

미래인터넷 기술과 표준 동향

최양희 | 김대영
서울대학교, 충남대학교

요약

현재의 인터넷 기술들은 수십 년 전에 설계된 구조와 프로토콜을 근간으로 점점 늘어나는 사용자들의 요구를 충족시키기 위해 부분적으로 개선하는 방식으로 진행되어왔다. 향후 1~20년 뒤의 미래를 고려한다면 현재 인터넷의 약점들을 극복하는 혁신적인 방식으로 미래 인터넷 구조와 프로토콜들을 재설계할 필요가 있다.

이러한 미래인터넷 기술에 대한 연구는 미국, 유럽, 일본 등 국제적으로 본격적인 활동에 돌입하였으며 국내에서도 2007년 정보통신부 신성장동력사업의 일환으로 미래인터넷 핵심기술 연구 사업이 선정되어 연구기획, 원천기술연구, 표준화 분야 등에서 국제 협력 및 한국의 미래인터넷 연구를 이끌어 나가고 있다.

국제적으로 경쟁력을 가지는 미래인터넷 연구를 위해서는 국제 협력을 기반으로 지속적인 지원 및 실험환경 구축이 필수적이며 미래인터넷 연구 인력의 양성이 뒷받침되어야만 할 것이다.

1. 미래인터넷의 등장 배경

인터넷은 L. Kleinrock의 획기적인 packet network 이론에 바탕을 두고 1950년대에 미국에서 탄생하였다. 인터넷 기반 기술은 1960년대에 V. Cerf 등이 제안한 TCP/IP 프로토콜로서 이들은 현재에도 변함없이 사용되고 있다. 이메일, 웹서

핑, 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 보급 중이다. 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), 콘텐츠/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 콘텐츠, 응용 서비스가 먼저 정의되고 네트워크는 이를 가장 잘 지원하는 방향으로 다이나믹하게 재구성 될 것이다.

II. 미래인터넷 연구동향

미래인터넷 기술은 향후 5~15년 뒤에 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.

2.1 미국의 동향

미국은 이미 2000년경부터 MIT, USC 등의 인터넷 기술 선도 그룹을 중심으로 NewArch 연구를 시작하는 등 미래인터넷에 대한 움직임을 일찍이 보여 왔다. 이후 미국과학재단에서는 FIND (미래인터넷 기술개발) 사업을 시작하고 매년 약 2~4천만불을 투입하고 있다.

이에 반해 GENI (Global Environment for Network Innovation)는 상당한 재원이 필요한 별도의 사업으로서 미국 의회의 승인이 나는 대로 3년간 총 7억불을 들여 전세계에 미래인터넷 연구개발용 공용 시험망을 구축하는 것을 주 내용으로 한다. 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.

미국연방정부는 미래인터넷을 포함하여 매년 30억불 규모의 연구개발비를 정보통신분야에 투자하고 있다. 특히 Large Scale Networking 연구에만 연간 4억불을 투입하고 있다. 소프트웨어 및 응용기술을 포함하면 연간 R&D 투자는 10억불 이상으로 늘어날 것이다. 이러한 연구개발의 결과는 바로 Cisco, Google 등과 같은 세계적인 기업의 탄생으로 이어지고 있다. 미국의 미래인터넷 연구는 뛰어난 원천기술, 풍부한 연구인력, 다이나믹한 산업을 기반으로 또 한번 세

계 IT 종주국을 차지하는 것을 목표로 하고 있다.

2.2 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 (Next Generation Network : 일명 NXGN)의 후속 작업으로서 NWGN (New Generation Network)이라는 개념을 고안하여 광네트워스에 기반한 미래네트워크 연구를 제창하고 있다. 또한 2006년 말에는 NICT 주관으로 Overlay Network Workshop을 개최하여 단위 기술은 물론 NWGN으로 지칭되는 미래인터넷의 출현에 대해서 광범위하게 논의한 바 있다. 2008년부터 일본 총무성에서 본격적인 연구예산을 투입 (년 300억 엔 규모로 추정됨)할 것으로 전망된다. 일본의 연구는 소프트웨어, 응용보다는 전자공학기술에 치중하는 단점을 지니고 있으나 산업체의 높은 참여를 바탕으로 미래인터넷에서 큰 두각을 나타낼 것으로 보인다.

2.3 유럽 동향

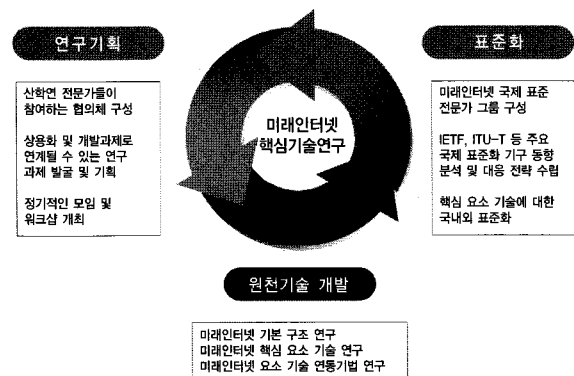
유럽 연합은 FP7 (Framework Programme 7)의 ICT (Information Communication Technology) 프로그램을 통해 "Pervasive and Trusted Network and Service Infrastructures"라는 비전을 제시하여 유무선 통신, 동적인 서비스 플랫폼, 보안 구조 등을 포괄하는 미래의 컴퓨팅 환경과 관련된 연구를 시작하였다. 특히 미래 인터넷과 관련해서 총 2억 유로 (약 2년간 투자)의 규모로 "The Network of the Future"라는 이름을 통해 유비쿼터스 네트워크 인프라 및 아키텍처 설계, 네트워크 인프라에서의 최적화된 제어, 관리, 유연성 확보, 미래 인터넷의 요소 기술과 시스템 아키텍처와 같은 연구를 2008년 1월에 시작하였다. 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. 이외에도 security, mobility, contents에 관한 연구사업이 많으며 유럽은 미래인터넷과 활용분야에서 세계를 선도하려는 원대한 전략을 가지고 있는 것으로 파악된다. 유럽연구의 특징은 여러 기관

이 협력하여 연구를 진행시키는 것이며 특히 산업체의 참여가 두드러진다. 2008년 1월에 시작한 미래인터넷 관련 43개의 연구과제를 분석한 결과 과제당 연간 연구예산은 700만 유로, 과제기간은 평균 31개월, 과제수행기관은 학계, 연구기관, 산업체가 각 1/3씩 차지하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 유럽의 연구는 기간이 짧고 참여기관이 과제당 12개 정도로 너무 많아서 효과적인 과제수행이 어렵다는 단점을 안고 있다.

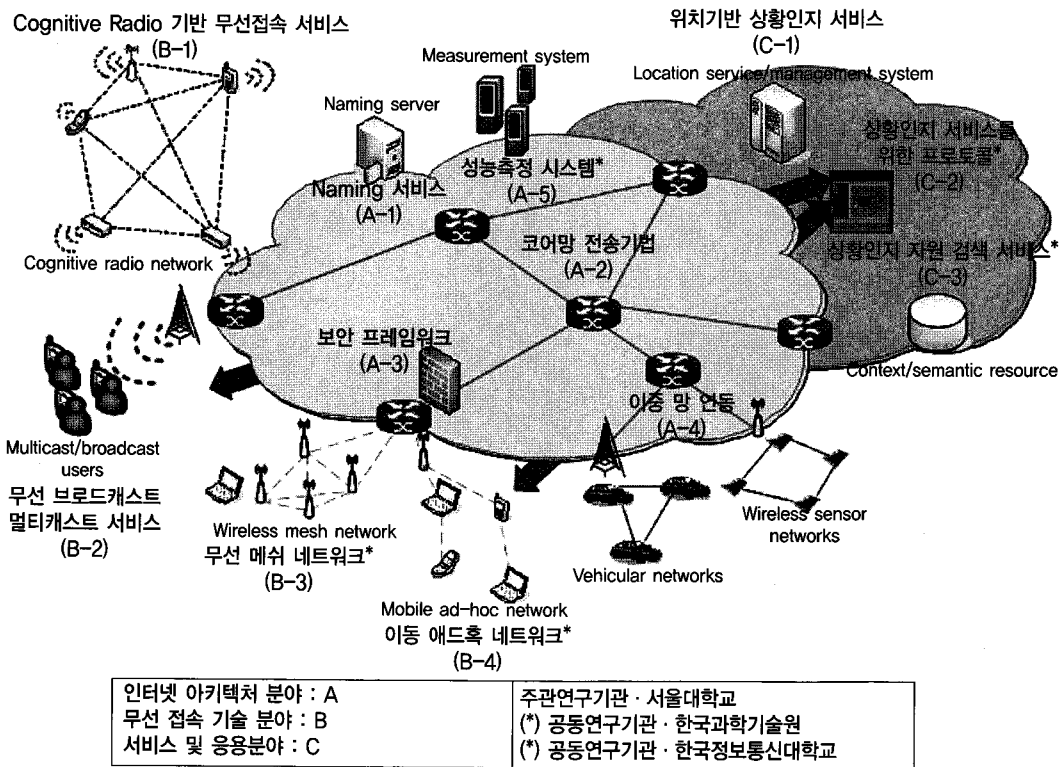
III. 미래인터넷 국내 연구 동향

우리나라는 세계 최고의 인터넷 보급률을 자랑하지만 인터넷과 관련된 연구 기반은 선진국에 비하여 미흡하고 그와 관련된 산업 기술도 매우 떨어지는 실정이다. 특히 한국은 IT 통계에 반도체, 디스플레이 등을 포함시킴으로서 IT 매출 규모, 수출 규모, 경제에 대한 공헌도를 왜곡하여 왔다. 휴대폰, 디스플레이, 반도체의 그늘에 가려져서 이보다 큰 세계 시장을 가진 네트워크, 소프트웨어, 응용제품, 콘텐츠, 서비스 산업에 대한 관심이 높지 않았다. 미국, 유럽, 일본은 IT의 제 2의 도약을 미래인터넷에서 찾고자 2006년 이래 대규모 연구개발 투자를 실행하고 있으며 한국도 IT 경쟁력을 되찾으려면 과감한 미래인터넷 기술개발이 필요한 시점이다.

미래의 네트워크에 대한 미국, 유럽, 일본의 움직임에 적극적으로 대응하고 우리나라의 네트워크 기술수준을 세계



(그림 1) 미래인터넷 연구사업의 세 요소



(그림 2) 미래인터넷연구사업의 연구분야 및 수행기관

최고로 유지하기 위한 목적으로 2007년에 한국에서도 미래 인터넷 연구사업이 시작되었다. 정보통신부의 신성장동력 사업의 일환으로 “미래인터넷 핵심기술연구” 사업이 선정되었다. 2007년부터 3년간 수행될 이 원천기술개발사업은 서울대학교가 주관연구기관이며 KAIST, ICU, 충남대가 공동연구기관이다. 이 사업에서는 미래인터넷에 관한 핵심기술연구, 기술표준화, 그리고 미래인터넷에 관한 기술 분석 및 기술기획을 각각 다룰 것이다. 특히 주요 기술분야의 발굴, 기술예측, 그리고 새로운 연구사업의 기획을 다룰 기술기획은 “미래인터넷포럼 (Future Internet Forum : <http://fif.kr>)”을 활용하여 전문가 의견을 수렴하고 있다. (그림 1)은 연구, 표준, 기획의 세 분야가 상호협력하여 한국의 미래인터넷연구를 이끄는 것을 나타내고 있다.

(그림 2)는 현재 진행중인 미래인터넷 연구사업의 주요 핵심기술 연구 분야 사이의 연관성을 표시한 것이다.

미래인터넷 핵심기술 기획사업에서 제시한 연구개발 분야

는 세부적으로 매우 많으며 포럼 홈페이지에서 자세히 알아볼 수 있다. 그리고 종합적인 연구개발 사업으로 다음 다섯 가지를 예시로 제안하고 있다. emergency network, mobile service, content-centric network, multi-hop wireless network, virtualized wireless access subsystem,

IV. 미래인터넷 표준 동향

미래인터넷 기술이 안정된 모습으로 실제 적용되기까지는 15년 정도의 기간이 소요될 것이라는 장기적 전망을 생각하면 표준을 벌써부터 걱정하는 것은 언뜻 이른 감이 없지 않다. 하지만 표준개발에 많은 시간이 소요가 되는 과거의 경험을 돌이켜 보면 표준을 지금부터 시작하는 것이 너무 이르다고도 할 수가 없다. 특히 현재 미래인터넷에서 논의가

되고 있는 기술의 많은 것들이 이미 여러 경로를 통해 논의되고 있었던 점을 감안하면 더욱 그렇다. 통상 표준 개발의 초기 단계에서 기본적 방향과 큰 틀을 잡는데 만도 몇 년이 쉽게 걸릴 수 있다.

과거 OSI (Open Systems Interconnection) 프로토콜을 개발한 적이 있는 ISO/IEC JTC1/SC6에서는 미래인터넷 분야 기술 표준 개발의 필요성을 인식하고 2007년 9월 5, 6일 양일에 걸쳐 미래네트워크 특별 회의(Future Network Ad Hoc Meeting)을 개최한 바 있다. 이 회의는 프랑스 표준국(AFNOR)에서 열렸는데 7개국, 10개 단체에서 참석하여 12개의 발표와 토론이 있었다⁷. 본 회의 참석자들은 미래네트워크(미래인터넷과 동의어로 사용함) 표준의 필요성에 대해 동감을 하고 본 표준 활동을 적극적으로 계속해 나아가기로 하였다. 이에 따라 SC6에서는 Problem Statement, Requirement, Gap Analysis 등 주제에 대해 기고문 요청을 각 나라 및 협력 기관에 발송하였고, 2008년 4월 6일부터 스위스 제네바 ITU-T 본부에서 시작되는 SC6 총회에서 회의를 다시 가질 예정이다. 본 4월 회의에서는 미래네트워크에 대한 첫 신규표준과제(NP: New Work Item Proposal)가 채택되고 3개월의 투표 기간이 끝나면 11월에 열리는 다음 총회 때부터 정식 문서작업이 진행될 전망이다.

한편 ITU-T에서도 미래인터넷 표준에 대한 필요성을 인식하고 토론을 시작하였다⁸. 2007년 7월의 NGN-GSI회의에서는 SG13의 특별 세션 'Future'에서 미래네트워크에 대한 한국의 제안 설명 및 토론이 있었으며, 2008년 1월 한국에서 열린 동 회의에서도 열띤 토론 끝에 2009년부터 시작되는 새 연구기간에 수행될 미래네트워크에 대한 새 표준항목(New Question) 초안이 성안되었다. 한편 SG17의 2007년 10월 회의에서도 'Open Communication'이란 이름으로 미래네트워크 표준항목이 채택되었다. 이렇게 ITU-T에서는 미래네트워크에 대한 표준항목이 여러 연구그룹에서 추진이 되고 있어 2009년부터의 새 연구기간에 새 표준항목으로 채택될 것이 확실시 되고 있다.

위 JTC/SC6와 ITU-T SG의 미래네트워크 표준 작업은 그 실질적 작업 시작시기의 동기를 맞출 수 있어 두 표준기관이 종래에 다수의 표준에서 해 왔던 방식대로 공동 단일 문서(Common Text)로 작업될 예정이다.

V. 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 나아가갈 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 방식으로 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. 그리고 연구개발은 세계 최고 수준으로 진행되어야 하므로 국내는 물론 국외의 고급인력이 쉽게 참여할 수 있는 연구환경을 조성하여야 한다. 또한 초기부터 국내 및 외국 기업에 같이 참여하여 개발하도록 한다. 이를 위하여 국내에 세계 일류의 연구개발본부를 두고 미국, 유럽 등에도 연구개발 거점을 구축한다.

장기연구개발에 따른 연구 생산성 하락을 막고 기업의 참여 기회를 확대하기 위하여 2~3년 주기로 연구개발 중간 성과를 실제로 적용하고 상업화하는 전략을 구사한다. 즉 연구, 시험, 상용화를 병행하여 진행되는 압축개발 (spiral development)을 기본 연구전략으로 택한다.

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, 유럽의 FIRE, 일본의 유사 프로젝트와 같이 한국도 네트워크 시험환경을 갖추어야 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.

(본 원고는 참고문헌 9를 일부 수정한 것임을 밝혀둔다.)



- [1] 미래인터넷 포럼 홈페이지. <http://fif.kr>
- [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/>
- [7] ISO 정보통신 기술위원회. <http://jtc1.org/sc6>

[8] 국제 전기통신 연합. <http://itu-t.org>

[9] 최양희, 김대영, "미래인터넷 연구동향", 전자공학회지, 34권 4호, pp. 17-22, 2007. 4월.

약 력



1975년 서울대학교 전자공학과 졸업
 1977년 한국과학기술원 전자공학 석사
 1984년 프랑스 ENST 전산학 박사
 1977년 ~ 1991년 한국전자통신연구원
 1991년 ~ 현재 서울대학교 전기컴퓨터공학부 교수
 2008년 ~ 현재 한국정보과학회 회장, 미래인터넷포럼 의장

최 양 희



1975년 서울대학교 전자공학과 졸업
 1977년 한국과학기술원 통신공학 석사
 1983년 한국과학기술원 통신공학 박사
 1983년 ~ 현재 충남대학교 정보통신공학과 교수
 2000년 ~ 현재 ISO/IEC JTC1/SC6 의장

김 대 영

