

主 題

# 차세대 이동통신을 위한 통신망 기술

연세대학교 전기전자공학부 권은현, 이재용

차 례

1. 서론 : 유·무선망의 통합 방향
2. 유선 백본망의 발전방향 : NGN
3. 이동 액세스 네트워크 발전방향 : Cellular, WLAN, WPAN, MBWA
4. 차세대 네트워크 지원 기술 : Mobile IP, Multicast, QoS 관리, WTCP
5. 결론 : 차세대 이동통신과 USN

## 1. 서론 : 유·무선망의 통합 방향

1968년 ARPA 네트워크의 출현 이후 음성 서비스 위주의 네트워크와 데이터 서비스 위주의 네트워크는 서로의 서비스를 수용하기 위해 노력해왔다. 음성 기반의 네트워크에서 데이터를 수용하기 위한 노력은 '꿈의 망'으로 그친 ISDN(Integrated Services Digital Network)으로 나타났고, 데이터 기반의 네트워크에서 음성을 수용하기 위한 노력은 보편적인 비연결형 데이터 서비스와는 대비되는 B-ISDN(Broadband-ISDN)으로 나타났다. 이후 다시 B-ISDN은 IP 서비스의 수용을 위해 ATM 교환기를 MPLS(Multi Protocol Label Switching) 교환기로 대체하여 보완하고 있지만, VoIP(Voice over IP)등 음성 서비스의 제공에는 아직 완전한 해법이 제시되지 못하고 있다. 이를 해결하기 위해서 IETF(Internet Engineering Task Force)에서는

QoS(Quality of Service) 지원을 위한 IntServ, DiffServ 구조를 제시하고 있고, ITU(International Telecommunication Union)에서는 NGN(Next Generation Network) 구조를 제시하여 음성과 데이터의 통합된 서비스를 가능하게 하기 위한 표준을 논의하고 있다[1][2][3]. 한편, 이동성의 장점과 음성위주의 서비스를 갖고 있는 이동통신망도 IP 서비스의 확산으로 QoS를 보장하는 IP를 수용하기 위한 노력이 3세대 이동통신망부터 구체적으로 제시되고 있다. 이를 위하여 3세대 핵심망(3G Core Network)의 표준에서는 NGN과의 연동을 고려하는 방향으로 논의되어, 3GPP에서는 IMS(IP Multimedia Service)[4]와 3GPP2에서는 MMD(Multimedia Domain)[5]가 제시되고 있다. 이동통신망에서 IP 기술이 도입되면서 단기·중기적으로는 이동 액세스망이 차세대 유선망 백본인 게이트웨이와 3GPP의 IMS, 3GPP2의 MMD를 통하여 NGN과

의 연동 방안이 모색되고 있으며, 장기적으로는 핵심망과 액세스 망까지 하나의 IP망으로 보여지는 All-IP 형태의 진화를 생각하고 있다. 또한, 핫스팟이나 정해진 지역 내에서 고속의 데이터 서비스를 제공하기 위한 WLAN(Wireless LAN), 이동성과 고속의 데이터 서비스를 모두 제공하려는 WiBro(Wireless Broadband access)등은 직접적인 All-IP 망을 고려하여 설계되고 있다.

그림 1은 NGN을 백본으로 갖는 유·무선 통합 4세대 이동통신망을 보여주고 있다. 이 그림에서 보는바와 같이 단·중기 이동 액세스 네트워크는 3G RAN으로, 장기 액세스 네트워크는 IP RAN으로 구성됨을 알 수 있다.

본 고에서는 차세대 이동통신을 위한 통신망 기술에 대하여 살펴보고자 한다. 2장에서는 유선 백본망의 진화 방향인 NGN에 대하여 소개하고, 3장에서는 다양한 액세스 망에 대한 발전 방향을 논의해본다. 그리고 4장에서는 차세대 네트워크를 위한 주요 지원 기술에 대하여 살펴보도록 한다.

## 2. 유선 백본망의 발전방향 : NGN

음성을 포함한 기존의 인터넷 서비스, 디지털 방송, VOD 등을 포함한 차세대 고속 인터넷 서비스, 이동성 및 연동 서비스, RFID와 같은 기기 서비스를 포함한 모든 서비스를 제공하는 플랫폼을 가진 통신망을 NGN이라고 ITU-T에서는 정의한다. 이를 지원하기 위해서 NGN은 아래와 같은 기술을 고려하였다.

- 개방형 인터페이스 (Parlay/OSA 구조로 표준화 작업)
- QoS 관리 기술 (주로 IETF에서 프로토콜 기술 표준화 작업)
- 네트워크와 서비스 분리 (ATM 기반의 MSF와 IP 기반의 ISC에서 SoftSwitch 구조 제시)
- 네트워크 진화를 위한 상호 호환성
- 이동성 제공 (3GPP IMS, 3GPP2 MMD 및 All-IP 구조)

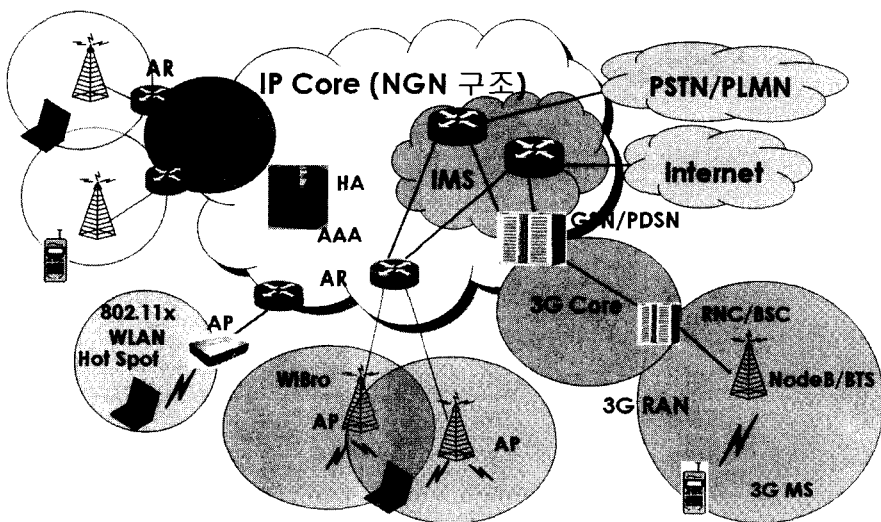


그림 1. 4세대 이동통신망의 구조

그림 2와 같이 액세스 계층, 스위칭과 미디어 적응 계층, 제어 계층, 네트워크 서비스 계층의 4 계층 구조를 갖는 NGN 참조 모델이 제안되었다.

- 네트워크 서비스 계층은 Policy 서버, Directory 서버등 다양한 응용 서버들이 다양한 네트워크에서 개방형 서비스 플랫폼으로 'plug and play' 형태의 서비스가 제공되도록 한다. 또한 네트워크의 통합 망관리, 단일 인증체제로 강화된 보안기능도 제공한다.
- 제어 계층은 ATM, IP, 무선망등 다양한 형태의 네트워크 제어를 위해 ATM 기반의 MSF(Multiservice Switching Forum)와 IP 기반의 ISC (International Softswitch Consortium)에서 Softswitch 구조를 제시한다.
- 교환 및 미디어 적응 계층은 패킷 기반의 망에서 QoS가 보장되는 음성, 데이터 멀티미디어 서비스를 제공하는 단일망 구축을 목표로 Media Gateway를 통해 다양한 특성

의 트래픽을 수용 가능케 한다.

- 액세스 계층은 다양한 유·무선 가입자 망을 모두 수용하여 이용자 환경에 따라 적절히 가입자망을 선택하게 하여 끊김 없는 서비스를 지원한다. 특히, 정보 가전 및 이동 단말에도 IPv6를 도입하여 All-IP를 가능하게 한다.

NGN에 관련된 기술들은 단일 표준화 기구보다는 여러 국제 표준기구, 포럼 등이 관련되어 제시되고 있다.

먼저 ITU-T에서는 SG13과 SSG(Special Study Group)이 연합하여 이동망과 유선망의 상호 연결(interconnection), 상호 연동(internetworking), 통합(convergence)를 목표로 NGN 관련 표준화 추진을 논의하고 있다.

유럽연합의 통신관련 표준화 기구인 ETSI에서는 NGN-IG(Next Generation Network Implementation Group)에서 규정한 6개의 기술 영역(구조, 프로토콜, 종단간 QoS, 서비스 플랫폼, NGN 망관리, 적법한 감청과 보안)에 대해 표준화를 추진한다. 특히 2003년 9월에 결성된

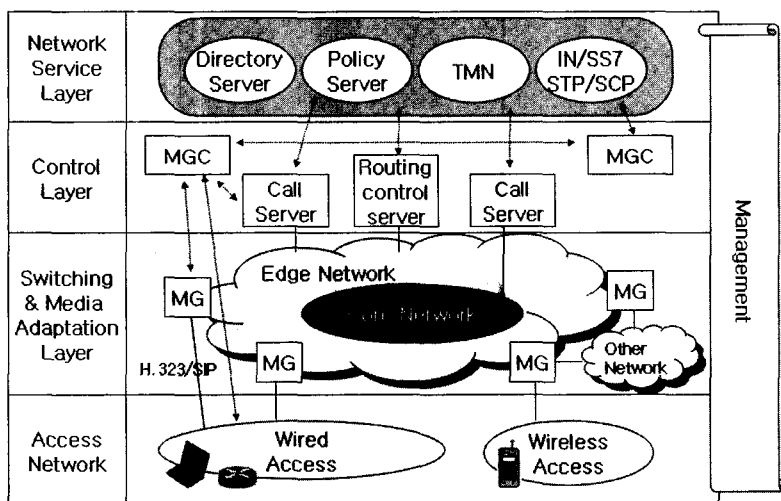


그림 2. NGN-Reference Architecture

TISPAN(Telecom Internet converged Service Protocols for Advanced Network) 기술 위원회에서는 회선 교환망과 Internet 망을 통합하기 위한 표준을 다루고 있다.

Internet 의 기술표준을 다루는 IETF에서는 NGN 표준화 작업과 관련하여 아래와 같은 표준화 작업들이 이루어지고 있다.

- NSIS(Next Steps In Signalling)
- Mobile IP
- SIP and MEGACO
- MPLS
- MANET(Mobile Ad-Hoc network)
- Intserv, Diffserv 구조
- IPv6
- Multicast

특히 IETF에서는 QoS 제공을 위한 Intserv, Diffserv 구조를 제시하고 있고, NSIS에서도 호 설정에 앞서 QoS를 보장하는 방안이 RSVP를 기반으로 제시되고 있다. Mobile IP에서는 이동망에서 IPv6 All-IP 네트워크가 될 것을 예상하고 Hierarchical Fast MIP(HFMIPv6)를 논의하고 있다.

이처럼 이동통신망의 백본망 역할을 담당할 NGN은 ITU-T, ETSI, IETF등 표준화 그룹과 Parlay/OSA, MSF, ISC등의 포럼 등에서 멀티미디어 서비스 제공, 개방된 인터페이스, 이동성 제공, 네트워크와 서비스의 분리, 상호호환성, QoS 제공 등의 표준화가 이루어지고 있다.

### 3. 이동 액세스 네트워크 발전 방향 : Cellular, WLAN, WPAN, MBWA

4세대 액세스 네트워크는 무선상의 QoS를 지

원하면서 시스템 성능을 최대로 할 수 있도록 효율적으로 제공되어야 한다. 무선 자원의 효율적인 사용을 위하여 MC-CDMA, OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)등의 다중 액세스 기법 및 MIMO(Multi Input Multi Output) 등의 다중 안테나 기술이 연구되고 있다. 또한, 이러한 액세스 네트워크는 핵심망의 발전방향을 수용하기 위해서 IP 코어 네트워크에 쉽게 구성될 수 있도록 플러그-인 액세스 네트워크 형태가 가능하여야 한다. 이를 위한 다양한 액세스 망에는 셀룰러, WLAN, WiBro, PAN(Personal Area Network) 등이 있으며 각기 4세대 이동통신의 요구사항 및 기반기술을 수용하면서 발전하고 있다

#### 3.1. 셀룰러 네트워크

현재 셀룰러 이동통신 시스템은 1세대의 아날로그, 2세대의 디지털을 거쳐서 최근 3세대서비스가 개시되었다. 3세대 이동통신에서는 이미 핵심망에서 IP 기술이 도입되고 IMS와 연동하는 형태로 발전하고 있으며, 3세대 이후에는 액세스 망에서도 IP를 수용하여 패킷 기반의 All-IP 구조로 진화하고 있다. MWIF(Mobile Wireless Internet Forum)을 중심으로 이동통신 액세스 망에 IP기술을 도입하는 노력이 시작되었으며, 3GPP, 3GPP2에서도 이를 위한 연구가 진행되었다. 그림 3에서 보는 바와 같이 단기적으로는 액세스 망과 핵심망 사이에 전송 프로토콜로써 IP 기술을 도입하고 있으며, 궁극적으로 All-IP 기반의 액세스 망으로 발전하려 하고 있다. 이는 인터페이스나 내부 구조, 무선 접속 프로토콜이 기존 2세대 및 3세대와 전혀 다른 모습으로 만들어지며, IP 액세스 네트워크가 개방 및 분산되는 형태로 진화되고 있다.

결론적으로 4세대 이동통신 시스템에서는 핵심 망과 더불어 액세스 망도 IP 기반의 패킷망으로 구성되며 개방/분산형 멀티미디어 네트워크로 발전할 것으로 예측된다. 이를 위하여 다양한 무선 접속 기술 및 네트워크, 서비스 기술이 연구되어야 한다.

### 3.2. WLAN

가정이나 사무실의 실내 무선 LAN 구축을 위한 접속 기술로서 통신 사업자들이 이들 AP를 공공장소에 시설하여 서비스 가입자가 해당 서비스 지역에서는 자유롭게 Internet을 접속할 수 있도록 공중망 서비스 용도로도 이용되고 있다. 무선 LAN 방식의 장점은 저렴한 가격과 고속의 접속 성능을 제공하는 것이나, 기본적으로 ISM 대역의 실내용으로 개발된 것으로서 서비스 범위가 제한적이라는 것이며, 서비스 커버리지의 끊임 없는 구성과 QoS를 보장하기 위한 망 구축이 어렵다는 것이 단점이다.

무선 접속, 품질 보장, 사용자 인증등과 관련하여 다양한 기술에 대한 표준이 IEEE 802.11

WG(Working Group)에서 진행 중이다[6]. 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11g가 완료되었으며 모두 경로를 공유하기 위하여 이더넷 프로토콜과 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 방식을 사용한다. 802.11은 2.4GHz 대역에서 1~2Mbps를 구현하며, FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum) 또는 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)을 사용한다. 802.11의 확장인 802.11a의 경우 5 GHz 대역에서 OFDM 모듈레이션 기법을 사용하여 54 Mbps 까지 제공할 수 있다. 그러나 일반적으로는 6Mbps, 12Mbps, 24Mbps등을 제공하고 있다. 보통 Wi-Fi라 불리는 802.11b는 2.4 GHz 대역에서 11 Mbps의 대역폭을 제공하며 기존의 802.11과의 호환성이 유지된다. 높은 데이터 속도와 다중 경로 간섭을 방지하기 위하여 CCK(Complementary Code Keying)를 사용하고 있다. 802.11g는 가장 최근에 완료된 표준이며, 2.4GHz에서도 20Mbps 이상의 데이터 속도를 적용하기 위한 것이다.

최근 다양한 QoS를 무선 LAN에서 제공하기

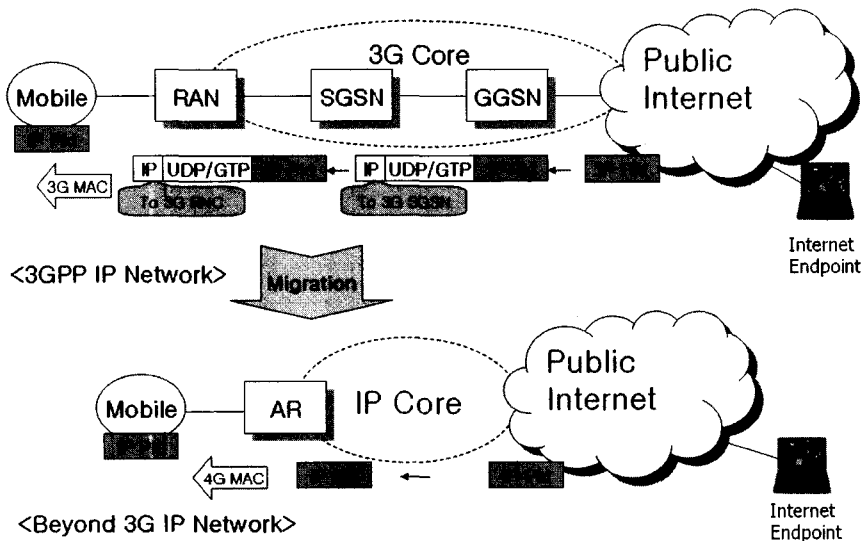


그림 3. 이동통신 액세스 네트워크 발전 방향

위하여 802.11e 표준이 제안되었다. 802.11e는 트래픽을 분류하고 트래픽마다 서로 다른 서비스 우선순위를 적용하기 위해, 기존 DCF(Distributed Coordination Function) 방식에 QoS 기능을 추가한 EDCF (Enhanced Distribution Coordination Function)를 지원한다. EDCF는 트래픽을 8 가지로 분류하고 트래픽의 우선순위에 따라 서로 다른 AIFS (Arbitration Interframe Space)를 적용한다. 송신단은 데이터를 보내기 전에 무선 채널이 Idle 상태인지 확인하고 AIFS에 의해 결정되는 일정 시간 동안 기다린다. 높은 우선 순위를 갖는 트래픽일수록 적은 AIFS 값을 갖게 된다. 802.11e는 EDCF의 기능을 확장한 HCF(Hybrid Coordination Function)를 제공한다. EDCF에서 AIFS는 DIFS(DCF Interframe Space)보다 작을 수 없지만 HCF는 PIFS보다는 크고 DIFS보다는 작은 크기의 AIFS를 사용하여 EDCF에서 제공하는 서비스 보다 높은 우선순위를 제공할 수 있다[7].

802.11i는 802.11 무선 LAN 표준에 AES(Advanced Encryption Standard) 보안 프로토콜을 추가한 것이다. AES는 현재의 Wi-Fi에서 제공하는 접근 제어보다 훨씬 강력한 보안 기능을 제공한다. 이를 정리하면 표 1과 같다.

이밖에 일본에서의 4.9~5GHz 대역으로의 수정을 위한 802.11j, radio 자원과 네트워크의 측정

관련 개선에 담당하는 802.11k, 고성능을 목표로 하는 802.11n, Fast Roaming을 위한 802.11r, ESS Mesh Network를 위한 802.11s 등이 진행되고 있다.

WLAN과 셀룰러 네트워크의 연동은 이동망에서 고속의 데이터 서비스 제공을 가능하게 하여 이동망의 속도문제와 IP 서비스의 이용이라는 측면에서 요구되는 기술 사항이다. 3GPP에서도 최근 이슈사항으로 WLAN 과의 연동 문제에 많은 관심을 가지고 있다[8]. 그림 4는 3GPP 망과 WLAN간의 연동을 위한 구성을 나타내고 있다.

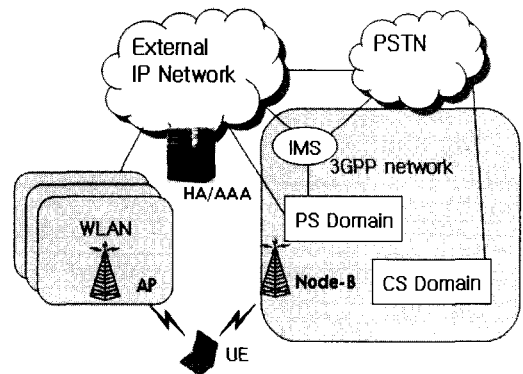


그림 4. 3GPP와 WLAN과의 연동

3GPP 망과 WLAN의 연동에는 다음과 같은 시나리오들이 제시되고 있다.

표 1. IEEE 802.11 관련 기술 사항

구분	802.11	802.11a	802.11b	802.11g	802.11e	802.11i
변조 방식	FHSS/ DSSS/ IR	OFDM	DSSS/ CCK	CCK/ OFDM		
반송Freq.	2.4GHz	5GHz	2.4GHz	2.4GHz		
최대 전송 속도	2Mbps	54Mbps	11Mbps	54Mbps		
MAC 특징	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA/CA	QoS 기능 향상	보안 기능 향상
진행 상황	97.06 완료	99.09 완료	'03 완료	'03 완료	'04 완료 예정	'04 완료 예정

- Scenario 1(Common Billing and Customer Care)
- Scenario 2(3GPP system based Access Control and Charging) : 사용자에게는 일반적인 인터넷 서비스 또는 인트라넷 서비스에 대하여 접속이 가능하다. 무선 LAN과 이동통신망이 독립적으로 운용되며 연동을 위해 필요한 과금, 인증, 이동성 기능을 수행하기 위한 장비가 필요하다.
- Scenario 3(Access to 3GPP system PS based services, e.g. IMS) : 사용자에게 3GPP 네트워크를 통한 패킷 서비스의 이용이 가능하다.
- Scenario 4(Service continuity) : 사용자에게는 서비스의 단절이 없이 연속성이 지원되어야 한다.
- Scenario 5(Seamless services) : 끊김 없이 서비스의 연속성이 지원되어야 하며 무선 LAN 이 이동통신 액세스 망의 일부로써 동작하여야 한다.
- Scenario 6(Access to 3GPP system CS based Services)

[시나리오 1]은 loose inter-working 이며 [시나리오 6]으로 갈수록 tight inter-working이다. 이러한 다양한 시나리오 중에서 3GPP 표준화 회의에서 주로 논의되는 방식은 시나리오 2,3,4,5이다. 현재의 주된 흐름으로 보아 loose inter-working 방식이 주로 개발되고 있으며, 별도의 망으로 구성되어 연동하는 형태로 진행되는 실정이다. 이러한 연동을 위하여 단말기에는 WLAN과 이동통신망을 모두 지원하는 듀얼 모드 기능이 탑재되어야 하며, 액세스 망 선택 기능이 필요하게 된다. 또한 인증을 위한 AAA 노드가 WLAN과 이동통신망을 모두 관리할 수 있도록 구성되어야 하고, 이동성 지원을 위하여 Mobile IP 기능이 필요하게 된다.

### 3.3. WPAN(Wireless Personal Area Network)

근거리 무선 통신(WPAN)은 가정이나 사무실과 같은 좁은 지역 내에서 컴퓨터, 휴대전화와 가전제품 등의 단말을 무선으로 연결하여 기반 통신 장비 없이 이들 단말간의 통신을 지원하기 위한 기술이다. WPAN은 기존의 무선 랜 기술과는 달리, 저전력 소비와 단순한 구조, 좁은 서비

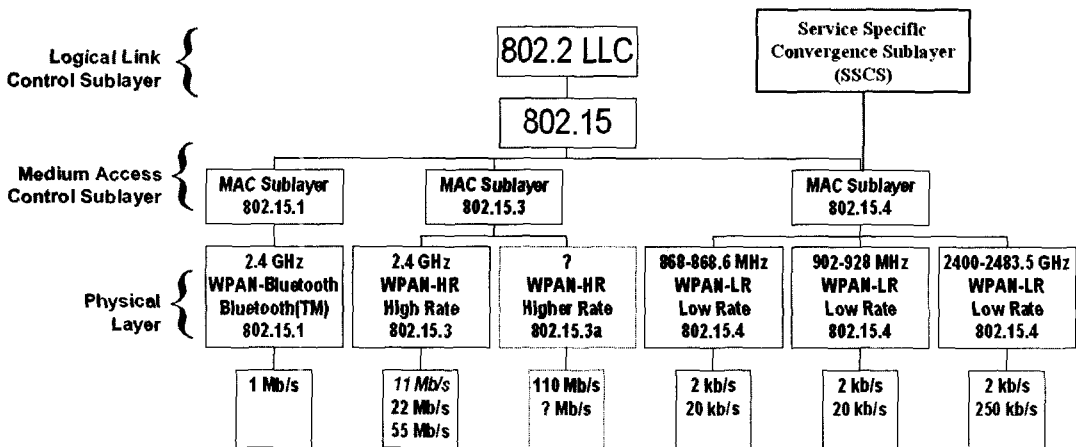


그림 5. IEEE 802.15 WPAN Working Group

스 영역, 사용 편의성이라는 요구 조건을 충족시키는 무선 통신을 목표로 하며 IEEE 802.15를 중심으로 표준화 작업이 진행되어 왔다.

WPAN 표준화의 초기에는 1 Mbps 급의 전송 속도를 제공하는 블루투스 기술을 기초로 표준화하는 작업이 IEEE 802.15.1에서 진행되었다[9]. IEEE 802.15.1 표준은 노트북, PDA(Personal Digital Assistant), 휴대전화 등과 같은 기기들 사이에 저비용의 무선 통신을 가능하게 위한 MAC(Medium Access Control)과 PHY(Physical Layer)에 대한 기술을 정의하며 블루투스와 호환성을 제공한다.

IEEE 802.15.3 표준은 휴대용의 통신 기기간에 Ad-hoc 구조에서 11 Mbps에서 50 Mbps까지 고속 통신을 위한 MAC과 PHY를 정의하고 있다[10]. IEEE 802.15.3은 피코넷(piconet)을 구성하는 단말들 중에서 하나를 PNC(Piconet Coordinator)으로 선정하여 피코넷의 망 자원 할당 및 저전력 모드(Power Save mode) 관리 등의 역할을 수행하며, 특히 PNC는 QoS를 제공하기 위한 기능을 수행한다. 즉, 각 단말은 QoS 요구 사항을 PNC에게 문의하고 PNC는 QoS 요구 사항에 대한 수락 여부를 결정하는, 단말과 PNC 간의 양방향 협상을 통해 트래픽에 필요한 망 자

원을 예약하는 방식으로 QoS 서비스를 제공한다. 이외에도 IEEE 802.15.3은 CCM(counter mode encryption and cipher block chaining message authentication code) 모드에서 128-bit AES(advanced encryption standard) 암호화 기술을 사용하여 통신 보안성을 제공할 수 있으며 다른 종류의 무선 네트워크와의 연동이 가능하다는 특징이 있다. 큰 전송 대역폭을 제공하는 IEEE 802.15.3 표준과 병행하여 200 kbps 이하의 작은 전송 대역폭을 지원하면서 수개월에서 수년의 기간동안 동작할 수 있는 저전력 단순 구조의 WPAN에 대한 연구가 IEEE 802.15.4에서 진행되고 있다[11]. IEEE 802.15.4는 start 형태와 peer-to-peer 형태의 두 가지 통신 구조를 지원하며, 특히 peer-to-peer 형 통신 구조는 메시 구조와 같은 복잡한 구조까지 지원하며 센서 네트워크나 홈오토메이션 등과 같은 분야에서 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

### 3.4. MBWA(Mobile Broadband Wireless Access) : 802.16, WiBro, 802.20

IEEE 802.16은 광대역 무선 접속(Broadband Wireless Access)의 표준으로 고정된 가입자에 대한 무선 데이터 통신 서비스를 제공하기 위하

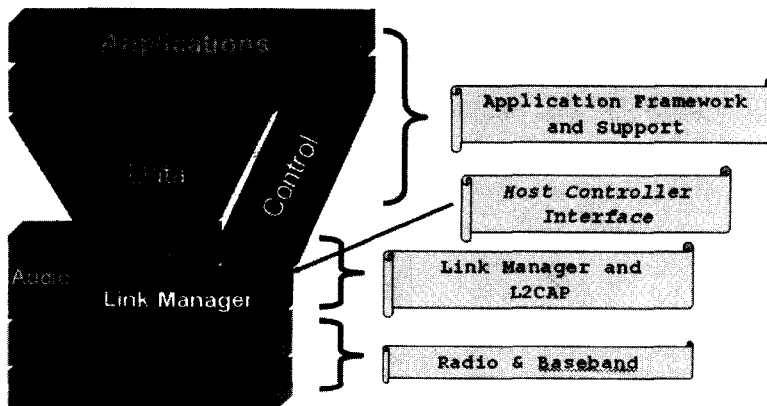


그림 6. Bluetooth Architecture



여 만들어졌다[12]. IEEE 802.16은 10~66GHz 대역에서 표준화가 완료되었고, 2~11GHz 대역에서 OFDM, OFDMA 규격을 추가하여 IEEE 802.16a 까지 완료된 상태이다. 최근 들어서 TGe에서 IEEE 802.16에 이동성을 고려한 표준화 작업이 한창 진행 중이다. IEEE 802.16 기술의 특징은 SC-TDMA, OFDM TDMA, OFDMA등의 다양한 PHY를 지원하고, TDD/FDD 방식 및 AMC(Adaptive Modulation and Coding) 방법을 제공하고 있다.

802.16에서는 그림 7에서 보는바와 같이 기지국에서는 주기적인 방송 메시지를 통하여 영역내에 있는 단말에 필요한 정보를 전달한다. 이러한 방송정보는 MAP 메시지와 CD(Channel Descriptor) 메시지로 구분되는데 대역할당 정보, 프레임 구성정보, Ack 정보, 기지국 접속 정보, Burst Profile 정보, Power Control 정보를 포함한다. 단말은 기지국으로부터 정보를 수신하여 Ranging Request, Bandwidth Request 메시지를 이용하여 통신을 시도한다. 단말의 요구에 대한

결과는 역시 방송 정보에 포함된다. 이러한 과정을 이용하여 단말은 필요한 채널을 할당 받고 데이터 송수신을 수행하게 된다.

WiBro는 ETRI가 주도하고 삼성 전자, KT, 하나로, SKT 등 국내 통신 관련 기업들이 함께 참여하여 개발 중인 국내 기술로서 셀 반경 1Km 이내에서 60Km/h 수준의 이동성을 지원할 무선 인터넷 접속 기술 이다[13]. 2.3GHz 대역의 10MHz 대역폭을 이용하여 중 저속 이동 환경에서 최대 50Mbps의 데이터 전송이 가능하도록 목표로 하고 있다. 이를 위해 패킷 기반의 무선 전송과 MAC 기술, 가입자 이동 환경에서 끊임 없는 서비스 접속 유지를 위한 Mobile IP와 핸드오버 기술, IP 네트워크 접속 기술의 표준화 및 시스템과 단말 개발이 이루어지고 있다. 또한 기술적 국제 표준화를 위하여 802.16e 에도 참여하고 있다. 이 시스템은 OFDMA/TDD 방식의 광대역 무선 전송 기술을 사용하여 셀룰러 형태의 망 구성을 가능하게 하고, IP 기반 무선 데이터 서비스의 상/하향 비대칭 전송 특성을 이용한 효

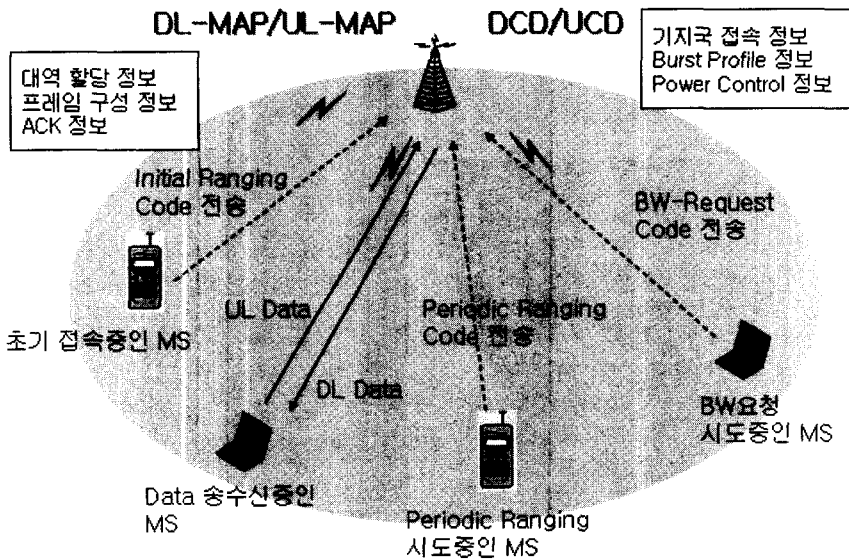


그림 7. IEEE 801.16 에서의 동작

과적인 자원 이용이 가능하다.

IEEE 802.20은 원래 802.16의 이동성 연구그룹에서 시작되었다. 기존 시스템과의 호환성을 유지하는 그룹인 802.16e와 새로운 최적화된 규격을 개발하자는 견해가 대립하여 결국 독자적인 규격으로 독립되었다. 802.20의 기본 목적은 고속의 이동성을 기본적으로 지원하면서, IP 기반 전송 방식에 최적화된 효율적인 패킷 데이터를 전송하기 위한 무선 접속 프로토콜을 개발하는 것이다. 802.16e가 시속 60km 정도의 이동성을 지원하는 데 비하여 802.20에서는 시속 250km 정도의 차량 속도를 지원한다. 이 표준안은 Flarion과 Arraycomm 등의 회사에서 주도하고 있으며 선행적인 요구사항 정의가 매우 더디게 진행되고 있는 상황이다. 이는 궁극적으로 4G 기술로의 발전을 목표로 하고 있다.

#### 4. 차세대 네트워크 지원 기술 : Mobile IP, Multicast, QoS 관리, WTCP

미래의 이동통신 시스템은 고속의 데이터를 지원하면서 현재의 IP 기반의 seamless한 네트워크와 통합되는 형태로 지원되어야 한다. 차세대 네트워크에서의 이슈사항은 표 2와 같다.

##### 4.1. IPv6

IPv6는 128-bit의 주소체계를 사용하여 32-bit의 주소체계를 사용하는 IPv4에서의 주소 부족 현상을 보완할 뿐만 아니라 보안과 이동성 그리고 서비스 품질(QoS)에 관한 사항들을 고려하여

표 2. 차세대 네트워크 이슈사항

Layer	Functions	Wired	Wireless
Management		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Measurement / Monitoring</li> <li>- QoS Signaling/QoS Mapping</li> <li>- Policy Control</li> </ul>	
Application		- Application Multicast	- WAP/WIFI/BREW
Transport Layer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- End-to-end reliable transmission</li> <li>- Congestion Control</li> </ul>	- Effective TCP/UDP/RTP	- Wireless TCP
Network Layer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Routing</li> <li>- Internetworking</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Packet Classifier/Marking</li> <li>- Media Gateway</li> <li>- QoS Routing/Multicast</li> <li>- IPv6</li> <li>- Path Reservation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vertical Handoff</li> <li>- QoS Routing/Multicast</li> <li>- Mobile IP/ Micro Mobility</li> </ul>
Link Layer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Error control</li> <li>- Flow Control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SBM for LAN</li> <li>- Frame Schedule</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Packet Schedule</li> <li>- Hybrid ARQ</li> <li>- QoS Supporting Packet MAC</li> </ul>
Physical Layer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- High Speed Effective Transmission</li> <li>- Power Management</li> </ul>	- DWDM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- OFDM/AMC</li> <li>- MIMO</li> <li>- Power Control</li> </ul>

디자인되었다. 또한 주소의 auto-configuration을 통해 네트워크에 plug-and-play가 가능하다. 현재의 네트워크 주소체계가 IPv4에서 IPv6로 이전하는 과도기에 Dual stack, tunneling, translation의 방법을 사용하는 방법으로 수년 내에 서서히 완전한 IPv6 망이 구축이 될 것으로 예상되고 있다.

#### 4.2. IP 이동성 관리

그림 8에서 보여주는 Mobile IPv4는 IPv4를 이용하는 단말기에 이동성을 제공하는 방법이다. 단말기가 홈 네트워크를 벗어나 외부 네트워크로 이동하였을 때 외부 네트워크에 존재하는 FA(Foreign Agent)로부터 광고 메시지를 수신하

게 된다. 이러한 광고 메시지를 통해 단말기는 현재의 위치를 판단하게 되고 HA(Home Agent)에 자신의 위치를 등록하게 된다. 이때 HA에 자신이 사용 가능한 CoA(Care of Address)를 알려주게 된다. HA는 단말기로 보내어지는 IP 패킷을 인터셉트하여 CoA 주소로 인캡슐레이션을 수행하여 FA 또는 단말기의 현재 위치로 전송하게 된다. FA 또는 단말기는 수신된 패킷으로부터 원래의 IP 패킷을 생성하여 사용하게 된다. 이 과정에서 CN(Correspondent Node)이 HA를 통해 MN(Mobile Node)과 통신을 해야 하는 Triangular Routing 문제점이 발생하게 되며 이렇게 최적화되지 않은 경로를 통해 패킷을 주고받기 때문에 패킷의 손실과 지연이 증가하게 된다.

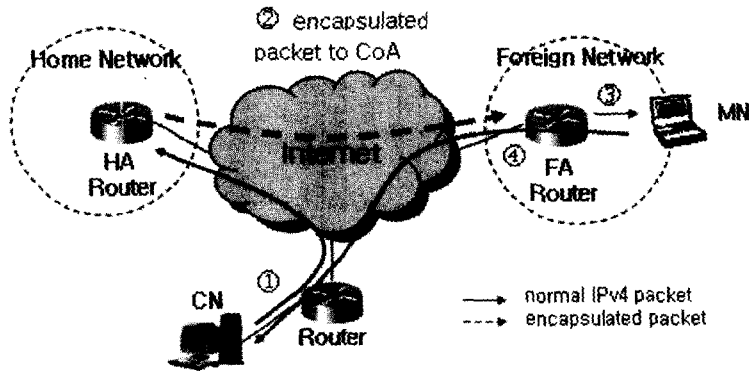


그림 8. MIPv4 터널링을 이용한 패킷 전달

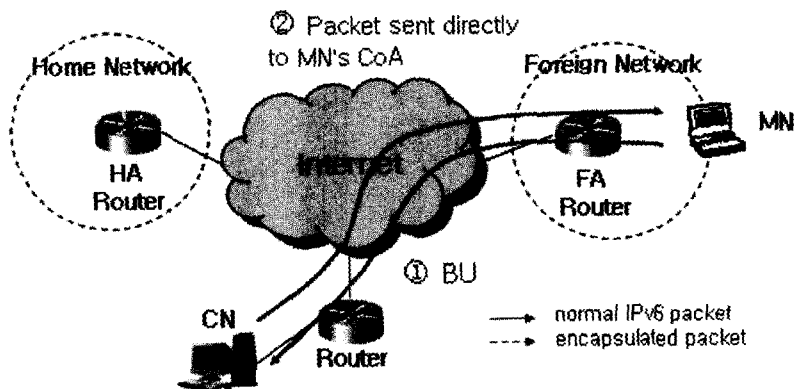


그림 9. MIPv6에서의 패킷 전달

Mobile IPv6(MIPv6)는 IETF에서 제안된 프로토콜로서 IPv6를 기반으로 하며, 인터넷상에서 호스트의 이동성을 지원할 수 있다[14]. 네트워크는 이동성을 가진 호스트인 MN, MN과 통신을 하는 CN, 그리고 MN의 홈 네트워크 라우터인 HA로 크게 구성이 된다. 호스트의 지속적인 연결을 유지하기 위해서 MN은 다른 네트워크로 이동할 때마다 새로운 CoA를 생성하여 Binding Update를 통해 CN과 HA에 등록하게 된다. 따라서 CN이 HA를 거치지 않고서도 최적의 경로를 통해 MN과 직접 패킷을 주고 받을 수 있다. (그림 9 참고)

하지만 IPv6에서는 이동하는 두 호스트간의 거리가 긴 경우 Binding Update를 수행하는 시간이 무시하지 못할 만큼 큰 값을 가지게 되며 이러한 지연현상으로 인해 패킷의 손실과 지연이 증가하게 된다. 따라서 Mobile IPv6의 이러한 단점을 보완하기 위해서 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)가 고안되었다[15]. 그림 10에서 보여주는바와 같이 HMIPv6에서는 Local HA 구실을 하는 Mobility Anchor Point(MAP)을 사용하여 MN이 MAP 도메인 내에서 움직이는 경우 HA가 아닌 MAP에 지역적으로 Local Binding Update(LBU)를 수행할 수 있도록 한다. 이와 같

이 네트워크가 MAP을 사용한 계층적인 구조를 가지기 위해서 MAP 도메인을 가리키는 Regional CoA(RCoA)와 각각의 Access Router(AR)를 가리키는 Local CoA(LCoA)가 사용된다. MAP 도메인 내부에서의 이동성에 대해서는 LCoA만 바뀌게 되며 MAP의 CoA를 지칭하는 RCoA는 MAP 도메인간의 이동 시에만 바뀌게 된다. 따라서, 시그널링 비용과 지연을 감소시킬 수 있으며 MIPv6와 비교하여 패킷의 손실과 지연이 감소하게 된다.

Fast Handover는 패킷의 손실과 지연을 현재 통신하고 있는 Previous AR(PAR)과 이동하려고 하는 New AR(NAR)간에 터널을 사용하여 실시간 통신에서 중요한 패킷의 손실과 지연을 감소할 수 있다[16]. Fast Handover는 MN이 현재 통신하고 있는 subnet에 존재하는 동안에 NAR로부터 link 계층을 통해 NAR의 서브넷 프리픽스 정보를 받아 새로운 서브넷으로의 이동을 미리 감지함으로써 Duplicate Address Detection(DAD)을 포함한 address auto-configuration 미리 수행하는 방법을 통해 새로운 서브넷으로 이동했을 경우 MN이 바로 패킷을 주고 받을 수 있도록 한다. 또한, NAR에서의 새로운 BU를 마치기 전까지 PAR과 NAR

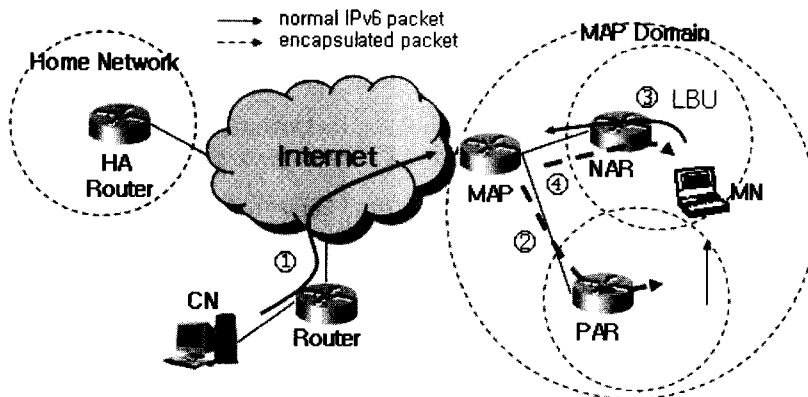


그림 10. HMIPv6 동작

간에 임시적인 터널을 사용하여 패킷의 손실과 지연을 감소시킨다. Fast Handovers는 HMIPv6와 함께 또는 별도로 사용될 수 있으며, 현재 IETF의 MIPSHOP WG에서는 802.11 네트워크에서의 Fast Handover 방법에 대한 초안이 진행 중이다.

### 4.3. Multicast

인터넷이 널리 보급되기 시작하면서 사용자들의 끊임없는 요구에 의해 새로운 응용들이 나타나고 있다. 이 중에서도 특히 월드 와이드 웹, 화상회의, AOD(audio on demand), VOD(video on demand), 네트워크 게임, 인터넷방송 등은 보다 많은 자원이 필요한 응용이라 할 수 있다. 이러한 응용들에 대해서 기존의 IP 유니캐스트 방식의 전송을 사용 하게 될 경우, 미디어 서버가 위치한 하나의 네트워크로 여러 사용자가 동시에 접속하게 되므로 네트워크에 심각한 병목현상이 발생할 수 있으며, 불필요한 재전송으로 인해 전체 네트워크 자원의 심각한 낭비를 초래하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 1980년대 말 미국 Stanford 대학의 Steve Deering에 의해 제안된 것이 IP 멀티캐스트이며, 실제로 1992년에 IETF Meeting에 참석하지 못한 사람들을 위한 중계에서 사용되기 시작하였다. IP 멀티캐스트에서 그룹은 언제 어디서나 동적인 형태로 그룹에 참여하거나 탈퇴 할 수 있으며, 이를 위해 소스/그룹간 혹은 그룹 정보를 가지고 멀티캐스트 전달경로(Spanning Tree)를 형성하게 된다.

관련기술로는, 멀티캐스트 그룹관리(Internet Group Management Protocol), 세션관리(Session Announcement Protocol, Session Description Protocol), 특정 멀티캐스트 도메인 내에서 전송 트리를 생성하는 Intra-Domain 멀티캐스트 라우팅 프로토콜(DVMRP, MOSPF, CBT, PIM-DM, PIM-SM, MIP)과 멀티캐스트 도메인간 전송트

리를 생성하는 Inter-Domain 멀티캐스트 라우팅 프로토콜(YAM, QoSMC, PTMR, MASC/BGMP, PIM-DM/PIM-SM, PIM-SM/MSDP, EXPRESS, Simple Multicast, HDVMP) 등이 있다[17,18].

일반적으로 멀티캐스트에서의 QoS는 유니캐스트 경우보다 쉽게 구현될 수 있다. 왜냐하면 IP 멀티캐스트를 서비스하기 위해서는 각각의 라우터들이 멀티캐스트 연결에 대한 상태정보들, 즉 예를 들어 멀티캐스트 그룹의 주소라던가, 각각의 연결에 대한 라우터의 인터페이스정보들이 유지되기 때문이다. 따라서 이미 라우터들에서 유지하고 있는 멀티캐스트 전달 상태정보들에 QoS와 관련된 하나의 정보를 추가한다 하더라도 약간의 오버헤드와 Computing Power의 증가가 필요할 것이다. 하지만 각 그룹 내의 멀티캐스트 수신자마다 각기 다른 QoS를 적용하려면 멀티캐스트 상태 정보가 급격히 증가하게 되어 서비스가 어렵게 될 것이므로, 멀티캐스트 QoS에 대한 정의는 다음과 같은 방법을 따라야 한다. [19]

멀티캐스트 송신자에 의해 QoS가 정의되어야 한다.

각각의 그룹 멤버들에 의해 요구하는 QoS가 각 그룹 멤버의 최소요구 QoS를 만족하도록 협상 되어야 한다.

멀티캐스트 송신자는 최상의 QoS로 정의된 멀티캐스트 트래픽을 송신하고, 각각의 그룹 멤버들은 그 트래픽을 받아 자신의 QoS 요구사항에 맞게 받아들여야 한다.

이러한 QoS 멀티캐스트 라우팅 알고리즘들은 Cost 혹은 지연과 같은 QoS 메트릭에 기반한 논문[20,21,22]들이 제안되고 있다. 다음의 표 3은 QoS 멀티캐스트 라우팅 알고리즘의 Time Complexity를 보여주고 있다.

표 3. Time Complexity of QoS Multicast Routing Protocols

Routing Algorithm	Metric(s)	Time Complexity
Multicast Open Shortest Path First (MOSPF)	Delay	$O(n \log n)$
QoS-Aware Multicast Routing Protocol (QMRP)	Any non-additive metric	$O(me)$
Constrained Bellman Ford (CBF)	Cost and Delay	Exponential
Delay Variation Multicast Algorithm (DVMA)	Delay and Delay variation	$O(x \log(mn^4))$
Multicast Adaptive Multiple Constraints Routing Algorithm (MAMCRA)	Multiple Metrics	$O(kn \log(kn) + k^2me)$

하지만, 이러한 IP 멀티캐스트 기술은 멀티캐스트 그룹의 크기와 관련된 확장성 문제, IP 계층의 Best-effort 서비스 특징에 종속되어 안정성과 고품질 서비스를 지원하기 어려운 문제, 멀티캐스트 도메인간 라우팅 문제, 멀티캐스트 관련 주소 관리 문제, 그리고 ISP들인 이러한 기술적 문제와 경제적인 실효성 문제로 멀티캐스트 기능들을 자신의 라우터에 설치하는 것을 포기하거나, 소극적인 입장을 취하고 있는 것이 현실이다.

최근에는 위와 같은 IP 멀티캐스트 기법의 한계를 극복하기 위하여, 멀티캐스트 관련 기능을 네트워크 계층이 아닌 어플리케이션 계층에서 지원하려는 접근 방식이 제안되고 있다. 이러한 기술은 “응용계층(Application layer) 멀티캐스트” 또는 “오버레이(Overlay) 멀티캐스트”라고 불린다. 멀티캐스트 트래픽은 네트워크 계층의 기능을 이용해서 가장 효율적으로 전송할 수 있는 것이 사실이다. 하지만, 이러한 효율성을 부분적으로 포기하는 대신에, 오버레이 멀티캐스트 방식은 인터넷상에 존재하는 모든 라우터들의 기능 추가나 변경을 요구하지 않고, 멀티캐스트 서비스에 참여하는 사용자 호스트, 또는 CP와 ISP

업체가 네트워크에 추가할 수 있는 프록시 서버 등에서 멀티캐스트 기능을 제공하는 방식이다.

지금까지 제안된 대표적인 오버레이 멀티캐스트 기술로는 Narada, Yoid, HMTF, NIC, CAN-Multicast, Scribe, Gossamer, Overcast protocol, ALMI, Bayeux 등이 있다. 이러한 기술들은 메쉬-우선(Mesh-first) 방식과 트리-우선(Tree-first) 방식으로 나눌 수 있으며, 멀티캐스트 세션에 참가한 노드들 간에 제어메시지를 전송하는 메쉬형 전송 경로를 먼저 설정하는 방식을 메쉬-우선 방식이라고 하고, 멀티캐스트 데이터를 전송하는 트리형 전송 경로를 먼저 설정하는 방식을 트리-우선 방식이라고 한다.

앞으로는 오버레이 멀티캐스트에 관련하여 제안된 다양한 방법들의 공통요소와 차별적인 요소를 취합, 분석하여 표준화된 방법을 도출해 나가야 할 필요성이 대두되고 있다. 이러한 노력의 일환으로 ETRI에서는 RMCP 프로토콜 기술에 관하여 2003년 11월 ISO/IEC JTC1에서 국제 표준을 추진중에 있다.

#### 4.4. QoS Management

QoS에 관한 연구는 최근 인터넷에서의 VoIP,

VPN과 같이 사용자의 품질보장을 요구하는 새로운 응용 서비스의 출현과 함께 차세대 인터넷에서 가장 주요한 과제의 하나로 논의되고 있다. ITU-T와 IETF에서는 현재 QoS에 관한 많은 연구들, 예를 들어 성능과 관련된 요인들 혹은 요구되는 성능에 대한 보장 등이 진행되고 있다. 그에 따라 각각의 단체에서 접근하고 있는 QoS에 대한 정의도 약간의 차이를 보이고 있는데, ITU-T Recommendation E.800에 따르면 QoS는 “서비스 사용자의 만족의 정도를 결정하는 서비스 성능의 집합적인 효과”라고 정의하고 있으며, IETF에서는 QoS를 “어떤 플로우를 전송하면서 네트워크에 의해 만족되어야 하는 서비스 요구 사항들의 집합(A set of service requirements to be met by the network while transporting a flow)”라고 정의하고 있으며, 일반적으로 인터넷을 통해 전달되는 패킷의 지연시간(Delay)과 지연변이(Jitter), 손실(Packet Loss), Bandwidth, Throughput등의 QoS 파라미터 들을 포함하고 있다.

하지만, 현재의 인터넷이 기반하고 있는 IP 라우팅 모델은 소위 ‘최선형(Best Effort)’ 서비스를 제공하고 있으며, 트래픽의 종류에 따른 어떤

한 분류라던가 혹은 순차적인 패킷의 전달에 대한 어떠한 보장뿐 아니라 일반적인 패킷의 전달에 대한 어떠한 보장도 할 수 없으며, 더불어 stateless, connectionless 한 IP 네트워크의 특징으로 인해, IP 네트워크에서의 서비스나 네트워크의 성능에 대한 보장이란 문제는 보다 더 복잡해지고 어려워진다는 것은 주지의 사실이다.

#### 4.4.1. QoS Management Framework

QoS 구조 프레임워크는 네트워크 서비스에 대한 요청과 응답에 대한 효과적인 제어와 전달 및 네트워크 자원에 대한 예약을 수행하는 부분들의 집합이라고 표현할 수 있다. IETF의 RFC 2990에는 표 4와 같이 3개의 영역으로 구성된 QoS 기능 블록들이 정의되어 있다.[23] 그 중에서, Control Plane은 사용자의 데이터 트래픽이 지나가는 경로에 대한 제어 역할을 담당하고, Data Plane은 사용자의 데이터에 대해 직접적으로 관리를 수행하며, Management Plane은 사용자 데이터 측면에서의 Operation과 Administration, Management 관련 기능을 포함하게 된다.

#### 4.4.2. IP QoS 지원

비디오 컨퍼런스와 IP telephony 등 지연에 민감한 애플리케이션을 포함해 VPN(Virtual Private Network)과 같이 특정 수준의 대역폭 보장이 요구되는 애플리케이션을 위해서는 End-to-End QoS가 지원되어야 한다. IP 네트워크에서 QoS를 보장하기 위한 아키텍처로 DiffServ와 IntServ에 대해서 살펴보도록 한다.

DiffServ는 각각의 패킷에 우선 순위(Priority)를 IP 헤더에 표시하고, 우선 순위에 따라 PHB(Per Hop Behavior)를 설정하여 QoS를 보장한다. DiffServ를 통해 네트워크 트래픽이 작은 형태의 집합 플로우로 세분화될 수 있으며 트

표 4. QoS 관리 프레임워크를 구성하는 블록들

Control Plane	Management Plane
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Admission control</li> <li>• Qos Routing</li> <li>• Resource reservation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metering</li> <li>• Policy</li> <li>• Service restoration</li> <li>• Service level agreement</li> </ul>
Data Plane	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buffer management</li> <li>• Congestion avoidance</li> <li>• Packet marking</li> <li>• Queuing and scheduling</li> <li>• Traffic shaping</li> <li>• Traffic policing</li> <li>• Traffic classification</li> </ul>	

래픽 경로에 따른 네트워크 디바이스는 적절한 처리를 수행한다. DiffServ 구조에서는 에지 기능과 네트워크 코어 기능이 구별되는데, 트래픽 관리 등의 복잡한 기능은 에지 디바이스(호스트나 라우터)에 의해 실행되는 반면 패킷 우선순위 처리 등의 덜 복잡한 기능은 네트워크 내부에서 처리된다. DiffServ는 네트워크 관리자들이 대역폭의 양과 트래픽 클래스 별로 필요한 지연에 대하여 미리 결정해야 하며 이에 따라 라우터를 구성해야 한다. DiffServ의 가장 큰 단점은 PHB만 가지고 End-to-End QoS를 보장하지 못 한다는 것이다. 이에 PDB(Per Domain Behavior)를 도입하여 특정 패킷 유형이 DiffServ 도메인을 따라 이동할 경우의 Edge-to-Edge로 수신하도록 일련의 패킷 형태를 규정하였다. 이와 같이 PHB, PDB를 결합하여 End-to-End QoS를 보장하려고 하지만 아직 완전하지는 않다. 이 밖에도 트래픽이 많을 경우 QoS 보장을 하지 못해 실시간 서비스에는 맞지 않는 문제점을 가지고 있다.

DiffServ는 홉 별 방법만을 QoS 방안으로 제시하지만 IntServ는 훨씬 강력하고 개별적인 플로우 기반 예약 모델을 제공한다. IntServ는 개별 트래픽 흐름에 대해 End-to-End QoS를 제공하도록 개발되었다. IntServ는 각 네트워크 요소에서의 QoS 제어 메커니즘과 네트워크에 대한

QoS 요구 사항을 지시하는 애플리케이션 기능이 라는 두 가지의 중요한 기능을 가지고 있다. IntServ는 호스트가 플로우 별로 제어할 수 있도록 해주며 리소스와 End-to-End 데이터 경로를 요청할 수 있도록 해준다. 제어 메커니즘의 경우에 패킷 분류, 스케줄링, 수락 제어 등의 기능에 초점을 맞추고 있다. 패킷 분류의 경우, IntServ는 어떠한 패킷이 세분화되어야 하는지에 대한 유연성을 가능하게 해준다. 하지만 분류가 완료되면, 동일한 계층에 있는 모든 패킷은 패킷 스케줄러로부터 동일한 취급을 받게 되는데, 이 경우 배열, 타이머 등의 메커니즘을 사용해 패킷 포워딩을 관리한다. 수락 제어는 새로운 플로우가 네트워크의 기존 플로우를 방해하지 않고 QoS를 처리할 수 있도록 해준다. IntServ 모델 하에서는 애플리케이션이 셋업이나 시그널링 프로토콜을 사용해 QoS 요구 사항을 네트워크에 전달한다. IETF는 시그널링 프로토콜로 RSVP(Resource Reservation Protocol)을 규정하고 있지만 다른 프로토콜들이 사용될 수도 있다. 하지만 IntServ는 개별적 플로우 별로 QoS를 보장하기 때문에 네트워크 규모가 커지면 사용하기 힘들며, 여러 번 RSVP 프로토콜을 사용할수록 많은 시간이 소요되어 지연이 길어지는 단점을 가지고 있다.

표 5. IntServ vs DiffServ

	IntServ(RSVP)	DiffServ
Treatment of "flow"	- End-to-End QoS - Per flow QoS - Treatment based on contract	- Hop by Hop(or Domain by Domain treatment) - Per hop treatment based on priority
Signaling	- Round trip signaling	- No need of signaling
QoS guarantee	- Flow based - Exact QoS guarantee	- Aggregated packet based - Inaccurate QoS support
Setup	- Slow setup	- Fast setup
Scalability	- Bad	- Good
Application	- Access Network	- Core Network



그림 11은 규모가 큰 코어 네트워크에서는 DiffServ를 규모가 작고 QoS를 보장해야 되는 액세스 네트워크에서는 IntServ를 사용하는 아키텍처이다. 이 아키텍처는 네트워크의 규모와 QoS 보장 측면을 모두 고려하여 연구되고 있다.

#### 4.4.3. QoS Routing

라우팅 알고리즘이란 패킷이 통신망을 지나면서 올바른 목적지에 도달 할 수 있도록 안내해주는 네트워크 계층 프로토콜로서 Datagram 네트워크인 경우 개개의 패킷마다 라우팅 결정이 필요하고, 가상 회선(VC: virtual circuit) 네트워크인 경우에는 VC가 설정될 때만 라우팅 결정이 이루어지게 된다. VC가 종료되거나 경로의 재설정이 필요할 때 까지는 처음 설정된 경로를 계속 사용하게 된다. 라우팅의 대표적인 알고리즘으로는 Bellman-Ford 알고리즘과 Dijkstra 알고리즘을 들 수 있다. 그러나 인터넷 사용자의 폭발적인 증가와 QoS의 보장을 요구하는 새로운 응용들이 등장함에 따라 라우팅의 알고리즘 역시 흡수라는 하나의 메트릭을 기준으로 하는 라우팅에서 벗어나 요구 조건이 서로 다른 트래픽들의 성능을 적절히 보장해 주고자 하는 QoS 라우팅 알고리즘이 필요하게 되었다[24].

QoS 라우팅 기반에서는 전송 경로들이 전송

의 QoS 요구 사항들과 같은 네트워크의 자원의 사용 가능여부 정보에 기반해서 결정될 수 있으며, QoS 기반 라우팅의 주된 목표들은 다음과 같다 :

- 사용 가능한 경로들의 동적인 결정 : QoS 기반 라우팅은 여러 가지의 선택 가능한 경로 가운데서 주어진 전송의 요구사항을 적절히 만족하는 경로를 결정할 수 있다. 가능한 경로의 설정은 경로 비용, 제공자 선정 등의 정책 제한들에 의해서 결정될 수 있다.
- 자원사용의 최적화 : 네트워크 상태에 의존한 QoS 기반 라우팅 방안은 전체적인 네트워크 처리량의 향상을 통해서 네트워크 자원의 효율적인 사용을 가능하게 할 수 있다. 이런 라우팅 기법은 효율적인 네트워크 엔지니어링의 기초가 될 수 있다.
- 최소한의 성능 저하 : 상태에 의존한 라우팅은 상태에 비의존적인 라우팅 기법과 비교해서 더 나은 처리 양과 최소한의 성능 저하를 제공함으로써 네트워크 엔지니어링을 개선할 수 있게 한다.

이러한 목표를 가진 QoS 라우팅은 소스 라우팅, 분산 라우팅, 그리고 계층적 라우팅으로 분류

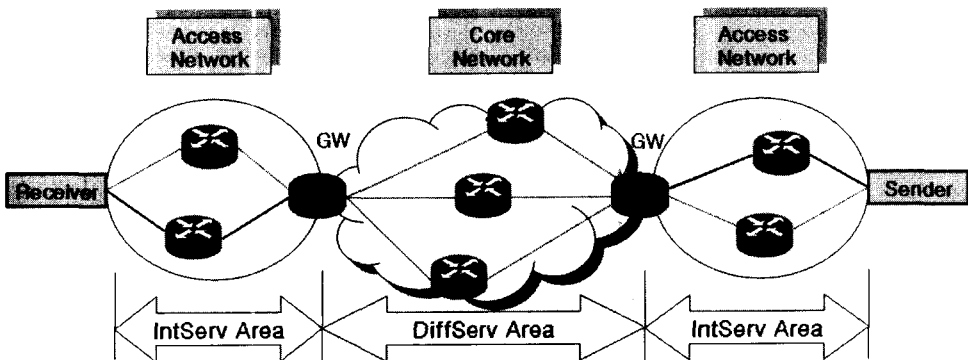


그림 11. 인터넷에서 유연한 QoS 구조

할 수 있다. 소스 라우팅에서 각 노드는 전체적인 네트워크 상태에 대한 이미지를 유지하고 있으며, 소스 노드에서 계산한 라우팅 경로에 기반을 두고 있다. 전체적인 네트워크 상태는 전형적인 링크 상태 알고리즘을 통해 주기적으로 갱신된다. 분산 라우팅에서 경로는 분산화 되어 계산된다. 계층적 라우팅에서는 경로 설정을 위한 상태 정보가 다중 레벨의 계층을 형성하여 제어 메시지로 수집된다. 계층의 모든 레벨에서 소스 또는 분산 라우팅 알고리즘이 이용된다.

소스 라우팅(source routing)과 홉-바이-홉 라우팅(hop-by-hop routing)은 데이터 네트워크에서 두 가지의 기본적인 라우팅 구조이다. 홉-바이-홉 라우팅은 현재 네트워크에서 일반적인 라우팅의 가장 흔한 형태이며, 소스 라우팅은 네트워크 진단이나 특별한 정책 경로를 위해 사용된다. 소스 라우팅에서, 소스는 어떠한 목적지로 보낼 것이 생기면 자신이 보내고자 하는 목적지까지의 포워딩 경로를 계산한 뒤 보내는 패킷의 헤더에 그 경로를 기록한다. 패킷들은 소스에서 계산되어 패킷 내에 있는 경로를 따라 포워딩된다. 소스 라우팅은 경로 계산이 독립적이므로 유연함을 제공하고, 전송의 목적에 따라 여러 알고리즘이 사용될 수 있다. 그러나, 소스는 경로 계산을 위해 각 링크에 대한 완전한 라우팅 정보를

얻어야 하므로 초기 지연이 발생하며, 소스 라우팅에 의한 패킷 오버헤드를 갖게 된다. 홉-바이-홉 라우팅에서 패킷들은 각 노드에서 홉 단위로 포워딩된다. 각 노드는 모든 목적지에 대한 다음 홉들을 라우팅 테이블에 갖고 있으며, 이 테이블들은 라우팅 갱신 때마다 주기적으로 계산된다. 라우터는 패킷이 수신되었을 때 자신의 라우팅 테이블에서 패킷이 요구하는 목적지로의 다음 홉을 찾아서 전송하면 된다. 패킷 헤더는 전체 포워딩 경로를 포함하지 않아도 되기 크기가 작으며, 분산된 계산 알고리즘을 사용할 수 있으므로, 라우터마다 필요한 메모리 양이 소스라우팅에 비해서 적다.

현재로서는 QoS 요구 사항이 매우 다양하므로 소스 라우팅과 홉-바이-홉 라우팅이 모두 QoS 라우팅에 적용될 수 있다. 예를 들어 플로우별 요구가 있는 연결은 포워딩 경로를 소스에서 미리 계산하는 소스 라우팅이 적합하다. 그러나 홉-바이-홉 라우팅은 라우터마다 따로 경로를 계산하는 분산 계산을 허용하며, 패킷의 크기에 있어서 소스 라우팅을 사용할 때 만들어지는 패킷의 크기에 비해 오버헤드가 적고 각 라우터에서 미리 각 목적지로의 경로를 계산해 놓고 있으므로 경로 설정 시 발생할 수 있는 지연이 작다는 장점이 있다. 그러므로, 일반적인 목적의

표 6. QoS Routing Algorithms

QoS Routing Algorithm	경로선택
Widest-Shortest	가능한 모든 경로 중에 최소 홉 수 경로. 이러한 경로가 여러 개 있을 경우 최대예약 대역폭이 선택된다.
Shortest-Widest	가능한 모든 경로 중에 최대 대역폭 경로. 이러한 경로가 여러 개 있을 경우 최소홉 수가 선택된다.
Shortest-Distance	최소 거리를 가진 가능한 경로. 거리 함수는 다음과 같다. $dist(p) = \sum_{j=1}^k \frac{1}{R_{ij}}$
Dynamic-Alternative	네트워크가 복잡하지 않을 때 최소 홉 수 경로가 n 홉일 경우, dynamic-alternative 경로는 n+1 홉을 넘지 않는 widest-shortest 경로이다.

QoS 라우팅에서는 홉-바이-홉 라우팅을 사용할 수 있으며, 소스 라우팅은 특별한 경우 또는 라우팅을 번복하는 메커니즘으로 사용할 수 있다. 표 6에서 QoS 라우팅에 대한 알고리즘들을 살펴 보았다.

#### 4.5. WTCP

최근 들어 모바일 बैं킹, 모바일 방송, 무선 인터넷, 공중 무선 LAN 등 무선을 이용하여 사용자에게 이동성과 편의성을 증대하는 새로운 서비스들이 개발되고 있고, 사용자들의 이용도가 증가함으로써 무선 네트워크에서 데이터 트래픽이 많이 증가하고 있고 TCP(transmission control protocol)[25] 트래픽 또한 증가하고 있다. 무선 링크는 유선과 달리 multipath fading, shadowing, mobility 등으로 인해 높은 패킷 손실율과 burst한 손실이 발생하고, 지연의 변이가 큰 특성을 가지고 있기 때문에 현재 인터넷에서 유선링크를 가정하고 설계한 TCP를 수정 없이 사용할 경우에는 많은 성능 저하를 감수해야 한다[26]. 이는 TCP가 네트워크에서 발생하는 모든 패킷 손실이 혼잡(congestion)에 의한 것이고 이를 해결하기 위해서 혼잡 제어를 수행하게 되는데 무선에서의 비혼잡 손실은 혼잡 제어 대상이 아님에도 불구하고 혼잡 제어를 수행하기 때문에 나타나는 현상이다. 특히 무선에서는 비혼잡 손실로 인해 불필요하게 윈도우(congestion window) 크기를 감소시키고 또한 burst한 특성으로 인해 한 윈도우에서 다수개의 패킷 손실이 발생하여 RTO(retransmission timeout)가 발생하거나, 실제 전송이 성공한 경우에도 큰 지연 변이로 인해 timeout이 발생할 수 있다. RTO가 발생한 경우는 재전송 타이머가 만료되기 이전까지 패킷을 더 이상 전송하지 못하고 slow start 모드로 전송을 시작하고, 연속된 RTO가 발생하면 타이머 값을 두 배로 계속 증가시키기 때문에 링

크의 이용도를 낮게 할 수 있다.

무선에서 TCP를 사용할 때 비혼잡 손실로 인한 성능의 열화를 최소화 하기위한 방법은 크게 4가지로 나누어 볼 수 있다. 먼저 링크 계층에서는 FEC(Forward Error Correction), ARQ(Automatic Repeat reQuest), Hybrid ARQ 등이 사용되고 있다. 이 방법은 무선구간에서 발생하는 비혼잡 손실에 대해 효과적으로 복구를 할 수 있지만, 지연이 커질 수 있고, TCP 타이머와의 상호작용을 고려해야 한다. 즉 링크 계층에서 복구를 하고 있는 도중에 TCP에서 RTO가 발생하는 경우에는 패킷을 TCP에서 다시 보내기 때문에 링크 계층에서의 복구가 무의미해질 수 있다. 두 번째는 I-TCP[27]와 같이 base station을 기준으로 무선링크와 유선링크를 분리하여 서로 다른 전송계층 프로토콜을 사용하는 것이다. 이 방법은 무선 구간에서는 무선링크에 적합하게 설계된 전송계층을 사용함으로써 성능의 저하를 막을 수 있지만, TCP의 기본 원칙인 end to end semantics가 유지되지 않고, 핸드오버시 많은 지연과 base station에 많은 프로세싱 파워가 필요한 단점이 있다. 세 번째로 Snoop[28]과 같이 링크 계층에서 TCP 정보를 확인해서 재전송하는 방법이 있다. 이 방법에서는 무선 구간에서 발생한 손실에 대해 효율적인 복구를 할 수 있고, end to end semantics가 유지되지만, 링크 계층에서 전송 계층의 패킷을 알아야 하기 때문에 TCP가 encryption 된 경우에는 사용할 수 없고, 핸드오버시 오버헤드가 많은 단점이 있다. 마지막으로 네 번째 방법은 TCP가 무선에서 사용될 때 열화를 방지하면서도 유무선에서 구분 없이 같이 사용할 수 있게 하는 방법이다. 이러한 방법에는 혼잡과 비혼잡 손실을 구분해서 혼잡제어를 하게 하는 ECN(Explicit Congestion Notification)[29], spurious timeout을 검출하는 Eifel[30]과 F-RTO[31], 작은 윈도우에

서 RTO를 막기 위한 Limited Transmit, 재전송 손실로 인한 RTO를 막는 DAC(Duplicate Acknowledgement Counting)[32], fast recovery 과정 중에 발생한 패킷 손실로 인한 RTO를 막는 EFR(Extended Fast Recovery)[33] 등과 같은 방법이 있다. 이 중 ECN은 종단간에 위치한 중간에 있는 모든 노드까지 ECN을 지원해야 사용할 수 있는 방법이고 나머지 방법은 종단의 단말에서만 수정이 필요한 경우이다. 이 방법들은 성능 열화의 한가지 원인에 대한 성능 저하를 막기 때문에 무선에서와 같이 여러 원인에 의해 복합적인 원인에 의해 성능 열화가 발생할 때에는 종합적으로 대처할 수 없다. 다행이 위에서 언급한 방법들은 대부분의 경우 같이 구현되어져 사용될 수 있다. 이것 이외에도 TCP의 각종 옵션을 이용하여 성능을 막기 위한 Wireless Profiled TCP가 있다.

지금까지 무선에서 TCP의 성능을 향상시키기 위해 많은 알고리즘들이 제안되어졌지만, 아직까지는 유선에서 사용하는 것처럼 높은 성능을 유지할 수 있는 알고리즘은 연구대상이다.

## 5. 결론 : 차세대 이동통신과 USN

차세대 이동통신망은 NGN 더 넓게는 BcN(Broadband Convergence Network)을 백본망으로 하고, WiBro, WLAN, Cellular, PAN등의 다양한 이동 통신 액세스 망과 광 가입자망등을 통해 사용자에게 방송, 인터넷, 전화, 금융등의 다양하고 고품질의 서비스를 이동중에도 끊김 없이(seamless) IP 기반으로 제공하게 될 것이다. 이렇게 다양한 서비스 제공, 이동성, 고품질, IP 기반, 끊김 없음(seamlessness)을 제공하기 위해서는 무엇보다 먼저 다양한 유·무선 통신망을 연동, 연결시켜주는 하나의 통신 플랫폼이 필요

하게 된다. 백본망에서는 NGN이 그것이고, 무선 액세스망에서는 3GPP, 3GPP2의 All-IP 참고 모델이 그 플랫폼을 제공하고 있다. NGN 플랫폼은 제조업체, 사용자등의 Parlay/OSA, MSF, ISC등의 NGN 포럼과 ITU-T, ISO, IETF, ETSI 등의 국제 표준화 단체에서 NGN 참조모델을 제시하여 진화와 발전을 모두 수용하는 구조를 제시하고 있다. 무선 액세스망에서도 3GPP의 IMS, 3GPP2의 MMD로부터 All-IP 구조를 NGN 참조 모델과 맞추어 제시하고 있다. 이러한 참조모델 위에서 QoS 구조, 시그널링과 라우팅 프로토콜, FHMPv6, 오버레이 멀티캐스트, WTCP 등의 기술들이 차세대 이동통신망에서 이동성, 끊김없음, 고품질, IP기반등을 가능하게 하는 프로토콜들로 연구 개발되고 있다.

한 가지 부가해서 언급하고자 하는 것은 Object network와 이를 기반으로 이루어지는 USN(Ubiquitous Sensor Network)이다. Object network란 사물에 센서, 계산과 프로세싱, 통신의 기능이 부가되어 사물간의 통신을 이루게 하는 통신망을 의미한다. 이는 최근 이야기되고 있는 RFID와 입력기(reader)에서 한 단계 발전한 네트워크를 말한다. Object network는 PAN보다 더 좁은 의미이지만 사물간의 통신과 자율성이 주어지기 때문에, 차세대 이동통신망과 연동되었을 때는 사람이 간섭치 않아도 되는 사물과 사물, 사물과 사람간의 자율적 네트워크가 구성될 수 있다. 즉 사물과 컴퓨터, 사람이 언제 어디서나 하나로 연결되는 것이 USN이다. 현재 진화가 되는 차세대 이동통신망의 플랫폼과 프로토콜들은 이러한 USN의 탄생으로 또 다른 차세대 진화가 필요하게 될 것이다.

끝으로, 차세대 이동통신망을 위한 플랫폼과 프로토콜의 개발에 있어 이들이 성공적으로 구현되기 위해서는 표준화와 기술의 진화가 한축 안에서 이루어져야 한다. 즉, NGN, USN 플랫폼

위에서 차세대 이동통신 서비스를 가능하게 하는 프로토콜들이 아무리 잘 정의되고 만들어져도 플랫폼과 프로토콜들의 표준화와 기술적 진화가 동시에 이루어지지 않으면 실질적인 서비스가 이루어질 수 없는 것이다. 이는 3G 이동통신망이 한순간에 All-IP로 갈 수 없음과, IPv4망이 한순간에 IPv6망으로 될 수 없음과 같다. 즉, 표준화도 기술의 진화를 고려하여야 하고, 기술의 진화도 표준화를 염두에 두어야 하는 것이다. 이러한 과정을 거치고 사용자가 적응된 이후에야 비로소 차세대 이동통신 서비스 또는 USN의 서비스도 성공적으로 이용될 수 있을 것으로 본다.

### 참 고 문 헌

- [1] Xiao XP, Ni LM, "Internet QoS: A big picture," *IEEE Network*, V.13 N.2, pp. 8-18.
- [2] "제8차 세계표준화협력회의(GSC)", *TTA저널*, 제87호, p179-190.
- [3] "차세대 통합네트워크", *TTA저널*, 제90호, p104-115.
- [4] 3GPP, TS 23.002 : "Network architecture(Release 6)", *3GPP Standards*, v.6.5.0, 2004-06
- [5] 3GPP2, X.S0013 : "All-IP Core Network Multimedia Domain", *3GPP2 Standards*, Dec. 2003.
- [6] IEEE WG, "Part 11:Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," *IEEE 802.11 standard*, 1999
- [7] IEEE 802.11e, "Draft Supplement to Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems Part 11 : Wireless Medium Access Control (MAC) and physical layer (PHY) specifications : Medium Access Control (MAC) Enhancements for Quality of Service (QoS)," *IEEE Standards*, May. 2002.
- [8] 3GPP, TS 22.934 : "Feasibility study on 3GPP system to Wireless Local Area Network(WLAN) interworking (Release 6)", *3GPP Standards*, v.6.2.0, 2003-9.
- [9] IEEE 802.15.1, "Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs)," *IEEE Standards*, Jun. 2002.
- [10] IEEE 802.15.3, "Part 15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)," *IEEE Standards*, Sep. 2002.
- [11] IEEE 802.15.4, "Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)," *IEEE Standards*, Oct. 2003.
- [12] IEEE 802.16, "Draft IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems", *IEEE Standards*, REV-d/D1-2004
- [13] 양정록, 김영일, 안지환, "휴대 인터넷 기술 동향", *Telecommunications Review*, 제 14 권 1호, 2004년 2월.
- [14] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko,

- “Mobility Support in IPv6”, *RFC 3775*, June 2004.
- [15] H. Soliman, et al., “Hierarchical Mobility IPv6 Mobility Management (HMIPv6)”, draft-ietf-mipshop-hmipv6-02.txt, Dec. 2004.
- [16] R. Koodli, et. al., “Fast Handovers for Mobile IPv6”, draft-ietf-mipshop-fast-mipv6-01.txt, Jan. 2004.
- [17] Maria Ramalho, “Intra- and Inter-Domain Multicast Routing Protocols: A Survey and Taxonomy”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol.3, no.1, First Quarter 2000.
- [18] P.Paul, S V Raghavan, “Survey of Multicast Routing Algorithms and Protocols”, *ACM Proceeding of 15th ICC*, p902-926, 2002.
- [19] Christophe Diot, Walid Dabbous, Jon Crowcroft “Multipoint Communication : A Survey of Protocols, Functions and Mechanisms”, in *IEEE JSAC*, Vol, No 3, April 1997, pp.277-290
- [20] Bin Wang, Jennifer C. How, “Multicast Routing and its QoS Extension: Problems, Algorithms and Protocols”, in *IEEE Network*, January/February 2000, pp.22-36
- [21] Luis Henrique M. K. Costa, Serge Fdida(LIP6/UPMC), Otto Carlos M.B. Duarte, “Hop-by-Hop Multicast Routing Protocol”, In *ACM SIGCOMM*, August 2001, pp.249-259
- [22] Fernando Kuipers, Piet Van Mieghem, “MAMCRA: A Constrained-Based Multicast Routing Algorithm”, In *Computer Communications*, Vol, 25, No. 8, pp. 801-810.
- [23] Hui-Lan Lu, Igor Faynberg, “An Architectural Framework for Support of Quality of Service in Packet Networks”, *IEEE Communication Magazine*, June, 2003.
- [24] Shigang Chen, Klara Nahrstedt, “An Overview of Quality of Service Routing for the Next Generation High Speed Networks:Problems and Solutions”, in *IEEE Network, Special Issue on Transmission and Distribution of Digital Video*, November/December 1998, pp.64-79
- [25] Jacobson, V., “Congestion Avoidance and Control”, *Computer Communication Review*, vol. 18, no. 4, pp. 314-329, Aug. 1988.
- [26] C. Barakat, E. Altman, and W. Dabbous, “On TCP Performance in A Heterogeneous Network: A Survey”, *IEEE Communications Magazine*, pp. 40--46, 2000.
- [27] A. Bakre and B. R. Badrinath, “I-TCP: Indirect TCP for mobile hosts,” in *Proc. 15th Int. Conf. Distributed Computing Syst. (ICDCS)*, May 1995.
- [28] Hari Balakrishnan, Srinivasan Seshan, and Randy H. Katz, “Improving Reliable Transport and Handoff Performance in Cellular Wireless Networks”, *ACM Wireless Networks*, V 1, N 4,December 1995.
- [29] K. Ramakrishnan, S. Floyd, D. Black, “The Addition of Explicit Congestion Notification (ECN) to IP”, *RFC 3168*, September 2001

- [30] Reiner Ludwig, Randy H. Katz , "The Eifel algorithm: making TCP robust against spurious retransmissions", *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, Volume 30 , Issue 1 (January 2000)
- [31] Pasi Sarolahti, Markku Kojo, Kimmo Raatikainen, "F-RTO: an enhanced recovery algorithm for TCP retransmission timeouts", *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, Volume 33, Issue 2 (April 2003)
- [32] Beomjoon Kim, Jai-Yong Lee, "Retransmission Loss Recovery by Duplicate Acknowledgement Counting ", *IEEE Communications Letters*, vol. 8, no. 1, pp. 69-71, Jan. 2004.
- [33] Dongmin Kim, Beomjoon Kim, Jechan Han and Jaiyong Lee, "Enhancements to the Fast Recovery Algorithm of TCP NewReno", *ICOIN*, 2004

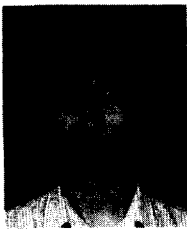


**이재용**

1977년 : 연세대학교 전자공학과 (학사)  
 1984년 : 미국 Iowa 주립대 컴퓨터공학 석사  
 1987년 : 미국 Iowa 주립대 컴퓨터공학 박사

1977년 ~ 1982년 : 국방과학연구소 연구원  
 1987년 ~ 1994년 : 포항공과대학교 전자계산학과 부교수  
 1994.9~현재 : 연세대학교 전기전자공학부 교수

<주관심분야> QoS Management/Protocol, 차세대 이동통신망 프로토콜 : MAC, Mobility Management, WTCP, Sensor Network



**권은현**

1996년 : 연세대학교 전자공학과 (학사)  
 1998년 : 연세대학교 전자공학과 (석사)  
 1998년~2004년 : 삼성전자  
 2004.3~현재 : 연세대학교 전기

전자공학부 박사과정

<주관심분야> 이동통신 MAC 프로토콜