

유비쿼터스 컴퓨팅과 디지털 방송

□ 백종호*, 진원기*, 송병철**, 원광호** / *전자부품연구원 DMB개발사업단, **전자부품연구원 유비쿼터스컴퓨팅 연구센터

Ubiquitous

1. 서론

21세기 IT 산업의 패러다임은 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)으로 대변되며 이를 통해, 차세대 국가 산업경쟁력의 근간을 이룰 것으로 예상된다. 유비쿼터스는 언제, 어디서나, 도처에 존재하는 다양한 유비쿼터스 네트워크(브로드밴드 네트워크+모바일 네트워크+와이어리스 네트워크)와 센서, 칩셋 등과 같이 아주 작은 컴퓨터가 내재된 기기간의 연결과 통합으로 구성되어 사용자에게 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하는 구조를 가지고 있다. 또한, 실세계의 각종 사물들과 물리적 환경 전반에 걸쳐 컴퓨터가 편재하되 컴퓨터의 겉모습이 드러나지 않도록 환경 내에 효과적으로 배치, 통합하는 것을 의미한다.

이러한 유비쿼터스 컴퓨팅의 등장으로 개인이나 기업은 시간과 장소에 구애됨이 없이 언제, 어디서

나, 어떠한 네트워크에 상관없이, 어떠한 정보 기기를 사용하든 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.

이에 따라 미국, 일본, 유럽등의 선진 각국에서는 유비쿼터스 사회의 조기 실현을 위한 연구개발을 활발히 진행하고 있으며 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 가능하게 하는 인력 및 사회 인프라 구축에 경쟁적으로 많은 투자를 하고 있는 상황이다.

유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구현하기 위해서는 먼저 유비쿼터스 네트워크를 구성해야 한다. 특히, 광범위한 지역에서 다양한 정보 제공을 위해서는 브로드 밴드 네트워크가 필수적으로 요구되며, 최근에 들어 이를 구현하기 위한 다양한 네트워크의 한 형태로 디지털 방송 네트워크를 사용하는 추세에 들어섰다.

본 논문에서는 광범위한 영역에서 시간과 장소에

구에없이 유비쿼터스 환경을 효과적으로 구축하게 할 수 있는 다양한 디지털 방송 기술에 대하여 알아보기로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2절에서는 유비쿼터스 컴퓨팅과 디지털 방송 기술과의 관계에 대하여 알아보기로 한다. 3절에서는 광범위한 지역에서 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구현할 수 있는 유력한 디지털 방송 기술을 소개하기로 한다. 4절에서는 디지털 방송 기술을 이용한 광범위 지역의 유비쿼터스 컴퓨팅 환경이 구축된 사례들을 소개하고, 마지막으로 5절에서 결론을 맺기로 한다.

2. 유비쿼터스 컴퓨터와 디지털 방송과의 관계

먼저, 유비쿼터스와 디지털 방송의 관계를 살펴 보기 전에 좀더 명확한 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)에 대해 정의해보기로 하자. 최근의 정보통신 기술이 하루가 다르게 변하고 있어 개념을 한마디로 정의한다는 것이 매우 불확실하다고 할 수 있지만, 유비쿼터스 컴퓨팅을 그대로 번역한다면 '편재하는 컴퓨터의 파워'로 할 수 있을 것이다. 그러나, 이런식의 해석으로는 유비쿼터스 컴퓨팅이 지니고 있는 다양한 형태의 개념들을 전달하기에는 다소 부족하다고 보여진다. 따라

서, 다른 해석으로 '컴퓨팅의 편재'로 한다면, 즉 어디에서도 컴퓨터를 이용할 수 있는 힘이 내재되어 있다는 의미로 받아 들일 수 있다.

또한, 유비쿼터스라는 말의 의미로 '모든 곳에 존재한다'라고 본다면, 컴퓨터가 존재할 수 있는 모든 곳으로 이해할 수 있다.

〈표 1〉에서는 대표적인 유비쿼터스 컴퓨팅과 관련된 각국의 프로젝트를 간략히 설명하고 있다. 〈표 1〉에서 보는 바와 같이 각국에서 추구하는 유비쿼터스 컴퓨팅 의미를 살펴보면, MS사의 이지리빙 프로젝트에서는 이동 컴퓨팅과 지능적 환경으로 정의하고 있으며, 유럽 공동체(EU)의 '사라지는 컴퓨팅 계획(Disappearing Computing Initiative)'의 Smart-Its는 무선통신 기반 네트워킹 기능을 가진 지능형 객체로 정의하고 있다.

또한 유비쿼터스 컴퓨팅의 주요 특성으로는 이음매없는(seamless) 네트워킹, 이동성, 자율형 객체를 들 수 있다. 이와 같은 특성들은 사용자의 물리적 환경을 통하여 리얼 컴퓨팅 서비스를 제공하는 것으로 볼 수 있다.

이러한 유비쿼터스 컴퓨팅과 관련한 프로젝트들은 일본, 미국, 유럽을 중심으로 전개되고 있으며, 국가별로 차별화된 여건과 각국이 보유한 핵심기술을 토대로 서로 차별화된 유비쿼터스 컴퓨팅 개념을 전개하고 있다[1].

〈표 1〉 대표적인 유비쿼터스 핵심기술과 유비쿼터스 컴퓨팅 5대 프로젝트의 특성

프로젝트명	개별 프로젝트의 주요 이슈	주요 특성
Smart-ITS(EU,ETH 등)	무선통신 + 협력적 상황인식(소형칩기술)	자율형 (자율센싱, 환경적응, 협력, 제어, 상황인식) 통신 플랫폼 (인터넷 연결성, 네트워킹) 이동성 (컴퓨터 객체의 초소형화로 휴대, 부착 용이)
Smart Dust(버클리대)	자율센싱 + 통신 플랫폼(MEMS 기술)	
EasyLiving(MS)	이동성 + 지능형(센서기술)	
Cooltown(HP)	Real Web(사람 + 사물 + 장소의 공존,근거리무선통신기술)	
Auto-ID(MIT)	지능 + ID + 인터넷 연결성(복합기술)	

〈표 2〉 미국, 유럽, 일본의 유비쿼터스 컴퓨팅 개념 비교

미국	유럽	일본	한국(제안 예)	비고
Ubiquitous Computing, Pervasive Computing	Disappearing Computer, Ambient Computing	Ubiquitous Network	Ubiquitous Appliance	영역에 따른 특성 표현
자율형 컴퓨팅 장치에 의한 서비스 (Service by smart devices)	정보 인공물에 의한 자율적 협업 (Intelligent cooperation by information artifacts)	소형칩, 스마트카드, 문맥 로밍에 의한 어디서나 연결 (Anywhere connection by small chip, smart card, context roaming)	근거리무선통신에 의한 자기조직화 기능을 가진 네트워크 콘텐츠 소비용 분산 정보가전 (Single function Appliance using short range wireless Interface)	근거리무선통신, 센서, MEMS, 초소형 컴퓨팅 객체에 의하여 발생하는 차세대 IT 특성에 의한 서비스 제공
장치 (Computer Devices)	일상적 사물 (Everyday Objects)	네트워크 (Network)	가전 (Appliance)	각국은 독자적인 영역의 선택과, 선택된 분야에 대한 집중적인 연구 개발을 통하여 기술과 표준의 선점 효과를 얻고 있음
자율형+네트워크+이동성(Smart+Networking+Mobility)				IT기술진화에 따른 제3파장 특성
근거리무선통신, 센서, MEMS, 소형 컴퓨팅 객체(집)				제3파장의 4대 핵심기술

일본의 경우, 1984년 동경대에서 시작된 '트론 프로젝트'를 시작으로 2005년에 완료될 일본 정부의 3대 'u-네트워크 프로젝트'에 이르기까지 어디서나 연결(Anywhere Connection)을 추구하고 있다.

미국의 경우, 1988년 제록스사에서 시작한 '유비쿼터스 컴퓨팅 프로젝트'에서 제시된 장소 중심의 한사람에 대한 리얼 컴퓨팅에 대한 구현을 MS사의 '이지리빙 프로젝트'나 HP사의 '쿨타운 프로젝트' 등이 개발하고 있는 동시에 많은 산, 학, 연 프로젝트들이 이동성과 더불어 장소를 중심으로 하는 자율형 객체(Smart object)를 통한 리얼 컴퓨팅을 추구하고 있다.

유럽의 경우, 하노버대학과 VIT대학이 수행한 '유비캠퍼스 프로젝트'와 2001년에 시작된 '사라지는 컴퓨터 계획'을 통하여 이동성을 증시하는 초

소형 자율형 객체와 그룹을 중심으로 하는 자율형 협업(Intelligent Cooperation) 인프라를 통한 리얼 컴퓨팅의 연구를 추구하고 있다. 이와같이, 유비쿼터스 컴퓨팅에 대한 핵심적 이슈는 Smart object, Intelligent Cooperation, Anywhere Connection으로 파악된다.

따라서, 지능을 가진 컴퓨팅 객체가 자율적으로 자신의 업무를 수행하는 것을 기본으로 하는 'ubiquitous computing', 'disappearing computer', 'ubiquitous networking'의 공통점은 물리적 환경을 통하여 사용자에게 서로 특화된 영역의 선택에 대한 집중적 기술개발과 표준화 선점을 통하여 차별화된 컴퓨팅 서비스를 제공하는 것이다.

앞서 언급한 바와 같이, 국가별로 다양하고 차별화된 접근 방식과 개념을 토대로 유비쿼터스 컴퓨

팅을 정의하고 연구, 개발하고 있으나, 공통적으로 볼 수 있는 특징적인 요소로 통신 플랫폼을 들 수 있는데, 이것이 바로 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 디지털 방송과의 접목이 이루어지는 부분이라고 볼 수 있을 것이다.

일반적으로 무선 통신의 사용자가 기지국으로부터 단말기로 수신하는 데이터량이 단말기로부터 기지국으로 송신하는 데이터량에 비해 상대적으로 많은 경우가 대부분이다. 이러한 경우, 많은 사용자가 공통적으로 공유 가능한 정보 제공을 할 경우라면, 굳이 비싼 이용료를 지불하는 이동 통신 네트워크 보다는 무료 사용이 가능한 디지털 방송 네트워크를 사용하는 것이 경제적이고 효과적일 것이다. 또한, 디지털 방송 네트워크는 이동 통신 네트워크에 비해 상대적으로 광범위한 영역의 서비스가 가능하다. 결론적으로 본다면, 비교적 광범위한 영역에서 보편적으로 공유 가능한 정보 제공을 위한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구현하는데 디지털 방송기술이 필요한 이유가 여기에 있다고 볼 수 있다.

3. 대륙별로 유력한 유비쿼터스 디지털 방송

1) Eureka-147 DAB(2)

우리나라에서도 잠정 표준안으로 채택한 Eureka-147 DAB(Digital Audio Broadcasting)는 약 2 MHz의 대역폭으로 MPEG(Moving Pictures Experts Group) Audio Layer II에 기반한 고음질 오디오 압축 기술을 사용하여 CD 수준의 음질을 갖는 오디오 서비스와 다양한 부가 데이터 서비스가 가능하다. 이동채 수신에서 다중 경로 페이딩 및 도플러 확산에 대처하기 위해 부호화된(Coded) OFDM(Othogonal Frequency Division Multiplexing) 전송 방식을 사용한다[3][4][5][6]. 오류 정정 부호화 방식으로는 1/4 길쌈 부호(convolutional code)를 기반으로 데이터율의 가변이 가능한 RCPC(Rate Compatible Punctured Code)와 오디오 및 데이터의 연접 오류를 방지하기 위해 시간 및 주파수 영역 인터리빙(Interleaving)을 사용한다. 또한, 제한된 대역폭과 주어진 채널

〈표 3〉 Eureka-147 DAB의 전송 모드에 따른 파라미터

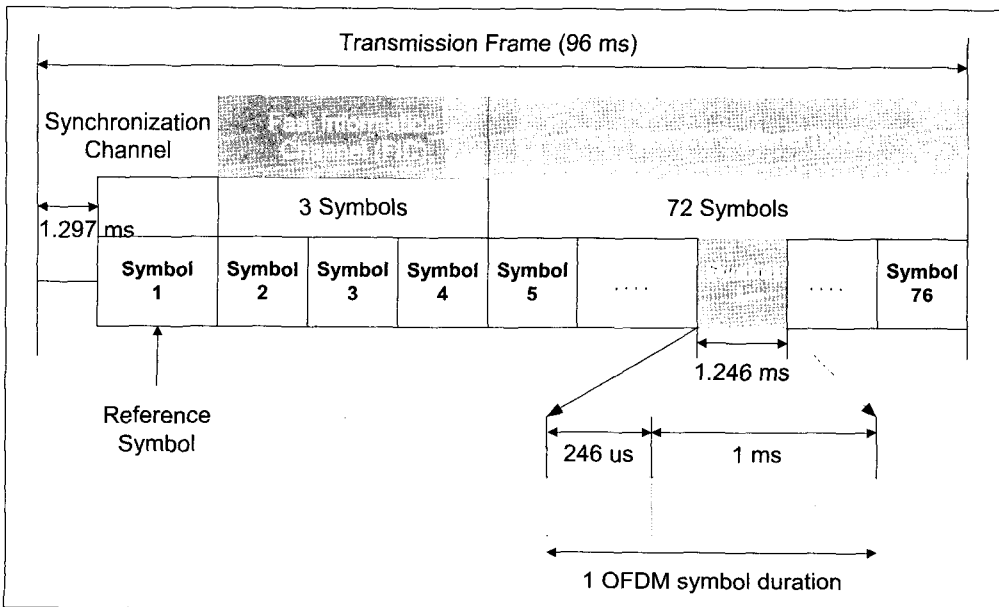
항목	전송모드			
	I	II	III	IV
응용	지상파(SFN)	지상파	지상/케이블	지상파
반송파 주파수	< 375 MHz	< 1.5 GHz	< 3 GHz	< 1.5 GHz
부반송파 수	1,536	384	192	768
부반송파 간격	1 KHz	4 KHz	8 KHz	4 KHz
보호구간 길이	246 μ s	62 μ s	31 μ s	123 μ s
유효심볼 길이	1 ms	250 μ s	125 μ s	500 μ s
프레임 길이	96 ms	24 ms	24 ms	48 ms
널 심볼 길이	1,297 ms	324 μ s	168 μ s	648 μ s
프레임 당 심볼수	76	76	153	76
변조방식	$\pi/4$ -DQPSK			
샘플링 주파수	2.048 MHz			
시간 인터리빙	Depth = 384 ms			
주파수 인터리빙	Width = 1.536 MHz			
시스템 대역폭	1.536 MHz			
유효 데이터율	0.8 ~1.7 Mbps			

환경하에서 다수의 오디오 및 데이터를 최적 데이터율로 전송하기 위해 오디오 데이터의 경우 압축된 데이터의 영역에서 보여지는 특성인 오류 민감성을 고려한 UEP(Unequal Error Protection)을 사용한다. 이와는 달리, 데이터의 경우에는 모든 데이터 영역에 균일한 EEP(Equal Error Protection)을 사용한다. 전송 규격으로는 지상파와 위성에서 모두 사용가능하도록 I, II, III, IV의 4가지 전송 모드를 정의하고 있으며, <표 3>에서 각 모드에 해당하는 전송 파라미터가 보여진다. 전송 모드에 따라 각기 다른 전송 파라미터가 결정되므로, 수신단에서는 <표 3>에서 보여진 각 전송 모드별 널 심볼 길이의 추정이 매우 중요하다.

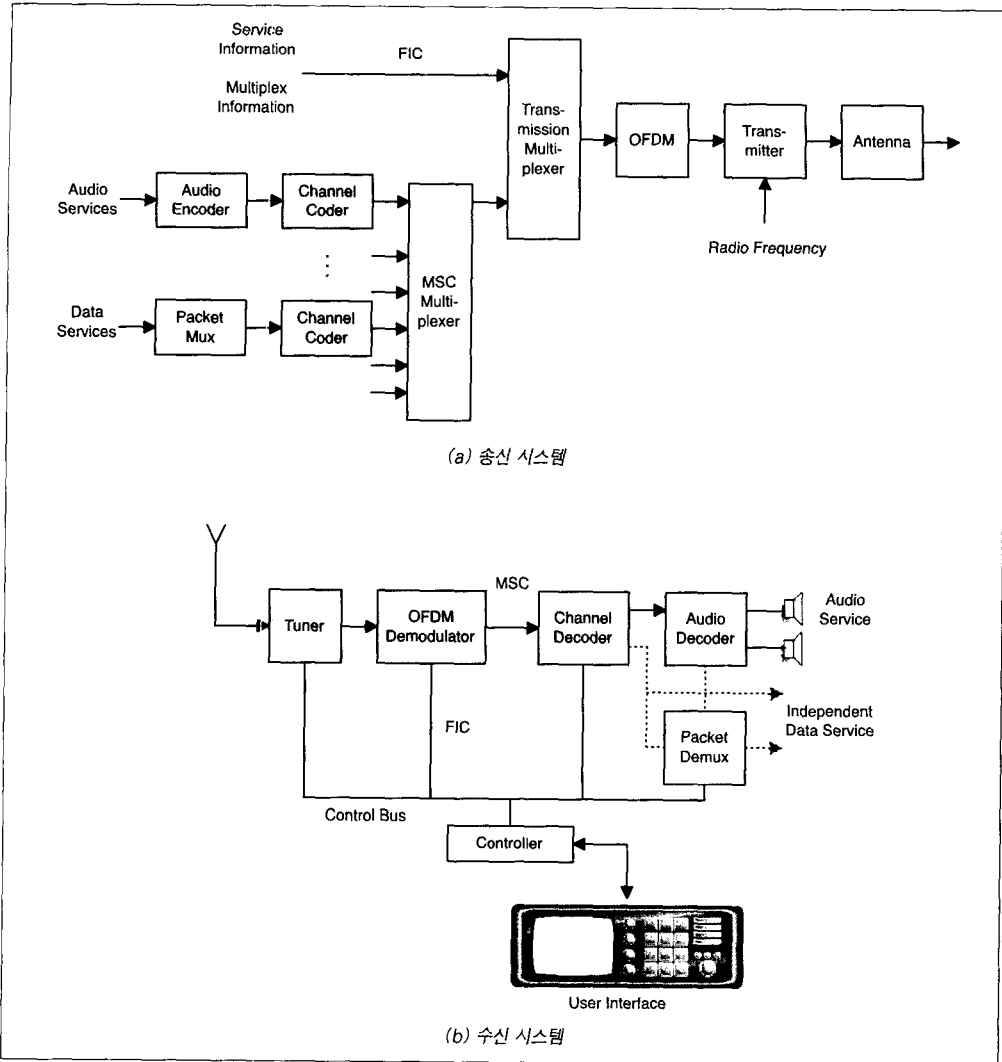
Eureka-147 DAB 전송 프레임은 SC (Synchronization Channel), FIC(Fast Information Channel), MSC(Main Service Channel)로 구성되어

있다. 한 예로 Eureka-147 DAB 전송 모드 I의 경우에 해당하는 전송 프레임 구조가 <그림 1>에서 보여진다. 전송 모드와는 상관없이 SC는 앞서 언급한 바와 같이 전송 모드를 결정할 수 있는 널 심볼과 OFDM 심볼 동기 및 반송파 주파수 동기애 필요한 Reference 심볼로 구성되어 있다. 전송 모드 I인 경우 3개의 OFDM 심볼로 구성되어 있는 FIC는 MSC를 구성하는 오디오와 데이터 서비스들과 관련된 모든 정보를 포함하고 있는 MCI(Multiplex Configuration Information), 선택적 서비스가 가능한 SI(System Information) 및 데이터 서비스를 포함하고 있다. MSC는 전송하고자 하는 오디오와 데이터를 포함하고 있으며, 전송 모드 I인 경우 72개의 OFDM 심볼로 구성되어 있다. 그 밖의 전송 모드의 경우에도 <그림 1>에서 보여지는 전송 프레임 구조와 유사하다.

이와 같이 Eureka-147 DAB 전송 프레임을 정



<그림 1> 전송모드 I의 전송 프레임 예



〈그림 2〉 Eureka-147 DAB의 송·수신 시스템 블록도

의하며, 이를 구현하기위한 Eureka- 147 송·수신 시스템의 기본 블록도가 <그림 2>에서 보여진다.

2) 협대역 ISDB-T(7)

ISDB(Integrated Services Digital Broadcasting)는 현재까지 개발된 다양한 전송 및 압축 기술을 총망라한 시스템으로 오디오와 TV 서비스

가 모두 가능하도록 설계된 방식이며, 오디오 서비스를 위해 협대역 ISDB-T가 정의되어 있다. 협대역 ISDB-T는 경우에 따라, 430KHz(1 세그먼트) 혹은 1.3MHz(3 세그먼트)의 두 가지 대역폭을 사용할 수 있다. 오디오 압축 부호화 방식으로 MPEG-2 AAC(Advanced Audio Coding)를 사용하여 144Kbps 정도의 압축율을 유지하면서도 CD

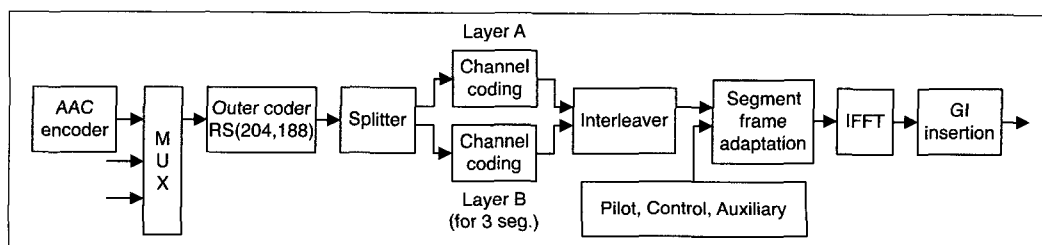
〈표 4〉 협대역 ISDB-T의 전송 모드에 따른 파라미터

항목	전송모드	1	2	3
심볼 길이		252 μ s	504 μ s	1.008 μ s
보호구간		심볼 길이의 1/4~1/32		
프레임당 심볼수		204		
프레임 길이		53~64 ms	106~129 ms	212~257 ms
내부 부호		길쌈 부호(1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
외부 부호		(204, 188) RS 부호		
인터리빙		시간 및 주파수		
세그먼트 수		1 또는 3		
대역폭		430 KHz 또는 1.3 MHz		
부반송파 간격		3.97 KHz	1.98 KHz	0.99 KHz
부반송파 수(1/3)		109/325	217/649	433/1297
데이터 부반송파 수(1/3)		96/288	192/576	384/1152
변조방식		QPSK, 16-QAM, 64-QAM, DQPSK		

수준의 오디오 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. 〈표 4〉는 3가지 전송 모드에 따른 파라미터를 나타내고 있으며, 〈그림 3〉은 협대역 ISDB-T의 송신 시스템의 블록도를 나타내고 있다

3) DRM(8)(9)(10)

DRM(Digital Radio Modiale)은 30MHz 이하의 주파수 대역을 사용하며 9KHz 혹은 10KHz의 전송 대역폭을 기본으로 하고 오디오 압축 부호화 기법으로 MPEG-4 AAC와 SBR(Spectral Band Replication)을 사용하며, 음성 압축 부호화 기법으로는 사용 가능한 비트율에 따라 MPEG-4 CELP(Code Excited Linear Prediction)와 MPEG-4 HVXC(Harmonic Vector eXcitation Coding)를 사용한다. 특히, DRM에서 사용하는 SBR은 채널당 약 2Kbps정도의 적은 데이터량으로 고품질의 오디오 서비스를 재생할 수 있는 기법으로, 오디오 부호



〈그림 3〉 협대역 ISDB-T의 송신 시스템 블록도

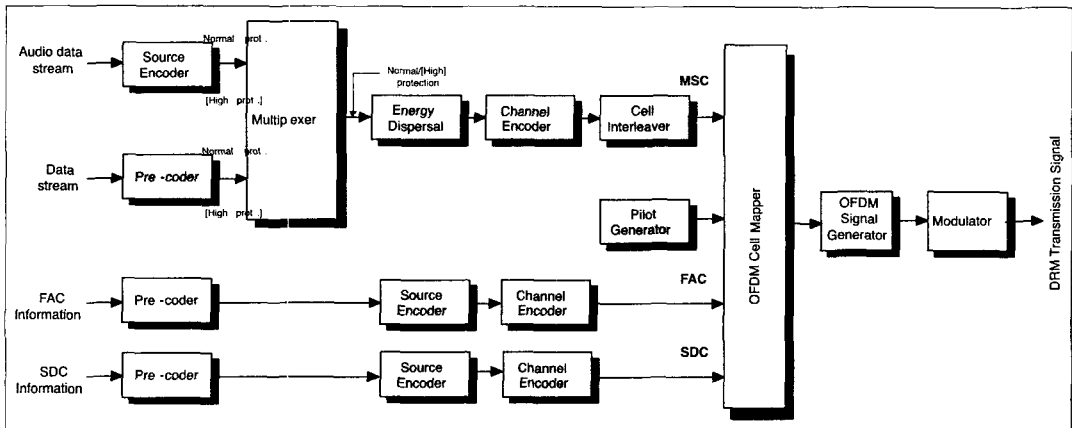
〈표 5〉 DRM의 robustness 모드에 따른 파라미터

항목	모드	A	B	C	D
T (μs)		$83^{1/3}$	$83^{1/3}$	$83^{1/3}$	$83^{1/3}$
유효심볼 길이(ms)		$24(288 \times T)$	$21^{1/3}(256 \times T)$	$14^{2/3}(176 \times T)$	$9^{1/3}(112 \times T)$
보호구간 길이(ms)		$2^{2/3}(32 \times T)$	$5^{1/3}(64 \times T)$	$5^{1/3}(64 \times T)$	$7^{1/3}(88 \times T)$
보호구간/유효심볼		1/9	1/4	4/11	11/14
전체심볼 길이(ms)		$26^{2/3}$	$26^{2/3}$	20	$16^{2/3}$
프레임 길이(ms)		400			

시 제거되는 높은 주파수 대역의 하모닉 성분을 효과적으로 추출하여 얻어진 정보를 전송함으로써, 오디오 복호시 SBR 정보를 AAC 복호기에 이용하여 보다 향상된 오디오 신호를 재생할 수 있다. AM 주파수 대역의 다양한 전송 환경에서 사용하기 위하여 채널 부호기로는 길쌈 부호를 기반으로 한 RCPC와 4-QAM, 16-QAM 그리고 64-QAM 변조 방식과 이를 기반으로 전송 데이터의 종류에 따라 다른 형태의 계층적(hierarchical) 변조 방식을 사용하여 보다 높은 신뢰성을 보장한다. 앞서 설명한 Eureka-147과 유사한 형태로 전송 채널의 상황에 따라 A, B, C, D의 4가지 robustness 모드를 정의하고 있으

며, 각 모드에 해당하는 전송 파라미터를 〈표 5〉와 같이 정의하고 있다.

DRM 전송 프레임 구조로는 수신기에서 요구되는 동기 정보와 전송 채널과 관련된 정보를 지닌 FAC(Fast Access Channel), 오디오와 데이터를 포함하는 MSC(Main Service Channel), MSC의 채널 부호화 파라미터, 오디오 및 데이터 신호의 다중화 구조 전체를 지닌 SDC(Service Description Channel)로 구성되어 있다. Eureka-147 DAB와 마찬가지로 MSC의 오디오 데이터에는 UEP, 일반 데이터에는 EEP가 적용된다. 〈그림 4〉에 DRM 송신 시스템의 블록도를 나타내었다.

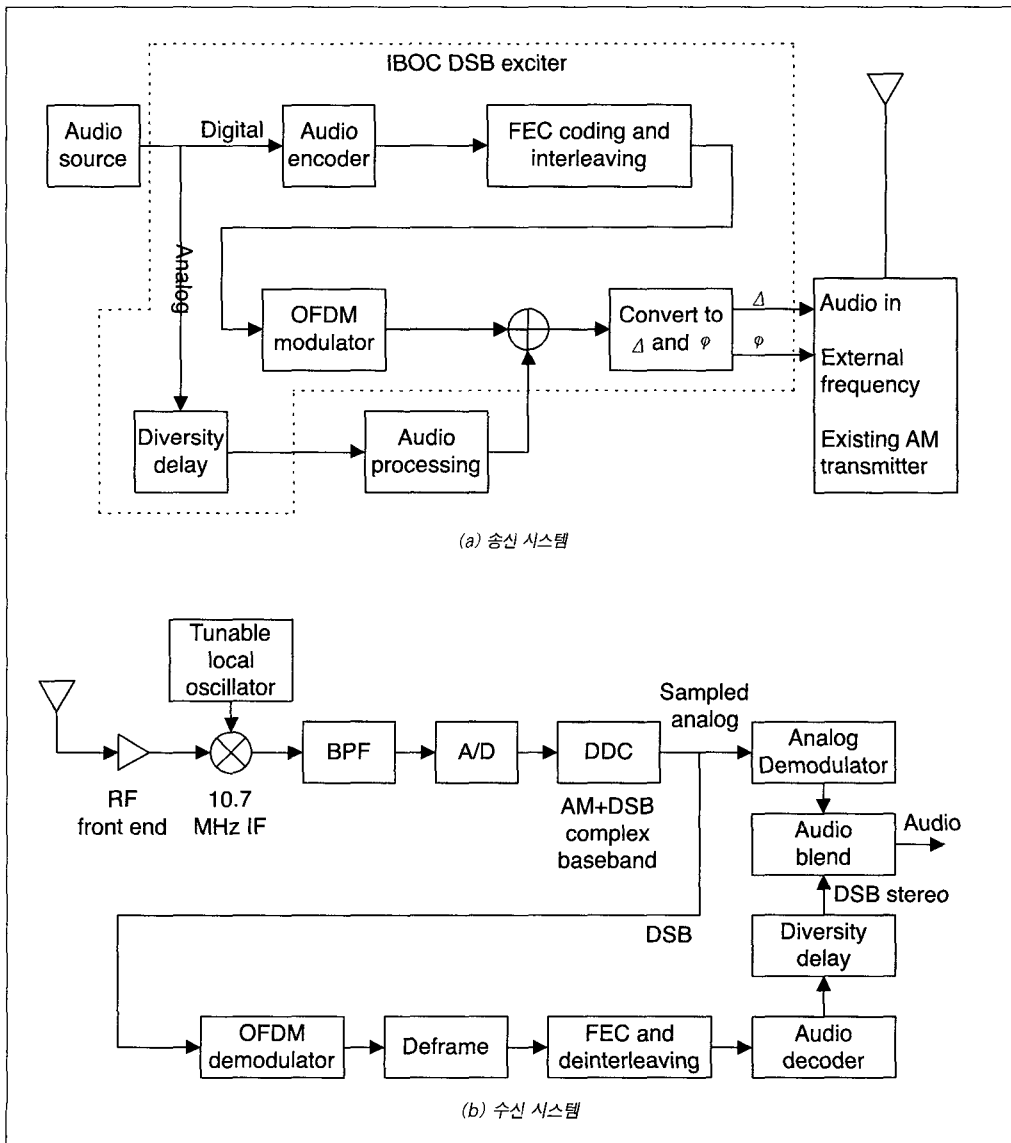


〈그림 4〉 DRM 송신 시스템 블록도

4) IBOC(8)(10)(12)

IBOC(In-Band On Channel)는 크게 IBOC AM과 IBOC FM으로 구분할 수 있으며, 기존의 아날로그 AM 혹은 FM과 동시 방송이 가능한 Hybrid 모드와 All-Digital 모드의 2가지 모드를 제

공한다. Hybrid 모드의 경우, AM 반송파를 중심으로 약 14.7 KHz의 대역폭을 사용하며, All-Digital 모드인 경우에는 AM 반송파를 중심으로 10 KHz의 대역폭을 사용한다. 앞서 기술한 DRM 시스템은 기존의 아날로그 AM 방송과 동시 방송을 할 때,



<그림 5> Hybrid MF IBOC 송·수신 시스템 블록도

〈표 6〉 IBOC AM 전송 파라미터

Parameter Name	Symbol	Units	Exact Value	Computed Value (to 4 significant figures)
OFDM Subcarrier Spacing	Δf	Hz	1488375/8192	181.7
Cyclic Prefix Width	a	none	7/128	5.469×10^{-2}
OFDM Symbol Duration	T_s	Sec.	$(1+a)/\Delta f =$ $(135/128) \cdot (8192/1488375)$	5.805×10^{-3}
OFDM Symbol Rate	R_s	Hz	$1/T_s$	172.3
L1 Frame Duration	T_f	Sec.	$65536/44100 = 256 \cdot T_s$	1.486
L1 Frame Rate	R_f	Hz	$1/T_f$	6.729×10^{-1}
L1 Block Duration	T_b	Sec.	$32 \cdot T_f$	1.858×10^{-1}
L1 Block Rate	R_b	Hz	$1/T_b$	5.383
Digital Diversity Delay Frames	N_{dd}	none	3	3
Diversity Delay Time	T_{dd}	Sec.	$N_{dd} \cdot T_f$	4.458

〈표 7〉 IBOC FM 전송 파라미터

Parameter Name	Symbol	Units	Exact Value	Computed Value (to 4 significant figures)
OFDM Subcarrier Spacing	Δf	Hz	1488375/4096	363.4
Cyclic Prefix Width	a	none	7/128	5.469×10^{-2}
OFDM Symbol Duration	T_s	Sec.	$(1+a)/\Delta f =$ $135/128) \cdot (4096/1488375)$	2.902×10^{-3}
OFDM Symbol Rate	R_s	Hz	$1/T_s$	344.5
L1 Frame Duration	T_f	Sec.	$65536/44100 = 512 \cdot T_s$	1.486
L1 Frame Rate	R_f	Hz	$1/T_f$	6.729×10^{-1}
L1 Block Duration	T_b	Sec.	$32 \cdot T_f$	9.288×10^{-2}
L1 Block Rate	R_b	Hz	$1/T_b$	10.77
L1 Block Pair Duration	T_p	Sec.	$64 \cdot T_f$	1.858×10^{-1}
L1 Block Pair Rate	R_p	Hz	$1/T_p$	5.383
Diversity Delay Frames	N_{dd}	none	3=number of L1 frames of diversity delay	3

〈표 8〉 DRM과 IBOC DSB 시스템의 방송 방식

항목	시스템	DRM	IBOC DSB
송출 방식		지상파/공중파	지상파
주파수 대역		In-Band(30 MHz 이하 AM)	In-Band(30 MHz 이하 AM)
대역폭		9/10 KHz	9/10 KHz
전송 방식		COFDM	COFDM
오디오 압축		MPEG-4 AAC + SBR MPEG-4 HVXC MPEG-4 CELP	MPEG-4 AAC + SBR
Simulcast 여부		가능	가능
단일 주파수 방송망		가능	가능
변조 방식		QAM/QPSK	QAM
비트율		지상파: 24 Kbps 공중파: 10 ~ 22 Kbps	Core: 20 Kbps Enhanced: 16 Kbps

(MPEG: Moving Picture Experts Group, AAC: Advanced Audio Coding, SBR: Spectral Band Replication, HVXC: , CELP: Code Excited Linear Prediction, QAM: Quadrature Amplitude Modulation, QPSK: Quaternary Phase Shift Keying)

기존 아날로그 AM 주파수 대역에는 어떠한 디지털 신호를 실어보내지 않지만, IBOC AM에서는 디지털 신호를 core와 enhanced 영역으로 구분하여 기존 아날로그 AM 주파수 대역에 enhanced 영역을 두어 신호를 실어 보낸다. 오디오 압축 부호화로 MPEG-4 AAC와 SBR을 사용하며, 다양한 채널의 안정적인 수신을 위하여 오류 정정 부호 및 인터리빙을 사용하고, 변조 방식으로는 QAM을 사용한다. 특징적으로 All-Digital 모드에서 이동시 일반적인 정지기간 동안에 보다 강인한 수신 성능을 높이기 위하여 back-up 디지털 신호를 제공하는 blending 기법이 사용된다. IBOC AM과 IBOC FM의 전송 파라미터를 각각 <표 6>, <표 7>과 같이 정의한다. <그림 5>에 Hybrid MF(medium frequency) IBOC 송·수신 시스템 블록도를 나타내었다.

그리고, <표 8>에서는 앞서 3.3절에서 소개한 DRM과 IBOC DSB의 방식에 대한 항목별 비교 자료가 보여진다.

4. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 구현을 위한 방송의 응용 사례

1) 미국과 이라크 전쟁의 생중계[13]

최근 디지털 방송 기술의 눈부신 발달로 인하여, 2003년에 일어났던 미국과 이라크와의 전쟁이 진행되는 과정은 마치 올림픽이나 월드컵 같은 경기를 위성 중계 방송하는 것처럼 생생하게 우리에게 전달되었다. 특히, 미군과 영국의 연합군이 비행기로 이라크의 주요시설을 폭격하여 파괴하는 장면, 군인들이 탱크를 타거나 혹은 걸어서 이라크 시내의 총격전을 직접 촬영한 생생한 장면들이 지구 반 바퀴에 떨어진 우리에게도 텔레비전을 통하여 중계

되면서 시청자들은 마치 이라크에 있는 것과 같이 실감나게 이라크전을 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 통신망을 통해 본부에서 보내주는 각종 정보가 함께 보여지게된다. 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 전투 모 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 수행되다보면, 전쟁터에서는 수많은 컴퓨터들과 상황 인식을 위한 센서 및 센싱 장비들, 이들로부터의 정보를 처리하여 상황 정보를 얻어내는 컨텍스 인식 장비, 상황 정보를 담은 데이터베이스, 이들을 연결하고 서로 교신하면서 상황에 대처하는 지능형 무선 네트워킹 장비, 조종사나 병사들에게 정보를 전달하고 입력을 받는 장비 등 유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 기반으로 한 장비들로 가득차게 될 것으로 예상된다.

2) Spot

2003년 가을에 미국 라스베가스에서 열린

Comdex 기조연설에서 빌 게이츠 마이크로소프트 회장은 수많은 관람객 앞에 자신이 차고 나온 손목 시계를 자랑스럽게 내보였다. 값비싼 보석이 박힌 것도 아닌 그저 평범한 액정식 전자시계였지만 세계 IT업계는 일제히 뜨거운 관심을 보였다. 빌 게이츠 회장이 선보인 시계는 단순히 시간만을 알려주는 것이 아니라 FM 라디오방송국이 보내는 전파 속에서 우리가 필요로 하는 인터넷 정보만을 추출할 수 있는 바로 스마트 시계였다. 기존의 아날로그 FM 방송에서는 서로 다른 방송국들과 혼선을 막기 위해 음악이나 음성같은 데이터가 실제로 실리지 않는 여분의 주파수 대역이 존재한다. 마이크로소프트는 이러한 여분의 FM 주파수 대역을 이용해 초당 12Kbps로 데이터를 전송하는 '스팟(SPOT: Smart Personal Object Technology)' 이란 기술을 개발하였다.

스팟은 손목시계 등 일상기기에 인터넷 기능을 부여할 수 있는 차세대 개인용 스마트기술로 초당 12Kbps 정도의 구형 전화모뎀보다 전송속도가 느리기 때문에 우리가 알고있는 대용량의 멀티미디어 동영상의 전송은 불가능하지만, 일상생활에 필요한 문자정보를 전송하기엔 충분하다. 내일의 날씨를 알아보는데 반드시 동영상 메일로 비가 오는 장면을 봐야할 필요는 없다. '내일 날씨: 비가 온다'는 정도의 문자메시지면 충분히 정보로서의 가치가 있다고 볼 수 있다. 예를 들면, 다음과 같은 문자메시지라면 충분히 효용성이 있다고 볼 수 있을 것이다. "오후 3시 약속장소 마포로 바꿨어요.", "마포대교 상행선 사고로 정체.", "박찬호 3대 0으로 완봉.", "주가 15포인트 상승."

일반 사용자는 스포트웹사이트를 통해 자신이 받을 이메일이나 뉴스, 스포츠게임, 날씨, 교통, 주식 및 기타 개인정보를 미리 선택할 수 있다. 암호화된 고

유코드가 저장된 시계는 FM전파에 실려오는 데이터 중에서 주인이 받을 사적인 문자메시지나 생활 정보만을 검색해 LCD화면에 띄워준다. 스포트기능이 부여된 스마트시계를 차는 것만으로 라디오전파가 수신되는 지역 어디서나 일상에 필요한 정보검색이 자유로워지는 것이다.

스마트시계는 항상 아날로그 FM 라디오 방송국에서 송신하는 전파에 따라 초단위로 맞춰지기 때문에 평생 시침을 별도로 조정할 필요가 없다. 기계적 정밀성에 상관없이 모든 스포트시계는 똑같은 시간을 가리키는 것이다. 더욱이, 아날로그 FM에서 각종 정보를 걸러내는 스포트모듈은 크기가 매우 작고 전력소모량이 매우 적기 때문에, 손목시계나 열쇠고리, 만년필 같은 조그만 개인용품 어디에나 쉽게 내장되고 냉장고, 오디오, 주방기기 같은 실내용품에 장착하기도 쉽다. 더욱이 스포트모듈은 기본적으로 혼한 아날로그 FM 라디오 수신기에 디코더칩을 내장하기 때문에 제조원가도 저렴하다. 데이터 전송은 기존 아날로그 FM 방송망을 이용하기 때문에 추가적인 통신설비투자도 필요없다.

마이크로소프트는 스포트서비스를 위해 이미 미국 전역의 아날로그 FM 라디오 방송국들과 주파수 임대 계약을 체결했으며 현재 전국토의 80%를 서비스영역으로 포함시킨 상태다. 언제, 어디서나 온라인에 손쉽게 접속하는 유비쿼터스 시대가 실제로 구현되기 시작한 것으로도 볼 수 있다.

이러한 추세에 맞추어, 시계제조업체들도 올 가을부터 스포트기반의 스마트 손목시계를 출시하고 머지않아 변기에서 옷걸이, 식탁, 안경 등 온갖 생활용품에 스포트기술이 접목될 전망이다. 라디오 방송망을 이용한 스포트서비스는 어떤 정보통신기술보다 투자대비 효과가 탁월하기 때문에 수년내에 미국은 물론 아시아, 유럽국가로 확산될 가능성도 높다. 특

히, 우리나라만이 가지고 있는 광적인 인터넷 열기를 생각한다면, 아날로그 FM을 이용하여 언제 어디서나 저렴하게 인터넷 정보를 검색하는 스포츠서비스의 도입은 사실상 시간문제다.

이제 사무실을 하든 운동을 하든 손목시계만 차면 전세계 컴퓨터 자료를 자유로이 뒤적일 수 있는 유비쿼터스 세상이 실제 현실로 다가온 것이다. 그 배경에는 뜻밖에 지난 한세기 동안 우리 생활 속에 너무도 친숙해진 아날로그 라디오가 자리 잡고 있다.

스포츠의 등장과 함께 라디오가 첨단 유비쿼터스 세상을 구현하는 새로운 매체로 조명받고 있다. 지구상에 가장 대중화된 라디오 방송망을 활용하면 거의 돈을 들이지 않고도 일상주변의 사물에 정보 기능을 부여하는 유비쿼터스 통신환경을 구현할 수 있기 때문이다.

지구에서 휴대폰 통화가 안되는 지역은 아직 수 없이 많다. 그러나 히말라야 정상에서 남극, 태평양의 외딴 섬까지 라디오 수신이 불가능한 지역은 거의 없다. 수많은 라디오 방송국이 발신하는 전파망이 지구표면을 겹겹이 에워싸고 있기 때문이다. 따라서 라디오 전파에 개인화된 인터넷 정보를 엮어서 보낼 수 있다면 엄청난 비용을 들여 별도 통신망을 구축하지 않고도 유비쿼터스환경을 쉽게 구축할 수 있다.

3) Advanced 아날로그 FM 기반 DARC

라디오는 가장 오래되고 대중적인 전파매체다. 우리나라에서 라디오 전파가 방송되기 시작된 것은 지난 1926년 경성방송국이 개국하면서부터다. 전파가 닿는 곳 어디서나 청취가능한 라디오의 출현은 당시로선 엄청난 문화적 충격이요 정보 혁명이었다.

“라디오만 갖고 있으면 지구 건너편의 세상소식도 바로 알 수 있다더라.”

사람들은 안방에서 손쉽게 정보를 제공하는 라디오를 접하면서 마치 공기처럼 세상을 뒤덮는 전파의 위력을 처음으로 실감했다. 대중은 이런 추세로 전파기술이 발전하면 언젠가 통신선이 없어도 사람끼리 빛의 속도로 대화를 나누는 세상이 올지도 모른다는 생각과 함께 어렴풋이 현재의 무선통신시대를 머리 속으로 상상하기 시작했다.

실제로 라디오의 대량보급은 정보통신산업의 발전에 지대한 영향을 미쳤다. 국내에서도 지난 59년 금성사가 최초로 국산 라디오를 만든 이후 60년대부터는 본격적인 라디오 대중화시대가 열렸다. 또한, 비교적 부피가 있는 진공관 소자가 초소형의 트랜지스터로 대체되면서 호주머니에 들어가는 초소형 라디오가 등장했다. 거리를 다니면서도 음악을 들을 수 있는 포터블 라디오는 당시 젊은이들에게 요즘의 디지털 카메라, PDA 혹은 노트북만큼이나 갖고 싶은 최첨단 정보매체였다.

최근에 들어서는 교통, 뉴스, 날씨, 증권 등 문자 정보를 서비스하는 FM 부가방송(DARC: Data Radio Channel)이 생활 속에 보급되면서 눈으로 보는 라디오 시대가 열렸다. 우리나라에서 현재 MBC에서 FM주파수의 여유분에 디지털 문자정보를 함께 전송하는 '아이디오' FM부가방송을 전국에 서비스중이다. DARC는 특히 실시간 교통정보를 전달하는데 적합해 지금까지 6000여대의 DARC수신기가 자가 운전자에게 보급되었다..

라디오는 비록 70년대 이후 TV에 주도권을 뺏겼지만 아직까지도 1인당 보급률이 가장 높고 대중화된 정보미디어로 자리잡고 있다. 우리나라에서도 라디오가 처음 도입된지 불과 40여년만에 '언제 어디서나 누구라도' 방송망에 접근할 수 있는 유비쿼

터스 방송환경이 구현된 것이다. 다시 말해서, 라디오 방송 네트워크를 통해 비교적 저렴한 비용으로 유비쿼터스 통신환경을 구현할 수 있게 된 것이다.

4) 유비쿼터스 디지털 통신방송 융합시스템

휴대폰, PDA 등 개인화된 단말기로 인터넷방송을 시청하는 네티즌들이 증가하는 가운데 디지털방송국, 유선방송업체에서 송출하는 디지털방송물을 단말기를 통해 시청할 수 있는 디지털 통신방송 융합시스템이 개발되었다. 한국전자통신연구원(ETRI)에서는 HDTV(고화질TV)급으로 제작된 디지털 방송컨텐츠를 시청할 수 있는 차세대 스트리밍 장치인 '유비쿼터스 디지털 통신방송 융합시스템'을 개발하였다.

일반적으로 현재 인터넷 방송에 사용되는 컨텐츠가 고화질, 고음질인 경우 빠른 속도의 통신망을 갖춘 사용자들만 끊임없이 시청할 수 있는 반면 통신속도가 좋지 않은 사용자들을 위해서는 화질과 음질을 떨어뜨려 크기를 줄여 서비스를 해야 한다.

그러나, 새롭게 개발된 유비쿼터스 디지털 통신방송 융합시스템은 멀티미디어 서버와 연결해 디지털방송 컨텐츠를 단말성능에 맞춰 19.2Mbps~384Kbps 범위로 변환, 전송하는 인터넷 디지털방송 시스템이다. 이 시스템은 간단한 세팅만으로 고화질 서비스와 저용량 서비스를 조절할 수 있고 별

다른 세팅없이 고객의 단말성능을 감지해 자동적으로 화질과 용량을 조절해 송출할 수 있는 등 다양한 특징을 갖고 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 1990년부터 발전하여 21세기 초부터 새로운 패러다임으로 떠오른 유비쿼터스 컴퓨팅과 지난 100년간의 역사를 자랑하는 방송 기술, 특히 유비쿼터스 시대를 앞당길 수 있는 디지털 방송과 아날로그 방송 기술에 대한 관계를 살펴보았다. 국가별로 대륙별로 다양한 형태의 디지털 방송 방식이 존재하며, 이를 통해 일반인들이 유비쿼터스 컴퓨팅에서 지향하고 있는 언제, 어디서나, 손쉽게 유용한 정보들을 공유할 수 있을 것으로 전망한다. 아직까지 우리나라에서는 미국, 일본, 유럽의 선진국에 비해서는 차별화되고 특색있는 유비쿼터스 컴퓨팅 영역을 갖고 있지는 않지만, 우리나라만이 가지고 있는 다양한 디지털 방송 방식, 즉 지상파 HDTV, 지상파 DMB, 위성 DMB, SkyLife 등이 접목된 유비쿼터스용 디지털 컨버전스 방송 분야에 집중적인 기술 개발이 이루어진다면 독자적인 기술 확보를 통해 우리에서 먹거리를 제공할 수 있는 새로운 신규 시장 창출은 물론 수출 산업에도 이바지 할 수 있을 것으로 전망한다.

참 고 문 헌

- (1) 김완석, 주제발표1 - 주요국의 유비쿼터스 프로젝트와 비즈니스 전략, u코리아포럼, 2004년 1월.
- (2) ETSI EN 300 401, "Radio broadcasting systems: digital audio broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers," May 2001.
- (3) B. L. Floch, M. Alard, and C. Berrou, "Coded orthogonal frequency division multiplex," Proc. of IEEE, vol. 83, no. 6, pp. 982-996, June 1995.
- (4) M. Alard and R. Lassale, "Principles of modulation and channel coding for digital broadcasting for mobile receivers," EBU Tech. Review, no. 224, pp. 3-25, Aug. 1987.
- (5) L.J. Cimini, Jr., "Analysis and simulation of a digital mobile channel using orthogonal frequency-division

multiplexing," IEEE Trans. Commun., vol. 33, no. 7, pp. 665-675, July 1985.

[6] J. A. C. Bingham, "Multicarrier modulation for data transmission: an idea whose time has come," IEEE Commun. Magazine, vol. 28, no. 5, pp. 5-14, May 1990.

[7] ISDB-T, "Specification of channel coding, framing structure and modulation", Sept. 1998.

[8] ITU-R BS.1514, "System for digital sound broadcasting in the frequency bands below 30 MHz," Apr. 2001.

[9] ETSI TS 101 980, "Digital radio mondiale(DRM); system specification," Sept. 2001.

[10] DRM website: <http://www.drm.org>

[11] T. Painter and A. Spanias, "Perceptual coding of digital audio," Proc. of IEEE, vol. 88, no. 4, pp. 451-513, Apr. 2000.

[12] iBiquity website: <http://www.ibiquity.com>

[13] 김지은, 유비쿼터스 컴퓨팅 : 어떻게 할 것인가?, 정보과학회지, pp. 5~17, 제21권, 제5호, 2003년 5월

필자소개

백종호



- 1994년 2월: 중앙대학교 전기공학과(공학사)
- 1997년 2월: 중앙대학교 전기공학과 대학원(공학석사)
- 2002년 9월~현재: 중앙대학교 전자전기공학부 대학원(공학박사과정)
- 1997년 1월~현재: 전자부품연구원 DMB개발사업단 단장 및 DMB수신기개발지원센터 센터장
- 주관심분야: 디지털 방송 시스템, 유무선 영상 통신 시스템

전원기



- 1994년 2월: 중앙대학교 전자공학과(공학사)
- 1996년 2월: 중앙대학교 전자공학과 대학원(공학석사)
- 1999년 8월: 중앙대학교 전자공학과 대학원(공학박사)
- 1999년 9월~2001년 7월: 중앙대학교 전자전기공학부 BK21 계약교수
- 2001년 8월~현재: 전자부품연구원 DMB개발사업단 책임연구원
- 주관심 분야: 디지털 통신 시스템

송병철



- 1994년 2월: 명지대학교 전자공학과(공학사)
- 1996년 2월: 명지대학교 전자공학과(공학석사)
- 1996년 2월~현재: 전자부품연구원 유비쿼터스 컴퓨팅연구센터 선임연구원
- 주관심 분야: Ubiquitous Computing, Sensor Network Protocol, 4G Communication

원광호



- 1989년 2월: 단국대학교 전자공학과(공학사)
- 2004년 2월: 중앙대학교 정보통신과(공학석사)
- 1991년 7월~1997년 3월: (구)현대전자 정보통신연구소 전임연구원
- 1997년 3월~현재: 전자부품연구원 유비쿼터스 컴퓨팅연구센터 책임연구원
- 주관심분야: Ubiquitous Computing, 무선통신용 RFIC, 무선통신시스템