

## 유럽의 FPLMTS 기술 분석

朴 鏞 吉, 鄭 東 根  
(株)新世紀通信 技術研究所

### I. 서 론

최근 실용화 단계에 접어든 제2세대 디지털 셀룰라 시스템과 PCS(Personal Communications Services) 시스템들은 아날로그 시스템에 비해 용량, 음질 및 보안 기능 등에서 많은 발전을 이루었다. 그러나 대부분의 디지털 셀룰라 시스템은 기본적으로 음성 서비스를 위한 시스템이고 또한 국가마다 서로 다른 방식을 채택한 경우가 많아 국가간 로밍이 곤란한 점 등 많은 문제를 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 1990년대 들어 제 3 세대 이동통신 시스템인 FPLMTS(Future Public Land Mobile Telecommunication System)에 대한 연구가 본격화되었다.

FPLMTS의 표준화 연구는 ITU(International Telecommunication Union)를 중심으로 수행되고 있으며 그 중에서도 ITU-R(ITU Radio-communication Sector)이 주도적인 역할을 하고 있다. ITU-R의 SG8(Study Group 8) 산하에 TG8/1(Task Group 8/1)이란 조직이 구성되어 91년 5월에 1차 회의를 개최한 이후 지난 96년 4월까지 총 10 차례의 회의를 개최한 바 있다. 한편, 유럽과 일본은 각각 독자적인 제3세대 이동통신 시스템의 표준화와 구현기술 개발을 수행해 왔고, 이를 ITU-R의 FPLMTS 표준화에 반영하기 위해 노력해 왔다. 유럽에서는 FPLMTS에 대응하는 시스템으로서 UMTS(Universal Mobile Telecommunication System)를 주로 연구하고 있다. UMTS는 FPLMTS와 거의 동일한 목표를 가지며 그 요구사항과 서비스들도 유사하다. UMTS의 표준화는 유럽의 표준화 단체인 ETSI(European Telecommunication Standard Institute)가 중심이 되어 추진하고 있다. 또한, UMTS 및 FPLMTS의 구현을 위한 요소기술은 대부분 유럽 연합의 관련 기관들이 공동으로 개발하고 있다.

이 글에서는 유럽의 FPLMTS 연구개발 및 표준화 동향을 개괄하고 관련 기술을 분석한다. 먼저 제 2 절에서는 유럽의 FPLMTS 표준화와 연구개

발 추진 동향을 살펴본다. 제 3 절부터 5 절까지는 FPLMTS를 구현하기 위하여 개발된 요소기술들을 살펴보도록 한다. 제 3 절에서는 FPLMTS를 위한 무선 전송 기술들을 설명하고 제 4 절에서는 망관련 기술들을 살펴본다. 제 5 절에서는 UMTS와 병행하여 개발중인 광대역 시스템인 MBS (Mobile Broadband System)를 설명한다. 제 6 절은 이 글의 결론이다.

## II. 유럽의 FPLMTS 추진 동향

유럽의 제3세대 이동통신을 위한 요소기술 개발은 주로 RACE(R&D in Advanced Communication Technology in Europe) 프로그램에서 수행하여 왔다. RACE 프로그램은 IBC (Integrated Broadband Communications)의 도입을 위하여 1988년에 시작되어 1995년에 종료된 범유럽 공동 연구개발 프로그램이다. RACE 프로그램에서 연구하는 이동통신 시스템으로는 UMTS와 MBS가 있다.

UMTS는 다음과 같은 7 가지 프로젝트로 구성되어 분야별 연구가 추진되었다. 즉, 무선전송 기술을 연구하는 CODIT(Code Division Testbed)와 ATDMA(Advanced Time Division Multiple Access), 망구조를 연구하는 MONET(Mobile Network), 저속 비디오 코딩을 위한 MAVT (Mobile Audio Visual Terminal), 위성 통합 연구를 위한 SAINT(Satellite Integration), 단말기의 무선 신호처리 관련 부분 연구를 위한 GIRAFE (Gigahertz Radio Front End) 및 스마트 안테나를 연구하기 위한 TSUNAMI(Technology in Smart antennas for Universal Advanced Mobile Infrastructure)가 그것들이다. UMTS의 표준화는 ETSI 산하의 SMG5(Special Mobile Group 5)를 중심으로 진행되어 왔다. SMG5는 UMTS의 연구 결과를 ITU-R의 FPLMTS 표준화에 반영하는 역할도 담당하고 있다.

한편, MBS는 궁극적으로 이동통신과 B-ISDN

을 통합한 광대역 시스템으로서 UMTS 보다 발전된 시스템이다.

RACE 프로그램이 1995년에 종료된 후 그 후속으로 1996년부터 1998년까지 ACTS(Advanced Communications Technologies and Services) 프로그램이 추진중이다. ACTS 프로그램에는 6 분야(domain)에서 110 가지의 프로젝트가 계획되어 있으며 이동통신 분야 프로젝트들은 이동성과 개인 및 무선통신 분야(mobility, personal and wireless communications domain)로 분류되어 있다.

UMTS 관련 기술의 개발은 RACE 프로그램이 주도하고 있으나 그와 별도로 COST 231 (Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research 231) 프로젝트에서도 제 3 세대 이동통신 시스템을 위한 무선 전송 기술을 연구하고 있다. COST는 유럽의 응용과학 분야 연구를 추진하는 프로그램으로 그 중 프로젝트 231은 UMTS에 적용 가능한 무선 시스템으로서 JD-CDMA(Joint Detection Code Division Multiple Access)를 개발하고 있다. RACE 프로그램이 유럽 연합의 재정적 지원을 받는데 반해 COST 프로그램은 참여 국가나 기관이 재정 지원을 한다.

UMTS의 도입을 위한 전략과 실행 계획을 준비하기 위해 결성된 UMTS Task Force는 96년 3월의 보고서에서 UMTS의 단계적 도입을 제안하였다<sup>[1]</sup>. UMTS의 도입은 3 단계로 나누어 볼 수 있다. 제1단계는 기존의 GSM(Global System for Mobile communications) 시스템에 UMTS 서비스를 일부 도입하는 단계로서 1999년에서 2001년까지의 기간이다. 이 기간에는 GSM 발전 과정 중 phase 2+ 단계에서 제시하는 여러 서비스들이 점진적으로 제공될 것이다. GSM phase 2+ 단계의 서비스 항목은 60 가지가 정의되어 있으며 이것들은 현재의 서비스와 UMTS 서비스의 중간 단계 서비스로 볼 수 있다. 이들 중 몇가지를 예로 들면, 64 kbps까지의 고속도를 제공하는 HSCSD(High Speed Circuit Switched Data) 서비스, GSM에서 패킷 모드를 지원하는 GPRS (General Packet Radio Service) 서비스, 과금 정보를 언제든지 실

시간으로 제공하는 advice on charge 서비스 등이 있다<sup>[2]</sup>. 제 2 단계는 UMTS가 도입되어 기본적인 서비스가 운용되는 단계로서 2002년에서 2004년까지의 기간이다. 이 단계에서는 유무선망에서 모두 144 kbps까지의 서비스가 제공될 것이며 커버리지 문제 해결을 위해 단말기가 GSM도 수용하는 이중 모드(dual mode)로 될 전망이다. 그리고 저궤도 위성을 수용하는 이중 모드 단말기에 의해 세계적 로밍(global roaming) 서비스가 제공될 수 있다. 따라서 이 단계는 기존의 유무선망의 진화를 통해 UMTS 서비스가 구현되고 동시에 일부 지역에 UMTS 망이 구축되어 UMTS 서비스를 제공하는 단계가 될 것이다. 제 3 단계는 2005년 이후에 전지역을 커버하는 완전한 UMTS 상용화 단계이다.

### III. FPLMTS를 위한 무선 전송 기술

FPLMTS를 위해 유럽에서 개발하고 있는 무선 전송 기술에는 CODIT, ATDMA, JD-CDMA와 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 등이 있다. CODIT와 ATDMA는 RACE 프로그램에서 개발한 것이며 JD-CDMA는 COST 프로젝트 231에서 개발하였다. 이들 공동 연구와 별도로 OFDM 기술에 대한 연구도 활발하다. 이들은 공통적으로 2 Mbps까지의 전송속도를 지원하며 다양한 속도의 서비스와 다양한 운용환경을 지원하기 위한 유연성(flexibility)을 제공한다. 또한 우수한 스펙트럼 효율성(spectral efficiency)을 갖는다.

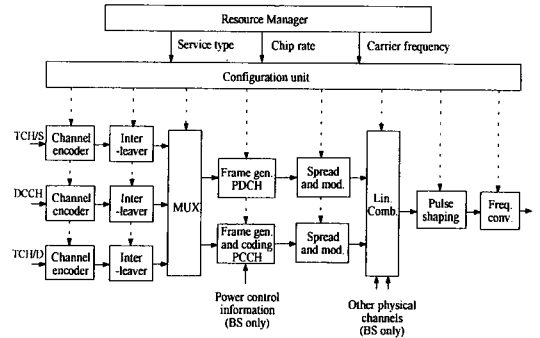
#### 1. CODIT

##### 1) CODIT의 무선 전송 구조<sup>[3,4]</sup>

CODIT는 DS-CDMA(Direct Sequence-CDMA) 방식을 FPLMTS와 UMTS에 적용하기 위한 가능성을 검증하고자 하는 연구이다. CODIT는 1.023, 5.115 및 20.460 Mchips/sec의 3 가지 칩 속도(chip rate)를 사용하여 다양한 전송속도를

지원하기 용이하다.

CODIT의 무선 전송 구조는 (그림 1)에 표시하였다.



(그림 1) CODIT 시스템의 무선 전송 구조

여기서 무선자원 관리자(radio resource manager)는 서비스의 요구사항, 실제 트래픽 부하, 셀의 특성 및 장비의 제약조건들을 고려한 후 각 접속에 대해 칩 속도와 반송주파수를 선택한다. 형상 제어기(configuration unit)는 무선자원 관리자가 선택한 칩 속도와 반송주파수를 보고 각 신호처리 블록의 파라미터를 결정한다. 이러한 파라미터의 변경과 데이터 속도의 변경은 프레임 단위로 이루어진다.

CODIT에서 지원하는 논리 채널(logical channel)은 전용 채널(dedicated channel), 공통 제어 채널(common control channel)과 시스템 제어 채널(system control channel)로 분류된다. 전용 채널에는 전용 제어 채널(dedicated control channel; DCCH), 음성용 트래픽 채널(traffic channel for speech; TCH/S), 데이터용 트래픽 채널(traffic channel for data; TCH/D)이 있다. 공통 제어 채널에는 방송 채널(broadcast channel; BCH), 페이징 채널(paging channel; PCH), 액세스 부여 채널(access grant channel; AGCH) 및 랜덤 액세스 채널(random access channel; RACH)이 있다. 시스템 제어 채널에는 파일럿 채널(pilot channel; PICH)과 동기 채널(synchronization channel; SCH)이 있다.

음성은 16 kbps에서 0.4 kbps까지의 7 단계 속

도로 코딩된다. TCH/S의 채널 코딩은 3 가지 등급의 소스 비트에 대해 서로 다른 여러 보호 기능을 제공하며, optimum free distance convolutional code에서 유도된 rate-compatible punctured convolutional code(rate 1/3, constraint length 5)를 기초로 처리된다. DCCH와 TCH/D에는 Reed-Solomon(RS) code와 optimum free distance convolutional code(rate 1/2, constraint length 7)를 동시에 사용한다.

논리 채널의 심볼들은 다중화되어 10 ms의 프레임으로 구성되는 물리 채널(physical channel)인 PDCH(Physical Data Channel)를 생성하고, 또한 PDCH와 동일 주파수 채널을 사용하지만 코드를 달리하는 물리 채널로서 PCCH(Physical Control Channel)도 생성된다. PCCH는 PDCH에서의 확산비율(spreading ratio) 정보를 전송한다. 상향 링크(uplink)에서는 PCCH로 패킷(혹은 프레임) 타입 식별자(packet type identifier; PID)만 전송하고 하향 링크(downlink)에서는 PID와 전력 제어 정보를 다중화하여 전송한다. PID는 하향 링크에서는 20 비트로, 상향 링크에서는 40 비트로 부호화된다. 하향 링크에서는 매 프레임마다 20 비트의 전력제어 비트(즉, 전력제어 속도는 2 kbps)를 다중화하게 되므로 PCCH의 채널 심볼 속도는 4 kbps가 된다. PDCH는 어떤 경우에는 전송되지 않을 수 있으므로 신뢰성 있는 전력제어 및 핸드오프를 위해서는 항상 전송되는 PCCH가 필요하다. 확산 및 변조 방식을 보면 하향 링크의 경우 PDCH, PCCH에 대해 모두 quadrature spreading과 binary PSK를 사용하며, 상향 링크의 경우 PDCH에 대해 offset quadrature spreading과 binary PSK를 사용하고 PCCH에 대해 offset quadrature spreading과 differential PSK를 사용한다. pulse shaping을 위해 roll-off factor가 0.35인 square-root raised-cosine pulse shaping filter를 사용한다. 이 신호를 주파수 변환하면 상향 링크에 대해 2.23 GHz, 하향 링크에 대해 2.33 GHz가 된다.

상향 링크에 대한 수신기의 처리 절차를 보면, 먼저 수신신호에 대해 주파수 하향변환과 정합여

파(matched filtering)를 한다. 수신된 기저대역 신호는 샘플링되어 4-arm PDCH, PCCH rake 복조기 및 경로지연 추정 장치(path delay estimation unit)로 입력된다. 상향 링크에 대해 PCCH의 정보는 optimum Hamming distance block code를 사용하여 40 비트로 부호화하기 때문에 전송 에러가 거의 없다. 따라서 PCCH의 비트를 경로지연 추정 장치로 입력하여 상향 링크의 채널 추정(channel estimation)을 수행하고 이를 이용함으로써 상향 링크에서 PDCH에 대한 coherent detection을 수행한다. 한편, 하향 링크에서는 IS-95 셀룰라 시스템과 같이 파일럿 채널을 이용한 채널 추정이 적용된다. PDCH 프레임은 우선 10 ms 버퍼에 저장되며, PCCH 프레임은 경로지연 추정 장치로부터의 입력을 이용하여 복조(differentially coherent demodulation)를 수행한다. PDCH에 대해서는 복조된 PCCH 프레임에 포함된 PDCH 관련 확산 정보와 경로지연 추정 장치로부터의 입력을 이용하여 coherent 복조를 수행한다. 복조된 PDCH 채널 심볼들은 PID에 의해 TCH/S, TCH/D와 DCCH의 심볼로 역다중화되며, 이를 역인터리빙과 복호 처리를 하여 음성, 데이터 및 제어의 소스 비트를 얻게 된다. 복호는 soft-decision Viterbi decoding과 bounded-distance RS decoding을 사용한다.

## 2) CODIT의 특징

CODIT는 계층적 셀 구조(hierarchical cell structure)를 지원한다. 매크로 셀(macro cell)은 umbrella 역할을 하게 되며 umbrella cell은 신속한 핸드오프가 필요시 혹은 이동 속도가 큰 이동국을 수용하는 데 주로 이용된다.

CODIT는 계층적 셀 구조에 대해 주파수간 소프트 핸드오프(inter-frequency seamless handoff)를 지원한다. 이를 위해 이동국이 이중 송수신기(dual RF transceiver)를 가지지는 않는다. 대신 이동국은 단일 송수신기로서 핸드오프 기간 동안 한 프레임 상에서 시분할 방식을 통해 주파수가 서로 다른 두 개의 기지국에 동시 접속하는 압축 모드 전송(compressed mode transmission) 기법을 사용한다<sup>[4]</sup>. 이 때 프레임의 전반부와 후반부는

신호 전송 속도가 2 배가 되므로 확산비율도 반으로 줄어든다. 이를 보상하기 위해 전력을 2 배로 하게 되는데 이 경우 간섭이 증가하지만 이 과정이 극히 일시적이므로 무시할 수 있다.

CODIT는 동일 주파수 대역에서 속도가 다른 확산 칩을 중복하여 할당할 수 있다.

## 2. ATDMA

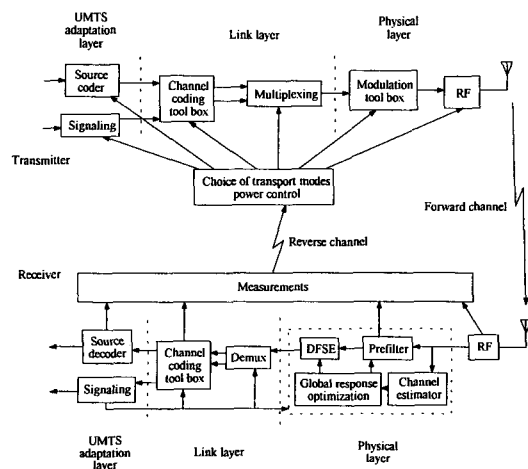
### 1) ATDMA의 무선 전송 구조<sup>[5]</sup>

ATDMA는 TDMA 방식을 기반으로 제3세대 이동통신 시스템의 무선 전송 기술의 구현 가능성을 검증하려는 연구이다.

기본적으로 ATDMA는 무선 자원의 동적인 사용으로 용량을 증대한다. 이를 위해 먼저, 패킷 접속(packet access) 기법으로서 PRMA(Packet Reservation Multiple Access)를 개선한 PRMA<sup>+</sup>를 채택하며, 3 가지 셀 형태(피코, 마이크로, 매크로 셀)를 지원하고 각 셀에 대해서 최적화된 물리 계층이 적용되도록 한다. 그리고 물리 채널의 상태 변화에 따라 채널 코딩, 변조 및 전송 신호강도 등을 최적화하는 적응(adaptation) 기법(링크 적응, 전력 적응)을 사용한다.

ATDMA 방식의 하향 링크 무선 전송 구조는 (그림 2)와 같다.

ATDMA의 무선 전송 구조는 사용자 트래픽의



(그림 2) ATDMA의 하향 링크 무선 전송 구조

transport 관련 기능과 무선 인터페이스 상의 제어 관련 기능을 분할한 모델을 채택하고 있다.

소스 코딩, 채널 코딩, 변조 기능 등 무선전송에 필요한 일련의 처리 과정을 transport chain이라 한다. transport chain의 특정 형상을 transport mode라 하는데 ATDMA는 전파 및 간섭 조건 등의 무선 파라미터 측정을 통하여 무선 인터페이스의 transport mode를 변경하는 링크 적응(link adaptation) 기능을 갖는다.

트래픽의 transport를 위한 무선 인터페이스 프로토콜 구조는 TDMA 버스트(burst)의 전송을 담당하는 무선 물리 계층(radio physical layer; RPL), 논리 채널의 전송을 담당하는 무선 링크 계층(radio link layer; RLL), 사용자 트래픽을 ATDMA 무선 베어러 타입(bearer type)으로 적용시키는 UMTS 적응 계층(UMTS adaptation layer; UAL) 그리고 신호망 계층(signaling network layer; SNL)으로 구성된다. 변조를 비롯한 물리 계층의 transport 파라미터는 다음의 <표 1>과 같다.

ATDMA에서는 한 프레임의 슬롯 수를 증가하여 64 kbps까지의 전송속도 지원이 용이하고, 피코 셀과 마이크로 셀에서는 그 이상의 속도도 가능하다. 그리고 다중 RF 반송파(multiple RF carrier)를 지원하는 병렬 물리 계층(parallel physical layer) 사용시 최대 2 Mbps까지의 속도도 가능하다.

ATDMA와 제 2 세대 시스템과의 차이점은 무선 인터페이스를 현재의 환경 조건과 사용자 요구에 따라 계속적으로 정합시키는 제어 시스템이 있다는 점이다. ATDMA에서 채택한 주요 제어기술은 다음과 같다.

- 품질에 의한 전력제어(quality-based power control)
- 동적 링크 적응(dynamic link adaptation)
- 선택적 반복 ARQ (selective repeat ARQ)
- 패킷 접속 방식은 PRMA<sup>++</sup>
- 우선순위에 기초한 동적 채널 할당(dynamic channel assignment)
- 소프트 핸드오프와 매크로 다이버시티

〈표 1〉 ATDMA 물리 계층의 transport 파라미터

Cell type	long-macro	short-macro	micro	pico
modulation	GMSK		binary offset QAM	
carrier symbol rate(kbaud)	360	450	1800	
minimum carrier separation (kHz)	276.92		1107.69 = 4 × 276.92	
frame duration(ms)	5			
slots per frame	15	18	72	
payload(symbol)	76	72 or 76		96
training sequence(symbol)	23	29 or 33		15
tail bit(symbol)	8			6
guard time(symbol)	13	12		8
slot length(symbol)	120	125		

## 2) PRMA<sup>++</sup> 개요<sup>[6]</sup>

GSM에서 사용하는 TDMA 방식은 시간 슬롯(time slot) 할당이 고정적인 회선교환 방식으로서 패킷을 전송하는 데는 부적절한 방법이다. 이에 대해 PRMA 방식은 슬롯 할당 방법으로 요구시 할당, 예약 할당 및 회선교환식 할당이 있어 서비스에 따라 적절한 슬롯 할당이 가능하다. PRMA<sup>++</sup>는 PRMA의 문제점을 개선한 방식으로 ATDMA의 패킷 액세스 방식으로 사용된다.

PRMA 방식은 정보 패킷을 주기적 정보 패킷과 random 정보 패킷으로 분류하는데, 전자는 프레임 내의 슬롯을 예약(reservation)할 수 있도록 하며 후자는 매번 패킷 전송시 경쟁(contention)을 하도록 한 방식이다. 주기적 정보 패킷은 음성이나 대규모 file 전송시 발생하며 random 정보 패킷은 그 이외의 정보 패킷이다. 여기서 우선순위는 음성이 가장 높다. 음성의 경우 voice activity를 이용하여 용량을 증대시킨다. 즉, talkspurt가 시작될 때 슬롯을 예약하고 종료시에 해제한다. 따라서 PRMA 방식은 본질적으로 통계적 다중화(statistical multiplexing) 방식이다. PRMA에서는 모든 슬롯이 동등하게 취급되므로 각 단말은 상향 링크 상의 어떤 슬롯도 예약할 수 있다. 또 상향 링크 상의 접속 경쟁(access contention)을 해결하기 위해 하향 링크에서 접속 시도와 동일한

수의 확인(acknowledge) 채널이 소요된다. 그리고 소량 데이터 사용자는 매번 경쟁이 필요하므로 과부하시에는 비효율적이다.

PRMA<sup>++</sup> 방식에서는 상향 링크에서 경쟁 접속(contention access)을 하기 위한 R-slot과 정보 패킷 전송을 위한 I-slot을 구분하고 R-slot의 수도 제한하였다. 따라서 과부하시에 I-slot 대기 지연 시간이 감소하고 또한 기지국은 시간 슬롯 현황 정보를 알리기 위해 방송을 해야 할 필요가 없으므로 효율적이다. 반면 부하가 낮을 때도 이동국의 액세스 지연은 발생하게 된다.

이동국은 R-slot에서 접속할 때 I-slot 소요량과 예약의 내용(회선교환에 따른 것인지 activity에 따른 것인지)을 기지국에 통보해준다. 기지국은 모든 반송파 대역의 가용 I-slot 정보를 보유하고 있다.

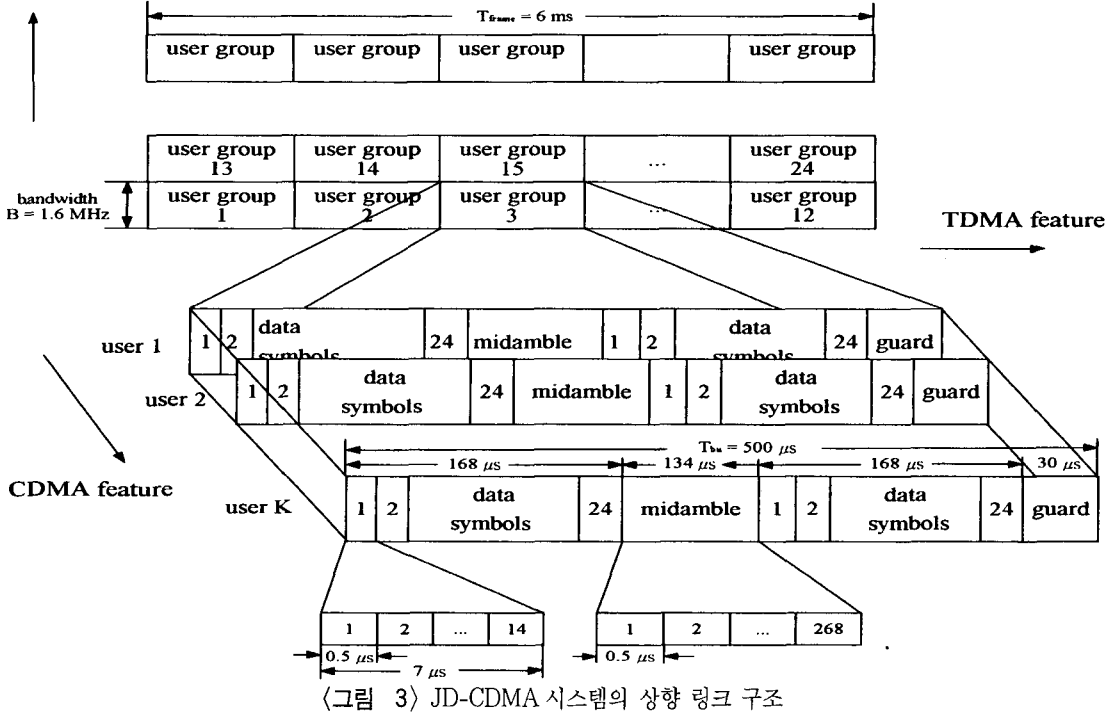
## 3. JD-CDMA

### 1) JD-CDMA의 구조<sup>[7]</sup>

JD-CDMA는 유럽 COST project 231에서 개발한 무선접속 기술이다. 이것은 일반적인 TDMA 구조에서 좁은 주파수 슬롯을 다수 개 묶어(pooling) CDMA 요소를 도입한 hybrid 다중접속 구조이다.

JD-CDMA 시스템의 상향 링크 구조는(그림 3)에 나타내었다. JD-CDMA는 1.6MHz 대역폭 상

FDMA feature



〈그림 3〉 JD-CDMA 시스템의 상향 링크 구조

에서 최대 8 사용자가 각 사용자 고유의 시퀀스를 사용하는 CDMA 방식으로서 어떤 TDMA 방식에도 적용이 가능하다. 기지국의 안테나 다이버시티 (antenna diversity)는 1 혹은 2이다. 8 개 이동국 각각은 시간 슬롯 상에서 버스트를 전송하며 버스트의 길이  $T_{bu}$ 는 500  $\mu s$ 이다. 버스트 시간 동안 무선 채널은 time invariant한 것으로 가정하며 이에 따라 수신기 복잡도가 경감된다. 각 버스트에는 데이터 블록이 2 개 있으며 각 데이터 블록은 168  $\mu s$  길이로서 24 개의 quaternary 데이터 심볼이 있다. midamble은 채널추정에 사용되며 0.5  $\mu s$  길이의 이진 칩 268 개로 구성된다. quaternary 데이터 심볼은 7  $\mu s$  길이며 사용자별로 다른 14 개 칩의 시퀀스에 의해 확산된다. 12 개 버스트가 모여 6ms 길이의 프레임 구성한다. 1.6 MHz 대역에 총 96 사용자를 수용 가능하며 이 때 각 사용자의 gross 속도는 16 kbps이고(16 kbps= $24 \times 2 \times 2 \times 1000 / 6$ ) 한 사용자가 다수 개의 시퀀스와 시간 슬롯을 할당받는 경우 최대 1.536 Mbps까지 전송 가능하다. 채널 코딩을 고려하면 net 속도는

한 가입자에 대해 최소 8 kbps, 최대 0.768Mbps이다. JD-CDMA의 데이터 검출기(data detector) 기술로는 ZF-BLE(zero forcing - block linear equalization), MMSE-BLE(minimum mean square error-block linear equalization), ZF-BDFE(zero forcing block decision feedback equalization), MMSE-BDFE(minimum mean square error-block decision feedback equalization)등을 사용한다. 데이터 변조 방식은 QPSK이며 확산 변조 방식은 선형 GMSK이다.

JD-CDMA 시스템의 하향 링크 구조를 보면 시간 슬롯  $T_{bu}$ 는 577  $\mu s$ ,  $T_{frame}$ 은 4.615 ms이다. 가입자당 최소 net 속도는 13 kbps이며 최대 net 속도는 0.832 Mbps이다. midamble의 길이는 64.5  $\mu s$ 로서 상향 링크의 경우보다 짧다. 시퀀스의 칩수는 16이며 하향 링크의 경우에 사용자는 각 사용자에게 고유하며 서로 직교하는 이진 시퀀스를 사용한다. 반면 상향 링크의 경우에는 시퀀스가 서로 직교하지 않는다.

#### 4. OFDM<sup>[8,9]</sup>

##### 1) OFDM의 개념

제3세대 이동통신 시스템의 무선 인터페이스는 최대 2Mbps까지 지원해야 하는데 기존의 TDMA와 같은 단일 반송파(single carrier) 방식을 사용할 경우에는 효율적인 등화기(equalizer)가 필요하므로 문제가 된다. 이에 대한 해결책의 하나로 다중 반송파(multi-carrier) 기술인 OFDM이 제안되었다. 이 기술은 RACE나 COST 프로그램과는 직접적인 관련이 없으나 최근 연구가 활발한 분야이다.

OFDM은 입력 정보 스트림을 다수 개의 부반송파(sub-carrier)로 다중화하는 방식으로서 이 때 각 부반송파의 페이딩이 flat Rayleigh fading이 되어 등화(equalization)가 용이하다. 주파수 영역에서 OFDM의 부반송파들은 서로 직교(orthogonal)하도록 구성되어 있어 각 부반송파는 다른 부반송파들이 peak 값을 갖는 위치에서 zero crossing이 되므로 상호간 disturbance가 없다. 한편, 기지국과 이동국은 시간 및 주파수 동기가 되어 있어야 부반송파 간의 직교성(orthogonality)이 유지된다. 부반송파의 변조를 위해 fast Fourier transform을 사용한다.

##### 2) OFDM의 파라미터와 주요 특징

사용자는 주파수와 시간축상에서 분할된 프레임을 이용하며 프레임 길이는 10 ms, 반송파당 심볼 속도는 5 kbaud이며 각 부반송파는 10 kHz의 폭을 가진다. 적응적 채널 할당(adaptive channel allocation; ACA) 알고리즘을 사용하여 간섭(interference)이 심한 부반송파는 할당하지 않으므로써 사용자간의 간섭을 줄인다. 간섭이 발생했을 때 해당 부반송파에서 다른 곳으로 jump할 지 여부의 결정은 60ms 주기로 수행된다. 다이버시티 확산(diversity spreading)의 패턴은 모든 사용자에게 고정되어 있다. 셀 계층간의 주파수 대역은 최소 5 MHz가 필요하다. Hanning window를 이용하여 부반송파의 pulse shaping을 하므로 측대파(side lobe)의 억제 능력이 우수하다. OFDM에서 채택한 채널 코딩은 convolutional code로서 rate는 1/2, constraint length는 7이다.

OFDM에서는 하향 링크에서 TDMA 구조를 사용하므로 이동국이 다른 셀 계층을 측정할 수 있게 되어 계층간 핸드오프가 용이하다. 이동국은 기지국에 처음으로 접근할 때 기지국의 시간 및 주파수 격자(time and frequency grid)의 상황을 알지 못하므로 랜덤 접속 시퀀스(random access sequence)를 주기적으로 반복하여 다른 사용자에게 대한 간섭을 최소화한다.

OFDM에서는 각 트랜시버가 해당 셀 계층내의 모든 부반송파에 접근할 수 있으므로 고속 전송이 가능하고 또한 가변 데이터 속도의 지원이 쉽기 때문에 서로 다른 속도를 갖는 서비스를 동시에 지원하기가 용이하다. 그리고 스펙트럼 효율성이 높아 용량 증대가 이루어지고 패킷 방식 데이터 서비스와 회선교환 방식 데이터 서비스를 지원할 수 있다. 그리고 채널 할당시 ACA 알고리즘을 사용하므로 주파수 계획이 불필요하다. 그리고 다중 반송파 방식을 사용하게 되어 등화가 용이하므로 페이딩 채널에서 고속 전송시에 ISI (Inter-Symbol Interference)를 간단히 제거할 수 있다.

한편, GSM은 OFDM과 유사한 형태이지만 GSM에서의 반송파들은 서로 직교하지 않아 인접 반송파간에 보호대역(guard band)이 필요하며 따라서 용량이 작아진다. 그리고 GSM은 부반송파 간격이 200 kHz로 비교적 넓기 때문에 반송파의 등화가 어렵다. 또한 GSM에서는 고속 및 가변속도 서비스의 지원이 용이하지 않다.

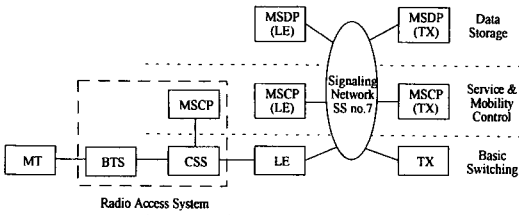
## IV. FPLMTS의 망관련 기술

이 절에서는 FPLMTS의 망과 관련된 기술들을 설명한다. 먼저, UMTS의 망구조에 대해 살펴보고 그 다음 위성망과 개인이동성에 관한 사항을 기술한다.

### 1. UMTS 망구조<sup>[10,11]</sup>

UMTS의 망구조는 RACE 프로그램의 MONET 프로젝트에서 주로 연구하였다. UMTS에서의 망구조는 기본적으로 이동통신망과 고정망을 통합하





(그림 4) UMTS 망구조

는 것이다. UMTS 망의 구축 방향에는 먼저, 기존의 제 2 세대 시스템과 무관하게 곧바로 UMTS 통합망을 구축하는 방향과 기존의 이동통신 시스템에서 망구조의 진화를 통하여 점진적으로 구축하는 방향이 있다.

기존의 이동통신 망구조는 이동통신 시스템이 고정망과 완전히 별개로 존재하므로 고정망과의 접속은 순전히 연동(interworking)의 관계이다. 따라서 두 망간에 공유되는 기능이 없다. UMTS에서는 이동통신망과 고정망이 통합된 구조를 제시하고 있다. 이들 망의 통합은 양 시스템에 존재하는 호처리, 사용자 데이터 전달 및 교환 등 공통 기능의 중복을 방지하여 망구축과 운용 비용을 절감하고 사용자의 요구를 신속하게 충족하기 위한 것이다. 두 망의 통합은 기능적 통합뿐 아니라 서비스의 통합과 프로토콜의 통합까지 포함하게 된다.

UMTS 망구조를 (그림 4)에 표시하였다<sup>[10]</sup>. UMTS 망은 무선 관련 기능을 담당하는 무선접속 요소와 교환, 사용자 데이터 전달 및 연동 기능을 제공하는 기간망(backbone network) 요소 그리고 이동성(mobility)과 서비스 제어를 위한 지능망 요소로 구성된다. 무선접속 요소는 기지국(base station system; BTS)과 셀 사이트 스위치(cell site switch; CSS)로 구성되고 이동국을 UMTS 망에 접속시키기 위한 요소이다. 기간망 요소는 B-ISDN 망으로서 LE (Local Exchange)와 TX (Transit eXchange)로 구성되며 이들은 유무선 망요소가 공유한다. 따라서 B-ISDN 표준의 일부가 이동통신을 지원하기 위해 수정될 필요가 있다.

유럽에서는 UMTS 망구조로 가는 진화 전략에 대한 연구도 진행하고 있다. 그리고 서비스 측면에서도 UMTS 서비스 이전 단계로서 GSM phase 2

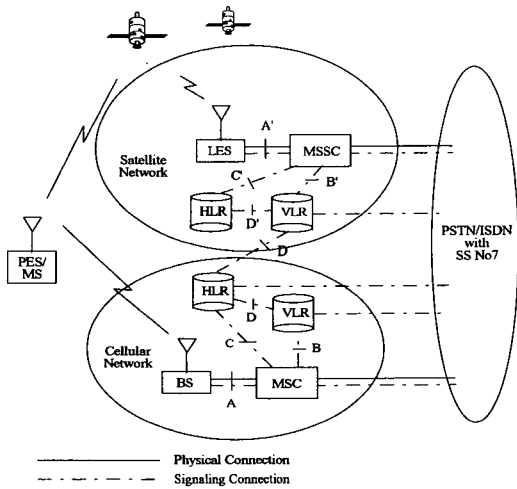
를 정의하고 있는데 여기에는 회선교환 방식에 따른 데이터 서비스의 비효율성을 개선하기 위한 GPRS (General Packet Radio Service), 회선교환 방식에서 고속 데이터 서비스를 지원하기 위해서 한 사용자가 GSM 방식 프레임의 8 슬롯 중 하나 이상을 사용할 수 있게 한 HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) 서비스 등이 있다. GSM의 진화는 UMTS로 가는 첫 단계가 될 수 있으나 전체 서비스 집합을 지원하는 것은 통합된 망에서만 가능하게 될 전망이다.

## 2. 위성망 구조

FPLMTS에서 위성의 역할은 지상망 설치가 곤란한 지역(공중, 해상, 오지 등)을 커버하는 것, 지상망에 의한 세계적 로밍이 불가능할 때 이를 해결하는 것과 저개발국에서 지상망 구축 이전에 신속히 FPLMTS 서비스를 제공하는 것 등이다.

현재 추진중인 P-21, Iridium, Globalstar 등의 시스템은 FPLMTS에서 요구하는 위성 시스템과 별개이며 사용 주파수 대역도 다르다(P-21은 FPLMTS 대역과 일치). 따라서 궁극적으로는 FPLMTS의 요구사항을 충족하는 위성 시스템이 개발되어야 할 것이다. 완전한 FPLMTS 구현 이전에 중단 단계로서 개발중인 시스템을 간략히 서술하면 다음과 같다.

지상망과 위성망간의 핸드오프와 위치등록 및 관리 정보의 교환을 위해서는 두 망간의 링크가 필요하다. Nokia에서 위성을 통한 세계적 로밍을 위해 제안한 위성망과 지상망의 통합 시나리오는 다음의 세 가지이다<sup>[12]</sup>. 첫번째는 단말기 수준에서의 통합으로서 위성망과 지상망은 별개로 운용되고 단말기는 하나의 핸드셋에 두 개의 전화를 구현한 형태이다. 두번째는 위성망이 지상망에 통합된 것으로서 지상망의 HLR(Home Location Register)에 위성망의 VLR(Visitor Location Register)이 접속된 형태이다. 모든 이중 모드 가입자는 기본적으로 셀룰라 가입자이며 위성망으로의 로밍 기능을 제공한다. 위성망이 지상망에 통합된 구조를 (그림 5)에 나타내었다. 세번째는 지상망이 위성망에 통합된 형태로서 두번째 시나리오

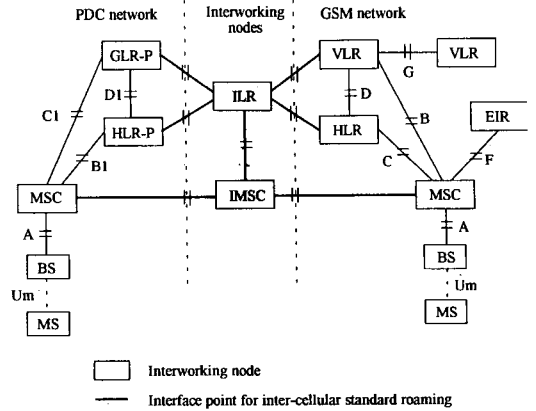


(그림 5) 위성망이 지상망에 통합된 구조에서 위성망과 지상망의 기능을 바꾸어 놓은 것이다. 또한, 유럽에서는 GSM 교환기와 기지국제어기 간의 A 인터페이스를 이용하여 P-21, Iridium, Globalstar 등의 위성 시스템을 GSM 고정망과 접속하려는 시도가 있다. 이것은 위에서 설명한 세 가지 통합 시나리오보다 결합의 정도가 높은 것이며 4.1절에서 설명한 이동통신망과 고정망의 통합 구조와 유사한 것이다. 한편, Nokia에서는 P-21 위성을 수용하는 이중 모드 GSM 단말기를 개발 중이다.

위성망 셀의 재선택(reselection)과 핸드오프 등에 관련된 결정은 이동국에서 처리하는 것이 유리하다<sup>[13]</sup>. 즉, 저궤도 위성의 경우 위성 셀의 변동이 빈번하므로 신호처리의 오버헤드가 증가하게 되는데 이를 최소화하기 위해서는 이동국이 제어하는 것이 타당하다. 특히 위성의 경우 전파 지연이 있으므로 이동국 제어 방식이 상대적으로 처리 속도를 빠르게 한다.

### 3. 개인이동성(Personal Mobility)

개인이동성은 사용자의 신원 정보(identity)를 가진 UIM (User Identity Module)을 이용한 로밍 서비스이다. 사용자가 다른 시스템으로 들어갔을 때 이동국에 UIM을 부착해주면 사용자의 위치 정보가 방문지 망에 등록되고 사용자는 고유 번호를 이용하여 마치 홈 망에 있을 때처럼 호를 송수신



(그림 6) PDC-GSM로밍을 위한 망구조

할 수 있다.

FPLMTS에서 개인이동성은 ITU-T F.851에서 정의된 UPT (Universal Personal Telecommunication)에 의해 구현될 것이다. 현재 운용중인 외국의 이동통신 시스템을 보면 각각 다른 MAP (Mobile Application Part) 프로토콜을 사용하기 때문에 개인이동성을 구현하기 곤란하다. 그러나 FPLMTS가 구현되기 이전 단계에서 기존의 이동통신망간의 개인이동성을 구현하고자 하는 연구가 수행되고 있다. 여기서는 제안된 방법중의 하나로 유럽의 GSM과 일본의 PDC (Personal Digital Cellular) 셀룰라 망간의 개인이동성 구현 방법을 설명한다.

PDC-GSM 로밍을 위한 망구조는 (그림 6)에 나타내었다<sup>[14]</sup>. 여기서는 두 가지의 망연동 노드 (interworking network node)를 제안하였다. ILR (Interworking Location Register)은 GSM과 PDC 망의 표준에 맞도록 GSM-MAP과 PDC-MAP의 변환을 수행한다. IMSC (Interworking Mobile services Switching Center)는 ILR과 논리적 접속을 통해 로밍 번호의 변환 기능을 수행한다. 즉, PDC의 로밍 번호인 RON (Roaming Number)과 GSM의 MSRN (Mobile Subscriber Roaming Number)간의 변환을 수행한다.

## V. MBS

### 1. MBS의 개요

MBS(Mobile Broadband System)는 유럽의 RACE 프로그램에서 UMTS와 같이 연구하는 것으로서 60 GHz 대역에서 155 Mbps의 속도까지 지원하고자 하는 광대역 이동통신 시스템이다. 따라서 MBS는 이동통신과 B-ISDN을 통합하고자 하는 것이다. MBS는 UMTS에 대한 개량을 추구하는 것이고 UMTS를 대체하려는 것은 아니다.

MBS의 주요 연구개발 목표는 다음과 같다.

- 시스템 아키텍처, 기능 및 B-ISDN과의 인터페이스
- 60GHz 대역의 무선 전파 환경 특성
- 밀리미터파를 위한 저가의 구성 부품(안테나 등)
- 60GHz 대역에서의 무선 인터페이스
- 60GHz 대역에서 커버리지 계획과 셀룰라 설계를 위한 방법과 기술
- 새로운 MMIC(monolithic millimeter-wave IC)를 이용한 시스템 설계와 구현
- 32Mbps 속도에서 운용되는 데모 시스템 구현

MBS의 진화 과정은 먼저, 단독의 CPN(Customer Premises Network)이 설치되고 그 후 CPN들이 지역별로 연결되며, 그 다음에 확장 단계를 거쳐 전체 도시를 커버하게 될 것으로 예측된다. 또한 MBS는 셀룰라 망 같은 커버리지를 제공하지는 않고 섬(island) 형태로 구축될 것이다.

MBS의 무선 인터페이스는 B-ISDN과의 호환성이 필요하므로 ATM 셀(Asynchronous Transfer Mode cell)의 전송 기능을 지원하게 되며 추가적으로 무선 환경을 고려한 에러 제어 기능이 지원되어야 한다.

### 2. MBS의 MAC 프로토콜과 무선망 구조<sup>[15][16]</sup>

MBS의 MAC(Medium Access Control) 프로토콜로는 DSA(Dynamic Slot Assignment) 알고리즘이 있다. DSA의 기본 개념은 하나의 기지국과 여러

개의 이동국으로 구성되는 셀 사이트를 분산 queueing 시스템으로 간주하여 처리하고, 상향 링크 상으로 ATM 셀을 전송할 때는 해당 채널의 최대 셀 손실률을 적용한 기준에 근거하여 전송한다. 이렇게 함으로써 실시간 서비스의 품질을 만족한다. DSA 프로토콜의 주요 처리 과정은 다음과 같다.

- 하향 링크 상에서 용량(슬롯)의 할당과 예약을 위한 신호 전송
- 상향 링크 상에서 용량 요구 메시지의 전송
- 상향 및 하향 링크에서 ATM 셀의 전송 순서를 결정하기 위한 기지국 알고리즘
- 신속한 충돌 해결 알고리즘

DSA 알고리즘의 문제는 이동국이 하향 링크의 신호 중 자신에게 오는 신호를 수신하기 위해서 모든 슬롯을 수신해 보아야 한다는 점이다. 이러한 비효율성을 제거하기 위한 방식으로 DSA<sup>++</sup>가 제안되었다. 이것은 하향 링크의 신호들을 특정한 슬롯에 집중하여 그 슬롯만 방송 모드로 전송하는 방식이다.

MBS의 무선망 구조로는 IHRN (Intermediate-Hop Radio Network) 구조가 있다. 60 GHz 대역의 전파는 LOS(Line of Sight) 상에 장애물이 있으면 목적지에 도달할 수가 없다. IHRN 구조는 이러한 경우에 인접한 다른 이동국이 중계국(relay station) 역할을 수행함으로써 통신이 이루어지도록 한다. 일반적으로 음성, 데이터 및 비디오 등이 합쳐서 전송될 때 필요한 peak 주파수 대역은 넓으나 평균적인 소요 대역은 매우 적으므로 여분의 대역을 사용하여 이동국이 중계국으로 동작한다.

MBS의 시험을 위해 SIMCO3<sup>++</sup>/MBS (Simulation of Mobile and Communication) 시뮬레이터를 개발하여 모의시험을 수행하고 있다.

## VI. 결 론

이 글에서는 FPLMTS에 대응하는 유럽의 시스템인 UMTS와 MBS의 연구개발 및 표준화 추진 동향을 살펴보았다. 또 FPLMTS를 구현하기 위하

여 개발해 왔던 요소기술로서 CODIT, ATDMA, JD-CDMA 및 OFDM 등의 무선전송 기술과 망관련 기술을 설명하였다. 한편, 155 Mbps의 전송속도를 제공하는 광대역 시스템인 MBS에 대해서도 살펴 보았다.

유럽에서는 현재 GSM 시스템이 순조롭게 운용되고 있으므로 FPLMTS의 조기 도입에 대해서 매우 적극적인 입장은 아니지만, 관련 기술을 장기간 개발해 왔을 뿐 아니라 현재의 GSM에서 UMTS로 진화하기 위한 전략을 수립하는 등 FPLMTS와 UMTS를 수용하기 위한 준비에 박차를 가하고 있다.

유럽에서 FPLMTS 기술개발은 RACE, ACTS와 COST 등의 범유럽 공동개발 프로그램을 통해 이루어졌다. 이러한 개발 방식은 우리나라의 FPLMTS 연구개발에 여러 가지 시사점을 준다.

#### 참 고 문 헌

- [1] UMTS Task Force Report, Commission of European Communities, DG XIII, Mar. 1, 1996.
- [2] J. Rapeli and H. Ahava, "UMTS - A path to 3rd generation mobile communications of the 21st century," presented at MDMC '96, Seoul, Korea, Jul. 1996.
- [3] P. -G. Andermo and L. -M. Ewerbring, "A CDMA-based radio access design for UMTS," *IEEE Personal Commun.*, pp. 48-53, Feb. 1995.
- [4] A. Baier et. al., "Design study for a CDMA-based third generation mobile radio system," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 12, no. 4, pp. 733-743, May 1994.
- [5] A. Urie, M. Streeton, and C. Mourot, "An advanced TDMA mobile access system for UMTS," *IEEE Personal Commun.*, pp. 38-47, Feb. 1995.
- [6] J. DeVile, "A reservation multiple access scheme for an adaptive TDMA air-interface," in *Proc. 4th WINLAB Workshop*, Nov. 1993.
- [7] P. Jung and B. Steiner, "A joint detection CDMA mobile radio system concept developed within COST 231," in *Proc. IEEE VTC '95*, pp. 469-473, 1995.
- [8] Telia Research, "A multi-carrier air interface based on OFDM," 1996.
- [9] J. Rinne, "An equalization method using preliminary decisions for orthogonal frequency division multiplexing systems in channels with frequency selective fading," in *Proc. IEEE VTC '96*, pp. 1579-1583, 1996.
- [10] J. -P. Katoen, "Functional integration of UMTS and B-ISDN," in *Proc. IEEE ICUPC '95*, pp. 160-164, 1995.
- [11] E. Buitenwerf, G. Colombo, H. Mitts, and P. Wright, "UMTS : fixed network issues and design options," *IEEE Personal Commun.*, pp. 30-37, Feb. 1995.
- [12] C. G. Wildey, "Satellite and cellular integration : a terminal manufacturer's perspective," in *Proc. IEEE ICUPC '94*, pp. 392-396, 1994.
- [13] F. Ananasso and F. D. Priscoli, "Satellite personal communications : integration scenarios with terrestrial networks," in *Proc. IEEE ICUPC '95*, pp. 585-589, 1995.
- [14] Y. Uchiyama, H. Nakamura, and M. Yabusaki, "Network functions and signalling for personal roaming between digital cellular standards," in *Proc. IEEE ICUPC '95*, pp. 447-451, 1995.
- [15] B. Julich and D. Plassmann, "Performance analysis of an intermediate-hop radio network

architecture for MBS," in *Proc. IEEE VTC '95*, pp. 1001-1005, 1995.  
 [16] D. Petras, "Medium access control protocol for wireless, transparent ATM

access," in *Proc. IEEE Wireless Communications Systems Symposium*, pp. 79-84, Nov. 1995.

저자 소개

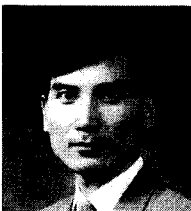


朴 鏞 吉

1963年 6月 8日生  
 1986年 서울대학교 공대 전자공학과 졸업  
 1988年 서울대학교 대학원 전자공학과 공학석사

1989年~1994年 한국통신 연구개발원 통신망연구소  
 1994年~현재 (주)신세기통신 기술연구소 선임연구원

주관심분야: 개인휴대통신(PCS), FPLMTS, Network Architecture



鄭 東 根

1959年 3月 16日生  
 1983年 서울대학교 공대 제어계측공학과 졸업  
 1985年 서울대학교 대학원 제어계측공학과 공학석사  
 1993年 서울대학교 대학원 제어계측공학과 공학박사

1986年~1990年 (주)데이콤 연구소  
 1993年~1994年 서울대학교 자동화시스템공동연구소  
 1994年~현재 (주)신세기통신 기술연구소 책임연구원

주관심분야: 이동통신, 유무선 LAN/MAN, 통신 프로토콜 설계, 통신망 성능평가