

主題

휴대인터넷 무선접속규격의 핵심 요소 기술 분석

ETRI 권동승, 유병한, 황승구

차 례

1. 서 론
2. 물리계층 요구 사항 및 주요 파라미터 분석
3. 물리 계층 주요 기술
4. MAC 계층 주요 기술
5. 결 론

I. 서 론

이동통신은 아날로그 음성을 전달하는 1세대의 아날로그 이동 전화로부터 시작하여 2세대의 디지털 이동통신에서는 디지털 음성 전화 및 단문 서비스를 제공하였으며, 3세대 이동통신시스템인 IMT-2000(International Mobile Telecommunications-2000)으로는 동기 방식 cdma2000과 비동기 방식의 W-CDMA에서는 2Mbps급 이상의 데이터 서비스를 제공한다. 현재 서비스 중이거나 계획 중인 WCDMA, cdma2000 1x, cdma2000 1xEVDO와 EVDO는 이동 멀티미디어 서비스의 제공을 목표로 설계되었으나, 현재 이들 3세대 시스템은 2세대 시스템에 비하여 기술적으로 진보된 개념들을 도입하였음에도 불구하고, 서비스 제공 관점에서 2세대 시스템과의 차별화에 성공적으로 대처하지 못하고 있고, 2세대 시스템이 이동전화 서비스를 제공하는데 있어 용량 부족의

문제가 없으므로 사업자들이 신규 투자에 매우 소극적인 상황이다. 또한 3세대 시스템은 사용자당 전송 속도, 용량 등이 2세대 시스템에 비하여 크게 향상되었으나, 유선통신에서 제공하는 대역폭에는 여전히 미치지 못하며, 사용자가 멀티미디어 서비스를 자유롭게 제공 받으려면 상당한 비용을 감수하여야 한다.

2002년 10월 정부는 WLL 서비스 제공을 위하여 할당되었으나 현재 활용이 미미한 2.3GHz 대역의 주파수를 회수하여 이 주파수 대역을 고정업무에서 이동 및 고정업무로 역무를 전환하였고, 이 주파수 대역을 휴대 인터넷 용도로 지정하여 인터넷 서비스를 옥외에서도 고속으로 서비스를 제공하여 새로운 서비스를 창출하고 제조업을 활성화시켜 국민들의 삶을 향상시키려는 계획을 추진 중이다. 따라서 초고속 휴대 인터넷 시스템의 서비스는 적어도 현재 유선에서 지원하는 1~2 Mbps의 전송 속도로 제공되는 인터넷 서비

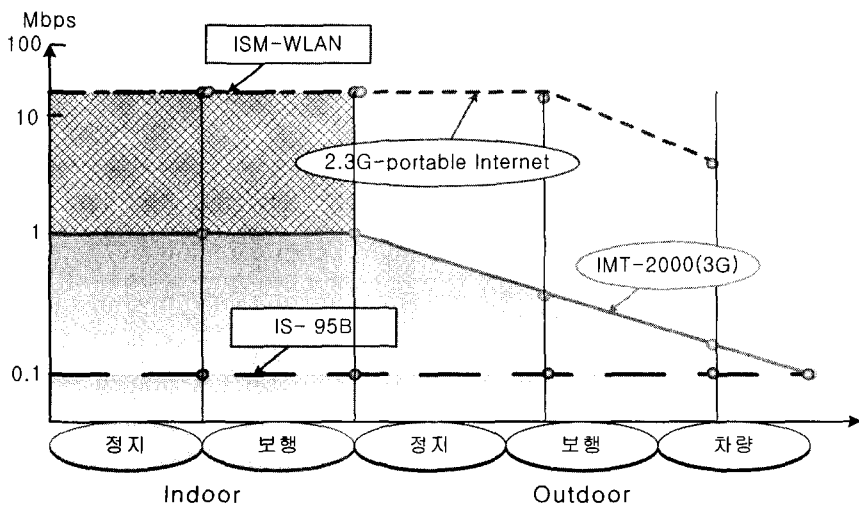
[표 1] IMT-2000과 휴대인터넷의 서비스 측면에서 비교

구분	문자기반 서비스	중품질 멀티미디어 서비스	고품질 멀티미디어 서비스
EV-DO	E-mail, SMS, 뉴스, 채팅 등	영화 및 음악 스트리밍, MMS, 게임, 중속 데이터 전송 등	-
WCDMA			화상전화
PI			고품질 VOD, 고속 데이터 다운로드 등

스를 사용자가 어디서나 무선으로 저렴한 가격으로 제공 받을 수 있도록 하는 데 있다. 한정된 주파수 대역에서 주요 도심지역에서 끊임없는 서비스를 제공하기 위하여 휴대 인터넷 시스템은 셀룰라 구조를 갖지만 이동통신 시스템에 비하여 셀 반경이 작으며 휴대, 보행자 속도 또는 도심의 차량 이동속도로 이동하는 가입자에게 1~2 Mbps 이상의 광대역 인터넷 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다고 할 수 있다. 광대역 휴대 인터넷 서비스가 보편화될 경우 국내 산업 활성화, 사회 문화 전반적 운영 시스템 개선 등 창조적이고 혁신적인 사회 문화 현상이 나타날 것으로 기대된다.

따라서 TTA에서는 휴대 인터넷 서비스를 실내/내외에서 정지 또는 60Km/h이하로 이동하면서 가입자당 1Mbps이상의 전송속도로 인터넷 서비스를 할 수 있는 서비스로 정의하였다. 따라서, 서비스 커버리지는 도심지역 이동전화 기지국의 경우 500m 내외이므로 이동전화 기지국과 co-location 가능하며, 핸드오버 기능이 보장되어야 한다.

실내에서 사용하는 초고속 인터넷 서비스를 무선으로 제공하는 휴대 인터넷 서비스의 주요 특징은 다음과 같다. 첫 번째, 휴대인터넷은 무선망과 인터넷이 통합되어 언제, 어디서든 자유로이 인터넷을 접속하여 이용할 수 있는 서비스이



[그림 1] 휴대 인터넷 서비스 Positioning

다. 두 번째, 휴대 인터넷은 IP기반 데이터 서비스로서, 유선 초고속 인터넷보다 전송속도가 느리지만 단말 이동성을 보장하며, 이동통신보다 서비스 요금은 저렴하면서 전송속도가 더 빠른 것이다. 세 번째, 일부에서는 이 휴대 인터넷을 3.5G라고도 한다.

휴대인터넷 서비스는 기존 이동통신과는 달리 유선 인터넷 브라우저 환경을 이용하므로 기존 유선 인터넷 콘텐츠 활용이 가능하며, 제공 속도 차별화로 가입자당 1Mbps 이상의 서비스 제공이 가능하여 단순한 텍스트 기반 데이터 서비스나 중저속 데이터 서비스에서 고속 데이터 서비스로 진화된 서비스가 제공될 것으로 예상된다.

또한 이동통신서비스와 차별화를 위하여, 휴대인터넷에서 페이징 기능(SMS, MMS, 음성착신)은 제외되어야 한다는 의견도 있었다. IMT-2000과 휴대 인터넷(PI; Portable Internet)을 서비스 측면에서 비교하며 [표 1]과 같다.

2. 물리계층 요구 사항 및 주요 파라미터 분석

지금까지의 이동통신 시스템은 대칭적이고 연속적이며, 상대적으로 낮고 규칙적인 전송속도를 보장하도록 설계되었다. 유선에서의 초고속 인터넷 서비스를 무선화하기 위한 전송방식은 유선 인터넷의 트래픽 특성인 상하향 링크가 비대칭적인 트래픽 패턴과 불규칙적으로 전송되는 버스트(burst) 특성을 수용하여야 한다.

이러한 서비스 특성을 수용하기 위하여 휴대인터넷의 물리계층 기술 방식으로 듀플렉스로는 주파수 이용 효율과 비대칭 데이터 서비스를 고려하여 TDD (Time Division Duplex)를 선택하였으며, 채널 대역폭은 가입자당 데이터 속도가 가변적인 속도인 서비스인 경우 1 FA당 전송 용

량을 넓히는 것이 다중화 효과에 의하여 수용 가입자를 증대시킬 수 있으므로 채널 대역폭의 기존의 이동통신 방식에 비하여 증대시키지만, 사업자간 보호 대역을 줄이기 위하여 우선은 10MHz로 선택하였다.

10MHz의 채널 대역폭에서 반송파 전송 방식으로는 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 선택하였다. 이 OFDM을 높은 주파수 이용효율, 사용자당 고속 데이터 지원, 채널 페이딩 및 다중파 페이딩에 강인성, 그리고 임펄스 간섭에 강한 장점이 있으나, 상대적으로 큰 PAPR 과 비선형 증폭, 그리고 주파수 동기 및 시간 동기에 민감한 단점이 있다. 이 OFDM은 반송파간 직교 원리를 이용하므로 $1/T_s$ 를 기본 주파수로 하고, $1/T_s$ 의 정수배를 주파수로 갖는 정현파들은 서로 직교하며, 이 정현파들을 병렬 전송의 반송파로 사용하여 전송한다. 따라서 OFDM에서 채널 대역폭 이용 효율은 반송파수 N 이 증가함에 따라 이론적인 Nyquist 전송율에 가까워지게 된다. OFDM이 단일 반송파보다 out of band emission 측면에서 $F_c-10\text{MHz}$ 기준으로 FFT 크기가 2048인 경우 단일 반송파 전송방식보다 30dB정도 작아져서 인접 대역으로 간섭이 줄어든다. 그리고 OFDM은 FFT size가 증가함에 따라 out of band emission 특성이 좋아지며, $F_c-10\text{MHz}$ 기준으로 64보다 2048이 15dB 우수하다. 그리고 일반적으로 OFDM은 FFT 크기가 증가함에 따라서 PAPR이 증가하지만, 특정 레벨 이상의 신호가 발생할 확률은 작아진다. 수신신호/평균신호의 비가 6dB이상인 경우가 발생할 확률은 0.1%이고, PAPR이 99.9%를 지점을 전력증폭기의 backoff로 사용할 경우, FFT 크기에 무관하게 거의 유사한 수신신호/평균신호의 비가 된다. 채널 대역폭 이용 효율 측면에서는 다중 반송파가 단일 반송파보다 이용효율이 높다. 예로서 $\alpha=0.25$ 인 경우 20%의 채널 대

역폭에 대한 이득이 발생한다. 스펙트럼은 OFDM의 FFT 크기가 커질수록 부반송파의 대역폭이 작아져서 인접 대역으로 누설 전력이 작아지므로 이를 줄이기 위한 외부 필터의 요구사항이 상대적으로 작아지며, PAPR은 증가하지만, 전력증폭기의 backoff를 결정하기 위한 PAPR은 거의 유사하다.

휴대 인터넷 서비스를 위하여 국내에서 할당된 주파수 대역인 2.3~2.4 GHz의 100 MHz 대역폭에서 각 사업자에게 10 MHz 단위의 채널 대역폭을 가지는 FA를 3개씩 할당하면서 2~3개의 사업자를 수용하기 위해서는 주파수 재사용율을 1에 가깝게 하여 셀 배치의 자유도를 극대화할 필요가 있다. 이를 위하여 휴대 인터넷에서는 baseline으로 고려한 IEEE 802.16d의 부채널화(subchannelization) 개념을 더욱 개선하였다. 즉, 한 사업장에서 운용하는 셀들은 기본적으로 동일한 주파수 대역을 사용하도록 배치되며, 하나의 부채널(subchannel)은 전체 신호 대역에 걸쳐 흩어져 배치된 다수의 부반송파(subcarrier)들로 구성되는데, 인접한 임의의 두 셀에 대해 각각 임의의 한 부채널씩을 선택했을 때 그 두 부채널에 속한 부반송파들간에 한 부반송파만이 충돌되거나 또는 서로 충돌이 일어나지 않도록 설계하였고, 충돌이 일어나는 부반송파에서의 부반송파 심볼 검출 오류는 오류 정정 부호와 시간/주파수/공간 다이버시티(diversity)를 이용하여 보정하도록 하였다. 이렇게 구성된 부채널들은 다이버시티 부채널이라 하며, 이러한 부채널화 방식은 인접 셀간 간섭을 제어하는 방식이 아닌, 간섭 평균화(interference averaging) 방식에 해당한다. 이처럼 간섭 평균화된 구분 가능한 셀의 개수는 총 127개다.

휴대 인터넷에서는 간섭 평균화 방식 외에도 간섭 제어 방식에 해당하는 부채널화 방식도 제공하고 있다. 즉, 전체 사용 부반송파들 중 인접

한 일정 개수의 부반송파들을 묶은 것으로 정의된 AMC (Adaptive Modulation and Coding) 부채널을 자원 할당의 단위로 사용하는데, 각 단말이 처한 채널 상황에 따라 해당 단말에게 적절한 AMC 부채널을 할당하는 방식이다. 이때 AMC 부채널 할당 기준으로는 각 AMC 부채널별 평균 채널 이득 외에도 각 AMC 부채널에 대한 인접 셀로부터의 간섭 전력까지 고려될 수 있다. 그러나, AMC 부채널을 사용하는 경우는 매 프레임마다 트래픽 및 간섭 상황이 달라질 수 있는 휴대 인터넷 서비스 특성상 AMC 부채널을 이용하여 주파수 재사용율을 개선하기 위해서는 서로 간섭을 유발할 수 있는 범위 내의 모든 기지국들간에 모든 트래픽 정보가 교환되어야 한다. 따라서, 기지국에 가까이 위치한 단말들에 대해서는 주로 AMC 부채널 방식을 적용하고 셀 경계에 가까이 위치한 단말들에 대해서는 주로 다이버시티 부채널 방식을 적용하여 주파수 재사용율 개선을 구현한다. 한편, 다이버시티 부채널 방식에서 임의의 두 셀에 대해 임의의 두 부채널간의 부반송파 충돌 확률은 최소화 및 균일화하였으나, 인접한 두 셀에서 사용되는 모든 부반송파들이 데이터 전송에 사용되는 full loading의 경우에는 상기한 부채널화 방식으로 인접 셀간 간섭 문제를 해결할 수 없다. 이러한 full loading의 경우에도 셀 경계에 위치한 단말에 대해 안정적인 성능을 보장하기 위해서 휴대 인터넷 규격에서는 최소 1/12의 매우 낮은 부호율을 가지는 채널 부호화 방식을 제공하고 있다.

OFDM을 기반으로 한 다중액세스는 OFDM-TDMA, OFDM-FDMA(OFDMA), OFDM-CDMA가 있으며, OFDMA에는 clustered based OFDMA와 comb-based OFDMA가 있다. OFDM-TDMA 전송방식에 대한 문제점은 다음과 같다. 우선 주파수 재 사용율을 1로 개선시키기 어렵다. 두 번째는 하나의 OFDM 심벌내의

모든 부 반송파를 한 사용자가 사용하게 되므로 동시 사용자 수가 상대적으로 작아지며, 실제로 한 프레임에서 동시 사용자 수는 하향 링크의 OFDM 심벌 수가 되고, 최소 데이터 전송 양이 OFDM 심벌 하나가 되고, 이의 정수배가 전송단위가 되어 다양한 속도의 인터넷 데이터의 다중화 이득을 감소된다. 그리고 상향링크에서 전체 대역폭을 사용하므로 채널 대역폭이 증가할 경우 상향링크에서 하향링크에 대응한 셀 커버리지 확보가 어렵다. OFDM-CDMA의 경우에는 CDMA 도입에 따른 전력제어 도입이 필요하며, 전력제어를 도입할 경우 불연속적인 데이터 서비스에 효율적인 동작이 어렵고, 불연속적인 데이터 전송으로 인하여 인접 셀로부터의 간섭이 불규칙적이므로 효율적인 전력제어의 수행이 어렵게 되기 때문에 cdma 2000 EvDo와 유사한 방식으로의 운용이 필요하다. OFDMA의 부 채널은 frequency hopping spread spectrum 기법을 사용하며, 인접 셀간 동일한 부 채널이라 할지라도 부 반송파 충돌 확률을 균일하게 할 수 있으므로 셀간 간섭이 감소되어 인접 셀간 간섭 회피 혹은 감소를 통한 주파수 재사용율을 1로 개선시킬 수 있다. 이와 같이 개선된 주파수 재사용율을 갖는

OFDMA 방식은 셀 플래닝이 유연하다. OFDMA에선 여러 개의 부반송파를 묶은 부 채널 개념을 도입하므로 다양한 전송량을 갖는 인터넷 버스트 트래픽에 적합하며, 따라서 높은 다중화 이득을 제공하게 된다. 상향 링크에서도 부 채널 개념이 도입되므로 셀 경계에 있는 단말기는 최소의 대역(한 개의 부 채널)만으로 데이터 전송이 가능하므로 커버리지 확장 및 단말기 소모 전력을 줄일 수 있다.

그러나, OFDMA는 상향링크의 기지국에서 주파수 및 시간 동기를 위한 추가 기능 필요하다. 결론적으로 휴대 인터넷에 OFDMA 방식을 사용하면 주파수 재사용율 개선이 매우 용이하며, 사업자에게 유연한 셀 플래닝 제공하고, 다양한 전송 속도 수용이 가능하며 단말기의 전력 소모를 줄여 준다.

3. 물리 계층 주요 기술

1) OFDMA 파라미터

휴대 인터넷 규격에서 규정하고 있는 물리적 파라미터 값들은 [표 3]과 같다.

2) 프레임 구조

[그림 3]은 휴대 인터넷 신호의 프레임 구조를 기지국측면에서 도시화한 것이다. 듀플렉싱 방식으로 TDD을 채택하고 있다. 즉, 한 프레임은 하향 링크와 상향 링크 두 부분으로 나뉘며, 하향 링크가 끝나는 시점과 상향 링크가 시작되는 시점 사이에는 TTG(Transmit-to-receive Transition Gap)가, 상향 링크가 끝나는 시점과 다음 프레임의 하향 링크가 시작되는 시점 사이에는 RTG(Receive-to-transmit Transition Gap)가 있다. 따라서 모든 기지국은 GPS(Global Positioning System) 등을 이용하여 발생된 공통

[표 2] 기본 OFDMA 시스템 변수

항목	값
시스템 대역폭	10 MHz
샘플링 주파수	10 MHz
FFT 크기	1024
사용 부반송파 개수	864
데이터 부반송파 개수	768
파일럿 부반송파 개수	96
부반송파 주파수 간격	9.766 kHz
유효 심볼 시간	102.4 μsec
CP (Cyclic Prefix) 시간	12.8 μsec
OFDM 심볼 시간	115.2 μsec
TDD 프레임 길이	5 msec
프레임당 OFDM 심볼 개수	42

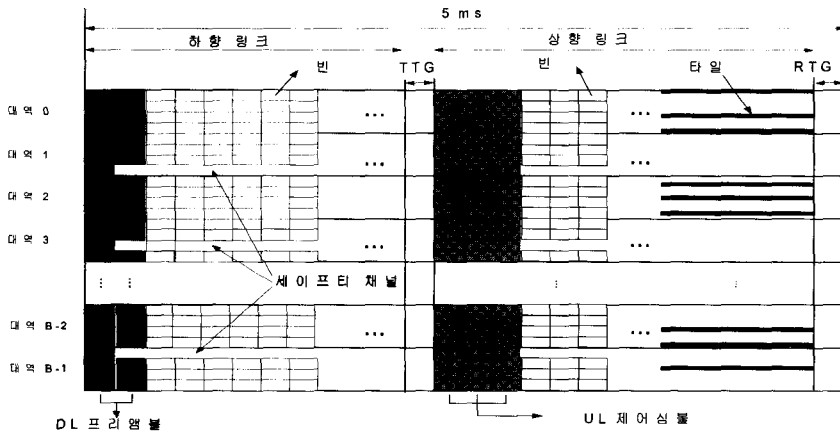
된 타이밍 신호에 동기화되어서 동작하여야 하며 하향 링크 및 상향 링크 타이밍 역시 동기화되어야 한다. TTG와 RTG 구간 길이는 각각 121.2 μsec 와 40.4 μsec 이며, 이 구간 동안에는 어떠한 신호도 송신 또는 수신하지 않는다.

한편, 모든 단말은 하향 링크 신호로부터 반송파 주파수 동기를 획득하여야 하며 반송파 주파수 옵셋이 부반송파간 주파수 간격의 $\pm 1\%$ 를 벗어날 경우에는 다른 단말의 상향 링크 신호에 대해 간섭을 유발하지 않도록 하기 위하여 부반송파 주파수 동기를 다시 획득할 때까지 상향 링크

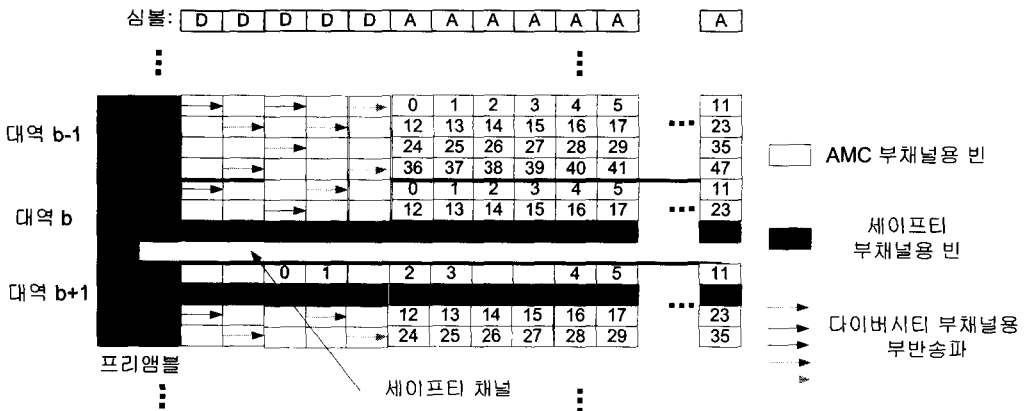
신호 전송을 보류해야 한다. 상향 링크 신호의 타이밍은 본 문서의 후반부에서 언급될 레인징 절차를 통하여 획득하며, 타이밍 옵셋이 CP 시간의 $\pm 1/4$ 을 벗어날 경우에는 다른 단말의 상향 링크 신호에 대해 간섭을 유발하므로 상향 링크 타이밍 동기를 다시 획득할 때까지 상향 링크 신호 전송을 보류해야 한다.

3) 하향 링크 구조

하향 링크는 좀더 세부적으로 [그림 4]와 같이 프리앰블과 다수의 데이터 OFDM 심볼들로 구성



(그림 3) 프레임 구조



(그림 4) 하향링크 프레임 구조

되며, 데이터 OFDM 심볼들은 다이버시티 부채널들로 구성되는 구간과 AMC (Adaptive Modulation and Coding) 부채널들로 구성되는 구간으로 나뉜다. 프리앰블 이후의 각 데이터 OFDM 심볼은 총 96개의 파일럿 톤들을 포함하며, 파일럿 톤의 위치는 9개의 부반송파의 간격으로 배치되며 파일럿 톤의 위치 오프셋은 매 OFDM 심볼마다 3개 부반송파씩 증가하여 3개 OFDM 심볼마다 반복된다.

프리앰블은 두 OFDM 심볼로 구성되며, 두 번째 프리앰블 심볼을 관찰함으로써 세이프티 채널의 위치를 검출할 수 있다. 프리앰블은 길이가 512 샘플인 패턴이 각 OFDM 심볼 구간 내에서 반복되는 형태를 가지며 초기 동기 획득과 채널 추정, 그리고 최적 셀 검색 등의 목적으로 사용될 수 있다. 반복 패턴은 셀 ID에 따라 정해지며, 첫 번째 프리앰블 심볼과 두 번째 프리앰블 심볼은 세이프티(safety) 채널에 해당하는 부반송파에 신호를 전송하지 않는다는 것 외에는 동일하다. 구분 가능한 셀 ID의 개수는 총 127개이며, 다중 안테나를 지원하기 위하여 각 셀 ID에 해당하는 주파수 차원 패턴에 길이가 8인 Walsh-Hadamard 부호로 스크램블링하여 각 안테나 신호가 구분 가능하도록 한다. 한편, 프리앰블 신호를 구성하는 부반송파들 중 1/9은 별도로 설계된 패턴으로 변조하여 프리앰블의 PAPR (Peak-to-Average Power Ratio)을 작게 하는데 사용된다. 프리앰블 신호가 가지는 반복 형태를 이용하여 각 단말은 프레임 타이밍을 획득하고 자동 이득 조정과 반송파 주파수 오프셋 보상을 수행할 수 있다. 또한, 셀 ID에 따라 주어진 주파수 차원에서의 패턴을 이용하여 서로 다른 셀 ID를 가지는 기지국으로부터의 프리앰블 신호를 구분할 수 있으며, 더 나아가 동시에 둘 이상의 하향 링크 신호가 수신될 때 서로 분리된 프리앰블 신호에 대해 채널 추정을 수행하거나 분리된

각 프리앰블 신호의 수신 전력을 관찰함으로써 최적 셀을 검색할 수도 있다.

하향 링크의 다이버시티 부채널은 한 OFDM 심볼 구간에 대해 전체 신호 대역에 걸쳐 산재한 54개의 부반송파들로 정의된다. 다이버시티 부채널은 인접 셀 간섭이 존재하는 환경 또는 주파수 선택적 페이딩 채널 환경에서 부채널 선택에 따른 차별이 없이 평균적인 성능을 가진다. 또한, 다이버시티 부채널을 구성하는 부반송파 집합은 인접 셀 간섭을 최소화하기 위하여 인접 셀 다이버시티 부채널간 부반송파 충돌 확률이 최소화 및 균일화되도록 설계되었다. 한편, 한 OFDM 심볼 구간에 대해 물리적으로 인접한 주파수를 가지는 9개의 부반송파들을 묶어서 빈(bin)이라 하며 연속된 4개의 빈들을 묶어서 하나의 대역이라 정의하는데, AMC 부채널은 동일 대역에 속하면서 시간 차원에서 인접한 6개의 빈들로 정의된다. AMC 부채널은 각 셀에 속한 단말들에 대해 최적의 주파수 대역의 부반송파들을 할당함으로써 전체 시스템 용량을 최대화하기 위한 것이다.

세이프티 채널은 인접 셀 간섭이 심한 셀 경계 지역에서 QoS (Quality of Service)를 보장하기 위해서, 또는 핸드 오프가 안정적으로 수행될 수 있도록 하기 위한 것으로서, 한 셀에서 세이프티 채널에 속하는 부반송파들에는 첫 번째 프리앰블 심볼을 제외한 모든 하향 링크 구간에 대해 신호를 전송하지 않으며, 세이프티 채널은 주파수 차원에서 6개의 빈들로 구성된다. 세이프티 부채널은 인접 셀들의 세이프티 채널에 해당하는 각 빈에 대해 시간 차원에서 연속된 6개의 빈들로 구성된다.

4) 상향 링크 구조

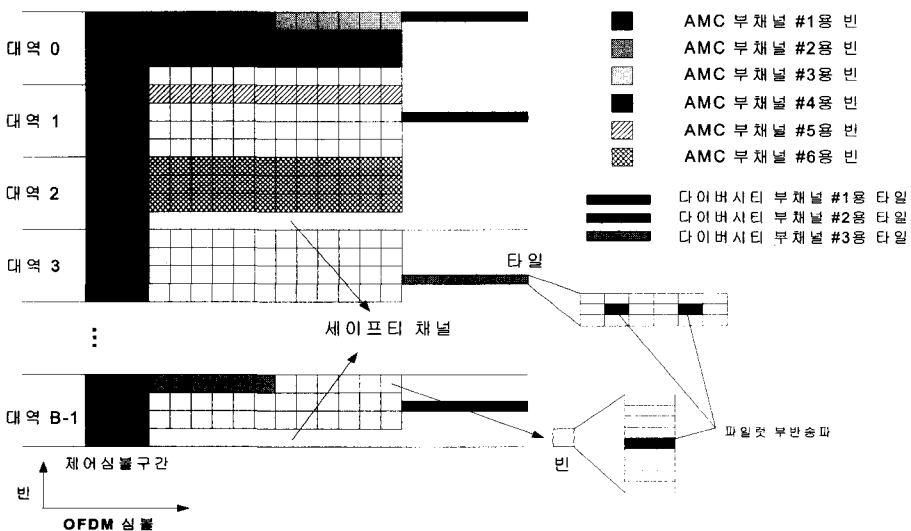
상향 링크는 [그림 6]과 같이 AMC 부채널들로 구성되는 구간과 다이버시티 부채널들로 구성

되는 구간으로 나뉘며, AMC 부채널들로 구성되는 구간의 첫 번째 세 OFDM 심볼은 레인징 신호와 ACK 및 CQI 등의 UL 제어 심볼 전송에 사용된다. 상향 링크에서도 하향 링크에서 사용된 세이프티 채널이 그대로 적용되며, 세이프티 채널에 속하는 부반송파들에는 UL 제어 심볼 구간을 제외한 나머지 모든 상향 링크 구간에 대해 신호를 전송하지 않는다. 상향 링크에서 세 개의 연속된 OFDM 심볼 구간에 걸쳐 세 개의 인접한 부반송파를 묶어서 타일(tile)이라 하는데, 상향 링크의 다이버시티 부채널은 전체 신호 대역에 분산된 6개의 타일로 구성된다. 각 타일의 가운데 OFDM 심볼 구간의 세 부반송파 중 가운데 부반송파는 파일럿 톤을 전송하는 데 사용된다. 상향 링크 AMC 부채널과 세이프티 부채널은 하향 링크의 경우와 동일하다. 각 빈을 구성하는 9개의 부반송파들 중 한 부반송파는 파일럿 톤의 전송에 사용되며 그 위치는 시간에 따라 일정 간격으로 변경된다. 상향 링크에서는 또한 미니-부채널을 정의하고 있다. 미니-부채널은 다이버시티 부채널과 동일하게 6개의 타일로 구성된다.

다. 단, 다이버시티 부채널은 한 OFDM 심볼 구간에 주파수 차원에서 분산된 6개의 타일들로 구성되는 반면, 미니-부채널은 시간 차원에서 연속된 M개(M=2,3,6)의 OFDM 심볼 구간과 주파수 차원에서 한 다이버시티부채널로 이루어진 자원을 시간 차원에서 OFDM 심볼 구간, 주파수 차원에서 6/M 타일의 크기를 가지도록 분할하여 정의된다.

5) 레인징(Ranging)

휴대 인터넷 시스템은 하향 링크와 상향 링크 모두 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)를 기반으로 하고 있어서, 한 OFDM 심볼 구간에서 하나 이상의 서로 다른 단말과 관계된 버스트가 서로 중복되지 않은 부반송파들로 전송될 수 있다. 하향 링크의 경우에는 기지국의 기준 타이밍을 기준으로 하여 기지국이 일괄 송신하므로 하향 링크 신호가 해당 셀에 속한 각 단말에 도달했을 때 동일 OFDM 심볼 구간 내에 존재하는 다수의 버스트가 동일한 타이밍으로 수신된다. 그러나, 상향 링크의 경우



(그림 6) 상향링크 프레임 구조

에는 서로 다른 단말들이 동일한 OFDM 심볼 구간에서 서로 다른 부반송파들을 할당 받아 상향 링크 버스트를 송신하는데, 동일 셀에 속한 단말들의 분포와 채널 환경에 따라 각 상향 링크 버스트가 서로 다른 전파 지연 시간을 가지고 수신된다. 이 같은 상향 링크 버스트들의 수신 타이밍 오차가 CP 시간과 최대 채널 지연 확산의 차이보다 더 커지게 되면 기지국 수신단에서 OFDM 복조를 수행할 때 부반송파와 신호들간에 간섭이 발생하여 전반적인 시스템 성능을 저하시킨다. 따라서, OFDMA를 기반으로 하는 상향 링크 신호 방식을 위해서는 별도의 타이밍 동기화 방법이 요구되는데, 이를 레인징이라 한다. 레인징은 그 용도에 따라 초기 레인징, 핸드 오프 레인징, 주기적 레인징, 그리고 대역폭 요구 레인징 등으로 구분된다.

6) 채널 부호화 및 변조

채널 부호화 방식은 IEEE 802.16d OFDMA 규격의 CTC와 동일하 구조이며, H-ARQ (Hybrid Automatic Repeat Request)를 지원하도록 정의된 채널 부호화 방식과 H-ARQ가 적용되지 않은 버스트를 위한 채널 부호화를 모두 제공한다.

변조 방식은 하향링크에는 QPSK, 16-QAM, 64QAM을 사용하며, 하향링크에서는 QPSK, 16-QAM을 사용한다.

7) 상향 링크 제어 채널

휴대 인터넷 시스템에서는 H-ARQ와 AMC 등의 효율을 높이기 위해 CQI (Channel Quality Indicator)를 UL(Up Link) 제어 심볼 구간에 정의된 상향 링크 제어 채널을 통해 주기적으로 보고한다. 또한, H-ARQ를 위한 빠른 피드백을 위해 상향 링크 제어 채널에 ACK 채널을 정의하였다.

CQI는 단말에서 측정된 채널 SNR (Signal-to-Noise Ratio)를 5 비트로 표현한 것이다. CQI는 다이버시티 단말용 완전 CQI 피드백 모드와 AMC 단말용 차등 CQI 모드의 두 가지를 지원하는데, 완전 CQI 피드백 모드에서는 프리앰블의 평균 SNR을 보고하며 차등CQI 모드에서는 해당 단말에 할당된 대역에 대한 평균 SNR을 보고한다. 길이가 5 비트인 완전 또는 차등 CQI 값은 6개의 9진수로 표현되는 CQI 부호어로 부호화된 후 각 9진수 부호 심볼에 대해 길이가 9인 DFT (Discrete Fourier Transform)된 형태로 직교 부호화한 후 한 상향 링크 다이버시티 부채널을 이용하여 전송한다.

H-ARQ를 위해 각 단말은 하향 링크 패킷에 대한 ACK 또는 NAK 피드백을 전송한다. 상향 링크 다이버시티 부채널 하나를 구성하는 6개의 타일들을 짝수 번째 타일들과 홀수 번째 타일들로 나누어서 두 개의 ACK 채널이 정의되며, ACK 또는 NACK은 표 2와 같이 직교 변조된 후 27개의 부반송파로 구성된 ACK 채널을 통해 3회 반복 부호화되어 전송된다. 이때, 각 반복 부호는 $0, 2\pi/3, 4\pi/3$ 의 위상 옵셋을 가한다.

4. MAC 계층 주요 기술

휴대 인터넷 서비스를 지원하기 위해서, OFDMA에서는 채널 구조에 기반을 둔 granular OFDMA의 무선 링크자원의 효과적이고 가변적인 할당할 수 있고, 다중 상태(multiple state : on, hold, sleep)와 QoS 상태에 따른 빠른 천이, 사용자들 사이의 무충돌을 위한 여러 사용자들을 지원하기 위한 최적화, 대화형 응용 서비스(게임, VoIP 등)를 지원하기 위한 fast ARQ와 낮은 지연(low latency), 공평한 제약과 QoS를 용이하게 실행할 수 있는 다중 스케줄링 지원 등에 대

하여 연구 제안되고 있고, OFDMA와의 여러 다중접속채널에 따른 미디어접속제어에 대해서도 연구되고 있다.

휴대인터넷 시스템의 MAC 규격은 현재 Phase I이 완성된 단계이며, 지원되는 서비스로는 스트리밍과 같은 실시간 서비스, FTP와 같은 비실시간 서비스, Web browsing과 같은 최선형 서비스 클래스로 분류된다.

MAC에서 지원하는 컨넥션은 용도에 따라 5가지로 분류되며, 각각 Broadcast CID, Primary Management CID, Secondary Management CID, Basic CID, Transport CID를 사용한다. Broadcast CID는 셀 공통 방송정보 전송에 사용되며, Primary Management /Secondary Management/Basic CID는 사용자당 부여되며, 각각 지연에 민감한 MAC 제어 메시지, IP 제어 메시지, 사용자 데이터 전송에 사용된다. Transport CID는 각 컨넥션에 부여되며 사용자당 복수개의 컨넥션을 가지며, 패킷 분류기(Packet Classifier)를 사용하여 IP 패킷을 해당 Transport CID에 매핑한다.

자원할당은 DL/UL MAP을 사용하여 사용자별 할당을 기본으로 지원한다. FCH에서 General MAP을 지정하며, General MAP은 다시 Compact MAP을 지정한다. Compact MAP에서 Basic CID로 사용자를 지정하며 Nep/Nsch를 사용하여 할당 Burst 정보를 알려준다. 할당 Burst에는 사용자 트래픽 및 제어 메시지를 전송할 수 있다. 이외 UL에서 채널품질을 보고하는 CQI 채널, ACK/NAK를 전송하는 ACK 채널, 랜덤 액세스(초기 등록, 동기 유지, 자원할당 요청)를 위한 Ranging 채널을 운용한다. DL 자원할당은 스케줄러에서 지원되며, UL 자원할당은 Ranging 채널을 통한 자원할당 요청으로 이루어진다.

데이터 전송 방식은 SDU 분할(Fragmentation), 패킹(Packing), 연결

(Concatenation)을 모두 지원하며 컨넥션 설정시 협상된 블록 사이즈 단위로 전송한다. 재전송은 HARQ 지원 외에 MAC 제어 메시지 타입의 재전송을 지원하며, Cumulative, Selective, Bulk 타입 등의 다양한 메커니즘을 제공한다.

IP 헤더 압축 방식은 반복 필드를 전송하지 않는 Suppression 방식을 사용한다. 데이터 암호화는 PDU 및 SDU 단위의 암호화를 기본으로 제공한다. 인증 방식은 EAP에 기반한 사용자 인증방식을 기본으로 운용한다. 또한 IP 기반의 Handover를 위해 Mobile IP 기반의 IP 할당 메커니즘을 지원한다.

Phase I이 완료됨에 따라 현재 Phase II가 진행 중이며, MAC 주요 이슈로는 단말 Idle Mode/Paging 운용, MBS (Multimedia Broadcast/Multicast Service) 지원 및 Soft Handover/Fast Cell Switching 지원 등이 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 WiBro로 명명된 휴대인터넷 서비스 및 시스템 이해를 돕기 위해 TTA PG302에서 결정된 휴대인터넷 서비스 특징, 무선접속의 주요 요구 사항 및 무선접속 규격의 주요 기술적 특징을 분석하였다.

2004년 5월 현재 우리나라의 이동전화 가입자 수는 3300만을 훨씬 넘어 거의 포화 상태에 이르렀으며 이중 상당수의 가입자가 이동통신 시스템을 이용하여 인터넷 서비스를 제공받고 있다. 인구가 밀집된 일부 지역에서는 WLAN 기술을 이용한 hot spot 서비스가 제공되고 있으며 유선 전화망을 이용하는 DSL 기술이 보편화되어 유선인터넷 서비스가 제공되고 있으며 남녀노소가 이를 이용하여 정보 검색, 상품매매, 경매, 메시지 교환 등 다양한 형태의 서비스를 즐기고

있다. 특히 2004년에는 고교 수능 강의도 유선 인터넷을 통하여 학생들에게 제공되고 있을 정도이다. 현재 우리나라의 경우 IS-95A, B, cdma-2000 1x등의 시스템을 이용 이동전화 서비스, 저속 무선 데이터 서비스가 제공되고 있고 EVDO를 이용 대용량 무선 데이터 서비스를 제공하고 있다. 그러나 이동전화망을 이용한 무선 인터넷 서비스는 광대역 서비스를 제공하는데 기술적 한계가 있을 뿐만 아니라 서비스 가격이 높아 활성화되지 못하고 있고 WLAN을 이용한 서비스 제공에는 공간적 제약이 따르고 유선인터넷 서비스의 경우는 단말이동성을 제공하지 못하는 단점이 있다.

한편 2002년 정부는 WLL 서비스 제공을 위하여 할당되었던 2300~2400 MHz 대역의 주파수를 회수하여 초고속 휴대 인터넷 서비스 제공에 사용하도록 재할당 하였고 TTA의 PG302에서 이를 위한 표준화 작업이 현재 마무리 단계에 있으며 2004년 4월 휴대인터넷의 공식 명칭이 WiBro (Wireless Broadband)로 명명되었다. WiBro는 참여정부가 일인당 국민소득 20,000 달러를 달성하기 위하여 의욕적으로 추진하고 있는 9대 신성장 동력의 가장 중요한 한 꼭지로 정지 또는 이동 중인 가입자에게 광대역 데이터 서비스를 저렴한 가격으로 제공할 수 있으므로 자체적으로 휴대전화기, PDA, 노트북 PC 형태의 다양한 단말기 및 기지국 제조, 무선망 설치 산업을 일으킬 수 있을 뿐만 아니라 새로운 통신서비스를 창출하여 국민생활을 윤택하게 할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] "Proposal for SDR description part in IMT-2000 handbook," ITU-R, Feb. 2001
- [2] "IT전략품목 기술/시장 보고서 ; SDR," 한국 전자통신연구원(ETRI), 2002
- [3] "SDR Forum Technical Report v2.2," 2001
- [4] 김지연, 김진업, "SDR 기술 개발 동향," 전파진흥 2002년 4월호
- [5] Israel Koffman, Vincentzio Roman, "Broadband Wireless Access Solutions Based on OFDM Access in IEEE 802.16," IEEE Communications Magazine, April. 2002.
- [6] Carl Eklund, Roger B. Marks, Kenneth L. Stanwood and Stanley Wang, "IEEE Standard 802.16: A Technical Overview of the WirelessMAN TM Air Interface for Broadband Wireless Access," IEEE Communications Magazine, June. 2002.
- [7] IEEE P802.16a/D7-2002, "Draft Amendment to IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks. Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems Medium Access Control Modifications and Additional Physical Layer Specifications for 2-11 GHz".
- [8] ETSI TS 101 475: "Broadband Radio Access Networks (BRAN); HIPERLAN Type 2; Physical (PHY) layer," 2001-02.
- [9] 이홍재, 염용석, 박동욱, 이승훈, 윤두영, 박진현, 임동민, "2.3 GHz 대역 주파수 활용을 위한 기획 연구," 정보통신정책연구원, 2002, 12.
- [10] <http://www.ieee802.org/16/>
- [11] <http://www.ieee802.org/20/>



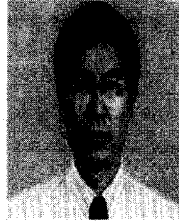
권 동 승

1985.2 연세대학교 전자공학과 졸업
 1987.2 연세대학교 본대학원 전자공학과 석사
 1988.5~현재 한국전자통신연구원 이동통신연구단 무선전송기술연

구그룹 근무

1997.8~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정

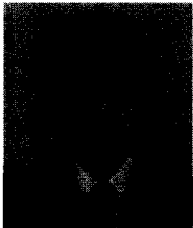
<주관심분야> 이동통신시스템, CDMA 변복조, OFDM 전송기술



황 승 구

1979 서울대학교 전기공학과 학사
 1981 서울대학교 전기공학과 석사
 1986 Univ.of FFlorida 전기공학과 박사

1982 ~ 현재 한국전자통신연구원 책임연구원/무선전송기술연구부장



유 병 한

1961년 2월 5일생
 1985년 2월 한양대학교 산업공학과 졸업(공학사)
 1988년 2월 서울대학교 대학원 산업공학과 졸업(공학석사)
 1997년 3월 오사카대학 대학원

기초공학연구과 정보공학과 졸업(공학박사)

1985년 1월 ~ 1986년 1월: (주)퍼시픽 콘트롤즈
 1988년 3월 ~ 현재: 한국전자통신연구원 이동통신연구단 무선전송기술연구그룹
 광대역무선MAC연구팀
 책임연구원 (팀장)

<관심분야> 무선 MAC 규격 및 프로토콜 개발, 트래픽 제어, 시스템 성능분석