

主題

IMT-2000 시스템 이후의 이동 통신 기술

한국전자통신연구원 오현서, 장영민

차례

- I. 개요
- II. 국내의 기술 동향
- III. 4세대 이동통신의 특징
- IV. 4세대 이동통신의 기술 전망
- V. 결론

I. 서론

이동통신기술은 언제나 어디서나 누구에게도 다양한 정보를 제공하기 위하여 필요한 통신 기술을 개발하는 방향으로 발전되어 왔다. 1980년대에는 통신 영역을 셀 형태로 분할하고 셀내 기지국을 설치하여 기지국간 통화 채널을 연결함으로써, 사용자에게 음성 서비스를 제공하는 제 1세대 아날로그 방식의 셀룰러 이동통신기술이 도입되었으며 15년 동안 아날로그 방식의 셀룰러 이동전화 서비스가 널리 보급되었다. 아날로그 방식의 셀룰러 이동전화 서비스는 가입자가 만족할만한 수준의 채널 용량과 음성 품질을 제공하지 못하는 문제점이 있었다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 디지털 방식의 셀룰러 이동통신기술을 개발하였으며 1990년대에 제 2세대 디지털 방식의 셀룰러 이동전화 서비스가 출현하게 되었다. 디지털 방식의 셀룰러 이동전화 서비스는 유럽과 일본에서 채택한 TDMA 방식과 미

국과 한국에서 채택한 CDMA 방식이 있다. 디지털 셀룰러 이동 전화 서비스의 출현으로 인하여 적체된 채널 용량을 해소하고 통화 품질은 상당히 개선되었으나 국제적인 로밍(Roaming)이 안되고 데이터 전송속도가 10 kbps 정도인 음성 서비스 외에 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기에는 다소 제약이 있었다.

제3세대 IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000) 이동통신기술은 국제적인 로밍이 가능하고 데이터 전송 속도를 고속 이동시 144 kbps, 보행시 384 kbps, 정지시 2 Mbps 까지 제공하며 음성 서비스 뿐만 아니라 고속 데이터 서비스, 영상 서비스까지 제공 가능하며 2002년 상용화를 목표로 연구개발에 박차를 가하고 있다. 그러나 꿈의 이동통신으로 불리던 IMT-2000 시스템은 미국을 중심으로 제안된 동기식 cdma2000 방식과 유럽과 일본을 중심으로 제안된 비동기식 WCDMA 방식으로 양분되어 있으며 핵

심방간 연동(GSM MAP, ANSI-41)을 위하여 Hook & Extension 개념을 정의하고 기본 기능과 부가 기능을 개발하고 있다.

IMT-2000 이후에 도래할 제4세대 이동통신기술은 보다 적은 비용으로 보다 편리한 고품질의 서비스를 제공하는 방향으로 기술이 발전할 것이다. 고품질의 서비스를 제공하기 위해서는 패킷 형태의 데이터 전송속도가 2 Mbps 이상 전송이 가능해야 하며, 이러한 고속 패킷 전송기술로 인하여 실질적인 멀티미디어 무선 이동 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 아래 그림1에서 처럼 4세대 이동통신은 기존의 IMT-2000 시스템과 B-WLL 시스템, 그리고 무선 멀티미디어 시스템을 수용하는 방향으로 진화할 것이며 한 개의 단말기로 여러 기능과 서비스를 제공하는 SDR(Software Defined Radio) 개념의 이동통신기술이 출현할 것으로 전망하고 있다.

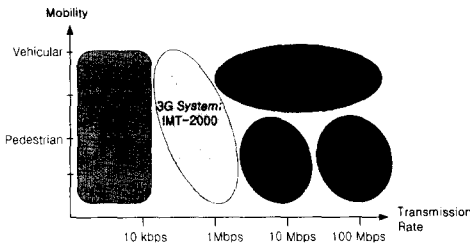


그림 1. 디지털 이동통신의 발전 전망

3세대 시스템 이후에는 유선망과 무선망이 독립적으로 존재하는 것이 아니라 유무선망이 통합되고 개인의 이동성이 증가하며, 전송 데이터의 고속화 및 용량증대의 개념으로 발전할 것이다. 그리고 인간의 삶의 질을 높이기 위한 여러 가지 서비스, 예를 들면, 음악, 게임, 전자상거래, 의료, 스포츠, 교육, 위치확인, 가정용 전기기기간 통신, 방송 등의 응용 서비스들이 이미 출현하고 있다. 또한 동영상관련 서비스 및 인터넷방송서비스 또는 대용량의 DB 액세스 기술을 필요로 하는 서비스가 예측되기 때문에,

제4세대 이동통신 시스템은 5-60GHz대역의 밀리미터파를 이용하여 궁극적으로 수백 Mbps까지 초고속으로 데이터를 송수신할 수 있으며, IP 망과 같은 유선망에 접속하여 양방향으로 백본망과 가입자 단말을 무선으로 연결하여 시간에 따라 변하는 무선 채널과 데이터를 대칭 및 비대칭으로 서비스하여 주는 유연한 초고속멀티미디어 통신시스템이 될 것이다. 여러 가지 정보 및 application을 제공하는 전송 핵심망은 회선과 패킷 혼합형식에서 패킷 (All IP) 망으로 변천해 가고 있고 계속해서 그 방향으로 진행되어 갈 것이다. 또한 무선 액세스 영역을 넓히기 위해 높은 전송률과 넓은 영역 (위성망 포함)을 수용하는 종합망으로 진화해 갈 것이다. 현재 2Mbps이상을 위해 HIPERLAN 1/2 및 IEEE 802.11 Wireless Local Area Network (WLAN) 표준안을 근거로 광대역 WLAN을 위해 표준화 작업을 진행중이다. 또한 Bluetooth 및 Home RF 등 가정내의 망을 위한 Wireless Personal Area Networks (WPAN) 및 고정된 무선 액세스를 위한 B-WLL, Hiperaccess 및 LMDS (Local Multichannel Distribution System) 등이 개발되고 있다.

본 논문에서는 4세대 이동통신에 관련된 국내외 기술 동향을 설명하고, 4세대 이동통신 핵심 기술을 물리계층 분야, RAN계층 분야, 그리고 이동통신망 분야에서 핵심 요소 기술을 제시하고 기술의 발전을 전망한다.

II. 국내외 기술 동향

외국에서의 4세대 이동통신기술에 연구는 대부분 공개되지 않은 상태이므로 구체적인 연구 내용이나 기술 수준을 파악할 수 없으나, 현재 서비스 개념 정립 단계로 파악하고 있다. 그리고 과거 이동통신의 발전 과정을 볼 때 IMT-2000 기술, Wireless

LAN 기술, 위성 기술과 Wireless Multimedia 기술 등이 4세대 이동통신기술로 진화될 것으로 전망되므로 이 분야에 대한 기술 연구 내용을 파악하고자 한다.

1. 유럽의 기술 동향

유럽은 ACTS 프로그램을 1994년부터 1998년까지 수행하였다. MBS (Mobile Broadband System) 과제는 B-ISDN의 무선 확장 시스템으로 무선 ATM에 기반을 둔 공중용 광대역 이동통신 시스템으로 40 및 60 GHz 대역을 사용하고 최대 전송속도가 155 Mbps이다. SAMBA과제는 MBS 실현에 앞서 기술 타당성 검증을 위한 선행연구로 추진하였으며 Lisbon Expo 98에서 TV와 의료 관련 Application을 시연하였다. MEDIAN 과제는 최대 155 Mbps 전송이 가능한 무선 가입자 근거리망을 위한 파일럿 시스템을 구현하며 주파수 대역은 60 GHz이다.

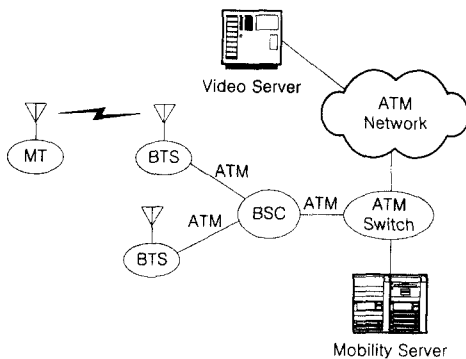


그림 2. SAMBA 시범망 구조

ACTS 프로그램을 종료하고 새롭게 시작된 IST 연구 프로그램이 2000년부터 시작되었다. BRAIN 과제는 IP Backbone 망과 연동되며 GSM/GPRS/EDGE/UMTS 시스템에 20Mbps의 광대역 멀티미디어 서비스를 제공하려는 무선접속기

술을 연구하고 있다. 4세대 이동통신의 핵심기술로 필요한 SDR 기술, 스마트 안테나 기술, 위성통신 망과의 연동 기술, IP 망과의 연동 기술, ITS 기술 등 14개의 다양한 과제를 2000년부터 수행하고 있다. 그림 2는 SAMBA 시범망 구조를 나타낸다.

2. 일본의 기술 동향

일본에서는 MMAC (Multimedia Mobile Access Communication) 과제를 수행하고 있으며 가변 데이터 전송을 수용하고 B-ISDN을 무선으로 확장하는 개념의 시스템으로 표1에서 처럼 공중용과 사설용 시스템으로 구분되며 2002년 기술 개발 완료를 목표로 연구를 수행하고 있다. 또한 NTT에서는 사용자가 공공장소, 집, 사무실 등에서 10Mbps의 고속의 전송속도를 제공하기 위해 ATM을 근간으로 한 AWA 프로젝트를 수행하고 있다. AWA는 유럽의 ACTS 프로젝트와 연계하여 같은 시험시스템을 사용하고 있다. 이 시험시스템은 방향성 안테나를 이용하여 3~30GHz대역의 SHF

표 1. MMAC의 제원

구분	고속 무선 access	초고속 무선 LAN
서비스 영역	공중용(옥내, 옥외)	사설용(옥내)
접속 망	공중망, 자영망 (ATM)	자영망(ATM)
전송속도	평균 6~10Mbps 최대 25Mbps	156Mbps
단말 형태	휴대형 PC중심	desktop PC, WS 중심
이동성	정지~준정지, 핸드 오프 가능	정지, 핸드오프 가능
사용주파수대	25/40/60 GHz	60GHz
소요 대역폭	500~1000MHz	1~2GHz
전송품질	10-6 정도	유선망과 동일(10-8~10-10 정도)

밴드에서 사용자당 최고12Mb/s의 전송속도를 제공한다. 그림 3는 AWA 망구조를 제시한다.

일본의 NTT DoCoMo에서는 4세대 이동통신기술은 주파수 대역이 2~10 GHz 이고 데이터 전송속도가 이동시 2Mbps, 정지시 10-20Mbps 이며, IMT-2000 시스템보다 시스템 용량이 3-5 배 정도의 특징을 갖는 시스템으로 예상하며 현재 내부적으로 연구를 시작한 것으로 추측하고 있다.

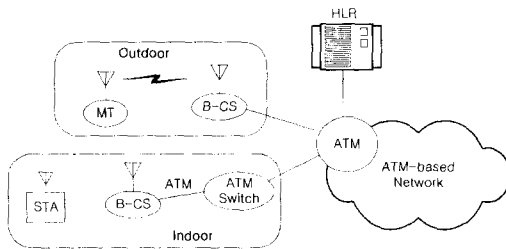


그림 3. AWA 망구조 예

3. 미국의 기술 동향

미국에서는 NSF (National Science Foundation)의 주관 하에, 지상과 위성통신망의 통합으로 차량에서 멀티미디어 서비스를 구현함은 물론 원격진료, 인터넷을 통한 원격교육 등의 서비스를 제공하는 100Mbps급의 4세대 통신망을 2010년경에 구축하기 위하여 노력하고 있다. AT&T와 Lucent Tech.에서는 현재 ATM을 근간으로 25Mbps의 속도까지 제공할 수 있는 BAHAMA (Broadband Adaptive Homing ATM Architecture) 프로젝트를 추진하고 있다. Bell Lab.은 SUN Microsystems와 함께 MII (Mobile Information Infrastructure) 프로젝트를 수행하고 있으며 이미10-20Mb/s의 속도의 시험시스템을 시연하기도 하였다. SWAN 과제에서는 2.4 GHz 대역에서 실내 무선 LAN 시스템으로 IP over ATM의 초기 모델을 연구하였으며, ISM 대역 (2.4/5.8 GHz)을 사용한 무선 LAN

시스템으로 IEEE 802.11, IEEE 802.11b, IEEE802.11a 시스템으로 발전하였고 대역확산 방식을 사용하며 최대 전송속도가 54 Mbps 이다.

4. 국내 기술 동향

국내 기술은 한국전자통신연구원에서 '97년부터 '98년까지 무선 멀티미디어 기술 연구를 통하여 고속 무선 전송기술과 무선 멀티미디어 Test Bed 구축하였으며 OFDM-CDMA 방식의 모뎀을 개발하고 384 kbps 영상전화를 시연을 하였으며, 30 GHz 대역에서 무선 ATM 방식의 5 Mbps 급 영상 전송 시스템 구현하였다. 그리고 '98년부터 '99년까지 한국통신과 삼성전자는 공동으로 무선 멀티미디어 시스템 기술을 연구하였으며 무선 ATM 방식의 무선멀티미디어 시스템 구현하였다. 그리고 학계에서는 IMT-2000 연구개발에 관심이 이미 고조되어 있고, 일부 대학은 4세대 관련 이동통신분야의 연구인력을 보유하고 있다.

Ⅲ. 4세대 이동통신의 특징

3세대인 UMTS/IMT-2000시스템에서는 2Mbps의 전송속도까지만 수용하지만, 인터넷의 사용이 폭발적으로 증가하고, 무선 자원 (예, 스펙트럼 자원, 송신 전력)이 제한된 상황에서 높은 대역폭을 요구하는 멀티미디어 서비스를 제공하게 될 제 4세대 시스템은 2Mbps이상의 대역폭, 높은 이동성 및 멀티캐스트 트래픽 등을 제공하여야 한다. 무선액세스망과 백본망간의 프로토콜은 백본망으로 부터 액세스 망에 의해 제공된 자원까지의 액세스를 제공한다. 이것은 액세스망의 세부적인 무선구조에 독립적이다. 그림 4은 제4세대와 다른 무선 액세스 시스템을 정보전송률과 이동성측면에서 비교하였다. 제4세대이동통신 시스템으로서, 일본에서는 AWA (Advanced Wireless

표 2. 3세대와 4세대간의 RAN구성/기술 비교

항목	3세대	4세대
주 서비스	음성전화 및 저속 멀티미디어 서비스	데이터 및 고속 멀티미디어 서비스
중심주파수/ 주파수 이용효율	2GHz/70%	밀리미터파(20~60GHz) / 100% 이상
셀 구성 및 무선 제어	Macro/Micro 계층 셀 기지국-제어국간 ATM망	Micro/Pico 계층 셀 기지(무선)국-제어국간의 IP over WDM 망
호 제어	ATM 지원 호 제어 HardQos 기반 호 수락 제어	IP 지원 호 제어 Soft QoS 기반 호 수락제어
무선접속 프로토콜	고정 / 예약 할당방식 ARQ	지능형 동적 예약 할당방식 Hybrid ARQ
정보전송속도/오류율	144k~2Mbps / $10^{-3} \sim 10^{-6}$ 급	2M~150Mbps / $10^{-6} \sim 10^{-12}$ 급
트래픽 모델	Poisson 모델	Bursty 및 Self-similar 모델
무선접속 물리계층	CDMA 전용 FDD/TDD 단일 / 다중반송파 OCQPSK / QPSK 길쌈 / 연접 / 터보코드 부분적 가변 변복조 직/병렬간섭신호 제거 적응형 안테나	CDMA / TDMA TDD / FDD 혼용 다중반송파 OFDM / OCQPSK / QAM 터보코드 적응형 실시간 가변 변복조 병렬간섭신호 제거 적응형 안테나
Roaming	이종간에 제한적인 Roaming	글로벌 Roaming
보안 기술	비밀키/공개키 혼용	공개키 기반 인프라 방식

Access)를, 유럽에서는 MBS (Mobile Broad-band System) / SAMBA (System for Advanced Mobile Broadband Applications) project등을 추진 중에 있다.

그림 5는 기존의 제3세대 RAN구조를 나타내며 BTS와 BSC간에 E1 물리 계층 위에 ATM 프로토콜을, BSC와 MSC 및 PDSN간에는 155Mbps의 ATM 프로토콜을 주로 이용하고 있다. 현재 ATM망과 IP망이 따로 분리되어 서비스를 제공하고 있으나, 제3세대에서도 All IP망을 위해 표준화를 추진 중에 있어, 부분적으로 All IP망을 통한 서비스가 예측된다.

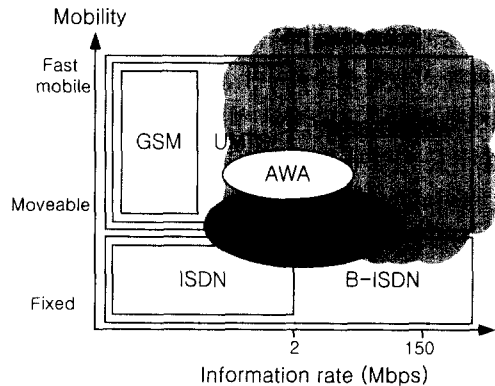


그림 4. 제4세대와 다른 무선 액세스 시스템간의 비교

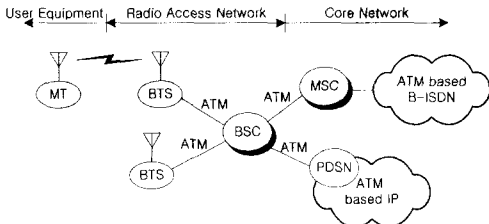


그림 5. 3세대RAN의 구조

3세대와 4세대간의 기술비교를 요약하여 보면 표 2과 같다.

IV. 4세대 이동통신의 기술 전망

4세대 이동통신의 발전 추세를 물리계층부분, RAN 계층 및 핵심망 부분으로 나누어 고찰하면 다음과 같다 4.1 기술의 주요 특징

미래의 무선통신의 추세는 가정기기 및 가정용공간에도 통신이 필요하고, 서비스는 백본망으로 부터 독립적일 것이며, 통신, 컴퓨팅 및 멀티미디어 서비스의 세가지 정보영역이 합쳐질 것이다. 또한 단말기는 소형화 및 지능화될 것이다. 다양한 기술과 표준을 수용하기 위하여 SDR 기술을 이용하여 단말기와 기지국은 요구되는 기술과 표준의 소프트웨어를 다운로드 받아 사용하게 될 것이다. 대용량 가입자의 수용과 고속 멀티미디어 서비스를 위하여 밀리미터파의 사용은 필수적이며, 가입자의 증가로 인하여 4세대 셀룰러 시스템의 셀은 Micro/Pico 셀화 될 것이다. 이렇게 되면 BTS의 숫자는 기하급수적으로 늘어나게 되면, 이러한 환경 하에서의 해결방법은 현재의 BTS의 역할을 대폭 줄이고, 많은 수의 BTS를 광케이블로 연결하여 하나의 제어국에서 이들을 제어하는 구조라고 할 수 있다. 각각의 BTS는 무선 신호만을 송수신하며 광신호와 전기신호의 변환만을 담당하는 무선국 (Radio Station)의 형태가 되고, 제어국에서는 여러 무선국으로 부터 다중

화된 광신호를 처리하며, 3세대까지의 기지국에서 수행하였던 복조, 핸드오프 및 전력제어 등을 수행하는 저가의 소형 기지국과 많은 기능이 집중된 제어국의 형태로 무선접속구조가 바뀌게 될 것이다. 무선국의 숫자의 가변성 및 확장성을 고려한 무선국과 제어국사이의 다중화 방법으로는 WDM 또는 Optical CDMA방식이 사용될 것이다. 그림 6에서 보는 것과 같이 제4세대에서는 WLAN 및 WPAN과 호환/연결성을 위해 서로 연결되어 협동할 것이다. 제4세대는 SDR을 이용하여 3세대 서비스와의 호환성이 있는 다중모드 및 다중기능 터미널 및 기지국을 사용할 수 있을 것이다.

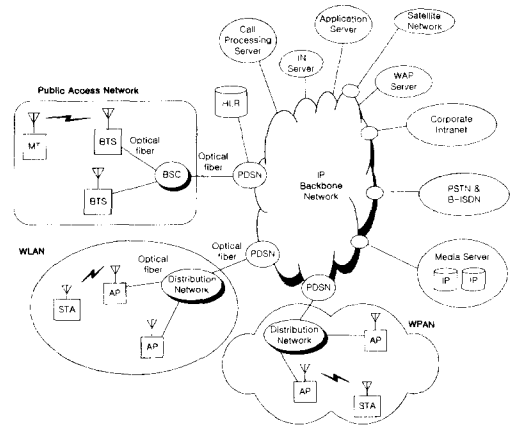


그림 6. 제 4세대 RAN 구조

IP트래픽이 향후 데이터 트래픽의 주종이 될 것이기에 각 트래픽 흐름에 근간한 종단간의 서비스품질 기술을 제공하는 통합 서비스와 합쳐진 트래픽을 위해 QoS를 제공하는 차등 서비스가 있다. 인터넷을 백본으로 할 경우 멀티미디어 서비스의 서비스 품질 보장, 보안, 확장성 어려움으로 인해 인터넷 분야에서 네트워크 구조, 성능, 서비스품질 보장 및 보안 등의 기술 개발이 필요하다. 또한 멀티캐스팅, 이동성 및 망 보안기능을 제공해야 한다. 여러 가지 인터넷페이스를 제공해야 할 IP망은 IPOA (IP over

ATM) 방식과 IPOW (IP over WDM) 방식이 공존할 가능성이 있지만 IPOW방식만이 미래의 전송방식이 될 것으로 전망된다. IPOW는 best effort 서비스를 제공하고 IPOA는 높은 QoS 요구 조건을 가진 서비스를 위해 사용되어질 수 있다. IPOW는 IPOA와 IPOS (IP over SONET) 보다 더욱 더 경제적이다. IPOW 방식은 차세대 통신 망 개념인 OOI (Open Optical Interface) 개념을 이용하여 IP 프로토콜을 WDM 망에 직접 접속하는 방식이다. IPOA 망이나 IPOW 망이 BTS와 BSC사이를 연결할 것이며 경제성과 차차기 망으로의 천이를 고려한다면 IPOW가 유력한 대안일 것이다. 또한 CATV망의 설치에 힘입어 BTS, BSC 및 PDSN간의 액세스망은 광케이블망을 이용하게 될 것이다. Public Radio Access Network에서 user plane의 프로토콜 스택을 그림 7에 제시한다. 무선 액세스부에서는 회선교환 대신 패킷교환이 사용되어질 것이다. 광케이블이 최종 사용자에게 가까운 곳까지 도입될 것이기에 WLAN 및WPAN AP는 Ethernet 또는 다른 802.XX를 이용한 분배망을 활용할 것으로 기대된다.

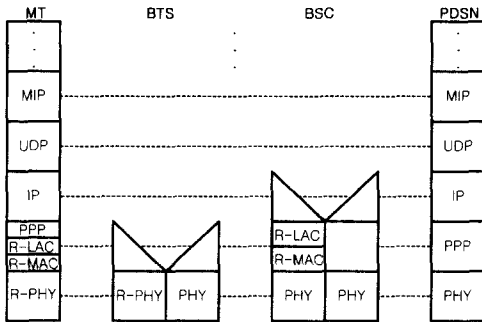


그림 7. Public Access Network의 프로토콜 구조 - user plane

2. 물리 계층의 핵심 기술 전망

제 4세대의 물리계층에 사용될 기술은 IMT-2000 시스템과 Wireless LAN 시스템과 무선 멀

티미어 기술에서 제안되고 검증된 기술이 활용될 것이며 특히, 아래와 같은 특징을 가진 기술이 적용될 것으로 전망된다.

- 주파수 자원을 효율적으로 사용하는 TDD 방식의 무선 접속 방식
- 간섭을 제어하여 채널 용량을 증대시키는 간섭제거 기술
- 복합셀 환경에서 동작하는 적응형 변복조 및 채널 코딩 기술
- 고품질 QoS의 패킷 데이터 서비스 구현을 위한 통신방식
- 저 전력형/저 복잡도로 단말기를 구현하기 위한 통신 방식
- SDR 기반으로 물리계층을 구현하는 방향

송수신 신호를 Duplex하는 방법으로는 주파수 대역을 달리하여 송수신하는 FDD (Frequency Division Duplex) 방식과 시분할방식으로 송수신하는 TDD (Time Division Duplex) 방식이 있다. FDD의 경우 송수신의 주파수를 따로 할당함에 따라서 간단히 Duplex할 수 있는 장점이 있지만, 송수신 신호의 특성이 서로 독립적이기 때문에 정확한 파라미터 설정을 위해서는 페루프 제어를 필요로 한다. 3세대까지는 주로 FDD를 이용하여 지구국과 단말기간의 통신을 수행하였다. 반면, TDD 방식의 경우 시간슬롯을 정확히 맞추어 송수신해야 하는 복잡함은 있지만, 송수신 신호의 특성이 유사하기 때문에 빠르고, 정확한 채널의 모니터링이 가능하다. 4세대의 데이터의 전송은 패킷 스위칭 시스템을 이용할 것이다. 패킷 전송의 경우 채널을 지속적으로 유지하는 것이 아니라, 순간순간 채널을 설정하여 사용하게 된다. 따라서, 빠르게 변하는 채널 환경에 대응하고, 송수신기의 유기적인 공조를 통한 파라미터 설정을 위해서는 TDD방식이 보다 유리하다고 할 수 있겠다.

시스템 용량 증대를 목적으로 한 CDMA 이동 통신 시스템에서 용량 증대에 지배적인 영향을 주는 중요한 요소는 전력제어다. 전력제어는 기지국에 도달하는 모든 이동국으로 부터의 전력을 동일하게 하여 근원간섭 및 외부간섭 문제를 최소로 하여 용량을 증대 시키는 방법이다. 이동국과 기지국간의 무선 인터페이스 표준안에 아무런 변화 없이, 동적으로 변하는 전력치를 제어하지 못하는 페루프 전력제어의 약점을 보완하기 위해 비선형적이고 예측적이고 지능적인 전력제어 기법들이 전송 Rate Control과 함께 사용되어질 것이다.

간섭신호를 효과적으로 극복하여 시스템의 성능을 향상시키기 위한 방법으로 신호의 송수신시 빔의 각도 또는 감도를 조정하여 간섭의 세기를 줄이는 스마트 안테나 기술과 다중사용자 신호를 검출하거나 필터를 사용하는 다중사용자 신호제거기술은 4세대 시스템에서 적극 활용될 것이다. 멀티미디어 서비스로 대변될 수 있는 3세대이후의 많은 종류의 서비스를 제공해주기 위한 송수신 시스템의 구조는 단말의 위치 및 상황에 따라서는 차이가 있게 된다. 이러한 상황에서는 실시간으로 송수신 시스템의 파라미터를 변화시킬 수 있는 구조가 되어야 하며, 단일 단말기를 사용하면서 망환경에 따라 시스템의 구성을 소프트웨어로 환경 설정하는 SDR기술이 필수적이다.

제 4세대의 물리계층은 수많은 데이터의 종류와 환경 하에서 다양한 요구품질을 만족시키기 위하여 보다 적극적이고 유연한 구조의 시스템으로 변화할 것으로 예상된다. 즉, 송신기와 수신기의 유기적인 공조를 통한 최적의 시스템 파라미터를 동적으로 변화시킬 수 있는 시스템이어야 할 것이다. 망의 용량을 증가시키기 위한 미래의 액세스기술로는 송수신기의 동적특성 등을 고려할 때 CDMA 또는 주파수 CDMA 및 TDMA/FDMA를 결합한 혼합적인 다중접속방식이 될 것이다. 필요한 데이터의 종류 및 요구 품질에 따라 사용자가 시스템에 요구하는 주파

수 대역폭이 달라져야 하고 - Bandwidth On Demand - 소스코딩 및 채널코딩율, 송신전력, 처리이득 등을 다중접속간섭을 최소화하면서 요구 품질을 만족하도록 최적의 파라미터를 채널환경에 따라 동적으로 변화시키게 될 것이다. 수신기에서는 채널상태를 측정하고 예측하여 이 정보를 송신기로 전송하고, 수신 파라미터로 사용하게 된다. 또한, 수신기에서는 간섭신호의 소스 위치에 따라 배열안테나의 이득을 조정하여 간섭신호의 크기를 줄이고, 다중사용자간섭을 감소시키는 기법이 적극적으로 사용될 것이다.

이상적인 무선접속은 주파수효율성이 높은 변조 기법과 다양한 서비스 및 여러 가지의 전송률을 수용할 수 있는 다중접속기법이라고 할 수 있다. 4세대의 변조기법은 광대역 이동통신 채널인 주파수 선택적 페이딩 환경에 강하고 비선형성 증폭기를 수용 가능하여야 하며 수신시의 신호 처리량을 최소화 하여야 한다. 3세대에서는 단일반송파를 기반으로 한 OCQPSK/QPSK방식이 사용되고 있다. 4세대에서 사용될 변조방식기법으로는 현재까지 제안된 기법 중에서 OFDM기법이 가장 유력하다. OFDM 기법은 IFFT/FFT기법을 이용 송/수신하는 방법으로서 현재 디지털 방송 및 WLAN에 채택된 변조 방식이다. 그러나, OFDM의 경우 주파수 효율성 및 신호처리측면에서는 성능이 뛰어나지만, 전송신호의 진폭에 따른 비선형 증폭기의 수용이나 전력소모의 문제, 그리고 순방향에 비해 역방향의 성능이 떨어지는 문제가 과제라고 할 수 있다.

채널코딩으로서 터보코딩(Turbo coding) 방식이 현재까지 개발된 코딩 방식 중 가장 유망한 방식으로 볼 수 있으나, 시간지연에 민감하고 소스율이 비교적 낮은 음성 등의 경우에 대해서는 길쌈부호방식이 적합하다. 제 3세대 시스템에서는 이러한 이유로 두 가지의 코딩방식이 모두 채택되어있다. 두 가지의 방식은 모두 길쌈부호화를 기본으로 하고 있으며, 따라서 길쌈부호화기와 터보 부호화기의 장점

을 모두 살리며 동적인 부호율 변화가 용이한 코딩 방식의 개발이 요구된다고 하겠다. 제 4세대에서는 이러한 점을 보완한 터보 부호화기가 데이터의 형식에 무관한 채널코딩방식으로 사용될 것이다.

기지국에서는 접속하고 있는 단말이 정보를 이용하여 다중 사용자신호를 제거하는 간섭제거 기법이 추가로 사용될 것이다. 제 4세대 물리계층에서 가장 핵심적인 부분은 무선채널상황의 정확한 측정과 최적의 자원 배정이라고 할 수 있으며, 이를 위한 알고리즘의 개발이 매우 중요한 과제이다.

2. RAN부분의 핵심 기술 전망

- 이동통신 서비스의 다양화 및 멀티미디어화
- 패킷 기반의 데이터 전송의 고속화 및 고품질화
- Mega/Macro/Micro/Pico Cell 환경에서 중단없는 서비스
- 셀내 채널 용량의 증대
- 트래픽 특성 및 채널 특성에 따른 적응적인 셀 구성
- 국제적인 로밍이 가능하고 개인 이동성을 고려
- 저렴한 가격과 중단없는 핸드 오프 제공
- 소형화 및 저전력화
- 주파수 및 시간 자원 효율성

주파수 스펙트럼 및 에너지를 고려한 동적이고 적응적인 R-MAC 및 R-LAC 프로토콜이 필요하며 송신 전력을 최소로 사용하는 무선 알고리즘 및 프로토콜기술이 필요하다. 이를 위해 회로 및 CPU 디자인, Sleep 모드 프로토콜 및 배터리기술이 필요하다. 채널상태를 예측할 수 있다면 에너지 효율적인 프로토콜 구현이 가능하다. 새로운 Hybrid ARQ, TCP 프로토콜과 물리계층을 고려한 R-LAC 프로토콜기술을 하드웨어로 처리하는 기술

이 필요하다. 프로토콜을 재설계하기 위해 채널 및 배터리의 동적인 성질을 정확하게 모델링하는 것이 필요하다. 정확한 무선트래픽 모델링이 필요하며 bursty 및 Long-range dependent 등의 트래픽하에서의 기지국 성능분석기술이 필수적이다. 중 단간 보안 서비스뿐만 아니라 링크계층에서도 최적의 보안 프로토콜 개발이 필수적이다.

3. 핵심망 부분의 핵심 기술 전망

- 정보 속성이 음성 위주에서 영상 및 데이터를 포함하는 멀티미디어 데이터로 변화
- 핵심망 스위칭 방식은 회선+패킷교환 방식의 혼합방식으로부터 순수 패킷교환방식으로 발전
- 다양한 종류의 분산된 개별망 서비스에서 유선/무선/방송/인터넷 등의 통합된 형태의 통합망 서비스로 발전
- 네트워크를 구성하는 기능요소 (Functional Entity)의 분산화 (Distribution)와 제어 방식의 분산화를 추구
- 특정 서비스에 고정된 망구조에서 다양하게 변화될 수 있는 가변형 망구조(Re-Configurable Network)를 갖는 네트워크로 발전
- Dynamic & adaptive re-configurable 네트워크 지원 Protocol의 필요성 대두

자원관리 및 망 운용자 입장에서 자동적이고 효율적인 주파수 할당 및 계획이 필요하다. 급변하는 환경 하에서 무선 자원관리 기술 중에 호 수락 제어 기술, 채널지정 문제 및 이동성 관리 기술들이 연구되어야 한다.

무선 채널상에서 효율적인 대역폭관리 및 효과적인 QoS 제공이 요구된다. 핸드오프 절차는 빠르고 메시지 손실이 없어야 한다. 또한 핸드오프 절차는

액세스, 무선자원 및 망 제어와 관련되며 시스템 용량과 성능에 큰 영향을 미친다. 변동하는 채널상태와 예측불허의 무선자원 조건 하에서 효율적이고 신뢰성 있는 핸드오프 기술이 요구된다. 핸드오프는 단말기와 기지국사이에서 서로 정보 교환하여 이루어지며, 현재는 MAHO (Mobile Assisted Hand-Off)를 주로 이용하지만 미래에는 호 설정 및 유지보수 기능들을 국부적인 환경에서 잘 감시하고 강력한 신호를 제공하는 기지국을 인식할 수 있는 지능형 단말기가 책임을 가지고 수행할 것이다. Hard QoS 제어기술을 제공하는 3세대와는 달리 4세대에서는 신호전력 측정 외에 사용자 이동성 패턴 및 Soft QoS 제어에 근거한 예측적인 핸드오프 기술이 사용되어 질 것이다. MT가 다른 기지국으로 핸드오프 시에 가용 자원이 없을 때 핸드오프 연결을 거절하는 것보다 Softness Profiles에 근거하여 대역폭이 줄어들더라도 현재 활동중인 연결들 사이에서 대역폭 재할당을 수행한다. 멀티미디어의 출현으로 인한 폭주방지와 QoS 제공을 위해 무선망으로의 액세스를 제어해야 한다. 무선망의 특징으로 채널 페이딩, 이동성 및 핸드오프로 인해 액세스망의 대역폭이 변동하기 때문에 QoS 제공에 상당한 어려움이 있다. 미래의 무선망은 가격 계획에 따라 서비스 수준을 사용자가 결정할 것이며, 호별 또는 서비스별 QoS 파라미터를 제공할 것이다. 서비스별 QoS 제공 뿐만 아니라 개개인의 QoS를 만족시키기 위한 실제 트래픽 및 파라미터 측정 및 예측에 근거한 Soft QoS 제어 기술이 제공되어야 할 것이다. 인터넷을 이용하는 백본망에서 차등서비스를 제공하기 위해, 종단간 QoS 요구조건이 주어질 것이며 이를 만족하기 위한 QoS관리 기술이 필요하다.

망 운용자에게 가장 중요한 기술로는 주파수 계획, 망용량 최적화 및 채널 재사용 방법을 포함한 채널할당 문제이다. 비대칭적인 트래픽을 고려한 동적이고 유연한 DCA (Dynamic Channel Allocation)방식이 필요하다. 이동성관리 측면에

서는 모든 가입자의 현재 위치를 추적할 수 있는 위치관리 절차와 핸드오프 절차로 구분된다. 위치 갱신 기술로 시간 근간, 움직임 근간 및 거리 근간으로 구분된다. 멀티캐스트 트래픽을 제공하기 위해 이동성관련 프로토콜을 변화시켜야 한다. 망구조가 점차적으로 분산화 및 지능화로 인해 많은 양의 데이터 처리 능력을 가진 Client-server 분산객체지향DB가 나타날 것이다. 이러한 서비스를 제공하기 위한 소프트웨어는 견고하고 유연한 객체지향 프로그래밍 기술이 필요하다. 망 관리를 위해 Embedded agent, Mobile agent, CORBA (Common Object Request Broker Architecture), CMIP (Common Management Information Protocol), Web-based TMN 및 분산객체지향 개념을 이용한 지능적인 운영 및 유지보수 시스템개발이 필요하다. 신호망과 같은 중요한 부분에서 실시간 이중화를 위한 고장감내 기술이 필요하다. 또한 제4세대를 위한 실시간 운영체제가 도입되어야 한다. 과금의 기준으로는 호 연결 시간보다는 정보의 양이 사용될 것이다.

4. 핵심 소요 기술의 전망

4세대 이동통신에서 사용될 핵심요소 기술을 물리계층과 RAN 분야 그리고 이동통신측면에서 정리하면 아래 표와 같다.

V. 결 론

2005년경에는 새로운 서비스들을 위해 하나의 무선단말기가 인터넷, WLAN, 위성망 및 WPAN을 액세스할 수 있게 될 것이다. 미래에는 국제 표준에 근거한 유선과 무선이 결합된 글로벌 망이 구축되어 복합적인 서비스와 광대역 핵심망으로의 액세스를 제공할 것이다. 제4세대는 2Mbps이상의 비

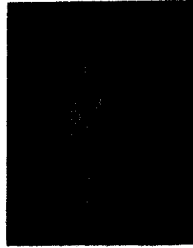
소요기술	전 망
다중 접속 기술 - FDD/TDMA 기술 - FDD/CDMA 기술 - TDD/CDMA 기술 - TDD/TDMA 기술 - TDD/TDMA /CDMA 기술 - Bandwidth Demanded 다중 접속 기술	- 무선 인터넷 서비스의 증가로 비대칭 데이터 서비스를 효율적으로 제공하기 위하여 TDD와 TDMA를 CDMA로 결합시키는 다중 접속기술.
변복조 기술 - TDMA 모뎀 - Narrowband CDMA 모뎀 - Wideband CDMA 모뎀 - 이동통신용 TCM 및 QAM - Space-Time 코딩 기술 - Broadband TDMA/ CDMA 모뎀 - 고속 패킷 모뎀 - 채널 적응형 변복조 - 다중 반송파 전송기술	- 비연속적인 패킷 데이터를 효율적으로 전송하기 위한 기술. - 채널환경의 변화에 능동적으로 대처하기 위한 적응 변복조 기술. - 저 전력형 변복조 기술
다중 속도 전송기술 - 멀티 코드 - 다중 확산율 방식 - 속도 적응형 변복조 기술 - 다중 반송파 전송 기술 - 적응형 다중 반송파 전송 기술	- 가변 속도의 데이터 서비스에 제공하면서 단말기의 전력 소모를 방지하는 전송기술.
채널 코딩 기술 - 길쌈 부호화 기술 - 터보 부호화 기술 - Space-Time 코딩 기술 - 패킷 데이터 전송기술 - 패킷 전송을 위한 RCPC 기술 - 비연속 패킷 데이터 부호화 기술	- 낮은 복잡도/저전력의 터보 부호화 구현기술. - 비실시간 고속 패킷 데이터 전송기술.
간섭 완화 기술 - 스마트 안테나 기술 - 감산형 간섭제거기술 - 순방향 MUD 기술 - 적응형 선형 간섭잡음제거기술 - Turbo MUD - 스마트 안테나/MUD 혼합기술 - 고속 전력 제어 기술 - 고속 데이터용 등화기술 - 초 고속 데이터용 등화기술	- 다중 속도에 대한 간섭 제거 기술. - 성능 향상을 위한채널 예측 기술 - 반복형 MUD 기술 - Broadband TDMA용 등화기술.
다이버시티 기술 - 인터리버 - Maximal Ratio 결합기술 - 송신 다이버시티 기술 - Pre-rake 기술 - Space-Time 코딩 기술 - 적응형 결합기술	- 다수 사용자 간섭을 고려한 MMSE 기반의 결합기술 - 이동국 단말기의 복잡도를 줄이기 위한 송신 다이버시티 기술- 채널 코딩과 결합된 다이버시티 기술.

소요기술	전 망
<p>동기 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 정합 여파기 - 적응형 코드 획득 기술 - 패킷 동기 획득 기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 저 복잡도의 정합 여파기 기술 - 다수 사용자 간섭을 고려한 코드 획득 기술
<p>Reconfigurable Radio 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - SDR (software Defined Radio) - SWR (Software Radio) - Cognitive Radio 	<ul style="list-style-type: none"> - SDR Forum 통한 Unified 설계 기술 - 스마트 안테나와 MUD가 결합된 적응형 기지국 수
<p>신기 기술소스 코딩 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 보통 음질용 보코더 기술 (QCELP, EVRC, RPE-LTP) - AMR Enhanced EVRC 트랜스 코딩 기술 - 고 음질용 보코더 - HiFi Audio 전송 보코더 - 초 저속 동영상 처리 기술 - 저속 패킷 비디오 처리기술 	<ul style="list-style-type: none"> - 무선 인터넷 서비스를 위한 저속 패킷 비디오 처리 기술 - 저속 동영상 처리 기술
<p>기지국 무선접속 기술</p>	<p>10-20Mbps 패킷 데이터 전송과 IMT-2000의 채널 용량을 3~5배 이상 증대하기 위한 스마트 안테나, 적응형 고속 모뎀, 채널 코딩, 간섭 제거 기술, Channel Quality Estimator 기술이 필요</p>
<p>무선접속 프로토콜</p>	<p>고속 패킷 전송을 위한 MAC, 고속 패킷 전송에 따른 Dynamic 채널 할당기술이 필요 RLC 및 정보보호 기술, Radio-IP 기술이 필요</p>
<p>무선 제어 기술</p>	<p>패킷 데이터 전송시 멀티미디어 서비스 제공을 위한 채널 할당 및 QoS 관리기술</p>
<p>무선 셀 설계 기술</p>	<p>멀티미디어 서비스별로 셀 구성 및 용량 증대기술 다층 셀 설계 및 최적화 기술</p>
<p>초고속 광대역 이동 통신망</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 네트워크의 대용량화, 초고속화를 추구하는 기술 분야로서 전송기술, 다중화기술, 광 증폭기술, 광 교환기술 분야에서 안정화, 효율화, 대용량화, 고출력화, 소형화를 추구하며 기술 발전 전망유 무선 통합망
<p>유무선 통합망</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bearer Transport 망기술과는 별도로 패킷 스위칭 기술을 바탕으로 하는 망을 기반으로 유선통신망, 이동통신망, 인터넷망, 사설망 등을 통합하여 서비스해 주는 형태의 통합망으로 발전 예상. 이를 위한 관련 기술 개발이 필요함.
<p>Dynamic 적응형 가변망</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 향후의 망은 traffic의 부하 특징, 서비스의 종류 등에 따라 adaptive resource allocation을 해 줄 수 있는 가변성과 융통성을 가지고 self-organize해 줄 수 있는 가변망 형태로 진화 예상
<p>IP-based 이동통신망</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 이동통신망을 IP 기반으로 하여 다양한 멀티미디어 트래픽을 수용하고자 하는 기술로서 효과적인 망구조 설계 기술과 real-time 서비스를 위한 QoS 제어 기술, 가입자의 고속 이동성을 제공해 주기 위한 기술, IP 주소 해결을 위한 기술 등의 방향으로 기술 발전 전망

대칭적인 전송율을 가진 광대역 액세스 및 분배망을 포함하여 복합적인 유무선 플랫폼과 다른 주파수대역에서 운용되는 망으로 연속적인 서비스를 제공하게 될 것이다. 가변적이고 높은 오류률을 가진 무선 채널을 고려한 차세대 핵심기술로는 스마트안테나, 다중접속기술, 간섭완화기술, 고속 패킷 모뎀 기술, Reconfigurable radio 기술, IPOW, 저전력 무선 프로토콜, 지능형 Soft QoS 관리기술, 무선 셀 설계 기술, IP-based RAN 및 All-IP 등이 있으며 이와 같은 핵심 요소기술 개발을 위한 기초 선행연구 및 기술 검증을 위한 실험실 모델구현이 조속히 추진되어야 할 것이다.

*참고문헌

- [1] M. Proglar and et al., "Air interface access schemes for broadband mobile systems," IEEE Communication Magazine, Sept. 1999.
- [2] M. Dinis and et al., "SAMBA: a step to bring MBS to the people," pp. 495-500, ACTS Mobile Comm. Summit, Denmark, 1997.
- [3] F. Adachi, M. Sawahashi, and H. Suda, "Promising technologies to enhance radio link performance of wideband wireless access based on DS-CDMA," IEICE Trans. Fundamentals, Nov. 1998.
- [4] 장영민, 한진희, 임덕빈, "제 4세대 이동통신에서의 Radio Access Network 기술," 대한전자공학회 텔레콤지, 1999년 12월.
- [5] Max Proglar, "Specification of the Air Interface", System for Advanced Mobile Broadband Applications Project Report, May, 1997.
- [6] Max Proglar and et al., "Requirements for the Air Interface", Mobile Broadband Project Report, September, 1994.
- [7] Klaus Moessner, "An Introduction to the Mobile VCE & SDR in Europe", SDR Forum, May 2000.
- [8] 이동통신 중장기 기술개발 계획(안), 무선방송 기술연구소 차세대이동통신기술연구부, 2000. 7.



오 현 서

1982년 송실대학교 전자공학과(공학사)
1985년 연세대학교 전자공학과(공학석사)
1998년 연세대학교 전자공학과(공학박사)
1982년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원
관심분야 : 이동통신, CDMA동기 및 변복조, ITS 무선
패킷통신, 4세대 이동통신



장 영 민

1985년 경북대학교 전자공학과 학사
1987년 경북대학교 전자공학과 석사
1999년 University of Massachusetts 컴퓨터학과
박사
1987년~현재 한국전자통신연구원 무선방송기술연구
소 선임연구원
관심분야 : Radio Access Networks for Broadband
Wireless Communications (Physical
Layer, Link Layer, and Network Layer),
Wireless Traffic Management, Wireless
Home Networking, and OBP
(On-board Processing) Satellite
Networks.