

이 책에서는 데이터 전송의 원리, 프로토콜과 계층구조, 데이터링크 전송기법, 라우팅 기법, 인터넷 및 차세대 인터넷 기술, 무선 네트워크 기술, 차세대 네트워크 및 응용 기술 등 데이터통신에 대한 기초부터 응용까지 매우 다양한 내용을 다룬다.

본격적인 내용에 들어가기에 앞서, 이 장에서는 데이터통신과 네트워크 기술에 대한 전반적인 개념에 대해 살펴본다. 이는 앞으로 다룰 복잡한 응용 기술을 이해하는 데 많은 도움을 줄 것이다. 또한 네트워크의 구조 및 동작, 서비스, 그리고 네트워크 표준화에 대하여 살펴보고, 유무선 네트워크의 발전 및 진화 과정과 지식정보화 사회에서 네트워크 기술의 역할과 기능에 대하여 꼭넓게 다룰 것이다.

1.1 데이터통신의 개념

데이터통신과 네트워크 기술 및 성능은 눈부신 발전을 거듭해왔으며, 이에 따라 현대 사회는 과거 그 어느 시대와도 비교할 수 없을 정도로 새롭고 편리하게 변화되었다. 통합교통카드, 온라인뱅킹서비스, 화상전화서비스, 실시간 교통상황 안내서비스, 위성을 이용하는 차량주행 안내서비스, 다양한 홈쇼핑서비스는 물론 세계 어느 곳에서나 스마트폰이나 인터넷 혹은 무선인터넷을 통해 교통·숙박 시설 및 항공권 등을 손쉽게 예약하고 발급받을 수 있다. 또한 첨단의료 정보 시스템을 이용한 원격진단 및 진료가 가능해졌고, 더욱 신속하고 정확한 기상예보와 재해예보, 첨단 디지털 영상문화서비스, 주문형비디오서비스(VOD)의 상용화 등은 과거에는 상상하기조차 어려웠던 모습이다.

더욱이 오늘날 지식정보사회는 장소나 시간에 구애되지 않고, 가전기기, 정보단말, 사물 등이 하나의 네트워크로 연결되는 광대역 통합 네트워크 broadband convergence network 기반의 첨단 네트워크 사회로 진입하였다. 머지않은 미래의 지식정보사회에서는 인간과 장치와의 연결에 국한되지 않고, 이용자 간의 끊김 없는 상호작용을 통해 서로 연결된

사람과 사물(기계 또는 장치) 모두가 정보의 생산자이면서 동시에 소비자가 되는 새로운 디지털 생태계가 조성될 것이며, 곧 네트워크, 서비스, 장치 등이 융합되는 5G 시대로 빠르게 진화될 것으로 예상된다. 모든 일상용품에 유비쿼터스 컴퓨팅 기능이 내재되어 5G 광대역 통합 네트워크에 연동 및 수용됨으로써 언제 어디서나 누구든지 원하는 서비스를 편리하게 이용할 수 있는 시대가 눈앞에 다가와 있다.

많은 전문가들이 불과 수년 후면 **사물인터넷(IoT)**¹ 기술의 발전으로 우리 사회는 **초연결(Hyper Connection)** 사회가 될 것으로 예상하고 있다. 초연결 사회란 스마트 폰이나 웨어러블 초소형 컴퓨터 같은 모바일 기기를 통해 사람과 사물, 동물, 데이터, 프로세스 등 모든 것이 인터넷으로 긴밀하게 연결된 사회를 말한다. 사물인터넷은 유·무선 통신 네트워크로 연결된 기기들이 사람의 개입 없이 센서 등을 통해 수집한 정보를 서로 주고받아 스스로 일을 처리하는 것으로서, **사물지능통신(M2M)**^{Machine to Machine}이라고 불리기도 한다. 사물인터넷 기술의 발전은 B2B^{Business to Business}(기업 간 거래), B2C^{Business to Consumer}(기업과 소비자 간 거래)를 넘어 기기와 기기가 서로 연결돼 정보를 나누는 M2M 시대 개막을 앞당기고 있는 것이다.

이러한 현대 사회의 변화와 새로운 패러다임으로의 변천을 가능하게 한 핵심기술이 바로 **데이터통신과 네트워크** 기술이다. 그렇다면 데이터통신^{data communication}이란 무엇인가? 여기에는 ‘데이터’와 ‘통신’이라는 두 개의 서로 다른 개념이 결합되어 있음에 주목하자.

‘데이터^{data}’는 ‘주어진 어떤 것^{something given}’을 뜻하는 라틴어 ‘datum’의 복수형이다. 곧 데이터란 ‘이를 만들어서 사용하는 사용자들에 의해 합의된 형식으로 사실^{facts}, 개념^{concepts}, 명령^{instructions} 등을 표현한 것’이 되며, 이때 컴퓨터와 같은 정보처리장치에서 데이터는 이진수 정보 단위인 비트^{bit}로 표현된다.

‘통신^{communication}’이라는 단어의 어원을 보면 정보의 ‘공유’를 의미하는 라틴어 ‘communicare’에서 그 의미가 더욱 분명해진다. 정보의 공유 과정은 정보를 표현하고, 변환하고, 전달하는 과정을 포함한다. 따라서 통신이란 의사 표현의 과정이면서 동시에 변환 과정, 나아가 사람, 혹은 장치들^{devices} 사이에서 정보를 처리하는 과정이라는 의미로 설명이 가능해진다. 구체적으로 표현하면 통신이란, ‘두 사람 혹은 장치 사이에서 정보의 공유를 위해 정해진 규칙(이를 ‘프로토콜’이라 한다)에 따라 기호^{symbol}

¹ ‘사물인터넷’은 기존의 인터넷이나 모바일 인터넷보다 진화된 단계로, 인터넷에 연결된 기기가 사람의 개입 없이 상호 간에 알아서 정보를 주고받아 처리하는 인터넷을 말한다. 사물이 인간에 의존하지 않고 통신장비와 사람과의 통신을 주목적으로 하는 M2M(Machine to Machine : 사물지능통신)의 개념을 인터넷으로 확장하여, 사물은 물론이고 현실과 가상세계의 모든 정보와 상호작용하는 개념으로 진화한 단계이다.

나 표시^{sign} 등을 사용하여 한 지점에서 다른 지점으로 정보를 전달하는 과정'으로 정의된다. 경우에 따라 전화나 TV 등과 같이 원격지에서 수행되는 통신을 '텔레커뮤니케이션^{telecommunication}'으로 표현하기도 한다.

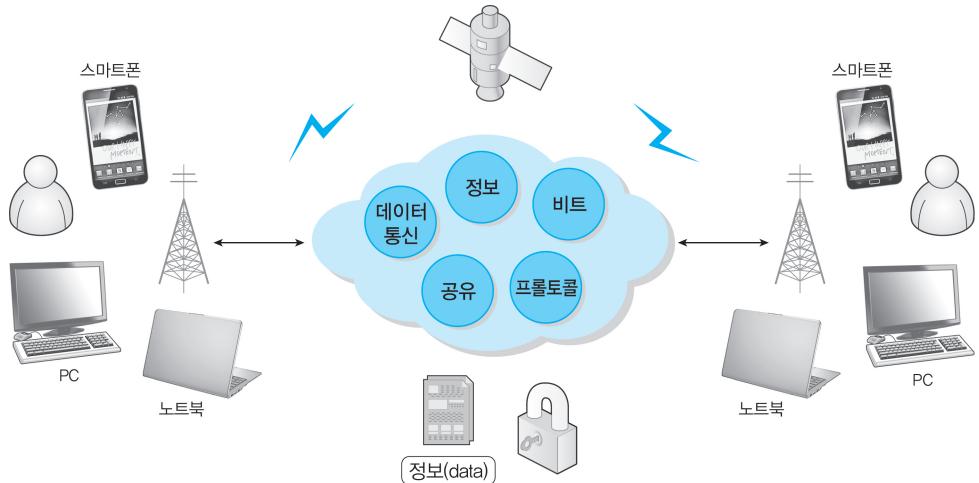
그렇다면 데이터통신은 어떻게 정의해야 할까? 먼저 사전적 의미의 데이터통신이란, “전용 전기통신회선이나 일반전화선에 컴퓨터 단말기 및 기타 주변기기를 접속시켜 정보를 송·수신 처리하는 것으로, 전보·전화에 이어 제3의 통신이라고도 하며, 정보공급자인 중앙 컴퓨터와 정보 수요자인 단말기 사이의 통신뿐만 아니라 개인과 개인 사이의 통신도 포함한다”² 정도가 된다. 이제 데이터 및 통신의 개념을 사용하여 데이터통신을 정의해보면, 데이터통신이란 ‘컴퓨터와 같은 통신 기능을 갖고 있는 두 개 이상의 통신장치^{communication devices} 사이에서 동선이나 광섬유, 혹은 무선 링크 등을 포함하는 전송미디어를 사용하여 정해진 규칙, 즉 통신 프로토콜에 따라 데이터로 표현되는 정보를 교환하는 과정’이 된다.

데이터통신을 위해서는 컴퓨터와 같은 데이터 처리장치뿐만 아니라, 통신시스템과 같은 정보전송 및 교환장치^{switching device} 또한 필요하다. 즉 데이터통신이 이루어지려면 컴퓨터와 같은 데이터처리장치가 정보전송 및 교환장치 등과 함께 상호연결된 시스템인 데이터통신 네트워크가 반드시 필요하게 된다. 그러므로 데이터통신 네트워크^{data communication network}는 지리적으로 분산되어 있는 여러 정보원^{information source}으로부터 정보를 전송하고 이를 공유하기 위해서 설계된 상호연결 시스템으로 표현된다.

이러한 의미에서 데이터통신 네트워크를 ‘컴퓨터 네트워크^{computer network}(이를 줄여서 네트워크^{network})’라고 표현한다. 다시 말하면, 컴퓨터 네트워크는 원격지의 컴퓨터와 같은 데이터 처리 및 통신장치 상호 간에 통신미디어를 통하여 통신 규칙^{protocol}에 따라 데이터의 전송, 수신 과정을 포함하는 시스템이라고 정의할 수 있다. 이는 먼 거리에 떨어져 있는 여러 사용자 사이에서 정보의 교환을 위해 공유되는 모든 장치를 포함한다.

이처럼 데이터통신 과정은 데이터 처리 및 전송장치는 물론, 교환장치 등이 상호 간에 연결되어 구성된 네트워크 시스템을 통해 이루어진다.

² 한국 브리태니카 온라인 (http://preview.britannica.co.kr/bol/topic.asp/article_id=b04d4037a)



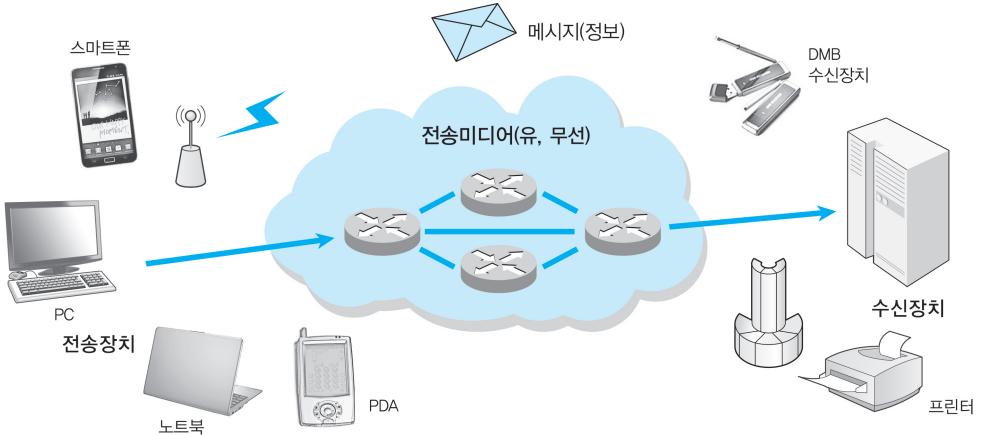
[그림 1-1] 데이터통신의 개념도

따라서 데이터통신 네트워크 시스템을 구성하기 위해서는 적어도 다음과 같은 5가지의 요소가 필수적이다. [그림 1-2]에 이 데이터통신 네트워크의 구성요소를 나타내었다.

- **메시지**^{message} : 통신을 하고자 하는 정보로, 텍스트, 숫자, 그림, 혹은 비디오 정보 등으로 구성된다.
- **전송장치**^{transmission equipment} : 컴퓨터, 워크스테이션, 전화단말기, 비디오카메라 등과 같은 메시지(혹은 데이터)를 전송하는 장치이다.
- **수신장치**^{receiving equipment} : 메시지를 수신하는 장치이다.
- **전송미디어**^{transmission media} : 메시지가 전달되는 실제 전송로를 뜻한다.
- **프로토콜**^{protocol} : 데이터통신과 관련된 규칙들로 구성된다.

네트워크 시스템은 구성되는 규모 및 목적에 따라 다양하게 구분된다. 네트워크 시스템은 물리적으로 컴퓨터와 통신장비를 연결하는 것 외에도, 다양한 종류의 장비들이 정보를 주고받을 수 있도록 일관성 있는 **개방형 구조**를 갖는다. 이러한 예로, 대표적인 국제표준화기구인 ISO의 개방형 시스템 상호접속(OSI)^{Open Systems Interconnection} 네트워크 구조와 IBM^{International Business Machines Corporation}의 시스템 네트워크 구조(SNA)^{System Network Architecture}가 있다. 이 중 대표적인 OSI에 대해서는 3장에서 구체적으로 다룬다.

데이터통신 네트워크는 데이터 전송 시 정보 데이터를 전자기(혹은 광) 신호로 변환하여 전송하는데, 이러한 과정에 대해서는 다음 장에서 데이터통신과 전송미디어를 중심으로 보다 구체적으로 다룬다.



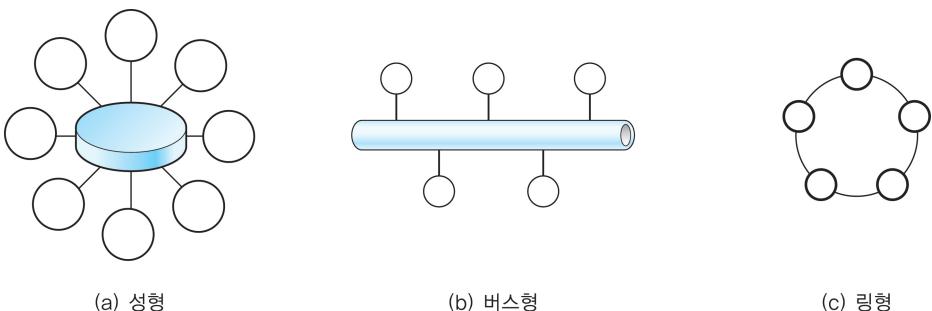
[그림 1-2] 데이터통신 네트워크의 구성요소

1.2 네트워크의 구조 및 동작

네트워크 참조모델은 네트워크 내에서 또는 네트워크 간의 정보 교환을 위한 ‘프로토콜’에 대해서 표준화한 모델이다. 프로토콜에 대해서는 4장에서 자세히 다루기로 하고, 여기서는 네트워크의 유형에 대하여 알아보자. 네트워크는 그 규모 및 목적, 또는 그 구조 및 이용되는 기술에 따라서 매우 다양하게 구성할 수 있다. 일반적인 네트워크의 구성 형태는 LAN, MAN, WAN으로 구분한다.

■ LAN

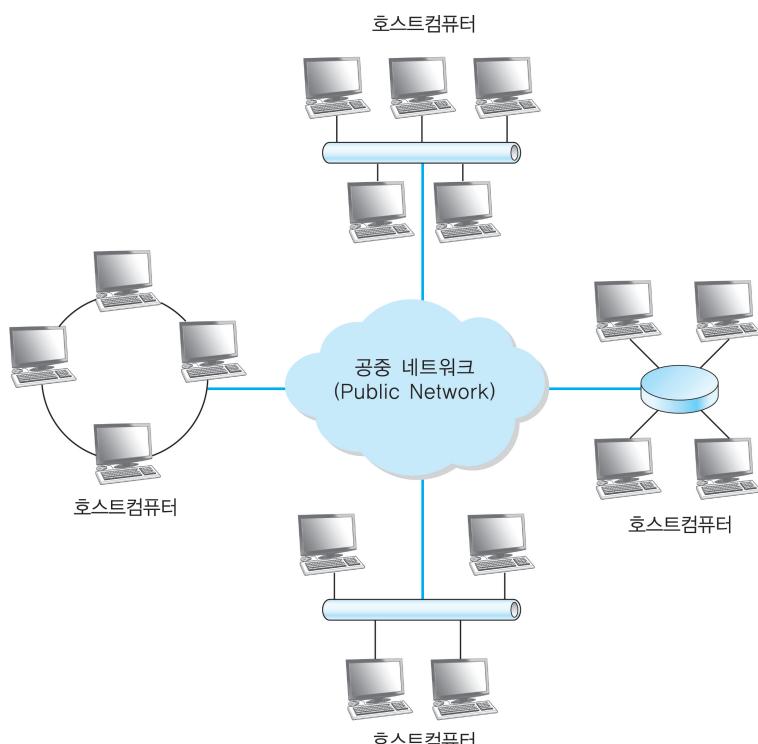
LAN^{Local Area Network}은 근거리 통신 네트워크로, 대학캠퍼스나 건물과 같은 일정지역 내의 네트워크를 구성하는 형태를 말한다. LAN은 일반적으로 10Mbps~수십 Gbps에 이르기까지 다양한 전송속도로 동작한다. LAN의 구조에는 대표적으로 [그림 1-3]과 같이 성형^{star}, 버스형^{bus}, 링형^{ring} 등이 있다. LAN 프로토콜에 대해서는 6장에서 자세히 설명한다.



[그림 1-3] 네트워크의 구성 형태

■ MAN

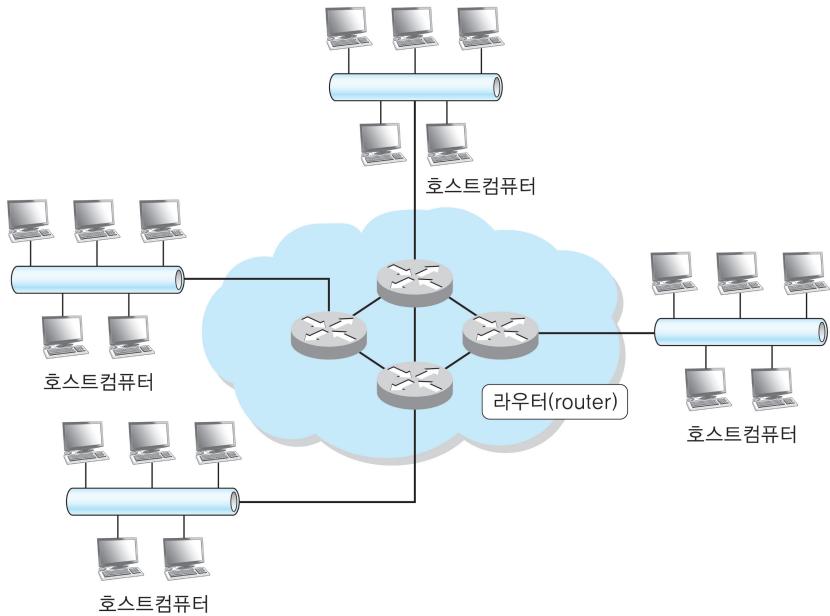
MAN(Metropolitan Area Network)은 대도시(메트로폴리스) 정도의 넓은 지역을 연결하기 위한 네트워크 구성 형태로, [그림 1-4]에서 보는 것처럼 LAN의 확장 개념으로 생각하면 된다. 이는 대략 10km에서 수백 km까지의 범위를 수용하는 네트워크 시스템으로, 케이블 TV 네트워크가 그 대표적인 예이다. IEEE 802.16 워킹그룹^{working group}에서는 2004년 6월에 무선 MAN^{wireless MAN} 프로토콜을 승인하였다. 와이맥스 Wi-Max와 2007년 10월 ITU 전파총회에서 IMT-2000의 여섯 번째 규격으로 공식 채택된 와이브로 Wi-Bro 프로토콜이 이에 속한다.



[그림 1-4] MAN 구성도

■ WAN

WAN(Wide Area Network)은 광범위한 지역을 수용하며, 하나의 국가 내에서 도시와 도시, 혹은 국가와 국가 간을 연결하려는 목적으로 수백~수천 km까지의 범위를 포함할 수 있도록 구성된 광역 네트워크 시스템을 말한다. [그림 1-5]에서 보는 것처럼, 동작 중인^{running} 사용자 프로그램을 위한 수많은 호스트컴퓨터들을 포함하며, 전송미디어와 교환장치들로 구성된 네트워크를 서브네트워크^{sub network}로 구분하기도 한다.



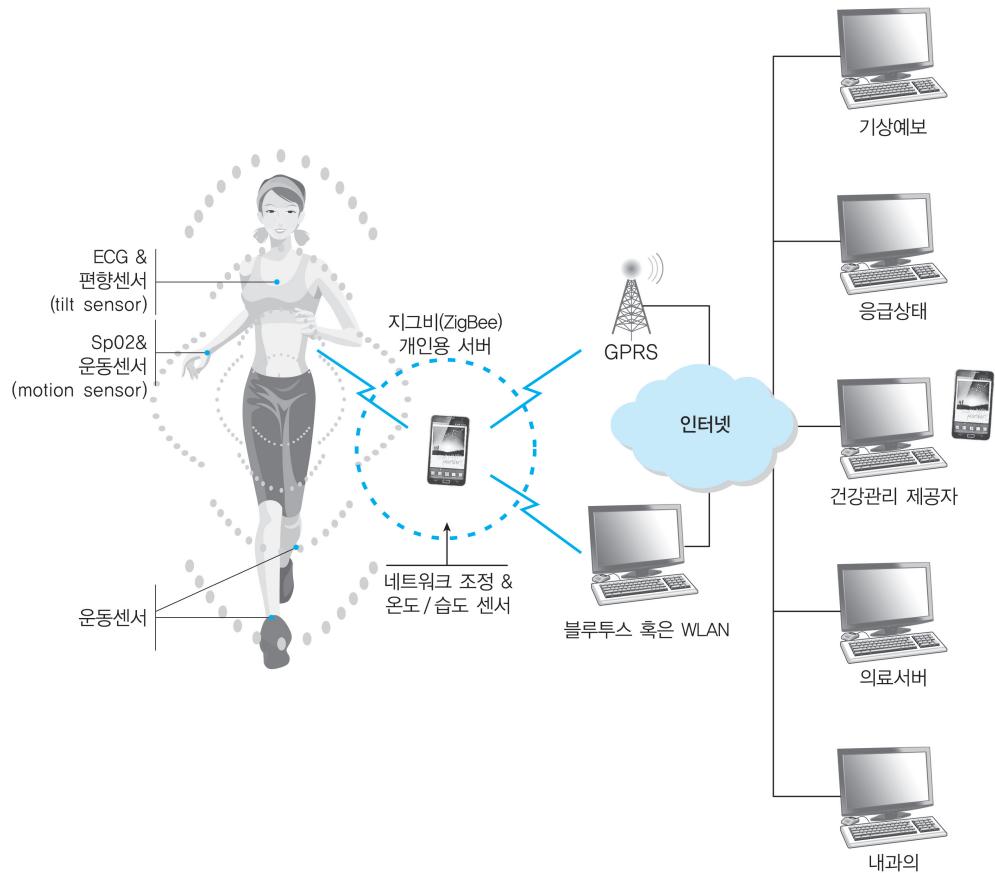
[그림 1-5] WAN 구성도

■ PAN

PAN Personal Area Network은 10m 이내의 단거리 네트워크로, IEEE 802.15 위원회에서 표준화되었다. 무선 PAN 기술로 블루투스^{bluetooth}, 지그비^{zigbee} 등이 있으며, 이에 대해서는 14장에서 자세히 설명하기로 한다.

■ BAN(WBAN)

BAN Body Area Network은 [그림 1-6]과 같은 인체를 중심으로 하는 네트워크를 말하며, BSN Body Sensor Network이라고도 한다. 사람이 착용하는 옷이나 인체에 부착된 여러 장치로부터 구성된 네트워크를 통해 데이터를 주고받도록 구성한다. IEEE 802.15 WPAN Wireless Body Area Network 워킹그룹 산하 TG Task Group에서 표준화 작업이 진행되었다. BAN의 응용으로는 의료 분야와 비의료 분야로 구분되는데, 의료 분야의 응용으로 웨어러블 BAN, 임플란트 BAN, 의료기기의 원격제어 등에 활용되며, 비의료 분야의 응용으로는 실시간 오디오와 비디오 데이터, 제어와 식별정보 전송, 엔터테인먼트 등에 활용되고 있다.



[그림 1-6] BAN 구성도³

TIP & NOTE 훌 네트워킹 기술이란?

훌 네트워킹(home networking) 기술은 가정 내에서 네트워크를 통해 정보 공유와 훌 오토메이션 등을 구현하는 것으로, IEEE 1394나 훌 RF, 블루투스 등의 차세대 인터페이스를 통해 오디오, 비디오, 전자레인지, 냉장고 등의 가전제품과 집안의 컴퓨터들을 유기적으로 연결해서 사용하는 기술을 말한다. 현재 훌 네트워킹 기술은 다양한 형태로 발전과 진화를 거듭하고 있다.

³ J Neuroengineering Rehabil. 2005; 2: 6, PMCID: PMC55230

1.3 네트워크 표준화

표준화의 필요성

네트워크 표준화^{standardization}란 무엇인가? 그리고 표준화는 왜 필요한 것일까? 우선 표준화에 대한 사전적인 의미를 살펴보자. 표준화란, 작업방법·작업시간·작업공구나 설비에 관한 과학적 조사에 의하여 ‘하나의 최선의 방법^{one best way}’을 발견하고, 그것을 모든 작업자에게 적용함을 뜻한다. 나아가서 표준화의 실시로 표준에서 일탈된 것에서만 관리의 초점을 맞추는 예외 관리가 가능해진다.

그렇다면 데이터통신에 있어서 표준화는 어떤 의미를 갖겠는가? 오늘날과 같이 개방적이고 경쟁적인 시장^{marketplace}과 국제적인 통신에 있어서 제조업자, 판매업자, 정부기관, 그 밖의 서비스 제공자에게 상호연동성을 보장해주는 것은 매우 중요한 일이다. 표준화는 바로 이러한 상호연동성^{inter-operability}을 보장해주는 것이다. 다시 말해서 네트워크 표준화를 통하여 데이터통신 및 네트워크와 관련된 기술 혹은 프로세서 간의 상호운영에 있어서 호환성 유지가 가능해진다.

데이터통신의 표준화는 De facto(by fact라는 의미) 표준화와 De jure(by law라는 의미) 표준화로 구분된다. 즉 De facto 표준화는 권위를 인정받는 단체 혹은 기관에 의해 승인되지만 일반에 널리 사용되는 표준으로, UNIX 등을 그 예로 들 수 있다. 반면 De jure 표준화는 공식적인 권위를 인정받은 단체 혹은 기관에서 제정된 표준을 말한다. 여기서 데이터통신 및 네트워크와 관련된 권위 있는 표준화 기구와 단체^{organizations}를 소개한다.

■ ITU

ITU^{International Telecommunication Union}는 1947년에 UN 산하기관으로 창설되어 ITU-R^{Radio communication sector}, ITU-T^{Telecommunication standardization sector}, ITU-D^{Development sector} 등 세 개의 주요한 섹터로 구성되어 표준화 활동을 하고 있다. ITU-T는 1956년부터 1993년까지 CCITT^{International Telegraph and Telephone Consultative Committee}라는 이름으로 표준화 활동을 해왔다. ITU-T에서는 전화전송, 전화교환, 신호방법 등에 관한 여러 표준을 권고하고 있으며, 데이터통신과 직접 관련이 있는 표준안으로 V-시리즈와 X-시리즈 등이 있다. [표 1-1]은 ITU-T에서 공표한 대표적인 표준안의 예를 요약한 것이다.

[표 1-1] ITU-T의 대표적인 표준안

표준 문서	내용
ASN.1	데이터의 표현, 코딩과 디코딩, 전송에 관한 규격
G.711, G.72X 시리즈	오디오 코딩에 관한 규격
JPEG T.80과 JPEG2000 T.800 시리즈	정지화상 코딩에 관한 규격
H.262 MPEG2-Video와 H.264 MPEG4 AVC	동영상 코딩(video coding)에 관한 규격
V-시리즈	전화 네트워크에서 데이터통신에 관한 규격
T.2–T.4, T.30, T.37, T.38	팩스에 관한 규격
H.323	멀티미디어와 VoIP에 관한 규격
Q.931	ISDN(Integrated Services Digital Network) 표준
G.709, G.798, G.872	광전송 네트워크 표준(OTN)
G.983, G.984, G.987	수동 광 네트워크 표준(PON)
X.509	공개키 구조에 관한 규격
G.707, G.783, G.803	동기식 디지털 계위(SDH) 규격
X.805	보안 구조에 관한 규격

ITU-T의 회원 구성은 4개의 클래스로 구분된다. 각 국가의 정부기관으로 구성된 회원government members, 전화 및 컴퓨터와 관련된 대표적인 기업, 칩 제작사 등으로 구성되는 섹터 회원sector members, 특정 연구 그룹으로 구성되는 연합 회원associate members, 그리고 FCC와 같은 감시 기관으로 구성되는 규제 기관regulatory agencies 회원이 그것이다. ITU-T에서는 활발한 활동으로 지금까지 수천 개의 표준화 관련 문서 작업을 수행하였는데, 이는 약 수만여 쪽 분량에 달하는 방대한 양이다.

■ ISO

ISOInternational Standard Organization는 1946년 창설된 국제적인 표준 기구로서 핵에너지, 데이터 처리, 경제 분야 등 광범위한 분야에 걸쳐 수백 개 이상의 표준안이 규정되어 있다. 정보통신과 관련된 분야로는 기술위원회 가운데 TCTechnical Committee 97이 있어서 컴퓨터 정보처리에 관여하고 있으며, 이 TC 97의 15개 부위원회 가운데 SCSub-Committee 6개가 데이터통신과 관련한 업무를 수행하고 있다. 특히 이 기관에서 제정된 OSIOpen System Interconnection는 이 기종 간의 상호접속을 가능케 하는 표준 개방형 통신 네트워크에 대한 제반사항을 규정하고 있다.

■ ANSI

미국의 표준안 제정기구로서, 우리나라의 경우 공업진흥청 정도가 이에 해당된다. ANSI American National Standard Institute 표준안의 대부분은 IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineering와 EIA Electronic Industries Association와 같은 관계 그룹과 함께 만들어진다. 컴퓨터 정보처리에 관한 업무를 담당하는 표준 위원회 X3에는 25개의 기술위원회가 있으며, 이 중 X3S3는 데이터통신 분야를 관장하고 있다.

■ EIA

EIA Electronic Industries Association는 1924년에 창설되었으며, 데이터통신 표준에 대해서는 기술위원회 TR-30이 담당하고 있다. 이 위원회에서는 1962년 널리 알려진 RS-232 접속 규격을, 그 후 이를 개선한 RS-449 접속 규격을 규정하였다.

■ NIST

NIST National Institute Standards and Technology는 1988년까지 NBS National Bureau of Standard로 불렸으며, 여기에서는 미연방 정부에서 구입하는 장비에 대한 FIPS라는 정보 처리 표준안을 발간하고 있다. 데이터 보안을 위한 암호 알고리즘으로 널리 사용되고 있는 DES Data Encryption Standard나 그 후속 버전인 AES Advanced Encryption Standard(2001년도 승인)도 여기서 승인된 표준 규격이다.

지금까지 대표적인 몇 가지 표준화 기구와 단체들을 살펴보았다. 이외에도 순수한 사용자 그룹이 만든 표준화 그룹으로 근거리 통신 분야에 MAP과 TOP이 있으며, 100여 개의 데이터통신 관련 장비 제조업체가 만든 COS Corporation for Open Systems를 포함해 각 국가마다 OSI 사용자 단체가 형성되어 있다. 국내의 개방형 시스템 연구회인 OSIA도 그 중 하나이다.

인터넷의 표준화 활동

이제는 인터넷과 관련된 표준화 기구와 활동에 대하여 알아보자. 인터넷 사용의 증가 요인 중 하나는, 디렉토리 directory, 색인 indexing, 탐색 searching 등의 서비스에 따른 자료 탐색의 용이성을 들 수 있다. 이러한 인터넷 서비스는 처음에는 연구 목적으로 시작되었으나 후에 상업용으로 전환된 경우를 종종 접할 수 있다. Yahoo, Infoseek, Lycos, WAIS 등이 그러한 예이다. 특히 WWW World Wide Web은 이러한 서비스를 보다

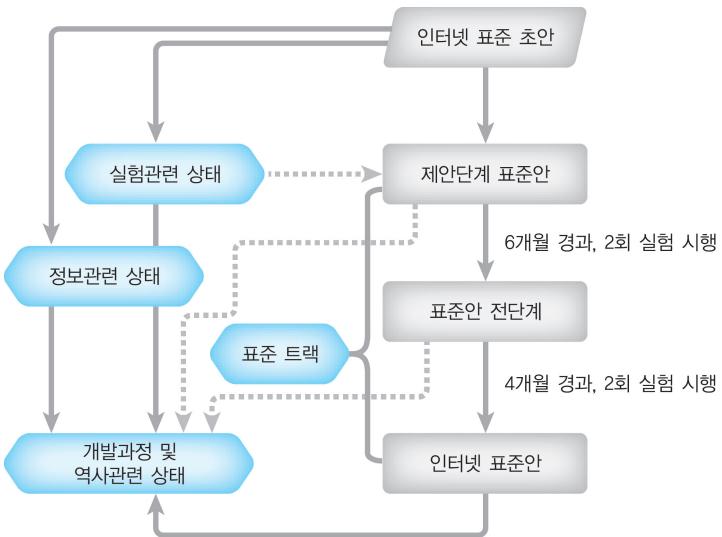
쉽게 사용할 수 있도록 해준다. 초기에 연구를 위해 비영리를 목적으로 사용되던 인터넷은 90년대에 들어 사용자들의 다양한 요구 증가와 더불어 영리 목적의 새로운 서비스들이 등장하게 되었고, 2000년대에는 한정된 서비스에서 벗어나 보다 복잡하고 용량이 큰 정보를 전송하는 온라인 뉴스, 주문형 비디오, 화상 회의, 전자 쇼핑, 흡뱅킹 등의 실시간 복합미디어 서비스로 확대됨으로써, 기존의 인터넷 관련 기술에 대한 수정이 불가피하게 되었다. 따라서 새로운 방향으로의 표준이 요구되었고, 그에 따라 인터넷 관련 기구들이 새롭게 등장하게 되었다. 이처럼 새롭게 등장한 인터넷 관련 기구들은 1960년대 미 국방성에서 지원했던 ARPANET을 시작으로, 현재 새로운 네트워크 시스템들을 관리하고 기술을 지원하기 위한 표준화 기구로서의 역할을 담당하고 있다. 인터넷 관련 기구는 크게 ISO, IAB^{Internet Architecture Board}, IESG^{Internet Engineering Steering Group}, IETF^{Internet Engineering Task Force}로 구분된다.

이 중에서 IETF는 변화하는 네트워크 환경에 따라 새로운 기술들을 제시하고 인터넷 표준안을 제정하기 위한 기술위원회로서 여러 개의 영역으로 구성되며, 각 영역은 한 명 이상의 영역 의장에 의해 조정되고 있다. 각 영역은 다시 몇 개의 워킹그룹(WG)으로 구성되어 워킹그룹 단위로 표준 및 절차에 관한 협의가 이루어진다. IETF는 매년 3번의 회의를 통해 인터넷 관련 기술들을 논의하고, 일반적으로 이메일을 통하여 의견 교환 및 수렴을 하므로 표준화 절차가 매우 빠르다는 장점을 가지고 있다. 그렇다면 IETF 표준화 절차는 어떻게 이루어질까?

인터넷 문서 유형에는 인터넷 초안^{Internet-draft}과 RFC^{Request For Comments}의 형태가 있다. 인터넷 초안은 작업이 진행 중인 문서로서, 형식적이지 않으며 언제든지 바뀌거나 삭제될 수 있다. RFC는 IAB의 공문서 간행물로서, 출판된 RFC는 삭제되거나 변경되지 않는다. 그러나 모든 RFC가 표준문서가 되는 것은 아니며, 기본적으로 RFC는 표준 트랙^{standard track} 상태, 정보관련^{informational} 상태, 실험관련^{experimental} 상태, 개발과정 및 역사관련^{historic} 상태 등의 4가지 상태로 분류된다. 이 중 RFC의 표준 트랙은 다음과 같은 3단계 표준화 과정을 거친다.

- ① 제안단계 표준안^{proposed standard} : 그 자체가 완전한 명세서로서 2년~6개월 내에 다음 표준화 단계가 되거나 재발행된다.
- ② 표준안 전단계^{draft standard} : 표준안은 독립적이고 상호동작 구현이 가능하며, 제한된 실험이 수행된 것이다.
- ③ 인터넷 표준안^{Internet standard} : 실제 표준안으로서 안정적으로 동작되는 것이 확인된 문서이다.

[그림 1-7]은 이러한 일련의 절차를 요약하여 나타낸 것이다.



[그림 1-7] 인터넷 표준화 절차

인터넷 문서인 RFC는 인터넷 연구와 개발 공동체의 작업 문서이다. 이들 중 대부분은 인터넷상에서 기술들을 구현함에 있어서 요구되는 상세한 절차와 기본 틀을 제공하는 기술관련 내용을 담고 있다. 하나의 문서마다 RFC 문서 번호가 부여되고, 그 RFC는 수정되거나 혹은 동일한 번호가 부여되지 않도록 하고 있다.

1.4 유무선 네트워크의 발전 및 진화

네트워크 및 인터넷의 발전

유무선 인터넷은 우리 생활을 획기적으로 바꾸어 놓았을 뿐만 아니라 앞으로 더욱 새로운 모습으로 변화에 첨병 역할을 할 것이다. 인터넷 사용자들은 전 세계에 연결된 네트워크 시스템을 통해서 기후 상태나 곡물생산량, 항공편 운행 상태와 같은 다양한 정보를 얻고, 이메일을 사용하여 공동관심사에 대한 정보와 필요한 프로그램들을 서로 교환하고 있다.

머지않아 다가올 사물인터넷(IoT) 기술은 지구촌의 모습을 다시 한 번 크게 바꿔 놓을 것으로 전망된다. 불과 30여 년 전에는 1000여 개의 기기가 인터넷에 연결되어 사용되었으나, 이제 그 수가 곧 100억 개 이상으로 늘어날 것으로 예상된다. 이는 기기

끼리 정보를 주고받음으로써 생산·유통은 물론 사회 전반의 소통에도 큰 변화를 예고하고 있다. 기업들은 이미 기술표준 선점을 위한 경쟁에 들어갔다. 모든 사물이 네트워크로 연결되는 사회에선 이를 어떻게 활용하느냐가 매우 중요한 이슈다. 인터넷은 인터네트워킹 기술을 이용하여 수많은 컴퓨터로 구성된 네트워크와 네트워크를 상호연결하여 형성된 거대^{global} 네트워크 시스템이 되는데, 여기서 ‘인터넷워킹^{internetworking}’ 기술이란 서로 다른 종류의 네트워크를 연결시키고 하나의 데이터통신 기준을 둘으로 써 다양한 하드웨어 기술의 결합을 가능하게 해주는 기술을 말한다.

오늘날 우리 사회를 획기적으로 변화시킨 인터넷은 미 국방성 산하의 ARPA^{Advanced Research Projects Agency}에서 연구원, 군납업체, 그리고 관련기관 간에 정보를 공유하기 위해 1969년에 구현된 네트워크인 ARPANET에 그 기원을 두고 있다. 이후 미 국방성은 TCP/IP의 사용을 권장하였고, 그 결과 TCP/IP를 사용하는 인터넷이 등장하였으며, 이는 여러 산업체와 각 기관으로 널리 확산되었다. 미국 국립과학재단(NSF)의 NSFNET의 등장은 기존 ARPANET 사용자를 흡수하였고, NSFNET을 중심으로 미국 내 통신 네트워크들을 통합하여 오늘날과 같은 인터넷으로 발전하는 중요한 계기가 되었다.

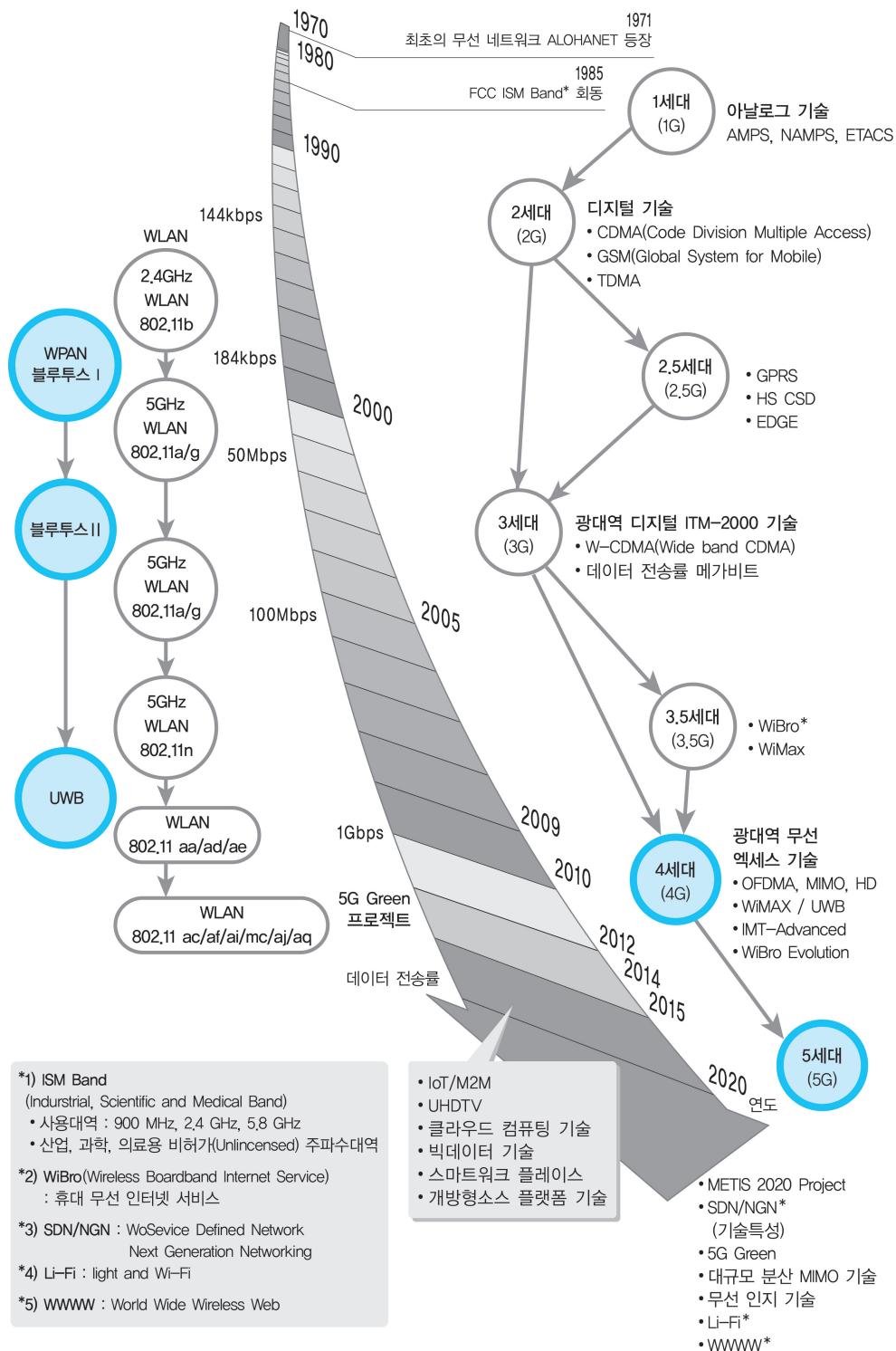
일반적으로 TCP/IP라고 불리는 이 표준은 서로 연결된 어떠한 네트워크들의 집합들 사이에서라도 정보 교환이 가능한 기본 프로토콜로 사용된다. TCP/IP 기술은 가정과 대학 캠퍼스, 학교, 기업, 그리고 정부 연구기관 등이 서로 연결된 전 세계적 규모의 인터넷을 구성하는 기반을 마련하였다. NSF, DOE, DOD, HHS, NASA 등의 미국 연구기관들이 인터넷의 발전과 성장에 많은 기여를 하였으며, 자신들의 연구 사이트를 연결하는 데 TCP/IP를 사용하였다. 그 결과로 1990년대 들어 인터넷의 정보 사용에 대해서 부분적인 상용화가 허용되기에 이른다.

이후 월드와이드웹(WWW)의 발달과 더불어 점점 많은 기업들이 기업 이미지 광고, 제품 소개, 전자상거래 등에 인터넷을 도입하였다. 현재 인터넷은 무선인터넷을 포함하여 전 세계적으로 기하급수적으로 성장하고 있으며, 상호연결된 호스트 수가 수억 대를 넘어서 오늘날 전 세계는 인터넷으로 연결된 하나의 지구촌^{global village}이 되었다.

이해를 돋기 위해 인터넷과 네트워크 기술의 발전 및 진화과정에 대해 주요 사건을 중심으로 연대표를 이용하여 [그림 1-8]에 나타내었다. 또한 [그림 1-9]은 무선 이동 네트워크 기술 발전을 중심으로 최근의 기술적 이슈를 포함한 연표이다. 다양한 관련 기술에 대한 자세한 설명은 뒤에서 이어진다. 무선 LAN은 13장, 블루투스와 와이브로 기술은 14장, 애드혹^{Ad hoc} 네트워크와 USN 기술, 그리고 차세대 4G/5G 네트워크와 BcN(광대역 통합네트워크)은 16장에서 자세히 다루도록 하겠다.



[그림 1-8] 인터넷과 네트워크 기술의 발전 및 진화



[그림 1-9] 무선 이동 네트워크 기술의 발전

차세대 인터넷과 IPv6 프로토콜

이미 십수 년 전에 미국 정부에서는 기존의 인터넷의 한계를 뛰어넘는 차세대인터넷 프로그램(NGI)^{Next Generation Internet}을 수행하였다. 당시 미국 정부가 추진하고 있는 새로운 인터넷 프로젝트로 기존의 인터넷보다 100~1,000배 빠르도록 설계하였다. 1996년 10월부터 미국은 전 세계 정보통신 분야의 우위를 지키려는 야심찬 계획을 수립하여, 연간 1억 달러 이상의 예산을 투입하여 대형 프로젝트를 진행한 바 있다. 미국 정부와 각 대학들이 주도하고 있는 이 계획은 상업적인 요소를 배제한 순수 학술 연구 네트워크를 표방하고 있으나, 실제로는 IBM, 시스코라우터, 3콤 등 미국의 주요 네트워크 업체들이 프로젝트에 참여하였던 것이다. 현재 차세대 인터넷 기술은 미래인터넷 포럼 Future Internet Forum, 사물인터넷 포럼(WF-IoT) World Forum of Internet of Things 등에서 논의가 진행 중이다.

IPv6는 현재 사용하고 있는 IPv4의 주소길이(32비트)를 4배 확장하는 것을 골자로 하여 IETF가 1996년에 표준화한 128비트 차세대 인터넷 주소체계로, 1990년 초에 서비스 품질관리를 위하여 IPv5 규격을 검토한 이후 보안 기능, 자동 네트워킹 기능 등을 보완해서 1996년에 IPv6 규격(RFC2460)을 표준으로 규정하였다. 말하자면 차세대 인터넷 IPv6 프로토콜은 기존에 사용되고 있는 인터넷 프로토콜인 IPv4의 대안으로 등장한 것이다.

기존의 32비트로 구성된 IPv4 주소는 산술적으로는 약 43억(2^{32})개의 주소 생성이 가능함에도 불구하고, 비효율적인 할당(유효한 주소 개수는 5~6억 개)과 무선인터넷, 정보가전 등의 신규 IP 주소 수요로 주소 부족 문제가 심각하게 대두되었다. 128비트로 구성된 차세대 IPv6 주소는 이론상 거의 무한(2^{128})개의 주소를 생성할 수 있어 IP 주소의 부족 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 품질 제어, 보안, 자동 네트워킹 및 다양한 서비스 제공이 용이하다. 그럼에도 아직 상당부분 IPv4의 사용이 이루어지고 있으며(약 90%를 상회하는 것으로 추정), 지속적으로 IPv6의 사용이 증가하고 있다.

또한 기존의 인터넷 프로토콜은 하나의 헤더로 서비스를 제공하였기 때문에 헤더의 제어정보에는 필요 이상의 많은 정보들이 들어가게 되고, 새로운 형태의 서비스가 발생할 때마다 헤더의 정보를 수정·보완해야 한다. 이는 네트워크의 노드에서 패킷을 수신했을 때 많은 프로세스 시간과 멀티미디어 서비스를 제공할 때에 많은 제약이 있음을 의미한다. 하지만 차세대 인터넷 프로토콜인 IPv6의 경우에는 이러한 헤더의 구성을 피하고, 보다 단순화된 형태의 헤더정보를 제공하기 위해서 사용하는 서비스의 형

태에 따라 분리되도록 하였다. 여러 개의 독립된 헤더 형태로 그 기능에 맞도록 전송 함으로써 네트워크에서의 패킷처리 시간을 단축시키고, 전송되는 정보의 양을 기존의 인터넷 프로토콜보다 줄일 수 있게 된다. 차세대 인터넷의 서비스는 네트워크를 통한 높은 품질의 오디오 비디오 트래픽에 대한 지원 메커니즘을 제공한다. 또한 전송하고자 하는 데이터그램⁴에 부가적인 정보를 추가해서 전송할 수 있어서, 기존 인터넷 프로토콜에 비해 신뢰성 있는 전송을 가능하게 해준다.

차세대 인터넷은 유무선 및 위성통신 네트워크와의 연동과 다양한 네트워크에서 제공하는 서비스의 통합을 촉진할 것으로 예상된다. 이미 앞서 언급한 것처럼 머지않아 다가올 사물인터넷(IoT) 기술은 유·무선 네트워크로 연결된 기기들이 사람의 개입 없이 센서 등을 통해 수집한 정보를 서로 주고받아 스스로 일을 처리하는 초연결 사회로 지구촌의 모습을 새롭게 변화시킬 것이다. 앞으로 구축될 대부분의 네트워크에서 유·무선 인터넷 서비스를 이용할 수 있게 될 것이며, 가입자는 자신의 기호에 따라 최신 기술을 이용한 고품질 네트워크를 선택하여 인터넷 서비스를 사용할 수 있는 형태로 발전하게 될 것이다. 또한 유무선의 여러 ISP 네트워크와 LAN/WAN 등의 상호연동, 사물인터넷의 사용이 급증할 것으로 예측되며, 이러한 상호연동을 바탕으로 다양한 네트워크 간의 연동체계가 고도화될 것이다.

차세대 인터넷 이용자는 IPv6의 자동 주소설정 기능으로 장소 이동에 따른 IP 주소 재입력 등 통신환경을 일일이 설정해야 하는 불편이 제거되고, 이동 IP 기능으로 유·무선 이종 네트워크에서도 끊임없이 통합서비스를 이용할 수 있게 되어, 편리하고 다양한 인터넷 서비스를 이용할 수 있게 된다. 또한 IPv6의 품질관리 기능 및 보안 기능을 이용하여 인터넷 사업자는 고품질의 신뢰성 높은 인터넷 서비스를 제공할 수 있어서 멀티캐스팅 등 고품질의 동영상 인터넷 서비스를 쉽게 사용할 수 있게 된다. 차세대 인터넷 프로토콜에 대해서는 8장에서 자세히 다룬다. 또한 차세대 4G/5G 네트워크는 16장에서 살펴보도록 하겠다.

⁴ ‘데이터그램’은 패킷교환 네트워크에서 취급되는 패킷의 하나로, 다른 패킷과는 독립적으로 취급된다. 이는 전송 측에서 수신 측까지 경로를 결정하기 위한 정보를 내부에 포함하고 있다.

→ Chapter 01 연습문제

1.1 데이터통신 네트워크에 대한 다음 설명 중 적합하지 못한 것은?

- ① 데이터 전송이 가능한 컴퓨터, 서버, 라우터 등의 장치들을 상호 간에 유선 또는 무선으로 연결한 정보교환 시스템을 말한다.
- ② 지리적으로 분산되어 있는 여러 자원으로부터 정보를 교환하고, 상호연결된 시스템으로 여러 사용자 간 정보교환을 위해 공유된 자원은 포함하지 않는다.
- ③ 컴퓨터 기술과 데이터 전송 및 처리기술의 결합 형태로 발전되어 왔으며, 오늘날 지식·정보산업의 필수 불가결한 핵심기술이다.
- ④ 네트워크의 구성 형태로는 성형, 링형, 버스형, 점대점형 등이 있다.

1.2 가정 내에서 네트워크를 통해 정보 공유와 홈 오토메이션 등을 구현하는 것으로, IEEE 1394나 홈 RF, 블루투스 등의 차세대 인터페이스를 통해 가전제품과 컴퓨터들을 유기적으로 연결해서 사용하는 기술을 나타내는 용어로 옳은 것은?

- ① 홈 네트워킹 기술
- ② 차세대 교환 기술
- ③ 광대역정보서비스 기술
- ④ 초고속정보화 기술

1.3 ‘이를 만들어서 사용하는 사용자들에 의해 합의된 형식으로 사실, 개념, 명령 등을 표현한 것’을 나타내는 용어로 가장 적합한 것은?

- ① 통신
- ② 교환
- ③ 서비스
- ④ 데이터

1.4 통신 기능을 갖고 있는 두 개 이상의 장치 사이에서 전송미디어를 사용하여 프로토콜에 따라 데이터로 표현되는 정보를 교환하는 과정을 나타내는 표현으로 옳은 것은?

- ① 표준화
- ② 데이터공유
- ③ 데이터통신
- ④ 데이터처리

1.5 대도시 정도의 넓은 지역을 연결하기 위한 네트워크 구성 형태로, 대략 10km에서 수백 km까지의 범위를 수용하는 네트워크 시스템을 무엇이라 하는가?

- ① LAN
- ② MAN
- ③ WAN
- ④ RAN

1.6 1993년까지 CCITT라는 이름으로 표준화 활동을 해왔으며, 여기서는 전화전송, 전화교환, 신호방법 등에 관한 여러 표준을 권고하고 있다. 이 표준화 기구로 옳은 것은?

- | | |
|---------|--------|
| ① ISO | ② ANSI |
| ③ ITU-T | ④ EIA |

1.7 미연방 정부에서 구입하는 장비에 대한 FIPS라는 정보 처리 표준안을 발간하고 있으며, 데이터 보안 표준인 DES나 AES 등을 표준규격으로 공표한 곳은?

- | | |
|-------|--------|
| ① ISO | ② ANSI |
| ③ EIA | ④ NIST |

1.8 인터넷 관련 기구 중에서 변화하는 네트워크 환경에 따라 새로운 기술들을 제시하고 인터넷 표준안을 제정하기 위한 기술위원회에 해당하는 것은?

- | | |
|--------|--------|
| ① IAB | ② IETF |
| ③ IESG | ④ ISO |

1.9 인터넷 RFC의 표준화 트랙에서 표준화 과정으로 옳은 것은?

- | | |
|--|--|
| ① 인터넷 표준 초안 - 제안단계 표준안 - 표준안 전단계 - 인터넷 표준안 | ② 인터넷 표준 초안 - 표준안 전단계 - 제안단계 표준안 - 인터넷 표준안 |
| ③ 제안단계 표준안 - 인터넷 표준 초안 - 표준안 전단계 - 인터넷 표준안 | ④ 표준안 전단계 - 제안단계 표준안 - 인터넷 표준 초안 - 인터넷 표준안 |

1.10 유·무선 통신 네트워크로 연결된 기기들이 사람의 개입 없이 센서 등을 통해 수집한 정보를 서로 주고받아 스스로 일을 처리하는 것으로서, 사물지능통신 (M2M)이라고 불리기도 하는 용어로 옳은 것은?

- | | |
|-------|--------|
| ① USN | ② VoIP |
| ③ IAB | ④ IoT |

1.11 데이터통신 네트워크 시스템을 구성하는 필수적인 요소 5가지를 들고, 각 구성 요소에 대하여 간략하게 설명하라.

1.12 최근 IEEE 802.15 WPAN 워킹그룹 산하 TG Task Group에서 표준화 작업이 활발히 진행되고 있는 BAN Body Area Network이란 무엇인지 그 구조와 동작을 간략하게 기술하라.

1.13 네트워크 표준화란 무엇인지 설명하고, 표준화가 필요한 이유를 설명하라.

1.14 인터넷 관련 기구는 ISO, IAB, IESG, IETF로 구분된다. 이 중에서 IETF 표준화 절차는 어떻게 이루어지는지 그 과정을 구체적으로 설명하라.

1.15 차세대 인터넷이란 무엇인가? 그 개념과 특성에 대해 설명하라.

IT 기술 연구원이라는 직업

글 권원옥

한국전자통신연구원 클라우드컴퓨팅연구부

컴퓨터 기술은 하루가 다르게 바뀌어가고 기술 트렌드 역시 빠르게 변화하고 있다. 클러스터 컴퓨팅, 가상화, 클라우드 컴퓨팅 등 이에 수반되는 하드웨어, 소프트웨어 기술은 수없이 쏟아지고 있다. 이러한 환경에서 IT 기술 연구원이라는 직업은 새로운 기술을 익히고 더 나은 기술개발을 위해 늘 공부하고 생각하며 새로운 것에 익숙해져야 한다. 물론 연구개발에 늘 획기적인 아이디어만 요구되는 것은 아니지만, 항상 기존 기술의 문제점을 찾고 해결하려는 태도와 능력이 필요하다. 어떤 직업도 그렇듯이, 연구원이란 직업도 연구하는 것이 재미있고 그 자체가 좋아야 좋은 성과를 낼 수 있다. 자신이 좋아하는 취미활동을 하듯이 연구생활을 하며, 나아가 이러한 환경을 만들어주는 곳에서 연구하는 것이 연구원의 가장 큰 행복일 것이다.

IT 기술 연구 과정

연구 과정에는 크게 아이디어, 설계, 구현, 실험으로 나뉜다. 물론 상용제품을 생산할 경우 제품 기획단계, 상용화 과정 등이 필요하다. 아이디어 과정에서 기존의 제품의 분석과 장단점 등을 파악한다. 특히 기존 기술의 문제점을 파악하고 이를 해결할 방안이나 대체 기술을 집중 연구하게 된다. 이 과정에서 적절한 아이디어는 특허로 산출되기도 하며, 구현의 필요성을 모두 공감할 경우 설계와 구현 작업이 이루어진다. 설계 작업에서는 다수의 개발자들이 많은 토론을 거쳐 설계 규격을 만든다. 연구원들이 사람들과 가장 많이 부딪히는 경우는 설계 작업을 할 때이다. 서로 다른 의견을 모아 하나의 공통 규격으로 만들어가는 작업이 쉽지가 않을 뿐더러 잘못된 규격은 차후 많은 연구원들의 시간을 낭비하게 하므로 이때 신중한 작업이 이루어져야 된다. 설계 작업이 끝난 후 각 연구원들은 자신들이 구현할 일을 맡게 되는데, 이 시간부터 대부분 혼자만의 일이 시작된다. 일정이 촉박할 경우에는 늦은 시간까지 구현에 매진 할 때가 허다하다. 본인의 설계 구현을 위해 스스로의 검증 절차를 거친 후 다른 구현 작업과 통합 과정을 거쳐 비로소 첫 구현 작품이 완성된다. 전체 시스템 구현 이후의 대부분의 시간은 테스트와 실험의 연속이다. 테스트 과정은 길고 험난하다. 제대로 동작하는 시스템을 만들기 위해서 인고의 시간을 거쳐야 한다. 이때 연구원으로서의 핵심 자질인 문제해결 능력이 빛을 발한다.

문제해결 능력

연구란 끊임없이 발생되는 문제해결의 과정이다. 문제해결 과정이 설계에서, 구현에서, 테스트에서, 어디에서든 빈번히 발생하며 개발 일정의 주요 병목현상 bottleneck으로 등장한다. 이때 해결되지 않는 문제를 풀기 위해 밤늦도록 실험하며 심지어 잠을 자지 않고 일할 때도 있다. 그러나 경험상, 이러한 방식으로는 문제해결이 잘 안 되는 경우가 많다. 연구원이라는 직업이 투자 시간에 비례해서 좋은 결과를 내는 직업은 아닌 것이다. 해결되지 않는 문제에 직면하면 이 문제를 가지고 다른 엔지니어들과 이야기를 나누는 가운데 의외로 쉽게 실마리를 찾는 경우가 많다. 어떨 때는 잠자면서 무의식 속에서 반짝이는 아이디어가 나올 때가 있다. 잠자리에서 벌떡 일어나 잊지 않기 위해 메모를 하고, 다음 날 실험실에서 해결한 경우도 허다하다.

지나고 보면 연구란 효율성이 많이 필요한 일인 것 같다. 한 시간을 일해도 맑은 정신으로 설계를 하고 코딩을 하는 것이 하루 종일 명한 상태에서 일하는 것보다 훨씬 효과적이다. 머리를 식히고 재충전할 때 반짝이는 아이디어가 샘솟는 것을 많이 경험 한다. 즉 잘 쉬어야 창의적인 아이디어가 나오는 것이다. 구글Google이 일터에 어른들을 위한 놀이터를 만들고 다양한 복지를 제공하는 것은 이러한 연유일 것이다. 연구원으로 롱런 long-run하기 위해서는 기술적 능력뿐 아니라 잘 놀면서 사회 트렌드에 뒤쳐지지 않는 자기계발이 항상 필요하다. 샷만 훌륭한 골퍼가 우승하는 것이 아니라 멘탈mental까지 훌륭한 선수가 우승하는 이치와 유사하다.

경험이 자산

나이가 들수록 새로운 기술을 익히고 새로운 트렌드trend를 쫓아가는 것이 힘들게 느껴질 때가 많다. 또한 거대한 IT 기업이라 하더라도 하드웨어, 소프트웨어 트렌드를 맞추는 것이 쉽지는 않다. 하지만 연구원은 이 트렌드에 보조를 맞추는 것 이상의 트렌드를 먼저 만들어 나가야 한다. 이제는 혼자 훌륭한 기술을 만들어 표준이 되는 시대에서 다수의 집단이 표준을 만들어가는 협업시대로 바뀌어 가고 있다. 많은 연구개발을 경험하고 문제해결 능력을 쌓아갈수록 연구자의 연륜이 쌓이며, 따라서 연구원은 부단히 자신을 개발하지 않으면 뒤쳐질 수밖에 없다.

우리나라 연구소에서는, 이전에는 나이가 들면 우수한 연구원도 연구직보다는 관리직으로 바뀌는 경우가 대부분이었다. 따라서 연구는 짧을 때만 하는 것처럼 여겨지기도 했다. 그러나 요즘의 연구 현장 분위기는 많이 달라지고 있다. 우리나라로 백발의 연구원이 오실로스코프로 하드웨어 디버깅을 하며 C 코드 디버깅하는 일이 점차 늘어가고 있다. 필자는, 이러한 모습이 더욱더 많아질수록 우리나라 IT 기술이 성장하는 밑



거름이 될 거라고 확신한다. 또한 이러한 회사가 연구하기 좋은 회사이며 경쟁력 있는 회사로 인식되었으면 좋겠다.

IT 기술 연구원

이 글을 읽는 학생들은 앞으로 IT 기술 분야에서 일할 인재일 것이다. 연구원은 부단히 새로운 기술을 익히고, 보다 진보된 기술을 개발하는 직업이다. 비록 힘든 육체노동은 없으나 정신적인 노동의 강도는 그 어떤 직업 못지않다. 연구원은 사람을 상대하는 일이 다른 직업보다는 훨씬 적은 편이고, 그 대신 새로운 기술을 공부하는 시간이 가장 많은 직업에 속한다. 새로운 아이디어가 샘솟으며 창조적 생각이 넘쳐나는 뛰어난 젊은이가 더 이상 적성에 맞지 않는 공무원이나 교사, 의사, 변호사가 되기 위해 인생을 올인^{all-in}하지 않았으면 한다.

세상은 넓고 할 일은 많다. 연구원이야말로 가장 혁신적인 인재들이 지원하고 꿈꾸어야 할 직업이다. 자신의 연구에 성공한 연구원은 부와 명예는 기본이고 자신의 꿈을 성취하는 보람이 있을 것이다.