



IEEE 802.16d 및 802.16e 표준

차재선* 윤철식**

2006년 한국이 세계 최초로 상용화를 선언한 휴대인터넷 서비스(WiBro™)는 IEEE 802.16 기술이 최근 제 3세대 이동 통신 국제 표준으로 채택되면서 기술적 및 경제적 파급 효과가 더욱 커져가고 있다. 이에 본 고에서는 휴대인터넷 서비스의 국제 표준인 IEEE 802.16의 표준화 동향과 IEEE 802.16d 표준 기술, 그리고 IEEE 802.16d 표준 기술에 이동성을 추가한 IEEE 802.16e 표준 기술의 주요 특징을 간단히 소개한다. ☐

목	차
---	---

- I. 개요
- II. IEEE 802.16 표준화 동향
- III. IEEE 802.16d 표준
- IV. IEEE 802.16e 표준
- V. 결론

I. 개요

시속 60km/h의 시내 주행 속도로 이동하면서 언제 어디서나 인터넷 서비스를 제공받을 수 있는 휴대인터넷 서비스는 2003년 HPI(High-speed Portable Internet)라는 프로젝트 명으로 한국전자통신연구원(ETRI), 주요 제조업체 및 사업자를 중심으로 규격 및 시스템이 개발되었으며 운용 주파수 대역은 2,300~2,400MHz이고 TDD(Time Division Duplex), OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 방식을 사용한다[7]. 휴대인터넷과 관련된 국제 표준은 IEEE 802.16 표준으로 TTA PG302에 의해 개발된 국내 표준과 호환성이 유지되고 있다[4]-[6]. 최근 휴대인터넷 관련 표준이 제 3세대 이동통신 국제 표준으로 채택되면서 IEEE 802.16 표준 및 관련 기술 개발에 대한 관련 업체의 관심이 더욱더 커

* ETRI WiBro 표준연구팀/선임연구원
** ETRI WiBro 표준연구팀/팀장

지고 있다. 이에 본 고에서는 휴대인터넷 서비스의 국제 표준인 IEEE 802.16의 표준화 동향과 802.16d 및 802.16e 표준의 주요 특징을 간단히 소개한다.

11. IEEE 802.16 표준화 동향

광대역 무선 가입자망 기술의 개념에서 출발한 Wireless MAN(Metropolitan Area Network)은 도심 및 부심지에서의 고정 수신 안테나와 가입자 장치(Subscriber Station)를 이용하여 10~66GHz 대역의 LOS(Line-of-Sight) 통신 환경에서의 서비스를 제공하기 위한 PHY 및 MAC 규격을 개발하기 위하여, 2000년 3월 IEEE 802 LMSC(LAN/MAN Standard Committee) 산하에 IEEE 802.16 작업반(Working Group)을 결성하여 표준화 활동을 시작하였다. IEEE 802.16 작업반은 상용 케이블 모뎀의 표준 규격인 DOCSIS(Data-Over-Cable Service Interface Specification)를 근간으로 10~66GHz 대역의 LOS 환경의 PHY 및 MAC 규격을 개발하였으며, 이는 IEEE Std. 802.16-2001 으로서 승인되었다[1].

이후, 도심지 등에서 None-Line-of-Sight 사용자 환경에서의 서비스 제공을 위하여 2~11GHz 대역에서의 새로운 PHY 모드들(SCa, OFDM, OFDMA)이 추가로 개발되었으며, MAC 규격에서 있어서는 PHY에 따르는 수정사항을 제외한 대부분의 규격을 공유하는 개념으로 IEEE 802.16a(IEEE Std. 802.16a-2003) 표준화가 추진되었다. 그러나 이 규격은 개선될 여지가 많았으며 수정사항(Amendment) 관련 부분만을 기술함으로써 규격의 이해에 어려움이 많은 등의 문제점이 있었다.

따라서 기존 Single Carrier 방식만을 지원하는 LOS 환경의 IEEE Std. 802.16-2001 규격, 새로운 PHY 모드를 추가한 None LOS 환경의 IEEE Std. 802.16a-2003 규격, 그리고 시스템 간 호환성을 위한 프로파일을 정의한 IEEE Std. 802.16c-2002 규격의 다수 모드들을 그대로 유지하면서 이들 규격을 하나로 통합하고 성능 개선 및 규격의 불명료성의 해석, deployment의 용이성을 위한 수정 및 보완 작업을 하기 위한 TGd(Task Group-d)가 결성되었다. TGd는 활발한 표준화 작업을 통하여 2004년 10월 IEEE 802.16-2004 규격을 승인하고 발간하였다[2].

또한, IEEE Std. 802.16-2004(TGd Specification)과의 역방향 호환성(backward compatibility)을 유지하면서, 단말의 이동성을 지원하기 위한 표준화 작업 그룹(Task Group e; TGe)이 2002년 12월에 결성되었다. 역방향 호환성의 의미는 고정형 규격을 지원하는 TGd 기반의 가입자 단말은 이동성을 지원하는 TGe 기반의 기지국에 의하여 서비스가 제공되어야 한다는 것과 이동성을 지원하는 TGe 기반의 가입자 단말은 이동성을 제한하였을 때 고정형 TGd 기반의 기지

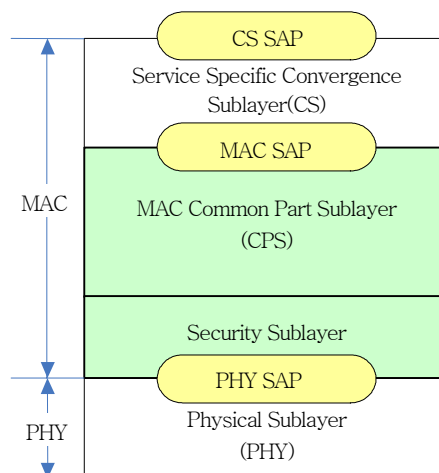
국에 의하여 서비스가 제공될 수 있어야 한다는 것이다. TGe 표준화 범위는 2~6GHz 대역에서 licensed bands 에서의 이동성을 지원하기 위한 규격을 개발하는 것이었으며, 이동성의 지원을 위한 규격의 변경뿐만 아니라 역방향 호환성을 유지하는 범위 내에서 고정형 규격의 성능 개선도 표준화 범위에 포함되었다. TGe 는 활발한 표준화 작업을 통하여 2005 년 12 월 IEEE SA (Standard Association)에 의해 승인되었으며, IEEE Std. 802.16-2004 규격의 오류 및 기술 내용의 일관성 유지 등을 위한 수정/보완 규격인 Corrigendum 1 규격과 함께 2006 년 2 월에 발간되었다[3].

Corrigendum 1 규격과 같이 IEEE Std. 802.16e-2005 규격의 오류 수정 및 보완을 위한 Corrigendum 2 규격의 작업이 Maintenance Task Group 에서 시작되어 최근까지 진행되었으나, 현재 이 작업은 Maintenance Task Group 의 또 다른 작업인 Revision 규격 작업에 통합되어 진행 중이다. Revision 규격이란 현재까지 승인/발간된 IEEE 802.16 규격을 하나의 규격 문서로 통합하는 작업으로 현재까지 IEEE Std. 802.16-2004, IEEE Std. 802.16e-2005 그리고 IEEE Std. 802.16f-2005 규격을 모두 포함한 P802.16Rev/D1 이 발간된 상태이다[4].

III. IEEE 802.16d 표준

본 장에서는 IEEE 802.16 의 고정형 규격인 IEEE 802.16d 표준에 기술된 PHY 및 MAC 규격의 핵심 요소 기술에 대하여 개념 위주로 설명하고자 한다.

(그림 1)은 802.16d 표준의 프로토콜 계층 구조를 보이고 있다.



(그림 1) 802.16d 표준의 프로토콜 계층 구조

1. PHY(물리계층) 기술

IEEE 802.16 의 물리 계층에는 Single Carrier, OFDM, OFDMA 의 다양한 PHY 모드가 존재하는데, 이 중에서 주파수 재사용 계수(Frequency Reuse Factor: FRF) 1 을 사용할 수 있는 PHY 모드는 사실상 OFDMA PHY 이다. FRF 1 을 사용함으로써 인접한 기지국(또는 셀)에서 동일한 주파수 대역을 사용하게 되므로 CDMA 에서와 유사한 유연한 셀 플래닝을 할 수 있게 되며, 이를 위하여 인접 셀간 상호 간섭을 균형되게 낮추는(interference averaging) diversity subchannelization 개념을 사용한다. 이에 따라 방송형 채널의 경우에 낮은 변조 및 채널 코딩 수준(Adaptive Modulation & Coding level)을 적용하게 되지만, 사용자 버스트에 대해서는 각 사용자별 채널 환경에 최적화된 변조 및 채널 코딩 수준을 적용하여 전송할 수 있으므로 전반적인 시스템 성능을 보장할 수 있다고 보는 것이다.

OFDM PHY 는 자원할당에 있어서 한 심볼 구간에는 한 사용자에게만 자원을 할당할 수 있으므로 자원 할당의 최소 단위를 의미하는 granularity 측면에서 한계가 있으나, OFDMA PHY 는 주파수 축(subchannels) 및 시간 축(symbols)으로 2 차원적 자원 할당을 할 수 있으므로, granularity 측면의 장점이 있다. 즉, 전송당 작은 자원을 요구하는 real time 성격의 서비스(예, VoIP) 제공 시 유리하다.

또한 802.16d 표준은 채널 대역폭에 따른 적절한 FFT Size 를 적용하기 위한 scalability 규격을 지향한다. 이는 동일한 carrier spacing 으로서 다양한 대역폭에 적용할 수 있는 시스템이 가능하도록 한다. 초기 802.16d 에서 지원하는 FFT size 는 256 FFT 와 2048 FFT 만을 지원하고 있으나, 이는 향후 802.16e 표준에서 좀더 다양한 FFT size 를 지원할 수 있도록 개선되었다. 즉, 동일한 수준의 설계 기술을 128 FFT/1.25MHz, 512 FFT/5MHz, 1024 FFT/10MHz, 2048 FFT/20MHz 에 적용할 수 있다는 것이다.

802.16d 의 채널은 전 주파수 대역에 산재되어 있는 부반송파들로 구성되는 다이버시티 채널과 인접한 부반송파들로 구성되는 band AMC 채널로서 구분되어 있으며, 동일한 프레임워크 내에서 단말의 채널 상황에 따라 다이버시티 채널 및 band AMC 채널을 선택적으로 적용함으로써 시스템의 성능을 향상시키기 위한 규격을 제공한다. 다이버시티 채널은 기본 모드로서 단말의 이동 속도가 큰 경우에 주로 사용될 것으로 생각되며, 시간에 따른 채널의 변화가 크므로 전체 full carrier 대역에 산재되어 있는 부반송파들로 구성되는 부채널을 사용하며, 인접 기지국 간 간섭을 평균적으로 상쇄시키는 기법을 사용함으로써 주파수 다이버시티 및 시간 다이버시티를 동시에 얻고자 하는 것이다. 반면, 단말의 이동성이 적고 채널이 안정되어 있는 경우에는 특

정한 주파수 대역에 우수한 채널 특성을 보이는 주파수 선택성(frequency selectivity)을 활용하여, 우수한 채널 특성을 보이는 인접한 부반송파들로 구성된 band AMC 부채널을 사용함으로써 전송속도를 높이는 효과를 얻고자 하고 있으며, 이는 단말의 이동속도가 적은 경우에 유용할 것으로 판단된다. 단말에서 측정하여 보고한 채널 상황에 기초하여 다이버시티 채널 또는 band AMC 채널을 선택하여 통신함으로써 안정적이고 시스템 성능을 향상시키도록 하는 기법을 사용한다. Band AMC 채널은 AAS(Adaptive Antenna System)를 적용하기에 유리하다.

한편, 기존 셀룰러 방식의 음성 중심의 이동통신 시스템인 CDMA 에서는 모든 단말에게 동일한 전송속도를 제공하기 위하여 필요한 최소한의 전송전력으로서 전송함으로써 시스템의 간섭을 줄여서 보다 많은 사용자를 수용하고자 하는 기본적인 접근 방식을 가지고 있다. 이에 반해, 패킷 데이터 중심의 802.16d 에서는 부반송파에 최대 출력(부반송파당 에너지 밀도)를 제공하되 채널 상황을 최대한 반영하여 순간적으로 전송 가능한 최대 전송속도로 전송함으로써 시스템의 throughput 을 높이기 위한 AMC(Adaptive Modulation & Coding)을 적용하는 것을 주요 기법으로 사용한다. 이를 위해서는 신속한(이동성에 따를 coherence time 이내의) 채널 품질정보의 측정 및 보고가 이루어지고 이에 따른 AMC 의 적용이 이루어져야 한다. 따라서, 802.16d 에서는 최대 매 프레임마다 최소한의 오버헤드로서 단말의 채널품질정보를 보고하기 위한 CQI (Channel Quality Indicator) 채널을 사용한다. 현재 채널 상황에서 가장 높은 coding gain 을 얻을 수 있는 Transport Format 을 사용하여 전송하는 CTC(Convolutional Turbo Code) 방식을 사용하며, CINR 측정의 신뢰성, 보고 및 적용 시까지의 채널 가변성 문제를 극복하기 위하여 H-ARQ(Hybrid ARQ) 방식을 사용한 time diversity 효과 및 soft combining 에 따른 이득을 얻는 방식을 취한다.

2. MAC(매체 접근 제어 계층) 기술

PHY 계층 규격은 채널 코딩 및 변복조 등과 관련된 일반적인 전송과 관련된 내용을 기술하는데 반해, 802.16d 의 MAC 계층 규격은 시스템의 운용에 필요한 전반적인 절차 등을 기술한다고 할 수 있다. MAC 계층은 (그림 1)과 같이 특정 서비스 수렴부계층(Service Specific Convergence Sublayer: CS), MAC 공통부계층(MAC Common Part Sublayer: CPS), 그리고 보안부계층(Security Sublayer)의 세부계층으로 다시 세분화된다. IEEE 802 계열의 규격은 PHY 계층과 MAC 계층만을 기술하므로, MAC 계층의 상위에는 바로 IP 계층이 존재한다고 볼 수 있다.

수렴부계층은 외부 IP 망으로부터 CS SAP(Service Access Point)를 통하여 수신된 데이터와 MAC SAP 을 통하여 수신된 MAC SDU(Service Data Unit) 데이터를 변환/매핑 해주는 역

할을 수행한다. 외부 망으로부터 수신된 SDU 들을 적절한 MAC 서비스 플로 및 CID 들과의 맵핑을 수행한다. 또한, 탑재물 헤더 억압(Payload Header Suppression)을 수행한다.

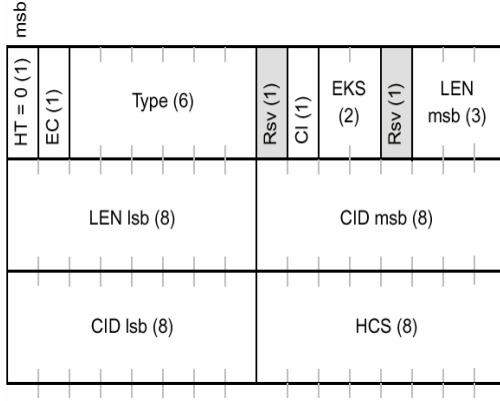
MAC CPS 는 대부분의 시스템 접속과 관련된 주요 기능을 처리한다. 예를 들면, 대역폭 할당, 커넥션의 설정/관리, 특정 MAC 커넥션들의 QoS 관리, ARQ 기능, 스케줄링 및 MAC PDU 구성 등이 이에 해당된다.

보안부계층은 단말인증(단말기의 인증서를 사용하는 RSA 기반의 인증절차 수행), 키 분배, 그리고 데이터 암호화를 수행한다. 거의 모든 시스템에서 RSA 기반의 인증 절차 대신 EAP 기반의 인증 절차를 수행하므로, 사실상 보안부계층의 기능은 데이터 암호화에 국한된다.

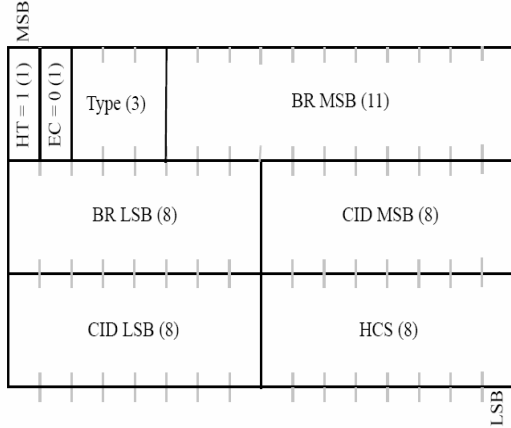
본 절에서는 MAC 계층을 구성하는 대표적인 기능들에 대하여 간략하게 소개한다.

먼저 단말에서는 여러 가지의 연결 식별자(Connection Identifier: CID)가 사용된다. 초기 접속 단계에서 기지국에 의해 할당되는 Basic CID(기본 연결 식별자)는 단말이 고유 식별자인 MAC Address 에 매핑되어 할당되며, 이후 해당 기지국에서 단말을 고유하게 식별하기 위한 용도 및 보다 빠른 응답을 요구하는 MAC 관리 메시지(MAC Management Messages)들의 식별을 위하여 할당된다. 또한, 지연 요구 사항에 있어서 좀 더 여유가 있는 MAC 관리 메시지들의 식별을 위하여 Primary Management CID(일차 관리 연결 식별자)가 할당 및 사용된다. 일차 연결 식별자는 인증 메시지 및 동적 자원 할당(Dynamic Service Addition: DSA) 관련 메시지들에서 사용된다. IP 망을 통한 SNMP 기반의 단말의 원격 제어를 위하여 Secondary Management CID(이차 관리 연결 식별자)가 할당될 수도 있다. 이차 관리 연결 식별자는 선택 사양으로서 단말의 제공 능력(capability) 협상 과정에서 사용 여부가 결정된다. 이들 관리 연결 식별자들은 MAC 계층의 관리 목적으로 주로 사용되는 반면, 사용자 트래픽의 서비스별 구분을 위해서는 transport CID 들이 다수 할당되어 사용될 수 있다. Transport CID 들은 DSA 과정을 통하여 할당되며, QoS 를 달리하는 다수의 연결마다 각기 다른 transport CID 들이 할당될 수 있다. 이 외에도 여러 단말에 의하여 공통적으로 사용되는 연결 식별자들로서, 초기 접속의 레인징(ranging)시 사용되는 Initial Ranging CID, 특정 그룹의 단말에 대한 폴링의 용도로 사용되는 Multicast polling CID, 방송용 관리 메시지의 전송 시 사용되는 Broadcast CID 등이 정의된다. 모든 연결 식별자는 16 비트의 길이를 가지며, 특정한 번호의 영역이 할당된다.

MAC PDU 의 구성은 MAC 관리용 PDU 및 사용자 데이터의 전송용 PDU 의 구성으로 나뉜다. 기본적으로 MAC PDU 에는 6 바이트의 헤더가 붙게 되며, 대표적인 MAC 헤더에는 일반 MAC 헤더와 대역폭 요청 헤더가 있다. (그림 2)와 (그림 3)에 이들 헤더의 형식을 보였다.

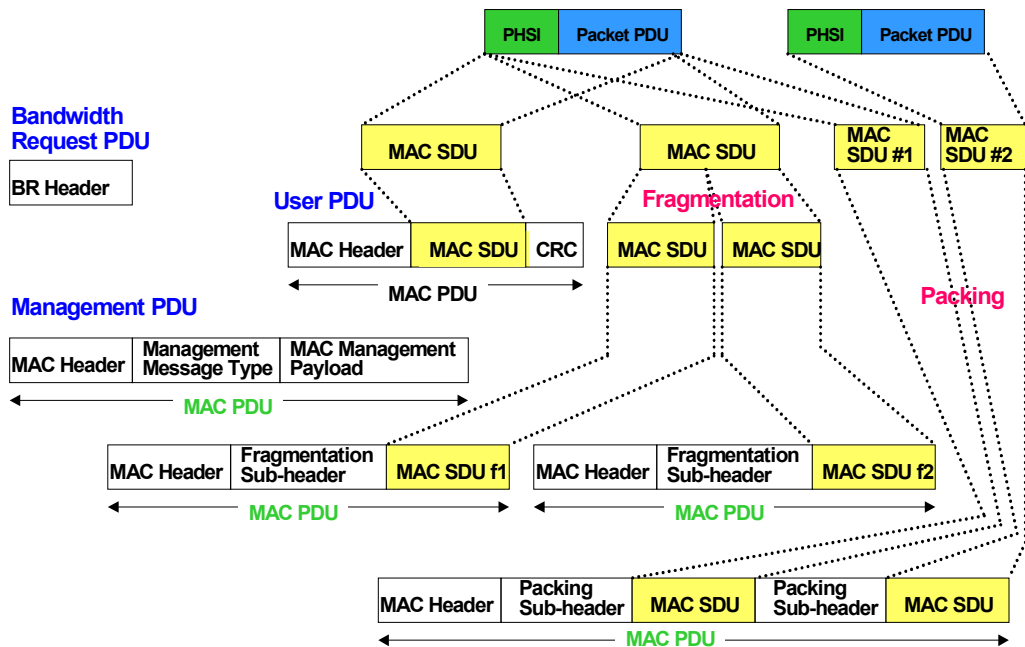


(그림 2) 일반 MAC 헤더 형식



(그림 3) 대역폭 할당 MAC 헤더 형식

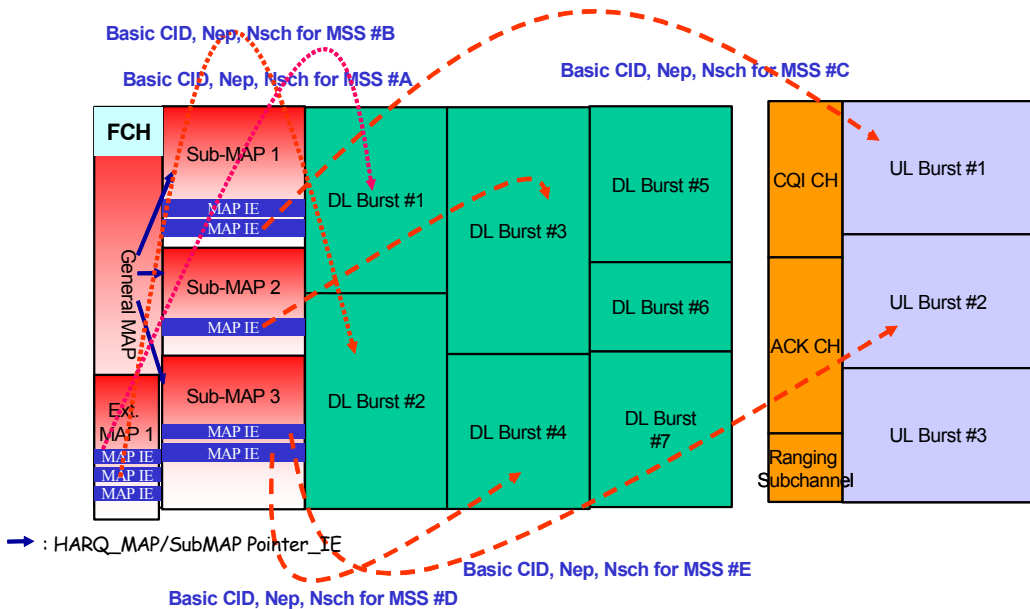
802.16d MAC 규격은 상위 계층에서 수신된 SDU 들을 PDU 의 크기에 맞추어 잘라서 여러 개의 PDU 에 나누어서 전송하는 개념의 MAC PDU 분할(Fragmentation), 하나의 PDU 에 여러 개의 SDU 들을 모아서 전송하는 개념의 MAC PDU 패킹(Packing)의 개념을 지원한다. 이를 위하여, 분할 부헤더(sub-header) 및 패킹 부헤더를 정의한다. 또한, 다수의 PDU 들을 하나의 MAC 데이터 버스트 내에 연결하여 전송하는 개념의 PDU 연결(Concatenation) 개념도 지원함



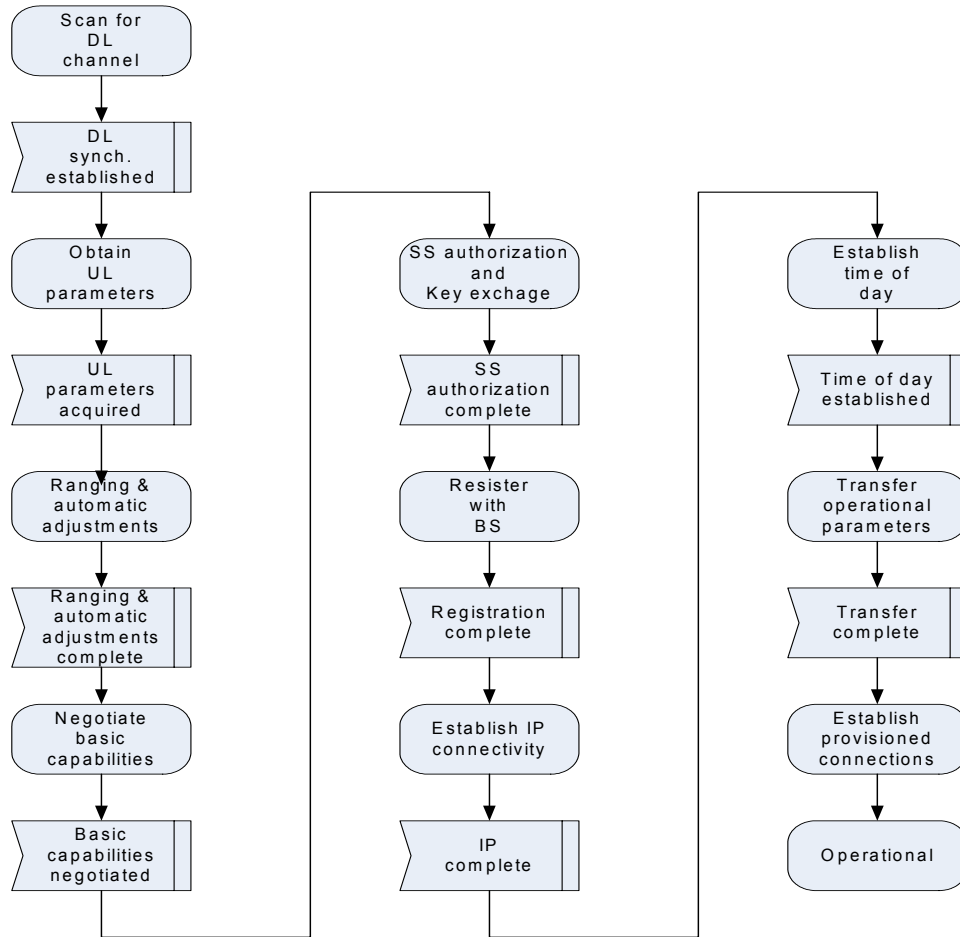
(그림 4) PDU 구성의 예

으로써, 다양한 형태의 PDU 구성을 허용하는 매우 유연한 형태의 PDU 구성 방식을 지원한다. (그림 4)에 PDU 구성의 예를 보였다.

MAP 은 MAC 계층의 자원 할당 정보를 제공하는 주요한 기능으로서 해당 단말에 대한 전송 레벨 및 할당된 자원의 크기를 나타내는 MAP Information Element(하향 링크에서의 802.16 규격의 원래 개념은 동일한 전송 레벨에 속하는 다수의 사용자 버스트를 한꺼번에 전송하는 개념을 사용하나, HARQ 적용을 위해서는 단일 사용자 버스트의 전송 개념만이 사용됨)가 사용된다. (그림 5)에 MAP 운용의 예를 보였다[5]. 그림에서 보였듯이 일반 MAP에 의하여 자원할당이 될 수도 있고(다수 사용자 버스트; non-HARQ & DIUC/UIUC 사용 시), 일반 MAP 확장 IE에 의하여 HARQ 용 사용자 버스트가 할당될 수도 있다. MAP의 오버헤드를 줄이기 위하여 AMC 레벨을 달리하는 MAP 버스트를 정의하는 sub-map 개념이 적용될 수도 있다. Sub-DL-UL-MAP은 MAP 메시지를 특정 MCS(Modulation and Coding Scheme) 레벨을 달리하여 전송하는 방식이다. 주로 H-ARQ 버스트에 대한 할당 시 사용되며, sub-MAP_Pointer_IE를 사용하여 sub-DL-UL-MAP에 대한 버스트를 할당하고, sub-MAP 내의 MAP IE들이 사용자에 대한 자원 할당을 하는 방식이다. 셀 내의 임의의 사용자가 수신하도록 하기 위하여 가장 낮은 MCS 레벨로 전송하는 일반 MAP과는 달리, 보다 전송 효율이 높은 MCS 레벨을 적용하므로 MAP 오버헤드 감소에 따른 시스템 효율을 증가시킬 수 있다.



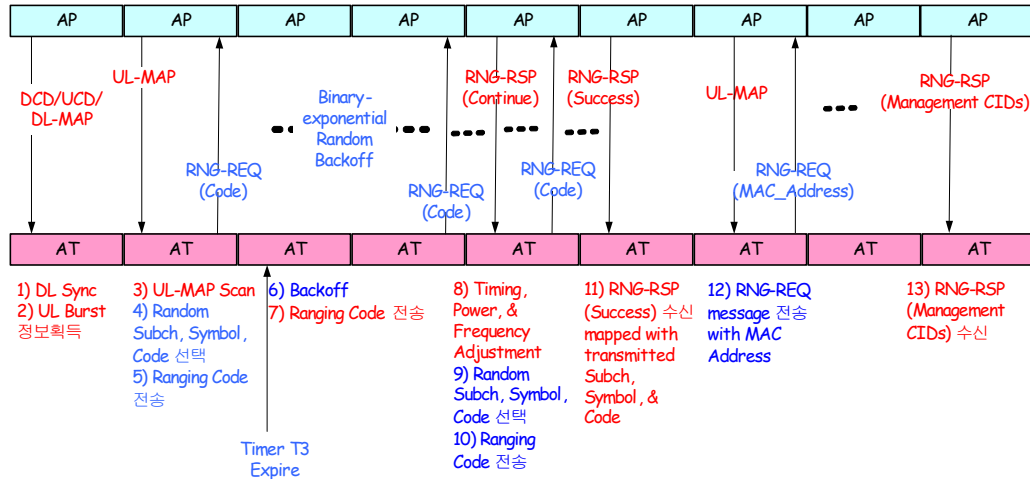
(그림 5) MAP 운용의 예



(그림 6) 초기 망 접속 절차

(그림 6은) MAC 규격에 따른 네트워크 진입 절차이다. 우선 망 접속을 위해서는 하향 링크 수신을 통하여 망 동기를 획득하고, 해당 기지국을 식별하며, 방송 정보(FCH, DL-MAP, DCD)를 수신한다. 상향 링크 파라미터(UCD, UL-MAP)를 획득하여 레인징에 필요한 정보를 바탕으로 레이징(코드 기반의 레이징 및 메시지 기반의 레인징)을 수행한다. 이를 통해, 타이밍 및 전력 제어의 기본 파라미터 값을 조정한다. 또한 초기 레이징 메시지를 통하여 단말의 고유 식별자를 전송하여 해당 기지국과의 association 과정을 통한 Basic CID 를 할당받는다. 선호되는 DIUC 수준 또는 CQI 값을 바탕으로 이후부터는 적절한 AMC 레벨에 따른 전송이 가능하도록 한다.

레이징 과정은 802.16 기반의 규격에서 중요한 절차 중의 하나로서 OFDM PHY에서 사용되는 메시지 기반의 초기 레인징과 OFDMA PHY에서 사용되는 CDMA 코드 기반의 레인징이



(그림 7) 초기 레인징의 예

있다. (그림 7)에 일반적인 CDMA 코드 기반 초기 레인징 절차를 보였다. CDMA 코드 기반의 레인징에서는 CDMA 코드 전송 이후 해당 코드를 전송한 단말을 식별하기 위하여 CDMA_Allocation_IE가 사용되며, 코드 기반의 레인징의 성공적인 수행 후에 메시지 기반의 레인징 절차가 수행된다.

레인징 과정 이후 단말은 기본 제공 능력 협상(Basic Capability Negotiation) 과정을 통하여 해당 단말과 기지국 사이에서 사용될 수 있는 제공능력을 확인하고 협상된 모드에 따라 동작한다. 인증 버전 및 인증 모드 등도 이 단계에서 협상되며, 이에 따라 다음 절차인 PKM 과정에서 적절한 인증 및 키 분배가 이루어진다. 인증이 생략되거나 완료된 단말에 대해서는 등록(Registration) 및 default transport connection 설정 과정이 수행되며, 이를 통해 단말에서 사용될 IP Address 할당 절차가 수행된다. 필요한 경우, Time of Day 및 Operational parameter download 과정이 수행될 수 있으며, 이 과정이 모두 완료되면 정상 동작(normal operation) 상태가 되며, 이 때부터 사용자 서비스를 위한 DSx 과정이 수행될 수 있다.

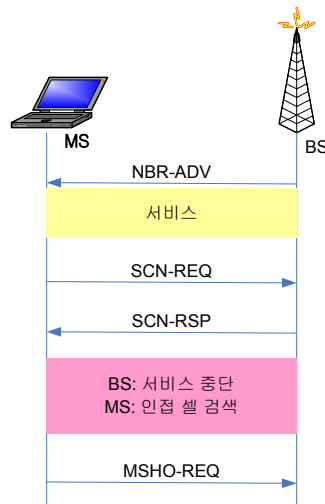
IV. IEEE 802.16e 표준

II 장에서 잠시 언급했듯이, 802.16e 규격은 802.16d 규격을 기반으로 단말의 이동성을 지원하며 기존 802.16d 규격의 기능을 향상시키기 위해 작성된 규격이다. 또한 역방향 호환성이라는 큰 틀 안에서 802.16e 규격이 제정되었기 때문에 III 장에서 언급한 모든 PHY 계층 및 MAC 계층 기능이 802.16e 규격에서 지원된다. 본 장에서는 802.16d 규격에서 지원되는 기능

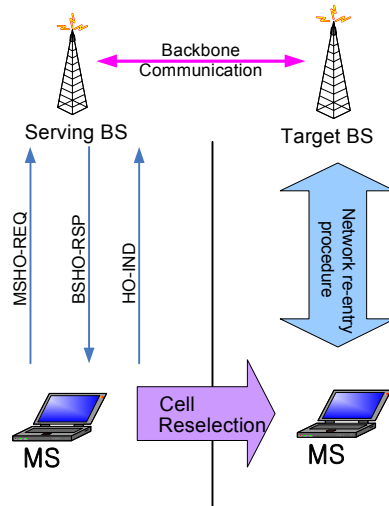
외에 새로이 802.16e 규격에서 추가된 주요 기능을 살펴보도록 한다.

802.16e 규격에 새로이 추가된 가장 대표적인 기능은 차량 이동속도로 이동 중에도 연속적인 서비스를 제공하기 위한 핸드오버 기능이라고 할 수 있다. 핸드오버 절차는 주기적인 또는 CINR 기준에 도달한 이벤트에 따른 인접 셀을 탐색하기 위한 스캐닝 과정 및 이후의 핸드오버 메시징 과정으로 나뉘어진다. 이러한 과정은 (그림 8)과 (그림 9)와 같다. 단말은 NBR-ADV 메시지를 통하여 수신된 인접 셀 정보를 이용하여 스캐닝 구간 동안 인접 셀을 탐색하여 해당 인접 셀에 대한 CINR 레벨을 측정하고(구현에 따라서는 동일 주파수의 경우에는 별도의 스캐닝 구간을 설정하지 않고 데이터 통신과 인접 셀 검색을 병행할 수도 있음), 핸드오버를 개시할 기준에 도달한 경우 핸드오버 절차를 개시한다. 핸드오버를 개시하면, 단말은 인접 기지국의 CINR 측정 결과에 바탕한 캔디데이트(candidate) 기지국들을 MSHO-REQ 메시지를 이용하여 기지국에 보고하고, 서빙(serving) 기지국은 캔디데이트 기지국들과 해당 단말에 대한 동일한 서비스 수준 및 인증 모드 등에 대하여 기지국간 통신을 통하여 정보를 주고 받는다. 이후 적절한 기지국이 선택되면, 기지국은 BSHO-RSP 메시지를 통하여 핸드오버의 적정 기지국을 추천하게 되며, 단말은 HO-IND 메시지를 통하여 핸드오버를 수행할 최종 타깃 기지국을 선정하였음을 통보하고, 이후에는 서빙 기지국과의 통신이 단절된다. 이는 단말이 핸드오버의 개시를 먼저 요청하는 가장 일반적인 절차이며, 기지국 내 부하 관리 등의 목적을 위해 기지국인 먼저 BSHO-RSP 메시지를 단말에게 전송하여 핸드오버를 요청하는 방식이 사용될 수도 있다.

기지국과 핸드오버 관련 메시지의 교환을 마친 단말은 타깃 기지국으로 망 재 접속을 시도하



(그림 8) 인접 셀 탐색 과정 및 핸드오버 절차의 개시



(그림 9) 단말에서 개시하는 핸드오버의 예

게 되면, 이 때 수행되는 망 재 접속 절차는 (그림 6)에 보인 초기 망 접속 절차와 동일한 절차를 따르게 된다. 하지만, 초기 망 접속 절차와 달리 단말과 기지국의 능력에 따라 핸드오버 최적화(handover optimization) 및 메시지 기반의 빠른 레인징(fast ranging) 기법을 사용하여 망 재 접속 동안의 무선 단절 시간을 최소화 할 수 있다.

고정 단말과 달리 이동 단말은 단말의 전력 공급 수단으로 주로 배터리를 이용하게 되면서 단말의 배터리 사용 시간은 서비스 이용 시간의 큰 제한 요소가 된다. 이에 따라 802.16e 규격에서는 단말의 전력을 절약하기 위해 수면 모드(Sleep Mode) 및 휴지 모드(Idle Mode) 기능을 지원하고 있다.

수면 모드는 기지국과 약속된 일정 기간 동안 상·하향 링크 데이터 전송을 멈추고 단말의 일부 장치의 동작을 멈춤으로써 전력을 절약하는 기능을 말한다. 따라서, 단말과 기지국은 수면 모드를 개시하기 전에 상·하향 링크 전송을 멈추는 구간을 약속하기 위해 MAC 관리 메시지(SLP-REQ/SLP-RSP)의 교환을 수행하게 되며, 이후 약속된 시점에 수면 모드를 개시하게 된다.

휴지 모드의 목적 역시 수면 모드와 같이 단말의 전력 절약에 있다. 하지만, 데이터 전송 구간과 데이터 전송이 불가능한 구간이 반복되는 수면 모드와 달리, 휴지 모드에서는 착신 서비스를 위한 페이징 검사 그리고 단말의 위치 등록 메시지 교환을 위한 일부 구간을 제외한 모든 구간에서 상·하향 링크 검사를 중단하여 단말의 배터리 소모를 최소화하게 된다.

802.16e 에 새로이 추가된 또 다른 기능으로 방송 서비스(Multicast and Broadcast Service: MBS)를 들 수 있다. MBS 서비스란 여러 개의 기지국들에 의한 synchronized transmission 을

통해 별도의 망 접속 절차를 거치지 않고도 다수의 기지국에 걸쳐 심리스한 multicast/broadcast 서비스를 제공하는 것을 말한다. MBS 서비스를 위한 데이터 할당은 셀 내의 모든 사용자들에게 안정적으로 데이터를 전송하기 위해 MBS portion 이란 프레임 내 일부 구간을 할당하고, 할당된 구간에 여러 기지국에서 같은 MCS 레벨을 갖는 동일한 버스트를 할당하여 macro diversity 기법을 사용하게 된다.

802.16e 규격에 새로이 추가된 기능 외에 기존 802.16d 기술의 기능 향상을 위해 수정/추가된 대표적인 항목으로는 PKM 절차를 개선한 PKMv2 의 기능, sub-DL-UL-MAP 추가, FFT size 의 다양화, 다중 안테나 기술(AAS 및 MIMO; Adaptive Antenna System 및 Multiple-Input Multiple-Output), 그리고 보다 개선된 채널 인코딩 방식이라고 볼 수 있는 LDPC 기술 등이 있다.

V. 결 론

본 고에서는 휴대인터넷 서비스의 국제 표준인 IEEE 802.16 의 표준화 동향과 802.16d 및 802.16e 표준의 주요 특징을 간단히 소개하였다. IEEE 802.16 표준은 고정형 시스템 표준으로 시작하여 단말의 고속 이동을 지원하는 이동통신 시스템 표준으로 발전하였으며, 최근에는 제 3 세대 이동 통신 국제 표준으로 채택되면서 그 기술적 및 경제적 파급 효과가 더욱더 커지고 있다. 또한 IEEE 802.16 작업반은 현재 상용화 중인 IEEE 802.16e 표준보다 한 단계 진일보한 기술 표준을 개발해 ITU-R 의 IMT-advanced 표준에 반영하기 위한 IEEE 802.16m 표준을 개발하기 위해 노력하고 있으므로 가까운 시일 내에 좀더 안정적이고 진화된 기술을 기대해 볼 수 있다.

<참 고 문 헌>

- [1] IEEE Standard 802.16-2001, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," 2001. 12.
- [2] IEEE Standard 802.16-2004, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems – Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands," 2005. 2.
- [3] IEEE Standard 802.16e-2005, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems – Amentment2: Physical and

Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1,” 2006. 2.

- [4] P802.16Rev2/D3, “DRAFT Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access Systems,” 2008. 2.
- [5] TTA, TTAS KO-06.0064R1, “휴대인터넷표준 – 물리계층,” 2004.12
- [6] TTA, TTAS KO-06.0065R1, “휴대인터넷표준 – 매체접근제어계층,” 2004.12
- [7] 윤철식, “휴대인터넷 PHY 및 MAC 표준화 동향,” 정보과학회지 제 23 권 제 3 호, 2005. 3.

* 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITA 의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.