

미래인터넷 연구동향

서울대학교 | 김 종 권*

1. 서론

컴퓨터과학 연구자들 사이에 이메일 같은 데이터를 교환하기 위해 만든 인터넷은 기업, 사회의 운영에 필수불가결한 근간통신망으로 발전하였다. Web2.0, IPTV, 가상세계, Bittorrent 등 새로운 서비스가 날마다 등장하는 인터넷은 우리 사회를 더욱 윤택하게 만들고 있다. 인터넷의 강력한 기능 때문에 일반인들은 가끔 불통되는 인터넷이 불편은 하지만 큰 문제없이 계속 사용할 수 있을 것으로 생각할 것이다. 그러나 통신 전문가들은 - 특히 인터넷을 처음 설계한 전문가 중 최고전문가들은 - 현재 인터넷이 중병을 앓고 있어 계속 발전하는데 한계가 있을 것이라는데 의견을 모으고 있다. 새로운 망을 설계하여 인터넷이 안고 있는 문제들을 해소하자는 주장은 1990년대 말부터 대두되었다. 새로운 망에 대한 열망은 2006년 미국 NSF의 FIND[1]라는 연구활동으로 승화하였다.

표 1과 그림 1은 인터넷의 과거, 현재, 미래를 대비한 것이다. 1969년에 개통한 ARPANet을 원조로 하는 초기 인터넷은 유선으로 연결된 상당한 컴퓨팅용량을 갖는 호스트 컴퓨터를 IMP라는 라우터 장비로 연

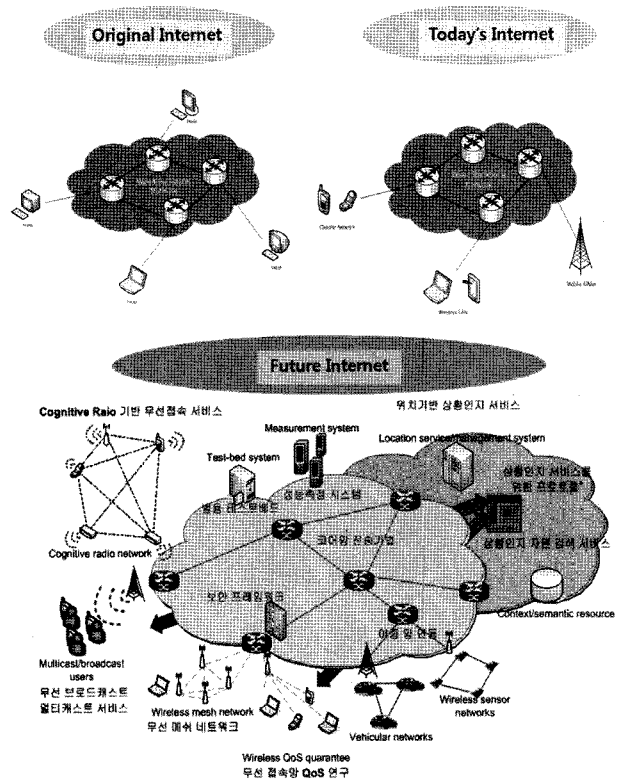


그림 1 인터넷의 발전 과정

표 1 세대별 인터넷의 비교

	원시 인터넷	현재 인터넷	미래 인터넷
연결방법	· 1-to-1 Client-Server	· 1-m/P2P/Pubsub(Overlays)	· 1-m/m-m, Anycast, 방송
망구성	· Dumb network/Smart Host	· MiddleCom (NAT/Caching/IMS/FW/DPI)	· Smart & Flexible(Virtualization)
전송	· Best Effort	· QoS	· QoE
서비스	· E-mail, FTP	· Web, File 공유, 실시간, AV	· Context-aware/Large-Scale Prosumer/User-participation
신뢰성	· Trusted peer	· Untrusted/Malicious users	· Secure, Legacy
접속기술	· Tethered, fixed	· Wireless nomadic, single-hop	· Energy/BW deficient, Multi-hop, transient

* 중신회원

1) 원조 인터넷은 국방용으로 개발되었지만 실제로는 학자간 데이터통신으로 사용됨.

결하였다. 서로 신뢰하는 관계에 있는 사용자들은 이메일, rlogin, 파일전송과 같은 데이터 교환 용도로 인터넷을 이용하였다. 통신은 호스트 대 호스트, 즉 단대단(End-to-End), 형태로 중간노드의 간섭 없이 이루어졌다. 초기 인터넷의 설계철학인 Best effort 전송 및 데이터그램 통신방법은 견고성과 함께 유연성을 제공하였다. 현재 인터넷은 15년 전 인터넷과는 매우 다른 모양을 가지고 있다. 인터넷에는 매우 이질적인 처리능력, 용도를 가진 10억 개 정도의 노드들이 접속되어 있다. 접속 망 형태도 기존 유선 인터넷망 위주에서 ADSL, CATV 망으로 진화하였고 단일 홉(Single-hop) 무선망, Wibro 또는 셀룰라 망으로 연결된 노드들도 다수 있다. 현재 인터넷은 단대단 연결의 단점을 보완하기 위해 다양한 중간장비를 - 이런 장비를 intermediary 또는 middle box라고 함 - 사용하여 EME(End-Middlebox-End) 형태로 통신한다. 또한 콘텐츠 배포, P2P, file swarming, IPTV 와 같은 고도 서비스를 제공하기 위해 C/S 인터액션(Client-Server Interaction)의 한계를 우회들과하는 복잡한 형태의 overlay 망구조를 지원한다. 다양한 미들 박스 및 overlay 망 기술에 근거한 우회방법을 활용하면 어느 정도 복잡한 서비스나 사용자 욕구를 만족시킬 수 있을 것이다. 그러나 우회들과책은 문제를 근본적으로 해결하지 못하는 미봉책(ad-hoc)에 불과하다. 미봉책은 확장성, 견인성(robustness), 관리성(Manageability), 비용 측면에서 한계점을 가지고 있다. 지난 10년 동안 제안된 멀티캐스팅, 애니캐스팅, QoS 보장기법, 이동성 지원(Mobile IP) 기법들이 전혀 빛을 보지 못하는 이유는 수요가 따라주지 않는다는 이유도 있지만 이 기법들이 원조 인터넷 철학을 이리저리 피하는 미봉책이기 때문이다.

현재 인터넷보다 훨씬 더 복잡하고 고도화된 망 기술과 서비스를 지원해야 할 미래의 인터넷은 인터넷 원조 패러다임의 한계를 뛰어넘는 새로운 패러다임으로 무장해야 할 것이다. 우선 차세대 인터넷은 훨씬 많은 노드(1,000억 개 이상)를 다양한 형태의 망접속기술을 - 센서망, 무선 멀티 홉 ad-hoc/mesh망, 릴

레이 망 - 이용하여 연결해야 한다. 인터넷 접속 노드 중에는 대규모 분산 망에 존재하는 센서 노드와 같이 처리 능력이 미약하고 배터리로 작동하는 노드도 있을 것이다. 물리적인 확장성 및 이질성에 덧붙여, 차세대 인터넷은 통신특성과 요구 사항이 천차만별인 다양한 서비스들을 효율적으로 지원하기 위해서 수시로 변신을 해야 한다. 현재 인터넷 프로토콜 구조는 IP를 허리로 하는 단일 모래시계(monolithic hour-glass) 구조를 가지고 있다. 차세대 인터넷은 서비스와 사용자의 요구를 최적으로 만족할 수 있는 가상의 네트워크 프레임워크를 역동적으로 재구성하는 복수의 모래시계 구조를 지원할 것이다[2]. 즉, 차세대 인터넷은 하나의 물리 망에서 복수의 네트워크 사업자에게 복수의 가상적 정보전달 서비스 플랫폼을 제공하는 망 virtualization 형태로 진화할 것이다. 또한 다양한 서비스 요구사항을 만족하기 위해 기존의 QoS 개념의 한계를 벗어난 QoE(Quality of Experience) 개념, 사용자 망관리 기능 등 고도화 기능도 지원해야 한다.

본고에서는 미래인터넷을 주로 다루는 연구활동을 중심으로 미래인터넷 연구동향을 파악한다. aalfodl-sxsjpt이라는 용어 및 연구활동은 미국에서 시작되었다. 미국의 연구활동은 FIND 프로그램이 대표적인데 이 프로젝트에 포함된 4~50여 개의 과제는 부록에 요약하였다. 미국외에 EU 및 일본에서 진행하고 있는 미래인터넷 관련 활동을 소개하였다. 국내의 미래인터넷 활동은 상당히 일찍 시작하였다. 2006년에 설립된 FIF(Future Internet Forum)을 포함하여 네 개의 중요 연구 프로젝트에 대해서 소개한다.

2. 국내외 미래 인터넷 연구

미국의 경우 지난 2006년부터 미국과학재단(NSF)의 주도하에 '미래 인터넷 설계(Future INternet Design, FIND)'[1] 연구 프로그램이 진행 중이다. 유럽이나 일본에서도 각각 '미래 네트워크(Network of the Future)' [3], '신세대 네트워크(New Generation Network)'[4] 연구 프로그램이 유럽연합과 정보통신연구기구의 주관으로 추진되고 있다.

표 2 세계의 미래 인터넷 연구 현황

구분	미국	유럽	일본	한국
연구 주관	미국과학재단	유럽연합	정보통신연구기구	정보통신부
프로그램명	Future INternet Design (FIND)	Network of the Future	New Generation Network	미래 인터넷 핵심 기술 연구
예산	4천만불/년	2억유로/7년	540억엔/년	40억원/3년
연구 수행 기관	미국 대학, 일부 기업	유럽 산업, 대학, 연구기관	NICT, 동경대 등	서울대학교, ICU, KAIST 등

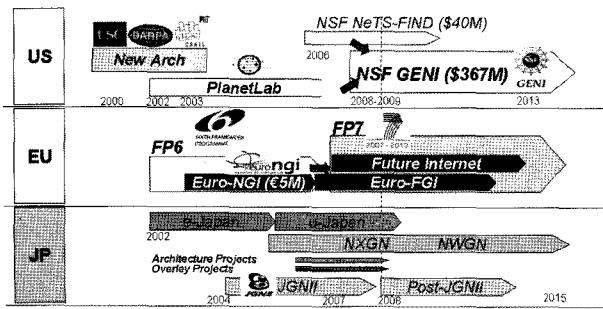


그림 2 미국, EU 및 일본의 미래 인터넷 관련 연구활동

미래의 네트워크 구조 및 서비스에 대한 연구 방향은 크게 현재 네트워크에 내재된 문제점을 해결하는 새로운 구조의 네트워크를 제안하는 혁신적 개선으로 접근하는 revolutionary 방법과 현재의 네트워크에 대한 통합 및 점진적인 개선을 이루고자 하는 evolutionary 접근 방법으로 분류할 수 있다. 전자의 경우는 미국, 유럽, 일본 등에서 최근 세계 표준화기관 및 선진국에서 진행되는 연구로 대표적인 프로젝트 명은 그림 2와 같다.

2.1 미국의 연구활동

미래 인터넷에 관련된 연구는 특히 미국에서 활발히 이루어지고 있다. 먼저 PlanetLab[5,6]은 2002년에 미국 프린스턴 대학교에서 컴퓨터 네트워크 및 분산 시스템을 테스트베드로 실험하기 위해서 시작한 프로젝트로, 현재 세계 곳곳의 연구기관에서 800개 이상의 컴퓨터에서 PlanetLab 실험들이 돌아가고 있다. 한 컴퓨터의 자원을 여러개의 slice로 나누어 여러 실험이 동시에 같은 컴퓨터에서 돌아갈 수 있는 virtualization 기술을 사용하였다. virtualization 기술은 앞으로의 미래인터넷에서 여러 종류의 프로토콜을 동시에 독립적으로 운영할 수 있게 하는 핵심 기술이다.

NeTS는 National Science Foundation(NSF) 연구 사업을 통하여 미래 인터넷 연구를 지원하기 위해 2006년부터 연간 4천만 달러 규모의 미래 인터넷 연구 프로젝트를 진행 중이다. 미래 인터넷 연구를 위한 Networking Technology and Systems(NeTS) 프로그램은 Programmable Wireless Networks(Prowin), Networking of Sensor Systems(NOSS), Networking Broadly Defined(NBD), Future Internet Design(FIND)으로 구성되어 있다. 새로운 미래의 인터넷 구조설계를 목표로 약 200개의 세부과제로 구성되며 주로 대학에서 기초연구형태로 진행된다.

GENI^[7-9]는 NeTS 프로그램을 통하여 얻어지는 결과물을 검증하기 위한 테스트베드 사업으로써 3년간 총 7억불을 투입하여 전 세계에 미래인터넷 연구개발용

공용 시험망을 구축하는 것을 주 내용으로 하고 있다. GENI는 이미 선정된 특정 기술을 바탕으로 구축하는 종래의 시험망과 차별화되며, 응용계층 등의 상위계층은 물론 물리/제어계층 등 하위계층까지 완전한 가상망으로 구축하는 것을 목표로 하며, 범세계적으로 확산, 활용되는 경쟁력 있는 기술이 살아남아 미래의 기술로 정착이 되게 하는 seamless migration/deployment를 추구하고 있다. GENI의 경우, 국제거이 테스트 베드 구축을 위해서는 국내 KOREN 망등과의 연동이 필요할 것이다.

2.2 EU 및 일본의 연구활동

유럽 연합은 2007년 “Pervasive and Trusted Network and Service Infrastructures” 이름을 통해 통신 장비, 네트워크, 서비스 분야를 초점을 맞춘 대규모 FP6에 이어 FP7 ICT(Framework Programme 7 Information and Communication Technologies) 프로그램을 시작하였다. 또한 FIRE 프로젝트를 통해 현재 인터넷이 가지고 있는 다양한 문제들에 대한 해결책을 제시하기 위한 실험 주도형의 장기 연구 프로젝트를 추진하고 있으며, 특히, FIRE에서는 미국의 GENI와 유사하게 새로운 미래 인터넷 기술과 개념을 테스트하기 위한 대규모 실험 테스트 베드를 구축하는데 많은 투자를 하고 있고 이를 통한 실험적 연구를 수행하여 연구 결과를 평가, 개선하고자 하였다. 또한 대규모 실험 환경을 위해 유럽 전역에 걸친 기존의 테스트 베드를 연동/확장하는 방안도 마련하여 39만 유로 규모의 “New Paradigms and Experimental Facilities”라는 과제를 통해 공모하여 본격적인 미래 인터넷 테스트 베드를 구축 사업을 진행하고 있다. 유럽의 경우 미래 인터넷과 관련된 다양한 이벤트를 개최하고 있고 연구 결과를 포털 사이트(<http://www.future-internet.eu/>) 등에 공개하고 있으며 특히, FIRE에서는 미국의 GENI와 유사하게 새로운 미래 인터넷 기술과 개념을 테스트하기 위한 대규모 실험 테스트 베드를 구축하는데 많은 투자를 하고 있고 이를 통한 실험적 연구를 수행하여 연구 결과를 평가, 개선하고자 한다. 또한, EIFFEL, ARCARDIA 연구 그룹에서 미래 인터넷에 대한 연구를 진행하고 있다.

일본의 경우 그동안 IPv6와 관련된 네트워크 기술을 주로 연구해왔고 최근에는 NICT(National Institute of Standards and Technology)를 중심으로 미래 인터넷 연구를 본격적으로 시작하였다. 또한, 일본은 차세대 네트워크(Next Generation Network: NXGN)와 새로운 네트워크(New Generation Network: NWGN)로 용어

표 3 미래 인터넷 연구 프로젝트

국가	프로그램 명칭	주관기관	프로그램 내용	기간	수행기관
미국	NewArch	DARPA	· 미래인터넷의 시조 · Clark, Braden 참여	2000년~2003년	MIT, USC
	NeTs-FIND	NSF	· 가장 대표적인 미래 인터넷 연구 프로젝트 · 42개 과제로 구성	2006년~현재 주제 당 3년	미국대학 위주 일부 연구소
유럽	Euro-NGI	EU	· FP6 ICT 프로그램 · 점진적 개선방법	2003년~2006년	EU내 대학 연구소
	Euro-FGI	EU	· FP7 · Euro-NGI 의 후속 프로그램	2007년~	EU내 대학 연구소
아시아	WIDE	일본정부	· IPv6 구현 · IETF 표준화		Keio 대학
	NWGN	일본 NICT	· 2005년 이후 전개될 신세대 네트워크 연구 · 미국/유럽/아시아 간 연구 협력	2008년	NICT 위주로 대학참여 예상

를 구별하여 사용하고 있다.

NXGN의 경우 현재의 IP 프로토콜에 기반을 둔 채 유무선, 방송 등을 통합하고 응용 기반의 서비스 품질과 이동성, 보안 등을 지원하는 형태의 네트워크로 국내의 광대역 통합망과 유사한 개념이다. 반면 NWGN의 목표는 NPN(New Paradigm Network)으로도 불리는 것으로 RFID(Radio Frequency Identifier), 센서, 휴대전화, 가전제품 등이 모두 인터넷으로 연결될 대규모 유비쿼터스 환경을 위한 새로운 인터넷을 설계하는 것이다. NWGN과 관련된 연구로는 네트워크 계층에 대한 연구와 IP를 대체할 수 있는 Post IP에 대한 연구, 연구 개발을 위한 네트워크 테스트베드 구축 등이 있으며 특히 광 네트워크, 이동 네트워크, 센서 네트워크 등으로 다양화된 하위 네트워크 위에 Post IP에 기반한 오버레이 네트워크를 구성하여 다양한 서비스를 지원하고 서비스 지원/관리를 위한 제어된 투명성 등을 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 최근 NWGN과 관련하여 보다 본격적인 연구를 진행하기 위해 NICT, 게이오 대학 등이 주축이 되어 NWGN 포럼을 결성하

여 미래 인터넷 연구를 진행하고 있다.

이처럼, 미래 인터넷 구조에 대한 연구는 해외 관련자들에 의해 활발히 수행되고 있으며, 테스트 베드 구축을 통해 미래 인터넷의 요구 사항 및 핵심 기술 등을 시험 검증하고 있다. 이는 앞으로 닥쳐올 새로운 미래 인터넷의 패러다임을 연구하고 보다 현실적이고 실제적인 솔루션을 제공하기 위해 노력하고 있다. 아래 표는 해외에서 진행되고 있는 대표적인 수행 내용과 테스트 베드를 요약한 것이다.

3. 국내 미래인터넷 연구활동

미래인터넷 관련 연구로 국내 연구현황으로는 ANF에서 주관하고 있는 미래인터넷 포럼인 FIF(Future Internet Forum)와 서울대를 비롯한 다양한 국내 15개 대학과 산업체를 바탕으로 진행되고 있는 미래인터넷핵심기술연구 사업이 대표적이다.

미래인터넷포럼인 FIF는 유일한 미래인터넷 관련 단체로 2006년 대학중심으로 결성된 open forum이다. FIF는 현재 수백명의 전문가가 참여하고 있으며 월 1

표 4 미래 인터넷 테스트베드 구축활동

국가	Testbed	주관기간	특징	기간
미국	PlanetLab	프린스턴대학교	· 전 세계적인 테스트베드 · 새로운 프로토콜 및 응용시험	2002년~현재
	GENI	NSF-BBN	· 미래인터넷 연구결과 검증 · 네트워크 Virtualization Open 구조	2007년~현재
유럽	GEANT	EU	· 유럽 30개 국가 참여 · 교육/연구용 테스트베드	
	FIRE	EU	· FP6 테스트베드 구축	2006년~2009년
일본	JGN II	일본 정부		2004년~2007년
	Post JGN III	일본 정부	· 신세대 네트워크 관련 테스트베드	2008년~현재

표 5 국내 미래 인터넷 연구활동

프로그램 명칭	주관 기관	프로그램 내용	기간	공동 연구기관
FIF	OSIA	· 유일한 미래인터넷 관련 단체 · open Forum · 월 1회 기술 미팅 개최 · 연 2회 국제 camp 워크샵 개최	2006~현재	대학, 연구소, 기업체
미래인터넷핵심 기술연구	서울대 (연구 책임자: 최양희)	· 미래 인터넷 요소기술 분석 · 미래 인터넷 연구기획 · 연구 결과의 표준화 추진	2007~현재	서울대, 충남대, 연세대, KAIST, 등
차세대 네트워크서비스 연구센터	서울대 (연구책임자: 김종권)	· 미래 인터넷 구조 연구 · 데이터 중심 대규모 응용지원 구조 및 프로토콜 연구 · 다양한 무선 기반 접속망 지원방법 연구 · 핵심역량 인재 양성 및 기술이전 추진	2008~현재	서울대, KAIST, 연세대, 고려대, 광주과학기술원, 포항공대
미래인터넷 네트워크 모델 개발	국가수리과학연구소	· 네트워크 모델링 및 알고리즘 개발 · 네트워킹 기반 수학 개발 · 복잡계 네트워크의 동역학 현상 분석	2008~현재	국가수리과학연구소, 서울대, KAIST
프로그래머블 플랫폼 연구	ETRI (연구책임자: 함진호)	· 프로그램화 및 가상화 핵심원천 기술 개발 · 트워크 플랫폼 기술의 단계적 개발	2009~현재	ETRI, 광주과학기술원

회 기술미팅을 개최하여 미래인터넷 분야의 기술개발 동향을 파악하고 연구결과를 발표하고 의견을 교환하는 장을 만들고 있다. FIF는 국내뿐만 아니라 세계적인 협력 연구를 추진하기 위해 매년 여름과 겨울 두 차례에 걸쳐 캠프를 운영하고 있다. 미래인터넷 캠프는 앞으로 연구를 선도할 대학원생들에게 연구동향을 소개하고 상호의견교환을 하도록 하는 중요한 기능을 수행한다.

미래인터넷핵심기술연구 사업은 2007년을 시작으로 3년을 계획하고 있는 대형 프로젝트로 현재 미래

인터넷핵심기술 연구의 내용은 크게 핵심기술 개발, 기획과제 발굴, 표준화 추진 등으로 나누어 진행되고 있으며 이를 위해 Architecture Working Group, Wireless Working Group, Service Working Group, Testbed Working Group, Policy Working Group를 포함한 총 5개의 working group로 나누어 연구를 진행 중에 있다. 초기 서울대, KAIST, 충남대등 대학 중심의 핵심 선행 연구를 기반으로 시작되었으나 최근 ETRI, NIDA, 삼성, KT 등이 참여하여 보다 폭넓은 연구를 진행 중에 있다. 그림 3은 미래인터넷핵심기술연구의 주요 목

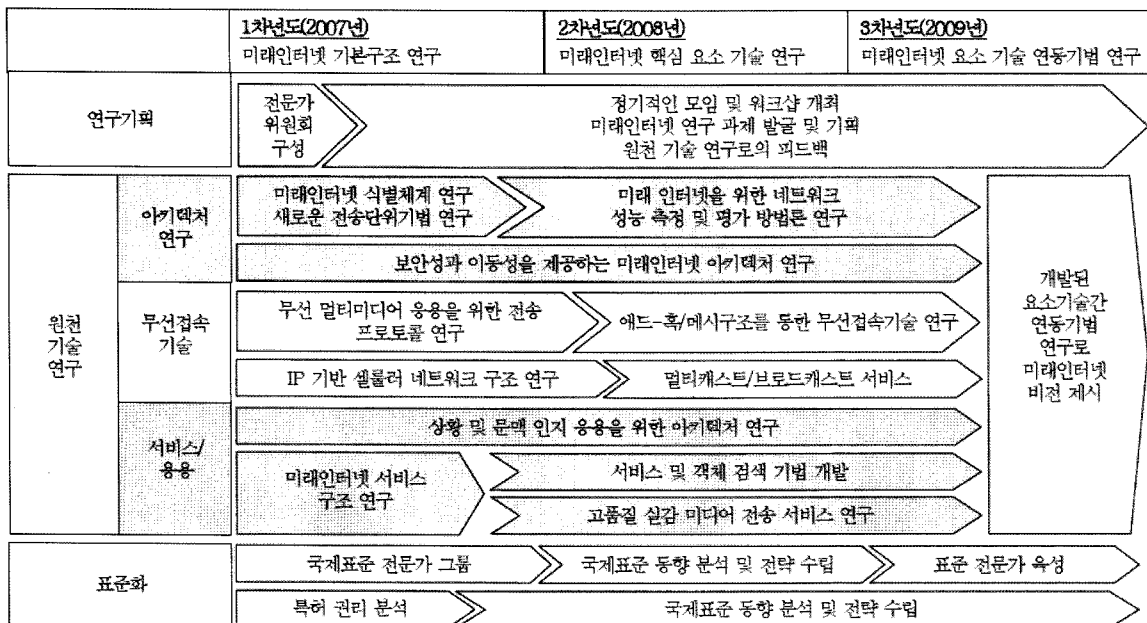


그림 3 미래인터넷 핵심기술 연구

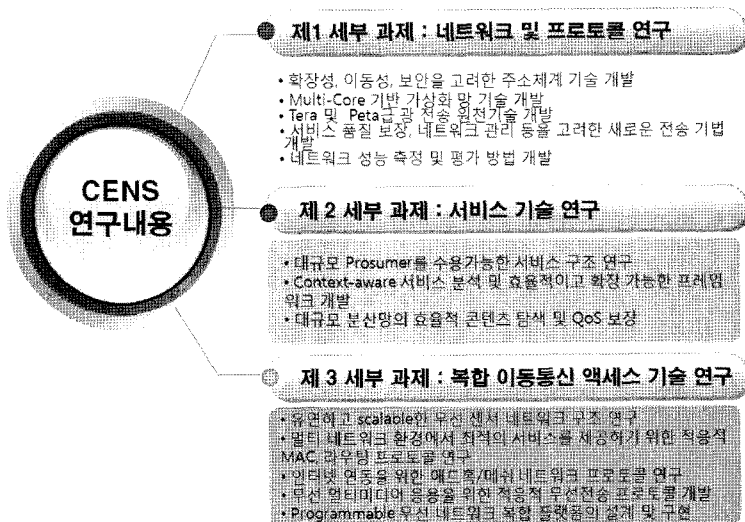


그림 4 차세대 네트워크 서비스 연구센터 연구내용

표 및 내용을 요약한 것이다.

차세대 네트워크 서비스 연구센터(CENNS: Center for Next-generation Network & Services research)는 지식경제부가 지원하는 대학 IT 연구센터 (ITRC)의 하나로 2008년 서울대학교에 설립되었다. 이 센터에는 서울대, KAIST, 연세대, 고려대, 광주과학기술원 및 포항공대의 연구원 100여명이 참여하고 있다. 주요 연구주제는 네트워크 및 프로토콜 연구, 서비스기술연구 및 복합 이동통신 액세스 기술연구로 구분되어 있으며 세부연구과제는 그림 4와 같다.

국가수리과학연구소가 주도하는 미래인터넷 네트워크 모델 연구는 네트워크에 관한 수학적이며 이론적인 모델링과 분석을 주로 다루는 기초연구이다. 이 과제에서는 미래인터넷 모델 개발을 위해서 그림 5와

같은 세부과제를 추진 중에 있다. 미래인터넷 네트워크 모델 연구는 2008년에 시작되었으며 국가수리과학연구소외에 서울대학교, KAIST가 공동연구기관으로 참여하고 있다.

“미래인터넷 인프라를 위한 가상화 지원 프로그래머블 플랫폼 및 핵심원천 기술개발”(이하 프로그래머블 플랫폼 개발)이라는 다소 긴 이름의 프로젝트는 지식경제부의 선도과제로 선정되어 2009년부터 연구를 시작하였다. 이 과제의 주요 목적은 가상화가 가능한 네트워크 장비를 개발하는 것이다. 이 프로젝트에서는 PC를 기반으로 하는 가상화 네트워크 장비를 개발하는 것과 더불어 네트워크 프로세서를 기반으로 보다 성능이 뛰어난 가상화 가능 장비를 개발하는 것을 목표로 하고 있다.

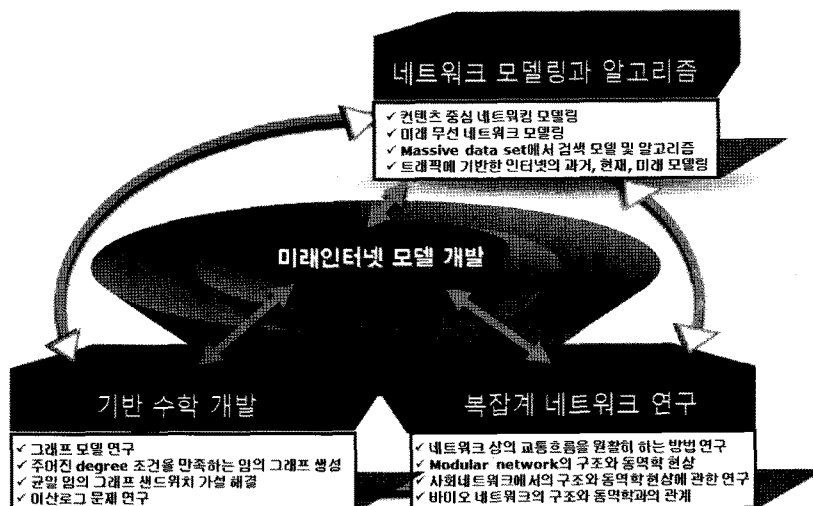


그림 5 미래인터넷 네트워크 모델 연구내용

4. 결론

1969년에 불과 몇 개의 노드로 시작한 인터넷은 현재 전세계 인구의 25%가 사용하는 중요한 사회 인프라로 성장하였다. 그러나, 역설적으로 인터넷의 대형화는 고착화(Ossified) 현상을 불러와 현재의 인터넷은 새로운 사용자 요구, 응용 및 네트워크 기술을 제대로 지원하거나 수용하지 못하고 있다. 이런 문제를 타개하기 위해서는 기존의 인터넷과는 다른 새로운 망을 설계할 필요가 있다. 미래인터넷은 새로운 네트워크 패러다임을 정립하고 이를 바탕으로 새로운 망구조 및 프로토콜을 설계하려는 연구활동을 말한다. 미래인터넷 연구는 현재 인터넷과의 호환을 연두에 두지 않는 백지화 전략(Clean slate approach)를 채택하고 있다.

본고에서는 미래인터넷을 주로 다루는 연구활동을 중심으로 미래인터넷 연구동향을 소개하였다. 먼저 미래인터넷 연구의 시조격인 미국의 FIIND 프로그램을 소개하였고 더불어 미래인터넷 연구결과를 시험해 볼 수 있는 대규모 테스트베드 구축 프로젝트인 GENI에 대해 살펴보았다. 또한, 미국외에 EU 및 일본에서 진행하고 있는 미래인터넷 관련 활동을 소개하였다. 마지막으로, 2006년에 설립된 FIF(Future Internet Forum)을 포함하여 네 개의 중요 연구 프로젝트에 대해 설명함으로써 국내 미래인터넷 연구동향을 고찰하였다.

참고문헌

- [1] D. Fisher, "FIND: Future Internet Design International Meeting", November, 2006, <http://www.nets-find.net/Meetings/.../FirstInfoMeeting.ppt>
- [2] N. Feamster, L. Gao and J. Rexford, "CABO: Concurrent Architectures are Better Than One," NSF NeTS FIND Initiative, <http://www.nets-find.net/Funded/Cabo.php>
- [3] CORDIS website, European Union 7th Framework Program, http://cordis.europa.eu/fp7/ict/programme/challenge1W_en.html
- [4] Hiroaki Harai, AKARI Architecture Design Project in Japan, August 2008, <http://akari-project.nict.go.jp/eng/document/asiafi-seminar-harai-080826.pdf>
- [5] PlanetLab, <http://www.planet-lab.org>
- [6] L. Peterson, A. Bavier, M. E. Fiuczynski, et al, "Experiences building planetlab," in Proceedings of the 7th symposium on Operating systems design and implementation (OSDI 2006), pp. 351-366, Berkeley, CA, 2006, <http://groups.geni.net/geni/attachment/wiki/OldGPGDesignDocuments/GDD-05-05.pdf>
- [7] GENI: Global Environment for Network Innovations, <http://www.geni.net>
- [8] T. Anderson, L. Peterson, S. Shenker, et al, "GDD-05-02: Report of NSF Workshop on Overcoming Barriers to Disruptive Innovation in Networking," GENI Design Document 05-02, January 2005, <http://groups.geni.net/geni/attachment/wiki/OldGPGDesignDocuments/GDD-05-02.pdf>
- [9] S. M. Bellovin, D. D. Clark, A. Perrig, et al, "GDD-05-05: Report of NSF Workshop on A Clean-Slate Design for the Next-Generation Secure Internet," GENI Design Document 05-05, July 2005.

부록: FIND 프로젝트 요약

과제명	수행기관	연구내용
Algorithmic foundation for Internet Architecture	개인 (Awerbuch, Haberowean)	· 알고리즘 및 수학적 기법을 망구조 및 프로토콜 최적화 설계에 적용하는 방법 연구 · Clean-slate 접근방법 적용
An Architecture for a Diversified Internet	Washington Univ. (Jonathan Turner)	· 새로운 프로토콜과 기존 프로토콜이 공존하는 virtualization 망 기술 구현 (Intel NP 기반) · Single-box를 이용한 복수 사업자, 복수 E2E 가상망 구현
Architectural Support for Network Trouble-Shooting	ICSI (Scott Shenker 등)	· 이기종망의 troubleshooting을 체계적으로 수행가능한 구조 연구 · 문제 감지, 통제 및 제어 기능을 분산 처리하는 기능 및 프로토콜 설계
Architectural Support for Selectively-Connected End Systems	ICSI 등 (Mark Allman 등)	· 기존의 always-on 방식이 아닌 에너지 절감, 주변 망상황에 따라 선별적으로 연결 유지하는 프로토콜 설계
CABO: Concurrent Architectures are Better Than One	Georgia Tech, UMass, Princeton (Feamster 등)	· 물리적 망자원 제공자와 논리적 서비스 제공자 분리 방법 및 역동적 가상망 생성 기술 연구 · Substate를 설계하고 구현하며 이를 바탕으로 가상망 제공 시나리오 구현
Design for Manageability in the NGI	U. Wisconsin (Barford 등)	· 망관리 기능을 망에 효과적으로 포함시키는 방법을 연구 · 하위계층 기능 컴포넌트를 정의하고 이를 조합하여 상위계층 기능을 조합하는 방법을 제안
Designing Secure Networks from the Ground-Up	Stanford Univ., U. Wisconsin (Boneh 등)	· 악의적인 사용자를 적발하기 위해 트래픽의 소스와 통신목적을 명시하는 방법 제안 · 사설망/공중망 사용 환경에 따라 최적화된 보안방법 제시
Dynamic DOCS Networks for Future Large Scale Dynamic Networking Environments	UC-Santa Barbara, Stanford Univ., UC-Davis (Blumental 등)	· 최근 발전한 광통신 컴포넌트 기술을 이용한 역동적인 단대단 연결생성 방법 연구 · 광통신망 구성 및 링크를 추상화하여 가상망 구성에 사용할 수 있는 인터페이스 제공
Enabling Defense and Deterrence through Private Attribution	UCSD, U. Washington (Snoeren 등)	· 보안위협을 방어하는 수동적 개념에서 진보된 위협행위를 방지하는 적극적 forensic 기능 연구 · 패킷의 근원지를 추적할 수 있는 방법연구
Enabling Future Internet innovations through Transitwire (eFIT)	Colorado State Univ, Memphis, Univ. Arizona, UCLA (Massey 등)	· 사용자 망과 ISP망 주소공간을 분리하여 효율적인 라우팅을 제공하는 방법제안 · 사용자 망과 ISP망의 상호 의존성을 해소하여 독립적으로 발전하는 모델 설계
An Experimental Protocol Stack for CR Networks and Its Integration with the FI	Rutgers, U. Kansas, CMU, Blossom (Raychaudhari 등)	· Cognitive Radio 노드, 서브 네트워크 및 인터넷 사이를 연결하는 제어/관리 및 데이터 인터페이스 설계 · CogNet이라는 오픈소스 프로토콜을 구현하고 기능시험 테스트베드 구현
A Framework for Manageability in Future Routing Systems	UPenn, UMass, UMN (Guerin, Gao, Zhang)	· QoS 보장기능 및 Secure path를 설정할 수 있는 관리가능성을 보유한 망 구조 설계 · 망상태 정보의 formal 표현방법 및 지역 망정보를 조합하여 글로벌 경로 설정에 필요한 정보추출방법 연구
Future Optical Network Architectures	MIT (Chan)	· 현재와 미래의 광통신 기술을 조합하여 대규모 bandwidth 요구를 만족하는 구조 연구 · Electronic 망의 재구성 속도에 육박하는 옵틱스 기반 광통신망 재구성방법 연구
A Geometric Stack for Location-Aware Networking	Rutgers : WINLAB (Gruteser)	· 지역을 기준으로 하는 정보전달서비스(Geocast 등)을 가능하게 하는 로케이션 정보를 망구조에서 지원하는 프로토콜 연구 · 장소정보기반 네이밍 및 ID-장소 정보 resolution 기능 설계
Greedy Routing on Hidden Metric Spaces as a Foundation of Scalable Routing Arch. without Topology Updates	CAIDA/UCSD, Intel, UC-Berkeley (Krioukov, Fall 등)	· 현재 인터넷 routing이 안고있는 scalability 한계문제를 해결하기 위해 topology 업데이트 없는 routing 방법 연구 · 인터넷에 내재하는 Hidden Metric Space를 모델하고 이를 바탕으로 greedy routing 방법 제안

An Internet Architecture for User-Controlled Routes	UC-Irvine (Yang)	<ul style="list-style-type: none"> · 사용자가 경로를 선택할 수 있는 확장성 있고 안전한 loose source routing 유사방법 설계 · 이기종망 연결 및 가장 경제적인 망선택 방법 연구
Maestro: An Architecture for Network Control Management	Rice Univ. (Ng, Cox)	<ul style="list-style-type: none"> · 인터넷 제어가 용이하도록 모든 망제어기능을 응용계층으로 구현하는 방법제안 · 망제어응용을 동시에 조합/실행할 수 있는 플랫폼 연구
Market-Enabling Network Architecture	UC-Berkeley/Santa Cruz, Bell Lab. (Walrand 등)	<ul style="list-style-type: none"> · 사용자가 요구하는 서비스 및 망전송기능을 원활하게 제공하는 매커니즘 연구 · 일반 또는 악의적 사용자, 서비스제공자, 정책결정자 사이의 상호관계를 고려한 경제적 인센티브 기능을 포함한 망구조 설계
Model-based diagnosis in the Knowledge Plane	MIT, USC (Sollins, Wroclawski)	<ul style="list-style-type: none"> · 망정보를 수집, 관리하여 query 및 정보추정기능을 지원하는 knowledge plane 연구 · Knowledge plane을 이용하여 분산환경에서 망상태를 진단하는 시스템 설계
Network Innovations for Personal, Social, and Urban Sensing Applications	UCLA, ICSI (Burke 등)	<ul style="list-style-type: none"> · 여러 장소에 분포하는 개인사용자 센서망을 연결하는 망구조를 설계하고 주요기능 및 서비스를 구현 · Context-verification, 네이밍, 정보배포 및 정보교환 기법 연구
A Network-Wide Hashing Infrastructure for Measurement and Monitoring	Harvard Univ. (Mitzenmacher)	<ul style="list-style-type: none"> · 플로우의 구별, worm 감지 및 응용 서비스의 구별에 응용되는 트래픽 측정 및 감시기능 구현 · 해쉬기반 구조를 이용한 유연하고 효율적인 패킷분류 시스템 제안
A New Approach to Internet Naming and Name Resolution	UC-Berkeley (Shenker, Stoica)	<ul style="list-style-type: none"> · 현재 인터넷 네이밍 시스템의 한계를 넘는 Anycast Name Resolution 방법 제안 · 정보 이동/복사를 지원하는 P2P 및 정보 검색에 적합한 네이밍 방법연구
On the Economic Viability of Network Architectures	UPenn, U. Maryland (Geurin 등)	<ul style="list-style-type: none"> · 새로운 망구조의 성공/실패를 가능하는 경제적 요소를 정성적, 정량적으로 연구 · Virtualization, 새로운 망구조가 기존의 서비스 제공자에게 미치는 영향, 유연하고 개방된 구조와 새로운 서비스 개발에 미치는 영향 연구
Postcards from the Edge: A Cache-and-Forward Architecture for the Future Internet	Rutgers, UMass (Yates 등)	<ul style="list-style-type: none"> · 저장장치를 망 내부에 설치하여 Cache and Forward하는 구조 설계 · 대용량 파일을 hop-by-hop으로 전달하는 전송방법 연구 · Push & pull 구조, 분산캐싱 및 네이밍 기법 연구
Postmodern Internetwork Architecture	U. Maryland 등 (Bhattacharjee 등)	<ul style="list-style-type: none"> · 효율성을 유지하는 라우팅/포워딩 분리 방법 · Accountability, 최적 자원분배, 포워딩을 제어하는 망구조 및 프로토콜설계 · Cross-layer 정보의 표현, 접근 방법
Privacy-Preserving Attribution and Provenance	UCSD, U. Washington 등 (Snoeren 등)	<ul style="list-style-type: none"> · 패킷을 전송한 호스트 및 정보종류를 파악하여 대규모 보안망을 구성하는 방법연구 · Forensic 기반 능동적 방어 및 정보종류에 따른 전송제한(수동적 방어) 사용
Protecting User Privacy in a Network with Ubiquitous Computing Devices	CMU, Univ. Washington (Seghan 등)	<ul style="list-style-type: none"> · 802.11과 같은 무선망에서 프라이버시를 강화하는 네트워크 및 링크계층의 방법연구 · ID 정보를 감추는 네이밍, addressing 방법 연구
Radio Wormholes for Wireless Label Switched Mesh Networks	U. Colorado (Grunwald 등)	<ul style="list-style-type: none"> · QoS 및 트래픽 엔지니어링을 제공하는 메쉬 네트워크의 전송방법 연구 · Cut-through 및 GMPLS 방법을 ad-hoc/ mesh 망에 적용하여 성능 향상시키는 방법 제안
RNA: A Recursive Network Architecture	USC (Touch)	<ul style="list-style-type: none"> · 단일 컴포넌트를 일부 수정하여 복수의 레이어에서 재사용하는 방법제안 · Cross-layer 인터랙션의 단순화 및 역동적인 서비스 제공 구성가능
Sensor-Internet Sharing and Search (SISS)	USC, UCLA (Heidemann 등)	<ul style="list-style-type: none"> · 센서망과 인터넷과의 연동방법 및 센서데이터의 수집, 공유검색방법 연구
Service-Centric End-to-End Abstractions for Network Architecture	UMass (Wolf)	<ul style="list-style-type: none"> · 다양한 서비스 요구사항을 만족하기 위한 중간노드 설계 및 slice 구성 방안 연구 · 서비스 및 전송관련 기능을 표현하는 방법 연구

Session Layer Management of Network Intermediaries	Stevens Inst. Tech. (Duchamp)	<ul style="list-style-type: none"> · 인터넷의 E2E 패러다임의 단계를 뛰어넘는 EME 패러다임을 구현하는 새로운 세션계층 연구 · 단말이 Intermediary (Middlebox)를 접근, 제어하는 모델연구
The SILO Architecture for Services Integration, Control, and Optimization for the FI	NCSU, RTI (Rouskas 등)	<ul style="list-style-type: none"> · 물리적 substrate에서 요구하는 프로토콜 및 기능을 역동적으로 구성하는 방법 연구 · 컴포넌트 기능의 설계
A swarming architecture for Internet data transfer	U. Mass (Venkataramani, Towsley)	<ul style="list-style-type: none"> · Bittorrent 와 같은 m-1 파일 전송을 효율적으로 지원하는 전송방법 연구 · Reputation 방법을 인센티브 전략을 수립하여 평등하고 원활한 파일 공유 시스템 구현
Switched Internet Architecture	Rochester Inst. Tech. (Shenoy)	<ul style="list-style-type: none"> · 라우팅을 최소화하는 전화망과 유사한 계층적 인터넷 망구조 제안 · 지리적 요소에 의한 Addressing 기법 및 스위치 다중화 기법연구
The-Day-After Networks: A First-Response Edge-Network Architecture for Disaster Relief	UIUC (Luo, Kravets, Abdelzaher)	<ul style="list-style-type: none"> · 자연적/인위적 비상상황에서도 생존하는 망구조설계 · 인프라 구축 비용 최소화 기법 제안 · 기존 자원을 조합하여 연동적으로 망을 재구성하는 기법 연구
Towards an Analytic Foundation for Network Architectures	UIUC, OSU Princeton, Purdue, UT-Austin(Srikant)	<ul style="list-style-type: none"> · 기능 컴포넌트를 최적계층 및 노드에 배치하는 수학적 모델 연구 · 확장성, 융합성 및 복잡도를 고려한 망구조 설계기법연구
Towards Complexity-Oblivious Network Management	Cornell, U. Utah (Francis, Lepreau)	<ul style="list-style-type: none"> · Data plane 과 Mgmt plane 을 분리하여 망관리를 단순화하는 기법연구
Transient Network Architecture	CNRI, U. New Mexico (Kahn 등)	<ul style="list-style-type: none"> · 무선 노드들이 ad-hoc 망을 구성하거나 조인하도록 지속가능한 ID를 제공하는 기법 연구 · 보안과 availability를 향상시키는 ID 부여 및 관리방법 연구
User Information Architecture	MIT (Morris, Kaashoek)	<ul style="list-style-type: none"> · 글로벌 유일성을 무시하고 사설 그룹내에서 통용될 수 있는 네이밍 방법 연구 · 친구 및 주변그룹과 정보를 교환하는 social 오베레이 라우팅 방법 연구
Value Flows and Risk Management Architecture for Future Internet	U. Nevada, RPI (Yuksel, Gupta, Kalyanaraman)	<ul style="list-style-type: none"> · QoS 보장기술의 원활한 보급을 위해 패킷의 중요도를 구분하는 프레임워크 연구 · 망제공자와 사용자 사이의 계약에 의해 QoS 보장 서비스를 제공하는 "contract switching" 제안
Wireless Knowledge Infrastructure (WiKI)	UPenn (Loo, Smith, Ives)	<ul style="list-style-type: none"> · 망상황을 감지할 수 있는 선언형 언어를 정의하고 망구성요소를 망 재구성기능의 바탕요소로 모델링하는 기법 제안 · 각 계층 및 망구성요소에서 발생한 정보를 "Knowledge plane" 형태로 구축



김종권

1987 미국 일리노이대학 전산학 박사
 1987~1991 미국 Bellcore 연구원
 1999 미국 조지아공대 방문교수
 2007 ETRI 초빙연구원
 1991~현재 서울대학교 컴퓨터공학부 교수
 관심분야: 차세대인터넷, 초고속라우터, 이동통신

E-mail : ckim@snu.ac.kr