

디지털 AM 방송 방식의 기술 분석

허영, 이병기, 호요성
 광주과학기술원 정보통신공학과
 광주광역시 북구 오룡동 1번지

이수인, 정영호
 한국전자통신연구원 무선방송연구소
 대전광역시 유성구 가정동 161번지

Analysis of Digital AM Broadcasting Systems

Yung Hur, Byoung-Ki Lee and Yo-Sung Ho
 Kwangju Institute of Science and Technology
 E-mail: {yunghur, bklee, hoyo}@kjist.ac.kr

Soo-In Lee and Young-Ho Cheong
 Electronics and Telecommunications Research Institute
 E-mail: {silee, yhcheong}@etri.re.kr

요약

최근 ITU-R에서는 디지털 AM 라디오 방송과 관련하여 DRM(Digital Radio Mondiale)의 권고안을 채택하였다. 본 논문은 표준화된 DRM 방송 방식에 대하여 알아보고, 경쟁 관계에 있는 IBOC(In-Band On-Channel) DSB(Digital Sound Broadcasting) 방송 방식과 비교 분석하여 국내 디지털 AM 방송 방식의 결정과 실용화 전략 수립 과정에 도움이 되고자 한다.

1. 서론

최근 멀티미디어 서비스의 디지털화 추세에 따라 디지털 오디오 방송에 대한 많은 연구 개발이 진행되어 실용화 단계에 접어들었다. 현재 사용되는 FM 대역 주파수인 88~108 MHz(VHF)의 방송 범위는 주파수 특성상 청취 가능 지역이 상당히 제한된다. 따라서, 넓은 지역을 포함할 수 있도록 30 MHz 이하의 주파수 대역을 사용하는 디지털 라디오 방송이 필요하다.

디지털 AM 방송은 기존의 단파(SF), 중파(MF), 장파(LF) 대역을 그대로 이용할 수 있기 때문에 별도의 주파수 대역을 확보할 필요가 없다. 또한, 수신율의 향상과 더불어 기존 AM 주파수 대역에서 FM과 같은 음질의 방송을 청취할 수 있고, 디지털 방식의 특성을 이용한 다양한 프로그램 콘텐츠 제공이나 넓은 수신 대역을 가진다. 디지털 AM 방송을 할 때 청취자, 제조업자, 방송사업자 입장에서 가질 수 있는 장점을 표 1에 정리하였다 [1].

현재까지 디지털 AM 방송으로 개발된 시스템으로 DRM, IBOC DSB, Skywave2000, T2M 등이 있으며 [2], 이중 DRM과 IBOC DSB는 30 MHz 이하 대역에서의 디지털 방송 시스템에 대한 ITU-R의 CFP(Call For Proposals)에 대해 2000년 1월에 각각 제출되었다. DRM과 IBOC DSB 대한 기술과 테스트 결과는 각각 2000년 9월과 10월에 ITU-R에 제출되었으며, 결국 2001년 4월에 DRM의 권고안이 채택되어 ITU-R BS.1514로 참조되고 있다.

표 1. 디지털 AM 방송의 장점

디지털 AM 방송의 장점	
청취자	<ul style="list-style-type: none"> • FM과 같은 오디오 성능 • 향상된 수신율 • 시간과 장소에 구애받지 않고 청취 가능 • 저렴한 가격의 수신기와 높은 에너지 효율성 • 주파수, 방송국, 프로그램 선정에서 쉬운 튜닝 • 다양한 종류의 프로그램 내용 • 향상된 수신기 범위
제조업자	<ul style="list-style-type: none"> • 낮은 AM 기술에 대한 수명 연장 • 송신 및 수신 시스템의 잠재적 시장 확대 • 디지털 AM 수신기로의 대체에 의한 수익성
방송사업자	<ul style="list-style-type: none"> • 기존의 송신 시스템의 사용 가능 • 기존의 주파수 대역을 계속 사용 가능 • 방송 범위의 제어 • 데이터, 텍스트나 다른 부가적인 서비스 제공 • 청취자에게 향상된 음질을 제공 • 음질 향상과 부가 서비스로 청취자의 관심 유도

2. DRM 방식

DRM(Digital Radio Mondiale)이란 단파, 중파, 장파의 주파수 대역을 이용하는 디지털 라디오 방송 방식이며, 이러한 방송 표준을 지원하자는 컨소시엄의 명칭이다. DRM의 주요 활동 및 계획은 다음과 같다.

- 1998년 3월 중국 광저우에서 DRM 컨소시엄 시작
- 1999년 2월 시스템 평가
- 2000년 필드 테스트
- 2000년 1-2월 ITU에 표준화 제안
- 2001년 1월 DRM 규격(specification) 준비
- 2001년 4월 ITU에서 DRM 표준화 인정

- 2001년 시스템 검증 필드 테스트
- 2002년 프로토타입(prototype) 송수신기로 시험 방송 예정
- 2003년 정규 DRM 방송 시작과 수신기를 시장에 선보일 예정

2.1 DRM 시스템

DRM 송신기의 블록 다이어그램은 그림 1과 같다. 수신기 블록 다이어그램은 그림으로 포함되지는 않았지만, 송신기의 역과정으로 표현될 수 있다.

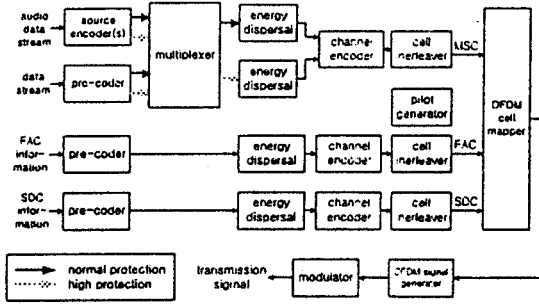


그림 1. DRM 송신기의 블록 다이어그램

입력 정보에는 두 종류가 있다. 첫째는 MUX를 거쳐 결합되는 부호화된 오디오 및 데이터이고, 두 번째는 MUX를 우회하는 정보 채널(2.3절에서 기술될 FAC 및 SDC)이다. 오디오 소스 부호화기 및 데이터 전부호화기(pre-coders)는 입력 스트림을 디지털 형식으로 변환한다. 그 출력은 두 개의 부분으로 구성되는데, 이는 채널 부호화기 내에서 두 개의 서로 다른 보호 수준(protection level)을 필요로 하기 때문이다.

MUX는 오디오 및 데이터 서비스의 보호 수준을 결합한다. 에너지 분산(energy dispersal)은 송신된 신호에서 원하지 않는 규칙성을 줄이기 위해 보완 비트를 제공한다. 채널 부호화기는 오류수정을 위해 중복성 정보를 추가하고, 디지털로 부호화된 정보를 QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 셀(cells)에 할당한다.

셀 인터리빙(cell interleaving)은 시간과 주파수에 무작위로 분리된 셀의 시퀀스 상에 연속된 QAM 셀을 확산시켜 시간-주파수 분산 채널(dispersive channel) 내의 오디오 송신에 대한 강인성을 제공한다. 파일럿 생성기(pilot generator)는 수신기가 채널등화(channel-equalization) 정보를 얻을 수 있도록 특정 정보를 주입하여 신호의 동기 복조(coherent demodulation)를 가능하게 한다.

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 셀 매퍼(cell mapper)는 서로 다른 부류의 셀을 모으고, 이를 시간-주파수 격자 상에 배치한다. OFDM 신호 생성기는 동일한 시간 인덱스를 갖는 셀의 각 양상분을 반송파의 대다수를 포함하는 신호의 시간-영역으로 변환한다. 그런 다음, 신호의 일부분을 주기적으로 반복한 보호구간(guard interval)을 삽입하여 이 시간영역으로부터 완전한 시간영역 OFDM 심볼이 얻어진다.

변조기(modulator)는 OFDM 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하며, 이는 송신기 안테나를 통해 공중

으로 송신된다. 이 동작은 주파수 상향변환(upconversion), D/A (digital-to-analog) 변환 및 필터링을 통해 송신되는 신호가 ITU-R 스펙트럼 요구사항에 따르도록 한다. 비선형 고전력의 송신기를 통해, 신호는 진폭과 위상 성분으로 분리되고, 최종 송신에 앞서 재결합 과정을 거치게 된다.

2.2 오디오 소스 코딩

DRM 시스템에 사용 가능한 소스 부호화의 선택 사항은 그림 2와 같다.

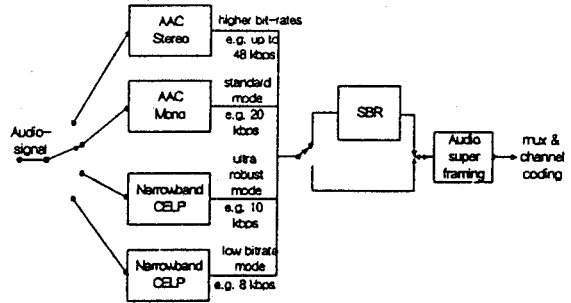


그림 2. 소스 코딩 개념도

AAC(Advanced Audio Coding) 스테레오를 제외한 모든 선택사항들은 30 MHz 이하의 음향 방송을 위한 현재의 9/10 kHz 채널 내에서 사용될 수 있도록 설계된다. CELP(Code Excited Linear Predictive Coding)는 비교적 낮은 비트율의 음성 부호화를 제공하고, AAC는 MPEG-4 오디오의 낮은 비트율(~48kbps)에 대한 표준을 채택하였다 [3]. 이 선택사항들은 그림 2의 SBR(Spectral Band Replication)과 같이 대역폭 개선 도구(bandwidth-enhancement tool)에 의해 향상될 수 있다. 각 선택사항에 대한 대표적인 출력 비트율을 그림 2에 나타내었으며, 이는 방송사업자에 의해 선택된다.

부호화된 오디오는 일정한 시간 길이(400 ms)의 오디오 슈퍼프레임(superframes)으로 압축될 수 있다. 오디오/음성 서비스의 다중화 및 UEP(Unequal Error Protection)은 MUX 및 채널 부호화 구성 요소에 의해 영향을 받는다. 예를 들어, 그림 2에서 AAC 모노+SBR의 경로를 선택할 경우에, 다음의 특성이 나타난다.

- 프레임 길이 40 ms
- AAC 표본화율 24 kHz
- SBR 표본화율 48 kHz
- AAC 주파수 범위 0~6.0 kHz
- SBR 주파수 범위 6.0~15.2 kHz
- SBR 평균 비트율 채널당 2 kbps

이 경우, 표준 AM보다 고음질을 제공하는 6 kHz 폭의 기본적인 오디오 신호에 더불어, SBR 기법용 사용하여 이 신호를 15.2 kHz로 확장할 수 있다. 이들 모두 대략 22 kbps를 사용한다. 프레임당 비트율은 높은 수준으로 보호된 고정된 크기의 AAC 및 SBR 데이터 일부분과 좀 더 낮은 수준으로 보호된 가변 크기의 AAC 및 SBR 데이터의 대부분을 포함한다. 400

ms의 고정된 시간 길이의 오디오 수퍼프레임은 이들 몇 개의 프레임으로 구성된다.

2.3 특정 채널을 포함하는 다중화

DRM 시스템의 전체 다중화는 MSC(Main Service Channel), FAC(Fast Access Channel) 및 SDC(Service Description Channel)의 세 채널로 구성된다. MSC는 오디오 및 데이터 서비스를 포함한다. FAC는 신호 대역폭에 관한 정보와 그 외의 변수를 제공하고, 고속 탐색을 위해 서비스 선택 정보를 사용할 수 있도록 한다. SDC는 MSC를 부호화하는 방법과 동일한 데이터를 대신하는 소스를 구하는 방법에 관한 정보를 수신기에 제공하고, 다중화 내의 서비스에 대한 속성들을 제공한다.

MSC 다중화는 네 개의 서비스까지 포함할 수 있으며, 이 중 하나는 오디오 혹은 데이터가 될 수 있다. MSC의 전체 비트율은 채널 대역폭 및 송신 모드에 의존한다. 모든 경우에, 이는 400 ms의 프레임으로 분할된다.

FAC의 구조도 대략 400 ms의 프레임으로 구성된다. 채널 변수는 모든 FAC 프레임에 포함된다. 서비스 변수는 프레임당 하나의 서비스로 잇따른 FAC 프레임으로 전달된다. FAC 채널 변수의 이름은 기본/향상 플래그(basic/enhancement flag), ID(identity), 대역 점유(spectrum occupancy), 인터리버 깊이 플래그(interleaver depth flag), 변조 모드(modulation mode), 서비스 개수(number of services), 재설정 지수(reconfiguration index), 및 미래에 사용하기 위해 예약된(reserved) 변수들이 있다. 이들은 총 20 비트를 사용한다. FAC 내에 있는 서비스 변수는 서비스 식별자(service identifier), 짧은 식별자(short identifier), CA 표시(CA indication), 언어(language), 오디오/데이터 플래그(audio/data flag), 및 미래에 사용하기 위해 예약된 변수들이다. 이들은 총 44 비트를 사용한다.

SDC의 프레임 주기성은 1200 ms이다. SDC의 필드 내에 있는 요소(element)는 다중화 기술(multiplex description), 레이블(label), 조건적 접근(conditional access), 주파수 정보(frequency information), 주파수 스케줄 정보(frequency schedule information), 적용 정보(application information), 통보 지원 및 스위칭(announcement support and switching), 적용 지역 식별(coverage region identification), 시간 및 날짜 정보(time and date information), 오디오 정보(audio information), FAC 복사 정보(FAC copy information) 및 연결성 데이터(linkage data)가 있다. 이러한 데이터를 전달하는 것 이외에도, SDC가 파형에 주기적으로 삽입되어 서로 번갈아 발생하는 주파수간에 무중단(seamless) 스위칭을 위해 사용된다.

2.4 채널 부호화와 변조

사용되는 채널 부호화 및 변조 방식은 OFDM과 길쌈부호화(convolutional coding)에 기반한 MLC(Multi-Level Coding)를 결합한 여러 형태의 COFDM(Coded OFDM)이다. 이들 두 가지 주요 구성 요소는 셀 인터리빙 및 순시 채널 평가(instantaneous channel estimation)를 위한 파일럿 셀이 추가적으로 보충되며, 더불어 단

기간 페이딩(short-term fading) 효과를 감소시킨다.

이렇게 결합된 형태는 장파, 중파 및 단파 방송 주파수 대역 내의 9/10 kHz 채널에서 우수한 송신 및 신호 보호 가능성을 제공해 준다. 또한 더 넓은 채널 대역폭에 대한 방송용 주파수에서도 효과적으로 사용될 수 있다.

OFDM에 대해, 송신된 신호는 각각의 보호 구간을 포함하는 심볼들의 시퀀스로 구성되며, 이는 지연 확산(delay spread)에 대한 강인성을 제공한다. DRM 시스템 설계의 경우, 각 심볼이 그 신호들 간에 서로 간섭하지 않도록 9/10 kHz에 걸쳐 대략 200개의 부반송파(subcarrier)를 포함한다. 부반송파의 정확한 개수 및 다른 변수에 대한 고려 사항은 지상파(groundwave), 공중파(skywave) 및 매우 강인한 송신과 같이 사용되는 모드에 의존한다.

QAM은 정보를 전달하기 위해 각각의 부반송파를 변조하는데 사용된다. 64-QAM과 16-QAM의 두 가지 주요 QAM이 사용된다. 또한 QPSK 모드도 매우 강인한 신호 생성에 사용된다. 하지만, MSC에 대해서는 QPSK 모드를 사용하지 않는다.

HF 송신을 위한 인터리버 시간 확장(time span)은 시간 및 주파수 선택적 페이딩을 처리하기 위해 2.4 초의 범위를 갖는다. 향상된 전파 조건으로 인해, 0.8 초 시간 확장으로 단축된 인터리버는 LF 및 MF 주파수에 적용될 수 있다. 다단계 길쌈부호화(multi-level convolutional coding) 방식은 0.5 ~ 0.8 초 범위에 있는 코드율을 사용할 예정이며, HF 전파 조건을 고려하여 더 낮은 비율을 갖을 것이다.

2.5 송신기 고려사항

DRM 시스템 여진기(exciter)는 선형 및 비선형 송신기에서 신호를 송신하기 위해 사용될 수 있다. 일반적으로, 방송사업자는 고전력의 비선형 송신기를 사용할 것이다. 이는 기존의 DSB(Double Side Band) AM에서 사용하는 방식과 유사하다. 비선형 송신기에 입력되는 신호는 마지막으로 증폭되기 전에 진폭 및 위상 성분으로 분리되고, 진폭은 에노드(anode) 회로를, 위상은 격자(grid) 회로를 통과한다. 그 후, 이 두 성분은 적절한 시간 동기화를 통해 송신기의 출력으로 결합된다.

2.6 대기 중에서의 디지털 신호

RF 신호에서 디지털 신호의 위상과 진폭 정보는 RF 신호가 전파될 때 서로 다른 정도로 훼손된다. HF 채널 중 일부는 경로 지연 확산(path delay spreads), 도플러 변이(Doppler shifts), 도플러 확산(Doppler spreads)을 생성하는 다중 경로 간섭(multipath interference)을 받게 된다. DRM 시스템에 포함된 오류 보호 및 오류 수정은 이러한 효과를 크게 약화시킨다.

2.7 수신기 측면의 DRM 시스템

수신기는 어떤 특정 DRM 시스템 모드가 전송되고 있는지 검출할 수 있어야 하고, 전송된 모드를 적절히 처리할 수 있어야 한다. 이는 FAC와 SDC 내에 있는 2.3에서 언급한 여러 필드 항목을 사용하여 처리

된다. 일단 수신된 모드가 식별되고 반복적으로 검증되면, 복조 과정은 송신기 블록 다이어그램인 그림 1의 역과정이다 [4].

3. IBOC DSB 방식

IBOC DSB 시스템은 혼성(hybrid) 모드와 디지털 모드에서 동작하도록 설계된다. 동작 모드는 방송 주파수, 스펙트럼의 사용 및 방송사업자의 서비스 요구 사항에 의해 결정된다.

3.1 동작 모드

가. 혼성 MF 모드

혼성 파형에서 디지털 신호는 아날로그 호스트 신호의 측파대(sideband)에서 뿐만 아니라, 그림 3과 같이, 아날로그 호스트 신호 내에서도 낮은 레벨로 존재한다. 각 OFDM 부반송파의 크기는 주반송파(main carrier)의 크기에 의해 정해진다. OFDM 반송파나 디지털 반송파는 AM 반송파로부터 대략 ± 14.7 kHz 정도 확장된다. 아날로그 신호 스펙트럼 내에 있는 디지털 반송파는 아날로그 신호와의 간섭을 피할 수 있도록 변조된다.

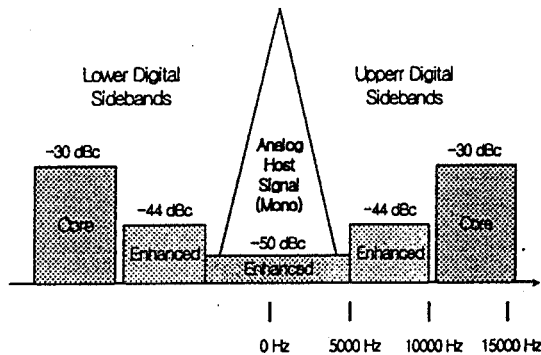


그림 3. 혼성 MF 모드의 IBOC DSB 전력 스펙트럼 밀도

혼성 모드는 MF 주파수로 방송하는 방송국에 적용될 수 있는데, 이는 그 주파수 대역에서 아날로그에서 디지털로의 전이 과정을 고려해야 하기 때문이다. 이 모드는 기존의 호스트 아날로그 신호를 유지하면서 디지털 서비스를 도입할 수 있도록 한다.

디지털 오디오의 수신 효율을 높이기 위해, IBOC DSB 시스템은 압축된 오디오를 코어(core)와 개선(enhanced) 정보 스트림으로 분리하여 부호화하는 계층적 코덱(layered codec)을 사용한다. 코어 스트림이 기본적인 오디오 정보를 제공하는 반면, 개선 스트림은 고품질의 스테레오 정보를 제공한다.

FEC(Forward Error Correction) 부호화와 OFDM 반송파 상에 오디오 스트림의 배치는 매우 강인한 코어 스트림과 그보다 덜 강인한 개선 스트림을 제공할 수 있도록 설계된다. 혼성 시스템에서 코어 정보는 아날로그 반송파로부터 ± 10 kHz ~ ± 15 kHz에 있는 고전력 반송파 상에 위치하고, 개선 정보는 0 ~ ± 10 kHz에 있는

OFDM 반송파 상에 위치한다. 혼성 모드 시스템에서 코어 오디오 처리량은 대략 20 kbps인 반면에, 개선 오디오 처리량은 대략 16 kbps로 추가된다.

나. 디지털 MF 모드

디지털 모드는 기존의 아날로그 방송이 사라진 후, 향상된 디지털 성능을 보장한다. 방송사업자는 보호해야 할 아날로그 방송국이 없는 지역이나 아날로그에서 디지털로의 전이 과정이 충분히 진행된 후에 디지털 모드를 선택할 수 있다.

그림 4에서 알 수 있듯이, 혼성 모드와 디지털 모드 간의 주요 차이점은 아날로그 신호가 제거된 것뿐 아니라 아날로그 신호 내에 있는 반송파의 크기가 증가한 것이다. 디지털 모드의 파형에 추가된 전력은 신호의 강인성을 증가시키며, 이 계단형 파형은 인접 채널에 의한 강한 간섭(interference)에 최적으로 동작할 수 있도록 설계된다. 혼성 시스템에서의 계층적 코덱 및 FEC 방법이 디지털 시스템에서도 동일하게 사용되어, 두 시스템 모두를 지원하는 수신기의 설계를 간단히 할 수 있다.

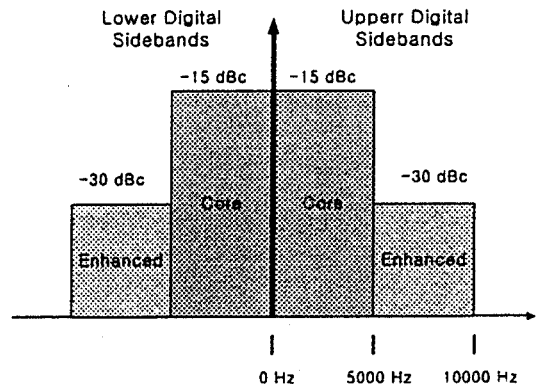


그림 4. 디지털 MF 모드의 IBOC DSB 전력 스펙트럼 밀도

3.2 신호 발생

혼성 MF 모드의 IBOC DSB 송신기의 블록 다이어그램은 그림 5와 같다. STL(Studio Transmitter Link)에 있는 입력 오디오 소스는 L+R의 단청신호(monaural signal)를 아날로그 MF 경로에 전달하고, 스테레오 오디오 신호를 DSB 오디오로 전달한다.

DSB 경로는 오디오 부호화기에서 오디오 신호를 디지털로 압축하고, 압축된 디지털 비트열을 FEC 부호화기 및 인터리버로 전달한다. 그런 후, 비트열은 모뎀 프레임에 결합되고 DSB 기저대역(baseband) 신호를 만들기 위해 OFDM 변조된다.

아날로그 MF 경로는 다이버시티 지연(diversity delay)을 거쳐 방송국의 기존 아날로그 오디오 처리를 통과하며, 디지털 반송파와 더해지는 DSB 익사이터(exciter)로 반환된다. 이러한 기저대역 신호는 기존의 방송국용 아날로그 송신기에서의 증폭을 위해 크기 Δ 와 위상 ϕ 로 변환된다.

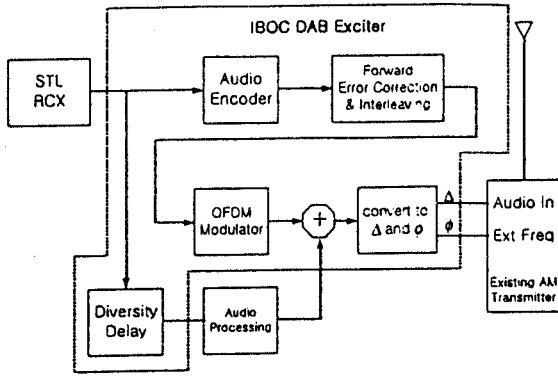


그림 5. 혼성 MF 모드의 IBOC DSB 송신기 블록 다이어그램

3.3 신호 수신

MF IBOC 수신기의 블록 다이어그램은 그림 6과 같다. 기존의 아날로그 수신기와 유사한 방식으로, RF 전단(front end)에서 수신된 신호는 IF로 변환된다. 하지만, 전형적인 아날로그 수신기와 달리, 수신된 신호는 필터링되고 IF에서 A/D 변환되며, 기저대역의 동상(in-phase) 및 구상(quadrature) 신호 성분으로 디지털화되어 변환된다.

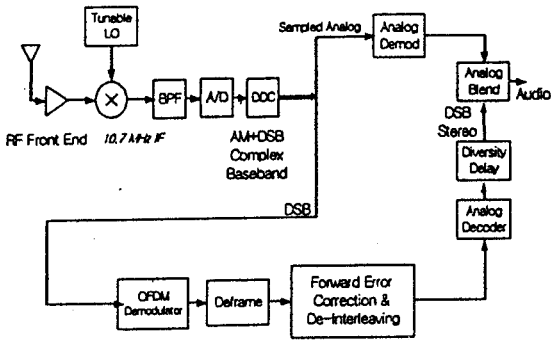


그림 6. 혼성 MF 모드의 IBOC DSB 수신기 블록 다이어그램

혼성 신호는 아날로그 및 DSB 성분으로 분리된 후, 디지털로 표본화된 오디오 신호를 만들기 위해 아날로그 성분이 복조된다. DSB 신호는 동기화되어 복조된다. 복조된 심볼들은 디인터리빙(deinterleaving) 및 FEC 복호화를 거치기 전에 디프레임(deframe) 된다. 디프레임된 비트열은 디지털 스테레오 DSB를 만들기 위해 오디오 복호화를 거친다. 이 DSB 오디오 신호는 아날로그 신호가 송신기에서 지연되었던 시간만큼 지연된다. 오디오 블렌드(blend)는 디지털 신호가 훼손되어 오류가 발생할 때, 디지털 신호를 아날로그 신호와 혼합하고, 튜닝이나 재획득(reacquisition) 과정에서 신호를 빨리 얻기 위해 사용된다.

잡음 공백(noise blanking)은 IBOC 수신기의 주요한 구성 요소로서, 디지털 및 아날로그 신호의 수신율을 향상시키기 위해 사용된다. 수신기는 인접한 채널들을 필터링하기 위해 동조 회로(tuned circuit)를 사용하며, 상호변조 기생신호(intermodulation product)를 포함한다.

이러한 동조 회로는 짧은 펄스를 ? 간섭(interruption)으로 확장시키는 경향이 있다. 잡음 공백은 임펄스(impulse)를 조사하고, 펄스의 짧은 기간에 걸쳐 RF단을 중지시켜, 이러한 울결현상(ringing effect)이 아날로그에서 발생하지 않도록 효과적으로 제한하였다. 짧은 펄스는 디지털 데이터 스트림에 최소의 효과를 끼치면서 아날로그 신호의 가청성을 증가시킨다. 아날로그 수신, 복조 및 오디오 블렌드 과정을 제외하고는 이와 유사한 방법이 디지털 모드에 사용된다 [3].

3.4 블렌드와 데이터 서비스

IBOC DSB 시스템은 전형적인 이동환경에서 정지 시간(outage) 동안 신호를 수신할 때 강인성을 부여하기 위해, 독립적으로 동일한 음원을 송신할 때 두 송신 사이의 시간 다이버시티를 사용한다. 혼성 모드 시스템에서 아날로그 신호가 백업(backup) 신호가 되고, 디지털 모드 시스템에서는 분리된 디지털 오디오 스트림이 백업 신호가 된다. 이러한 성능은 메인(main) 오디오에 대하여 상대적으로 몇 초간 만큼 백업 신호를 지연시켜 송신함으로써 얻어지며, 이 때 발생하는 지연이 블렌드 기능으로 사용된다. 튜닝하는 동안에, 블렌드가 백업 신호를 메인 신호로 바꿀 수 있다. 일단 얻어진 블렌드는 메인 신호가 훼손될 때, 백업 신호의 사용을 가능하게 한다. 신호의 정지기간이 발생할 때, 수신기는 시간 다이버시티에 의하여 신호를 같은 정지기간을 겪지 않은 백업 오디오에 끊임없이 섞는다.

디지털 시스템에 있는 인터리버는 시간에 걸친 오류들을 확산시키고, 정지기간을 줄인다. 일반적으로, 길면 길수록 인터리버는 획득 시간의 대가로 더욱 큰 강인성을 부여한다. 블렌드 특징은 시스템이 전체적인 성능을 떨어뜨리지 않고 튜닝이나 재획득 과정으로 백업 신호를 빠르게 얻을 수 있다는 점이다.

세가지 기본적인 IBOC DSB 데이터 서비스로 전용 고정 전송율(dedicated fixed rate), 조정가능 전송율(adjustable rate) 및 기회가변 전송율(opportunistic variable rate)가 있다. 전담고정 전송율 서비스에서 데이터 전송율이 설정되고 방송사업자가 이 전송율을 바꿀 수는 없다. 특히, IDS(iDAB Data Service)는 현재 RBDS(Radio Broadcast Data System)에서 제공하는 서비스와 유사한 낮은 대역폭의 데이터 서비스를 제공한다. 조정가능 전송율 서비스는 미리 정해진 기간동안 고정된 전송율로 동작한다. 하지만, 고정 전송율 서비스와 다르게 방송사업자는 데이터 전송율을 바꿀 수 있다. 기회가변 전송율 서비스에서 데이터 전송율은 부호화된 디지털 오디오의 복잡도에 따라 달라진다. 오디오 부호화는 동적으로 오디오의 복잡도를 조사하고, 부호화된 디지털 오디오의 음질을 떨어뜨리지 않고 데이터 처리량을 조절한다 [4].

4. DRM 과 IBOC DSB 방식의 비교 분석

DRM 시스템은 9/10 kHz 혹은 그 배수의 채널 대역폭에서 사용되도록 설계된다. 이러한 채널들에 대해 이용 가능한 비트열의 세부적인 크기 차이는, 오디오,

오류 방지 및 오류 수정에 사용되며, 할당되는 대역(LF, MF 또는 HF)과 의도적인 사용(예를 들어, 지상파, 단거리 공중파 또는 장거리 공중파)에 따른 데이터를 위해 사용된다. 즉, DRM 시스템은 세계 곳곳에 있는 방송사업자들의 광범위한 요구에 부응하는 형태상의 절충이 가능하다. 규정 절차를 통해 9/10 kHz 이상의 채널 대역폭이 사용될 수 있다면, DRM의 시스템 성능이 크게 향상될 수 있다.

DRM 시스템은 주된 디지털 부호화로서 AAC를 사용하였으며 이는 SBR에 의해 보완된다. SBR은 저주파로부터의 정보를 이용하여 그 보다 높은 기저대역 주파수를 효과적으로 향상시켜 오디오의 음질을 개선시킨다. OFDM/QAM은 길쌈부호화 기반의 다단계 부호화를 사용한 FEC 및 시간 인터리빙과 함께, 채널 부호화 및 변조를 위해 사용된다. 파일럿 참조 부호는 수신기에서 채널 등화 정보를 얻기 위해 사용된다. 이들 기법들을 결합하여, 기존의 AM과 성능을 비교해 볼 때, 의도한 적용 범위 내에서 더욱 강인한 수신과 함께 더 높은 음질을 보여 준다.

DRM 시스템은 MF 지상파 전파에서 뿐만 아니라 장거리 다중경로 HF 공중파 전파와 같은 열악한 상황에서도 잘 동작한다. MF 지상파 전파의 경우, 최대 선택사항은 AAC와 SBR 소스 코딩 알고리즘으로 구성되며, 이는 최소의 오류 정정이 이용되기 때문에 AM 보다 훨씬 좋은 음질을 제공한다. 대다수의 HF 전파 조건에서 높은 강인성을 얻기 위한 절충으로 인해 MF 디지털과 비교해 볼 때 오디오 음질이 떨어진다. 하지만, 여전히 오디오 음질은 현재의 AM보다 훨씬 좋다. DRM과 각종 오디오 매체의 성능을 그림 7에서 비교하였다.

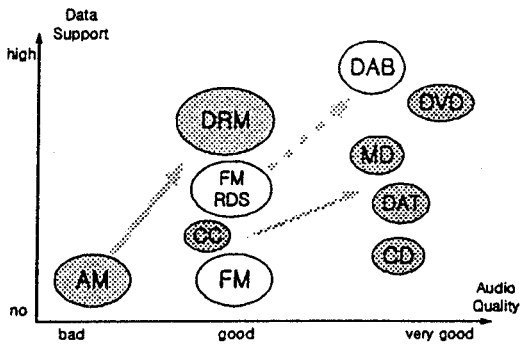


그림 7. DRM과 각종 오디오 매체의 성능 비교

DRM 시스템은 단일 주파수 망(SFN) 내에서 사용되도록 설계될 수 있다. 또한 자동적인 주파수 스위칭이 가능하며, 이는 서로 다른 송신 주파수로 동일한 신호를 보내는 방송사업자들에게 유용하다.

한편, IBOC DSB 시스템은 네 개의 기본적인 성분으로 구성된다. 즉, 오디오 신호를 부호화하고, 복호화하는 코덱, 중복성과 다이버시티를 통해 강인성을 제공하는 FEC 부호화 및 인터리빙, 신호를 변조하고 복조하는 모뎀이 있다. 또한, 혼성 모드 동작의 경우, 디지털에서 기존의 아날로그 신호로 매끄럽게 변환시켜 주고 디지털 모드 동작의 경우 백업 신호를 제공하는

블렌딩(blending)이 있다. DRM과 IBOC DSB의 특징이 표 2에 비교하여 요약되어 있다.

표 2. DRM과 IBOC DSB 방송 방식의 비교

비교 사항	DRM	IBOC DSB
전송 방법	지상파, 공중파 전송	지상파 전송
밴드 할당	In-Band (30MHz 이하: AM)	In-Band (30MHz 이하: AM)
RF 대역폭	9 kHz/10 kHz	9 kHz/10 kHz (MF)
오디오 코딩	MPEG-4 AAC+SBR CELP	MPEG-4 AAC+SBR
동시 방송	가능	가능
채널 부호화 방식	OFDM	OFDM
변조방식	QAM QPSK(not for MSK)	QAM
반송파	다중 반송파	다중 반송파
전송속도	지상파: 24kbps 공중파: 10~22 kbps	혼성 모드: 20 kbps 디지털 모드: 36 kbps
전진적 열화	가능	가능

5. 결론

디지털 AM 방송 기술은 DAB 시스템과 더불어 차세대 멀티미디어 통신 서비스를 제공하는데 사용될 핵심적인 기술로서, 이 기술을 자체적으로 개발하여 확보하는 것이 필요하다. 국내외적으로 디지털 AM 방송에 대한 관심이 증대되고 있지만, 이 분야에 대한 국내 연구는 아직 기반이 취약하다. 본 논문에서는 디지털 AM 방송에 관련된 기술 개발 동향과 국제 표준화 현황을 조사하여 분석하고, 디지털 AM 방송 방식으로 대두되고 있는 DRM 방식과 IBOC DSB 방식의 시스템과 기술에 대하여 비교, 분석하였다.

감사의 글

본 연구는 광주과학기술원(K-JIST) 초고속광네트워크연구센터(UFON)를 통한 한국과학재단 우수연구센터(ERC)와 교육부 두뇌한국21(BK21) 정보기술사업단의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] <http://www.drm.org>
- [2] 정신일, "디지털 라디오방송 방식," 방송공학회지, pp. 51-60, 6월, 1999.
- [3] M. Dietx and T. Mlasko, "Using MPEG-4 audio for DRM digital narrowband broadcasting," *IEEE/MPEG Workshop on MPEG-4*, pp. 205-208, May 2000.
- [4] ITU-R BS. [DOC. 6/63], "SYSTEM FOR DIGITAL SOUND BROADCASTING IN THE BROADCASTING BANDS BELOW 30 MHz," Oct. 2000.