

## 광대역 이동통신 시스템의 표준화 동향

삼성전자 구창희

### 1. 서론

초고속 데이터 전송율을 제공하는 광대역 무선통신 시스템은 LAN의 환경을 벗어나서 이제 MAN의 환경으로 발전하고 있으며, 그 중심에 IEEE 802.16 WirelessMAN[1][2]이 자리 메김하고 있다. Broadband Wireless Access를 지향하는 IEEE 802.16 WirelessMAN은 멀티미디어 서비스를 제공하고, 초고속의 전송율을 제공하여 휴대 인터넷 서비스 등에 매우 적합한 표준화 모델이다. 또한, 단말기의 이동성을 제공하는 표준문서인 IEEE 802.16e[3]의 개발로서 기존의 3G 이동통신 시스템을 보완 또는 대체할 수 있는 차세대 이동통신 시스템으로 발전하고 있다. CDMA 기술을 바탕으로 하는 3G 이동통신 시스템과 달리 OFDM 기술을 바탕으로 하는 광대역 무선통신 시스템은 3.5G 또는 차세대 통신 기술인 4G 이동통신 기술로 발전할 것으로 기대되고 있다.

본 고에서는 IEEE 802.16 및 IEEE 802.16a 표준 기술을 간단히 설명하고, IEEE 802.16a 표준 기술에 이동성을 제공하기 위해서 현재 활발히 논의되고 있는 IEEE 802.16e 표준화 기술 및 표준화 동향에 대해서 자세하게 설명한다. 특히, IEEE 802.16e 표준 기술의 핵심 기술인 HO(Handover)기술과 단말기의 전력소모 감소(Power saving) 기능을 제공할 수 있는 Sleeping-mode 기술을 중점적으로 설명한다[3][4]. 또한, IEEE 802.16e와 별도로 진행되고 있지만 상호 경쟁적인 관계를 갖고 있는 또 다른 WG(Working Group)인 IEEE 802.20 MBWA(Mobile Broadband Wireless Access)[5]의 표준화 동향 및 시스템 요구사항을 설명한다. 이와같은 국제표준화 기술과 달리, 국내 기술로 개발중인 한국형 고속 휴대 인터넷(HPI : High speed Portable Internet) 서비스 제공을 위한

시스템과 관련된 국외 기술 등에 대해서 설명한다.

### 2. 광대역 무선통신 시스템

광대역 무선통신 시스템(BWA : Broadband Wireless Access)인 IEEE 802.16 시스템은 WMAN(Wireless MAN)의 시스템 커버리지를 갖으며 단말의 이동성을 지원하지 않는 단말이 고정되어 있는 Fixed BWA 시스템이다. 2002년 4월에 10-66GHz 대역의 IEEE 802.16 시스템의 표준문서가 최종 발간되어졌으며, 2-11GHz 대역의 Licensed band에 OFDM 및 OFDMA 기술과 추가된 PHY를 지원할 수 있는 공통 기능을 갖는 MAC이 추가된 표준화 문서인 IEEE 802.16a가 2003년 4월에 발간되어져서 본격적인 광대역 무선통신 시스템의 개발 및 상용화에 돌입할 수 있는 터전을 마련하게 되었다. 본 절에서는 IEEE 802.16 시스템과 IEEE 802.16a 시스템 간의 차이점을 간단히 설명한다.

#### 2.1 IEEE 802.16 FBWA

IEEE 802.16은 초기 버전으로서 DAMA(Demand Assigned Multiple Access) with AMC를 채용하여 고정된 상태에서 광대역 무선통신(FBWA: Fixed BWA) 서비스를 제공할 수 있도록 개발되었다. 즉, 무선채널을 이용하는 단말기는 고정된 상태에서 항상 전원을 공급받으면서 동작을 할 수 있는 시스템이다. 10-66GHz의 Licensed 밴드를 사용하고, Point-to-Multi-Point 서비스를 제공할 수 있으며, MAN의 통신 영역에서 연결지향성(Connection-oriented) 방식으로 서로 다른 환경의 사용자에게 연속적이고 버스트한 특성을 갖는 트래픽을 전송할 수 있다. 또한, 높은 대역폭과 채널당 수백명의 사용자를 integra-

표 1 IEEE 802.16a 시스템의 3가지 PHY에 따른 시스템 주요 기술

주요 기술	SCa	OFDM	OFDMA
듀플렉싱	TDD and FDD		
다중화 방식	TDMA for Uplink, TDM for Downlink		OFDMA for Uplink OFDMA for Downlink
변복조 방식	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM
부반송파 (OFDM)	NA	256FFT	2048FFT
부 채널 (OFDM)	NA	NA	channel per user
MAC PDU 길이	가변길이 (Variable Size)		
ARQ	FSN(Fragment Sequence Number)을 이용한 ARQ		
BW 할당방법	Polling	Unicast, Multicast, Broadcast	
	Request	Stand alone and Piggyback	
	Grant/ Scheduling	UGS, rtPS, nrtPS and BE	
Contention resolution	Truncated binary Exponential backoff		
Ranging	Initial ranging, Periodic ranging, BW request ranging		

tion할 수 있다. CBR, rt-VBR, nrt-VBR 및 BE 등 모든 트래픽의 QoS를 동적으로 보장할 수 있으며, 코어 네트워크로 ATM, IPv4 및 IPV6 등을 이용할 수 있도록 구성되어 있다. 특히, 이더넷(Ethernet) 등과의 인터 코넥션(interconecion)이 용이하도록 구성되어 있으며 향후에 MPLS 등과의 상호연결을 제공할 수 있도록 기술 추가가 진행될 예정이다.

## 2.2 IEEE 802.16a FBWA

IEEE 802.16a 시스템은 10-66GHz 대역에서 운용되는 IEEE 802.16 시스템에 2-11GHz의 대역을 추가하고, PHY의 전송 기술로서 SCa를 포함하여 OFDM과 OFDMA를 추가하여 무선 환경에 더욱 견고하고 고신뢰성을 제공할 수 있도록 설계된 무선통신 시스템이다. 또한, 추가된 3가지의 PHY 기술을 지원하기 위한 공통 MAC 프로토콜 등이 보완 및 추가되어 IEEE 802.16의 Ammendment 형태로 개발되어진 표준

규격이다. IEEE 802.16a MAC의 주요 기능은 OFDM과 OFDMA를 함께 지원할 수 있으며, 동적인 주파수 할당(DFA)과 Advanced Antenna System(AAS)을 지원할 수 있다. 특히, MESH 네트워크 토폴로지를 새로 추가하여 기지국 또는 AP(Access Point)를 경유하지 않고 단말간의 직접적인 통신을 제공할 수 있는 Peer-to-peer 모드를 제공할 수 있도록 하였다. 표 1은 IEEE 802.16a의 3가지 PHY 모드에 따른 PHY와 MAC의 구조를 간단히 비교한 것이다.

## 3. 광대역 이동통신 시스템

### 3.1 IEEE 802.16e

IEEE 802.16e 시스템은 고정 광대역 무선통신 시스템(FBWA)인 IEEE 802.16a 시스템을 기본 표준 규격으로 하여 이동성 기능을 추가한 광대역 이동통신 시스템의 표준 규격으로 2003년 1월 회의부터 본

격적으로 시작되어 2003년 7월 현재 Working Document draft version r2(802.16e-03/07r2)까지를 작성한 상태이다. IEEE 802.16e 초기 Flarion이 독자적인 기술인 Flash-OFDM을 단독 기술로서 IEEE 802.16c를 기술적으로 점유하려고 하였으나, 참여 회원사들과의 첨예한 대립과 반목으로 IEEE 802 산하의 새로운 WG으로 독립하여 IEEE 802.20으로 분가하게 되었다. 따라서, 기존의 IEEE 802.16a의 OFDMA 기술을 선도했던 Runcom, Alvarion, Nokia 및 WiLAN 등을 중심으로 IEEE 802.20에 대적하기 위한 이동성을 지원할 수 있는 광대역 이동통신 시스템 표준 규격 개발을 시작하게 된 것이 IEEE 802.16e 표준 규격이다.

IEEE 802.16e는 2004년 하반기 최종 표준 규격문서를 완료할 예정이며, 이의 기초가 되는 Baseline 문서가 2003년 9월에 Release될 예정이었으나 2003년 7월 26차 회의에서 26차 회의의 결과가 반영될 IEEE 802.16e-03/07r3 작업문서(Working Document)가 IEEE 802.16e의 Baseline 문서로 반영되는 것에 대한 투표가 있었으나 부결되어 예정된 스케줄보다 최소 2개월 가량 지연되어 Baseline 문서가 release될 것으로 예상된다. IEEE 802.16e의 표준문서를 개발하고 있는 IEEE 802.16 TGe(Technical Group e)는 Inter Digital사에서 의장직을 맡고 있으며, HO 기능과 단말기의 이동성에 따른 전력소모 감소(Power saving) 방안 등을 주요 쟁점으로 논의하고 있는 HO/Sleeping mode AdHoc이 TGe 산하에 구성되어 활발히 활동 중이다. AdHoc은 PHY 계층이 아닌 MAC 계층 이상에서의 표준 규격 문서 개발을 목적으로 하고 있으며, 이스라엘의 Runcom이라는 업체에서 의장직을 수행하고 있으며 Alvarion, Ensemble 및 삼성전자 등이 주요 기고문을 발표하여 IEEE 802.16e 표준 규격 문서를 개발하고 있다.

본 고에서는 기존의 고정 광대역 무선통신 시스템에 이동성을 부여하기 위해서 표준 규격 문서를 개발하고 있는 HO/Sleeping mode AdHoc의 기술 활동을 설명한다. 본 AdHoc에서의 결정사항 및 결과물은 상위그룹인 TGe의 공식적인 승인절차를 밟은뒤, IEEE 802.16으로 송부되어서 최종적으로 IEEE 802.16e라는 명칭의 이동성을 제공하는 공식적인 광대역 무선통신 시스템의 표준 규격 문서가 될 예정이다. 2003년 하반기에 1차 Draft version이 작성되면 본격적인 Commentary resolution과 Ballot resolution 과정을

거쳐서 2004년 경에 공식적인 표준 규격 문서로 출간될 예정이다.

### 3.1.1 핸드오버 기술

Handover 기술은 3G 이동통신 시스템에서는 일반화된 기술이지만 고정 무선통신 시스템인 IEEE 802.16a에 이동성을 제공하는 IEEE 802.16e 표준문서의 개발에 있어서는 가장 중요하면서 생소한 기술이다. IEEE 802.16e에서는 Break-before-make와 Make-before-break 타입의 HO 기술이 최종 정의될 예정이나 2003년 7월 현재는 Break-before-make 형식의 HO 위주로 표준문서가 서술되어 있다. 또한, 3GPP2에서 사용하는 Handoff와 3GPP에서 사용하는 Handover라는 용어중에서 논란끝에 Handover라는 용어가 공식적인 용어로 결정되어졌으며, 이동성을 지원하는 단말기는 MSS(Mobile Subscriber Station)로 결정되어졌다. 그림 1은 IEEE 802.16e 네트워크 구조와 HO 과정을 나타내고 있다.

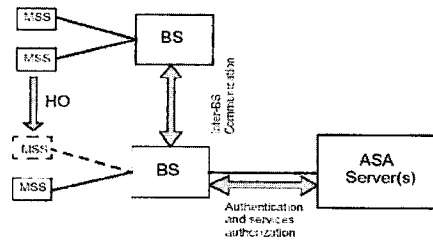


그림 1 IEEE 802.16e 네트워크 구조와 HO

그림 1은 IEEE 802.16e에서 제공하는 네트워크 구조와 제어평면(Control plane)에서 HO를 제공하기 위한 시그널링 메시지의 흐름을 나타내는 것으로서 단말기는 BS 간을 이동한다. BS간에는 Inter-BS communication을 정의하고 있으나, BS와 ASA 간의 프로토콜 및 관련 메시지는 정의하고 있지 않다. 본 절에서는 IEEE 802.16e에서 정의하고 있는 HO 동작을 수행하기 위한 과정을 각각의 스텝에 맞추어서 설명한다.

#### 가. HO를 위한 전처리 과정

##### 1) Network Topology Advertisement

기지국은 네트워크 토폴로지에 관련된 정보를 NBR-ADV(Neighbor Advertise) MAC 메시지를 통

해서 셀 내의 모든 단말에게 브로드캐스팅 방식으로 전송한다. 본 메시지를 통해서 단말은 자신이 속해 있는 기지국 셀의 토폴로지 및 구성 특성 등을 알 수 있다.

### 2) MSS scanning of neighbor BS

단말은 HO를 위해서 주변 기지국을 검색해야 하는데, 주변 기지국을 검색하기 위한 검색 주기(Scanning interval)를 SCN-REQ MAC 메시지를 통해서 기지국으로 요청하고, 기지국은 이에 대한 응답을 셀 내에 브로드캐스팅 되는 DL\_MAP 메시지에 Scanning\_IE를 삽입해서 단말로 전송하여, 단말이 주변 기지국을 검색할 수 있는 주기를 할당한다. 또한, 기지국은 단말로부터의 요청을 거부할 수도 있으며, 단말의 요청없이 직접 DL\_MAP 메시지를 통해서 Scanning\_IE를 단말에게 전송할 수 있다(Unsolicited request). 기지국이 할당하는 검색 주기 및 검색 시작을 위한 오프셋 단위는 모두 MAC frame으로 정의 되어지고 할당된다.

### 3) Association Procedures

Association 과정은 단말기가 기지국과 Ranging 과정을 수행하여, 셀에 정상적으로 합류하는 과정으로서, 단말기는 기지국을 검색하여 새로운 기지국을 선택하게 되면, Association 과정을 수행한다. Association은 RNG-REQ MAC 메시지를 단말기가 전송하고, 기지국이 RNG-RSP MAC 메시지를 전송하여 단말기의 전력 오프셋값 및 타이밍 오프셋값 등을 적절한 값으로 설정하도록 한다. RNG-REQ MAC 메시지를 전송하는 것을 Initial Ranging 동작이라고 하며, 이는 IEEE 802 시스템의 가장 기본적인 동작이다. 또한, 단말기가 Network Entry 과정을 수행하기 위한 기본 동작이 된다. HO에서 새로운 단말기를 받아들인 Target 기지국은 특정 단말이 자신의 셀에 Association된 사항을 단말이 이전에 속해 있던 Serving 기지국으로 전송하고, 단말기의 관한 정보를 저장하게 된다.

#### 나. HO process

IEEE 802.16e에서는 Make-before-break HO와 Break-before-make HO를 모두 제공하는 것을 목적으로 하고 있으나, 현재의 문서에서는 Break-before-make HO만을 설명하고 있다. 3G CDMA 이동통신

기술에서의 Hard HO는 Break-before-make와 유사한 개념이나, 수신단에서 기지국과 다중의 통신 경로를 설정하여 수신단에서 수신한 신호들의 콤바이닝(Combining)을 수행하여 수신 감도를 높이는 Soft HO와 Make-before-break와는 약간 다르다. Make-before-break에 대한 동작 방안 등은 아직 언급되어지고 있지는 않다. HO 과정도 Network Entry 과정과 동일하게 이루어지며 새로운 셀로 단말기가 이동한 후에는 상술한 바와 같이 Association 과정을 수행하게 된다.

### 1) Cell Selection

Cell selection 동작은 단말기가 셀에 정상적으로 등록하기 전에 현재 셀의 기지국에서 전송하는 신호의 SINR보다 우수한 신호의 SINR를 수신할 수 있는 기지국으로 단말이 새롭게 등록하기 위해서 셀을 바꾸는 동작으로서, 기지국에서는 단말기가 등록과정을 수행하지 않았기 때문에 단말의 이동을 전혀 알 수 없는 상태가 된다. 그림 2는 IEEE 802.16e의 Cell selection 동작과 Association 동작을 나타내고 있다.

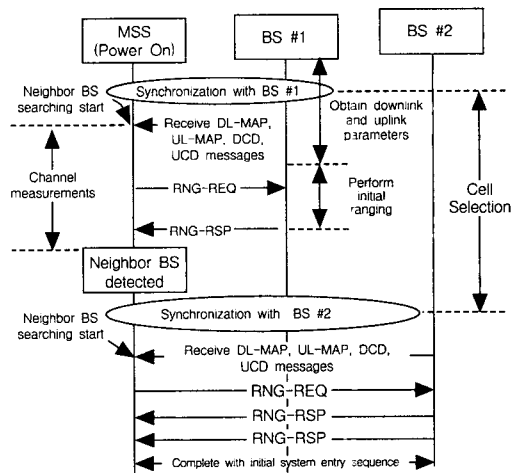


그림 2 Cell Selection 및 Network Association 동작

### 2) HO initiation

HO initiation은 BS와 MSS 모두 수행할 수 있다. 즉, BS가 HO를 요구하는 경우에는 BSHO-REQ MAC 메시지를 기지국이 전송하고, MSS가 HO를 요구하는 경우에는 MSSHO-REQ MAC 메시지를 단말이 전송하게 된다. 단말이 MSSHO-REQ MAC 메시지를 전송하는 경우에는 주변 기지국으로부터

수신한 신호의 SINR을 기지국으로 전송하여 HO시 Target BS가 될 수 있는 Candidate BS를 현재의 Serving 기지국으로 전송한다. 기지국은 단말로부터 MSSHO-REQ MAC 메시지를 수신하거나 또는 자신이 단말을 HO 시키기 위해서 전송하는 BSHO-REQ MAC 메시지 전송 이전에 주변 기지국으로부터 특정 단말을 HO 시키기 위한 ACK을 확인한 후 단말의 HO를 허용하게 된다. HO-REQ 메시지를 수신한 단말기 또는 기지국은 HO-RSP MAC 메시지를 전송하여 HO를 수행할 Target BS를 알려주게 된다.

### 3) Termination with the serving BS

단말기는 HO-IND MAC 메시지를 Serving BS로 전송하여 HO가 정상적으로 완료되었음을 알려주고 HO 동작을 완료하게 된다. BS는 단말로부터 HO-IND MAC 메시지를 수신하자마자 HO한 단말에게 할당된 모든 MAC state machine, ARQ connection 및 데이터 전송과 관련된 모든 connection을 종료하게 된다.

#### 다. Drops and corrupted HO attempts

HO중 단말과 기지국간의 Connection이 원치 않는 상황에 의해서 통신이 종료되는 경우로서, 단말은 기지국으로부터 수신하는 Downlink의 복조가 불가능한 경우와 그리고 HO 이후에 기지국으로부터 수신하는 RNG-RSP 메시지를 정상적으로 수신하지 못해서 기지국으로 전송하는 RNG-REQ MAC 메시지의 전송 제한 횟수에 걸리는 경우에 통신이 종료되게 된다. 이와같은 경우에 단말은 HO 이전의 기지국으로 Network Entry 과정을 수행하여 Connection을 복구하는 동작을 수행한다.

#### 1) Re-entry with the target BS

HO를 수행한 단말기는 Target BS로 새로운 Network Entry 동작을 수행하게 된다. 이와같은 동작을 Re-entry라고 하며 기지국 입장에서는 일반적인 Network Entry 동작과 동일하게 수행된다.

#### 2) Synchronization with Downlink and obtain parameters

HO를 수행한 단말기는 Target BS의 Downlink 신호를 검출하여 기지국과 동기화를 이루고, 기지국이

전송하는 NBR-ADV MAC 메시지를 수신하여 주변 기지국의 상황을 파악한다. 이외의 동작은 일반적인 Network Entry 과정과 동일하게 이루어진다. 즉, DL\_MAP 및 DCD 메시지를 수신하는 동작을 수행한다.

#### 3) Obtain uplink parameters

HO를 수행한 단말기는 상술한 바와 같이 Downlink 파라미터를 획득한 후, Uplink 파라미터를 UL\_MAP MAC 메시지 및 UCD 등을 통해서 수신하게 된다.

#### 4) Ranging and uplink parameters adjustment

HO를 수행한 단말기는 새로운 기지국으로 Ranging을 시도한다. Ranging 동작은 IEEE 802.16 시스템의 가장 기본적인 동작으로서, 단말은 자신의 48비트 길이의 MAC 주소를 기준으로 기지국이 할당한 Ranging opportunity를 통해서 경쟁할당 방식의 Ranging 동작을 통해서 기지국으로부터 Basic ID와 Primary management ID를 할당 받게 된다. 이와같은 동작은 기지국이 전송하는 UL\_MAP MAC 메시지에 삽입되어져 전송되는 Fast\_UL\_ranging IE를 단말이 수신하여 Uplink 파라미터를 획득하면서 이루어진다.

#### 5) Neighbor basic capabilities

HO를 수행한 후 단말과 기지국간에는 상호간의 Capability 협상과정을 통해서 적절한 값을 조절하게 되며 이와같은 동작은 단말이 최초로 수행하는 Network Entry시의 협상과정과 동일하게 수행된다.

#### 6) MSS re-authentication

단말의 정상적인 동작을 위한 인증과정으로서 PKM 프로토콜을 이용해서 인증과정이 발생하며, 기존의 security context는 변경없이 인증과정이 수행된다.

#### 7) Re-register and re-establish provisioned connections

기지국은 이미 단말의 48비트 MAC 주소를 수신한 상태이고, 단말기의 인증과정이 정상적으로 수행되었으므로 정상적인 단말의 등록과정이 수행된다.

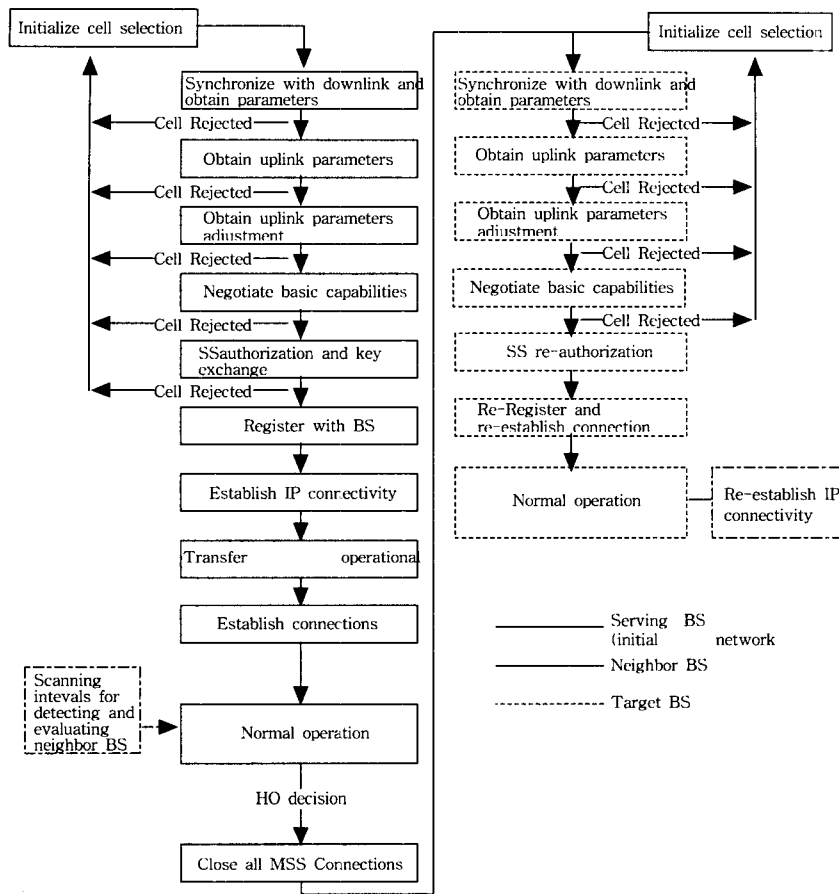


그림 3 HO 및 Network Entry 동작의 흐름도

단말은 REG-REQ MAC 메시지를 전송하여 등록절차를 시작하고 기지국에서는 REG-RSP MAC 메시지를 전송하여 HO되기 전의 단말기의 provisioned connection을 재 설정하고 정상적인 IP 서비스를 수행하게 된다. 그림 3은 상술한 HO 과정과 Network Entry 과정의 흐름도를 나타내고 있다.

### 3.1.2 단말기 전력 소모 감소 기술

전력소모 감소(Power Saving) 기술은 단말기가 고정 상태가 아닌 이동 상태이므로 정상적인 전력이 공급 되지 않는 환경에서, 최대한의 단말기 전원의 수명 시간(Battery Life)을 연장하기 위한 기술로서 멀티미디어 서비스를 제공하는 Stand alone 시스템을 구현하기 위한 가장 기본적인 기술이다. 이와같은 전력소모 감소 개념은 이미 3GPP2에서 개발하였거나 현재 개발하고 있는 cdma2000 및 1xEV-DV 기술

등에서도 채용된 기술이다.

기존의 3G 이동통신에서는 Control Hold mode라는 명칭으로 단말기의 전력감소 기능을 제공하고 있으며, IEEE 802.16e에서는 Sleeping mode라는 명칭으로 단말기의 전력감소 기능을 제공하고 있다. 그러나, 3G 이동통신 기술과는 달리, 단말기 운용을 위한 S/W 측면에서 단말기의 전력소모를 감소시킬 수 있는 동작상태를 제공할 뿐, 구체적인 전력소모 감소를 위한 단말기의 동작에 대해서는 언급하고 있지 않다. 이는 단말기를 개발하는 업체에 따라서 전력소모 감소 기능이 달라질 수 있다는 것을 의미하여, 어떻게 전력소모를 감소시킬 수 있는가 하는 문제는 표준에서 다루지 않는다는 것을 표방한 것으로서, 단지 전력소모 감소를 위한 단말기의 동작 mode만을 제공하며 구체적인 기술은 개발업체의 proprietary 기술로 남겨두고 있다.

**가. Basic Parameters**

전력소모 감소 기능은 IEEE 802.16e에서 옵션 기능으로 규정되어 있으며, 이를 제공하는 단말기와 기지국은 Awake-mode와 Sleep-mode중의 한가지 mode로 동작을 하게 된다. Awake-mode는 일반적인 동작을 수행하는 구간으로서 단말기와 기지국간에 패킷 데이터의 송수신이 가능한 구간이며, Sleep-mode는 패킷 데이터의 송수신을 잠시 멈추고 단말기의 전력소모를 감소하는 구간이다. 이와같은 두가지의 mode를 단말기와 기지국이 상호 천이하기 위해서 다음과 같은 인터벌을 정의하고 있다.

- Sleep-interval : MAC 프레임 길이 단위로 측정되는 주기로서, 단말기가 Sleep-mode로 천이할 때 기지국으로부터 수신하는 initial-sleep-window 값과 final-sleep-window 값의 범위안에서 지수증가 알고리즘(Exponentially Increasing Algorithm)을 이용해서 단말기가 Sleep-mode에 머무르는 주기가 결정된다.
- Listening-interval : MAC 프레임 단위로 측정되는 주기로서, 단말기가 Sleep-mode에서 기지국으로부터 전송되는 TRF-IND 메시지를 수신하기 위해서 잠시 Awake-mode에 머무르는 기간으로서 Sleep-mode로 단말기가 천이할 때 기지국으로부터 수신한다. Listening-interval 동안에 단말기는 TRF-IND 메시지를 수신하여, 계속 Sleep-mode에 머무르지 아니면, Awake-mode로 남아서 패킷 데이터를 송수신하게 될지를 결정하게 된다.

**나. Sleeping interval update algorithm**

단말기는 Sleep-mode로 천이하기 위해서 기지국으로 MOB-SLP-REQ MAC 메시지를 전송하고, 기지국은 MOB-SLP-RSP MAC 메시지를 응답메시지로 전송하여 단말기의 Sleep-mode 천이시 필요한 파라미터를 전송한다. 이때 단말기는 상술한 바와 같이 Sleeping-interval을 결정하기 위한 initial-sleep-window value와 final-sleep-window value를 수신하고, 또한, Listening-interval을 위한 값을 수신한다. 현재, initial-sleep-window value와 final-sleep-window value는 frame 단위로 정의되어 있으며, Listening-interval의 구체적인 값은 아직 결정되어 있지 않다. 단말기가 최초로 Sleep-mode로 천이하

게 되면 최초의 Sleepin-interval은 initial-sleep-window value가 되며, 이 frame 기간동안 단말기가 Sleep-mode에 머무르다가 Listening-interval 동안 깨어나서 기지국이 전송하는 TRF-IND 메시지를 수신하게 된다. 이때 TRF-IND 메시지에 단말기의 ID가 Positive로 설정되어 있으면, 기지국이 단말로 전송할 패킷 데이터가 있다는 것으로 간주되어 Awake-mode로 남아서 기지국이 전송하는 패킷 데이터를 수신하게 된다. 그러나, Listening-interval 동안에 수신한 TRF-IND 메시지에 자신의 ID가 Negative(ID가 포함되어 있지 않은 상태, 즉 단말은 TRF-IND 메시지를 수신하여 자신의 ID가 없는 것을 확인한 상태)라면 Sleep-mode로 계속 남아있게 된다. 이와같이 Sleep-mode로 계속 남아있는 경우에는 이전 Sleeping-interval의 2배를 증가시킨 값을 Sleeping-interval(Sleeping-interval의 초기 값이 2 frame로 설정된 경우에는 두 번째 Sleeping-interval은 4 frame이 되며, 이후에는 8 frame, 16 frame, 32 frame 등으로 증가)로 설정하여 단말기의 전력소모를 감소하는 동작을 수행하게 된다. Sleeping-interval은 final-sleep-window value보다 작을 때까지 계속 반복 되어진다.

**다. Traffic indication signaling**

Sleep-mode에 존재하고 있는 단말기에게 기지국은 패킷 데이터 전송을 다시 시작하거나 또는 Sleep-mode로 단말기를 계속 동작시키기 위해서 TRF-IND 메시지를 Sleeping-interval에 맞추어서 Listening-interval 동안 전송한다. 기지국이 전송하는 TRF-IND 메시지에 특정 단말의 ID가 포함되어져 있으면, 단말기는 Awake-mode로 천이하게 되고, 그렇지 않은 경우에는 상술한 바와 같이 지수증가 알고리즘에 따라서 Sleeping-interval을 재설정하고 Sleep-mode에 계속 남아있게 된다.

그림 4는 전력소모 감소를 위한 IEEE 802.16e 단말기의 Sleep-mode 동작을 나타내고 있다. 그림 4에 나타낸 바와 같이 Listening-interval은 고정된 상태로 할당 되어지며, Sleeping-interval은 지수함수로 증가한다. 기지국이 전송하는 Sleep-response의 Start Time은 단말기의 Sleep mode가 시작되는 구체적인 Frame의 시이퀀스 번호를 나타내는 것으로서 단말기가 메시지를 수신하고 있는 현재의 frame은 시이퀀스 번호의 카운팅에서 제외된다.

표 2 IEEE 802.20 MBWA solutions

특 성		1.25 MHz Channel	5 MHz Channel
이동속도		~250 km/h	
스펙트럼 효율		1 bps/Hz/cell 이하	
Maximum Data Rate per User	Downlink	1 Mbps 이상	4 Mbps 이상
	Uplink	300 Kbps 이상	1.2 Mbps 이상
Maximum Data Rate per User per Cell	Downlink	4 Mbps 이상	16 Mbps 이상
	Uplink	800 Kbps 이상	3.2 Mbps 이상
Air Link MAC 프레임 RTD		10 ms 이하	
주파수 대역		3.5 GHz 이하	

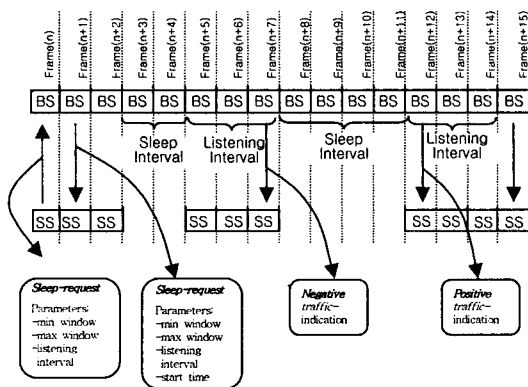


그림 4 Sleep-mode 동작의 예

### 3.2 IEEE 802.20 MBWA

IEEE 802.20 MBWA(Mobile BWA)는 2003년 1월 본격적으로 구성되어 새로운 시스템을 위한 표준화 문서 개발에 들어갔다. IEEE 802.16에서 Mobility를 제공하기 위해서 제기되었던 문제가 별도의 독립적인 WG으로 탄생하여 IEEE 802.20을 구성하였으며, 기존의 IEEE 802.16에서는 이와 별도로 Mobility를 제공을 위한 IEEE 802.16e가 진행중이다. IEEE 802.20에서는 Flarion, Arrycom 등이 기술적인 부분에서 가장 앞서 있으며, 별도의 PHY-MAC을 포함한 표준문서를 기준으로 표준화를 선도하려고 노력하고 있다. 2003년 7월 현재 구체적인 표준문서 개발은 시작되지 않았으며, IEEE 802.16e와 다른 서비스

를 제공하고, 향후 광대역 이동통신 시장을 선도할 수 있는 요구사항을 정리하고 있다. 또한, 향후 시스템 표준의 개발 후, 시스템의 성능을 가늠할 수 있는 Simulation 모델링 및 성능분석 방안 등을 논의하고 있다. 현재 IEEE 802.16e와 IEEE 802.20 표준 규격의 목적은 뚜렷하게 나타나 있지 않으며 단지, 기존 방식에 대한 업그레이드와 새로운 방식의 표준문서의 개발이라는 목적을 갖고 표준화가 진행되고 있다. IEEE 802.20 MBWA에서 요구하는 주요 기준은 표 2와 같다. 표 2는 1.25MHz BW와 5MHz BW를 기준으로 IEEE 802.20에서 요구하고 있는 주요 파라미터들을 나타내고 있다.

### 3.3 휴대 고속 인터넷 서비스

IEEE 802.16e 및 IEEE 802.20의 표준문서의 개발과 더불어 국내에서도 휴대 고속 인터넷 서비스 개발을 위한 본격적인 작업이 시작되었다. 국외에서의 표준화와 별도로 국내 단일 표준을 위해서 TTA 산하 PG05 휴대 인터넷 서비스 실무반이 신설되어 2003년 8월부터 본격적인 국내 표준문서의 개발을 준비중이다. 국내에서는 한국전자통신연구원(ETRI) 및 삼성전자 등에서 휴대 고속 인터넷 서비스의 실현을 위한 장비의 개발에 착수하였다. 현재 한국전자통신연구원에서 개발중인 휴대 고속 인터넷 서비스는 IEEE 802.16e 표준문서를 근간으로 한국형 시스템을 개발중이며, 2003년 7월 현재 IEEE 802.16e 표준 문서의 이동성 제공을 위한 표준문서의 개발이 완전히 종료



되지 않아서, 일부 개발을 위한 이동성 기능을 추가하여 시스템 개발을 진행하고 있다.

기본 요구 서비스로는 Web 브라우징 등과 같은 Best effort 서비스와 MPEG 서비스 등과 같은 스트리밍 서비스 및 FTP, SMS, MMS, Broadcast/Multicast 및 E-mail 등을 제공하는 비 실시간 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 표 3은 한국형

고속 휴대 인터넷 서비스를 위한 시스템의 주요 사양을 나타내고 있다.

### 3.4 기타 관련 기술

고속 휴대 인터넷 서비스 제공을 목적으로 국내외에서 활발한 표준화 문서의 개발이 이루어지고 있으며, 국외에서는 표준화 진행과 별도로 Arraycom의

표 3 한국형 고속 휴대 인터넷 서비스 제공을 위한 시스템

주요 기술	주요 사양
주파수 대역	2.3GHz - 2.4GHz
채널 대역폭	10MHz
다중화 기술	OFDMA
듀플렉싱 기술	TDD
변복조 기술	QPSK, 16QAM, 64QAM
채널 부호화 기술	CTC (Convolutional Turbo Code)
프레임 길이	5ms
이동속도	< 60Km/h
최대 데이터 전송율 (Downlink)	30Mbps (without MIMO)
	50Mbps (with MIMO)
최대 데이터 전송율 (Uplink)	8.64Mbps
기지구간 동기 기술	GPS
셀 영역	도심지역 : 1Km 미만
	기타지역 : 5Km 미만

표 4 고속 인터넷 서비스를 위한 국외의 기술현황

주요 기술	기술 방식			
	Flash-OFDM	i-Burst	Ripwave	BroadAir
업 체	Flarion	Arraycom	Navini	Broadstorm
주파수 대역	< 3.5GHz		0.7 - 3.4 GHz	2.5 - 2.6 GHz
다 중 화	FH-OFDMA	TDMA/SDMA	MC-CDMA	TDMA/OFDMA
듀플렉싱	FDD	TDD	TDD	TDD
채널 대역폭	1.25MHz	625KHz	5MHz	5MHz
최대 전송율	3.2Mbps	1.06Mbps	2Mbps	12Mbps
이동속도	< 120Km/h	< 30Km/h	< 70Km/h	< 80Km/h
셀 크기	< 4Km	< 1.6Km	< 수Km	< 수Km
기술수준	상용화 실험중		검증중	

i-Burst 기술, Flarion의 Flash-OFDM 기술, Navini의 Ripwave 기술 및 Broadstorm의 BroadAir 기술등이 독자의 시스템으로서 개발 되어졌거나 또는 현재 개발중에 있다. 위의 기술중 Arraycom과 Flarion은 독자의 시스템을 IEEE 802.20의 표준화에 반영시키려고 노력중이다. 표 4는 고속 인터넷 서비스를 제공할 수 있는 국외의 기술등을 비교하고 있다.

#### 4. 결론

본 고에서는 광대역 무선통신 시스템과 이동성을 제공하는 광대역 이동통신 시스템의 표준화 동향 및 기술적인 차이점 등을 설명하였다. IEEE 802.16, IEEE 802.16a, IEEE 802.16e 및 IEEE 802.20 등의 국외 표준화 동향과 시스템 규격과 국내에서 진행중인 한국형 휴대 고속 인터넷 서비스를 위한 시스템의 규격등을 타 시스템과 비교 설명하였다. 특히, 국내외적으로 많은 관심을 끌고 있는 IEEE 802.16e 시스템의 HO 기술과 단말기의 전력소모 감소를 위한 기술인 Sleeping mode 동작에 대해서 자세히 설명하였다. 항상 전력이 공급되어지는 기존의 고정형 광대역 무선통신 시스템에 이동성을 제공하여 새로운 모습으로 발전할 수 있는 가장 중요한 기능인 HO와 단말기 전력소모 감소 기술은 현재도 발전하고 있고, 앞으로도 이동통신 시스템의 가장 중요한 기술로 자리매김할 것이다.

현재 국내외 적으로 광범위하게 서비스되고 있는 3G 이동통신 시스템(cdma2000 1x 및 1xEV-DO)과 WCDMA 시스템의 보완형식으로 본 고에서 상술한 광대역 이동통신 시스템이 자리매김을 할지, 아니면 3.5G 또는 4G라는 대명사로 현재의 3G 이동통신 시스템 시장을 잠식할지 어느누구도 예측할 수 없는 상황이다. 아무튼, 현재의 CDMA 통신기술을 보완하거나 대변할 수 있는 또 다른 통신 기술(OFDM(A))로 전환할 수 있는 절호의 기회는 오고 있으며, 이는

CDMA 통신 기술에서의 한 특정 업체에 종속되어 왔던 한계를 벗어나서 새로운 통신 기술을 발전시키고 기술의 리더로서 자리매김할 수 있는 기회임에 틀림없다.

#### 참고문헌

- [1] IEEE Std 802.16-2001 "Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems"
- [2] IEEE P802.16a/D7-2002 "Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems Medium Access Control Modifications and Additional Physical Layer Specifications for 2-11 GHz"
- [3] IEEE 802.16e-03/07r2, "Part 16: Air interface for Broadband Wireless Access Systems- Amendment 4: Mobility Enhancement"
- [4] <http://www.ieee802.org/16>
- [5] <http://www.ieee802.org/20>

#### 구 창 회



1991 광운대학교 전자통신공학과(학사)  
 1993 광운대학교 전자통신공학과(공학석사)  
 1998 광운대학교 전자통신공학과(공학박사)  
 1998~2000. 8 삼성전자 통신연구소 IMT-2000 시스템개발그룹 선임연구원  
 2000. 8~현재 삼성전자 통신연구소 표준연구팀 책임연구원

관심분야 : CDMA 이동통신 시스템 MAC protocol 및 Signaling, OFDM 통신 시스템 MAC protocol, 이동통신 시스템 RRC, 4세대 이동통신 시스템  
 E-mail : chikoo@samsung.com

□ 부 록 □

약 어 정 리

- 1xEV-DO/1xEV-DV : 1x Evolution Data Only/  
Data and Voice
- AAS : Advanced Antenna System
- ARQ : Automatic Repeat Request
- ASA : Authenticatin and Service Authori-  
zation
- BE : Best Effort
- BS : Base Station
- BSHO-REQ : Basestation Handover Request  
MAC message
- BW : Bandwidth
- BWA : Broadband Wireless Access
- CDMA : Code Division Multiple Access
- DCD : Downlink Channel Descriptor
- DFA : Dynamic Frequency Allocation
- DL\_MAP : Downlink MAP MAC message
- FBWA : Fixed BWA
- FDD : Frequency Division Duplexing
- FFT : Fast Fourier Transform
- FSN : Fragmentation Sequence Number
- HO : Handover
- HO-IND : Handover Indication MAC mes-  
sage
- HO-REQ : Handover Request MAC messag
- HO-RSP : Handover Response MAC mes-  
sage
- IE : Information Element
- MAC : Medium Access Control
- MAN : Metropolitan Access Network
- MBWA : Mobile BWA
- MIMO : Multi Input Multi Output
- MMS : Multimedia Messaging Service
- MOB-SLP-REQ : Mobile Sleep Request MAC  
message
- MOB-SLP-RSP : Mobile Sleep Response MAC  
message
- MSS : Mobile Subscriber Station
- MSSHO-REQ : Mobile Subscriber Station  
Handover Request MAC  
message
- NBR-ADV : Neighbor Advertisement MAC  
message
- nrtPS : Non Real Time Polling Service
- OFDM : Orthogonal Frequency Division  
Multiplexing
- OFDMA : Orthogonal Frequency Division  
Multiple Access
- PDU : Protocol Data Unit
- PHY : Physical Layer
- REG-REQ : Registration Request MAC mes-  
sage
- REG-RSP : Regstration Response MAC  
message
- RNG-REQ : Ranging Request MAC mes-  
sage
- RNG-RSP : Ranging Response MAC mes-  
sage
- rtPS : Real Time Polling Service
- RTD : Round Trip Delay
- SCa : Single Carrier
- SCN-REQ : Scanning Request MAC mes-  
sage
- SDMA : Space Division Multiple Access
- SINR : Signal to Interference Noise Ration
- SMS : Short Message Service
- TDD : Time Division Duplexing
- TRF-IND : Traffic Indication MAC message
- UCD : Uplink Channel Descriptor
- UGS : Unsolicited Grant Service
- UL\_MAP : Uplink MAP MAC message
- WMAN : Wireless MAN