특집

미래인터넷의 연구동향

최양희(서울대학교), 김대영(충남대학교)

Ⅰ. 미래인터넷의 등장 배경

인터넷은 L. Kleinrock의 획기적인 packet network 이론에 바탕을 두고 1950년대에 미국에서 탄생하였다. 인터넷 기반기술은 1960년대에 V. Cerf 등이 제안한 TCP/IP 프로토콜로서 이들은 현재에도 변함없이 사용되고 있다. 이메일, 웹서핑, 파일 전송과 같은 전통적인 응용 프로그램은 물론 Peer-to-Peer (P2P) 기반의 파일 공유 프로그램, IPTV, VoIP 등과 같은 새로운 인터넷 응용 프로그램이 널리 쓰이고 있으며 현재 10억명 이상의 사용자가 인터넷을 사용하고 있다. 인터넷 방식이 전자상거래, 전자정부, 원격교육에도 적용되면서 점차 사회 인프라로서의 인터넷의 역할이 커지고 있다. 인터넷이 값싸고 질 좋은 서비스를 제공함에 따라 기존의 전화, 이동전화, TV도 인터넷 방식으로 전환을 앞두고 있다.

하지만 수십년 전에 설계된 인터넷 아키텍처 및 프로토콜 구조로는 이러한 변화된 환경을 효과적으로 지원할 수 없으므로 인터넷의 기존 근간을 유지한 채 부분적으로 인터넷의 성능을 개선시키고자 하는 시도가 IETF를 중심으로 진행되어 왔다. 따라서 IPv6, BGP4, IPsec, MobileIP 등의 새로운 프로토콜이 제정되었고 현재 보급중이다. 그러나 개선된 프로토콜의 보급은 매우 느리며 또한 인터넷 자체의 복잡도가 증가하는 단점을 안고 있다. 따라서 점진적인 개선을 통한 인터넷의 약점보완은 크게 보아서 성공했다고 볼 수 없게 되었다. 이에 따라 인터넷을 기초부터 재설계하여야 한다는 주장이 설득력을 얻게 되었으며 새로 탄생할 미래의 네트워크를 미래인터넷이라고 부르는 것이다. 인터넷이 특정기술을 지칭하므로 미래인터넷이라기보다 미래네트워크라고 하는 것이 더 정확한 표현일 수 있으나 인터넷이 네트워크의 대명사처럼 되어 있으므로 미래인터넷이라고 부르는 것이다. 즉 미래인터넷은 새로운 네트워크 구조(architecture)와 새로운 프로토콜을 말하며 이들은 backward-compatible 을 고려하지 않는 전혀 새로운 방식일 것이다.

미래의 인터넷은 다음과 같은 현재의 인터넷 약점들을 잘 해결하는 방향으로 설계될 것이다.

- Scalability: 수백억-수천억 개의 노드를 효과적으로 지원할 수 있어야 함.
- Ubiquity : 언제, 어디서든 유무선 환경을 통해 접근이 가능해야 함.
- Mobility : 다양한 무선 접속 기술을 통해 이동성이 지원되어야 함.
- Heterogeneity : 고용량 서버, 개인용 PC, 휴대용 단말기, 초소형 센서에 이르는 상이한 능력의 노드들을 지원할 수 있어야 함.
- Security : 사용자, 시스템의 정보를 안전하게 보호할 수 있어야 함.
- Reconfigurability : 다양한 환경에서도 적응적으로 동작할 수 있어야 함.
- Manageability : 효과적인 네트워크 자원 관리가 가능해야 함.
- Context-Awareness : 사용자의 환경, 경험, 특성을 고려한 서비스를 제공할 수 있어야 함.

그리고 미래인터넷은 최근 새로 등장하는 네트워크 기술을 적극적으로 활용할 것으로 보인다. 대표적인 새로운 기술로는 optical switching, mesh/ad-hoc network, sensor/actuator network, cognitive radio, smart antenna 등이 있다.

새로운 요구사항, 새로운 기술을 모두 고려한 미래인터넷은 사용자 중심 (user-centric), 컨텐츠/응용 중심으로 네트워크가 재설계된다는 면에서 프로토콜 설계, architecture 설계 시에 기존의 네트워크 중심 (network-centric) 개념과 정반대의 입장을 취한다. 즉 이전에는 네트워크가 제공하는 정형화된 서비스 위에서 응용 서비스가 설계되었는데 앞으로는 컨텐츠, 응용 서비스가 먼저 정의되고 네트워크는 이를 가장 잘 지원하는 방향으로 다이나믹하게 재구성 될 것이다.

II. 미래인터넷 연구동향

미래인터넷 기술은 향후 10-20년 뒤에나 실용화 될 것이므로 세계 각국에서는 기초연구, 원천기술 확보를 목표로 연구사업을 전개하고 있다. 가장 먼저 미래인터넷 연구 프로그램을 실행에 옮긴 미국, 그리고 올해 연구 프로그램을 시작한 유럽, 그리고 미래인터넷 연구를 꾸준히 진척시켜 온 일본의 동향을 살펴본다.

1. 미국의 동향

미국은 이미 2000년경부터 MIT, USC등의 인터넷 기술 선도 그룹을 중심으로 NewArch 연구를 시작하는 등 미래인터넷에 대한 움직임을 일찍이 보여 왔다. 그러던 중 미국과학재단(NSF)에서는 2005년 연중으로 6회의 과제기획 웍샵을 통해 미래인터넷(Future Internet)과 그 시험망인 GENI(Global Environment for Network Innovation)에 대한 기획안을 내어 놓았다. 미래인터넷 연구과제는 NeTS라는 과제그룹 안에 NOSS(센서네트웍), ProWin(무선네트웍), NBD(분산시스템), FIND(미래인터넷 설계) 등의 소과제그룹을 만들고 각 소과제그룹에서는 다시 많은 소과제들을 공모, 선정하여 주로 대학 교수들의 연구를 지원하고 있다. 예를 들어 FIND는 매년 약 2천만불의 예산으로 한 과제당 최대 연간 2백만불로 최대 4년까지 지원하고 있다.

이에 반해 GENI는 상당한 재원이 필요한 사업으로서 2010년부터 5년간 총 4억불을 들여 미국 내에 미래인터넷 연구개발용 공용 시험망을 구축하는 것이다. (최근의 소식에 의하면 이 예산을 7억불로 상향 조정하여 2008년 미국 상원의 예산 승인을 추진 중이라고 함) 일단 이 망은 최근 기

구를 합친 Internet2 / NLR (National Lambda Rail)을 기반으로 구축될 것인데, 망의 활용 및 접속은 전 세계적으로 개방될 예정이다. GENI는 종래의 이미 선정된 특정 기술을 바탕으로 구축하는 시험망과는 전혀 다른 개념으로써 응용계층 등 상위계층은 물론 물리계층 등 하위계층까지 완전한 가상망을 구축하여 어느 누구의 어떠한 새로운 기술이라도 자유롭게 설치, 시험, 공동 활용할 수 있게 하여 수많은 미래의 모험적 기술들이 경쟁적으로 동시 다발적으로 개발되어 GENI 위에서 범세계적으로 확산, 활용되는 경쟁력 있는 기술이 살아남아 미래의 기술로 정착이 되게 하는 소위 Seamless Migration/ Deployment를 추구하는 공용 가상 시험망이다.

2. 일본 동향

일본은 WIDE와 같이 세계적인 활동을 보이는 인터넷 연구집단과 JGN-II, SINET등의 훌륭한 연구개발망을 보유하고 있으나 미래인터넷에 관한 인식과 준비는 미국이나 유럽에 비해 약간 더딘 움직임을 보이고 있다. 2006년 경 아오야마 교수가 ITU-T를 중심으로 전개해 오는 NGN(일명 NXGN)의 후속 작업으로서 NWGN(New Generation Network)이라는 개념을 고안하여 광네트워크에 기반한 미래네트웍 연구를 제창하고 있다. 또한 2006년 말에는 NICT 주관으로 Overlay Network Workshop을 개최하여 단위 기술은 물론 NWGN으로 지칭되는 미래인터넷의 출현에 대해서 광범위하게 논의한 바 있다. 그러나 아직 미국이나 유럽과 유사한 국가 프로젝트 차원의 대규모 연구 기획은 이루어지고 있지 않은 것으로 파악된다.

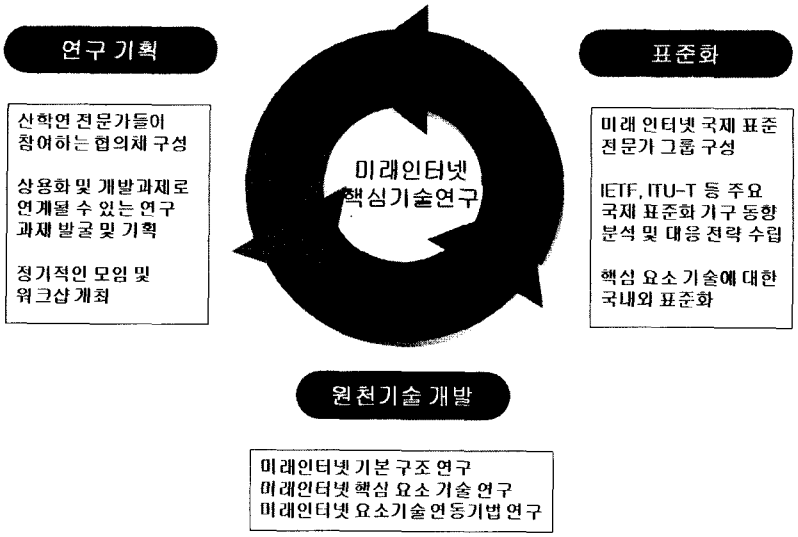
3. 유럽 동향

유럽 연합은 FP7(Framework Programme 7)의 ICT 프로그램을 통해 "Pervasive and Trusted Network and Service Infrastructures"라는 비전을 제시하여 유무선 통신, 동적인 서비스 플랫폼, 보안 구조 등을 포괄하는 미래의 컴퓨팅 환경과 관련된 연구를 시작하였다. 특히 미래 인터넷과 관련해서 총 2억 유로의 규모로 "The Network of the Future"라는 이름을 통해 유비쿼터스 네트워크 인프라 및 아키텍처 설계, 네트워크 인프라에서의 최적화된 제어, 관리, 유연성 확보, 미래 인터넷의 요소 기술과 시스템 아키텍처와 같은 연구를 공모한 상태이다. 또한, 4천만 유로 규모의 "New Paradigms and Experimental Facilities"라는 과제를 통해 대규모 환경에서 미래 인터넷 관련 요소 기술을 검증할 수 있는 테스트베드를 구축하고자 한다. 하지만 현재 연구의 중요성 인식을 통한 과제 공모만이 진행된 상태이고 가시적인 연구 결과를 얻기 까지는 오랜 시간이 소요될 것으로 예측된다.

또한, EuroNGI (Next Generation Internet)은 FP6에서 지원받은 NoE(Network of Excellence) 형태의 조직으로 인터넷 연구기관간의 상호 협력을 증진시킬 목적으로 설립되었다. 2006년 말 1단계가 종료되었고 새로이 EuroFGI (Future Generation Internet)으로 조직이 재정비되었다. 약 57개의 유럽 내 연구기관이 참여하였으며 연구자간의 활발한 교류를 지원하고 있다.

III. 미래인터넷 국내 연구 동향

우리나라는 세계 최고의 인터넷 보급률을 자

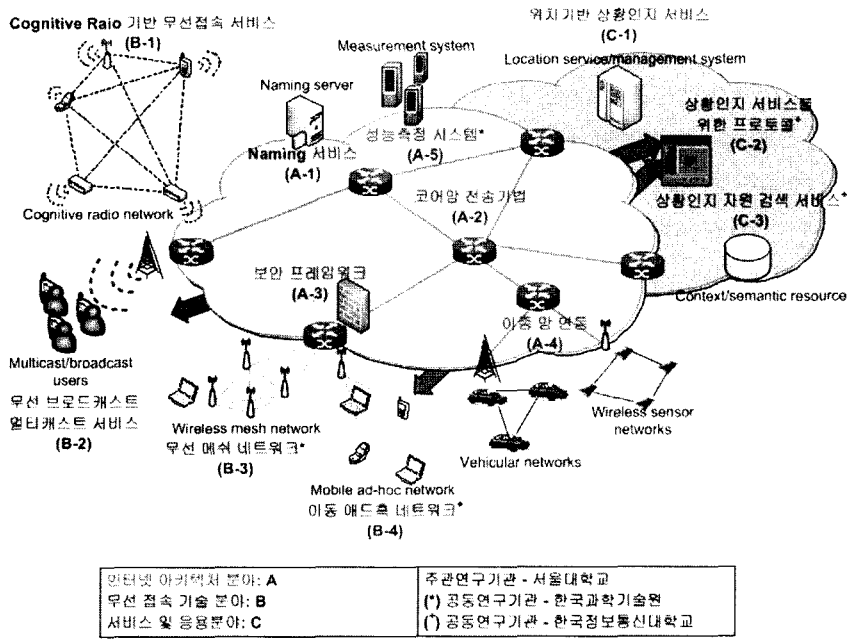


〈그림 1〉 미래인터넷 연구사업의 세 요소

랑하지만 인터넷과 관련된 연구 기반은 선진국에 비하여 미흡하고 그와 관련된 산업 기술도 매우 떨어지는 실정이다. 대표적인 국내 연구 기관인 ETRI에서는 주로 2010년 이전에 대규모 상용 보급을 목표로 한 기술개발 (예를 들어, 정보통신부의 u-IT839 사업)에 치중하고 있으며 10-20년 뒤를 내다보는 미래 인터넷과 관련된 연구는 아직 본격적으로 수행하고 있지 않다.

반면, 미래의 유비쿼터스 환경 구축과 관련하여 유비쿼터스컴퓨팅 프론티어사업단에서 웰빙 케어 U-life 구현을 목표로 커뮤니티 컴퓨팅 개념 아래 u-IT839 및 u-Korea, u-City 관련 기술을 2003년부터 10년간 2000억원을 투입하여 연구하고 있는데 이 사업은 대규모 네트워크 구조연구보다는 autonomic 컴퓨팅, uPAN 및 응용기술을 주 대상으로 하고 있기 때문에 미래 인터넷과 관련된 원천 기술 확보라고 보기 어렵다.

미래의 네트워크에 대한 미국, 유럽, 일본의 움직임에 적극적으로 대응하고 우리나라의 네트워크 기술수준을 세계 최고로 유지하기 위한 목적으로 2007년에 한국에서도 미래인터넷 연구사업이 시작되었다. 정보통신부의 신성장동력사업의 일환으로 "미래인터넷 핵심기술연구" 사업이 선정되었다. 2007년부터 3년간 수행될 이 원천기술개발사업은 서울대학교가 주관연구기관이며 KAIST, ICU, 충남대가 공동연구기관이다. 이 사업에서는 미래인터넷에 관한 핵심기술연구, 기술 표준화, 그리고 미래인터넷에 관한 기술 분석 및 기술기획을 각각 다룰 것이다. 특히 주요 기술 분야의 발굴, 기술예측, 그리고 새로운 연구사업의 기획을 다룰 기술기획은 "미래인터넷포럼 (Future Internet Forum : http://anf.ne.kr/fif)"을 활용하여 전문가 의견을 수렴할 예정이다. 그림 1은 연구, 표준, 기획의 세 분야가 상호 협력하여 한국의 미래인터넷연구를 이끌 것을 나타내고 있다.



〈그림 2〉 미래인터넷연구사업의 연구분야 및 수행기관

그림 2는 미래인터넷 연구사업의 주요 핵심기술 연구 분야와 분야 사이의 연관성을 표시한 것이다.

Ⅳ. 결론 및 제언

현재 인터넷 아키텍처는 기존의 아키텍처를 유지하면서 필요한 기능을 부분적으로 추가하거나 계층별로 일부분을 수정하는 방식으로 진화를 거듭해왔다. 그러나 이러한 진화 방향은 인터넷에 추가되는 기능이 늘어나고 시간이 거듭될수록 복잡도를 증가시키면서 전체 시스템을 비효율적이면서 기형적으로 만들고 있다. 한편, 미래 인터넷은 인간의 삶에 작용하는 모든 요소에 통신기능을 부여하여 사용자들에게 상황에 맞는 다양한 편의를 효율적으로 제공하는 방향으로 나아갈 것이다. 이를 위해 미래 인터넷은 쉽게 확장할 수 있어야 하고 재구성이 가능해야 하며 사용자의 이동성을 보장해야 하고, 사용자에게 안전하고 신뢰성 있는 보안 서비스를 제공해야 한다. 또한 다양한 유무선 장비들이 효율적으로 접속될 수 있어야 하며 미래의 다양한 응용 서비스를 효율적으로 지원할 수 있어야 한다. 덧붙여 복잡한 상황 변화에 능동적으로 적응하며 자동적으로 진화할 수 있어야 한다. 하지만 인터넷의 기본 아키텍처를 그대로 유지하면서 필요한 기능을 추가하는 기존의 인터넷 진화 방식으로는 이와 같은 미래 인터넷의 요구 사항을 수용할 수 없다는 것은 자명하다. 결국, 미래 인터넷 구조는 현재 인터넷 구조와 아주 다른 형태를 가지게 될 것이며 기존 프로토콜의 연장이 아닌 근본부터 다른 프로토콜을 제안하는 방식으

로 연구를 진행해야 할 것이다.

미래인터넷 연구개발을 진행함에 있어서 우리가 고려해야 할 몇 가지 사항을 정리해 본다.

미래인터넷 연구는 장기적이고 지속적으로 진행되어야 한다. 1950년대에 시작한 인터넷의 개발이 1990년대에 이르러서야 상업적 성공을 이루었듯이 새로운 네트워크 패러다임이 기술개발에서 정착까지는 긴 시간이 소요된다. 그러므로 단기적인 성과에 집착하는 연구개발 방식으로는 경쟁력을 확보하기 어렵다.

미래인터넷 연구개발은 원천기술개발과 병행하여 network testing이 필수적이다. 새로운 기술을 소규모로 실험실에서만 확인하고 전 세계로 보급하려는 것은 매우 무모하다. 따라서 실제에 가까운 대규모의 network testbed를 구축하고 이를 통한 기술확인을 할 필요가 있다. 미국의 GENI, 유럽, 일본의 유사 프로젝트와 같이 한국도 네트워크 시험환경을 갖춰야 할 것이다.

미래인터넷 연구개발은 경쟁 속에서도 국제협력이 매우 중요하다. 네트워크 기술은 전 세계를 대상으로 개발되어야 하므로 국제협력은 필수적이다.

미래인터넷연구개발을 수행할 고급인력을 지속적으로 양성하여야 한다. 기술경쟁력은 결국 인재에서 출발하므로 국내의 주요 대학에서 관련 연구가 활성화되고 따라서 다수의 인력이 배출될 수 있는 환경이 마련되어야 한다.

참고문헌

[1] 미래인터넷 포럼 홈 페이지. http://anf.ne.kr/fif
[2] 미국 과학재단 미래인터넷 연구사업 홈페이지. http://www.nets-find.net/projects.php
[3] 유럽 FP7 미래네트워크 연구사업 홈페이지. http://cordis.europa.eu/fp7/ict/programme/events1-20070226_en.html
[4] 일본 NICT 홈페이지. http://www2.nict.go.jp/w/w100/index-e.html
[5] 유럽 EuroFGI 홈페이지. http://eurongi.enst.fr/en_accueil.html
[6] 미국 GENI 홈페이지. http://www.geni.net/

저자소개

최 양 희

서울대학교 전자공학과 학사
한국과학원 전기및 전자공학과 석사
프랑스 ENST 전산과 공학박사
한국전자통신연구소
프랑스 국립 정보통신연구소
미국 IBM 왓슨 연구소 역임
(현재) 서울대컴퓨터공학부 교수, 미래인터넷포럼 의장, 한국정보과학회 차기회장
주관심 분야 : 정보통신

김 대 영

1975년 2월 서울대학교 공대 전자공학과, 학사
1977년 2월 KAIST 전기및전자공학과, 석사
1983년 2월 KAIST 전기및전자공학과, 박사
1983년 5월-현재 충남대학교 전자공학과/정보통신공학과 교수
2002년 2월-현재 한국첨단망협회(ANF) 집행위원장
2006년 11월-현재 ISO/IEC JTC1/SC6 Chair
주관심 분야 : 컴퓨터통신, 미래인터넷