

主題

디지털 라디오 방송기술 현황

전자부품연구원 백종호, 전원기, 정혁구

차례

- I. 서론
- II. 디지털 라디오 방송기술의 개요
- III. 대표적인 디지털 라디오 방송기술
- IV. 디지털 라디오 방송기술의 향후 전망

I. 서론

21세기 정보화 사회로 접어들면서 이동 통신, 위성 통신, 초고속 가입자 선로 등의 다양한 유·무선 통신 시스템들이 디지털화에 성공하여 본격적인 광대역 멀티미디어 서비스 시대가 도래하게 되었다. 그러나, 일상 생활에서 오디오, 영상과 같은 정보를 가장 손쉽게 접할 수 있는 매체인 텔레비전과 라디오 등의 방송 통신 분야는 타 분야에 비해 디지털 시스템으로의 전환이 상대적으로 미진한 상태에 머물고 있는 실정이다. 텔레비전과 라디오 방송으로 각각 대표되는 NTSC(National Television System Committee), PAL(Phase Alternation by Line), SECAM(Sequential Couleur a Memoire)과 AM(Amplitude Modulation), FM(Frequency Modulation)의 아날로그 방송은 지난 20세기동안 많은 사람들에게 다양한 정보를 제공해 왔지만, 이동시 수신 신호 품질이 급격히 저하되고, 잡음의 영향을 줄이기 위해 높은 송신 전력

을 사용함으로써 전력효율이 감소되며, 동일 채널 간섭을 피하기 위하여 근접지역에서 다른 주파수를 사용함으로써 스펙트럼 효율이 저하되는 등의 기술적인 한계를 가지고 있다. 이와 함께, CD(Compact Disc), DAT(Digital Audio Tape) 등의 새로운 고품질 오디오와 비디오가 결합된 멀티미디어 서비스에 대한 사용자의 요구가 급속히 증가하였다. 이러한 이유로 방송 통신 시스템의 디지털화에 대한 필요성이 절실히 요구되어 왔으며 현재 이에 대한 연구, 개발이 세계적으로 활발히 이루어지고 있다. 특히, 20세기말부터 사람의 청각과 시각의 특성을 이용한 오디오 및 영상의 디지털 압축 기술, 이를 효과적으로 전송 및 저장할 수 있는 디지털 통신 기술, 그리고 고성능 컴퓨터와 저전력 고집적 반도체 기술 등의 비약적 발전을 통해 저가의 방송 통신 시스템 구현이 가능해져 방송 통신 분야의 디지털화 추세는 더욱더 가속화되어 새로운 디지털 방송 시대가 열리게 되었다.

본 논문에서는 디지털 방송 기술 중에서 디지털 라디오 방송(Digital Radio Broadcasting: DRB)

기술의 현황에 대하여 논한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II절에서 디지털 라디오 방송에 대한 정의를 내리고, 방식별로 분류 및 표준화 현황에 대하여 기술한다. III절에서는 대표적인 디지털 라디오 방송기술에 대하여 개괄적으로 알아보고, IV절에서 디지털 라디오 방송기술의 향후 발전 방향에 대해서 논의하고 결론을 내린다.

II. 디지털 라디오 방송기술의 개요

1. 디지털 라디오 방송의 정의

넓은 의미로 볼 때, 디지털 라디오 방송은 디지털 텔레비전 방송과 디지털 오디오 방송(Digital

Audio Broadcasting: DAB) 모두를 포함하지만, 일반적으로 영상을 주 매체로 하는 디지털 텔레비전 방송과 구분하여 주로 오디오(또는 사운드) 서비스를 제공하는 디지털 오디오 방송을 의미한다. 즉, 디지털 라디오 방송은 기존의 아날로그 AM, FM 라디오 방송을 대체할 수 있는 디지털 오디오 방송을 의미한다. 현재 전 세계적으로 개발된 대부분의 디지털 라디오 방송 시스템들은 이동 환경에서 다중 경로 페이딩(multipath fading)을 효과적으로 극복하기 위해 부호화 된 OFDM(Coded Orthogonal Frequency-Division Multiplexing:COFDM)을 전송방식으로 사용하고 있다[1]-[11]. 또한, 높은 압축률을 갖는 청자 중심의 최신 음성 부호화 방식을 사용하여 CD 수준의 고품질 오디오 서비스를 제공하며 이와 함께 날씨, 교통, 오락, 전자 및 영상 등의 다양한 부가 데이터 서비스를 제공한다. 단일 주파수망(Single Frequency Network: SFN)의 구현이 가능하여 전국 어디에서나 단일 방송파 주파수를 사용하여 지역적인 경계 없이 방송 서비스가 가능하다. 표 1에 기존의 아날로그 FM 방송과 디지털 라디오 방송의 특징적인 기술을 간략하게 비교하였다.

표 1. 아날로그 FM 방송과 디지털 라디오 방송의 특징적 기술 비교

항 목	방송 종류	VHF/FM	디지털 라디오 방송
다중경로 간섭 영향		많다	적다
Shadowing 영향		많다	적다
잡음과 간섭 영향		많다	적다
요구 CIR		37 ~ 40 dB 이상	5 ~ 10 dB 이상
전력 사용 효율		낮다	높다
요구 송신 출력		수십 kW 이상	수십 kW 이상
주파수 사용효율		낮다	높다(FM 대비 최소 39배)
지역별 서비스 가용도		50 %	95.99 %
시간별 서비스 가용도		90 %	99 %
서비스 품질		낮다	높다
이동체 수신품질		낮다	높다
서비스 종류		오디오	오디오, 비디오 및 데이터
단일 주파수 방송망(SFN)		불가능	가능
난청지역 해소		어렵다	쉽다
채널 오류정정 기능		없다	있다
특정 가입자 선별 시청		불가능	가능
송신설비 공동 이용		어렵다	쉽다
스마트 단말 가능		없다	있다

2. 디지털 라디오 방송의 분류

디지털 방송은 크게 송출(Distribution) 방식, 주파수 대역, 수신 형태, 대역폭(Bandwidth), 전송 방식의 5가지 범주로 구분할 수 있다. 송출 방식으로는 지상파(ter-

표 2. 디지털 방송의 기술 분류

기술 \ 항목	TV/ Audio	Terrestrial/ Satellite	Mobile/ Fixed	Frequency Band
Eureka-147	Audio	Terrestrial/ Satellite	Mobile	UHF/VHF, L-Band
IBOC	Audio	Terrestrial	Mobile	AM/FM
XM	Audio	Satellite	Mobile	S-Band
DRM	Audio	Terrestrial	Mobile	HF
CDM	Audio	Satellite	Mobile	S-Band
DVB-T	TV	Terrestrial	Mobile	UHF
DVB-S	TV	Satellite	Fixed	Ku
ATSC	TV	Terrestrial	Fixed	UHF/VHF
ISDB	TV	Satellite	Fixed	Ku
ISDB-T	TV/Audio	Terrestrial	Mobile	UHF/VHF

(DRM: Digital Radio Mondiale, DVB: Digital Video Broadcasting, ATSC: Advanced TV System Committee, IBOC: In-Band On-Channel, CDM: Code Division Multiplexing; ISDB: Integrated Services Digital Broadcasting)

restrial)와 위성(satellite). 주파수 대역으로는 기존의 AM, FM 대역을 사용하는 in-band와 새로운 주파수 대역을 할당하여 사용하는 out-of-band, 수신 형태로는 이동형(mobile)과 고정형(fixed), 대역폭으로는 광대역(Broadband)와 협대역(Narrowband), 전송 방식으로는 Eureka-147, IBOC, DRM, ISDB-T, XM, Sirius, Worldspace로 세분화 할 수 있다. 표 2는 현재까지 개발되었거나 개발중인 다양한 디지털 방송 기술들에 대해 전송 방식 중심으로 분류해보았으며, 이 중에서 Eureka-147, IBOC, DRM, ISDB-T, XM, CDM 등이 디지털 라디오 방송기술에 해당한다[11].

3. 디지털 라디오 방송기술의 표준화 현황

디지털 라디오 방송의 표준화를 위하여 ITU(International Telecommunication Union) 내 WARC(World Administrative Radio Conference)-79에서 위성 디지털 라디오 방송에

대한 기술적 검토를 시작하여, 1987년에 유럽을 중심으로 여러 국가가 연합하여 새로운 주파수를 할당하여 사용하는 out-of-band 방식의 디지털 라디오 방송 시스템 개발을 목표로 첨단 기술 공동 개발 계획인 Eureka-147 프로젝트를 구성하였다. 그 후, 1991년까지 Eureka-147 DAB에 대한 기본적인 시스템 개발이 이루어졌으며, 1992년부터 1994년까지 Eureka-147 DAB에 대한 표준화 작업이 진행되어 1995년에 표준안이 제정되었고 2001년에 버전 1.3.3이 발표되었다[3][4]. 1895년 마르코니가 무선전신을 발명한지 정확히 100년이 되는 해인 1995년에 영국 BBC 방송국은 디지털 라디오 방송을 시작하였으며, 뒤이어 스웨덴, 덴마크에서 상용 디지털 라디오 방송을 시작하여 명실상부한 라디오 방송의 디지털 시대가 열리게 되었다. 이러한 out-of-band 방식의 Eureka-147 DAB 이외에 1998년 중국 팡저우에서 20여개의 단체가 콘소시엄을 이루어 30 MHz 이하 주파수 대역에서 기존의 아날로그 AM에서 사용하는 대역폭을 기본으로 아날로그 AM 방송의 동시 서비스가 가능한 in-band 방식의

DRM 시스템 개발이 시작되었다[12]. 이후, 1999년 2월까지 시스템의 평가를 마치고, 2000년부터 필드 테스트 Phase I을 수행했으며, 2002년 현재 필드 테스트 Phase II가 진행중에 있다. 2000년 1월에 ITU-R에 DRM과 앞으로 언급될 미국 iBiquity사의 IBOC DSB(Double SideBand)에 대한 Call For Proposals(CFP)가 제출되었으며, 2001년 4월에 ITU-R BS.1514 권고안으로 채택되었다[5]. 이와는 별도로 2001년 9월에 유럽의 ETSI(European Telecommunication Standards Institute)에서 DRM의 세부 기술 표준안을 확정하였다[6]. 2002년 현재 DRM 콘소시엄 업체들을 중심으로 프로토타입 송·수신기를 사용한 파일럿 방송을 수행중이며, 2003년말에 DRM 본 방송 개시를 목표로 하고 있다. 한편, 2002년 3월 ITU-R에서는 AM 단파(short-wave)에서는 DRM을 단일 표준안으로, 중파(medium-wave)와 장파(long-wave)에서는 DRM과 IBOC DSB의 복수 표준안으로 결정한 바 있다. 이러한 ITU-R

의 결정으로 볼 때, 향후 몇 년 후 AM 대역에서의 DRM과 IBOC DSB 가운데 어떤 방식이 생존할 것인가에 대한 귀추가 주목된다. DRM과 IBOC DSB 시스템의 방송 방식에 대한 비교 분석 결과를 표 3에 나타내었다.

북미를 대표하는 미국의 경우, 유럽에 비해 3년 정도 늦은 1990년에 비로서 NRSC(National Radio System Committee)를 중심으로 디지털 라디오 방송에 대한 인식을 갖기 시작했다. 기존 지역 라디오 방송국을 보호하며 지상파 전송방식을 지지하는 NAB(National Association of Broadcasters)와 위성 전송방식을 지지하는 EIA(Electronic Industry Association)의 두 그룹을 중심으로 연구가 시작되었다. 연구 초기에는 in-band 방식으로 AM 1개 방식, FM 4개 방식과 out-of-band 방식으로 Eureka-147 DAB, 그리고 위성 방식 1개가 제안되어 관련 시스템의 테스트와 시연이 행해졌다. 1996년 필드 테스트에서는 Eureka-147 DAB, Eureka-147 DAB(SFN),

표 3. 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)

AT&T IBAC(In-Band, Adjacent-Channel), VOA/JPL의 4개 시스템만이 참가하였다. 필터 테스트 결과 모든면에서 Eureka-147 DAB의 우수성이 입증되었으나, 미국 전역에 산재되어 있는 1만여 개의 기존 아날로그 라디오 방송국의 강력한 반발에 부딪혀 미국의 자존심을 걸고 기존의 AM, FM 주파수 대역에서 사용 가능한 독자적 기술 개발을 진행하였다. 1998년 NRSC DAB Committee가 재구성되면서 기존의 모든 방송 사업자가 DAB 주파수를 할당받을 수 있게 되었으며, 아날로그 방송 시스템에서 디지털 방송 시스템으로의 전환 비용에 대한 최소화를 선호하는 많은 방송사의 입장을 받아들여 미국에서는 IBOC 방식을 디지털 라디오 방송 방식으로 한정하기로 했다. 1998년에 들어서 IBOC에 대한 개발 업체가 USADR(USA Digital Radio), LDR(Lucent Digital Radio), DRE(Digital Radio Express)의 3사로 압축되었으며, 같은 해 10월 USADR은 FCC에 CFP를 제출하였다. 1999년 DRE사는 IBOC 시스템 개발을 포기하였으며, 2000년 8월 전송 방식 iDAB를 보유하고 있는 USADR과 오디오 압축 기술인 PAC(Perceptual Audio Coding) 기술[13]을 보유하고 있는 LDR이 합병하여 iBiquity사로 탄생하였으며, 이를 계기로 IBOC 시스템 개발은 단일화 되었다[14]. 2001년 8월에 IBOC 시스템의 필터 테스트가 완료되었으며, 그 해 9월 NAB Radio에서 IBOC FM에 대한 일반인의 최종 평가가 이루어졌으며, 이러한 결과를 NRSC와 FCC에 제출하여, 2002년 중반에 IBOC AM/FM에 대한 승인을 얻을 예정이며 iBiquity는 2003년 IBOC AM/FM의 본 방송을 계획하고 있다.

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 통

합함)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[15]. 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 방송과 관련된 표준은 협대역 ISDB-T라고 함)를 개발하였다[8]. 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 주목받는 기술이 될 것으로 전망된다.

유럽, 미국 및 일본 이외의 국가로 호주, 캐나다, 멕시코, 싱가포르 등에서 Eureka-147 방식으로 채택하였으며 인도 중국, 터키에서 실험 방송중에 있다. 그 외의 많은 국가에서는 아직까지 실험 단계 혹은 사업의 타당성을 검토하여 전세계의 기술적인 발전 흐름을 주시하고 있는 실정이다. 남미의 브라질과 칠레 등에서는 Eureka-147, IBOC와 더불어 일본의 적극적인 노력으로 ISDB-T에 대한 기술적인 검토중에 있다. 표 4에 대륙별 각 국가의 디지털 라디오 방송에 대한 서비스 현황을 나타내었다[16].

표 4. 국가별 디지털 라디오 방송기술의 서비스 현황

대륙	국가	현황
유럽	영국	99년 11월, 전국 상업 DAB 사업자로 Digital One(GWR과 NTL이 소유)이 5개 서비스 분야로 시작, 향후 전체 10개 서비스 확대. 인구의 약 70%를 커버하는 Digital One은 향후 3년 이내 40개의 송신기를 추가함으로 85%까지 커버할 계획. 95년 9월, BBC가 서비스를 개시한 이래 전체 인구의 60%, 3천만 명 이상을 커버하는 네트워크 구축, 5개 전국 네트워크와 함께 스포츠 생중계, 의회 생중계를 동시 방송함. 영국 정부는 26개 지역에 대한 사업자 허가를 위한 작업을 진행 중이며, 7개 지역은 이미 확정. 런던, 버밍햄, 맨체스터 내의 지역 다중 사업자는 BBC의 지역서비스를 이용하여 서비스할 계획. CE Digital(00년 6월 7일)은 런던, 버밍햄, 맨체스터에서, Score Digital(6월 7일)은 글래스고우에서 서비스를 실시, SwitchDigital(6월 26일)은 런던에 기존 Analog 서비스 및 5개 Digital 독립 Channel로 방송.
	스웨덴	Swedish Radio와 Teracom사가 95년 9월부터 서비스 개시, Teracom 네트워크는 인구 85%(약6백만)를 커버, Swedish Radio는 3개의 전국 네트워크와 24시간 음악채널, 핀란드어 채널, SR 국제서비스를 동시방송으로 제공하며, 64Kbps의 데이터 방송도 준비 중.
	독일	99년 4월, 구 동독 지역 Saxony Anhalt주에서 첫 상용서비스가 개시, 이 지역 인구의 95%이상, 270만 명을 커버, 99년 5월 바바리아 주가 두 번째로 상용서비스 개시, 지역과 인구의 40% 커버, 01년 말 1,060만의 주민, 2003년까지 90%를 커버 확대 예정. Wurttemberg, Baden은 99년 11월, Saxony 및 Thuringia는 00년 1월, North-Rhine Westphalia는 00년 5월, Saarland는 00년 10월 정규 Digital 방송 시작, Rhineland-Palatinate, Berlin 과 Brandenburg등은 01년부터 방송 시작, DAB의 핵심 성공 국가, 3천8백만 가구와 4천 2백만 자동차를 보유한 유럽의 거대 시장임. DAB 방송이 인구와 지역의 65%를 커버, 16개 연방 대부분 DAB 서비스 실시 중이며, 100개 이상 방송국이 운영중.
	프랑스	97년 1월, TDF가 파리에 첫 DAB 송신소 설치, 13개 DAB 프로그램이 파리와 인근 지역에 방송, 98년 주요 지역에 네트워크 구축, 파리의 3개 사이트에 6개 트랜스미터 설치, L밴드 이용하여 1천만 인구, 전체 인구의 17%를 커버, 99년 8월 현재 인구 1천 5백만, 전체 인구의 25%가 DAB 상용서비스를 받고 있으며, TDF는 99년 말 2천5백만 인구를 커버.
	덴마크	Tele Danmark가 3개 송신소 운영중, 코펜하겐은 2개 SFN 송신소, Vestjylland은 별도 독립적 송신소를 구축, 인구의 30%를 커버.
	이탈리아	95년 공영방송사인 RAI가 Aosta Vally지역에서 SFN으로 12VHF채널을 이용하여 DAB 서비스 개시, RAIway VHF band(Channel 12)에 20개 DAB 송신소를 운영, 전체인구 20%를 커버, 02년까지 전체인구의 40%를 서비스할 계획임. 98년에 DAB 도입을 위해 Telecomm./Broadcasting법을 제정하여 기존의 FM방송국에 DAB 사용권을 부여함. A5 하이웨이 등지에 5개의 DAB 송신소를 설치, 운영중이며, 밀라노, 베네치아 등 전체 인구의 15%를 차지하는 지역에 RAI프로그램과 1개의 데이터 채널을 방송중. 주요 민영방송 사업자도 독자적인 민영 네트워크를 구축했으며 전송과 연구활동을 위해 RAI와 긴밀한 협력을 유지.
	스페인	98년 4월 마드리드, 바르셀로나, 발렌시아 등에서 DAB 서비스 개시, 공영방송인 RNE는 다수의 민영방송사와 공동 서비스 중, 99년 12월 관련 법안이 통과되어 01년 6월 현재 인구 50%, 06년 80% 커버할 계획.
	체코	체코라디오미디어그룹이 설립되어, 디지털 TV와 라디오를 담당, 체코라디오코뮤니케이션(텔레비전, 라디오 네트워크공공자)과 공영방송인 체코 라디오가 99년 3월부터 프라하 지역 시험 서비스 개시, 현재 4개 라디오 프로그램 제공, 인구 12%를 커버하는 2개 mini-SFN 체제 구축.
	핀란드	전국 및 지역용으로 DAB 주파수 배정, 공영방송인 YLE가 네트워크를 구축, 민간사업자에게 방송 시설과 채널을 임대, 98년 2월까지 전국 및 지역사업권 신청 접수하여, 총 32의 사업자가 신청, 99년 4월부터 서비스 개시.
	네덜란드	98년 7월 시험서비스에서 수신기 출시, DAB주파수 허가는 00년, Dutch DAB재단에 의해 운영되고 있는 시험 다중송신소는 3개의 송신소를 통해 인구의 45%를 커버, 상업방송인 Sky Radio, Veronica, Classic Arrow Rock, Radio 10 Gold가 공영방송인 NOS Radio2, 3과 함께 다중 송신사업 운영중, 99년 초 암스테르담, 브레다, 헬렌도, 아인트호벤에서 L밴드 방송 서비스 개시.
	스위스	99년 2월 공영방송사업자인 SRG/SSR이 12개 채널, 캐치지를 방송하고, 다중송신 DAB 네트워크를 운영할 수 있는 사업권을 연방정부로부터 부여, 99년 10월 15일 DAB방송(베른, 인터라켄 등 4개 지역), 99년 11월 유러리가 실시했으며, 02년 5월까지 4개 공용어로 실시할 예정이며, 06년에 100% 커버 목표.
	오스트리아	비엔나를 커버하는 1개의 다중 방송사업이 운영중이며, 잘츠부르크 등 북부지역의 도시로 확대 예정.
아일랜드	99년 5월부터 RTE가 더블린에서 5개 채널 DAB 시험 서비스 개시.	
포르투갈	DAB 허가절차가 98년부터 시작되어, 하나의 네트워크가 전국을 커버, 나머지 네트워크는 14개 지역 커버, RDP가 전국 대상 허가권 부여 받고, 99년 12B 주파수 블록에서 6개 프로그램 제공의 풀 서비스 개시.	
노르웨이	99년 2월, 상용서비스 개시(공영 및 상업서비스 포함), 전송망 사업자인 Norkring이 네트워크를 확장 중이며, 현재 인구의 35% 커버, 00년 4월 Radio 2가 Digital 방송 실시.	
폴란드	공영 방송 Polskie Radio가 밴드 11를 이용, 4채널 제공 및 인구 8%를 커버 (중부지역 중심).	
벨기에	99년 1월 공영 방송사가 서비스 개시, 5백만 인구를 대상으로 서비스 중	
북미	미국	00년 11월, NRSC는 iBiquity Digital Radio사가 개발한 IBOC 승인, FCC에 표준으로 승인할 것을 권장, FCC는 97년 XM과 Sirius 등 2개의 S-Band 위성 DAB을 허가하여 01년부터 서비스 실시, 92년 설립된 XM Radio는 01년 9월부터 서비스를 실시하고 11월 미국 전역으로 확대, 현재 Rock과 Roll이라는 S-Band 위성을 사용, 100개 채널을 서비스 중이며, 월 이용료는 9.99달러, 향후, 전용 단말기를 GM에 독점적으로 공급할 계획, 89년 설립된 Sirius는 01년 11월 사업을 개시, 비정기 제도 위성 3개를 이용하여 100개의 채널을 서비스 중임, 월 이용료는 12.95달러이며, Ford, Chrysler 등에 독점적 공조체제 구축을 위한 제휴관계 체결, 90년 설립된 WorldSpace는 국제 위성 DAB 사업자임, 99년부터 2개의 위성으로 서비스를 시작, 아프리카, 아시아, 중남미 등으로 광범위하며, 채널은 약 150여 개임.
	캐나다	99년 11월 몬트리올에서 디지털 라디오가 공식 출범 이후, 토론토, 몬트리올, 밴쿠버에서 99년초, 온타리오 원저 등에서 00년 초 송신 시작, 4개 도시의 송신소는 인구의 35%인 1,000만 명에게 서비스 제공.
아시아 및 오세아니아	일본	ISDB-T 방식을 독자 개발 성공, 05~07년에 ISDB-T 서비스를 실시할 예정, 다른 국가에서 이 방식을 채택한 예가 전혀 없어, 세계 표준화에 어려움, 98년 5월 도사바가 도요다, 후지쓰와 같이 개인 휴대 위성방송 서비스를 위해 설립한 MBC(Mobile Broadcasting Corp.)는 02년 상반기 사업권 획득, 04년 1월 서비스 개시를 목표로, 약 60~70개의 서비스 채널로 영상 콘텐츠 비율이 높으며, 이동 멀티미디어 서비스를 지향.
	싱가포르	97년 RCS와 SAFRA Radio가 시험 서비스 개시, 99년 1월 RCS 최초 상용서비스 허가권을 취득, RCS의 서비스는 5개의 오디오 서비스와 교통, 경제정보 채널 포함.
	한국	02년 4월부터 Eureka 147에 대한 실험방송을 실시중.VHF 대역인 175~240MHz를 사용하여, TV 방송과의 혼신문제 해결을 위해 현장시험을 통한 기술적 보완 및 적합 채널 확보를 목적으로 시행, 본격적 DAB 실험방송이 추진되면, MP3 관련 기업의 참여 확대가 전망됨.
	중국	96년 3개의 Eureka-147 송신기 가동후 답보상태임, 전국망 구축 비용 문제로 유럽형 디지털 AM 방식 DRM 적극 검토중.
호주	01년부터 L밴드와 VHF 대역 이용하여 서비스 시작, 공용 및 상업방송사 컨소시엄인 DR2000 그룹은 00년 6월부터 Eureka 147 시험방송 실시, 시드니에 2개 SFN 송신소 구성, 콘텐트는 ABC Austereo, Macquaire, ARN, 2KY Racing Radio 등 5개 회사에서 제공.	

Ⅲ. 대표적인 디지털 라디오 방송기술

1. Eureka-147 DAB(4)

Eureka-147 DAB는 약 2 MHz의 대역폭을 사용하며, CD 수준의 음질을 갖는 오디오 서비스가 가능하도록 MPEG Audio Layer II에 기반한 고품질 오디오 압축 기술을 사용한다. 이동체 수신에서 다중 경로 페이딩 및 도플러 확산에 대처하기 위해 COFDM 전송 방식을 사용한다[1][2][9][10]. 오류 정정 부호화 방식으로는 1/4 길쌈 부호(convolutional code)를 기반으로 한 RCPC(Rate Compatible Punctured Code)를 사용하며, 오디오 및 데이터의 연접 오류를 방지하기 위한 인터리빙 기술을 사용한다. 또한, 제한된 대역폭과 주어진 채널 환경하에서 여러 개의 오디오 및 데이터를 최적 데이터율로 전송하기 위해 오디오 데이터의 경우 오

류의 민감성에 따른 UEP(Unequal Error Protection)을 사용한다. 전송 규격으로는 I, II, III, IV의 4가지 전송 모드를 정의하고 있으며, 표 5에 각 모드에 해당하는 전송 파라미터를 나타내었다.

전송 프레임은 널 심볼을 포함한 SC(Synchronization Channel), FIC(Fast Information Channel), MSC(Main Service Channel)로 구성되어 있다. SC에서는 전송 모드와 OFDM 심볼 및 반송파 주파수 동기에 필요한 정보들이 포함되며, FIC는 MSC를 구성하는 오디오 및 데이터 서비스들과 관련된 모든 정보를 포함하고 있는 MCI(Multiplex Configuration Information), 선택적 서비스가 가능한 SI(System Information) 및 데이터 서비스가 전송된다. 그림 1에 Eureka-147 송·수신 시스템의 기본 블록도를 나타내었다.

표 5. Eureka-147 DAB의 전송 모드에 따른 파라미터

항 목 \ 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			

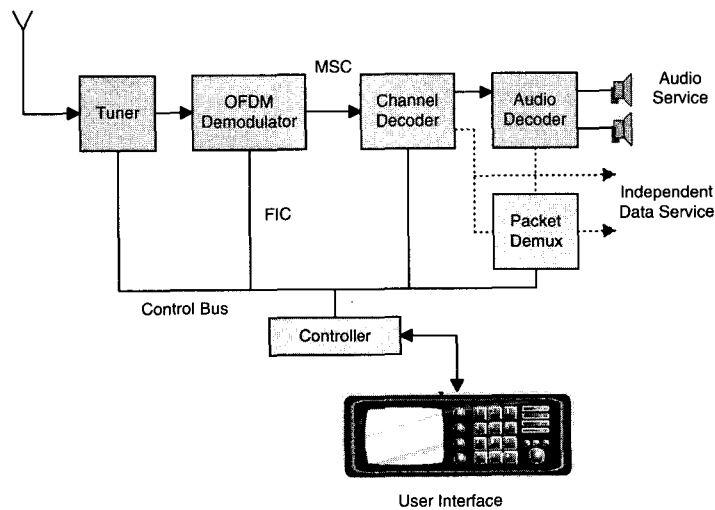
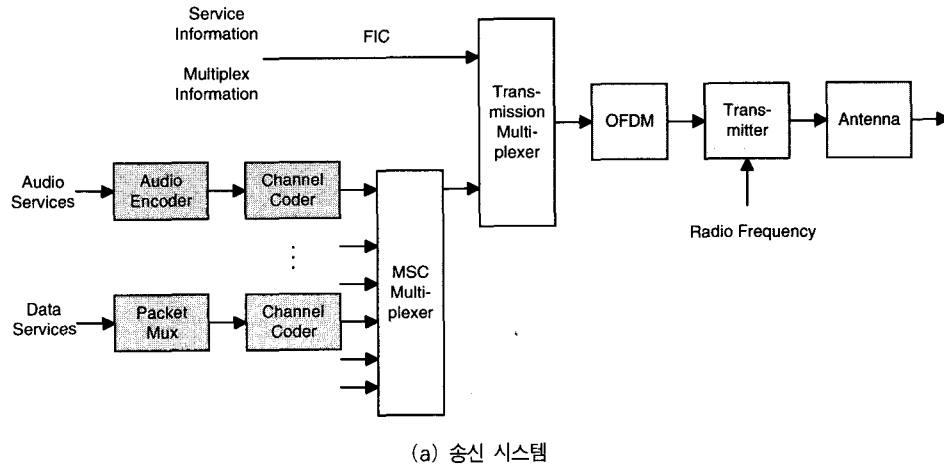


그림 1. Eureka-147 DAB의 송·수신 시스템 블록도

2. DRM[5][6]

DRM은 30MHz 이하의 주파수 대역을 사용하며 9KHz 혹은 10KHz의 전송 대역폭을 기본으로 하고 오디오 압축 부호화 기법으로 MPEG-4 AAC와 SBR을 사용하며, 음성 압축 부호화 기법으로는 사용 가능한 비트율에 따라 MPEG-4 CELP와

MPEG-4 HVXC를 사용한다. 특히, DRM에서 사용하는 SBR은 채널당 약 2Kbps정도의 적은 데이터량으로 고품질의 오디오 서비스를 재생할 수 있는 기법으로, 오디오 부호시 제거되는 높은 주파수 대역의 하모닉 성분을 효과적으로 추출하여 얻어진 정보를 전송함으로써, 오디오 복호시 SBR 정보를 AAC 복호기에 이용하여 보다 향상된 오디오 신호를 재생

표 6. 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			

할 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. 채널의 상황에 따라 A, B, C, D의 4가지 robustness 모드를 정의하고 있으며, 각 모드에 해당하는 전송 파라미터를 표 6과 같이 정의하고 있다.

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 UEP가 적용된다. 그림 2에 DRM 송신 시스템의 블록도를 나타내었다.

3. IBOC(5)

IBOC DSB는 Hybrid 모드와 All-Digital 모드의 2가지 모드를 제공한다. Hybrid 모드의 경우, AM 반송파를 중심으로 약 14.7 KHz의 대역폭을 사용하며, All-Digital 모드인 경우에는 AM 반송

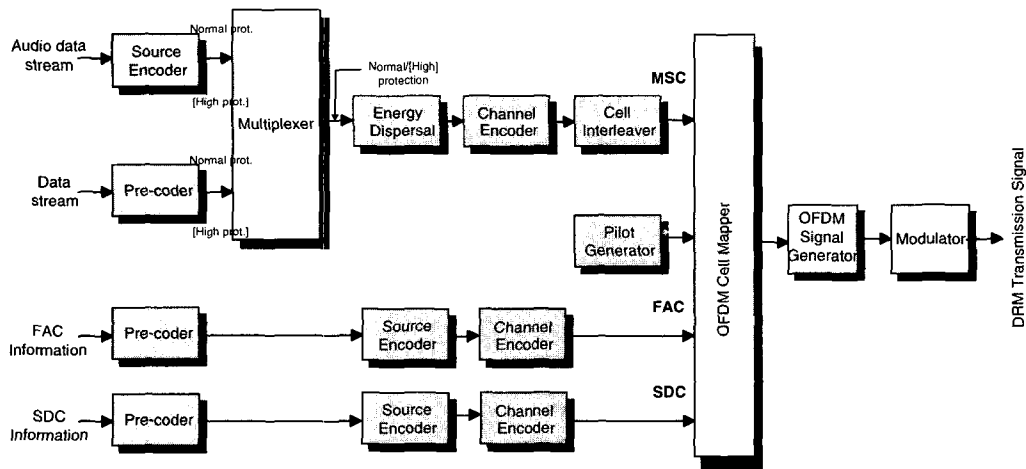
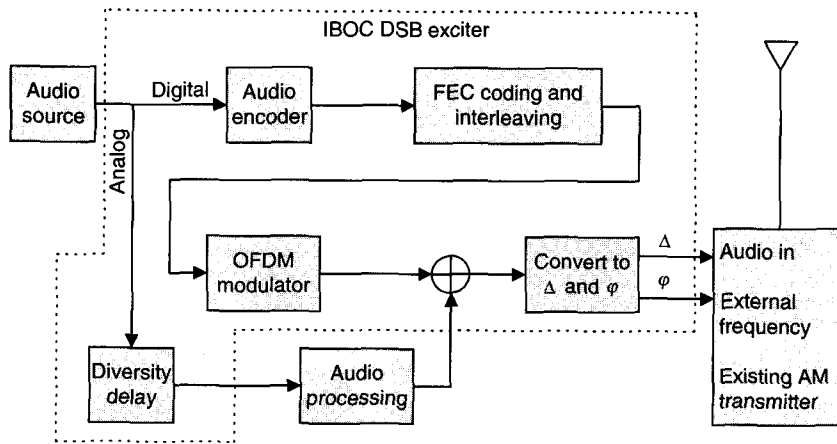


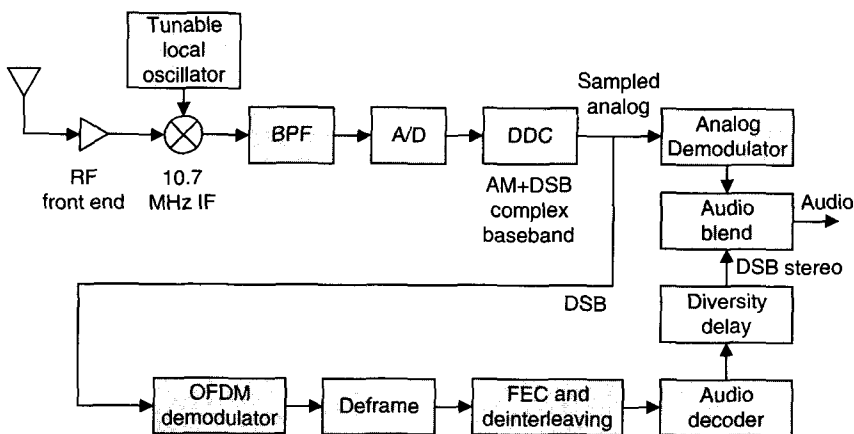
그림 2. DRM 송신 시스템 블록도

파를 중심으로 10 KHz의 대역폭을 사용한다. 앞서 기술한 DRM 시스템은 기존의 아날로그 AM 방송과 동시 방송을 할 때, 기존 아날로그 AM 주파수 대역에는 어떠한 디지털 신호를 실어보내지 않지만, IBOC DSB에서는 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. 그림 3에 Hybrid MF(medium frequency) IBOC 송·수신 시스템 블록도를 나타내었다.



(a) 송신 시스템



(b) 수신 시스템

그림 3. Hybrid MF IBOC 송·수신 시스템 블록도

표 7. 협대역 ISDB-T의 전송 모드에 따른 파라미터

항 목 \ 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		

4. 협대역 ISDB-T(8)

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

준으로 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 7은 3가지 전송 모드에 따른 파라미터를 나타내고 있으며, 그림 4는 협대역 ISDB-T의 송신 시스템의 블록도를 나타내고 있다.

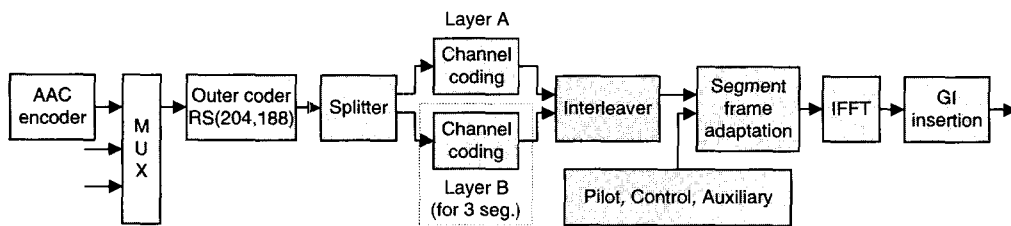


그림 4. 협대역 ISDB-T의 송신 시스템 블록도

IV. 디지털 라디오 방송기술의 향후 전망

지난 2001년 디지털 라디오 방송 잠정 표준방식 공청회 자료에 의하면 Eureka-147 DAB의 국내 시장 규모가 2005년경에 수출 2000억원, 수입 8억원, 내수 40억원으로 전망하고 있으며, 세계 디지털 라디오 수신기 시장은 DAB Forum 자료에 의하면 2005년에 약 30억불, 2015년에 약 70억불로 전망하고 있다[17]. 이러한 전망 결과를 토대로 보면, 현재 디지털 라디오 방송과 관련된 시장은 서서히 열리고 있으며, 앞으로 3년 내지 4년 후에는 급속한 성장기로 접어들어 그 후 안정적인 시장 형성을 예상할 수 있다. 그러면, 디지털 라디오 방송 수신기 측면에서 볼 때, 대륙별 국가별로 다양한 모든 방식들의 서비스가 가능한 새로운 형태의 수신기의 탄생을 의미한다고 볼 수 있다. 따라서, 우리나라의 경우 디지털 라디오 방송기술과 관련한 핵심 기술 및 국제 표준안 제정에는 다소 늦어다고 볼 수 있지만 향후 전개될 복합 디지털 라디오 방송 수신기와 관련한 핵심 기술을 확보한다면 앞으로 수 년후 디지털 라디오 방송기술과 관련하여 세계 시장을 선도할 수 있을 것으로 전망된다. 그림 5는 다양한 서비스가 가능한 멀티 표준 디지털 라디오 방송 수신기의 블록도를 나타내고

있는데 이 수신기는 AM/FM 방송 수신은 물론 Eureka-147 DAB, DRM, IBOC 등의 지상파 디지털 라디오 방송을 단일 단말기를 통해 서비스 받을 수 있게 된다. 이와 함께 오디오 서비스 이외에 영상 서비스, 인터넷 서비스 등의 양방향 복합 멀티미디어 서비스를 위한 세계 표준화 작업이 보다 활발히 이루어질 것으로 예상되므로 이 분야에 대한 연구, 개발을 집중적으로 수행해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] ETSI EN 300 401, "Radio broadcasting systems: digital audio broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed

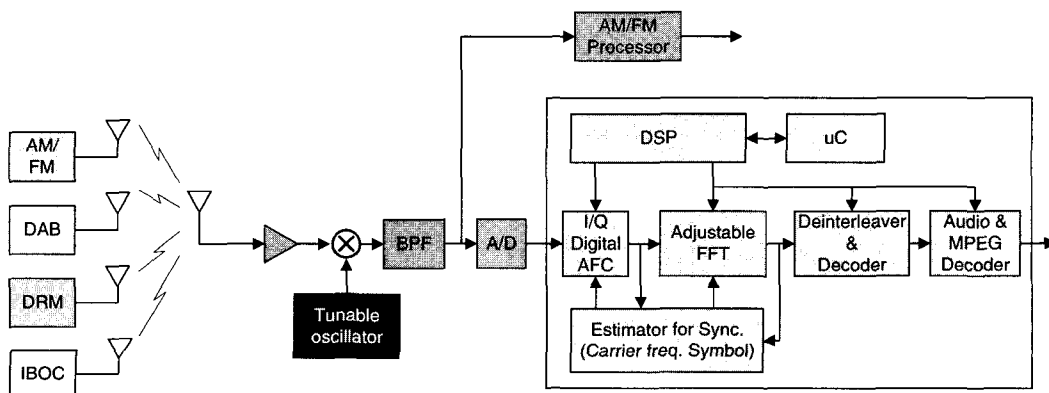
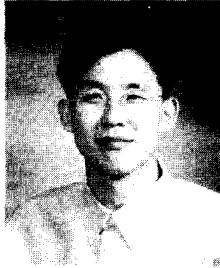


그림 5. 다양한 서비스가 가능한 멀티 표준 디지털 라디오 방송 수신기 블록도

- receivers." Feb. 1995.
- [4] ETSI EN 300 401, "Radio broadcasting systems: digital audio broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers." May 2001.
- [5] ITU-R BS.1514, "System for digital sound broadcasting in the frequency bands below 30 MHz," Apr. 2001.
- [6] ETSI TS 101 980, "Digital radio mondiale(DRM): system specification," Sept. 2001.
- [7] H. C. Papadopoulos and C.-E. W. Sundberg, "Simultaneous broadcasting of analog FM and digital audio signals by means of adaptive precanceling techniques," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 46, no. 9, pp. 1233-1242, Sep. 1998.
- [8] ISDB-T, "Specification of channel coding, framing structure and modulation", Sept. 1998.
- [9] L. C. 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.
- [10] 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.
- [11] 박지형, 디지털 라디오 방송, 2000년 9월.
- [12] DRM website: <http://www.drm.org>
- [13] T. Painter and A. Spanias, "Perceptual coding of digital audio," *Proc. of IEEE*, vol. 88, no. 4, pp. 451-513, Apr. 2000.
- [14] iBiquity website: <http://www.ibiquity.com>
- [15] TTC website: <http://www.ttc.or.jp>
- [16] DAB산업동향보고서, 전자부품연구원, 2002년 3월.
- [17] DAB forum website: <http://www.worlddab.org>



템, 영상 통신 시스템

백종호

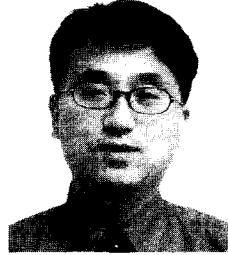
1994년 2월 중앙대학교 전기 공학과(공학사), 1997년 2월 중앙대학교 전기공학과 대학원(공학석사), 1997년 1월~현재 전자부품연구원 뉴미디어통신연구센터 선임연구원 <관심분야> 디지털 방송 시스템, 영상 통신 시스템



전기공학부 BK21 계약교수, 2001년 8월~현재 전자부품연구원 뉴미디어통신연구센터 선임연구원 <관심 분야> 디지털 통신 시스템

전원기

1994년 2월 중앙대학교 전자 공학과(공학사), 1996년 2월 중앙대학교 전자공학과 대학원(공학석사), 1999년 8월 중앙대학교 전자공학과 대학원(공학박사), 1999년 9월~2001년 7월 중앙대학교 전자



교 전자공학과 대학원 박사과정 수료, 1993년 3월~현재 전자부품연구원 뉴미디어통신연구센터 센터장 <관심 분야> OFDM 방식 초고속 이동 통신 시스템, 3차원 영상신호처리 기술, SDR 기술

정혁구

1985년 2월 연세대학교 전기 공학과(공학사), 1987년 2월 연세대학교 전기공학과 대학원(공학석사), 1987년 1월~1993년 11월 (주)금성사 정보기기연구소 선임, 1999년 9월~2001년 8월 중앙대학교