

IMT-2000 무선전송기술(RTT) 분석

김 낙 명

이화여자대학교 전자공학과

I. 서 론

CDMA 기술 상용화를 계기로 디지털 이동통신에 관한 우리나라의 국제적인 위상이 매우 높아진 가운데, 우리나라의 IMT-2000 시스템 연구개발은 국내보다도 오히려 국제적으로 더욱 알려져 있고, 기술적 인정을 받고 있음은 매우 고무적인 사실이다. 차세대 이동통신 시스템은 지금까지 실현한 음성급 이동통신 시스템 차원을 떠나 영상신호와 고속 데이터 통신을 포함한 이동 멀티미디어 통신 환경을 실현한다는 데 그 핵심이 있다. 따라서, IMT-2000 시스템의 설계에는 이동전화나 저속의 데이터 단말의 접속에서부터 약 2Mbps에 이르는 고속의 데이터 통신까지를 통합하여 원활하게 서비스할 수 있어야 하므로 무선 전송 체계의 설계는 2세대 또는 2.5세대 시스템과는 다른 새로운 기술들이 많이 제안되어 채택되고 있다.

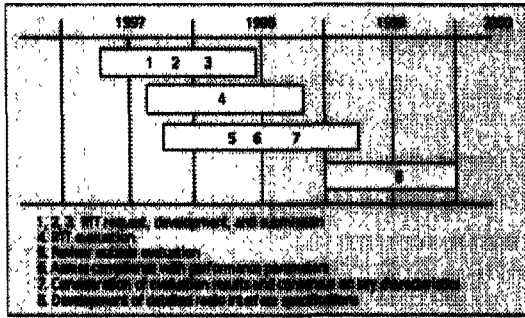
즉, IMT-2000을 위한 무선전송 기술(RTT: radio transmission technology)에는 비용을 절감하는 무선단말, 높은 스펙트럼 효율, 끊김이 없는 로밍, 그리고 이동하거나 멈춰있는 사용자들에 대한 서비스에 대한 차별화된 최고품질(QoS)의 정의 등의 기술이 포함된다. 이들 중 상당 부분은 이미 GSM, IS-136, IS-95와 PDC 같은 2세대 이동통신 시스템의 개선이라는 측면도 있으나, air interface의 관점에서 볼 때, 보다 높은 비트율을 제공하고자 하는 새로운 목표는 기존의 무선전송 방식을 크게 바꾸어 놓는 지침이 된다.

제 3세대 시스템은 넓은 범위에서 높은 이동성을 갖는 사용자인 경우, 적어도 144kbps(가능하면

384kbps까지도)와, 좁은 범위에서 낮은 이동성을 갖는 사용자들을 위해서는 2Mbps까지의 전송용량을 제공할 수 있어야 한다. 게다가 높은 비트율을 요구하는 응용서비스들에서 사용자들은 다중 서비스를 동시에 요구할 수 있다. 예를 들어 사용자가 background로 인터넷 서버에서 파일을 검색하는 동안 다른 web 자료를 읽을 수도 있다. 이러한 네트워크 사용자들을 위해서 제 3세대 시스템은 향상된 스펙트럼 효율과 새로운 서비스들을 전개하기 위한 유연성을 확보할 필요가 있다.

현재 IMT-2000 시스템의 무선 전송기술 표준안은 일본과 유럽 및 한국의 TTA-II 방식으로 대별되는 Wideband Code-Division Multiple Access(W-CDMA)와 미국과 한국의 TTA-I 방식에서 제안하고 있는 cdmaOne(cdma2000으로 명칭이 변경됨. 이하 cdma2000으로 명명함)방식이 대표적이다. 이외에도 기존의 GSM 전송방식과의 호환성 보장을 위하여 제시된 Time Division CDMA(TD-CDMA)방식이 있고, TR45.3에서는 Universal Wireless Communications(UWC-136)의 TDMA에 기반한 3세대 제안을 채택하고 있다.

<그림 1>은 ITU에서 진행하고 있는 IMT-2000 무선 전송기술(RTT)의 평가 및 개발의 time schedule을 보여준다. 다만, 이와 동일한 시간에 지역표준들이 개발되고 있으므로 ITU 표준안과 지역표준들과의 궁극적인 관계는 아직 명확하지는 않으나, ITU는 후보 제안들을 중심으로 미국, 일본, 유럽 및 한국에서 지역 표준의 진행을 가속화할 것을 요청했고, 많은 대화와 조정을 통하여 국제 표준의 수를 가능한 한 감소시켜 몇가지로 집중되도록 이끌어낼 것이 기대된다.



〈그림 1〉 ITU Time lines

본 논문에서는 제3세대 이동통신 시스템의 air interface의 선택을 결정하는 기술적 배경을 살펴보고 그 다음에 W-CDMA에 기초한 무선 interface에 관하여 토론하고자 한다. 토론의 초점은 TTA-I 및 TTA-II 표준안으로 별도 제안된 Wideband cdma2000 방식과 W-CDMA를 비교 분석하는데 중점을 둔다.

II. CDMA기반의 차세대 무선 전송 기술

1. 무선 전송 기술의 표준화

CDMA 기반으로 하는 방식의 제 3세대 air interface 표준안은 W-CDMA 방식의 구현에 있어서 동기식과 비동기식, 두가지 형태로 제안되고 있다. 동기식 네트워크 방식은 수 micro seconds 이내에 기지국간에 서로 동기를 맞추어야 하는 반면, 비동기식 네트워크 방식은 기지국간의 동기를 맞추지 않는다. 비동기식 CDMA에는 다시 3가지 방식이 논의되고 있다. 유럽 ETSI에서의 W-CDMA 표준, 일본의 ARIB 표준, 그리고 한국의 TTA II 표준이 여기에 해당되는데 이 세 표준의 W-CDMA는 거의 유사한 파라미터를 갖는다.

반면, 동기식 W-CDMA 표준은 TR45.5(Wideband cdma2000)에 의해 제안되었고, 한국(TTA I)에 의해 검토되었다. <표 1>은 W-CDMA와 Wideband cdma2000의 중요한 특징에 대해서 기술하고 있다.

표에서도 볼 수 있듯이 W-CDMA와 cdma2000

의 가장 큰 차이점은 chip rate, downlink의 채널 구조, 네트워크 간의 동기화에 관한 것이다. Wideband cdma2000은 direct spreading downlink의 경우, 5MHz의 주파수 대역으로 3.6864Mchip의 속도를 가지고, multicarrier downlink의 경우에는 1.2288Mchips/s의 속도를 갖는다. 반면 W-CDMA는 4.096Mchips/s의 속도로 직접 확산을 한다. Wideband cdma2000에서 다중반송파 방식을 채택한 이유는 기존의 IS-95시스템과 IMT-2000시스템의 동시 운용시를 고려한 것으로서, cdma2000의 확산코드는 IS-95B와 유사하게 M-sequence의 위상 변화로써 확산 코드를 만들어낸다. 물론 이것은 네트워크간의 동기가 맞추어져 있기 때문에 가능한 것이며, W-CDMA는 비동기 방식으로 구현되므로 같은 코드에서 위상만 바꾸어 코드를 생성하는 방식보다는 서로 다른 long code를 생성하여 각 cell과 사용자를 분리하는 방식이 사용된다. 이러한 코드 구조는 코드동기나 cell acquisition, handover 동기 등에 직접적인 영향을 미친다.

2. 제3세대 CDMA 시스템의 무선 전송 성능조건

1) 주파수 대역폭

모든 제3세대 통신에서 제안하는 주파수 대역은 5MHz이다. 이 주파수 대역을 선택하게 된 데에는 여러 가지 이유가 있다. 첫번째로 제3세대 시스템은 144kbps와 384kbps의 data rate를 목표로 하고 있는데, 이는 5MHz의 주파수 대역 안에서 실현가능한 속도이기 때문이다. 그리고 이 조건하에서는 2Mbps의 최대 전송속도도 가능하게 된다. 두번째로는 스펙트럼의 부족으로 인하여, 특히 이미 2세대 시스템이 차지하고 있는 주파수 대역 안에서 이 시스템이 전개되어야 할 때, 적절하게 최소한의 스펙트럼을 할당하여야 하는 문제에 직면하게 된다. 세번째로는 5MHz의 광대역 주파수는 좁은 주파수대역에서보다 다중경로 문제를 쉽게 해결할 수 있고, diversity를 증가시키며, 성능을 향상시킬 수 있다. 초고속 data rate를 보다 효율적으로 구현하기 위하여 10, 15, 20MHz의 더 큰 주파수 내역도 아울러 제안되어 있다.

〈표 1〉 W-CDMA와 Wideband cdma2000간의 주요 파라미터 비교표

	WCDMA	Wideband cdma2000
Channel BW	5, 10, 20MHz	1.25, 5, 10, 15, 20MHz
Downlink RF channel structure	Direct spread	Direct spread or multi-carrier
Chip rate	4.094/8.192/16.384 Mchips/s	1.2288/3.6867/7.3728/11.0593/14.7456Mchips/s for direct spread n×1.2288Mchips/s (n=1,3,6,9,12) for multi-carrier
Roll-off factor	0.22	Similar to IS-95
Frame length	10/20ms(optional)	20ms for data and control/5ms for control on the fundamental and dedicated control channel
Spreading modulation	Balanced QPSK(downlink) Dual channel QPSK(uplink) Complex spreading circuit	Balanced QPSK(downlink) Dual channel QPSK(uplink) Complex spreading circuit
Data modulation	QPSK(downlink) BPSK(uplink)	QPSK(downlink) BPSK(uplink)
Coherent detection	user-dedicated time-multiplexed pilot (DL/UL) common pilot in downlink	Pilot time multiplexed with PC and EIB(uplink) Common continuous pilot channel and auxiliary pilot(downlink)
Channel multiplexing in uplink	Control and pilot channel time-multiplexed I and Q multiplexed for data and control channel	Control, pilot, fundamental, and supplemental code multiplexed
Multirate	Variable spreading and multicode	Variable spreading and multicode
Spreading factors	4~256(4.096Mchips/s)	4~256(3.6864Mchips/s)
Power control	Open and fast closed loop(1.6kHz)	Open loop and fast closed loop(800Hz, higher rates under study)
Spreading (downlink)	Variable length orthogonal sequences for channel separation	Variable length Walsh sequences for channel separation, M-sequences 3×2^{15} (same sequence with time shift utilized in different cells, different sequence in I and Q channel)
	Gold codes for cell and user separation	
Spreading (uplink)	Variable length orthogonal sequences for channel separation, Gold sequence 2^{14} for user separation	Variable length orthogonal sequences for channel separation, M-sequences 2^{15} (same for all users, different sequences in I and Q channels), M-sequences 2^{14} (same for all users, different sequences in I and Q channels)
Handover	Soft handover	Soft handover
	Interfrequency handover	

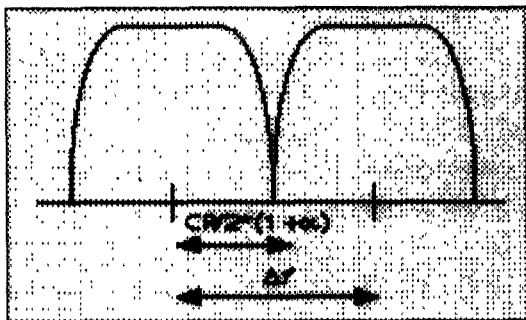
2) Chip Rate

주어진 대역폭내에서 chip rate를 선택하는 것은 스펙트럼 전개 방식이나 펄스 성형, 목표로 하는 최대 data rate, 이중모드 단말 구현방식 등에 따라 달라진다. 〈그림 2〉는 chip rate(CR), pulse shaping filter, roll-off factor(a)와 채널 분리 간격(Δf)간의 관계에 대해서 보여주고 있다. 만약에

raised cosine filtering 방식이 사용되었다면, $CR/2 \cdot (1+a)$ 이후의 스펙트럼은 '0'이 된다. 〈그림 2〉에서 나타난 채널 분리는 두 개의 인접한 채널에 있어서의 스펙트럼이 겹쳐지지 않는 방식이 사용되었다. 인접한 반송파간의 전력차이가 크다면 이러한 방식이 적용되어야 한다. 예를 들어 W-CDMA에서 반송파가 겹쳐지지 않게 하기 위한 최

소 채널 분리 간격(Δf_{min})은 $4.99712\text{MHz} \times (\Delta f_{min} = 4.096 \times (1 + 0.22))$ 이다. 만약에 두 개의 인접한 채널의 신호가 겹쳐지도록 채널 분리 간격이 설정될 경우에는 한 반송파에서 다른 반송파로 신호의 전력이 누설된다.

이중모드 단말의 설계자는 서로 다른 모드간의 서로 다른 클럭주파수 간의 관계를 고려할 필요가 있다. 특히 중요한 것은 송신기와 수신기의 샘플링 속도와 반송파이다. 표준에서 이 주파수들을 적절하게 선택하는 것은 이중모드 단말의 구현을 간편하게 해 준다. 즉, 단말기에 있어서 서로 다른 클럭 주파수는 보통 기준 oscillator의 출력을 직접 분주하거나 phase locked loop(PLL)에 의해서 합성하여 사용한다. 이 때 PLL을 사용하면 회로의 복잡도가 증가한다. W-CDMA의 chip rate은 주로 GSM과 PDC의 양립성을 고려하여 선택된 반면, Wideband cdma2000의 chip rate는 IS-95의 chip rate을 기준으로 정의되었다.



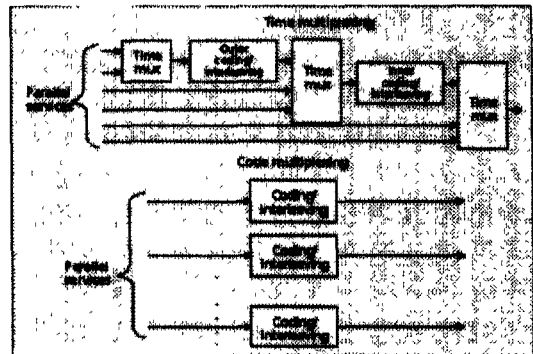
〈그림 2〉 chip rate(CR), roll-off factor(a), 채널 분리(Δf)간의 관계

3) Mutirate

다중속도 설계는 각기 다른 quality of service (QoS)의 요구사항을 가진 가입자들을 유동적이고 효율적으로 다중화함을 의미한다. 각기 다른 QoS의 요구사항을 갖는 유동적인 데이터 속도를 제공하는 문제는, ‘할당된 대역폭내에서 bit rate를 어떻게 매핑할 것인가’, ‘원하는 QoS를 어떻게 제공할 것인가’, 그리고 ‘수신된 신호의 특성에 대해서 수신기에게 어떻게 알려줄 것인가’하는 3가지 하위 문제들로 다시 나누어진다. 이 중 첫번째 문제

에 관해서는 multicode 전송과 가변 확산 기술과 깊은 연관이 있다. 두번째 문제는 코딩 방식과 관련이 있고 세번째 문제는 control 채널 다중화 및 코딩과 관련이 있다.

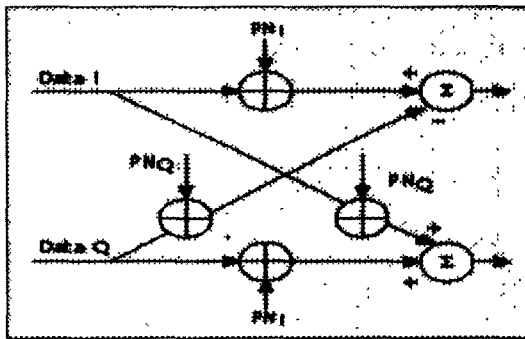
동일 통화에 포함되는 다중 서비스는 〈그림 3〉에서 묘사된 바와 같이 시분할 또는 코드분할 다중화된다. 시분할 멀티플렉싱은 multicode 전송을 피함으로써 신호 전송시 peak to average 전력비를 줄일 수 있게 된다. 서비스 다중화의 두 번째 방법은 〈그림 3〉의 아래 부분에서 묘사된 바와 같이, 각각의 채널을 완전히 분리하여 별도의 채널 코딩/인터리빙을 적용하고, 전송시에는 multicode 방식으로 mapping 하여 전송하는 방법이다. 이 방법은 소비 전력이나 서비스 품질을 독립적으로 조절할 수 있도록 해준다.



〈그림 3〉 시간 다중화와 코드 다중화의 원리

4) 확산과 변조에 관한 해결책

〈그림 4〉에서는 peak-to-average power를 감소시킴으로써 전력효율을 향상시키는 복소 확산 회로에 대해서 보여주고 있다. 확산 변조 방식으로는 balanced 혹은 dual channel QPSK 방식이 모두 사용된다. Balanced spreading 방식에 있어서는 같은 데이터 신호가 I와 Q채널로 분리된다. 반면 dual channel QPSK 확산의 경우에는 I와 Q채널의 symbol들이 서로 독립적으로 적용된다. Down-link에 있어서는 코드 채널을 절약하기 위하여 QPSK 데이터 변조가 사용된다. QPSK 변조방식에서는 I와 Q채널에 대해서 같은 직교 시퀀스들을 사용할 수 있기 때문이다.



〈그림 4〉 복소 확산의 원리

5) 상향 링크에서의 동기 검파

상향 링크에서 동기 검파를 도입할 경우, 2세대 CDMA 시스템에서 사용된 비동기 수신방식과 비교하여 상향 링크 성능이 3dB정도 향상된다. 동기 검파를 실현하기 위해서는 pilot 신호의 전송이 필요하다. 실제적인 상향 링크 성능 향상의 정도는 pilot 신호와 data신호의 전력비에 따라 달라진다.

6) 하향링크에서의 fast power control

하향링크의 성능을 향상시키기 위하여 fast power control이 사용된다. 하향링크에서의 fast power control의 효과는 두 가지이다. 하나는 다중경로 페이딩 채널에서의 단말기 성능을 향상시킨다. 둘째로는 다중경로 채널 때문에 여러 사용자들 간의 직교성이 완벽하게 보장되지 않았을 경우에 사용자간의 간섭의 분산도를 증가시키는 역할을 함으로써 단말기의 수신 특성을 향상시키는 역할을 한다.

7) Beamforming을 위한 하향링크에서의 추가 파일럿채널

채널평가에 활용되는 기본 파일럿 채널은 데이터 신호와 같은 경로로 전달되므로, 이외에 추가 파일럿채널을 설치할 경우 adaptive 안테나의 beamforming에 이용가능하다. 그러므로 omniscell 안테나를 통하여 전송된 파일럿 신호는 adaptive 안테나를 통하여 전송된 데이터 신호의 채널 측정에 사용될 수 없다.

8) 끊김이 없는 주파수간 핸드오버

제3세대 시스템에 있어서 계층적인 셀 구조는 micro-, 또는 pico-cell 위에 macrocell을 겹쳐 놓

은 모습으로 구현되어 높은 용량을 얻을 수 있게 된다. 이 때, 서로다른 계층의 cell들은 서로다른 주파수를 사용하므로, 주파수간 핸드오버가 필수적으로 발생한다. 끊김이 없는 주파수간 핸드오버를 구현하기 위해 요구되는 것은 이동국이 기본적인 데이터 흐름에는 영향을 주지 않으면서, 현재의 반송파와는 다른 주파수를 추적하여 빠른 cell search가 수행되어야 하는 것이다. Diversity receiver가 가능한 단말기의 경우에는 수신기들 중의 하나의 branch를 diversity 수신으로 할당하고, 다른 branch로 새로운 cell의 신호를 추적할 수 있다. 단일 수신 모듈만을 가진 단말기의 경우에는 슬롯화된 하향링크의 전송으로 주파수간 핸드오버를 구현할 수 있다.

III. W-CDMA 방식

1. Spreading Code

W-CDMA는 long spreading code를 사용한다. 하향링크에서의 셀 분리와 상향링크에서의 사용자 분리를 위해 각각 서로 다른 확산코드가 이용된다. 하향링크에서는 길이가 2^{18} 인 Gold code가 이용되며, 이것을 $2^{16} \times 10\text{ms}$ frame의 주기로 잘라서 쓴다. 이 경우, cell search time이 길어지는 단점이 있는데, W-CDMA 방식에서는 cell search time을 최소화 하기 위해서 short code masking이라는 특별한 방법을 적용하였다. W-CDMA의 동기채널은 하나의 symbol 단위에 해당하는 길이 256chip의 직교 short Gold code로 masking된다. Mask symbol은 기지국의 long code group에 관한 정보를 담고 있다. 그러므로 이동국은 우선 short masking code를 찾고 그것을 찾은 후에 long code group내의 코드들 중에서 long code를 찾기 시작한다. 경우에 따라서는(특히 아주 작은 확산인자의 경우) short code의 사용으로 좋지 않은 상관특성을 초래하게 될 수도 있으나, tree구조의 직교 코드를 생성하여 서로 다른 확산인자들 간에도 직교성이 유지되도록 설계하고 있다.

2. 동기검파와 beamforming

하향링크에서는 동기검파를 위하여 time multiplexed pilot symbol이 사용된다. 하향링크에서 각 pilot symbol은 각 사용자마다 별도로 사용되므로 adaptive 안테나를 이용한 채널 평가에도 사용된다. 상향링크에서 time-multiplexed pilot symbol은 동기 검파를 위해 사용된다

3. Multirate

W-CDMA의 트래픽 채널 구조는 낮은 data rate의 경우에는 단일 code를 사용하고, 더 높은 data rate의 경우에는 multicode를 사용하도록 설계한다. 일반적으로 동일 접속 session에 포함된 다중 서비스의 경우 <그림 3>의 윗 부분에서 표현된 time-multiplexed 구조와 같다. Time-multiplexing은 inner coding과 outer coding후에 수행된다. 서비스 다중화와 채널코딩 후에 다중서비스 데이터열은 하나 혹은 그 이상의 전용 물리 데이터 채널에 매핑된다. Multicode의 전송에 있어서 Q 채널과 I-채널에는 입력데이터가 번갈아가면서 적용된다. W-CDMA의 채널코딩은 길쌈코드와 concatenated code를 기본으로 한다. BER = 10^{-3} 정도의 서비스의 경우에는 constraint 길이는 9이고, code rate가 1/2~1/4인 길쌈코드가 사용된다. 그리고 BER = 10^{-6} 의 저오율 서비스를 위해서는 outer code로 Reed Solomon코드를 사용하는 concatenated code가 쓰인다. 또한 frame 단위의 block interleaving도 사용된다. W-CDMA는 더 긴 지연시간을 허용하는 서비스에 대해서는 성능을 더욱 향상시키기 위하여 프레임간의 interleaving도 가능하다. 데이터 서비스를 위한 터보코드도 연구되고 있다. 이 때, 채널코딩과 서비스 다중화를 거치고 나면 전체 bit rate은 거의 random하기 때문에 rate매칭은 puncturing이나 symbol을 반복시키는 방식에 의해 수행된다.

4. Packet data

W-CDMA는 packet data의 전송에 있어서 서로 다른 두가지 형태를 적용하고 있다. short data packet은 random access burst에 바로 붙여서 전

송할 수 있다. 공통채널 패킷 전송이라고 부르는 이 방법은 가끔 발생하는 짧은 packet의 전송에 사용된다. 이러한 전송은 전용채널에서는 반드시 필요한 링크를 유지하는 데에 필요한 overhead를 회피할 수 있다는 장점이 있다. 물론 보다 크고 자주 발생하는 패킷들은 전용 채널로 전송된다. 하나의 큰 패킷은 패킷이 전송된 후에 즉시 전용채널이 해제되는 single-packet 전송방식을 이용하여 전송된다. 반면 multi-packet 전송방식에서는 패킷 사이의 빈시간에도 전력 제어 신호와 동기신호를 주고 받음으로써 채널을 유지한다. W-CDMA의 random access burst는 10ms길이이고, 고정된 전력으로 전송된다. 그리고 access 방식은 slotted Aloha 방식을 기본으로 한다.

5. W-CDMA와 TTA II의 차이점

W-CDMA에 비하여 TTA II 표준안에서 다른 점은 상향링크에서 연속적인 파일럿, QPSK확산, 상향링크에서 선택적인 동기화, 그리고 하향링크에서 파일럿의 구조이다. TTA II는 long code 확산을 하기 때문에 하향링크에서 동기를 맞추는 시간을 줄이기 위하여 cluster pilot과 cell pilot으로 두 개의 pilot을 사용한다. 하나의 cluster는 여러 개의 셀들로 구성되고, 각 cluster는 동일한 long 확산코드 set을 재사용한다. 각 cluster는 역시 long spreading sequence인 하나의 cluster pilot을 갖는다. 전체적으로 16개의 cluster pilot이 있고 각 cluster는 32개의 cell pilot sequence를 가질 수 있다. 그러므로 각 이동국은 cell search를 수행할 때 최대 48개의 pilot code를 search해야 한다. 이러한 방식은 특히 재충식 셀구조 시스템에 적합하다.

셀내의 간섭을 줄이기 위해 W-CDMA와 TTA II는 모든 사용자들 간의 시간을 1/8chip의 정확도를 가지고 상향링크에서 동기화 시킨다. 이것은 기지국에서 타이밍을 측정하고, 이동국에 2kbps의 속도로 타이밍 조정 신호를 보냄으로써 실현된다. 그러나 다중 경로는 cell 내의 간섭을 초래하고, 상향링크 채널의 직교성으로 얻어지는 이득이 각 채널의 상태에 따라 다르고, 신호채널에서는 하향링

크에서 각 사용자당 2kbps까지 그 용량이 감소하게 된다.

IV. Wideband cdma2000 방식

1. Multicarrier

Multicarrier 전송방식은 Wideband cdma2000과 IS-95 carrier간의 직교성을 유지하기 때문에 직접확산과 더불어 Wideband cdma2000 시스템의 downlink에서 적용되었다. 하향링크에서 이러한 성질은 이동국에서 상향링크에서처럼 두 서비스 계층 간의 전력 간섭을 조정할 수 없기 때문에 더욱 중요하다.

그러나 다중경로의 존재는 두 가지 셀이 중첩된 상황에서 직접확산 대비 multicarrier 방식의 성능 이득을 감소시킨다. 게다가 만약 operator에 5MHz가 배당되고, 적어도 1.25MHz가 이미 사용중이라면, multicarrier 방식의 구현이나 직접확산 방식이나 양자 모두 어려운 문제이다. <표 2>는 IS-95와 cdma2000 사이의 물리계층의 특성을 상호 비교한 것이다.

2. 확산코드

하향링크에서 Wideband cdma2000의 셀 분리는 길이가 3×2^{15} 인 두개의 M-sequence를 I와 Q channel에 각각 사용하여 수행되며, 각 셀에 적용되는 PN code는 적정의 offset 만큼 위상천이 된 것을 사용한다. 그러므로 cell search 과정에서는 이 sequence들만 찾으면 되는 장점이 있다. 그러나 PN offsets의 수는 한계가 있으므로, PN code의 혼동을 피할 수 있도록 offset 설계에 유의하여야 한다. 상향링크에서 사용자간의 분리는 길이가 2^{14} 인 M-sequence의 서로 다른 위상천이에 의해 수행된다. 채널의 분리는 서로 직교하는 가변 확산 인자를 가진 상호 직교 Walsh sequence set을 이용한다.

3. 동기검파

하향링크에서 Wideband cdma2000은 adaptive antenna를 쓰지 않을 경우 동기검파를 위한 기준 신호로서 이용되는 공통의 pilot channel을 가진다. Adaptive antenna를 쓸 경우에는 보조 파일럿을 동기검파용 기준신호로 사용한다. 부호 다중화된 보조파일럿은 각각의 보조파일럿에 다른 직교코드를 할당함으로써 생성된다. 이러한 접근은

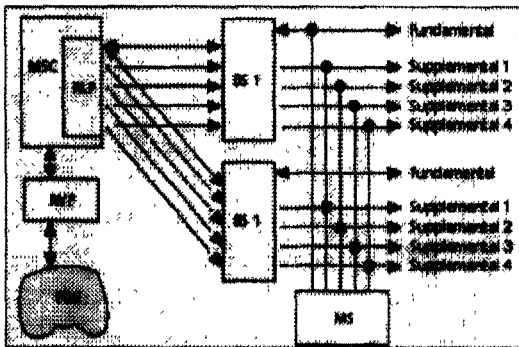
<표 2> IS-95와 cdma2000의 물리계층 특성 비교

Feature	IS-95	cdma2000
RF channel BW	1.25MHz	1.25/5.10/15/20MHz
single user data rates	9.6~115.2kbps	9.6kbps~2.4Mbps
Supplemental code channel	0~7SCCs	0 or 1 SCC
Frame length	20ms	20ms(with 5 ms option)
Modulation	BPSK with quadrature spreading	QPSK with quadrature spreading
Pilot based coherent detection	Forward link : Yes	Forward link : Yes
	Reverse link : no	Reverse link : no
Channel coding	Convolutional K=9 rates 3/4, 1/2, 1/3	Convolutional K=9 rates 1/3, 1/4
Dedicated control channel	No	Yes
Fast forward power control	No	Yes
Forward link transmit diversity	No	Yes
Use of turbo codes	No	Yes

트래픽채널에 이용되는 직교코드의 수를 감소시킨다. 반면 이러한 제한은 보조파일럿에 사용되는 직교코드집합의 크기를 확장함으로써 완화된다. 파일럿신호는 데이터에 의해 변조되지 않으므로 파일럿 직교코드의 길이는 확장될 수 있다. 이는 결국 추가적인 파일럿으로 사용 가능한 코드의 수가 늘어남을 효과를 준다. 상향링크에서는 파일럿신호는 전력조절과 erasure indicator bit(EIB)과 함께 time-multiplex 된다.

4. Multirate Scheme

Wideband cdma2000은 기본채널과 보조채널의 두가지 종류의 트래픽채널이 부호 다중화되어 있다. 기본채널은 9.6kbps와 14.1kbps의 기본속도와 그에 상응하는 하위속도를 제공하는 가변 전송 속도의 채널이다. 이 채널은 음성, signaling, 그리고 낮은속도의 데이터를 전송한다. 반면에 보조채널은 고속의 데이터를 전송한다. 기본 채널 하나에 보조 채널은 최대 7개까지 적용이 가능하므로 한 가입자당 78개까지의 Walsh code 할당이 가능하다. 이 경우 전력 제어는 기본 코드 채널로부터 유도되며, 각 코드 채널들은 항상 full rate을 전송이 가능하다. 따라서, 이와 같은 multicode 방식을 이용한 고속전송은 rate set 1(RS1)인 경우에는 9.6kbps에서 76.8kbps까지 확장이 가능하고, rate set 2(RS2)인 경우에는 14.4kbps에서 115.2kbps까지 확장이 가능하다. <그림 5>는 multi-code 전송 환경에서의 soft handover 방식을 도해한 그림



<그림 5> multi-code 전송 환경에서의 soft handover 방식

이다.

한편, 하향링크에서는 서로 다른 QoS를 원하는 서비스들이 보조채널로 부호다중화 된다. Wideband cdma2000의 사용자 데이터의 프레임 길이는 20ms이다. 제어 정보의 전송을 위하여 5 and 20ms 프레임이 기본채널에서 사용될 수 있다. 기본채널에서는 constraint length가 9인 길쌈부호가 사용된다. 보조채널에서는 14.4kbps까지는 길쌈부호를 사용하고, 더 높은 속도에는 constraint length가 4이고 rate이 1/4인 터보코드가 선호되고 있다. Rate matching은 puncturing, symbol 반복, sequence 반복 등에 의해서 수행된다.

5. Packet Data

Wideband cdma2000은 random access시에 slotted Aloha의 원리를 이용한다. 그러나, 고정된 전송전력 대신, access에 실패할 때마다 random access burst의 전송 전력을 증가시키는 방법을 사용한다. 이동국에 트래픽채널이 할당되면, 이동국은 미리 정의된 bit rate까지는 scheduling 없이 전송할 수 있다. 만약 전송속도가 정의된 속도를 초과하면 새로운 access 요구를 만들어야 한다. 이동국은 전송을 마치면 전용콘트롤 채널은 그대로 두고 트래픽채널을 해제한다. 일정 시간이 지난 후에는 전용콘트롤 채널 또한 해제하나, 다시 새로운 데이터 전송이 필요할 경우를 대비하여 링크계층과 네트워크층의 연결은 유지한다. 짧은 데이터 burst는 공통의 트래픽채널을 통해 전송될 수 있다. 여기서서는 에러율의 성능을 증가시키기 위해서 간단한 자동반복요구(ARQ) 방식이 사용된다.

cdma2000의 패킷 전송에서 특징적인 방식은 고속 전송이 요구될 경우에 사용하는 burst mode 전송 방식이다. 이것은 가입자가 비교적 짧은 시간 동안에 고속의 데이터 전송을 신청해 왔을 때, 기지국이 허용하는 범위 내에서 기지국의 총용량의 상당부분에 해당되는 용량을 한 가입자에게 할당할 수 있도록 한 방법이다.

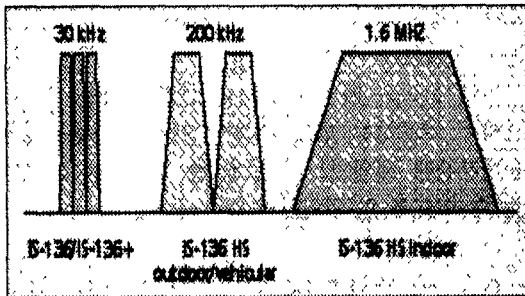
6. TTA-I과 Wideband cdma2000의 차이점

TTA-I이 Wideband cdma2000과 다른 점은

800Hz 대신에 1.6kHz의 전력 제어 빈도를 가지고 있고, 프레임 길이가 20ms가 아닌 10ms이며, 하향링크의 확산이 복소확산 대신에 QPSK 확산이라는 점이다. 또, TTA-I의 가장 낮은 칩속도는 1.2288Mchips/s가 아니라, 0.9216Mchips/s로 정의된다.

V. TDMA-Based Schemes

광대역 CDMA 방식 외에도 제3세대 air interface를 위한 무선 전송기술로는 ATDMA, GSM-compatible ATDMA, MTDMA, FMA1 without spreading 등 다양한 TDMA 방식이 연구되어 왔다. 이들 연구에 의하면, TDMA는 제3세대에서 GSM 기술의 진화를 전제로 하여 IMT-2000의 요구사항을 만족시키는 것을 목표로 한다. 특히 Universal Wireless Communications-136(UWC-136) 표준은 현존하는 30kHz 채널(136+)에서는 변조방식을 개선하고 200kHz와 1.6MHz의 경우에는 보조의 광대역 TDMA 반송파를 정의함으로써 이러한 목표를 달성하고자 한다. 이 경우 200kHz의 옥외용 반송파(136HS Vehicular/outdoor)는 384kbps까지의 bit rate을 제공하고, 1.6MHz의 옥내용 반송파(136HS Indoor)는 2Mbps까지의 높은 bit rate를 제공한다. <그림 6>은 UWC-136에서 정의한 여러 가지 반송파들의 형식을 보여주고 있다. 또 <표 3>에서는 136HS에서 제안된 파라미터를 소개하고 있다.



<그림 6> UWC-136 표준에서의 반송파

<표 3> 136 HS 표준의 주요 파라미터

	136 HS(Vehicular /Outdoor)	136 HS(Indoor)
Duplex method	FDD	FDD and TDD
Carrier spacing	200KHz	1.6MHz
Modulation	Q-O-QAM	Q-O-QAM*
	B-O-QAM	B-O-QAM**
	GMSK	
Gross bit rate	722.2Kb/s (Q-O-QAM)	5200Kb/s (Q-O-QAM)
	361.1Kb/s (B-O-QAM)	2600Kb/s (B-O-QAM)
	270.8Kb/s (GMSK)	
Payload	521.6Kb/s (Q-O-QAM)	4750Kb/s (Q-O-QAM)
	259.2Kb/s (B-O-QAM)	2375Kb/s (B-O-QAM)
	182.4Kb/s (GMSK)	
Frame length	4.615ms	4.615ms
Number of slots	8	64(72ms)
		16(288ms)
Coding	Convolutional 1/2, 1/4, 1/3, 1/1	Convolutional 1/2, 1/4, 1/3, 1/1
	ARQ	Hybrid type II ARQ
Frequency hopping	Optional	Optional
Dynamic channel allocation	Optional	Optional

* Q-O-QAM: quaternary offset quadrature amplitude modulation

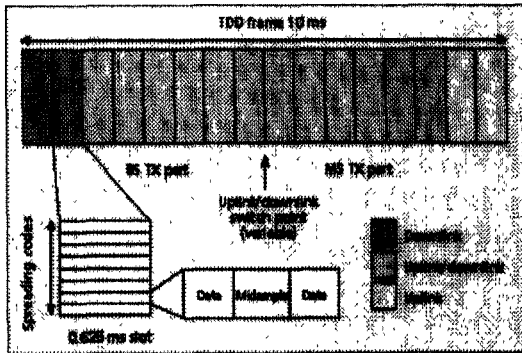
** B-O-QAM: binary offset QAM

VI. TDD 방식의 고려

IMT-2000 air interface의 주요 토론은 frequency division duplex(FDD)를 위한 기술이었다. 그러나 여기에는 time division duplex(TDD)를 적용하면 보다 유리한 경우가 몇 가지 있다. 첫째, FDD는 채널 구성에 반드시 두 개의 주파수대역

필요한데 경우에 따라 이런 쌍을 찾기 힘들 수도 있다. 효율적인 순방향 오류정정(FEC)을 포함하여 적절한 디자인하면 TDD는 outdoor 셀에서도 사용될 수 있다. 둘째로, 무선자원 배분의 유연성을 들 수 있다. 즉, 주파수 폭은 상향링크의 하향링크의 time slot수 조정함으로써 쉽게 배분된다.

한편 UMTS의 TDD 모드에서는 chip rate이 4.096Mchips/s인 반송파를 시간축에서 상향링크와 하향링크로 나누었다(TD-CDMA 원리). 프레임의 길이는 일반적으로 10ms이고 프레임당 타임 슬롯의 수는 16개를 정의하였다. <그림 9>는 이러한 TDD 프레임의 구조를 보여준다. 이 구조는 각 프레임에서 상향링크와 하향링크를 나누는 스위칭 포인트를 하나 갖고 있으며, 현재 추가적으로 연구해야 할 사항은 다중 스위칭 포인트이다. burst는 data block, midamble, data block의 세부부분으로 나누어진다. TDD 방법은 QPSK 네이터 변조를 사용하고 일반적으로 고정된 확산인자를 적용한다. 가변확산인자는 연구중에 있다.



<그림 9> TDD프레임 구조의 예

VII. 결 론

본 논문에서는 IMT-2000 시스템의 무선 전송 기술에 관하여 살펴보았다. 특히 한국에서 제안한 TTA-II 방식과 유사한 일본 및 유럽의 W-CDMA 방식의 무선전송 구조와, TTA-I 구조와 유사한

미국의 Wideband cdma2000 방식을 서로 대비해 가면서 무선 전송기술 표준화에서 중요하게 고려된 사항들을 해석하였다. 지금까지 세계는 이러한 표준안들을 시뮬레이션과 prototype 제작을 통하여 검증하는 과정을 거쳐왔으며 전체적으로 표준의 완성 단계에 와 있다. 그러나, 지금까지 살펴본 것들이 각 표준안에는 나름대로의 약점들이 있으므로 원리를 더욱 깊이 연구하여 보다 나은 표준을 만들 수 있도록 모두가 함께 노력하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] TTA-I proposal document, "Multiband direct-sequence CDMA system for IMT-2000," TTA, Korea, May 1998.
- [2] TTA-II proposal document, "Asynchronous wideband direct-sequence CDMA system for IMT-2000," TTA, Korea, May 1998.
- [3] B. Jabbari et. al., "Spreading Codes for direct sequence CDMA and Wideband CDMA cellular networks," IEEE Communications Magazine, Sep. 1998.
- [4] R. Prasad et. al., "An Overview of air interface multiple access for IMT-2000/UMTS," IEEE Communications Magazine, Sep. 1998.
- [5] S. Laha et. al., "Evolution of Wireless Data Services: IS-95 to cdma2000," IEEE Communications Magazine, Oct. 1998.
- [6] K. Miya et. al., "Wideband CDMA systems in TDD mode operation for IMT-2000," IEICE Trans. on Commun., July 1998.

저 자 소 개



金 洛 明

1958년 2월 1일생, 1980년 2월 서울대학교 전자공학과(학사), 1982년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사), 1990년 5월 코넬대학교 대학원 전기공학과(박사), 1980년 2월~1987년 4월 금성전기 연구소 연구원, 1987년 4월~1996년 8월 LG정보통신연구소 책임연구원, 1996년 9월~현재 이화여대 전자공학과 조교수, <주관심 분야: 이동통신, 위성통신, W-CDMA 응용시스템>
