

## 디지털 오디오 방송의 기술 동향

최진욱 · 이영진 · 서종수

연세대학교 대학원  
전기·컴퓨터공학과

### 요 약

DAB(Digital Audio Broadcasting)는 기존 아날로그 방식 AM과 FM 라디오 방송의 한계와 문제점을 극복하고 CD 수준 음질의 오디오를 포함한 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하는 차세대 라디오 방송이다.

DAB는 전송 주파수 대역에 따라 기존의 FM/AM 대역과 다른 새로운 대역을 사용하는 Out-of-Band 방식과 기존의 FM/AM 대역을 사용하는 In-Band 방식으로 분류할 수 있다. Out-of-Band 방식으로는 유럽의 Eureka-147과 일본의 협대역 ISDB-T(Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial) 방식이 있으며, In-Band 방식은 미국의 USADR(USA Digital Radio)사와 LDR(Lucent Digital Radio)사가 개발하고 있는 IBOC(In-Band On Channel) 방식과 국내 한국전자통신연구원(ETRI)에서 개발 중인 IBAC(In-Band Adjacent Channel) 방식이 있다.

본 고에서는 DAB의 전송 주파수 대역에 따른 방식별 특성을 고찰하고 유럽, 일본, 미국과 국내에서 상용화 서비스 또는 개발되고 있는 DAB 시스템의 기술동향을 분석한다.

### I. 서 론

기존의 아날로그 FM 방송은 날로 증가하는 고층 빌딩과 주택의 밀집화에 따른 다중경로 전파현상과 이동체 수신시 발생하는 반송파 주파수의 도플러 효과 등의 영향으로 인해 음질 열화가 갈수록 심화

되어 가고 있다. 또한, VHF 대역 내 방송국의 수가 늘어남에 따라 주파수 혼잡도가 매우 심각한 상태이고, 이에 따른 상호 간섭은 새로운 방송사의 출현을 막고 있는 실정이다. 따라서, 이와 같은 아날로그 방송의 문제점을 해결하고 고품질의 오디오 방송에 대한 사용자들의 요구를 충족시키기 위해서는 새로운 디지털 방송 기술이 필요하다.

디지털 오디오 방송은 디지털 신호 압축 및 채널 코딩, 디지털 변조 기술들을 이용하여 고품질의 음질을 제공할 수 있으며 잡음과 다중경로 간섭 등을 완전히 극복할 수 있는 새로운 전송 방식을 채택함으로써 이동체에서의 수신 능력을 향상시키고, CD 수준의 오디오 방송뿐만 아니라 다양한 고속의 데이터 서비스를 제공할 수 있다. 즉, 기존 아날로그 방송에서는 오디오 서비스와 문자 정보를 주로 제공하는 것에 비해, 디지털 오디오 방송은 영상전송, GPS(Global Positioning System), 문자 방송, 교통 정보, Fax, 광역 paging 등과 같은 고부가 멀티미디어 서비스를 제공함으로써 종합 디지털 방송(ISDB)을 실현할 수 있다.

이상과 같은 디지털 오디오 방송의 도입을 위하여 선진 각국에서는 국가적 차원에서 라디오 방송의 디지털화를 지원하고 있으며, 국내에서도 디지털 오디오 방송의 필요성에 대한 공감대가 형성되어 국내 도입 시기와 표준 방식의 선정을 놓고 방송 사업자들과 수신기 제조업체들의 관심이 고조되고 있다.

## II. DAB 개요

최근 FM 라디오 방송에 비해 음질이 월등히 좋은 CD(Compact Disc), DAT(Digital Audio Tape), MD(Mini Disc) 등 디지털 오디오 기기들의 보급이 급격히 확산됨에 따라, 고품질의 오디오 방송에 대한 청취자들의 욕구가 날로 증가하고 있다. DAB는 발전된 디지털 방송 기술을 이용하여 기존 FM 방송 품질의 한계를 극복할 수 있는 차세대 라디오 방송이다.

고품질의 오디오 서비스를 제공하기 위하여 DAB는 다음의 일반적인 조건들을 만족해야 한다.

- (1) 음질은 CD와 같은 수준일 것.
- (2) 아날로그 FM 보다 주파수 효율이 좋고, 다중 경로와 반사파에 의한 영향을 개선할 것.
- (3) 지상과 위성 방송에 동일한 기술이 사용 가능할 것.
- (4) 고정, 차량, 휴대용 수신이 가능할 것.

디지털 오디오 방송은 보다 발전된 신호처리, 디지털 변복조 및 전송 기술들을 이용하여 고품질의 음질을 제공할 수 있으며, 이동체에서도 수신 능력이 강하고, 영상이나 문자와 같은 디지털 데이터를 고속으로 송신할 수 있는 특성을 가지고 있다. 이에 따른 DAB의 장점은 다음과 같다.

- (1) DAB의 오디오 주파수 대역은 20~22 kHz로서 FM 방송의 15 kHz보다 넓으며, FM 방송에서 문제시되는 잡음과 간섭에 의한 수신음질의 열화를 최소화할 수 있으며 CD급 음질을 제공할 수 있다.
- (2) DAB는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)과 같은 다중 반송파 디지털 전

송 방식을 사용함으로써 다중경로 환경에 강하며 이동 수신음질이 우수하다.

- (3) DAB는 FM 송신출력의 수십 분의 일의 저출력을 사용하여 FM 방송과 동일한 가청범위를 제공할 수 있다.
- (4) DAB는 FM 방송과 비교하여 주파수 사용 효율이 4배 정도 우수하며 단일 주파수 방송망(SFN, Single Frequency Network)을 이용할 경우 그 이상으로 개선된다.
- (5) DAB는 On-channel 중계기를 사용하여 매우 효율적으로 난청지역을 해소할 수 있다.
- (6) DAB는 뉴스, 음악 방송뿐만 아니라 고속 데이터 방송, 소프트웨어 방송, 교통/기상/주식 정보 방송, 지리 위치 정보 방송(GPS), 영상 라디오 방송, 문자 방송(Teletext), Fax 서비스, 전자신문, 특정가입자 방송(Narrow casting), 광역 paging, 이동 멀티미디어(음성, 영상, 데이터) 방송 등의 서비스를 제공할 수 있다.

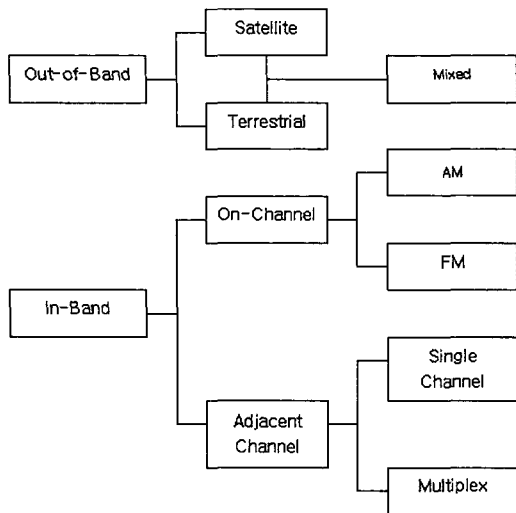
DAB는 이상과 같이 기존의 아날로그 AM, FM 방송의 단점을 해소하고 새로운 형태의 고품질, 고부가가치의 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 차세대 방송 방식으로 인정되고 있다.

## III. DAB 방식

### 3-1 DAB의 분류

디지털 오디오 방송은 전송신호 분배 방식에 따라 지상 전송 방식, 위성 중계 방식, 혼합 방식으로 분류되며, 전송 주파수 대역에 따라 Out-of-Band 방식과 In-Band 방식으로 분류되고 In-Band 방식은 다시 IBOC 방식과 IBAC 방식으로 구분된다.

[그림 1]은 디지털 오디오 방송의 분류를 보인다.



[그림 1] 디지털 오디오 방송의 분류

### 3-2 Out-of-Band 방식 DAB

Out-of-Band 방식은 기존의 아날로그 AM/FM 방송대역이 아닌 다른 대역을 사용하는 방식으로 30 MHz~3 GHz의 주파수 대역, 즉 VHF, UHF 및 L/S 대역에서 운용할 수 있다. 따라서, 현재의 FM 대역과 TV 대역을 통한 지상파 방송과 L/S 대역을 통한 위성 방송이 가능하다. 현재 유럽의 Eureka-147 및 일본의 협대역 ISDB-T 방식이 서비스 또는 개발되고 있다. Out-of-Band 방식은 새로운 주파수 대역의 할당이 필요하며, 방송 인프라를 구축하는 비용이 In-Band 방식보다 클 수 있다. 또한 기존 방송사업자와 신규 사업자가 동일한 상태에서 경쟁하게 되므로 기존 방송사업자가 기득권을 상실할 수 있어 사업자간에 논란이 될 수도 있다.

### 3-3 In-Band 방식 DAB

In-Band 방식이란 기존의 FM 신호와 같은 주파수 대역을 공유하며, 기존 방식과 동시에 방송되는 Simul-cast 시스템으로서 주로 지상파 방송에 사용

된다. In-Band 방식은 동일 채널에 DAB 신호를 전송하는 IBOC 방식과 인접채널에서 DAB 신호를 전송하는 IBAC 방식으로 분류된다. IBOC 방식은 FM 방송과 동일 채널을 공유하게 되므로 상호 간섭이 가장 중요한 요인으로 작용하게 되며 이에 비해 기존의 FM 대역에서 FM 방송으로 사용하지 않는 인접 채널을 이용하는 IBAC 방식에서는 상호 간섭에 대처하기가 비교적 쉽다<sup>[4]</sup>.

## IV. DAB의 기술 동향

### 4-1 유럽의 Eureka-147 DAB 시스템

유럽의 DAB 개발은 1987년 Eureka-147 프로젝트가 결성된 후 1992년에 Eureka-147 DAB 시스템을 개발하고 이의 성능을 Field Test하였으며 1994년 ETS 300 401이 유럽 전기통신 표준화기구(ETSI, European Telecommunications Standard Institute)에 의해 유럽 표준으로 채택된 후 1995년 영국의 BBC가 DAB의 시험 방송을 실시하였다. 영국은 1998년 10월에 민간사업자로서 Digital One사에 전국 면허를 부여하고 1999년 10월부터 상용 방송서비스를 개시하였다. 유럽의 DAB는 현재 정규 방송, 파일럿 방송 등 다양한 형태로 진행 중이다. 유럽과 캐나다, 멕시코 및 호주가 Eureka-147 방식의 DAB를 공식 채택하고 있으며 인도, 중국, 터키, 싱가포르 등도 현재 파일럿 전송 시험 중이다.

Eureka-147 방식은 Out-of-Band 방식의 대표적인 시스템으로서 현재까지 개발된 디지털 오디오 방송 시스템 중 가장 우수하다고 알려져 있다. Out-of-Band에 적합한 주파수 대역은 30 MHz ~ 3 GHz이며, 유럽은 DAB 용도로 Band-I(47 ~ 68 MHz), Band-III(174 ~ 240 MHz) 및 L-Band (1452 ~ 1492 MHz)의 3개의 주파수 대역을 할당하고 있다. Eureka-147 방식 DAB의 전송모드는 네 가지가 있

으며 Mode-I 은 300 MHz 이하 대역에서 동작하는 SFN으로 적합하며, Mode-II 는 1.5 GHz 이하 대역에서 지역 서비스로 적합하며, Mode-III 은 3 GHz 이하 대역에서의 위성 방송으로 사용하며, Mode-IV 는 L-band에서 SFN을 사용하는 광역 서비스 용도로 적합하다<sup>[1]</sup>.

Eureka-147은 디지털 음성 방송에 수용할 음성부호화 방식을 개선하여 DAB 전송에 맞게 규격화된 MUSICAM(Masking Pattern Adopted Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing) 방식 즉, ISO 11172-3 표준 Layer II를 이용한다. 부호화기는 48 Hz로 샘플링된 입력 PCM 오디오 신호를 처리하며, 모노의 경우 32 kbps ~ 192 kbps, 스테레오인 경우 2배의 비트율로 압축된 오디오 비트 스트림을 처리한다. 음성 모드는 <표 1>과 같이 복수의 비트율을 갖는다.

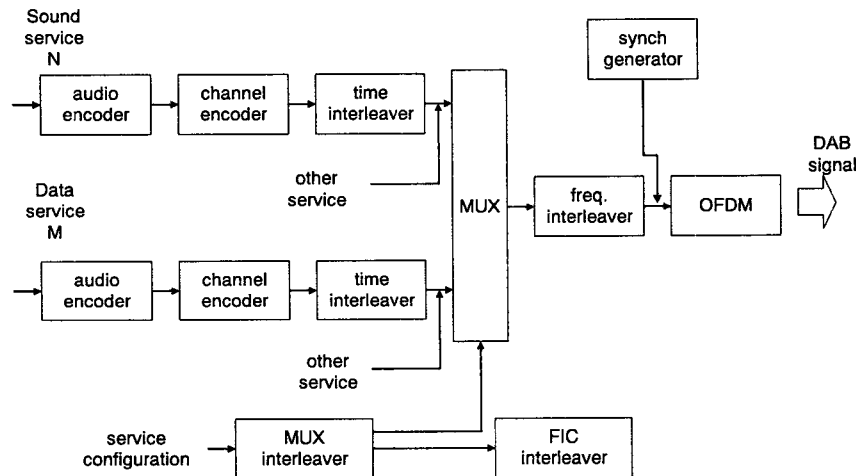
MUSICAM 방식은 음성신호를 750 kHz의 대역폭을 갖는 필터를 사용해서, 32개 서브밴드로 분할, Scale Factor를 이용하여 데이터를 압축하며, 다른 한편으로 심리 음향 특성을 이용하기 위해 고속 푸리에 변환(FFT)후 마스킹 값을 결정하여 각 서브밴

<표 1> 음성 모드의 비트율

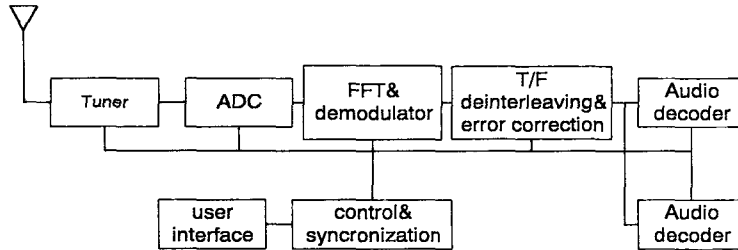
음성모드	비트율 (kbps/ch)
single (mono)	32, 48, 56, 64, 80, 95, 112, 128, 160, 192
stereo, dual, intensity stereo	64, 96, 112, 128, 160, 192, 224, 256, 320, 384

드에 적응적으로 비트를 할당하는 방식이다. 음성 신호 대역폭은 20 kHz이고 샘플링 주파수는 48 kHz, 신호 해상도는 22bit 이하이다. 그러나 MUSICAM 기술은 오래 전에 개발된 것으로 현재 기술 수준을 반영하지 못하고 있어 MPEG-2 BC, MPEG-2 AAC (Advanced Audio Coding), AC-3 등 오디오 압축 방식의 개량이 검토되고 있다.

각 오디오 프레임은 PAD(Programme Associated Data) 즉, 오디오와 밀접한 정보를 전송하는 많은 바이트를 포함한다. PAD는 2 바이트의 고정된 PAD (F-PAD)와 확장된 PAD(E-PAD)라 불리는 확장성을 갖고 있다. PAD에서 가능한 기능은 DRC (Dynamic Range Control)와 음악/음성 표시, 그리고



[그림 2] Eureka-147 DAB 송신기의 동작 구성도

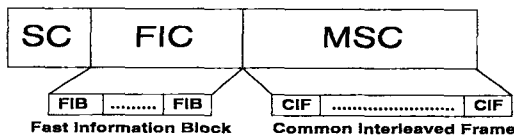


[그림 3] Eureka-147 DAB 수신기의 동작 구성도

프로그램과 관련된 정보 디스플레이 등이다.

Eureka-147 DAB 시스템의 송신기와 수신기의 동작 구성도는 각각 [그림 2], [그림 3]과 같다. DAB는 디지털 오디오 프로그램과 데이터를 전송하며 데이터를 전송하는 방식으로는 [그림 4]의 DAB 전송 프레임의 구조에서 보이듯이 FIC(Fast Information Channel)와 MSC(Main Service Channel)를 이용하는 두 가지 방식이 있다.

[그림 4]에서 FIC는 FIB(Fast Information Blocks)로 구성되며 그 주요기능은 MSC의 구성을 해석하는데 필요한 제어정보를 전달한다. 제어정보의 주요 부분은 MCI(Multiplex Configuration Information)이며 이것은 다중화 구성과 필요할 경우, 다중화 재구성에 관한 정보를 담고 있다. FIC에 포함되는 다른 정보로는 SI(Service Information), CA(Conditional Access) 관리정보와 FIDC(Fast Information Data Channel)가 있다. MSC는 일련의 CIF(Common Interleaved Frames)로 구성되며 MSC의 서비스 내용



SC : Synchronization channel  
 FIC : Fast Information channel  
 MSC : Main Service channel

[그림 4] DAB 전송 프레임의 구조

<표 2> 전송모드별 DAB 전송 프레임의 특성

전송모드	전송구간	전송 프레임당 FIB의 수	전송 프레임당 CIF의 수
I	96 ms	12	4
II	24 ms	3	1
III	24 ms	4	1
IV	48 ms	6	2

은 스트림 모드와 패킷 모드의 두 가지 모드로 전송된다.

<표 2>는 전송모드별 DAB 전송 프레임의 특성을 나타낸다.

#### 4-2 일본의 협대역 ISDB-T DAB 시스템

일본은 1989년 우정성과 NHK가 참여한 이동체 음성방송연구회를 구성하고 1994년부터 TTC(Telecommunications Technology Council)의 주도하에 DAB를 위한 기술적 검토를 시작하였다. 1995년부터 디지털 오디오/TV 통합 방식(ISDB-T)을 개발하고 1998년 9월 전파산업회(ARIB, Association of Radio Industries and Businesses)에 의해 ISDB-T의 최종 규격(안)이 채택되었다<sup>[3]</sup>. 일본은 1999년말 DAB에 대한 TTC의 승인 이후, 2000년 3/4분기 경에 디지털 라디오 방송의 사업면허 신청접수를 시작하여 2000년 하반기 경 실험방송이 가능해질 전망이다.

ISDB-T는 유럽 DVB-T(Digital Video Broadcasting-Terrestrial)의 COFDM(Coded OFDM)과 유사한 전송 방식을 채택, 시스템 대역폭을 일본의 주파수 환경에 맞게 조정하고 MPEG-2와 동일하게 데이터 패킷을 구성하는 시스템이다. ISDB-T의 전송 기법은 대역분할전송(BST, Band Segmented Transmission) OFDM 방식에 기초한다.

BST-OFDM은 오디오 방송과 TV 방송을 구현하는 단일 전송 방식으로서 기존의 TV 대역을 사용하며 단일 주파수 망 구현이 가능하다. 채널 대역 내에서 각 세그먼트 단위로 독립적으로 변조 레벨과 오류 정정 부호를 적용하여 최대 3가지의 계층적 전송을 지원한다. BST-Segment의 대역폭은 430 kHz 이고 Segment의 수는 요구되는 전송 용량에 의해 정해지는데 이와 같이 BST-Segment의 수를 조절함으로써 대역폭 가변성을 갖는다.

ISDB-T DAB 시스템의 오류정정은 Reed-Solomon(RS(204,188)) 부호와 길쌈부호를 결합한 방식을 사용한다. 내부호인 길쌈부호의 부호화율은 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 중에서 선택할 수 있다. 오류정정 성능을 높이기 위해 시간과 주파수 인터리빙을 사용하였으며, 다중경로 전파전파로 인한 심볼간 간섭을 피하기 위해 보호구간을 채택하였다. 변조 방식은 QPSK, DQPSK, 16QAM, 64QAM 중에서 선택할 수 있다.

음성부호화 방식으로는 압축율이 높은 MPEG-2 AAC Audio(ISO/IEC13818-7)를 채택하여 144 kbps로 CD 수준의 음질을 제공한다. 따라서 우수한 전송 성능을 보장하도록 주파수 효율이 낮은 변조 방식을 사용하고 내부호의 부호화율을 낮추더라도 한 세그먼트에 3개의 CD 음질 스테레오 프로그램을 수용할 수 있다. 다중화 방식으로는 MPEG-2 시스템(ISO/IEC13818-1)을 채택하여 타 미디어와의 호환성을 보장하고 있다.

#### 4.3 미국의 IBOC DAB 시스템

IBOC 방식은 Out-of-Band 방식에 대한 기존 라디오 방송 사업자들의 강력한 반대와 새로운 스펙트럼의 확보가 용이하지 않은 미국에서 주로 연구되고 있으며 현재 USADR사와 LDR사가 제안한 IBOC 방식이 서로 경쟁하고 있다. USADR과 LDR의 IBOC 방식은 현재 FCC(Federal Communications Commission)와 NRSC(Network Reliability Steering Committee)에서 검토 중이며, 올해 말까지 미국 내 지상파 DAB의 표준 방식이 결정될 것으로 예상된다.

IBOC 방식은 기존의 라디오 대역을 사용하므로 DAB 용의 새로운 주파수 스펙트럼이 불필요하며 따라서 스펙트럼 이전에 소요되는 비용이 절감되고 기존의 방송 인프라를 그대로 사용 가능하므로 구현 비용의 최소화과 지금까지의 투자를 보호할 수 있는 장점이 있다. 이와 같이 기존의 모든 방송사가 DAB 채널을 확보한다는 점과 디지털화 비용이 최소화된다는 점에서 미국에서 기존 방송사가 가장 선호하는 방식이다. 그러나, 신규사업자에 대한 주파수할당이 다소 어렵고 Field Test를 통한 FM 간섭 문제가 현재 검증되지 않았으며 성능과 데이터율의 제한으로 인하여 향후 서비스의 발전 가능성에 문제가 있다.

IBOC 방식은 기존의 FM 대역을 사용하여 아날로그 방식과 동시에 방송되는 In-Band 방식으로서, 아날로그 채널의 중심 주파수로부터 129 kHz~199 kHz 사이의 70 kHz 대역을 이용하는 양측파대 OFDM 신호 구조를 가진다. 이러한 양측파대 구조로 인하여 IBOC 방식은 주파수 diversity를 이용, 다중경로 페이딩과 간섭영향에 대처하고 있으며, 기존의 아날로그 방송 커버리지를 그대로 재현하는 강인한 서비스를 제공하도록 개발되고 있다.

#### 4-3-1 USADR 사의 DAB 시스템

USADR사의 IBOC 방식은 초기 제안 방식에서 개선을 거듭하여 1998년 10월 미국의 DAB 방식 표준화와 관련 규정 제정을 요구하는 청원서를 FCC에 제출했으며, 1999년 12월 유일하게 1차 Field Test 결과를 제출한 상태이다.

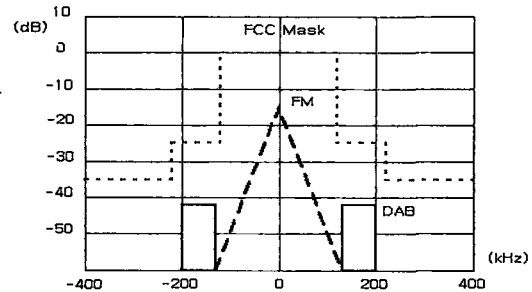
##### 1) FM 대역 Hybrid IBOC 방식

현행 아날로그 FM 방송은 88~108 MHz 주파수 대역에서 200 kHz 채널 간격을 가지며 FM 신호는 FCC 스펙트럼 마스크를 만족해야 한다. [그림 5]는 FM 대역 Hybrid IBOC DAB의 스펙트럼 구성을 도시하는 것으로 전형적인 FM의 전력 스펙트럼 밀도는 기울기가 -0.35 dB/kHz인 삼각형을 이루며 각 측파대(아날로그 스펙트럼 양쪽의 DAB 부분)의 총 DAB 전력은 host FM 전력보다 25 dB 낮다<sup>[2]</sup>.

Hybrid IBOC DAB의 특성은 다음과 같다.

- (1) 대역 바깥쪽 부반송파가 간섭에 보다 취약하다.
- (2) 서로 떨어진 두 측파대로 구성되므로, 상/하 측파대에 대한 간섭은 독립적이다.
- (3) 복원된 한쪽 측파대가 다른 쪽을 보완함으로써 수신 특성의 개선이 가능하다.
- (4) 각 측파대가 독립적인 코딩이득을 가지며 양 측파대가 결합했을 때 더욱 개선된 코딩이득을 가지는 CPC 부호(Complementary Pair Convolutional code)를 사용한다.

Hybrid IBOC DAB 시스템의 한쪽 측파대는 95개의 OFDM 부반송파를 가지며 각 OFDM 부반송파는 689.0625 bps(44100/64)로 QPSK 변조된다. 부반송파는 채널 중심 주파수를 0번으로 할 때 400 kHz 대역폭 좌우 끝까지  $\pm 275$ 번까지 번호를 부여하며



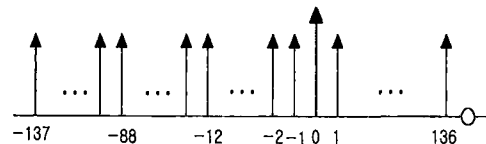
[그림 5] Hybrid IBOC DAB의 스펙트럼 구성

제일 바깥쪽 부반송파(274번)의 중심 주파수는  $\pm 199,128$  Hz이며 제일 안쪽 부반송파(179번)의 중심 주파수는  $\pm 130,087$  Hz이다. 또한 파일럿 부반송파(178번)의 중심 주파수는  $\pm 129,361$  Hz이며 심벌 타이밍 복원, 획득 및 추적용으로 사용된다. 각각의 부반송파는 펄스성형 후 726.7456055 Hz(44100\*135/ 8192) 간격으로 서로 직교 배치된다.

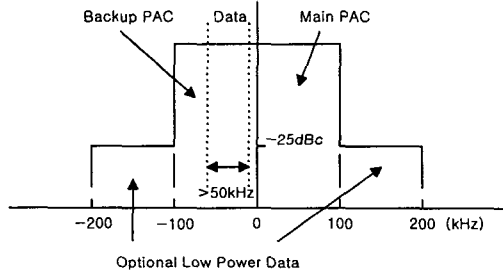
##### 2) FM 대역 전디지털(All-Digital) IBOC 방식

FM 대역 전디지털 IBOC DAB의 부반송파 구성은 [그림 6]과 같다. -137 ~ 137번까지의 총 275개의 부반송파 중에서 IBOC DAB 부반송파간 간섭을 피하기 위하여 137번은 사용하지 않으며 0번은 동기 검출을 위한 파일럿 톤 송출용으로 사용한다<sup>[6]</sup>.

FM 대역 전디지털 IBOC DAB의 스펙트럼 마스크와 대역분할은 [그림 7]과 같다. 모든 오디오 신호는 중심 주파수의 200 kHz 대역 내에서 전송하고 최자속 54%의 부반송파는 96 kbps로 코딩된 Main



[그림 6] FM 대역 전디지털 IBOC DAB의 부반송파 구성



[그림 7] FM 대역 전디지털 IBOC DAB의 스펙트럼 마스크와 대역분할

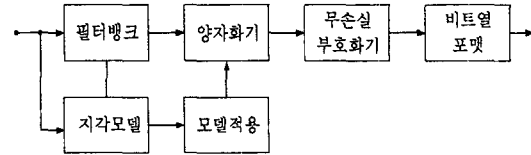
PAC (Perceptual Audio Coding)을 전송하며 최좌측 18%의 부반송파는 32 kbps로 코딩된 Backup PAC을 지연시켜 전송한다. 200 kHz 바깥쪽의 채널은 선택적 저출력 데이터 또는 서라운드용 데이터 등으로 사용하지만 200 kHz 주대역 신호와 같은 커버리지는 만족하지 못하며 인접채널간섭이 있을 경우 데이터가 소실될 수도 있다.

시간 diversity 효과를 가지기 위하여 Main PAC와 Back-up PAC를 시간차를 두고 전송함으로써 다른 FM 대역 전디지털 IBOC DAB 채널 또는 아날로그 채널로부터의 인접채널간섭을 배제할 수 있다. 주파수 diversity 효과를 가지기 위하여 주파수축 상에서 Main PAC와 Backup PAC를 분리함으로써 주파수 선택적 페이딩에 대응 가능토록 한다. 부반송파 주파수를 50 kHz 정도 분리할 경우 20 μsec 정도의 지연확산(delay spread)에 대응할 수 있다.

이 시스템은 대역폭 사용의 유연성을 가지므로 데이터 부분을 오디오로 전환하여 PAC 음질을 향상시키거나 서라운드 효과 등에 사용할 수 있으며 반대로 오디오 음질을 낮추고 데이터 전송을 확대할 수도 있다.

#### 4-3-2 LDR 사의 DAB 시스템

LDR사의 IBOC 방식은 Bell Lab.이 개발한 PAC



[그림 8] PAC 부호화기의 구조

방식을 기초로 동일 신호를 4개의 채널로 분리하여 전송하는 새로운 방식을 2001년 말까지 개발 완료할 계획이다. FM IBOC 시스템에서는 96 kbps의 비트율로 CD 음질의 스테레오 오디오를 제공하고 AM IBOC 시스템에서는 48 kbps 이하의 비트율로 FM 방송 수준의 음질을 제공하는 것을 목표로 한다.

PAC 부호화기의 구조는 [그림 8]과 같다. PAC는 96 kbps의 비트율에서 CD 수준의 음질을 제공하기 위해 향상된 분석 필터뱅크를 사용한다. 분석 필터뱅크는 입력신호를 대역필터들을 이용하여 몇 개의 대역밴드로 분해하여 신호의 중요한 스펙트럼 정보를 쉽게 얻을 수 있게 해 준다.

또한 PAC는 잡음 할당에서 향상을 기하기 위해 binaural과 interaural 마스크를 채용하였으며, 개선된 다차원 양자화 기술을 적용 Hoffman 부호에 기반을 둔 효율적인 무잡음 부호화기에 결합하여 사용한다. 부호화된 오디오 데이터는 가변 프레임 길이와 제어 비트들을 가진 비트열이 된다. PAC의 전송 비트율은 16~128 kbps이다. 하이브리드 모드에서 FM 신호의 양쪽 측파대에 배치되는 저출력의 DAB 신호는 모두 100 kHz의 대역폭에 100 kbps의 유효 데이터 전송 용량을 가지므로, 각 측파대는 CD 음질의 스테레오 오디오를 수용한다.

오류정정부호로는 CPPCC(Complementary Puncture Pair Convolutional Channel coding)을 불균등 오류 부호와 결합하여 사용하고, 페이딩에 대항하기 위해 시간, 주파수 인터리빙을 사용한다.

LDR의 DAB 시스템은 오디오 데이터 영역의 남



는 부분을 오류 은폐/완화 알고리즘에 활용한다. 오류검출과 정정을 위한 Reed-Solomon 복호화기는 일정 수준까지의 심볼 오류를 정정하고 그 이상의 오류가 발생하면 오류 플래그를 출력한다. 이 오류 플래그는 PAC 음성 복호화기에 수신된 Reed-Solomon 부호가 신뢰할 수 없는 것임을 알려 주고 이에 따라 PAC 복호화기는 오류 은폐 알고리즘을 가동한다. 이 알고리즘은 Mute보다 우수한 음질을 복조해 낸다.

#### 4.4 국내 ETRI의 IBAC DAB 시스템

DAB에 대한 국내 연구는 '92년부터 KBS 기술연구소, 한국전자통신연구원, 생산기술연구원, 전자부품종합기술연구소 등이 참여하여 독자적으로 또는 산학공동으로 진행하고 있다.

KBS 기술연구소는 1992년부터 DAB의 기본 원리와 COFDM 등의 전송 방식 연구, DAB 관련 시스템 대역폭, 주파수 대역 선정, 전송망의 설계시 고려사항, 수신기 기술 등에 대한 기초 연구를 수행하였고 이외에 Eureka-147 DAB 시스템 분석, In-Band 기술을 검토, 분석했으며, 1996년에는 독자적인 DAB 송수신 시험 방송을 계획, 추진하였다. 생산기술연구소는 '93년 실험용 수신기 개발에 착수하였고 전자부품종합기술연구소도 2000년까지 단계별로 수신기 개발을 추진하고 있다. 한국전자통신연구원은 1995년 DAB 시스템 개발계획을 1995년에 수립하고 1996년부터 2000년까지 5개년에 걸쳐 약 280억원을 투입하여 국내 방식으로서 IBAC DAB 시스템을 연구개발 중이다.

##### 4.4.1 FM 대역 IBAC 방식 DAB

IBAC DAB 시스템은 FM 대역 스펙트럼상의 빈 공간을 이용하여 낮은 레벨의 디지털 오디오 신호를 전송하며 이때 필요한 RF 대역폭은 200 kHz이

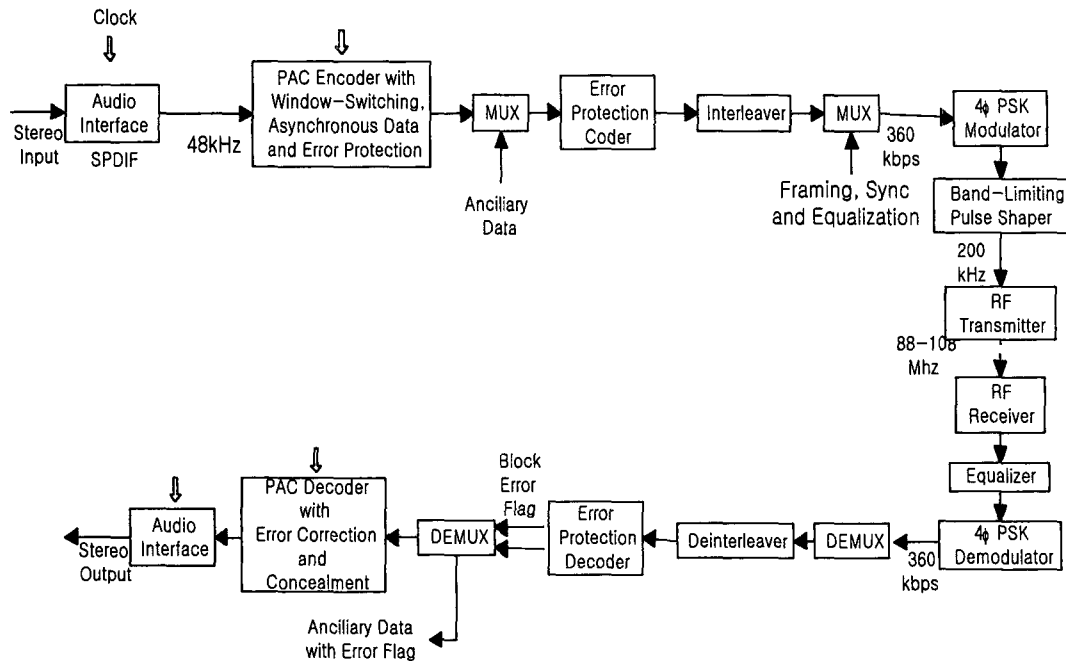
다. IBAC DAB는 IBOC DAB처럼 제한된 주파수 diversity를 사용하여 다중경로 페이딩을 보상해야 하는 문제점을 안고 있다. 그러나, IBAC DAB는 IBOC DAB와는 달리 점유되지 않은 스펙트럼을 이용하여 DAB 신호를 전송하기 때문에 복잡한 신호 추출 과정이 필요없다.

IBAC DAB는 소스 압축 코딩 방식으로 PAC 방식을 사용한다. 부가 데이터 전송에는 PAC 부호화기를 이용하는 비동기식 데이터 전송과 PAC 출력단을 이용하는 동기식 데이터 전송이 있으며 유효 데이터 throughput은 10~20 kbps가 된다. 1차 모드 DAB 시스템은 PAC bit rate가 160 kbps, 내부 RS 코드의 부호화율이 1/2이며 다중경로 페이딩에 따른 오류를 줄이기 위해 시간 인터리버의 깊이는 640  $\mu$ s로 하고 있다. 2차 모드 DAB 시스템은 PAC 비트율이 128 kbps 또는 192 kbps이며 따라서 RS 부호화율이 1차 모드와 다르다<sup>[5]</sup>.

IBAC DAB 시스템에서는 주파수 선택적 채널 페이딩을 보상하기 위하여 적응 등화를 사용하고, slow fading에 따른 연접 오류를 줄이고 BER 성능을 향상시키기 위해 다음과 같은 3단계의 에러 방지 기법을 사용한다.

- (1) 외부 부호 : 전송 bit stream 중 가장 중요한 정보(전체 160 kbps 중 8 kbps 정도) 보호
- (2) 내부 부호 : 부호화율이 약 1/2인 단축된 RS 부호를 사용하여 오디오와 부가 데이터 보호
- (3) 에러 감춤 : RS 복호화기가 원래 정보를 복호할 수 없을 때 block-error flag을 발생하여 PAC 복호화기에 입력되는 에러 차단

또한 변복조 방식으로는 이동체 수신에 적합한 차동 4상 PSK를 사용하며 변조기의 입력 데이터 속도는 360 kbps로서 200 kHz FM 채널에서 전송하므로 대역폭 사용효율은 1.8 b/s/Hz이다. 반송파 복원



[그림 9] FM IBAC DAB 시스템의 송수신 장치 동작구성도

을 용이하게 하기 위하여 파일럿 톤을 삽입하며, 채널 등화기는 T/3의 fractional-spacing 알고리즘을 사용하여 매 1700 bit마다 주기적인 적응등화를 수행한다. 훈련열 용의 overhead는 100/1800(20 kbps/360 kbps)으로서 PN 시퀀스를 사용하여 채널 임펄스 응답 평가와 비트 동기애 이용한다. IBAC DAB 송수신 장치의 동작구성도는 [그림 9]와 같다.

### V. 결 론

본 고에서는 고품질 오디오 방송과 다양한 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 차세대 라디오 방송으로서 주목받고 있는 DAB의 유럽, 일본, 미국과 국내의 기술 개발 동향과 각 방식별 특징과 장·단점을 분석하였다. 유럽의 Eureka-147 방식은 전송 성능이 우수하고 전송용량이 커서 많은 수의 오디오 프로그램을 동시에 전송할 수 있으며 다중구조의

유연성을 최대한 보장하고 있다. 일본의 협대역 ISDB-T 시스템은 우수한 음성부호화 기법을 채택하고 전송 방식의 유연성을 최대한 보장하며 다중구조를 MPEG-2와 호환되도록 하였다. 미국의 IBOC 방식은 기존의 라디오 대역을 사용하므로 새로운 방송 인프라 구축과 스펙트럼 이전 비용을 최소화할 수 있는 장점이 있으나 FM 신호와의 간섭 등으로 성능과 전송 데이터율에 제한을 받으며 이러한 간섭 문제가 아직 Field Test를 통해 검증되지 않은 상태이다. 국내 한국전자통신연구원에서 개발 중인 IBAC 방식은 IBOC 방식보다 FM 신호와의 상호 간섭에 대처하기가 비교적 용이한 장점이 있으나 아직 기술적으로 검증되지 않았으며 우리나라와 같이 주파수 밀집도가 높은 지역에서는 채널배치에 어려움이 있을 것으로 예상된다.

방송의 디지털화라는 세계적인 추세와 함께 현재 국내에서도 지상파 DAB 서비스에 대한 구체적인

계획이 수립되고 있으며, 국내 전문가들로 구성된 DAB 연구반에서 국내 전파 방송 환경에 적합한 방송 방식에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

### 참 고 문 헌

[1] ETSI, "European Telecommunication Standard Final Draft prETS 300 401," *2nd EBU/ CENELEC/ETSI-JTC*, Feb., 1997.  
 [2] 한국방송공사 기술연구소, "디지털 오디오 방송 연구(II)," 1998.  
 [3] 한국전자통신연구원 방송기술연구부, "디지털 방송의 현황," 1999.

[4] 김병길, 서종수, "FM In-Band On-Channel DAB 시스템의 성능 개선 방안," 한국통신학회 논문지, 2000년 2월  
 [5] J.A.C Bingham, "In-Band Digital Audio Radio : An Update on the AT&T/Amati PAC/DMT Solution," *2nd International Symposium on DAB*, March, 1994.  
 [6] R. L. Cupo, M. Sarraf, M. Shariat, M. Zarabizadeh, "An OFDM All Digital In-Band On-Channel(BOC) AM and FM Radio Solution Using the PAC Encoder," *IEEE Trans. on Broadcasting*, vol. 44, no. 1, March, 1998.

≡ 필자소개 ≡

#### 최 진 욱

1999년 2월: 연세대학교 공과대학 전파 공학과(공학사)  
 1999년 3월~현재: 연세대학교 대학원 전기·컴퓨터공학과 석사과정  
 [주 관심분야] 디지털 변·복조기술, 디지털 통신, 무선 LAN



#### 이 명 진

2000년 2월: 연세대학교 공과대학 전기 공학과(공학사)  
 2000년 3월~현재: 연세대학교 대학원 전자·컴퓨터공학과 석사과정  
 [주 관심분야] 디지털 변·복조기술, 디지털 전송, ADSL



#### 서 종 수

1975년 2월: 연세대학교 공과대학 전자공학과(공학사)  
 1983년 12월: Univ. of Ottawa, Canada 전기공학과(공학석사)  
 1988년 6월: Univ. of Ottawa, Canada, 전기공학과(공학박사)  
 1987년 7월~1989년 12월: IDC, Canada  
 1990년 1월~1992년 3월: 삼성 종합기술원 정보시스템 연구소  
 1992년 4월~1995년 2월: CAL, Canada  
 1995년 3월~현재: 연세대학교 기계·전자 공학부 교수  
 [주 관심분야] 위성통신, 방송시스템, 디지털 전송방식

