

무선 인터넷 : 계층별 프로토콜 중심으로

연세대학교 이재용*

1. 서 론

인터넷이 대표적인 통신 수단으로 자리잡게 되면서 인터넷 사용자의 수는 폭발적으로 증가하게 되었다. WWW이나 E-mail을 포함하여 우리 생활 전반에 있어서 인터넷의 사용은 이제 필수 불가결한 것으로 여겨지고 있고, 그로 인한 인터넷 사용자의 수는 다른 어떤 매체에서도 보여지지 않은 높은 증가를 보이고 있다. 그림 1에서와 같이 2005년경에는 세계적으로 약 10억명 정도의 인터넷 가입자가 존재할 것으로 추정된다.

이와 더불어 이동 통신의 가입자 역시 이에 필적하는 추세로 증가하고 있다. 현재의 증가 추세로는 2000년대 중반에는 인터넷과 무선 이동 통신 서비스의 사용자수가 거의 동일할 것으로 전망되고 있으며, 그 사용 대상 또한 유사한 특

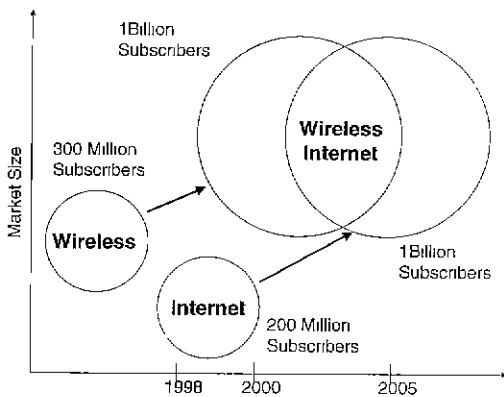


그림 1 무선 이동 통신과 인터넷 가입자수

징을 보여, 무선 인터넷이라는 새로운 시장이 각광을 받을 것으로 예상된다.

무선 채널은 제한된 대역과 열악한 채널 환경으로 인한 고속 전송, 다수 이용자의 수용 등에서 대역폭, 간섭, 오류 등의 문제로 멀티미디어, 수많은 사용자를 수용하는 인터넷과 접속이 어려웠으나, 무선 전송기술의 대역 효율 향상 기술은 QAM(Quadrature Amplitude Modulation), OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing), W-CDMA, MC-CDMA 등의 개발과 다중 경로 문제로 인해 발생하는 ISI(Intersymbol Interference) 간섭 보상을 위한 채널 등화기법의 개발, DSP 기술의 개발, RF 회로 기술, VLSI 기술 등의 도움으로 이제는 멀티미디어, 다 사용자를 갖는 인터넷도 수용하는 단계에 와 있다.

무선 인터넷이 이용되는 환경은 그림 2와 같이 가정, 사무실, 개인 환경으로 언제, 어디서나

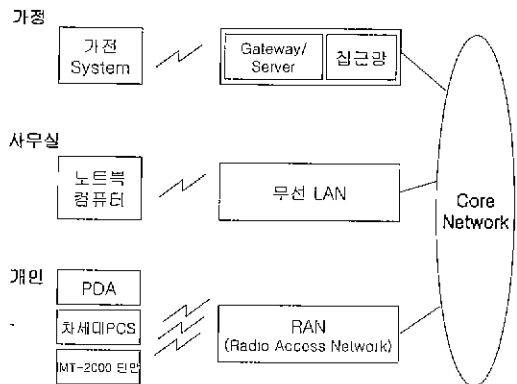


그림 2 이용자 중심의 무선 인터넷 구조

* 중신회원

이동성을 지원하면서 인터넷을 지원 가능케 한다. 이러한 무선 인터넷 환경에서 이용되는 무선 인터넷 시스템의 통신구조는 그림 3과 같이 나타낼 수 있다. 즉 IMT-2000을 포함한 다양한 무선 전송 시스템에서 IP를 수용하고 WWW기반 응용 서비스를 제공하는 구조, 기존의 TCP 기반 응용 서비스를 제공하는 구조, 그리고 응용 서비스로 WWW 응용 서비스를 제공하는 통신구조로 볼 수 있다.

본고에서는 무선 인터넷을 가능케 하는 기술들을 통신 계층별로 살펴보기 위해 무선 인터넷 서비스를 제공하기 위한 계층별 프로토콜들 중에서 무선 LAN, IP 계층, 수송 계층의 프로토콜들을 살펴본다.

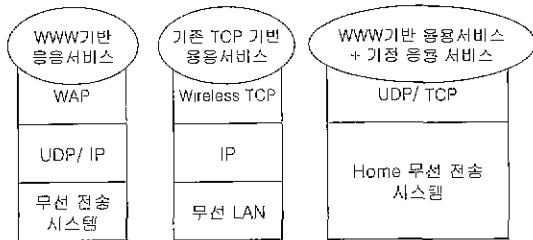


그림 3 무선 인터넷 계층 프로토콜

먼저 2장에서 무선 인터넷이 제공되는 환경과 지원되는 프로토콜 전반을 살펴보고, 3장에서는 무선 LAN 기술, 4장에서는 IMT-2000에서 IP를 수용하는 방안과 5장에서는 무선 수송 프로토콜을 살펴본다.

2. 무선 인터넷 환경과 프로토콜

무선 인터넷 서비스를 제공하는 시스템의 구조를 이용자 중심으로 보면 그림 2와 같이 가정에서, 사무실에서, 개인 환경에서 이용되는 구조를 볼 수 있다. 이러한 이용자 구조에 이용되는 무선 기반 인터넷 시스템은 무선 접근망, 이동 backbone망에 따라, 지원 속도에 따라, 이동성 정도에 따라 그림 4와 같이 나타낼 수 있다.

2.1 가정 환경의 무선 인터넷: HomeRF (SWAP: Shared Wireless Access Protocol)

차세대 인터넷 구현의 중심은 core망, 접근망

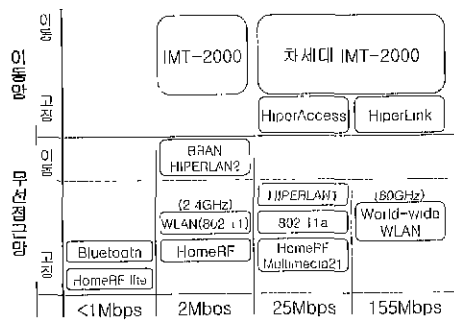


그림 4 무선 통신기반 인터넷 시스템

에서 가정의 가정으로 옮겨질 것을 Tecordia를 중심으로 한 많은 통신 사업자, 서비스 제공자가 예측하고 있다. Home network 기술은 전화선을 이용한 HomePNA, power line 기술, IEEE 1394를 이용한 유선 기술이 존재하지만, 무선으로 다양성과 이동성을 제공하고, 다양한 제품들간의 호환성을 제공한다는 목표로 1998년에 약 90개 회사들이 HomeRF WG을 형성하여 SWAP 규격을 만들고 있다.

SWAP은 PSTN과 인터넷망을 연동하여 음성과 데이터를 전송하기 위해 2.4GHz대역에서 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)을 이용하여 최대 2Mbps 속도로 네트워크 당 127개 장치까지 접속가능하도록 설계되어 있다.

SWAP은 ad-hoc 망이나 접속점(CP: Connection Point)을 이용한 망으로 운영되며, DECT(Digital Enhanced Cordless Telephone) 기술로 기존의 무선 전화와 IEEE 802.11 무선 LAN 기술을 이용하여 데이터를 전송한다.

SWAP은 그림 5와 같이 동기성 데이터와 비동기성 데이터를 처리한다.

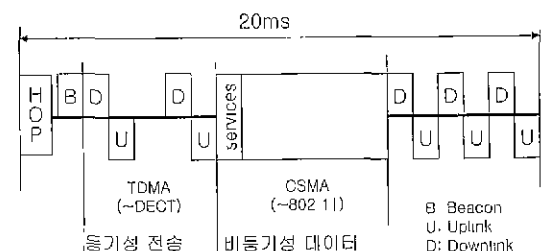


그림 5 SWAP의 프레임 구조

2.2 사무실 환경에서의 무선 인터넷(무선 LAN, Bluetooth, HIPERLAN1,2)

무선 인터넷을 가능케하는 사무실 환경에서의 프로토콜은 IEEE 802.11의 무선 LAN, 유럽방식의 무선 LAN인 HIPERLAN1,2와 ad-hoc 망의 Bluetooth가 있다. IEEE 802.11 무선 LAN은 2.4GHz 대역에서 2Mbps에서 실시간 비실시간 트래픽의 QoS를 만족시켜 주며, 802.11a는 5GHz 대역에서 물리계층 물리 계층 속도를 54Mbps까지 올려 멀티미디어 무선 인터넷 환경을 제공하고 있다. 유럽 방식인 HIPERLAN1,2는 유럽의 표준화 그룹인 ETSI에서 무선 LAN의 이용을 목적으로 개발되었고 HIPERLAN2는 5GHz 대역에서 25Mbps의 속도를 지원한다.

1998년 2월, Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba 및 Intel 등 5개 기업은 Bluetooth SIG(Special Interest Group)를 결성하여 이동 컴퓨팅 및 통신 디바이스의 요구를 만족하는 사실상의 업계 표준을 만들고 있다. Bluetooth의 목적은 랩탑, PDA, 파암 디바이스, Jupiter급 디바이스, 셀룰러 및 PCS 폰이 ad hoc 네트워크에서 상호 통신할 수 있도록 하는 것이다 Bluetooth SIG는 멤버들이 로열티 부담없이 Bluetooth 시스템을 만들 수 있도록 물리적 계층과 하위 레벨 프로토콜 규격을 제공하고 있다. 언젠가는 무선 LAN 액세스 포인트가 표준 무선 LAN 규격과 Bluetooth를 모두 지원하게 될 것으로 전망되고 있지만, 향후 2년 내에 현실화되기는 힘들 것으로 보인다.

2.3 개인 환경의 무선 인터넷

개인 환경의 무선 인터넷 구조란 개인 단말기 즉 IMT-2000 단말기, PDA, 차세대 PCS 단말기를 통해 무선으로 인터넷을 이용할 수 있는 구조를 말하며 IMT-2000 시스템, ETSI-BRAN (Broadband Radio Access Network) 프로젝트의 개인 접근망으로 이용되는 HiperLink, Hiper-Access 시스템이 이에 포함된다. IMT-2000은 회선 교환 중심에서 IP 서비스를 수용하는 패킷 교환 중심 서비스로 진화가 될 예정이며, 현재 이동중인 가입자에게 음성, 전자메일, 인터넷 접

속, 영상 서비스 등을 제공할 수 있게 하기 위해 최대 2Mbps의 속도를 지원하고 있다. Hiper-Link는 150m의 거리에서 17GHz 대역을 이용, 최대 155Mbps의 속도를 지원하며 HIPERLAN들의 광대역망으로의 1단계 접근망 역할을 수행한다. HiperAccess는 HiperLink를 UMTS core 망에 연결시켜 주는 역할을 하며 25Mbps의 속도를 지원한다.

3. 무선 LAN 기술: 물리, MAC 계층

무선 LAN 분야에서의 연구는 주로 전송 매체인 무선(전파)의 특성을 직접 반영하는 물리계층과 매체접근제어계층을 중심으로 진행되어 왔으며, 1996-97년경에 IEEE와 ETSI를 중심으로 이들 계층에 대한 표준들이 만들어지면서 호환성을 갖춘 무선 LAN 장비들이 출현하여 무선 LAN 시장이 폭발적으로 확대되게 되었다. 무선 LAN과 관련된 시장 규모가 확대됨에 따라 고속 전송이 가능한 무선 LAN 장비에 대한 수요가 출현하였고 이의 수용을 위해 1999년경에는 11Mbps의 속도를 갖춘 고속의 무선 LAN에 대한 표준이 만들어졌으며, 현재 5GHz 대역에서 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식을 사용하여 54Mbps의 전송이 가능한 고속 무선 LAN의 물리계층 기술에 대한 표준화 작업이 활발히 진행되고 있다.

3.1 무선 LAN 관련 표준안

그 동안 무선 LAN 기술이 널리 이용되지 못한 이유 중의 하나는 제품간의 상호 호환성이 부족했기 때문이다.

표 1 무선 LAN 표준의 특성 비교

Characteristic	802.11	802.11b	802.11a	HiperLAN/1	HiperLAN/2
Spectrum	2.4GHz	2.4GHz	5GHz	5GHz	5GHz
Tx rate(RHY)	1-2Mbps	11Mbps	54Mbps	1-47Mbps/2-35.3Mbps	51Mbps
Tx rate(Low CI)	1.2Mbps	5.5Mbps	32Mbps	NA	32Mbps
MAC protocol	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA	Distributed/ EY-NRMA	Central resource control/TDMA/1DD
Connectivity	Conn-less			Conn-less	Conn-oriented
QoS support	PCF	PCF	PCF	Lifetime	DLC
Handoff support	No	No	No	No	No
Radio link quality control	No	No	No	No	Link Adaptation
PHY Layer	Filtered DSSS/ FHSS	DSSS (CCIR)	OFDM	GAUSS	OFDM with dynamic freq. Selection

3.1.1 IEEE 802.11의 MAC 프로토콜

IEEE802.11 표준안에서 제안된 매체 접근 제어 프로토콜은 DCF(Distributed Coordination Function)와 PCF(Point Coordination Function)라고 하는 서로 다른 두 가지 제어 방식으로 구성되어 있다.

가장 기본적인 제어 기능인 DCF는 근본적으로는 CSMA/CA 프로토콜로서 여러 단말들에서 동시에 동작하도록 되어 있는 분산 제어 형태이다. 동작을 살펴 보면, 전송할 데이터가 있는 단말들은 채널의 현재 사용 유무를 계속하여 감지하고 채널이 DCF가 동작하기 위한 최소요구 시간인 DIFS(Distributed coordination function InterFrame Space)의 슬롯 시간동안 사용되지 않은 채로 남아 있는 것으로 감지되면 이후 랜덤 시간만큼 지연한 후 채널이 그 때까지 사용되지 않은 채로 있게 되면 데이터를 채널을 통해 전송하게 된다. 랜덤 시간 만큼 지연하는 중에 다른 단말이 채널을 점유하게 되면 남은 시간은 더 이상 감소되지 않고 그대로 유지되다가 사용되지 않는 슬롯이 DIFS 만큼 다시 주어진 이후에 다시 줄어들게 된다. 초기 랜덤 지연 시간 값의 설정은 다음과 같은 연산을 통하여 이루어지며 전송 과정에서 충돌을 겪게 되면 CW의 값이 2배로 증가하게 된다.

$$\text{Backoff Time} = \text{Random}() \times \text{aSlotTime}$$

여기서, Random()은 구간 [0, CW]에서 균일한 분포를 갖는 난수 발생 함수이고, CW 파라미터의 값은 CWmin 값에서 출발하여 매번 전송 실패 시 마다 [Cwmin, Cwmax]범위 내에서 2배로 증가된다.

DCF 이외의 또 하나의 매체 제어 접근 방식인 PCF는 DCF가 사용하는 IFS(InterFrame Space)보다 작은 크기의 IFS를 사용함으로써 DCF보다 높은 동작 우선 순위를 갖는다. 즉, PIFS(Point coordination function InterFrame Space)가 DIFS보다 작은 값을 갖고 있기 때문에 DCF가 동작하기 이전에 PCF가 동작하여 채널의 점유를 관리하게 된다(이 밖에 ACK와 같은 제어 프레임이나 연속된 데이터 전송 사이의 간격을 조정하기 위한 목적으로 사용되는 가장

작은 크기의 SIFS가 있다).

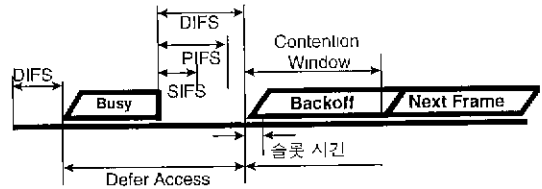


그림 6 IEEE802.11 MAC 프로토콜

PCF 기능은 AP가 일종의 폴링 마스터 역할을 하는 중앙 제어 형태로 되어 있다. DCF가 분산 제어 형태로 각 단말들이 채널을 사용하기 위하여 서로 경쟁하는 경쟁 구간(Contention Period)을 형성하는 것과는 달리, PCF는 AP에 사용을 요구한 단말들에 대해 AP가 채널 사용권을 폴링 형태로 부여함으로써 채널 이용 여부가 모두 AP에 의해 결정되는 비경쟁 구간(Contention-Free Period)을 형성한다.

PCF와 DCF, 이들 두 가지 모드의 매체 접근 제어 기능은 서로 번갈아 가며 동작하며, 이들을 쌍이 합쳐져서 superframe을 형성한다. superframe 시작시에는 항상 PCF가 DCF보다 우선적으로 동작, 채널을 관리하게 되는데 이를 위하여 각 단말들을 superframe 단위로 동기화하도록 하고 superframe의 초기에 PCF가 구현되어 있는 AP를 제외한 모든 단말들의 NAV(Network Allocation Vector) 값을 큰 값(CFPMaxDuration)으로 설정하여 DCF에 대해 동작 우선 순위를 주는 방법을 사용하고 있다.

3.1.2 IEEE 802.11a

802.11a 기술은 데이터 전송을 위해 OFDM 물리 계층을 이용하는 HIPERLAN2와 유사하다. 5GHz 밴드에서 동작하는 제품은 최대 54Mbps 속도를 제공한다. OFDM 기술은 802.11b의 DSSS 기술보다 더 높은 주파수 대역을 지원하는 변조 방식이다. 802.11a 표준이 언제 완성되어 인정을 받을 것인가에 대한 구체적인 계획은 아직 없으며, 따라서 2002년까지는 이 표준에 근거한 제품이 출시되기가 힘들 것으로 보인다.

3.1.3 IEEE 802.11b

802.11b는 가장 최근인 1999년 9월에 WLAN

표준으로 승인되었으며, 표준의 제정으로 호환성을 갖춘 고속 LAN 장비의 제작이 가능하게 됨에 따라 현재 많은 벤더들로부터 다양한 제품들이 개발·출시되고 있다. 802.11b 표준은 CCK(Complementary Code Keying) 변조 방식을 사용하여 최대 11Mbps 속도로 동작하는 DSSS 기술을 사용하는 제품을 위한 상호운용성을 정의하고 있다. 3Com, Aironet/Cisco, Alantro Communications, Apple, Artem, Breezecom, Cabletron, Compaq, Dell, ELSA, Fujitsu, Intermec, Intersil, Lucent, MobileStar, Nokia, No Wires Needed, Samsung, ShareWave, Symbol, Telxon, WavePort, Zoom 등 WECA(Wireless Ethernet Consortium Alliance)의 멤버들이 이 표준을 지지하고 있으며, 1999년 말부터 등 표준에 근거한 제품이 판매되고 있다.

최근 MAC 인핸스먼트 스티디 그룹이 802.11b 표준에 QoS(Quality of Service)와 시큐리티를 통합하는 것에 대한 가능성 연구를 완료하였으며, 802.11b 워킹 그룹은 2000년 말까지 첫 번째 멀티미디어 개선 규격 초안을 발표할 것으로 보인다. 802.11b 규격 내에서 임의의 변조 기술을 사용하면 현재의 데이터 전송 속도를 두 배로 증가시킬 수 있다. Aironet는 2000년 상반기에 22Mbps 제품을 출하할 계획에 있다.

3.2 HIPERLAN

IEEE 802.11과 마찬가지로 ETSI에서 제안한 HIPERLAN type 1 표준안 역시 매체 접근제어 계층과 물리 전송 계층의 기능에 대하여 다루고 있다. 그러나, 802.11과는 달리 HIPERLAN type1 표준을 따르는 제품은 출시되지 못하였는데, 이것은 type1의 경우 매체 접근 제어 계층이 ad-hoc 기반에서 동작하도록 설계되어 있었기 때문에 라우팅 노드와 이퀄라이저 문제가 발생하는데 이 문제가 쉽게 해결되지 못하였기 때문이다.

현재 ETSI에서는 BRAN(Broadband Radio Access Network)이라는 새로운 그룹을 통해 HIPERLAN type2를 개발하고 있는데, type2는 type1과의 호환성을 포기하고 type2만의 새로운 기능들을 중심으로 개발되고 있다. type2는 type1의 분산 제어 형태의 매체 접근 제어 프로

토콜이 아닌 중앙 제어 형태의 제어 프로토콜을 가지고 있으며 이를 통해 type1과는 달리 QoS 관리 기능을 갖추고 있다. 또한, type2는 전송 속도의 향상을 위하여 type1의 GMSK(Gaussian Minimum Shift Keying)이 아닌 OFDM을 채용하고 있으며 하부망과의 연동을 기본구조로 하여 설계되었다. 하부망과의 연동을 위하여 옥내 무선 기간망과의 연동 구조인 HiperLink와 옥외 고정 무선망과의 연동구조인 HiperAccess 등을 정의하고 있다.

HIPERLAN type2의 매체 접근 제어 프로토콜은 시분할 다중 접속(time division multiplexing)의 형태로 이루어지는 연결 설정을 통해 연결 지향형(connection-oriented) 서비스를 제공한다. 상하향링크 통신을 위한 시간 슬롯들은 전송 자원에 대한 단말들의 요구에 따라 동적으로 할당된다. HIPERLAN에서 사용하는 기본적인 MAC 프레임의 구조는 그림과 같이 브로드캐스트 제어 구간, 프레임 제어 구간, 접속 제어 구간, 하향링크와 상향링크 데이터 전송 구간, 랜덤 접속 구간으로 구성되어 있으며 2ms의 고정된 길이를 갖고 있다. 이 중 브로드캐스트 제어 구간의 길이는 고정적이고 나머지 구간은 필요에 따라 동적으로 조정되도록 되어 있다. 기본적인 동작을 살펴보면, 연결 지향형 방식으로 AP와 연결을 설정하고자 하는 단말은 랜덤 접속 구간을 통해 호설정(CAC:Call Admission Control)과 관련된 일련의 정보를 전송한 후 AP로부터 접속 제어 채널을 통해 랜덤 접속 채널에서의 접속 시도에 대한 성공 여부를 보고 받는다. 랜덤 접속이 성공한 경우에는 프레임 제어 구간의 정보를 통해 해당 단말이 사용할 상하향링크 시간 슬롯들을 할당받게 되고, 이후, 이 슬롯들을 사용하여 신호 및 사용자 데이터를 전송하는 구조로 되어 있다.

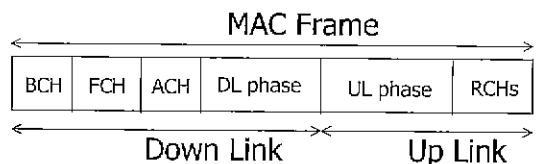


그림 7 HIPERLAN(type2) MAC 프레임의 기본 구조

HIPERLAN type2는 데이터 링크(DLC) 계층 상위에 정합(convergence) 계층을 들으로써 상위 프로토콜들과의 호환성 문제를 해결할 수 있는 구조로 되어 있으며, AP와의 연결 설정시 서비스 클래스 별로 자원 할당에 우선 순위를 부여하고 제약된 품질이 유지될 수 있도록 AP가 자원을 관리함으로써 서비스 품질 관리가 이루어질 수 있는 구조를 제안하고 있다.

3.3 기타

기타의 표준안으로는 일본에서 개발 중인 MMAC 등이 있다. MMAC 표준안은 30~300GHz 대역을 이용한 156Mbps 급의 초고속 옥내 무선 LAN 시스템과 3~60GHz 대역을 이용한 25~30Mbps의 속도를 지원하는 무선 접속망에 대하여 다루고 있는데, 매체 접근 제어 프로토콜은 IEEE의 802.11과 유사한 구조로 이루어져 있다.

4. IMT-2000의 IP 수용방안: 망계층

지금까지 많은 연구자들이 IMT-2000의 소개, 진화방안, 특성들에 대해 소개해 왔으므로 본고에서는 망계층의 측면에서의 IP 서비스를 수용하기 위한 방안을 다룬다.

4.1 IMT-2000의 소개

3세대 이동통신 시스템인 IMT-2000은 2/2.5세대 이동통신(PCS, 디지털 셀룰러)이 음성 서비스 제공을 목적으로 하는 것과는 달리 데이터 서비스 제공을 목적으로 음성, 데이터 및 영상을 포함한 멀티미디어 서비스를 제공한다. 또한 아래와 같은 특성을 제공한다.

- 글로벌 로밍: 단말기의 이동성, 사용자의 이동성, 서비스의 이동성을 제공하여 하나의 단말기로 어디서나 서비스가 가능하게 한다.
- 다양한 데이터 속도: 8kbps의 음성 서비스로부터, 보행중 384kbps, 차량 운행 중 128kbps와 실내에서 최대 2Mbps를 지원한다.
- 유연한 네트워크 구조: 개방형 구조와 지능망 개념을 도입하여 네트워크의 확장 및 새로운 서비스를 용이하게 추가할 수 있는 유연한

네트워크 구조를 갖는다.

- 후방향 호환성: 2세대 이동 통신 시스템과 기존의 PSTN 시스템과도 연동케 한다.

IMT-2000은 초기에는 단일 표준안이 추진되었으나, 지역 표준 성격이 강한 family concept를 채택하여 유럽의 3GPP(3rd Generation Partnership Project)와 미국의 3GPP2 중심으로 개발 중이며, OHG(Operation Harmonization Group)의 결성으로 3GPP와 3GPP2의 상호 연동도 가능해지고 있다.

4.2 IMT-2000의 IP 수용방안

현재 IMT-2000 시스템에서 패킷을 이용하여 인터넷을 서비스하고자 하는 연구는 3GPP의 TSG-SA WG3과 3GPP2의 TSGP, TSGA WGC를 중심으로 표준화가 진행중이다. 3GPP의 경우 GSM에서 사용되던 무선 패킷 서비스인 GPRS를 이용한 All IP 서비스를 목표로 하고 있으며, 3GPP2에서는 PDSN을 이용하여 기존 무선 데이터 서비스 네트워크에서 Simple IP 혹은 Mobile IP를 지원하려 하고 있다.

4.2.1 3GPP의 GPRS 기반 무선 패킷 서비스

3GPP TSG-SA의 All IP 네트워크 참조 모델은 그림 8, 그림 9와 같다. 3GPP의 네트워크 모델 Option 1은 3세대 무선/이동 네트워크에서 All IP 기반의 서비스를 제공하기 위한 구조로 제안된 것이고, Option 2는 release 99 CS(Circuit Switching) domain terminal에 대하여 Option 1과 같은 IP 기반의 서비스를 제공하기 위한 구조이다.

이 그림에서 GGSN(Gateway GPRS Support Node)과 SGSN(Serving GPRS Support Node)는 GPRS 네트워크에서 이동성 관리와 이동 단말의 PDP(Packet Data Protocol) 서비스를 지원한다. GGSN은 PDN 및 인터넷과의 연동 지점이며, SGSN은 BSS(Base Station System)을 통하여 이동 단말과 연결된다. GGSN과 SGSN은 동일한 기능 요소를 가지며 하나의 노드르 구성될 수도 있다. GPRS 네트워크의 HLR 기능은 HSS(Home Subscriber Server)에서 수행한다. HSS에서는 사용자의 프로파일을 관리하는 역할

도 동시에 수행한다.

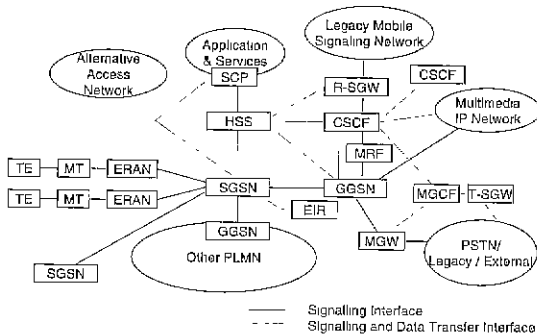


그림 8 GPRS의 네트워크 참조 모델 Option 1

호 제어와 시그널링은 CSCF(Call State Control Function), MGCF(Media Gateway Control Function), R-SGW(Roaming Signalling Gateway), MGW(Media Gateway), T-SGW(Transport Signalling Gateway), MRF(Media Resource Function)에 의하여 이루어진다. CSCF는 H.323 GateKeeper나 SIP(Session Initiated Protocol) 서버와 유사하게 동작하지만 특정한 호 제어 알고리즘을 가진 애플리케이션으로 설계된다.

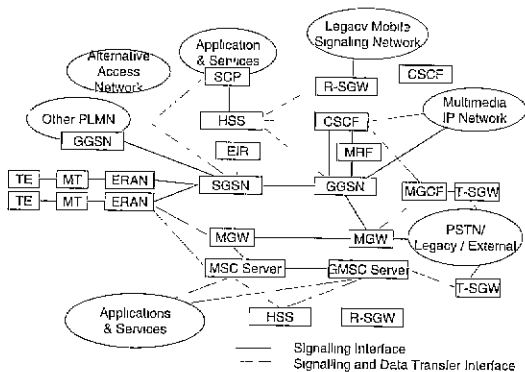


그림 9 GPRS의 네트워크 참조 모델 Option 2

Option 2에서는 CS 구조를 지원하기 위하여 MSC(Mobile Switching Center) 서버와 GMSC(Gateway MSC) 서버가 추가된다.

4.2.2 3GPP2의 무선 IP 네트워크 표준

현재 3GPP2에서는 TSG-A와 TSG-P가 무

선 패킷 서비스와 관련된 표준화 연구 중에 있다. TSG-A에서는 R-P 인터페이스의 표준화 IOS 관련된 연구들이 활발히 이루어지고 있으며, 각각의 네트워크 노드간의 인터페이스에 대한 표준화 작업이 그 목표이다(그림 10 참조).

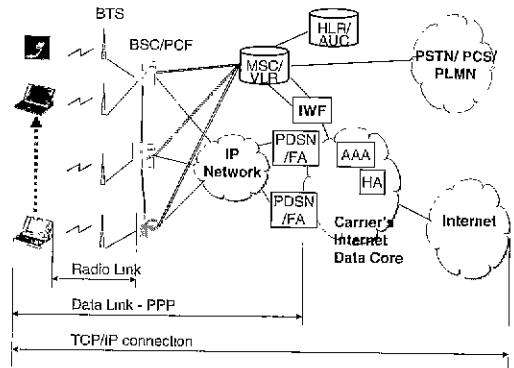


그림 10 3GPP2의 패킷 데이터 서비스 구조

TSG-P에서는 인터넷 접속을 위한 프로토콜 스택과 관련된 연구가 이루어지고 있으며, 특히 PPP 이상의 상위 계층을 목표로 하고 있다. TSG-P의 무선 IP 네트워크 참조 모델은 그림 11, 그림 12와 같이 구성된다. Access Provider Network은 이동 단말의 무선 접속 지점으로 단말의 로밍 서비스 상태에 의하여 Visited Access Provider Network과 Home Access Provider Network으로 나뉘어진다. RN(Radio Network)을 통하여 무선 접속한 단말은 인터페이스 PDSN(Packet Data Serving Node)를 통하여 IP Network과 연결이 되며, IP Network은 각 네트워크에 존재하는 RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service)서버들을 통하여 이동 단말의 인증 처리를 한다. RN에 연결된 VLR(Visited Location Register)와 HLR(Home Location Register)를 이용하여 위치 관리가 이루어진다.

그림 11과 같이 SIP(Simple IP)를 이용한 경우, 단말이 이동하게 되면 무선 접속하고 있는 RN이 변화하게 되고, 이에 의하여 이동 단말이 할당받는 IP 주소가 변화하게 된다. 따라서 단말의 이동시마다 PPP 세션이 매번 재설정된다.

반면에 그림 12와 같이 MIP(Mobile IP)의

경우, PDSN이 단말의 FA(Foreign Agent)역할을 수행하므로, 단말의 이동으로 무선 접속한 RN이 변화하여도 이동한 RN이 이전의 RN과 동일한 PDSN의 관할 하에 있는 한 단말이 사용하는 COA(Care-of-Address)는 불변한다. 따라서 하나의 PDSN 내에서의 단말의 이동에 의한 PPP 세션의 재설정(재설정)은 일어나지 않게 된다.

MIP를 사용하는 경우, HA(Home Agent)는 Home Access Provider Network에 존재하게 된다. 사설망이나 ISP(Internet Service Provider)를 이용한 경우에는 해당하는 Network에 HA가 위치하게 된다.

RADIUS 서버는 이동 단말의 인증을 제공하여 주는 기능을 하며, 이동 단말의 위치에 따라 Visited RADIUS와 Home RADIUS 서버로 나눌 수 있다. Broker RADIUS 서버는 Home RADIUS 서버와 Visited RADIUS 서버사이의 RADIUS 메시지를 안전하게 전달하여 주는 역할을 한다.

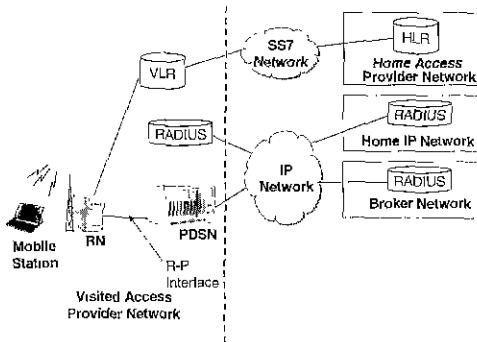


그림 11 Simple IP 사용시의 네트워크 참조 모델

SIP 기반의 무선 IP 네트워크에서 사용자는 로컬 PDSN으로부터 동적으로 IP주소를 할당받게 되면, PDSN의 관할 하에 있는 무선 접속 네트워크에 머물러 있는 동안 IP주소를 계속 유지하게 되므로 IP 주소의 네트워크 이동성을 가지지 못한다. PDSN은 PPP 세션의 형성과 종료, 인증, 압축과 관련된 기능들을 수행하고 로컬 RADIUS 서버에 대하여 RADIUS 클라이언트로서의 이동 단말의 인증 처리를 한다.

MIP 기반의 무선 네트워크에서는 단말이 이동하여도 주어진 IP주소를 계속 유지하는 것이

가능하다. MIP의 이동성은 PDSN과 Home IP Network의 HA를 통하여 지원된다. PDSN에서는 SIP 기반과 마찬가지로 PPP 세션의 형성과 종료, 인증, 압축과 관련된 기능을 수행한다.

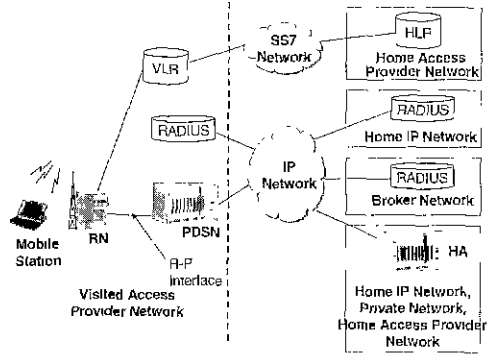


그림 12 Mobile IP 사용시의 네트워크 참조 모델

MIP의 registration은 PDSN을 통하여 이루어진다. PDSN에서 Agent Advertisement를 전송하거나, 이동 단말로부터 Agent Solicitation message를 수신하여 PDSN 관할 하로 이동한 단말의 registration이 완료된다. Agent Advertisement를 전송한 후 PDSN은 단말로부터 Agent Solicitation message가 수신될 때까지 Agent Advertisement를 재전송하지 않는다. 이후 PDSN이 단말에 IP를 부여할 때에는 static한 방법과 dynamic한 방법이 모두 사용된다. Registration이 이루어진 단말들은 PDSN과 HA상의 tunneling을 통하여 보안이 제공되는 데이터 서비스를 받게된다.

5. 무선 수송 프로토콜:수송 계층

IP 상위의 계층은 수송 계층으로 end-to-end의 신뢰성있는 데이터 전송을 보장시켜 줄 목적으로 TCP 프로토콜을 이용하거나 WAP (Wireless Application Protocol)과 같이 비연결형 서비스를 이용하는 경우는 UDP 프로토콜을 이용한다. 이중 인터넷 상거래나 데이터 전송 등에서는 신뢰도 있는 데이터 전송이 보장되어야 하므로 무선 환경에서의 무선 TCP 프로토콜이 필요하다.

TCP의 성능이 무선 환경에서 저하되는 이유

는 기존 TCP가 전송 손실이 거의 없는 유선환경에 적합하도록 설계되어 전송손실이 큰 무선환경의 특성을 잘 반영하지 못하므로 발생한다.

아래 그림 13과 같은 무선 인터넷 환경을 고려할 때 TCP 성능 저하를 초래하는 이유는 아래와 같다.

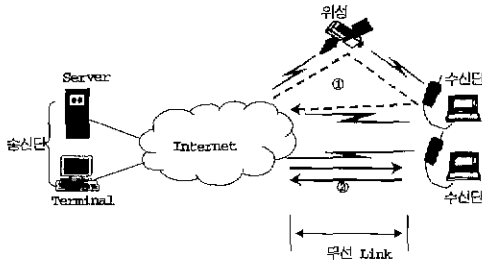


그림 13 무선 인터넷 환경

5.1 전송 손실(Transmission Error)

그림 13에서 ①② 경로에 공통적인 특성으로 무선 링크는 유선링크에 비해 높은 BER(Bit Error Rate)과 Random 에러로 인해 여러 개의 패킷 손실(multiple packet losses)을 유발하고, 단말(Receiver)의 이동으로 인한 일시적인 연결 단락(disconnection)과 링크 품질 저하로 인하여 버스트한 패킷 손실(burst packet losses)이 발생한다. 이때, 전송 단말(sender)의 TCP는 이러한 패킷 손실의 원인을 네트워크의 혼잡(congestion)으로 인한 것으로 간주하여 혼잡제어(congestion control)를 수행하게 함으로써 재전송을 유발하며, 윈도우 크기를 현저히 감소시킴으로써 전송율이 저하되므로 성능이 낮아진다.

5.2 높은 Delay-Bandwidth Product(지연*대역폭)

무선망에서의 성능을 좌우하는 가장 지배적인 지연요소는 전파지연이다. 그 예로 위성망에서 GEO는 270ms 정도이며, FEC(Forward Error Correction)를 위한 interleaver가 있을 때 더욱 커진다. LEO는 GEO에 비해 일반적으로 작으나(40- 400ms), 상대적인 위치이동이 커지므로 전파지연 변화가 더욱 더욱 크고, 큐잉 지연에 영

향을 많이 받는다. 또한 위성망은 수십 Mbps에서 수 Gbps의 링크 속도를 제공할 수 있다. 이러한 특성은 높은 Delay-Bandwidth Product (DBP)로 표현되며, 다음과 같은 두 가지 요인으로 기존 TCP 전송율(throughput)이 저하된다.

첫째, 데이터 경로상의 실제 가용한 자원 용량(pipe capacity = 네트워크 버퍼 + 지연*대역폭) 대비 윈도우 크기 제한으로 전송율이 DBP보다 현저히 낮게 나타나며, 둘째, 수신된 ACK에 대해 윈도우 크기를 지속적으로 증가시키는 slow start 모드에서 ACK 전송지연으로 임계 전송율(slow start threshold, ssthresh)까지 도달하는 시간(ramp-up time)이 길어져서 사용 가능한 대역폭의 낭비를 초래한다.

5.3 비대칭(Asymmetry) 대역폭

무선링크에서는 순방향과 역방향의 대역폭이 비대칭적이다. 주로 순방향에 비해 역방향 링크가 저속인 경우가 이에 해당한다. TCPself-clocking 특성에 의해 ACK 패킷이 지연되어 윈도우 증가율을 저하시키거나, 역방향 링크상의 병목 지점 버퍼 포화로 ACK가 손실된 후 다른 패킷에 대한 ACK를 수신하게 되면 TCP는 일시적으로 많은 패킷을 전송하여 패킷 전송의 bursty하게 되어 경로 양방향에서의 패킷 손실을 유발할 수 있다.

현재까지 TCP 계층에서 무선망의 특성을 보완하여 성능을 향상시키는 방법들이 다음과 같이 제안되어 있다.

- 전송손실 문제 대응 방안

링크 계층에서 재전송과 TCP 계층에서의 재전송간의 interference를 막기 위해 수신단에서 Duplicated ACK 전송을 지연시키는 방법이 있고, 혼잡을 송신단에게 명시적으로 통보함으로써 전송율을 줄여 혼잡으로 인한 패킷 손실을 감소시킬 수 있는 F/BECN(Forward/Backward Explicit Congestion Notification)이 있으며, 혼잡과 손실에 의한 패킷 손실을 구분하는 기능을 라우터에서 구현하여 송신단에게 명시적으로 통보함으로써 불필요한 혼잡제어 메커니즘 작동을 방지함으로써 전송율을 향상시키는 방법 등이 있다.

이외에 PILC WG에서 논의되고 있는 연결분리 및 PEP(Performance Enhancing Proxy) 방

법으로, I-TCP, MTCP와 같은 split TCP 연결 방법은 종단간 semantics 위배와 기지국 고장시에 심각한 문제가 발생할 수 있다는 단점이 있으며, 근거리 무선망에서 TCP 성능을 향상시키는 방법으로 제안된 snoop, mobile TCP는 종단간 semantics를 유지하지만 이동 단말의 이동으로 인한 일시적인 연결 단락을 지원하지 못하는 단점이 있으며, 일시적인 연결 단락을 지원하기 위한 MTCP가 제안되어 있다.

그러나, 상기와 같은 방법들은 경로 상의 중간 노드로부터의 특정한 지원이 필요한 경우이므로 global하게 적용하기에는 아직 곤란한 점이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 종단간에서 전송 손실과 혼잡손실을 구분하여 TCP의 성능을 유지하기 위한 연구가 진행 중에 있으나, TCP 계층에서 활용할 수 있는 통계적인 변수들이 제한적이고, 그 변수들간에도 correlation이 약하기 때문에 아직은 더욱 연구가 필요한 상태이다.

• 높은 지연*대역폭 문제 대응방안

T/TCP(TCP for Transactions)는 TCP 연결 설정시 SYN 패킷과 함께 데이터를 전송하여 "three-way handshaking"로 인한 start up time을 제거함으로써, 짧은 요청/응답 트래픽 전송시 연결설정으로 인한 불필요한 지연을 방지할 수 있다. 그러나 종단간 모두 사용되어야 하지만 널리 사용되지 않고 있다.

Slow start 모드를 위성망의 특성에 적합하도록 보완하는 방법으로 초기 CWND(congestion window)를 증가시켜 slow start 시간을 줄임으로써 가용 대역폭의 낭비를 줄이는 "Large Initial Window"기법이 있으며, ACK 개수 대신 실제 ACK된 데이터에 기반하여 CWND를 증가시킴으로써 delayed ACK로 인한 CWND 증가를 저하를 막을 수 있는 "Byte Counting"기법이 있으나 전송 트래픽이 버스티해져 패킷 폐기율이 증가하는 단점이 있다. 이외에 slow start(SS) 모드 동안 송신자가 윈도우 크기를 조금더 적극적으로 증가시킬 수 있게 하기 위해 SS모드 동안에는 delayed ACK를 사용하지 않게 하는 DAASS(Delayed ACK only after the Slow start) 기법은 구현이 곤란한 단점이 있으며, 윈도우의 지수적인 증가를 적절한 시기에 종료하여 congestion avoidance phase

로 전환하게 하여 네트워크 폭주를 막는 ssthresh 추정 방법은 네트워크의 역동성으로 인하여 더욱 연구가 필요한 부분이고, 여러개의 ACK가 연속적으로 전달되면 데이터 패킷이 버스티하게 주입되므로 이를 막기 위한 ACK Spacing 기법이 있다. 또한 유사한 연결(예, 서버넷 주소가 같은 경우) 간의 상태 공유를 통해 CWND, MSS, RTT값들을 추정하는 시간을 절약할 수 있으며, 한 개의 파일 전송 시에 여러 개의 TCP로 분리하여 보내는 방법도 제안되어 있다.

손실 복구(Loss Recovery)를 위한 방법으로는 partial ACK과 SACK(Selected ACK)에 기반하여 다중 손실시에도 신속한 재전송이 이루어지게 하는 방법이 있으며, SACK 기반 기법이 partial ACK보다 성능이 우수하나 데이터를 버스티하게 하여 손실을 증가시키는 단점이 있다. 이외에 FACK(Forwarding ACK)는 SACK 필드의 정보를 이용하여 손실 복구 동안 망으로 주입되는 데이터를 조정함으로써 혼잡을 관리하며, FACK의 최근 버전인 Rate-Halving은 패킷 손실시 CWND를 한번에 반으로 줄이지 않고 RTT동안 천천히 감소시켜 복구과정 동안 전송되는 데이터를 분산시켜 재전송 트래픽의 버스티 현상을 방지할 수 있다.

• 비대칭 대역폭 문제 대응 방안

역방향 경로 상의 저속 링크에서 전송율을 높이는 방법으로는 TCP 헤더 압축과 수신단 측에서 ACK 혼잡제어(ACC : ACK Congestion Control)을 통해 혼잡으로 인한 ACK의 손실을 방지하여 TCP의 성능을 향상시키는 방안과 ACC와 유사한 개념에서 출발하였으나, 라우터에서 ACK redundancy를 제거하는 ACK Filtering을 이용하여 ACK 패킷 손실을 막는 방법이 있다. 이러한 방법은 송신단 측에서 TCP burstiness를 방지하기 위한 sender adaptation(SA)과 ACK reconstruction(AR) 기법이 함께 구현되어야 한다.

무선망에서 종단간 TCP 성능 개선에 가장 큰 장애 요인은 비대칭 대역폭으로 인한 TCP burstiness와 에러에 의한 패킷 손실(non-congestion loss)을 혼잡에 의한 손실(congestion loss)과 구별하지 못해 여전히 불필요한

혼잡 제어 매커니즘을 작동시킨다는 것이다. 현재까지 제안된 방법들이 한정된 환경에서 혹은 경험적 것에 근거를 두고 있기 때문에 충분한 대안으로서 인정되고 있지 못하고 있다. 이러한 문제에 대하여 근본적인 해결이 선행될 때 무선환경에서 보다 안정적인 인터넷 서비스가 제공될 수 있을 것이다.

6. 결 론

무선환경의 물리계층, 즉 무선 채널의 제한된 대역, 열악한 채널 환경을 극복하는 기술들이 등장함에 따라, 그 동안 PCS, 셀룰러 등으로 이동 서비스에 익숙해졌고, 인터넷 서비스를 주 응용 데이터 서비스로 이용하던 이용자는 무선 인터넷의 이용을 극대화하리라 본다.

HomeRF, 무선 LAN, HIPERLAN, Hiper-Link/Access, IMT-2000 등의 기술이 가능해짐에 따라 가정에서의 무선 인터넷 환경, 사무실에서의 무선 인터넷 환경, 개인의 무선 인터넷 환경이 이루어지고 있다.

무선 링크 계층의 IEEE 802.11, SWAP, HIPERLAN2은 25Mbps의 전송 속도를 제공하며, 무선 멀티미디어 서비스를 가능케 하고 있고, 무선 망 계층에서는 IP 서비스를 수용하는 방안을 앞으로의 무선 통신망으로 자리잡을 IMT-2000에서 GPRS, Mobile IP, Simple IP 방안 등으로 제시하고 있다. 기존의 TCP 응용 서비스를 지원하기 위해 높은 지연*대역폭과 높은 오류율을 갖는 무선망에서의 무선 TCP가 재설계 되고 있다. 이외에도 응용 계층에서는 다양한 무선 전송망에서 무선 채널의 좁은 대역폭을 고려하여 WAP도 출현되는 등 무선 환경에서의 멀티미디어 인터넷 서비스를 가능케 하기 위한 기술들이 개발되고 있다.

참고문헌

- [1] <http://www.etsi.org/bran>
 [2] <http://www.hiperlan2.com>

- [3] Jaap C. Haartsen, "The Bluetooth Radio System", IEEE Personal Communications, Feb. 2000.
 [4] <http://www.homerf.org>
 [5] Telecommunication Review "2000년대 신기술", 제10권 1호, 2000, SK Telecomm.
 [6] 개방시스템, "IMT-2000 기술동향", 제13권 3호, 1999. 11, 개방형 컴퓨터 통신연구회.
 [7] 텔레콤. "제4세대 휴대 통신 기술 특집", 제15권 2호, 1999. 12, 대한 전자 공학회.
 [8] 텔레콤. "광대역 무선 통신 시스템 특집", 제14권 2호, 1998. 12, 대한 전자 공학회.
 [9] <http://www.3gpp.org>
 [10] <http://www.3gpp2.org>
 [11] C. Barakat, E. Altman, and W. Dabbous, "On TCP Performance in a Heterogeneous Network: A Survey", IEEE Compu. Commun. Rev., Jan. 2000.
 [12] M. Allman et al., "On Going TCP Research Related Satellites", Internet draft, work in progress, Sept. 1999.

이 재 용



1977.3 연세대학교 전자공학과 공학사
 1984.5 Iowa State Univ. 컴퓨터 공학과 공학석사
 1987.5 Iowa State Univ. 컴퓨터 공학과 공학박사
 1977.2~1982.6 국방과학연구소 연구원
 1983.1~1986.12 Iowa State Univ. 연구원

1987.6~1994.8 포항공과대학교 전자계산학과 부교수
 1994.9~현재 연세대학교 전기·컴퓨터 공학과 교수
 관심분야는 프로토콜 공학, 고속멀티미디어 통신프로토콜, 망관리
 E-mail : jyl@nasla.yonsei.ac.kr