

U-City 환경에서의 차세대 디지털 방송·통신 기술

박 세 호* 백 중 호**

◇ 목 차 ◇

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| I. 서 론 | III. 유비쿼터스 방송·통신의 응용 사례 |
| II. U-City 환경에서의 차세대 디지털 방송·통신 기술 | IV. U-City 환경에서의 차세대 방송·통신 기술의 향후 전망 |

I. 서 론

21세기 전자정보 산업의 패러다임은 유비쿼터스 컴퓨팅의 등장으로 개인은 물론 기업까지도 시간과 장소에 구애됨이 없이 언제, 어디서나, 어떠한 네트워크에 상관없이, 어떠한 정보 기기를 사용하는 다양한 정보 서비스에 효율적이고 간편하게 접근하고 사용할 수 있게 되어 정치 및 사회, 문화 전반에 걸쳐 유비쿼터스 혁명이라는 또 다른 문명의 장을 마련할 것으로 예측되고 있다. 이런 가운데 정보통신 기술의 급속한 발전으로 예전에 가정에서만 즐길수 있었던 다양한 멀티미디어 서비스를 고속 이동시에도 서비스 받을 수 있는 태동기를 지나 성장기로 접어 들고 있다.

특히, 최근 놀라 만큼 빠른 속도로 자리를 잡고 있는 U-City 환경을 보다 완벽하게 구현하기 위해서는 U-City내 및 U-City와 U-City간에서의 유비쿼터스 방송 및 통신 기술을 적용할 수 있는 다양한 제약 요건을 정확히 파악하고 구축하고자하는 U-City의 목적에 맞도록 맞춤형 설계가 필수적으로 요구된다.

이러한 U-City 환경에 적용 가능한 새로운 시대를 주도적으로 이끈 것은 21세기초 유럽전역에서 이동 통신망을 이용하여 멀티미디어 서비스가 가능한 UMTS(Universal mobile telecommunications system)의 개발로 볼 수 있다. 이러한 UMTS 개발 성공을 토대로

많은 국가에서 해당 주파수 판매가 크게 활성화되었으나, 이를 상용화하는 과정에서 사용자들의 욕구를 충족시킬 만큼의 품질을 갖는 스트리밍 인터넷 서비스를 제공하기위한 광대역 주파수 대역폭 할당이 어렵다는 사실이 확인되었다.

이러한 문제를 해결하기위한 방안으로 이동 통신 분야에서도 Point-to-point 외에 Point-to-multipoint, 무선 인터넷 Access 기술도 고려할 필요성이 요구되어, 최근 저렴한 비용으로 고속 환경하에서 고속 데이터 전송이 가능한 차세대 이동 통신 기술들이 개발되고 있으며, 대표적인 방식으로 HSDPA(High Speed Downlink Packet Access), WiBro(Mobile WiMAX) 및 4G 등을 꼽을 수 있다.

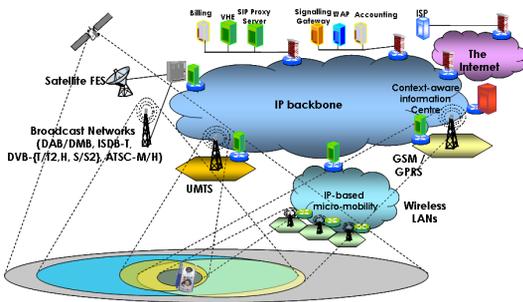
또 다른 방안으로 최근 지상과 디지털 방송 시스템이 이동 휴대형 수신 단말기에 고품질의 다양한 스트리밍 서비스를 제공하는 수단으로써 주목을 받게 되었으며, 대표적인 디지털 방송 시스템으로 디지털 라디오 기술인 DAB(Digital Audio Broadcasting)기반 DMB(Digital Multimedia Broadcasting), 디지털 텔레비전 기술인 DVB(Digital Video Broadcasting)기반 DVB-H(Handheld), ISDB-T(Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial), ATSC(Advanced Television Standard Committee)-M/H(Mobile/Handheld), DVB-T2(Terrestrial 2nd Generation) 및 Satellite DMB 등을 꼽을 수 있다.

앞서 언급한 차세대 이동 통신 기술과 차세대 디지

* 전자부품연구원 모바일단말연구센터

텔 방송 시스템을 각각 이용하여 많은 사용자들이 다양한 멀티미디어 서비스 이용이 가능하나, 최근에 들어 각각의 기술들이 융합하여 새로운 형태의 서비스를 창출하고 있는데 주목해야 한다. 그림 1에서는 U-City 환경에서의 차세대 방송·통신 융합의 네트워크 개념도가 보여진다. 그림 1에서 보는 바와 같이 다양한 방송 및 통신 네트워크가 공존하는 상황에서 방송 사업자, 통신 사업자, 콘텐츠 제공자, 생산업체, 광고주, 투자자, 일반사용자 등에 복잡하게 얽혀진 이해관계에 대해 모두를 적정한 수준에서 충족할 수 있는 방향으로 발전하고 있다.

본 논문에서는 서론에 이어, II절에서는 U-City 환경에서의 이동멀티미디어서비스 가능한 차세대 디지털 방송 기술과 차세대 광대역 고속 이동 통신 기술 소개하기로 한다. III절에서는 유비쿼터스 방송의 한가지 응용 사례를 소개하고, 마지막으로, IV절에서는 향후 U-City 환경에서의 차세대 방송 및 통신 기술의 융합의 발전 방향을 전망하기로 한다.



(그림 1) U-City 환경에서의 차세대 방송·통신 융합 네트워크 개념도

II. U-City 환경에서의 차세대 디지털 방송·통신 기술

1. Enhanced IMT-2000

3세대 이동통신 시스템인 IMT-2000 시스템은 단일 표준화의 글로벌 로밍, 2Mbps 데이터 전송, 이동멀티미디어 및 고품질 서비스 제공의 목적으로 시작되었으나, 단일 표준안 도출에 실패하여 유럽과 일본 중심이

주도하는 3GPP와 미국이 주도하는 3GPP2로 양분되었다. 3GPP에서는 GSM을 기반으로 하는 비동기 방식의 WCDMA 시스템의 표준을 개발하고 있으며, 3GPP2에서는 IS-95 동기 방식에서 진화한 cdma2000 시스템의 표준을 개발하고 있다. 그러나, 이러한 표준으로는 당초 IMT-2000 시스템에서 제공하고자 한 2 Mbps 서비스의 제공이 사실상 어려워 이를 보완하기 위한 별도의 표준화 작업이 논의되고 있다. 특히 향후의 이동멀티미디어 서비스에서 요구되는 트래픽은 하향링크가 상향링크에 비하여 높은 전송속도가 요구될 것으로 예상되기 때문에 비대칭형 서비스를 지원하는 시스템에 대한 표준화 규격작업이 이루어지고 있다.

이를 위하여 비동기 진영의 3GPP에서는 기존의 패킷전송 채널인 DSCH (Downlink Shared Channel)를 개량하여 패킷 데이터를 보다 효율적으로 전송할 수 있는 HSDPA의 표준화가 완료되어 2004년에 Rel. 5 규격이 발간되었다. HSDPA 기술은 기존의 DSCH에 AMC (Adaptive Modulation and Coding), H-ARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest), FCS (Fast Cell Selection), MIMO (Multiple Input Multiple Output), Stand-Alone DSCH 등의 기술을 적용하여 5MHz x 2의 대역폭에서 하향링크 최대 10 Mbps, 상향링크 최대 2Mbps의 데이터 전송률을 지원한다. 한편, 현재의 HSPDA의 성능을 개선하기 위하여 다중경로 채널에 강건하며, MIMO 및 beamforming 등 고급 안테나 기법의 적용이 용이한 OFDM 기법을 HSPDA에 도입하기 위한 논의가 진행 중이다. 이에 대한 규격이 완료될 경우에 서로 다른 두 가지의 물리계층을 통하여 5MHz 대역폭에서 CDMA 기반의 물리계층으로 저속의 전송률을 지원할 수 있으며, 5MHz 이상의 대역폭을 할당할 수 있는 사용자에게는 OFDM-HSPDA 혹은 MBMC (Multi-band/multi-carrier) 스펙트럼 할당을 통하여 고속의 전송률을 공급할 수 있다.

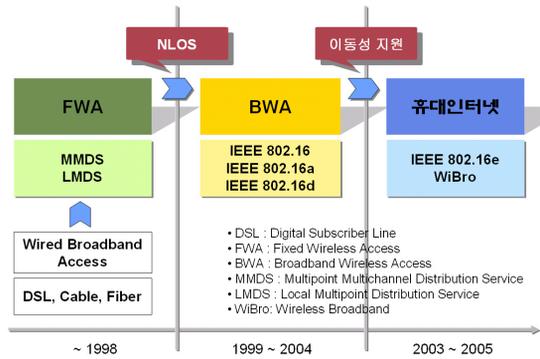
동기진영의 3GPP2에서는 cdma2000 1x를 개량하여 1x EV DO (EVolution Data Only)의 규격작업을 완성하였다. HDR (High Data Rate)로 알려진 1x EV DO는 하향링크로 최대 2.4 Mbps의 데이터를 전송하지만 음성은 지원하지 않고 cdma2000 1x에 backward compatibility를 제공할 수 없다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위하여 3GPP2에서는 데이터와 함께 음성을 지

원하는 1x EV DV (Data and Voice)에 대한 표준화 작업이 완료되어 2004년 2월에 하향링크 3.1Mbps, 상향링크 약 1.8Mbps를 지원하는 Rev. D 표준이 발간되었으며 현재 VoIP 등 1xEV-DV를 개선하기 위한 Rev. E가 논의되고 있다. 3GPP2의 1x EV DV에서도 3GPP HSDPA에서와 유사한 성능향상을 위하여 새롭게 적용한 AMC, H-ARQ, FCS, MIMO 등의 기술과 LAS (Large Area aSynchronization) 기술을 적용하였다.

2. WiBro (Mobile WiMAX)

먼저, 휴대인터넷과 관련하여 광대역 무선접속 기술의 진화 단계를 그림 3에서 도시한다.

국내의 휴대 인터넷 표준은 와이브로(WiBro: Wireless Broadband)로 불리우고 있는데 사용자가 이동하고 있는 상태에서도 고속 데이터 서비스가 가능하도록 하기 위해 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)이라는 신호 전송방식을 사용하고 있다. 또한, 여러 사용자가 동시에 인터넷 서비스를 받을 수 있도록 하기 위해 OFDM에 근간을 둔 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)라는 다중접속 방식을 사용하고 있다. 하향링크와 상향링크를 구분하기 위해 TDD(Time Division Duplex) 방식이 사용된다. OFDMA 심볼은 총 1024개의 부반송파로 이루어져 있으며, 데이터가 전송되는 데이터 부반송파, 채널 및 동기 등을 추정시 사용되는 파일럿 부반송파, 그리고 보호 밴드와 DC 부반송파가 포함된 널 부반송파로 구성된다. 보호 밴드의 목적은 OFDMA 신호의 스펙트럼이 'brick wall' 형태를 갖도록 하는 것인데, 좌우 다수개의 부반송파에 '0'을 전송함으로써 인접 주파수 대역에 간섭으로 작용하는 신호 성분이 작아지도록 하는 것이다. 각 부반송파들은 부반송파 하위 집합으로 나뉘고 각 하위 집합은 부채널로 명명된다. 하향링크에서 부채널은 여러 다른 수신기를 위한 것이며 상향링크에서 송신기는 하나 이상의 부채널에 할당되고 동시에 여러 송신기가 신호를 전송할 수 있다. 기본 시스템 변수는 5 msec 의 고정 프레임 구조로 설계되며, 표 1에 기본 시스템 변수를 나타내었다.



(그림 2) 광대역 무선접속 기술

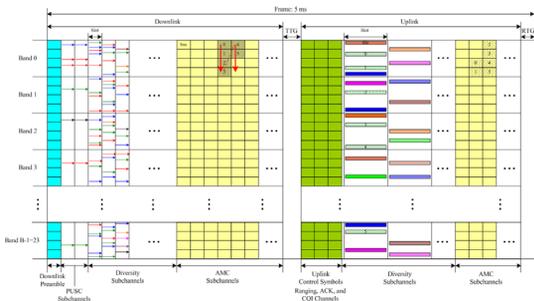
(표 1) WiBro 기본 시스템 변수

Parameters	Value
FFT size (N_{FFT})	1024
Nominal Channel Bandwidth (BW)	8.75 MHz (FA Spacing = 9 MHz)
Sampling frequency (F_s)	10 MHz
Sampling interval ($1/F_s$)	100 ns
Subcarrier spacing ($\Delta f = F_s/N_{FFT}$)	9.765625 kHz
Number of used subcarriers (OFUSC)	865
Signal bandwidth (OFUSC)	8.447 MHz
Basic OFDM symbol time ($T_b = 1/\Delta f$)	102.4 μ s
CP (cyclic prefix) ratio (G)	1/8
CP time ($T_G = G T_b$)	12.8 μ s
OFDM symbol time ($T_s = T_b + T_G$)	115.2 μ s
Frame length	5 ms
Number of symbols in a frame	42 OFDM symbols
TTG (Transmit/receive Transition Gap)	121.2 μ s (Phase I), *87.2 μ s (Phase II)
RTG (Receive/transmit Transition Gap)	40.4 μ s (Phase I), *74.4 μ s (Phase II)

하향링크 전송은 그림 3에서처럼 한 개의 프리앰블 심볼, FCH 및 DL-MAP, 데이터 심볼 순서로 시작된다. 상향링크는 제어심볼 전송부터 시작되며, 상향링크 전송 시간을 구분하기 위한 보호시간인 TTG와 RTG는 프레임 중간과 마지막에서 하향링크 및 상향링크 사이에 삽입된다.

하향링크 프리앰블은 초기 동기, 셀 탐색, 주파수 오프셋 및 채널 추정에 사용할 수 있다. 하향링크의 데이터 전송구간은 PUSC 부채널 구간과 다이버시티 부채널 구간 및 AMC 부채널 구간으로 나뉜다. PUSC 부채널은 두개의 심볼에 걸쳐 분산된 부반송파로 구성되고, 다이버시티 부채널은 동일한 대역에 있는 여섯 개의 인접한 빈으로 구성된다. PUSC 심볼, 다이버시티 심볼 및 AMC 심볼의 구성은 단말들의 채널 분포에 따라 기지국이 결정한다. 하향링크 후반부에 위치한 일부 심볼은 방송 서비스를 위해 사용할 수 있다. 상향링크의 처음 세 심볼은 레인징 채널, ACK 채널 및

CQI 채널에 사용된다. 상향링크에서 다이버시티 부채널을 구성하는 기본 단위는 타일이며 전체 주파수 대역에 분산된 세 개의 타일로 이루어진다. AMC 부채널을 구성하는 기본 단위는 빈이며, 하나의 AMC 부채널은 여섯 개의 빈으로 구성된다. 하향링크에서처럼 AMC 및 다이버시티 부채널의 구성 비율은 프레임마다 변경 가능하다. 하향링크의 첫 번째 심볼은 프리엠블이며 특정 PN 코드가 BPSK 변조되어 전송된다. 매 4번째 하향링크 프레임에서 마지막 OFDM 심볼은 공용 동기 심볼로 사용할 수 있다. 기지국에서는 안테나 0을 통해 공용 동기 심볼을 전송한다. 와이브로에서는 다중 안테나를 사용한 시공간 처리 (STP: space time processing) 기술을 옵션으로 사용할 수 있다. 시공간 처리 기술은 다수개의 안테나를 가진 기지국에서의 하향링크에 적용되어 전송 다이버시티를 통해 신호의 신뢰도를 증진시키게 되며 또한 송수신 양측에 다수개의 안테나를 사용하는 공간 다중 기법을 통해 주파수 효율성도 증가시키게 된다. 규격에서는 2개의 혹은 4개의 송신 안테나 시스템이 고려된다. 본 절에서는 휴대 인터넷을 개략적으로 살펴보았다. 휴대 인터넷은 지금까지 경험한 인터넷 서비스 환경과는 차원이 다른 “이동중”이라는 새로운 차원의 서비스 사용 환경을 제공하게 될 것이며, 그 결과 지하철에서 스포츠 신문이나 책을 읽는 사람, 하릴 없이 창밖을 바라보는 사람, 차창에 머리를 기대고 자는 사람들의 모습은 점차 사라지고 저마다의 단말기를 손에 들고 열심히 정보의 바다를 항해하는 사람들의 모습을 쉽게 찾아볼 수 있을 것이다.

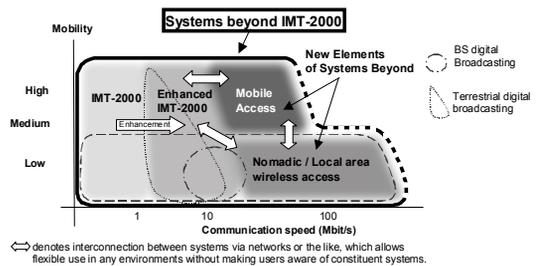


(그림 3) WiBro 프레임 구조

3. 4G

ITU-R WP8F는 이러한 IMT-2000의 기능강화를 위하여 IMT-2000 Enhancement 시스템과 Beyond IMT-2000 시스템에 대한 논의를 진행하고 있으며, 2000년 3월 결성되어 현재 활발한 활동 중에 있다. 그림 4는 2002년 3월에 열린 7차 회의에서 협의된 Beyond IMT-2000 시스템 관련 Communication Speed vs. Mobility의 내용을 보여 준다. Beyond IMT-2000 시스템 핵심기술은 이 그림에서 Mobile Access라고 정의된 옥외에서 고속 이동 중의 고속 데이터 전송 기술과 Nomadic/Local Area Wireless Access라고 정의된 옥내·외에서 저속 이동 중 초고속 데이터 전송이 가능한 무선 LAN 및 BWA (Broadband Wireless Access) 기술로 구성되어 있다. WP8F에 기술된 Beyond IMT-2000 시스템의 요구사항을 요약하면 다음과 같다.

- 고속 데이터 전송, 속도에 따른 가변 전송률 (100Mbps for Mobile Access, 1Gbps for Nomadic/Local Area Wireless Access)
- IP 기반의 무선 접속, QoS 지원
- 이종 시스템(IMT-2000, 무선 LAN, BWA, 위성, 방송) 간의 seamless 서비스 지원에 의한 global roaming 지원
- 다중 모드 지원, 대칭/비대칭 서비스 지원



(그림 4) Beyond IMT-2000 시스템에서의 Communication Speed vs. Mobility

4. ATSC-M/H

ATSC-M/H는 차세대 복귀 모바일 DTV 표준으로서 미국, 캐나다, 멕시코, 온두라스, 한국에서 사용되고 있

는 기존 ATSC 디지털 지상파 방송규격에 추가적으로 모바일 DTV 서비스가 가능하도록 설계된 기술이다. 기존의 ATSC 방식은 유럽의 디지털 방송인 DVB(Digital Video Broadcasting)-T에 비하여 우수한 화질을 제공할 수 있어 많은 논란에도 불구하고 국내 디지털 방송 규격으로 도입되었으나, 전력소비와 이동성 지원 문제로 모바일 방송에 적용하기 어려운 단점이 있었다. 이에 ATSC는 현재 지상파 디지털 TV 방송용으로 할당된 주파수를 그대로 사용하면서 기존 디지털 TV 서비스에는 아무런 영향을 주지 않고, 최소한의 추가 투자만으로 모바일 TV방송을 가능하게 하자는 목적 아래 2007년 4월부터 본격적으로 ATSC-M/H 표준화 작업을 추진하였다. 2007년 5월에 발표된 기술규격 제안요청서에 따라 10개의 시스템이 제안되었으나, 국내 기업인 삼성전자와 LG전자에서 제안한 방식이 최종까지 남아 경합하다가 2008년 5월 두 회사가 ATSC-M/H 기술규격을 공동 개발해 ATSC에 제안하기로 전격 합의한다. 2008년 12월초에 삼성전자와 LG전자 주도의 통합 규격안이 ATSC에 상정되었으며, 2009년 상반기에 표준화가 완료될 예정이다. 그리고 2009년 하반기에 지상파 TV방송사 중심의 모바일 TV 연합체인 OMVC 소속의 FOX 및 NBC 등 일부 방송사가 미국내 시범서비스를 실시할 예정이다.

ATSC-M/H는 6MHz 대역폭을 통해 19.36Mbps의 전송률을 지원할 수 있는 북미 디지털 방송규격에서 15~17Mbps의 HD 콘텐츠 전송 시 생성되는 여유 공간(null packets)에 CIF(352x288)급 또는 VGA(640x480)급 모바일 콘텐츠를 추가하여 전송하는 기술로 최대 120km/h의 이동속도를 지원한다. ATSC-M/H 서비스는 기존의 DTV 주파수를 활용하기 때문에 별도의 주파수가 필요 없으며 또한, 기존 지상파 DTV와 호환성을 유지하면서 기존 방송장비를 활용할 수 있어 투자를 최소화할 수 있는 혁신적인 기술이다.

ATSC-M/H의 기술적인 특징을 살펴보면, 기존의 ATSC를 기반으로 이동성을 지원하기 위한 다양한 기술들이 적용되었다. 고속의 이동환경에서 시변채널을 추정하기 위한 훈련신호(training sequence), 수신 성능을 극대화하기 위한 RS(Reed-Solomon)/SCCC(Serial Concatenated Convolution Code) 채널부호화, 그리고 저전력 이동수신을 지원하기 위한 타임-슬라이싱(time

slicing)기술 등이 채택되었다. 또한, DVB-H가 100-200ms의 인터리빙을 수행하는데 반해 ATSC-M/H는 1초동안 인터리빙을 수행한다. ATSC-M/H는 다중화기와 모듈레이터를 GPS를 통하여 동기화함으로써 SFN(Single Frequency Network)를 지원한다. 비디오 코덱은 H.264가 적용되어 기본적으로 CIF급 비디오 해상도를 지원하며 비실시간 모드の場合에 VGA 480p 비디오 해상도를 지원한다. 오디오의 경우 기본적으로 스테레오(2채널)를 지원하며 5.1채널 서라운드까지 지원가능하다.

ATSC-M/H를 통한 서비스 모델로는 광고기반 무료 TV와 정액제 모바일 TV, 주문형비디오(VOD), 편당유로시청 등 유료 서비스(PPV:Pay-per-View), EST(Electronic Sell-through), 데이터캐스팅(Datacasting), 쌍방향 TV 및 비실시간 콘텐츠 다운로드 등 데이터 서비스가 주요 서비스로 제공될 계획이다.

ATSC DTV 시스템은 전세계 DTV 시장의 50% 이상을 차지할 정도로 거대 시장을 형성하고 있다. 또한, 북미 모바일 DTV 시장은 2008년 24억 달러, 2010년 41억 달러로 급성장하는 추세에 있으며, 2008년 Atlas Research에 따르면 2009년 7월부터 미국에서 ATSC-M/H 서비스가 본격적으로 시작될 경우에 2010년까지 최소 가입자가 2400만 명에 이를 것으로 추산된다. 방송장비 시장은 미국 내에서만 약 6400억원 규모의 시장이 형성될 것으로 예상된다. 본격적으로 도입을 진행 중인 북미시장 이외에 ATSC-M/H 방식 도입을 검토 중인 중남미 등에 새로운 시장이 창출될 것으로 기대된다. ATSC-M/H 시스템은 DVB-H 및 MediaFLO 등 타 경쟁기술에 비하여 구축비용 및 유지 보수 비용이 저렴하기 때문에 저렴한 가격으로 서비스가 가능해 전세계 모바일 TV 시장의 활성화에 기여할 것으로 전망된다.

5. DVB-T2

유럽 연합은 아날로그 방송이 종료되는 시점에서 회수되는 방송 주파수를 보다 효율적으로 이용하고자 기존 20세기에 개발된 디지털 방송인 DVB(Digital Video Broadcasting)를 새롭게 향상시키기 위한 논의가 2006년 초부터 시작되었다. 특히, 지상파 방송에서 중

점적으로 논의된 사항은 기존 DVB-T의 전송 한계인 SD(Standard Definition)급에서 HD(High Definition)급으로 보다 많은 데이터를 보낼 수 있게 전송 효율을 높이는 것이다.

유럽의 1세대 지상파 디지털 방송 방식인 DVB-T는 OFDM기술을 사용하여 미국의 ATSC 방식에서 사용하는 VSB(Vestigial Side Band)기술보다 이동특성에서 상대적으로 우수한 장점이 있지만, 이동성의 한계와 HD급을 지원하는 규격보다는 화질이 떨어지는 SD급 방송 규격이다. 그런데, 최근에 들어서는 이동 환경에서의 TV 방송에 대한 수요가 급격히 증가하는 추세로 이를 반영하기 위해 DVB-T의 추가 확장규격으로 노키아에서 제안한 DVB-H, DVB-S와 DVB-H를 결합한 DVB-SH가 만들어지게 되었다. 그러나, 기존의 DVB-T 기술을 기반으로 한 규격 확장만으로는 태생적으로 갖고 있는 주파수 대역 효율과 다양한 서비스 방식에 대한 지원 등의 한계가 있어 보다 높은 효율성을 갖는 완전하고 새로운 규격인 DVB-T2가 탄생하게 되었다.

차세대 디지털 지상파 TV 표준인 DVB-T2는 ASO(Analogue Switch-Off; 아날로그 방송을 중단하고 디지털 방송으로의 전환: 2009-2012)시점을 고려하여 유럽의 DVB 프로젝트 그룹에서 2008년 정식 규격으로 승인한 지상파 TV 방송 시스템으로 오디오, 비디오, 데이터 서비스를 고정형 셋톱박스는 물론 휴대 이동형 기기(휴대폰, PMP, 내비게이터 등)의 모든 응용 플랫폼에 적용이 가능하며, 이론적 한계치에 근접하는 최적의 주파수 효율성을 갖도록 설계되어 최대 3개 HD급 고화질 방송이 동시에 전송 가능하다.

표준화 및 상용화 추진 현황을 살펴보면, DVB-T2는 2006년 2월부터 검토되기 시작했으며 2007년 6월부터 2008년 3월까지 전세계 40개 회사 70여명이 참석하는 기술 토론이 진행되었으며, 한국에서는 삼성전자와 LG 전자가 참여하였다. 2008년 6월 DVB는 BBC, 노키아, 삼성 등 6개사가 참가해 작성한 규격을 최종 승인하였으며, 현재 유럽 표준 기구인 ETSI가 최종 DVB-T2 규격을 작성중에 있으며, 2009년 3월 완료될 예정이다. 2008년 6월 영국에서 초기 필드 테스트를 시작했으며 12월에는 영국의 BBC, 이탈리아의 라이(RAI), 핀란드의 노키아, 스웨덴의 테라콤(Teracom) 등의 회사가 1차 필드 테스트를 진행하였다. 특히, 영국 BBC는 2009년

11월 DVB-T2 상용 서비스를 계획하고 있어, DVB-T2 방식의 상용화 성공 여부에 대한 많은 관심이 집중되고 있다. 현재, 유럽, 아프리카, 남미 등의 주요 국가에서는 디지털 TV 규격으로 DVB-T를 사용하고 있으며 미국형 ATSC를 사용하던 나라들도 2세대 디지털 TV 규격으로 DVB-T2를 고려하고 있다.

기술적인 특징을 살펴보면, DVB-T2는 전송효율과 수신 성능을 극대화하기 위해 BCH/LDPC 채널부호화, 256 QAM 변조, 성좌도 회전(constellation rotation), 송신 다이버시티(transmit diversity) 등의 고도화된 기술을 채택하여, 기존 DVB-T 대비 최소 30% 이상의 용량을 개선하였으며 단일주파수망(SFN) 기능도 향상시켰다.

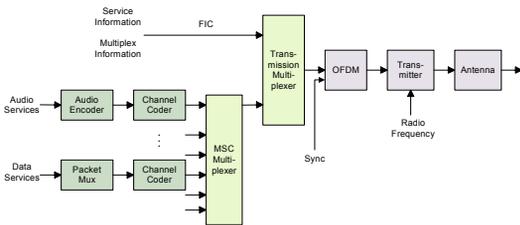
시장 전망으로는 DVB-T2의 목표시장인 세계 디지털 지상파 TV 수신기 시장은 2008년 ABI 조사 자료에 따르면 2007년 6,500 만대에서 2013년에는 35,000만대로 연평균 32% (CAGR)의 지속적인 성장이 예상된다. 특히, 2007년 판매 대수를 기준으로 디지털 TV와 디지털 셋톱 박스 시장은 전체 시장의 85% 정도를 차지하면서 향후 디지털 지상파 TV 수신기 시장의 성장을 견인할 것으로 보인다. 전 세계적으로 아날로그에서 디지털로 전환에 따라 다양한 방송 규격들이 제안되고 있는 시점에서 전 세계 디지털 TV 가입가구수의 30% 이상을 차지하고 있는 유럽의 차세대 디지털 이동 방송 규격인 DVB-T2를 개발·제공함으로써, 이 기술이 상용화 될 경우, 유럽을 비롯한 해외 관련 업체들을 대상으로 한 예상 수출 효과는 2012년 까지 약 2000억 원에 달할 것으로 예상되며, DVB-T2의 목표시장 중 하나인 이동 TV 단말기 시장은 2006년 970만 대에서 2007년 3,690만대로 3배 이상 성장하였으며 2011년에는 2억 1,540만대에 이를 것으로 예측하고 있다.

6. DAB기반 DMB

DMB의 기반이 되는 DAB는 Eureka-147 또는 Digital System A로도 불리고 있으며, ITU-R에서 초단파/극초단 파대 지상파 및 위성 디지털 음성방송으로 기존의 아날로그 FM 방송을 대체하기위한 디지털 방송 시스템으로 CD수준의 고품질 오디오 방송 및 부가 데이터와 멀티미디어 서비스가 가능하도록 차량용, 휴대용, 고정수신용으로 권고하고 있다. 유럽에서는 1986년 프

랑스, 독일, 네덜란드 등이 공동 참여하는 Eureka-147 프로젝트가 스톡홀름 유럽연맹(EC) 각료회의에서 결정되었으나, 실질적인 활동은 1988년부터 시작되었다.

DAB는 디지털 변조방식으로 지상파에서의 다중 경로 페이딩에 강건한 COFDM(Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 사용하며, 1.5 MHz의 전송 대역폭을 사용하여 단일 송신기로 고품질의 스테레오 오디오와 데이터를 다중화시켜 방송할 수 있으며, 수신도 간단한 휘(Whip) 안테나로 가능할 뿐만 아니라 도심지 등의 다중경로가 많은 조건에서도 잡음 발생 없이 우수한 성능을 발휘한다. 그림 5와 같은 DAB 송신 블록도를 보면 각각의 서비스 신호는 개별적으로 오디오 부호화기를 거친 후 오류방지를 위한 부호화된 후 시간영역 인터리버를 거친다. 인터리빙된 각각의 음성 서비스 신호들과 일반 데이터들은 다중화 되어 주 서비스 채널(MSC: Main Service Channel)로 합쳐진다. 다중화 된 신호는 고속정보채널(FIC: Fast Information Channel)로 전송되는 다중화배열정보(MCI: Multiplexing Configuration Information)와 서비스정보(SI: Service Information)와 함께 주파수 인터리버를 통과한다. FIC로 전송되는 정보는 시간 지연을 허용하지 않기 때문에 시간영역 인터리버를 통과하지 않는다. 주파수 인터리빙된 비트열은 DQPSK(Differential Quaternary Phase Shift Keying) 심볼로 맵핑된 후 IFFT를 통해 OFDM 심볼이 생성된다. 여기에 동기를 위한 심볼이 추가되어 최종적으로 DAB신호가 얻어진다.

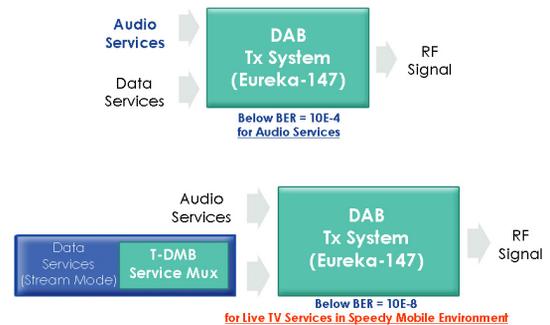


(그림 5) DAB 송신 블록도

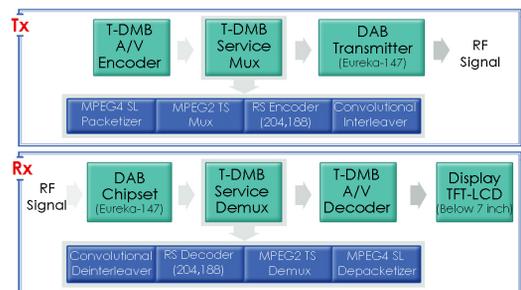
DAB에서 제공하는 서비스는 크게 오디오 서비스와 데이터 서비스로 분류할 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 DAB는 아날로그 FM을 대체할 수 있는 디지털라디오방송 개념에서 출발한 이유로 고효율 음성 부호화

인 MPEG 계층 II를 사용하는 오디오 서비스를 기본으로 설계되어, 그림 6에서 보여지는 바와 같이 안정적인 오디오 서비스에 초점을 맞추어 비트오류률을 10E-4이하를 목표로 하였다.

그러나, DAB기반으로 데이터서비스를 사용하여 동영상과 같은 멀티미디어를 전송하기 위해서는 비트오류률이 10E-8이하가 요구되기 때문에 동일한 DAB 송신 시스템을 사용할 경우에는 추가적인 신호처리 기술이 필수적으로 요구되었다. 그림 7에서 보는 바와 같이 DAB기반 DMB의 핵심 기능 블록으로 MPEG4 BSAC(Bit Sliced Arithmetic Code) 부호를 사용하는 오디오와 H.264 부호를 사용하는 비디오 및 MPEG4 BIFS를 사용하는 데이터의 동기 및 최적 전송을 위한 MPEG4 SL(Sync Layer) Packetizer, MPEG2 TS(Transport Stream)와 오류에 보다 강인하도록 추가된 RS(Reed Solomon), Convolutional 인터리버를 사용하게 된다. 수신 측면에서 본다면 송신의 역순으로 볼 수 있으며, MPEG4 SL Depacketizer후에 오디오와 비디오의 싱크를 맞추는 기능이 반드시 추가되어야 한다.



(그림 6) DAB와 DAB기반 DMB의 송신 개념도



(그림 7) DAB기반 DMB의 추가 기능 블록도

7. DVB기반 DVB-H

DVB-T(Terrestrial)는 1990년도 중반 개발되어 지붕 위 안테나를 사용하여 휴대 및 고정 수신이 가능하며 수신기 개발 가격을 크게 염두에 두고 설계되어 수신기의 단가를 낮추기 위해서 이동수신에 용이한 Time Interleaving을 사용하지 않고, DVB-S(Satellite)에서 사용하는 오류정정 방식을 채택하였다. ACTS-MOTIVATE (1998-99), MCP (2000-2001), CONFLUENT (2002-2003) 등과 같이 EU가 지원하는 여러 과제를 통해 DVB-T는 이동 휴대 수신을 위해 검토되었으며, 수신기를 최적화하여 2개의 안테나를 사용하는 다이버시티 수신 기술을 이용하여 열악한 상황에서도 DVB-T의 고속 이동 수신을 가능한 결과를 얻었다. 이러한 시기에 Nokia와 같은 휴대폰 제조사는 이동 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 DVB-T를 사용한 대용량 멀티미디어 서비스에 큰 관심을 표명하였다. 즉, 휴대폰 사업의 가치사슬 모형에 아직까지 포함되지 못했던 텔레비전 서비스에 대한 동기부여 요소로 작용한 것이다.

그러나, DVB-T의 이동성 실험을 실시하는 중 다른 이동 멀티미디어 응용 서비스의 적용 가능 여부에 의문이 제기되었으며, DVB-T가 휴대폰 방송용으로는 취약점이 있다는 점을 조기에 발견하여, DVB-T를 기반으로 한 휴대용 기기를 위한 새로운 DVB 표준을 마련하게 되었다. 이것이 바로 DVB-H이다. DVB-H는 작은 디스플레이를 지닌 소용량 배터리로 동작하는 이동 단말기를 구현 대상으로 하나의 안테나를 사용해 실내 휴대 이동 환경에서 멀티미디어 서비스를 제공받을 수 있어야 한다.

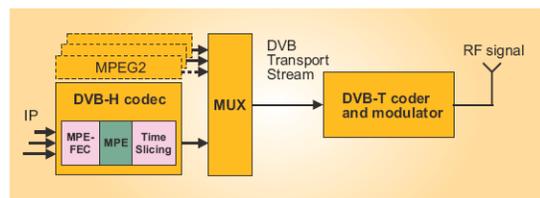
DVB-H는 DVB-T 표준에 기반으로 DVB-T와 대부분 호환 가능하나, 작고, 가볍고, 휴대형이고, 배터리로 동작되는 단말기들의 성질을 고려하였다. DVB-H는 거의 모든 일반 단말기에서 수신 가능한 고속 Downstream 채널을 지원함으로써 이동통신 네트워크를 개선시킨다. 따라서, DVB-H는 전통 방송 시스템과 Cellular 라디오 네트워크 세계 사이에 다리를 놓아주는 역할을 하게 된다. DVB-H가 제공하는 광대역, 고속 Downstream 채널은 Mbps대에 달하는 데이터 전송률을 지원하며, 이는 오디오/비디오 Streaming, 파일 전송과 같은 다양한 서비스 응용을 가능하게 한다. 이 시스템은 휴대형 단말기에 서비스를 새로운 방식으로

배포할 수 있게 하여 콘텐츠 제공자와 네트워크 운영자에게 다양한 가능성을 제시할 수 있다.

DVB-H는 물리계층을 포함한 가장 낮은 프로토콜 계층까지 정의하며, 디지털 변조방식으로는 앞서 DAB 기반 DMB와 DVB-T와 같은 COFDM를 동일하게 사용한다. DVB-T의 문제점으로 알려진 과도한 수신 전력 소모를 해결하기위해 여러 멀티미디어 서비스를 Time-multiplexed 전송에 근거를 둔 절전 알고리즘으로 Time Slicing을 사용하며 배터리 절약에 매우 효과적이다. 또한 하나의 수신 단위로 수신기가 네트워크 Cell 사이를 이동한다면 Soft Handover도 가능하다. 그림 8에서 DVB-H 구성 코덱과 DVB-T 송신 블록도가 보여진다.

수신 환경에 열악한 환경을 위해 Link 계층에 오류 보호 기능으로 Reed-Solomon (RS) 코드와 Block Interleaver로 구성된 MPE-FEC(Multi-Protocol Encapsulation Forward Error Correction)이 추가되었으며, 이는 기존의 DVB-T Channel Coding 위에 다시 Channel Coding을 함으로써 Time Interleaving 기능을 어느 정도 제공하며, MPE-FEC를 사용할 경우 DVB-T 보다 7 dB 정도 Gain이 발생한다. DVB-T 전송 네트워크와의 호환성을 위해 관련된 모든 데이터 처리는 Transport Stream Interface 이전에 이루어진다.

Multiplex에 포함된 DVB-H Elementary Stream의 파라미터 Signaling은 DVB-T 표준의 Transmission Parameter Signaling (TPS) 채널에 대한 확장을 사용한다. TPS는 별도의 정보 채널을 생성하여 수신기에게 튜닝 Parameter를 제공한다. TPS 채널의 새로운 요소들은 Multiplex 내에 Time Slice된 DVB-H Elementary Stream이 존재하는지에 대한 정보와 MPE-FEC 보호가 최소한 하나의 Elementary Stream에 사용되고 있는지에 대한 정보를 제공한다.



(그림 8) DVB-H 구성 코덱과 DVB-T 송신 블록도

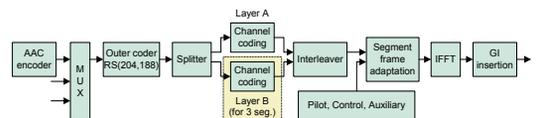
8. ISDB-T

일본의 경우, 지상파 디지털 방송 시스템으로 유럽이나 미국과는 달리 오디오와 비디오를 구분하지 않고 개발에 착수했으며, 기존의 라디오 방송을 대체한다는 의미에서 디지털 음성 방송이라고 구분하였다. 1989년 우정성(현재 총무성에서 우정성의 기능을 통합함)과 NHK가 참여한 이동체 음성 방송 연구회를 구성하고, 1994년부터 TTC(Telecommunication Technology Committee)의 주도하에 세계적인 추세에 맞추어 오디오, 비디오 및 데이터 서비스가 가능한 디지털 라디오 방송에 대한 기술적인 검토를 시작하였다. 1995년 유럽의 디지털 텔레비전 방식인 DVB-T와 유사하고 대역폭 가변이 가능한 BST(Band Segmented Transmission)-OFDM 방식에 기초한 디지털 오디오 및 TV 통합 방식으로 ISDB-T(디지털 오디오 및 TV 통합 방식)라고 함)을 개발하였다. 1998년 9월 ARIB에서 ISDB-T가 잠정 표준 방식으로 승인된 후, 즉시 실험 방송을 실시하여 1999년에는 지상파 디지털 방송에 대한 기술적 조건의 만족 여부를 ARIB에 제출하였다. 현재, 총무성에서는 지상파 비디오 방송 보다 먼저인 2003년에 디지털 음성 방송에 대한 본 방송을 실시하기 위하여 방송 사업자를 모집하고 있는 중이다. ISDB-T의 가장 큰 특징으로 OFDM 기반의 이동중 안정된 수신과 더불어 여러 환경에 대응할 수 있는 오류 정정 부호 및 등화 방식의 사용이 가능하다. 또한, 다양한 멀티미디어 서비스가 가능하며, 비디오의 경우 국제 시스템 표준인 MPEG-TS(Transport Stream)를 사용하기 때문에 국제 신호의 정합에도 효율적으로 대응 가능하며, 기술적인 모든 면에서 앞으로 상당히 주목 받는 기술이 될 것으로 전망된다.

현재 일본 정부와 방송사의 적극적인 노력으로 일본내 상용화 후, 중남미 국가를 전략지역으로 선정하여 2007년 12월부터 브라질에서 상용 방송을 시작하였으며 올해 상반기에는 아르헨티나에서도 상용 방송이 시작될 예정이다. 또 다른 중남미 국가에서 시험 방송을 추진하고 있어 추가로 상용 방송 국가가 늘어날 가능성이 매우 높다.

ISDB-T는 앞서 언급한 바와 같이 오디오와 TV 서비스가 모두 가능하도록 설계된 방식이며, 오디오 서

비스를 위해 협대역 ISDB-T가 정의되어 있다. 이는 약 430KHz(1 세그먼트) 혹은 1.3MHz(3 세그먼트)의 두 가지 대역폭을 사용할 수 있으며, 오디오 압축 부호화 방식으로 MPEG-2 AAC를 사용하여 144Kbps 정도로 CD 수준의 음질을 제공한다. 따라서, 하나의 세그먼트를 사용하는 경우에 비교적 주파수 효율이 낮은 변조 방식을 사용하고 내부 부호(inner code)의 부호율을 낮추더라도 CD 음질 수준으로 3개의 오디오 서비스가 가능하다. 오류 정정을 위해 내부 부호로 길쌈 부호를 사용하고 외부 부호(outer code)로 RS(Reed-Solomon) 부호를 사용하며, 시간 및 주파수 인터리빙을 사용한다. 변조 방식으로는 QPSK, DQPSK, 16-QAM, 64-QAM을 사용한다. 그림 9는 협대역 ISDB-T의 송신 시스템 블록도를 나타내고 있다.



(그림 9) 협대역 ISDB-T의 송신 시스템 블록도

9. Satellite DMB

CDM 기반의 디지털 라디오 방송은 일본의 ARIB(Association of Radio Industries and Business)에 의해 최초로 제안되었으며 현재 ITU-R의 권고안 BO.1130에 위성 방송을 위한 새로운 방식으로 추가하기 위한 일련의 작업들을 진행하고 있다. 여기에서는 CDM 방식을 Digital System E로 명명하고 있다.

ITU-R BO.1130에 포함되어 있는 Digital System E를 바탕으로 CDM 방식의 디지털 라디오 방송을 살펴본다. Digital System E는 위성 방송을 목표로 하고 있기 때문에 기본적인 전체 시스템 구조는 지상 송출국(feederlink earth station), 방송용 위성(broadcasting satellite), 두 가지 종류의 지상파 gap-filler, 휴대용 수신기, 고정 수신기, 차량용 수신기로 구성되어 있다. 먼저 지상의 송출국에서 FSS 상향링크(Ku-band: 12 - 16 GHz)를 사용하여 geostationary 위성에 방송 신호를 송출하고 위성은 Ku-band 또는 S-band(2.6 GHz)을 사용하여 지상의 수신기에 방송 신호를 전송한다. 위성 과 지

상 수신기 사이에 빌딩 같은 커다란 장애물이 있어 직접파가 존재하지 않게 되면 음영 효과에 의해 수신 신호의 품질이 크게 저하되는데 이러한 왜곡을 극복하기 위해 두 가지 방법을 사용한다. 첫 번째는 큰 크기의 인터리빙을 사용하여 연접오류(burst error)를 충분히 긴 시간동안 분산시켜 오류정정 부호의 정정 능력을 최대화 시키는 것이다. 두 번째는 gap-filler를 사용하는 것이다. Gap-filler는 빌딩의 옥상 등에 설치되어 있어 위성으로부터 신호를 직접 수신하여 음영 현상이 발생하는 지역에 재 송신하는 중계기 역할을 하며 단순히 신호를 증폭하여 전송하는 형태와 주파수 대역까지 변환하여 전송하는 형태가 있다. 첫 번째 형태의 gap-filler는 수신 대역과 송신 대역이 동일하므로 송·수신 안테나 사이의 커플링을 방지하기 위해 저이득 증폭기를 사용하며, 수신기에 직접파를 송신할 수 있는 경우 약 500 m 거리 이내의 지역을 서비스할 수 있다. 두 번째 gap-filler는 반경 3 km의 넓은 지역을 서비스한다. 그런데 gap-filler를 사용하여 직접파를 송신하는 경우에도 다중 경로 채널에 의한 다중 경로 페이딩이 존재하게 된다. 다중 경로 채널은 전송 신호 사이에 심볼간 간섭을 발생시켜 수신 신호를 왜곡시키지만 CDM 방식에서는 수신단에서 레이크 수신기를 사용하여 이 왜곡을 극복하고 있으며, 여기에 수신단에서 안테나 다이버시티를 사용하여 수신 성능을 향상시킨다. 국내에서는 TU미디어가 2005년 4월 개국하여, 5월부터 상용 서비스를 시작하였으며, 현재 비디오 7채널, 오디오 20채널이 제공되고 있고 향후 비디오 14채널, 오디오 24채널 제공을 목표로 하고 있다.

Ⅲ. 유비쿼터스 방송·통신의 응용 사례

앞서 언급한 바와 같이 21세기 들어, 방송과 통신의 비약적인 기술 발달을 통해 2003년 미국과 이라크와의 전쟁이 진행되는 과정은 마치 운동 경기를 중계 방송하는 것처럼 생생하게 우리의 안방으로 전달되었다. 미군과 영국군이 비행기로 이라크의 주요시설을 폭격하여 목표물을 파괴하는 광경이나, 병사들이 탱크를 타고 혹은 도보로 이라크 도시들을 누비면서 총격전을 벌이고 직접 관측한 장면들이 텔레비전을 통하여 중계

되면서 시청자들을 실감나게 이라크 전쟁 상황을 시청할 수 있었다. 이것은 조종사나 병사들이 직접 촬영한 장면을 우리가 볼 수 있었기 때문이다. 실제로 비행기 조종사는 헬멧에 부착된 디스플레이 장비를 비롯한 각종 전자 장비를 착용하기 때문에, 그들의 시야에는 이라크 시가지나 목표물이 보이면서 동시에 고도의 이동통신망 통해 본부에서 보내주는 각종 정보가 함께 보여지게 된다. 이는 증강현실(augment reality) 기술을 이용한 장비들을 활용함으로써 인공위성, 컴퓨터 등에서 제공되는 정보들을 바탕으로 하여 이라크와 같이 조종사에게 생소한 지형에서도 정확한 폭격이 가능했던 것이다. 일반 병사들도 개인용 무선 통신 장비를 사용하면서 교전하고, 전체적인 전투 상황을 파악하고 있는 중앙 통제 본부의 지휘를 받으면서 효율적으로 임무를 수행하였다. 그들의 전투 상황도 전투모 위에 부착된 비디오 카메라와 추적 장치를 통하여 본부에 송신되었다. 조종사나 병사들의 전투 상황은 모두 기록되고 분석되어, 중앙 통제 본부에서는 전쟁 상황을 정확하고 빠르게 파악하여 효과적인 작전 수행을 할 수 있었다. 결국 이러한 방향으로 전쟁이 수행된다보면, 전쟁터에서는 수많은 컴퓨터들과 상황 인식을 위한 센서 및 센싱 장비들, 이들과부터의 정보를 처리하여 상황 정보를 얻어내는 컨텍스 인식 장비, 상황 정보를 담은 데이터베이스, 이들을 연결하고 서로 교신하면서 상황에 대처하는 지능형 무선 네트워크 장비, 조종사나 병사들에게 정보를 전달하고 입력을 받는 장비 등 유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 기반으로 한 장비들로 가득차게 될 것으로 예상된다.

Ⅳ. U-City 환경에서의 차세대 방송·통신 기술의 향후 전망

일반적으로 대용량의 멀티미디어 콘텐츠, 예를 들면 TV 프로그램은 주로 방송 네트워크를 이용한다고 생각을 해왔다. 그러나, 앞서 설명한 바와 같이 최근의 이동 통신의 급속한 발전을 통해 예전보다 훨씬 저렴한 비용으로 다양한 멀티미디어 서비스가 가능하게 되었다. 이러한 시점에서 방송 사업자와 통신 사업자간의 서비스 영역이 모호해지기 시작하여, 특정 서비스

에 대해서는 양자간의 이해관계가 대립의 양상을 띄기도 한다.

그런데, 최근에 들어서는 방송과 통신이 대립하기보다는 상호 보완 관계를 구축하며 융합하여 새로운 서비스를 창출하고 이와 동시에 새로운 수익원을 찾아내기 시작하였다. TV를 시청하거나 라디오를 청취하는 중에 문자 메시지를 보내 채택되면 상품을 주거나 내용이 소개된다. 이처럼 자연스럽게 방송의 단점이 리턴 채널을 통신망을 이용하여 보완하여 실시간은 아니지만 시청자 혹은 청취자가 쌍방향 서비스를 느낄 수 있고, 원하는 내용을 방송사에 손쉽게 통신망을 이용하여 전달할 수 있으며, 이 때 리턴 채널로 이용된 통신망에서는 새로운 수익이 창출될 수 있다는 것이다.

이러한 상황은 방송과 통신의 융합 문제만이 아니다. 최근 이동멀티미디어방송으로 DMB와 DVB-H중 어느 방식이 보다 적합한지에 대한 여부를 떠나, DVB-H 진영과 WorldDAB 진영은 서로 협력하기 시작했으며, i) DVB-H와 유사한 그러나 DAB에 기반을 둔 구현 가능한 표준 여부, ii) 두 표준을 동시에 만족하는 기기를 만들고자 하는 End-User의 쉬운 구현 여부, iii) 데이터 또는 비디오 전송을 위해서 DAB의 필요 조건 등의 문제점을 해결하고자 노력하고 있다. 또한, 방송과 통신의 융합을 통한 새로운 서비스가 등장하고 있는 시점에서 유럽의 경우 지난 1998년부터 거시적인 관점에서 방송과 통신 기술의 융합을 통해 창출할 수 있는 새로운 서비스 대한 연구가 진행되어 왔다. 이러한 연구를 통해 실제 소비자들의 요구사항과 이러한 요구사항을 어떻게 충족시킬 수 있는가에 대해 다양한 분석과 여러 가지 가능성을 시험하여 실제 적용할 수 있는 결과를 얻고 있다. 특히, 방송과 통신의 융합을 통해 새로운 서비스를 상용화하기전에 산업 투자(Industry Investment), 비즈니스 모델 및 보안(Security) 등을 현실적 제한요소로 보고 이를 해결하는 방안을 수립한다.

앞으로의 미래에 등장할 유비쿼터스 시대를 현실로 바꾸고 있는 U-City 환경에서는 새롭게 등장하는 다양한 방송과 통신 기술들을 어떻게 융합하고 어떤 서비스의 제공할 수 있는 지에 대한 거시적인 접근방식만이 관련 분야를 주도하게 될 것이다. 또한, 수출 경쟁력있는 관련 제품을 개발하기위해서는 다양한 기술들

이 동시에 유기적이고 체계적으로 개발 가능하도록 하는 Total Solution 형태의 접근이 필요할 것으로 보여진다.

참고 문헌

- [1] 양정록, 김영일, 안지환, “휴대인터넷 기술 동향”, Telecommunications Review.
- [2] TTA, “2.3GHz 휴대인터넷 표준 - 물리계층 및 매체접근 제어 계층”, 2005년 6월.
- [3] 한국방송협회, 방송문화, 제331호, 2009년 4월.
- [4] Candidate Standard: ATSC-M/H Standard, Part 2 : RF/Transmission System Characteristic (A/153, Part2:2009), 2008년 12월.
- [5] 한국방송협회, 방송문화, 제330호, 2009년 3월.
- [6] 한국방송공학회, 특집 유비쿼터스와 방송, 방송공학회지, 제9권, 제1호, 2004년 3월.
- [7] ETSI EN 300 401 v.1.4.1, “Radio broadcasting systems; digital audio broadcasting(DAB) to mobile, portable and fixed receivers,” Sept. 2004.
- [8] ETSI EN 300 744, “ Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television,” Nov. 2005.
- [9] ETSI EN 302 304, “ Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals,” Nov. 2005.
- [10] A. Sieber and C. Weck, “What’s the difference between DVB-H and DAB - in the mobile environment?,” EBU Technical Review, Jan. 2005.
- [11] TTC website: <http://www.ttc.or.jp>
- [12] ISDB-T, “Specification of channel coding, framing structure and modulation”, Sept. 1998.

● 저 자 소 개 ●



박 세 호 (Park, Se Ho)

1998년 2월 경북대학교 전자공학과(공학사)
2000년 2월 경북대학교 전자공학과 대학원(공학석사)
1999년 11월~2003년 10월 I&C Technology 선임연구원
2003년 11월~2005년 6월 삼성전자 선임연구원
2005년 7월~현재 전자부품연구원 선임연구원
<주관심분야> 차세대 디지털방송통신 시스템, 방송통신 융합 시스템



백 종 호 (Paik, Jong Ho)

1994년 2월 중앙대학교 전기공학과(공학사)
1997년 2월 중앙대학교 전기공학과 대학원(공학석사)
2007년 8월 중앙대학교 전자전기공학부 대학원(공학박사)
1997년 1월~2003년 2월 전자부품연구원 뉴미디어통신연구센터 선임연구원
2003년 3월~현재 전자부품연구원 모바일단말연구센터 센터장
2003년 4월~현재 전자부품연구원 DMB수신기개발지원센터 센터장
<주관심분야> 차세대 디지털방송통신 시스템, 유무선 영상통신융합 시스템