

FPLMTS의 무선전송 기술

張慶熙, 景文建, 李忠根, 韓基喆
 韓國電子通信研究所 移動通信技術研究團

I. 서론

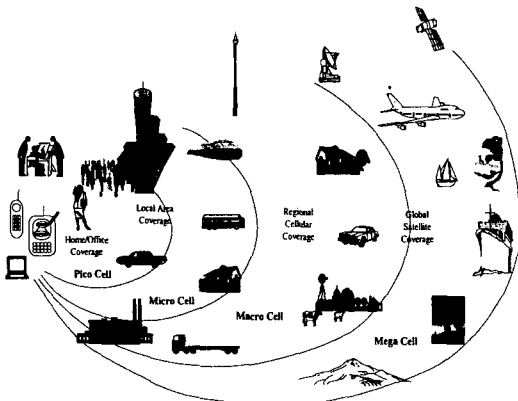
FPLMTS(Future Public Land Mobile Telecommunication Systems : 미래공중육상이동통신시스템)는 시장수요를 고려하여 2000년 경에 그 서비스를 시작하기로 되어있는 제3세대 이동통신 시스템으로서, 한 개 이상의 무선링크에 의하여 PSTN/ISDN과 같은 고정 통신망이 지원하는 다양한 종류의 통신 서비스와 더불어 이동 가입자를 위한 다른 서비스들도 제공하게 될 것이다^[1]. 모듈화된 구조를 갖는 FPLMTS의 특성에 의하여 제공되는 서비스의 종류는 사용되는 단말과 망의 능력에 따라 제약을 받을 수 있다. FPLMTS 무선접속 규격은 마이크로 셀룰러 서비스 영역에서 2 Mbps 까지의 멀티미디어 서비스를 지원할 수 있어야 하며, 미래의 상황에 따라 20 Mbps까지의 고속 버스트 데이터의 처리 가능성도 지녀야 한다. FPLMTS는 최근에 IMT(International Mobile Telecommunications)-2000 이라 새로이 명명되었으며, 이의 주요 기능은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 세계적인 고도의 공통성(commonality)을 지니는 설계방식
- FPLMTS내에서와 고정망에 걸친 서비스의 호환성
- 고품질
- 세계적인 로밍(roaming)을 제공하는 소형 포켓 단말기의 사용

FPLMTS는 Radio Regulations 조항 746A에 의하여 1.885~2.025GHz와 2.110~2.200GHz (위성부문은 1.980~2.010GHz와 2.170~2.200GHz에 한정)의 총 230 MHz 주파수 대역을 전세계적으로 사용할 예정이며^[2], FPLMTS에 관한 모든 사항은 일련의 상호의존적인 ITU 권고안에 의하여 정의된다. FPLMTS 무선접속 규격 설계상의 목표는 무선접속의 수를 최소로 유지하는 동시에, 한 개 이상의 무선접속이 필요한 경우엔 접속간의 공통성을 최대로 유지시켜 다중 모드(multi-mode) 단말 구현의 부담을 최소화시켜야 한다는 것이며, 이러한 무선접속은 권고안 ITU-R M.1034

[3]에 명시된 무선운용환경을 지원하여야 한다.

이동성으로는 단말의 이동성(terminal mobility)과 개인의 이동성(personal mobility)이 있는데, FPLMTS는 단말의 이동성을 제공하며 개인의 이동성은 ITU-T에 의하여 정의되고 있는 UPT(Universal Personal Telecommunications) 서비스에 의하여 보장되어, 이 두 가지가 결합될 때에야 비로소 완전한 이동성이 보장된다. 단말의 이동성은 장소에 구애받지 않고 다양한 통신서비스를 사용할 수 있는 사용자의 능력을 말하며, 기본적으로 무선접속에 의하여 제공된다. 즉, 단말 번호로 통신서비스를 제공하고, 이동 또는 정지상태에서 현재 단말의 위치를 등록함으로써 통신이 가능해진다. 이를 위해 사용자 단말에 대한 식별과 인증이 필요하며, 단말의 위치정보가 추적 관리되어야만 하는데, 이를 위하여는 로밍과 핸드오버가 필수적이다. 여기서, 단말은 임의의 망에 접속될 수 있지만 사용자는 여전히 한정된 단말을 사용하여야 한다. 이와는 다른 개념으로, 개인의 이동성은 유일한 개인 UPT 번호를 사용하여 어떠한 망에서든지 임의의 단말을 통하여 통신서비스를 제공받을 수 있는 능력을 말하는 것으로, 가변 라우팅 표와 라우팅 필터를 가진 개인 서비스 프로파일을 필요로 한다. 하지만 단말은 여전히 망에 한정되어 있다. 이러한 전반적인 이동성을 포함한 이용자 요구에 신속하고도 경제적인 대응을 위하여는, 향상된 구조의 유연성을 지닌 지능망(Intelligent Networks : IN)의 등장 필요성이 필수적이다.

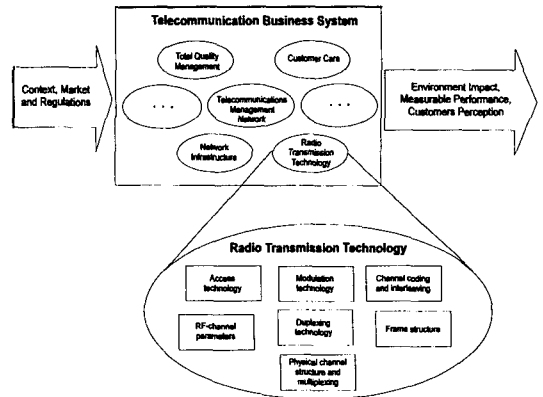


〈그림 1〉 전반적인 FPLMTS 통신환경

본 논문에서는 그동안 ITU-R에서 진행되어 왔던 FPLMTS를 위한 무선접속규격과 관련된 사항에 관하여 언급하고, 이를 근거로 하여 제안되고 있는 여러 규격안을 다중접속의 측면에서 분류하여 기술적인 사항과 각 후보접속기술이 지니는 장단점에 관하여 논한다. 전반적인 FPLMTS 통신환경은 그림 1과 같다.

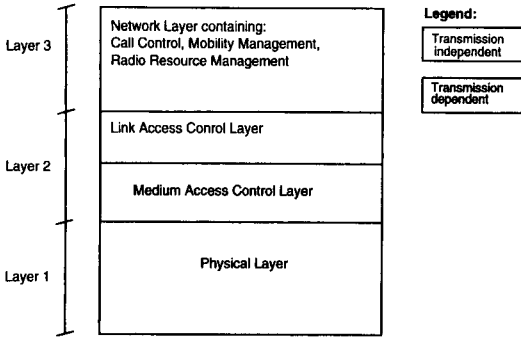
II. 무선전송 기술 고려사항

통신시스템에서 일련의 무선전송기술(Set of Radio Transmission Technologies : SRTT)은 기술적인 선택사항과 무선 서비스시스템을 구성하는 개념적인 사항을 총괄하며, 통신시스템의 일부로서의 무선전송기술에 대한 개념도를 그림 2에 보인다. FPLMTS 무선전송기술 후보에 대한 평가과정은 구현 관점에서 볼 때 여러 FPLMTS 운용환

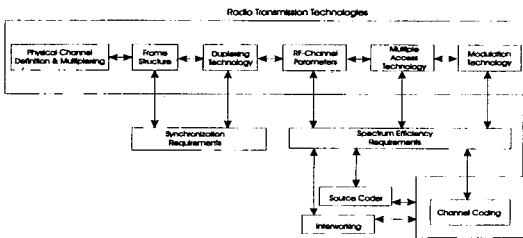


〈그림 2〉 통신시스템의 일부로서의 무선전송기술

경에서 전송독립 측면은 최대화하고 나머지 전송 종속 부분 사이의 차이점들은 최소화하는 방향으로 고려되어야 한다[4]. 그림 3은 무선접속의 계층 구조를 나타내며, 이 중 전송 종속적인 부분은 일련의 기능 블록으로 그림 4에 보여지나, 이들 블록 모두가 전송 종속적일 필요는 없다. 설계선택을 하는 과정에서 각 기능 블록간의 종속성이 고려되어야 하며, 기능 블록으로 분류되는 항목들을 무선



(그림 3) 무선접속의 계층구조



(그림 4) 기능 블럭 및 상호 종속성

전송 기술과 직접적인 관련이 있는 항목과 그렇지 않은 항목으로 나누어 다음에 기술한다.

1. 무선전송기술 기능 블럭

1) 다중접속기술

다중접속기술(FDMA, TDMA, CDMA)의 선정은 무선접속 설계에 가장 큰 영향을 미친다.

2) 변조기술

변조기술의 선정은 무선 환경과 스펙트럼 효율의 요구사항에 주로 기인한다.

3) 채널 부호화 및 인터리빙

채널 부호화의 선정은 전파환경과 스펙트럼 효율, 그리고 다양한 서비스의 품질 요구사항에 의존하며, 보행자 환경에서 사용되는 마이크로 셀룰러 시스템에선 보다 덜 복잡한 채널 부호화가 허용되나, 위성을 포함하는 대형 셀의 경우는 대개 한층 더 강력한 채널 부호화가 요구된다. 이러한 채널 부호화 방식은 인터리빙과는 무관하게 각 방식마다 적절한 서비스 환경에 대해 최적화된 복수 개

의 방식을 선택할 수 있도록 하는 것이 바람직 할 수도 있다.

4) 듀플렉싱 기술

송수신 분리방식(FDD, TDD)의 선정은 주로 RF 채널 밴드폭과 프레임 길이의 선정에 영향을 미치나, 다중접속기술과는 무관할 수도 있다.

5) 물리채널(physical channel) 구조 및 다중화 물리채널은 주파수, 시간 및 코드 영역에서 정의되는 한 개 이상의 무선 주파수 채널들의 특정부분을 언급한다.

6) 프레임 구조

프레임 구조는 주로 다중접속기술과 듀플렉싱기술에 의존하며, 가능한 한 동일한 프레임 구조(프레임 길이와 물리채널과 논리채널을 식별하는데 사용하는 데이터 필드)를 유지함으로써 공통성을 최대화해야 한다.

7) RF 채널 파라미터

밴드폭, 주파수 할당 및 채널 간격과 같은 RF 채널 파라미터를 포함한다.

2. 그외의 기능블럭

1) 소스 부호화기

소스 부호화기의 선정은 일반적으로 접속방법과는 독립적으로 진행된다.

2) 상호작용

상호작용 기능(InterWorking Function : IWF)은 표준 데이터 서비스를 무선전송 서브시스템 내부에서 사용되는 데이터 속도로 변환하며, 송신측에선 채널 부호화기로 공급되고 수신측에선 채널 복호화기로 부터 공급된다.

III. 무선전송기술 평가기준

FPLMTS 무선접속규격의 제안은 무선전송기술의 평가기준과 밀접한 관계에 있기 때문에, 본 절에서는 거의 마지막 확정단계에 있는 FPLMTS 무선전송기술 평가치침서인 ITU-R M.[FPLMTS. REVAL]^[5]의 내용에 관하여 간략히 소개한다.

〈표 1〉 각 시험 환경에서의 시험 서비스별 데이터 속도

Test environments	Indoor Office	Outdoor to Indoor and Pedestrian	Vehicular
Test Services	bit rates(values) BER Channel activity	bit rates(values) BER Channel activity	bit rates(values) BER Channel activity
Representative low delay data bearer for speech	8-16-32kbps $\leq 10^{-3}$ 50%	8-16-32kbps $\leq 10^{-3}$ 50%	8-16-32kbps $\leq 10^{-3}$ 50%
Data(circuit-switched, low delay) ¹	64-144-384-512-1024-2048 kbps $\leq 10^{-6}$ 100%	64-144kbps $\leq 10^{-6}$ 100%	64-32-64kbps $\leq 10^{-6}$ 100%
Data(circuit-switched, long delay constrained) ¹	64-144-384-512-1024-2048 kbps $\leq 10^{-6}$ 100%	64-144kbps $\leq 10^{-6}$ 100%	64-144kbps $\leq 10^{-6}$ 100%
Data(packet) ¹	64-144-384-512-1024-2048 kbps $\leq 10^{-6}$ Poisson arrivals ²	64-144kbps $\leq 10^{-6}$ Poisson arrivals ²	64-144kbps $\leq 10^{-6}$ Poisson arrivals ²

무선전송기술의 평가기준은 객관적인 기준(objective criteria)과 주관적인 기준(subjective criteria)으로 나누어지며, 객관적 기준은 정량적인(quantitative) 측면에 근거한 기술사항에 적용되고 주관적 기준은 정량적인 면과 정성적인(qualitative) 면을 동시에 가지는 기술 사항에 적용된다. 객관적 기준이 적용되는 기술사항으로는 스펙트럼 효율과 서비스 범위(coverage) 효율이 해당되며, 기술의 복잡도, 품질, 무선기술의 유연성, 망접속에 미치는 영향과 휴대성능 최적화 능력은 주관적 기준이 적용되는 기술사항으로 분류된다.

평가를 위하여 선정된 시험환경은 다음과 같다.

- 구내 사무실 환경
- 옥외에서 구내로의 이동(보행자) 환경
- 차량 환경
- 혼합 셀(보행자/차량) 환경
- 위성 환경

각 시험 환경에서의 시험 서비스별 데이터 속도는 표 1에 보인다. 표 1에서 (주 1)에 해당되는 경우는 모든 시험 서비스에 대하여 전송지연과 음성채널 부호화 지연을 제외한 단방향 지연을 표시해 주어야 하며, (주 2)의 패킷 데이터 서비스를 위하여는 도착간 프로세스를 Poisson 분포로 고려하여 주어야 한다.

1. 스펙트럼 효율

일반적으로 스펙트럼 효율이 높은 통신 시스템은 주어진 주파수 밴드내에서 일정한 품질로 더 많은 통화량(traffic)을 유지할 수 있기 때문에, 무선 스펙트럼의 효율적 사용은 FPLMTS 무선접속에서 상당히 중요한 역할을 한다. 음성 통화용량과 정보용량을 평가하기 위하여는 여러 파라미터 중에서도 특히 주파수 재사용과 신호부가량(signalling overhead)을 고려하여야만 한다.

2. 기술의 복잡도 - 설치 및 운용 비용에 미치는 영향

제안된 무선전송기술이 장비, 하부구조 그리고 설치와 같은 구현상의 복잡도에 어느 정도 영향을 미치는지를 평가하는 기준에 관한 내용이며, 이는 직접적으로 비용과 연관되기 때문에 낮은 복잡도를 제공하는 무선전송기술이 되도록 하여야만 한다. 비용을 최소화하고 장비의 신뢰성을 최대화하기 위하여는, 전송기술의 선정에 있어 그 구현이 가능한 기술수준, 원하는 서비스의 목표, 그리고 무선환경과 더불어 일정한 복잡도를 유지하도록 하여야 하며, 일반적으로 전송기술의 종류에 따라 여러가지의 구현 방법이 가능한 바, 복잡도/비용과 성능사이에서 적절한 타협점을 찾아야 된다. FPLMTS의 설치나 운용비용은 전송기술이나 품질 수준, 그리고 신뢰도의 정도에 따라 영향을 받으며, 주어진 품질 수준하에서는 무선 하드웨어와 그 밖의 필요한 망 하부구조, 그리고 FPLMTS의 운용 측면으로부터 영향을 받는다.

3. 품질

대개의 다른 권고안에서의 품질 파라미터는 최소 요구사항인데 반하여, FPLMTS의 평가과정에서는 이러한 점을 고려치 않는다. 무선전송기술의 품질에 대한 평가는 단말에서 단말까지의 전송처리 지연, 언급된 시험환경에서의 평균 비트오율, 특정상황하에서의 최대 지원 비트율, 그리고 핸드오버 도중의 단절을 최소화하는 전반적인 능력을 고려하여 이루어 지며, 시스템 과부하, 하드웨어 고장, 그리고 간섭 등과 같은 특정 극단상황하에서 품질 수준을 유지하는 능력 또한 평가의 대상이 된다.

4. 무선기술의 유연성

FPLMTS 시스템은 설치(deployment), 서비스 제공, 자원 분배, 그리고 스펙트럼 공유와 같은 면에서 유연성을 제공하여야 하므로, FPLMTS 운용자에게는 가장 중요한 평가기준이 된다. 고려사항은 다음과 같다.

- 최소 성능 요구조건을 만족시키는 범위에서

용량과 RF 신호의 품질을 동시에 적절한 수준으로 유지시키는 능력

- 다양한 종류의 시변 트래픽 환경에의 적응 능력
- 무선자원 관리의 용이성
- 고정 무선 접속(Fixed Wireless Access : FWA) 구조 수용 능력
- 가변 비트율 지원 능력, 패킷 데이터 모드 전송, 그리고 음성과 비음성 서비스의 동시 전송과 같은 서비스 제공의 용이성
- 지상의 경우, 혼합 셀 (피코, 마이크로, 매크로, 메가) 구조와 낮은 트래픽 밀도를 가진 연속적인 서비스 영역, 또는 높은 트래픽 밀도를 가졌지만 비연속적인 서비스 영역 등과 같은 초기 형상(start-up configuration)의 수용 능력
- 지상의 경우, 동일 지역이나 중첩 서비스 지역에서 복수 운용자의 적합성
- 지상 무선전송기술의 경우, 동일 스펙트럼 할당의 효율적 공유 능력, 가입자 밀도가 낮은 지역과 같은 경우의 망 하부구조 공유 능력, 그리고 각기 다른 운용자에 의하여 구동되는 시스템간의 핸드오버 제공 능력

5. 망접속에 미치는 영향

가능한 한 고정망 접속에 미치는 무선 서브시스템의 영향을 최소화 하는 것이 바람직하며, 무선전송기술의 선정은 복수 환경하에서의 FPLMTS 운용을 위한 실질적 망접속과 여기에 전송되는 정보에 모두 영향을 미친다. 동일한 위치와 스펙트럼을 공유하는 시스템과 기지국간의 동기화에 대한 필요성과 핸드오버로 인해 요구되는 망 요구사항은 무선전송기술 마다 다를 수 있다. PSTN과 무선 PBX 간의 호 이동과 같은 다른 환경간의 운용은 부가 PSTN 기능을 요구할 수 있으며, 특히 신호 메시지의 수, 실제 스위칭 요구사항, 그리고 기지국으로부터 스위치로의 전송 용량도 다를 수 있다. 그러므로, 무선전송기술은 고정망에 미치는 영향의 정도에 의해서도 평가되어야 한다.

6. 휴대성능 최적화 능력

휴대 FPLMTS 단말은 권고안 ITU-R M.1034와 그 외의 FPLMTS 권고안에서 정의된 광범위한 사용자 환경과 응용 분야에 사용될 것이며, 1, 2 세대의 이동통신 시스템과 더불어 휴대 단말에 의한 음성 및 데이터 사용의 응용 능력은 FPLMTS의 앞으로의 시장점유율에 지대한 영향을 미칠 것이다. 단수와 복수 FPLMTS 운용 환경의 모든 경우에 무선전송기술에 대한 평가를 위하여 고려할 사항은 다음과 같다.

- 송신 전력 요구사항
- 전력 증폭기의 효율
- 송신기와 수신기의 선형성에 관한 요구사항
- 응용 기능으로서의 크기와 중량
- 간헐적 수신 능력
- 회로의 클럭 속도
- 전반적인 복잡도

7. 서비스 범위 / 전력 효율

지상 시스템에서 일정 주파수가 할당된 경우, 요구되는 서비스 범위내에서 특정한 양의 트래픽을 제공하기 위한 km²당 기지국의 최소수는 상당히 중요한 지수이다. 특히 낮은 부하조건에선 시스템의 성능은 잡음에 의하여 좌우되고, 전송기술에 의한 서비스 가능한 최대 범위에 의하여 기지국의 수가 제한된다. 즉, 낮은 부하조건에서는 거리가 주요한 변수가 되고, 부하조건이 높은 경우엔 스펙트럼 효율이 주요 변수가 된다. 특정한 시험 환경에서 보다 적은 수의 기지국으로 원하는 수준의 서비스 범위를 제공하는 전송기술이 보다 높은 서비스 범위 효율을 가진 것으로 정의되나, 이러한 사항은 위성 부문의 경우엔 적용되지 않는다. 위성 시스템의 경우엔 사용할 RF 전력으로의 전환이 가능한 DC 전력이 고정, 제한되어 있어, 전력의 효율적 사용과 주어진 품질에서 얼마나 많은 수의 트래픽 채널을 생성할 수 있는지가 중요한 사안이 되나, 이는 지상 시스템의 경우엔 적용되지 않는다.

IV. FPLMTS의 무선전송기술-다중접속 방식을 기준으로

일반적으로 이동통신 시스템의 표준화에 있어 가장 근간이 되는 사안은 다수의 방사된 각 사용자의 신호를 수신기에서 분리해 내는 다중접속 방식의 선정으로, 비록 전체 시스템 설치 비용중 무선접속규격이 차지하는 부분은 미미하지만 고정망을 포함한 전반적인 시스템 설계와 시스템의 운용 비용/품질에 지대한 영향을 미친다. 제3세대 이동통신 시스템인 FPLMTS의 무선접속규격안들이 다중접속 방식별로 구분되는 이유도 다중접속 방식의 선정에 따라 전반적인 시스템의 시나리오와 서비스가 달라질 것이며, 단일의 최적 해결책이 존재치 않을 것이라는 예상 때문이다.

기본이 되는 다중접속 방식으로는 FDMA (Frequency Division Multiple Access), TDMA (Time Division Multiple Access), CDMA (Code Division Multiple Access)가 있으며, 실질적으로는 이들이 결합된 형태인 혼합형 다중접속 방식이 사용된다. 단일 셀의 이상적 가산 백색 가우시안 잡음 (AWGN) 환경의 경우엔, 혼합형의 F/TDMA나 F/CDMA를 포함한 모든 다중접속 방식이 동일한 수신단의 신호분리능력과 용량을 제공하나, 주파수 선택성과 시변성을 가진 실제의 다중경로 페이딩 채널의 경우엔 완전히 다른 양상을 띠게 된다⁶⁾. 특정 이동통신 시스템의 서비스를 위한 주파수 대역은 주로 수십 MHz로 주어지기 때문에, 단일 TDMA나 CDMA 신호가 FDMA에 의한 주파수 분할 없이 이러한 광대역의 주파수를 사용한다는 것은 시스템 구현의 측면에서부터 합리적 이질 못하며, 다중 서비스와 다중 운용자 환경하에서의 주파수 자원의 효율적 관리를 위해서도 FDMA에 의한 주파수 분할을 필요로 한다. 자원의 효율적 사용을 위한 재사용(reuse)의 관점에서 보면 FDMA는 주파수의 재사용을 의미하며, 이는 각 클러스터(cluster)의 셀들이 총 사용가능한 주파수 대역을 각자 분할하여 사용함을 의미한다. 여기서 클러스터는 주파수 재사용의 단위가 되

는 사용가능한 모든 주파수 대역을 사용하는 셀들의 집합을 말한다. 동일한 시간에 동일한 주파수 대역을 사용하는 신호들은 시스템 설계에 있어 기본적인 제한 요소가 되는 동일채널 다중접속간섭 (CoChannel Multiple Access Interference : CC MAI)을 야기하며, CC MAI는 발생원인에 따라 셀내 (intra-cell) CCI와 셀간 (inter-cell) CCI로 나뉘어 진다. FDMA와 TDMA의 경우엔 셀간 CCI만이 존재하나, CDMA의 경우엔 셀내와 셀간의 CCI가 모두 존재한다.

TDMA 시스템의 장점으로는 시변 채널하에서 TDMA 버스트(burst)를 전송할 때 실질적으로는 시불변으로 가정하여 그리 복잡하지 않은 수신단과 등화기를 사용할 수 있다는 것이다. TDMA 신호는 채널의 지연확산 (delay spread)에 의하여는 심하게 손상되지 않는 편이어서 수신기에서 거의 완벽한 신호 분리가 가능하며, 전력 제어에 대한 요구사항도 CDMA 시스템에서와 같이 심하지 않다. 주파수 효율 (spectrum efficiency)은 FDMA에 비하여 F/TDMA가 낮은 편이나, 이러한 주파수 대역의 증가로 야기되는 단점은 주파수 다이버시티의 이득을 누릴 수 있도록 적절히 설계된 수신단의 등화에 의하여 보상되기도 한다. 또한, TDMA의 설계철학이 FEC(Forward Error Correction)와 함께 사용되는 인터리빙 (interleaving) 과는 근본적으로 적합하여 시영역 다이버시티의 이득을 누릴 수 있으나, 셀내에서 다른 사용자 신호의 시간 슬롯(time slot) 동기화 (synchronization)에 큰 어려움이 있다.

간섭제거 (interference cancellation) 방식에 따라 CDMA는 단일 사용자 검파의 대역확산 방식 (spread-spectrum technique with single-user detection)과 다중사용자 신호의 결합 검파 방식 (joint detection of multi-user) 으로 나뉘어 진다. 전자의 경우 사용자가 속해 있는 셀내의 다른 모든 사용자 신호와 다른 셀들에 속해 있는 모든 사용자의 신호를 수신기가 잡음으로 간주하기 때문에, RAKE 수신기가 단일 사용자의 검파를 위하여 사용되는 반면, 결합 검파를 사용하는 후자의 경우엔 사용되는 CDMA 코드에 대한 지식을 기반으로

하여 셀내 모든 사용자의 신호를 동시에 검파한다. 즉, 후자의 경우엔 TDMA에서와 같이 셀내 간섭을 제거할 수 있는데, 이는 multistage detector, decision-feedback detector, 또는 successive interference canceller 등의 구조에 의하여 행하여진다. TDMA 경우와 같이 CDMA도 FDMA에 비하여 더 넓은 주파수 대역을 요하나, 이는 반대로 주파수 선택적 채널에서의 유익한 주파수 다이버시티 이득을 의미한다. 또한 CDMA 시스템에서의 MAI는 CDMA 시스템 내의 다른 신호들을 포함한 그 외의 수 많은 단일 간섭원에 의하여 영향을 받기 때문에, 장구간과 단구간 페이딩 모두에 의한 총 간섭전력의 변동을 감소시켜, 시스템의 고장확률 (outage probability) 을 현저히 저하시킨다. 단일 사용자 검파방식 CDMA 시스템의 가장 큰 장점은 유연성으로서 각 사용자 신호가 송신기와 수신기에서 독자적으로 발생되거나 처리되기 때문에 송신기들간의 특별한 상호 작용 없이 송신이 중단되거나 개시될 수 있으며, 데이터 율도 독자적으로 선택, 조정 가능하다. 하지만 이와 같은 장점은 역으로 셀내 간섭에 의한 간섭전력을 증가시켜, 충분한 용량을 얻기 위하여는 정확한 전력제어, 음성 활동을 감시, 고정망에서의 정보 교환량을 증가시키는 셀의 섹터화나 매크로 다이버시티 상황하에서의 소프트 핸드오버 (셀간 핸드오버)나 소프트 핸드오버 (셀내 핸드오버) 등의 측정을 필요로 한다. 단일 사용자 검파방식 CDMA에 비하여 결합 검파방식 CDMA 시스템은 셀내 간섭을 완전히 제거할 수는 있으나, 사용자 간 각기 다른 가변 데이터율의 조정과 음성 활동을 감시의 측면에서는 어려움이 있다.

제3세대 이동통신 시스템인 FPLMTS를 위한 무선정송기술의 예상 발전 시나리오는 제2세대 시스템으로부터의 전이(migration)나 진화 (evolution)를 들 수 있다. 유럽의 차세대 이동통신 시스템인 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)^[7]의 개발을 위한 RACE(Research and development in Advanced Communications technologies in Europe)의 CODIT(CoDe Division Testbed)^[8]과 ATDMA

(Advanced TDMA), 그리고 일본 ARIB (Association of Radio Industries and Business) 을 통하여 발표되고 있는 다중코드(multicode) CDMA^[9]와 다중캐리어(multicarrier) TDMA가 이에 속한다. 여기에 F/T/CDMA와 같은 복합형의 다중접속방식도 FPLMTS 뿐만 아니라 60 GHz의 주파수 대역에서 155 MHz까지의 밴드폭에 의한 서비스를 궁극적 목적으로 표준화가 진행되고 있는 MBS(Mobile Broadband System) 분야에의 응용을 위하여 개발 중에 있다. 본 절에서는 이들 중 대표적인 주자로 인식되고 있는 다중코드(multi-code) CDMA 방식과 다중캐리어(multicarrier) TDMA 방식에 대하여 알아본다.

1. 다중코드 CDMA

다중코드 CDMA 시스템에 대해서는 다음의 사항을 시스템의 주요 기술적 특징으로 하는 NTT DoCoMo의 Coherence Multi-Code DS-CDMA 시스템^[7]을 예로 들어 설명한다.

- 이중 코드 할당
- 시간과 코드에 의한 다중화
- 파일럿 심볼에 의한 coherent RAKE 수신
- 2단 concatenated 채널 부호화
- 신호대 간섭잡음비 (SINR) 측정에 근거한 송신 전력 적응 제어

유연성있는 시스템은 long code(LC)와 short code(SC)를 사용하는 이중 코드 할당 개념과 SINR 방식의 송신전력 적응제어를 사용함으로써 구현 가능하다. SC와 LC를 결합하여 사용하면 거의 무한 개의 확산 코드를 발생시킬 수 있다. 각 셀 영역마다 유일한 LC가 할당되며, 모든 셀 영역에는 같은 집합의 직교 SC(SC0~SC32/128)가 할당된다. 각 셀에서의 트래픽 채널은 직교 SC에 의해 구분되는 반면, 각 개인 단말은 자기 고유의 유일한 LC를 사용하여 전송신호를 확산시킨다. 각 개인 단말의 송신전력은 소프트 핸드오버에 의해 선택된 최적 셀 영역에서 SINR 목표치를 유지하기 위해 필요한 최소한의 값으로 적응제어되기 때문에, SINR 방식의 송신전력 제어는 셀 영역의 위치 선정과 송신전력에 대한 세밀한 조정을 불필요하

게 해준다. 더 나아가서 시스템 용량을 증대시키거나 전파 사각지대까지 서비스를 확장시키기 위해서 새로운 셀 영역들을 요구되는 수만큼 자유롭게 추가할 수 있다. 또한 특정 셀 영역에 과부하가 걸릴 경우에는 주변 셀들로 트래픽을 분산시키기 위하여 해당 셀 영역의 송신전력을 일시적으로 감소시킬 수 있다.

고려되고 있는 1.25, 5, 10, 20 MHz 시스템 중 10 MHz 시스템의 역방향 링크 파라미터를 표 2에 수록하였다. 각 패킷 프레임은 10 ms의 길이를 갖으며, 프레임 번호지시를 위한 오버헤드, 오류검출을 위한 CRC 코드, 컨버루션 코드를 위한 tail 비트들뿐만 아니라 사용자 데이터와 채널제어 데이터를 포함하고 있다. 각 패킷 프레임 데이터는 $(r, K) = (1/3, 7)$ 의 컨버루션 코드로 부호화된 후 비트 인터리빙되고, 슬롯 길이가 5 ms인 슬롯 20개에 걸쳐 패딩된다. 두 개의 다른 최대 사용자 데이터율이 채용되고, 각 슬롯 앞 부분에는 채널예측을 위한 120 Kbps 비트율의 4 비트 파일럿이 존재한다. 매 순방향 링크 슬롯에는 한 비트의 송신 전력 제어 데이터가 첨가된다. 두 개의 최대 사용자 데이터율과 연계하여, 확산코드로서 각각 32칩과 128칩 길이의 두 개의 다른 SC 집합을 사용한다. 파일럿 심볼 및 송신전력 제어 데이터는 2 KHz 정도까지의 전송율을 갖기 때문에, 이들 데이터로 인한 약간의 성능 저하가 초래되지만, coherent RAKE 결합과 전력제어를 사용할 때 240 Hz의 도플러 주파수까지의 고속 페이딩을 극복할 수 있다. 데이터 변조를 위해서는 QPSK를 사용하고 확산변조시에는 OQPSK를 사용함으로써 휴대용 핸드폰에서의 고효율 전력증폭기의 활용이 가능하다.

다중율 전송(multi-rate transmission)을 위하여는 시간 다중화(혹은 통계적 다중화 - statistical multiplexing)와 코드 다중화의 결합된 형태를 사용하며, 통계적 다중화 효과를 실현하기 위하여 데이터 전송여부에 의해 활성화되는 DTX (Discontinuous Transmission) 방식에 근거한 가변율 음성 혹은 저속 패킷 데이터가 전송된다. 128 Kbps 이상의 전송율의 경우엔 부호 다중화 방

〈표 2〉 10MHz Coherence Multi-Code DS-CDMA시스템의 무선링크 파라미터

요소기술	파라미터
캐리어 주파수 이격	10MHz
칩율	7.68Mcps
통화 채널 전송속도	최대 128/32kbps
확산코드 - Long code 길이 - Short code 길이	2 ⁿ -1칩 32/128칩
변복조 방식	데이터 : QPSK : 파이럿 심볼 보조 coherent 검파 확산 : BPSK(순방향) OQPSK(역방향)
코딩	컨버루션 코드(R=1/3, K=7); Viterbi 디코딩
다이버시티	공간 다이버시티 + RAKE 다이버시티
전력제어	SINR 방식의 페루프 + 개루프 전력제어

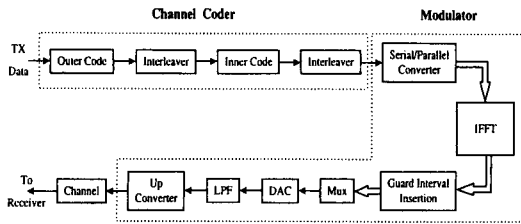
식을 사용하며, 음성 및 데이터 전송시 각기 다르게 요구되는 채널품질 요구사항 때문에, concatenated 채널 코드가 사용된다. DS 코드확산의 일부분인 내부 코드로 코드를 $r=1/3$ 의 컨버루션 코드가 사용되며, 연집오류의 정정을 위한 외부 코드로는 고속율의 RS(Reed Solomon) 코드가 사용된다.

2. 다중캐리어 TDMA

다중캐리어 TDMA 시스템의 경우, OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 적용한 대역분할을 사용하고 있으며, OFDM의 특성상 협대역 통신시스템의 장점을 최대한 살리고 있다^[10]. OFDM은 실질적인 경우엔 COFDM(Coded OFDM)의 형태로 사용되며, 이의 송신 블록 다이어그램을 그림 5에 보인다. 그림 5에서와 같이 OFDM 송신기는 직렬의 입력 데이터를 병렬의 데이터 집합으로 변환한 후, 단일 IFFT 블록에 의하여 캐리어 변조를 행하며, 수신단에서는 이와는 반대로 FFT 블록에 의한 캐리어 역변조를 실행한다. OFDM 방식의 모든 장점은 이러한 직렬 데이터의 병렬화로부터 비롯되는데, 이는 시간 영역에서는 신호폭을 늘려 ISI(InterSymbol Interference)에 대한 선천적 저항성을 향상시키

며, 주파수 영역에서는 신호 대역폭을 줄여 주파수 선택적 페이딩 대신 주파수 플랫폼 페이딩의 영향만을 받아 복잡한 적응 등화기 대신 탭수가 작은 간단한 등화기의 사용을 가능하게 한다. MBS와 같은 고속 데이터 전송의 표준안으로 고려되고 있는 또 다른 이유로는 높은 스펙트럼 효율을 들수있다. 하지만 OFDM 방식은 주파수 영역에서의 비선형성에 대단히 민감하여, 발진기의 불안정성과 증폭기의 비선형성 등에 의하여 ICI(InterChannel Interference)를 야기한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 주파수 영역에서 동작하는 등화기를 사용하거나 주파수 영역에서의 파형이 직교성을 유지하도록 캐리어 간격을 조정하거나 파형을 성형한다. 또 다른 OFDM 방식의 문제점으로는 캐리어 동기가 있는데, 이러한 문제점은 주파수 영역 등화기에 의해서도 해결되지 않는다. 이러한 문제점에도 불구하고, OFDM 방식은 유럽의 DBS(Digital Broadcasting System)에 사용되어 21 Mbps의 고속 데이터를 훌륭히 전송한 경험을 가지고 있다.

한편, OFDM 방식은 사용자를 구분하는 능력인 다중접속을 FDMA에만 의존하기 때문에 방송용으로 주로 고려되며, 이러한 단점을 보완하기 위하여 F/T/CDMA 형태의 다중캐리어 CDMA 방식이



〈그림 5〉 Concatenated FEC를 사용하는 COFDM 송신기의 블럭 다이어그램

제안되고 있다. 이 방식은 OFDM에서와 같이 각 서브 캐리어에 다른 데이터를 전송하는 대신 동일한 데이터를 보내고, 코드를 이용하여 각 사용자를 분리하는 특징을 갖는다. 따라서 스펙트럼 효율이 떨어지는 대신 시간/주파수 선택적 채널과 비선형성 모두에 강인하며, 코드의 사용에 의한 효율적인 다중접속도 가능하다. 다중캐리어 CDMA 방식의 스펙트럼 효율을 향상시키기 위한 방식에 관한 연구도 진행 중에 있다^[11].

V. 결 론

FPLMTS는 고도의 공통성(commonality)을 지니 세계적인 로밍(roaming)을 가능케 하고 모듈화된 특성에 의하여 2~20 Mbps 까지의 멀티미디어를 포함한 다양한 종류의 서비스를 2000년 경부터 제공하기로 되어있는 제3세대 이동통신 시스템이다. 본 논문에서는 그 동안 ITU-R에서 진행되어 왔던 FPLMTS를 위한 무선접속규격과 관련된 사항에 관하여 언급하고, 이를 근거로 하여 제안되고 있는 여러 규격안을 다중접속의 측면에서 분류하여 기술적인 사항과 각 후보접속이 지니는 장단점을 보였으며, 이들 중 대표적인 주자로 인식되고 있는 다중코드 CDMA 방식과 다중코드 TDMA 방식의 상세 사양에 관하여 논하였다. 이와 같은 접근방식과 병행하여 전세계적으로 스마트 안테나와 SDMA(Space Division Multiple Access)를 사용하여 시스템의 용량을 현격하게 늘리려는 노력이 진행 중에 있다.

참 고 문 헌

- [1] Rec. ITU-R M.687, *Future Public Land Mobile Telecommunication Systems (FPLMTS)*.
- [2] Rec. ITU-R M.1036, *Spectrum Considerations for Implementation of Future Public Land Mobile Telecommunication Systems(FPLMTS) in the Bands 1885-2025 MHz and 2110-2200 MHz*.
- [3] Rec. ITU-R M.1034, *Framework for the Radio Interfaces and Radio Subsystem Functionality for Future Public Land Mobile Telecommunication Systems (FPLMTS)*.
- [4] Rec. ITU-R M.1035, *Requirements for the Radio Interface(s) for Future Public Land Mobile Telecommunication Systems(FPLMTS)*.
- [5] Draft New Rec. ITU-R M.(FPLMTS. REVAL), *Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for FPLMTS*.
- [6] P.W. Baier, P. Jung, and A. Klein, "Taking the challenge of multiple access for third-generation cellular mobile radio systems - A European view," *IEEE Commun. Mag.*, pp. 82-89, Feb. 1996.
- [7] VMTS Task Force, "UMTS task force report," March 1996.
- [8] P.G.Andermo and L. M. Ewerbring, "A CDMA-based radio access design for UMTS," *IEEE Personal Commun.*, pp. 48-53, Feb. 1995.
- [9] M. Kuramoto, "Advanced mobile communication technologies & systems directed towards FPLMTS," in *Proc. ITU Telecom-95*, 1995.

- [10] Telia Research, "A multi-carrier air interface based on OFDM," *ETSI/SMG2 (and SMG5)*, March 1996.
- [11] K.H. Chang, "COFDM, MC-CDMA, and wavelet-based MC-CDMA," in *Proc. IWSIP*, Nov. 1996, to be published (Invited.)

저자 소개

張慶熙

1962年 6月 20日生
 1985年 2月 연세대학교 공과대학 전자공학과(학사)
 1987年 2月 연세대학교 공과대학 전자공학과(석사)
 1992年 8月 Texas A&M University 전기공학과(박사)
 1989年 10月~1990年 3月 삼성종합기술원 주임연구원
 1992年 9月~현재 한국전자통신연구소 선임연구원

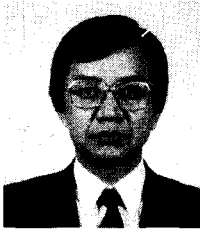
주관심 분야: 디지털 이동통신 시스템, 스마트 안테나, 고속디지털필터 설계와 성능분석



景文建

1955年 11月 20日生
 1980年 9月 고려대학교 전자공학과(학사)
 1985年 2月 고려대학교 전자공학과(석사)
 1993年 12月 Texas A&M University 전기공학과(박사)
 1982年 9月~1984年 5月 IIT(Illinois Institute of Technology) 독립연구원
 1985年 4月~1986年 9月 한국전자통신연구소 무선통신개발단 연구원
 1986年 10月~1989年 7月 한국전자통신연구소 TDX개발단 선임연구원
 1993年 12月~현재 한국전자통신연구소 이동통신기술연구단 책임연구원

주관심 분야: 무선접속기술, 무선패킷망, 스마트 안테나, FPLMTS 시스템 관련사항



李 忠 根

1951年 12月 4日生

1976年 2月 고려대학교 전자공학과(학사)

1989年 9月 고려대학교 전자공학과(석사)

1994年 8月 고려대학교 컴퓨터공학과(박사)

1978年 5月~1983年 4月 삼성전자(주) 과장

1983年 6月~현재 한국전자통신연구소 이동통신기술연구단 책임연구원
이동통신망연구부 부장

주관심 분야: 이동통신망, 초고속 정보통신망



韓 基 喆

1952年 5月 6日生

1974年 2月 고려대학교 재료공학과(학사)

1977年 2月 고려대학교 대학원(석사)

1995年 2月 고려대학교 대학원(박사)

1977年 3月 KIST 부설 전자통신연구소 연구원

1977年 12月 한국통신연구소 연구원

1987年 1月 AT&T Bell Labs 초빙연구원

1989年 1月 한국전자통신연구소 이동통신기술연구단 책임연구원
이동통신계통연구부 부장

주관심 분야: CDMA 디지털 이동통신 시스템, FPLMTS