로 규정하고 있다. NWGN망의 하부 인프라는 광, 이동, 센서망이 될 것이며 이를 위하여 다양한 연구를 진행하고 있다. 센서망 기반의 유비쿼터스 네트워크구조를 연구하는 MIRAI등이 대표적인 프로젝트로 발표되고 있다.

#### IV. 향후 전망 및 우리의 과제

국내는 정보통신부에서 2004년 IT-839 전략을 수립하여 BcN, IPv6, USN, WCDMA, WiBro와 같은 다양한 미래 기술을 개발하고 선도 적용하려 하고 있다. 이러한 기술의 궁극적인 목표는 Future Internet에서 지향하는 바와 다르지 않지만, 접근 방식은 기존 인터넷망을 기반으로 하고 있으므로, 아마도 실제로 실현하는 과정에서 기존과는 다른 방법론과 기술들이 출현할 것으로 예상된다.

GENI와 같이 혁신적인 방법을 채택하기 위한 국내의 미래인터넷에 대한 연구는 학계에서 선도연구단계로 진행하고 있으며 2006년 들어 본격적인 연구를 추진하기 위한 기반이 조성되었다. 정부에서 미래인터넷 관련된 선도연구를 시작하였고 또한 산, 학, 연이 참여하는 미래인터넷포럼이 결성되어 활동을 개시하였다. 그러나 미국이나 유럽이 이미 2000년대 초부터 미래인터넷에 대한 관심을 모으고 산, 학, 연, 정부가 중심이 되어 전략적인 계획수립과 연구과제의 발굴, 이를 실행하기 위한 자원조달 준비 등을 수년간 착실히 진행해오고 있는 점을 생각해 볼 때

국내 상황은 다소 늦은 감이 없지 않다.

미국이나 유럽이 중점적으로 추진하려는 연구 분야는 무선기술이 중심이 되는 유비쿼터스 관련 기술과 망의 리소스를 자유로이 통신에 이용할 수 있는 개방형의 망, 현재의 복잡한 IP 프로토콜을 획기적으로 단순화 또는 획기적으로 개선하거나 아주 새로운 IP 프로토콜을 대신할 수 있는 프로토콜등이다.

일찍이 유비쿼터스 코리아 건설을 목표로 WiBro, DMB등 무선기반의 차세대 통신방식을 개발하고 USN 센서네트워크를 IP망을 활용하여 통합운용, 관리할 수 있는 IP-USN 기술등을 조기 발굴하여 국제 표준화 및 u-City등 실제적인 시범서비스에 적용하여 그 유용성을 검증하고 또한 선도기술에 대하여는 전국을 커버하는 광대역통합연구개발망(KOREN)을 구축하고 이를 활용하여 다양한 연구와 실증시험 및 시범서비스를 진행해온 우리나라로서는 국제적으로 진행되고 있는 미래인터넷 분야의 연구활동이 생소한 것은 아니며 한편 다행스러운 일이나 이미 시작된 미래인터넷 분야에서의 소리 없는 전쟁을 정확히 인식하고 새로운 도약을 차질 없이 준비하고 추진하여야 할 것이다.

미국이나 유럽, 일본이 미래인터넷 선도기술을 시험하기 위하여는 시뮬레이션이나 실험실 수준의 에뮬레이션 시험환경으로는 부족하다는 것을 인식하여 실제적인 이용자가 붙어 있으면서 실제 트래픽을 흘리면서 실험이 가능한 대규모 시험환경 구축을 미래인터넷 연구의 핵심으로 간주하고 있는 상황에 비해서 우리나라는 일찍이 KOREN이라는 상용망과 분리된 대규모 연구, 시험망을 운용하고 있으며 또한 다양한 선도기술을 이 망을 이용하여 실제 이용자를 대상으로 연구 및 실증시험을 진행하고 있는 측면에

서 볼 때 외국처럼 대규모 인프라에 처음부터 새로운 투자를 하여야 하는 부담을 상당부분 덜 수 있는 기반이 마련되어 있다고 할 수 있겠다.

현재 KOREN은 이런 제 외국의 동향에 발맞추어 그 체계를 정비, 다양한 유비쿼터스 관련 선도기술을 적용한 망구성 장비 및 서비스등을 개방형으로 시험할 수 있는 환경을 구축하고 있으며 이미 우리나라가 선도적으로 앞서나가고 있는 세계적인 기술인 WiBro, IP-USN, u-Mobile 등을 적용하여 프로토콜, 망기능, 서비스의 실증 시험을 진행해 오고 있다.

그러나 외국과 동등 수준의 국가 선도시험망을 체계적으로 구축하고 이들과 어깨를 나란히 하기 위하여는 다양한 미래인터넷 분야의 연구과제를 발굴하고 이에 대한 적극적인 투자를 활성화할 필요가 있다. 또한 진행될 미래인터넷 분야의 연구과제의 결과물을 검증 시험할 수 있도록 광대역통합연구시험망은 다양한 시험 요구사항을 수용하여 수시로 재설계 및 재구성되어야 하며 이를 위하여 기본적인 시험망 인프라에 투자를 확대할 필요가 있다.

또한 선도연구과제 및 National Testbed 측면에서도 미국, 유럽, 일본과의 적극적인 협력체계가 구축되어야 할 필요가 있으며 이를 위하여 이미 미국의 GENI 진영과 유럽의 FP7 및 일본의 Overlay Network을 연구하는 그룹들과의 협력을 다양한 채널을 통하여 추진하고 있다. 또한 2008년에 우리나라에서 개최될 예정인 OECD 장관회의의 의제가 “The Future of the Internet”인 만큼 실질적인 협력체계가 구축될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- [1] Dr. D.C.Du, “Introduction to Global Environment for Networking Innovations(GENI)”, Future Internet Forum Seminar, Jan 2007
- [2] <http://www.geni.net>
- [3] Kiyohide Nakauchi, “Overlay Network Symposium Session Overview”, Overlay Network Symposium, Tokyo, Japan, Dec. 2006
- [4] [http://cordis.europa.eu/fp7/home\\_en.html](http://cordis.europa.eu/fp7/home_en.html)
- [5] <http://www.ietf.org>



## 저자소개



이재호

1995년 성균관대학교 정보공학과 학사  
 1997년 성균관대학교 정보공학과 석사  
 2006년 연세대학교 전기전자공학과 박사 수료  
 1997~현재 한국정보사회진흥원 차세대 기반팀 책임 연구원

주관심 분야 : IP/Network Mobility, IP-USN  
 (6LoWPAN), IPv6

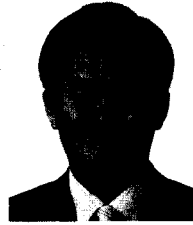


최병익

1999년 서강대학교 전자공학과 학사  
 2000년 LG정보통신 연구원  
 2002년 포항공과대학교 전자공학과 석사  
 2002년~현재 한국정보사회진흥원 차세대기반팀 선임연구원

주관심 분야 : R&D Testbed, u-Mobile, Future Internet

## 저자소개



강선무

1983년 충남대학교 전자공학과 학사  
 1987년 스텍출름왕립공대 통신이론 석사  
 1998년 충남대학교 전자공학 박사  
 1983년 3월~2000년 8월 한국전자통신연구원팀장(책임연구원)

2000년 9월~2004년 12월 (주)네오텔레콤부사장 (CTO)

2004년 10월~2006년 3월 무선국관리사업단연구위원  
 2006년 4월~현재 한국정보사회진흥원 차세대기반팀장  
 주관심분야 : Future Internet, IPv6, National Testbed, IP-USN



이영로

1986년 경북대학교 전자공학 학사  
 2001년 고려대학교 경영정보 석사  
 2006년 한국외국어대학교 경영정보학과 박사수료  
 1986년~1996년 LG그룹 정보통신 분야  
 1996년~2003년 한국전산원 초고속망 팀장  
 2004년~2005년 한국전산원 BcN 기획팀장  
 2006년~현재 한국정보사회진흥원 u-인프라구축 단장

주관심분야 : BcN, IPv6, IP-USN, 통신정책, 통신경영