

工學碩士 學位論文

국내 디지털 AM 라디오 방송을 위한 최적의 방송방식에 관한 연구

A Study on Optimun Broadcasting Method for Domestic
Digital AM Radio Broadcasting

指導教授 河 德 鎬

이 論文을 工學碩士學位論文으로 提出 함.



釜慶大學校 産業大學院

情報通信工學科

具 祺 勳

이 論文을 具祺勳의 工學碩士
學位論文으로 認准함

2004年 6月 22日

主審 工學博士

김 석 태 (印)



委員 工學博士

박 규 철



委員 工學博士

하 덕 호



목 차

Abstract	1
제 1 장 서 론.....	3
제 2 장 국내 AM 라디오 방송현황.....	5
2.1 국내 아날로그 AM 라디오 방송 채널 현황과 청취형태.....	5
2.2 국내 아날로그 AM 라디오 방송 광고 매출.....	6
2.3 아날로그 AM 라디오 수신기 시장 현황.....	7
제 3 장 국외디지털 AM 라디오 방송방식 비교.....	8
3.1 표준화 동향.....	8
3.1.1 유럽의 표준화 동향.....	8
3.1.2 미국의 표준화 동향.....	9
3.1.3 ITU-R의 국제 표준화 동향.....	9
3-2 방송방식의 비교.....	10
3.2.1 DRM(Digital Radio Mondiale) 방송방식.....	10
3.2.2 AM IBOC(In-Band On-Channel) 방송방식.....	21
제 4 장 국내 디지털 AM 라디오 방송의 최적의 방송방식.....	28
4.1 DRM과 AM IBOC 방송방식의 비교 분석.....	28
4.2 필드테스트 결과 분석.....	29
4.2.1 DRM 방식의 필드테스트.....	29

4.2.2 AM IBOC 방식의 필드테스트.....	35
4.3 국내에 적합한 디지털 AM 라디오 방송방식.....	39
4.3.1 국내 AM 라디오 방송과 호환성.....	40
4.3.2 국내 디지털 AM 라디오 수신기 산업의 발전성.....	40
4.3.3 각 방식의 국제적 보급 현황.....	41
4.3.4 방식별 소요예산.....	41
4.3.5 방식별 특허료.....	42
제 5 장 결 론.....	43
참 고 문 헌.....	44
감사의 글	

그 립 목 차

그림 3.1	DRM 시스템의 송신 계통도.....	11
그림 3.2	DRM 시스템의 소스부호화.....	12
그림 3.3	SBR(Side Band Replication) 시스템.....	15
그림 3.4	24kbps 모노로 DRM 신호 청취시 AAC와 AAC+SBR 음질 비교	16
그림 3.5	48kbps 스테레오 신호를 이용한 음질 테스트 결과.....	17
그림 3.6	DRM 프레임.....	18
그림 3.7	DRM 스펙트럼(64QAM,9kHz) 와 ITU 스펙트럼 패턴.....	20
그림 3.8	DRM 시스템의 전송구조.....	20
그림 3.9	AM IBOC 송신 시스템 계통도.....	22
그림 3.10	오디오 부호화의 특성 비교.....	23
그림 3.11	AM IBOC의 혼성 모드에서의 파워 스펙트럼 밀도.....	25
그림 3.12	AM IBOC의 디지털 모드에서의 파워 스펙트럼 밀도.....	26
그림 3.13	AM IBOC 수신기 계통도.....	27
그림 4.1	DRM 필드테스트 계통도.....	30
그림 4.2	DRM방식의 전계강도 측정치.....	31
그림 4.3	DRM방식의 전계강도 및 인접채널간섭 측정치.....	31
그림 4.4	AM IBOC방식의 전계강도 측정치.....	36
그림 4.5	AM IBOC방식의 전계강도 및 채널간섭 측정치.....	36
그림 4.6	WWJ 방송국의 필드테스트 측정치.....	37
그림 4.7	아날로그와 AM IBOC의 동일채널시 오디오음질 측정치.....	38
그림 4.8	인접 채널 발생시 AM IBOC 와 아날로그 수신기의 음질 측정치....	39

표 목 차

표 2.1	AM 방송망별 현황	5
표 2.2	국내 아날로그 라디오방송 (AM+FM) 매출액.....	6
표 2.3	국내 아날로그 라디오방송 광고 매출액	6
표 2.4	라디오 수신기 생산액	7
표 2.5	라디오 수신기 수출액	7
표 4.1	DRM과 AM IBOC 방송 방식의 비교.....	29
표 4.2	DRM의 강건성 모드에 따른 파라미터.....	32
표 4.3	DRM 시스템에서 최소 가능한 전계강도비.....	33
	(강건성 A 모드, 대역폭 9kHz)	
표 4.4	DRM 시스템의 RF 보호비 (64 QAM , 강인성 모드 A).....	34
표 4.5	AM IBOC 방식의 필드테스트가 행해진 지역과 송신전력	35
표 4.6	DRM 방식의 장비에 부가되는 특허료	42

A Study on Optimum Broadcasting Method for Domestic Digital AM Radio Broadcasting

GI HUN KU

*Department of Telematics Engineering
Graduate School of Industry
Pukyong National University*

Abstract

In this paper, we suggest a domestic AM radio model which broadcasting method is optimal model in preparation for digital conversion of domestic AM radio broadcasting.

There are two methods for digital AM broadcasting by broadcasting method, the one is AM IBOC(In-Band On-Channel) method of U. S. A and the other is DRM (Digital Radio Mondiale) method of Europe. The DRM method is designed to be allocated new band(9 or 10khz channels or multiples of these channel bandwidths) throughout high efficiency source coding and error robustness channel coding, with near the FM quality sound that offers a dramatic improvement over analogue AM. Meanwhile the AM IBOC method offers improved performance over existing analog AM broadcasting. This method is both forward and backward compatible and does not require the allocation of additional channel spectrum.

Broadcasters can simultaneously transmit both analog and digital signals within the allocated channel mask allowing full compatibility with existing analog receivers. comparing with these two methods, for the source coding, the DRM method use the MPEG-4 format. MPEG-4 standard includes Advanced Audio Encoding(AAC), Code Excited Linear Prediction(CELP), Harmonic Vector Excitation(HVXC). In order to achieve the sound quality of FM signals, the AAC is extended by SBR(Spectral Band Replication).

The SBR is a tool which uses the information of the spectral envelope in order to increase the audio signals bandwidth. The source coding of AM IBOC use PAC(perceptual audio coding). But, this coding show lower audio quality than the AAC. In spite of the fact, when compare with FM quality, this coding show almost similar to audio quality level.

In the transmission method, the DRM method has three transmission method(64, 16 Quadrature Amplitude Modulation, and Quadrature Phase Shift Keying) by propagation environment. The AM IBOC has only Quadrature Amplitude Modulation. For the bit rate, the DRM method show almost 24kbps, and the AM IBOC method show 20kbps. Therefore, the DRM method has faster than the AM IBOC method. For the channel interference, it can be clearly seen from the field tests in an urban noise channel environment that the DRM method shows more robust than the AM IBOC method.

For the consideration of technical condition, Domestic AM digital radio broadcasting method fit with the DRM method. But, domestic AM radio broadcasting has retransmitted in very high frequency band. Hence, listener does not interest digital AM radio broadcasting that similar to FM audio quality. As compare with all circumstances, domestic digital AM radio broadcasting is more suitable for the AM IBOC method. If we select Digital AM Radio Broadcasting method later on, we have to consider field test in Korea, and survey for audience preference broadcasting method should be preceded prior to broadcasting method selection.

제 1 장 서 론

아직까지 보편적인 정보와 오락 전달수단으로서의 명맥을 이어오던 AM 방송은 음질의 열화로 인하여 더 이상 청취자의 관심을 끌지 못하게 된 것이 사실이다. 특히, 우리나라는 표준 FM 방송의 존재로 인하여 중파방송의 청취인구가 급속히 감소한 상태이고, 또한 청취자들이 더 많은 정보와 다양하고 고품질의 서비스가 요구되면서 다채널, 고 음질 및 동영상 전송이 가능한 광 대역 매체의 디지털 TV 및 DMB (Digital Multimedia Broadcasting) 서비스의 등장으로 인하여 디지털 방송 전환정책에서도 AM 방송의 디지털화는 관심을 끌지 못하였다. 그러나 한정된 자원이라는 주파수의 부족현상이 심화되고 디지털 기술의 급격한 발전으로 아날로그보다 깨끗한 음질을 보장하게 되면서, 넓은 방송구역을 서비스할 수 있는 중파 대역의 디지털 음성 방송의 장점이 부각되게 되었다. 또한 다른 매체의 디지털 방송 서비스가 청취자들로 하여금 고가의 수신기 또는 수신비용을 부담하게 함으로써 저렴하고 보편적 서비스의 디지털 중파 방송의 추진 필요성이 제기 되었다. 한편, 외국에서는 디지털 중파 방송이 이미 필드 테스트 과정을 거쳐 송출 되고 있으며 수신기들도 속속 출시되고 있다.

본 논문에서는 방송 주파수의 효율적인 사용과 라디오 수신기 산업의 활성화 측면에서 우리나라의 중파 방송의 현황을 짚어보고, 향후 우리나라 AM 방송의 디지털 방송의 도입에 대비한 외국의 디지털 AM 라디오 방송의 방송방식을 비교분석하였다. 이를 토대로 국내 디지털 AM 방송을 위한 최적의 방송방식과 함께 국내의 기술 정책 수립 방향을 제안하였다.

본 논문에서는 디지털 AM 라디오 방송화가 추진되고 있는 가운데 현재 국제적으로 제시된 방송방식을 서로 비교하여 어느 방식이 국내 방송환경에서 적합한 모델인지를 이론적인 근거와 필드 테스트한 결과를 바탕으로 제시하고자 한다. 제2장

에서는 국내 AM 라디오 방송 현황 대하여 기술한다. 제3장에서는 국외 디지털 AM 라디오 방송방식 비교한다. 제4장에서는 국내에 적합한 디지털 AM 라디오 방송방식의 비교 분석하고, 제5장에서 국내 디지털 AM 라디오 방송을 위한 최적의 방송 방식에 대한 결론을 국내 방송 환경 및 기술적 측면을 고려하여 제안한다.

제 2 장 국내 AM 라디오 방송 현황

2.1 국내 아날로그 AM 라디오 방송 채널 현황과 청취형태

우리나라의 지역특성상 산악지역을 중심으로 난시청 해소 차원에서 소 출력 시설로 설치, 운영되고 있는 중파 AM 라디오 방송국은 표 2-1에 나타난 바와 같이 방송국 60개소, 중계소 47개소를 포함하여 총 107개 이다. 한편, 현재 국내 청취자들의 평균 라디오 청취시간은 평일은 66분, 토요일 49분, 일요일은 28분에 달하고, 청취 장소로는 자가 교통수단이 38.2%로 가장 많고 집 33.1%, 학교/직장 17.1% 그리고 대중교통수단으로 8.1%순으로 나타나고 있다. AM 라디오(표준FM포함)의 시간대별 청취율은 오후 4-5시의 청취율이 가장 높게 나타나고 있다.

표 2.1 AM 방송망별 현황

방송사	방송망별	방송국	기간중계	간이중계	합계
KBS	제1라디오	22	47		69
	제2라디오	5			6
	제3라디오 (사랑의 소리)	3			3
	사회교육제 1	1			1
	사회교육제 2	1			
	소 계	32	47		79
MBC	라디오	20			20
SBS	라디오	1			1
CBS	라디오	5			5
극동방송 (FEBC)	라디오	2			2
소 계		28			28
합 계		60	47		107

2.2 국내 아날로그 AM 라디오 방송 광고 매출 현황

IMF 외환위기로 크게 감소했던 국내 라디오 방송의 매출액은 표 2.2 에 나타낸 바와 같이 98년 이후 점차 회복하여, 2000년에는 약 3천 2백억 원 매출을 기록하였다. 이 가운데 광고수입이 2천5백억 원으로 총매출액의 78%를 점유한다. 광고 매출액 가운데 AM 라디오 부분과 FM 라디오 부분의 구성을 살펴보면, 표 2.3 에 나타낸 바와 같이 2001년의 경우 AM 라디오가 약 1천5백억 원으로 전체의 61%, FM 라디오가 936억원으로 전체의 39%를 차지한다. 이것은 AM 라디오방송 광고 매출에 표준FM방송이 포함되었기 때문이므로 AM 라디오 단독으로 계산 할 경우 이보다 상당히 낮은 광고 매출액을 가질 것이다.

표 2.2 국내 아날로그 라디오 방송 (AM + FM) 매출액

(단위 : 억원)

		1997년	1998년	1999년	2000년
매출액	광고수입	2,314	1,372	1,753	2,504
	협찬수입	135	93	120	138
	비영리수입	387	282	390	333
	기타	68	93	64	133
	합계	2,904	1,840	2,327	3,196

표 2.3 국내 아날로그 라디오 방송 광고 매출액

(단위 : 억원)

	1999년	2000년	2001년
AM(표준FM 포함)	1,106	1,512	1,467
FM	647	992	936

2.3 아날로그 AM 라디오 수신기 시장 현황

라디오 수신기는 크게 라디오, 라디오카세트 그리고 카스테레오로 나눈다. 라디오 수신기 생산액은 표 2.4 에 나타난 바와 같이 점차 감소하는 추세지만, 라디오카세트와 카스테레오는 복합음향장비의 발전으로 인한 소비자 구매 증가와 차량수의 증가로 점차 증가 되는 추세이다. 그러나 수출액의 경우 전 세계적인 디지털 방송의 전환으로 2001년의 기점으로 아날로그 수신기의 수출은 표 2.5에 나타난 바와 같이 감소되는 상태이다.

표 2.4 라디오 수신기 생산액

(단위: 백만 원)

수신기 \ 년도	1996	1997	1998	1999	2000	2001
라디오	24,484	18,255	7,705	6,584	5,654	4,776
라디오카세트	718,927	607,544	382,873	484,211	953,930	917,885
카스테레오	468,376	422,073	337,464	361,832	612,974	679,801

표 2.5 라디오 수신기 수출액

(단위: 천 달러)

수신기 \ 년도	1996	1997	1998	1999	2000	2001
라디오	30,145	20,077	5,413	5,538	4,944	3,684
라디오카세트	499,947	356,431	239,063	249,911	566,090	360,729
카스테레오	296,716	236,769	211,556	147,865	266,852	177,658

제 3 장 국외 디지털 AM 라디오 방송방식 비교

3.1 표준화 동향

3.1.1 유럽의 표준화 동향

1996년 파리에서 유럽 및 미국의 몇몇 방송 관계자들이 모인 비공식 회의에서 중단과 방송의 쇠락에 대처하여 모종의 조치가 필요하다는 공감대가 형성되었다. 이를 모태로 하여 30MHZ 이하 대역에서 디지털 음성 방송 방식을 개발하기 위해 DRM(Digital Radio Mondiale)이 구성되었고 1997년 미국 라스베이거스에서 DRM의 첫 공식회의가 열렸다. 1998년 3월 중국 광저우에서 20개 방송 관련사들이 디지털 AM 라디오 방송에 대한 양해각서를 맺으면서 DRM이 정식으로 발족하게 되었다.

DRM은 방송사, 송수신기 제조업체, 연구소, 네트워크 운용자 등으로 구성된 세계적인 비영리 컨소시엄으로서 현재 유럽을 주축으로 미국, 중국, 일본 등 29개국의 72개 회원사가 가입되어 있다. DRM은 FM급의 음질을 목표로 하였으며 저가격 수신기를 구현하도록 하였다. 최근의 DRM 기술개발과 관련하여 그 기술 특성과 표준화 동향을 살펴보면, 1999년 11월과 2001년 6월 사이에 필드 테스트를 실시하여 모노 FM 음질이 상임성을 입증하였다. 2001년 4월에 ITU-R 권고 BS.1514에서 승인 되었고, 2001년 9월에 ETSI 규격 (TS 101 980 V.1.1.1)을 획득하였으며, 2002년 6월에는 IEC 규격(PAS 62272-1)으로 승인되었다. 아울러 2001년 8월에 열린 IFA 2001에서는 차량에 장착하여 이동수신에 의한 성능을 입증하였고 아날로그 방송과의 동시방송 실험을 위해 2002년 1월부터 2월까지 프랑스에서 랩 테스트를 실시하였으며 2003년부터 정규방송을 시작하고 있다.

3.1.2 미국의 표준화 동향

미국의 디지털 음성방송 방식은 새로운 대역을 할당하지 않고 기존 아날로그 대역을 사용하므로 IBOC (In-Band, On-channel)방식이라고 불린다. 미국에서는 라디오 방송의 디지털 전환으로, 기존 아날로그 FM 대역을 활용하는 IBOC 방식을 개발하고 있었다. 당초 USADR, LDR 그리고 DRE의 3개社가 개발을 추진하고 있었으나 USADR과 LDR로 압축되었으며, 2000년 8월에 두 회사는 IBIQUITY社로 합병되어 시스템을 통합하기로 하였다. IBIQUITY社는 FM 방송의 디지털 전환을 목표로 개발된 시스템을 AM 방송에 적용하여 AM IBOC 방식을 표준화하였다.

한편, USADR社는 IBIQUITY社와 합병 이전에 개발한 시스템에 대해 실시한 중파 실험결과를 토대로 2000년 1월에 시스템 안을 ITU-R에 제출한 바 있다. 이는 2001년 4월에 ITU-R 권고 BS.1514로 승인되었다. 2002년 4월에 IBIQUITY社가 필드 테스트 결과를 FCC에 제출하였고, FCC는 이 실험결과에 대해 추후 PAC 방식에 대한 실험이 필요하며 또한, 상공파의 영향을 고려한 밤시간의 전파환경에 대한 고려가 필요하다고 언급하였다. 2002년 10월에 FCC는 IBOC 방식이 미국의 유일한 디지털 음성방송 방식임을 발표하였다. 2003년부터 낮 시간동안 본 방송을 시행하고 있다.

3.1.3 ITU-R의 국제 표준화 현황

ITU-R은 30 MHz 이하의 디지털 음성방송방식의 표준을 제정하기 위하여 TG 10/6 (조직 개편 후 TG 6/6)를 설립하고, 서비스 요구사항에 대한 ITU-R 권고 BS.1348과 전송대역폭을 규정한 권고 BS.1349를 작성하였다. 2001년 4월 DRM 과 IBOC의 두개의 방식이 권고 ITU-R BS.1514로 승인된 후 TG 6/6 는 해산되었다. 당초에 중단파 대역의 디지털 음성방송은 범세계적인 단일 규격을 목표로 하였으나

권고 ITU-R BS.1514에서 DRM과 IBOC시스템이 함께 승인이 이루어졌다. 이에 대해 프랑스, 이탈리아를 비롯하여 여러 국가들이 권고 개정을 요구하고 나서는 등 미국과 유럽측이 첨예하게 대립하였으나, 단파대역에 대해서는 DRM의 단일표준으로 승인하는 내용으로 2002년 10월에 권고 BS.1514를 개정하였다. 한편, TG 6/6해산 이후에 TG 6/7이 설립되어 2002년 9월에 중단파에 대한 DRM시스템 및 중파에 대한 AM IBOC 시스템의 최소전계강도와 보호비를 위한 권고초안을 작성하였다.

3.2 방송방식의 비교

3.2.1 DRM (Digital Radio Mondiale) 방송방식

DRM 시스템은 30MHz 이하 대역의 디지털 음성 방송 방식으로서 장거리 다중 경로 및 이온층 변화에 따른 단파의 열악한 환경에서도 잘 동작한다. 변조방식으로 QAM (64-QAM, 16-QAM)을 사용하고 매우 강건한 신호를 요구하는 환경에서는 QPSK를 사용할 수 있으며 전송방식으로는 OFDM을 사용한다. 신호의 강건성을 나타내는 4개의 전송모드로 구성되어 사용대역폭과 전파 환경에 따라 선택이 가능하다. 현 아날로그 AM 라디오 방송에 할당되어 있는 주파수 대역폭인 9kHz 또는 10kHz를 사용하며 채널 대역폭의 배수에서도 사용 가능하다. 디지털 방송 전환기간 중 아날로그와 디지털 방식의 동시방송을 위해 4.5 또는 5kHz 대역폭의 사용이 할 수 있으며, FM급의 음질을 보장함은 물론 간단한 부가 데이터 서비스도 가능하다. 오디오 압축방식으로 MPEG-4 AAC (Advanced Audio Coding)를 사용하고 있으며, 저주파로부터의 정보를 이용하여 그 보다 높은 기저대역 주파수를 효과적으로 향상시킬 수 있는 SBR(Spectral Band Replication)을 채택하여 MPEG-4 AAC 만 사용하는 방식 보다 음질 면에서 약 30% 음질 개선을 꾀 할 수 있다. 그림 3.1 은 DRM

시스템의 송신 계통도이다. 비록 수신단의 계통도는 포함되지 않지만 그림 3.1의 역으로 보면 될 것이다. 계통도를 요약하면 왼쪽의 입력정보에는 두가지 분류로 나뉘어 있는데, 첫 번째는 코딩된 오디오와 데이터가 주 서비스 멀티플렉스에 결합되는 것이고, 두 번째는 멀티플렉스에 바이패스된 정보채널인 FAC(Fast Access Channel)과 SDC(Service Description Channel)이다.

1) DRM 시스템의 송신 계통도

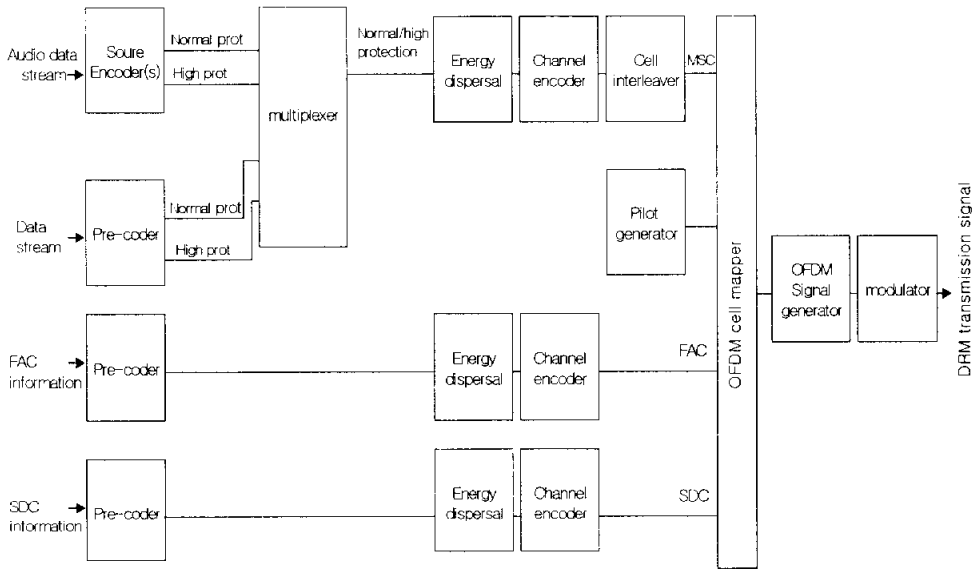


그림 3.1 DRM 시스템의 송신 계통도

소스 부호화와 프리 부호화는 입력 스트림을 적절한 디지털 형태로 변화시키며, 이 두 출력은 서로 다른 보호 레벨을 가진다. 멀티플렉스에서는 오디오와 데이터의 보호레벨들을 결합시킨다. 에너지 분산은 전송된 신호에 원하지 않는 규칙적인 데이터가 반복 되는 것을 방지하기 위해 사용되며, 에러 정정을 위해 잉여정보가 추가된 채널 엔코드와 디지털 엔코드는 정보를 매핑하여 QAM 셀을 만든다. 셀 인터리빙은

연접에러에 대처하기 위해 연속적인 QAM 셀들을 시간과 주파수에 랜덤하게 분리 시키 며, 파일럿 발생기에 의해 생성된 정보는 복조시 정확한 정보를 수신하기 위해 사용된다. OFDM 셀 매핑은 셀들을 시간과 주파수 영역으로 나눈다. OFDM 신호 발생기에서는 각 셀들을 다수의 반송파가 포함된 시간영역으로 변환되며 시간영역으로 변환된 OFDM 심볼들은 다중경로에 잘 건디기 위해 보호구간이 포함되어진다. 변조기에서는 OFDM의 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환된 후 안테나에 통해 전송된다. 여기서 사용된 비선형 고출력 전송기는 진폭과 위상 성분이 서로 분리된 후에 마지막 신호 송출시 서로 결합되어 진다.

2) 소스 부호화

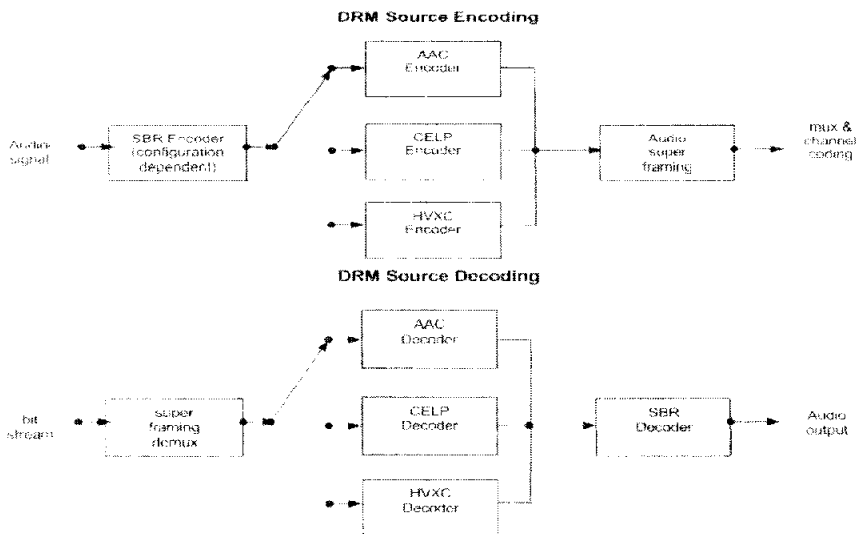


그림 3.2 DRM 시스템의 소스 부호화

그림 3.2 은 DRM 시스템의 소스 부호화를 나타내고 있다. DRM 소스 부호화는 4가지의 옵션을 가지는데 맨 상단의 MPEG4 AAC stereo 와 다음단인 MPEG4 AAC mono 는 정보량이 많은 음악소스에 적용된다. 음악 콘텐츠가 없는 곳에서는 스피치 부호화기인 MPEG4 CELP Speech coding이 사용되고, 매우 낮은 비트 레이트 스피치 인 경우

HVXC Speech coding이 사용될 수 있다. 이렇게 부호화된 신호는 대역 팽창 기술인 SBR에 결합된다. 이 SBR은 AAC 만 사용하는 것보다 음질을 약 30% 정도 향상시킬 수 있다.

① MPEG4 AAC 오디오 부호화

MPEG4 AAC는 MPEG2(Layer I-III)를 발전시킨 것으로 MPEG2 부호화와는 호환되지 않는다. MPEG4 AAC는 이전까지 가장 효율적인 오디오 부호화 시스템인 MPEG2 레이어 III 보다 주어진 주관적인 음질로서 최소한 두배의 Data 수용능력을 갖는다. 또한 MPEG4 AAC는 FM 스테레오와 비슷한 주관적 음질을 성취할 수 있고, SBR을 덧붙임에 의해 데이터 레이트의 약 반으로 FM 모노와 필적할만한 주관적인 음질을 얻을 수 있다. MPEG4 AAC는 대화 던 음악이던 모든 종류의 Audio을 동일하게 잘 처리할 일반적 목적으로 제공된다. 이전의 일반적 목적의 MPEG 오디오 부호화처럼 MPEG4 AAC는 오디오 신호의 공간에너지 내용을 분석하기 위해 변환 부호화를 사용하고 인간 청각 메카니즘인 마스킹 효과를 이용한다.

② MPEG CELP(Code-Book Excited Linear Prediction) 부호화

아주 낮은 비트 레이트(즉 14kbps 이하)의 대화를 AAC로 부호화할 때 음질이 떨어지기 때문에 CELP 부호화를 이용한다. 대화 전용 부호화기인 CELP는 극히 낮은 비트 레이트 에서 현저한 품질 이득을 제공하고 (그러나 FM Mono에 근접한 품질은 아님) 6kbps의 낮은 레이트로 낮추어 사용될 수도 있다. MPEG4 CELP은 대화 부호화로 설계되었기 때문에 이것은 Hi-Fi Speech 보다 명료한 스피치로 전달하려고 설계한 오디오 대역폭을 제공한다. 이것은 대역폭 제한을 극복할 수 있고 SBR Tool을 사용함에 의해 대화 품질이 더욱 향상 된다.

③ MPEG HVXC(Harmonic Vector Excitation Coding) 부호화

MPEG4 HVXC 부호화는 DRM 시스템에서 2kbps와 같이 아주 낮은 비트 레이트를 부호화하여 적당한 음질을 제공해준다. HVXC의 비트 레이트 운용덕택에 DRM 시스템은 추가된 음성서비스, 다중언어 응용, 데이터베이스와 같은 다중 프로그램의 저장(4Mbyte 플래시 메모리에 4~5시간의 프로그램 저장)시킬 수 있고, 저장된 프로그램의 신속한 재생/탐색을 위한 시간 크기 변경과 여러 대한 높은 강건성을 보장해준다.

④ SBR(Spectral Band Replication)

채널당 64kbps 부근에서 CD 음질과 같은 또는 비슷한 오디오 음질을 제공하는 AAC와 같은 지각 오디오 부호화 방식에서 압축률을 계속해서 높일 경우 주파수 대역별로 할당되는 비트의 수가 마스킹 문턱치(masking threshold)를 표현 하는데 필요한 비트수보다 적어지기 때문에 음질이 저하된다. 대역폭 확장 도구인 SBR은 대역폭이 제한된 오디오 신호의 대역폭을 확장시킨다. 기본적인 절차는 인코더에서 대역폭이 제한되었던 고조파의 열을 부호화 하여 복호시 대역 제한된 고조파 신호를 복제하는 것이다. 주기신호성분과 잡음 성분 사이의 비율은 적응 역 필터와 잡음 및 정현파 성분을 추가함으로써 유지된다. 그림 3.3 는 SBR 알고리즘을 이용하여 고주파수 대역을 복원하는 과정을 나타낸 개념도로 입력 오디오 신호를 다운 샘플링 하여 주파수 대역을 줄인 후 저주파수 성분은 기존의 지각 오디오 부호화 방식 등을 이용하여 SBR 알고리즘으로 고주파수 대역을 나타낸다.

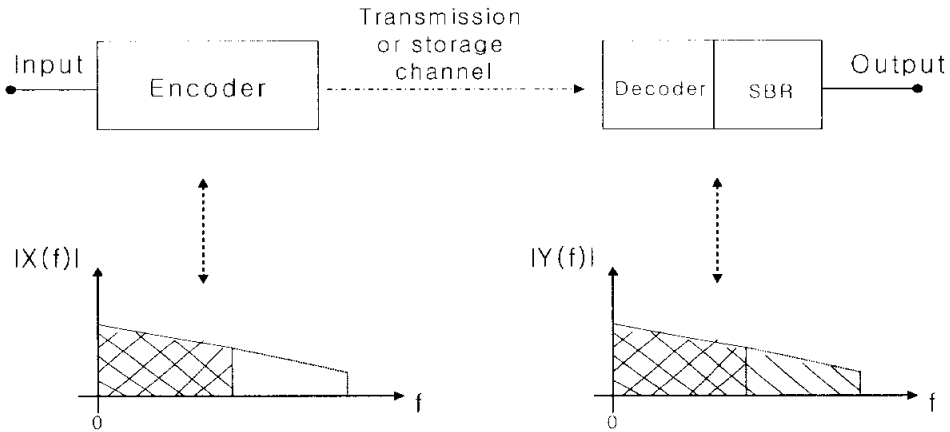


그림 3.3 SBR(Spectral Band Replication) 시스템

CT(Coding Technologies) 社에 의해서 제안된 SBR 알고리즘은 MP3에 적용되어 mp3PRO란 이름으로 사용되며, MPEG4 Audio Extension 1: Bandwidth Extension(BWE)라고 명명하였다. AAC에 SBR이 적용된 것을 aacPlus라 하며, AAC가 CD급의 음질을 제공하는 채널당 48kbps 이상에서는 AAC 비하여 음질 개선 효과가 없지만, AAC의 음질이 저하되는 32kbps 이하에서 우수한 음질을 제공한다.

⑤ MPEG4 AAC 와 AAC에 SBR 이 결합된 오디오 부호화 비교

DRM 컨소시엄은 소스 부호화 선택 시 여러 부호화를 사용하여 테스트 하였다. 가장 좋은 성능 보인 부호화가 MPEG4 AAC 방식 이었다. 앞서 설명 했듯이 MPEG 4 AAC 만으로 AM 대역폭에서 FM 음질을 구현하기 힘들다. 그러므로 AAC에 SBR기능을 추가시켜 주관적인 FM 음질을 가능하게 한다. 그림 3.4 는 무스라 스코어를 이용하여 24kbit/s 모노에서 AAC와 AAC + SBR를 비교 테스트한 결과이다.

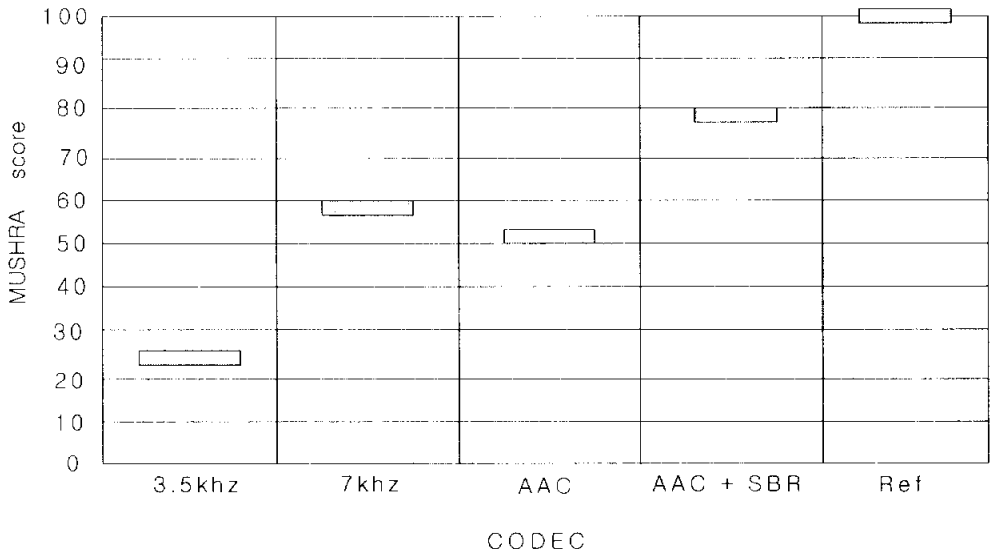


그림 3.4 24kbps 모노로 DRM 신호 청취시 AAC와 AAC + SBR 음질 비교

그림 3.4 에 나타난 결과에서 AAC 에 비해 AAC + SBR의 음질이 약 30% 향상되는 것을 알 수 있다.

그림 3.5 은 EBU에서 현재 상업적으로 사용되는 여러 오디오 부호화를 테스트한 결과이다. 이것은 48kbps 스테레오 오디오를 각각의 오디오 부호화를 사용하여 무스라 스코어로 나타낸 것으로 CT 社의 aacplus 부호화가 가장 우수하며 일반 청취자들은 오리지널 오디오와 부호화된 오디오를 구별하기 힘들다.

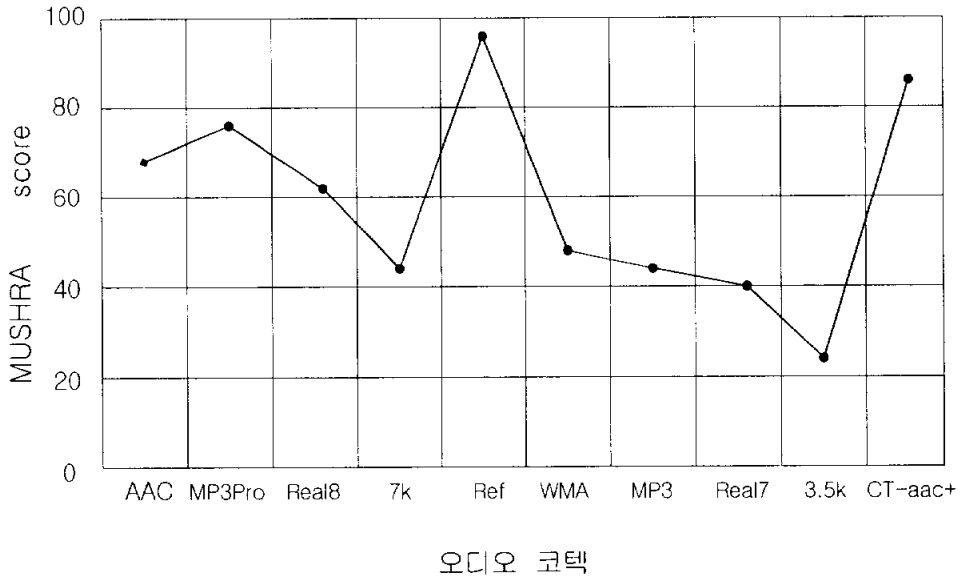


그림 3.5 48kbps 스테레오 신호를 이용한 음질 테스트 결과

3) 다중화

그림 3.6 에서 보면 DRM 시스템의 슈퍼 프레임은 3개의 채널로 구성되어 있다. 이 세가지 채널은 메인 서비스 채널(MSC), 빠른 액세스 채널(FAC) 그리고, 서비스 특징열거 채널(SDC)이다. MSC는 오디오와 데이터로 이루어져 있어 며, FAC는 신호 대역과 다른 파라미터에 정보를 공급하고, 튜닝시 신속히 신호를 복조할 수 있는 정보를 제공한다. SDC는 MSC를 어떻게 복호화 시킬지를 수신기에 제공한다. MSC의 전체 비트 레이트는 채널 대역폭과 사용된 전송모드에 의해 결정되며, 송신 프레임은 400ms로 나누어진다. FAC 구조는 400ms 프레임 상에 구성되며, 채널 파라미터는 모든 FAC 프레임에 포함된다. 서비스 파라미터는 연속적인 FAC 프레임들에 제공된다. 채널 파라미터는 변조 모드, 인터리버 길이, 스펙트럼 대역, ID 등이 존재하며 총 20비트로 구성된다. 서비스 파라미터에는 방송사 ID, 언어, 필드 사이즈 등으로 구성되며 총 40비트가 된다. SDC 프레임의 주기 1200ms이며, 여기에는 조건

적인 액세스, 주파수 스케줄 정보, 방송구역 ID, 시간과 날짜 정보, 오디오 정보, 주파수 정보 등으로 구성되어 있다. 이 3가지 채널이 멀티플렉서에 통합되어 페이로드 스트림이 된다.

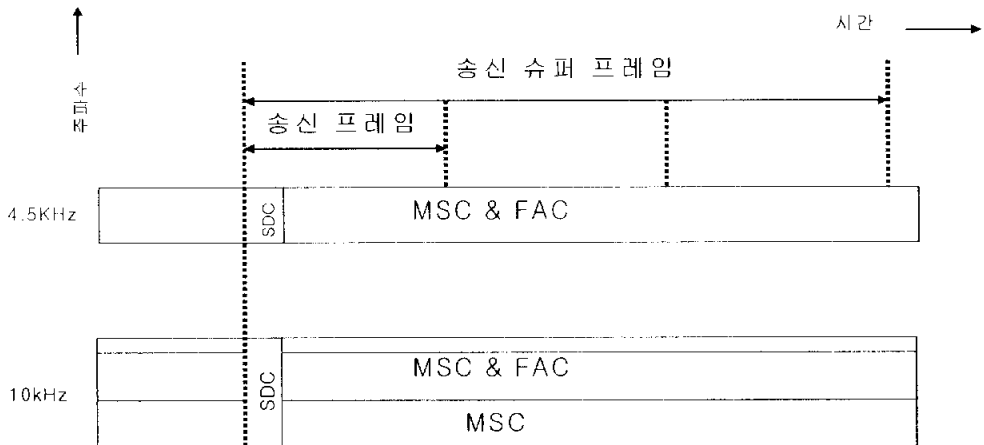


그림 3.6 DRM 프레임

4) 채널코딩과 변조

채널코딩은 길잡 부호화를 기본으로 하는 MLC(Multi-Level Convolutional Coding)이 사용된다. 여기서 코딩된 값이 OFDM과 결합하여 COFDM 방식이 된다. 채널코딩 후 셀 인터리빙 과 파이프라인 셀들이 부가된다. 이것은 선택성, 플랫 페이딩, 단기간 페이딩에 대한 영향을 감소시키기 위해 사용된다. OFDM 방식은 송신신호에 보호구간을 추가하여 다중경로에 의한 심볼간의 간섭인 ISI의 영향을 감소시켜주며, 직교성을 이용하여 주파수 효율성을 높인다. 그러므로 9kHz 대역폭에 약 200 개의 부반송파를 가지며, 부반송파 갯수는 전파환경을 고려한 강인성 모드에 의해 달라진다. 변조방식은 보통 QAM 방식이 사용되며, 사용되는 QAM 종류는 64QAM 과 16QAM 이고, 아주 열악한 전파환경인 경우에는 QPSK 방식도 사용된다. 인터리빙 길이는 800ms 정도이며, MLC의 코드 레이트는 0.5에서 0.8 사이의 값을 가진다.

5) 자동동조

그림 3.6 에서 FAC는 수신기에 어떤 대역폭 선택사양이 사용되었는지를 말해주는 기 때문에, FAC는 수신기가 이것을 찾을 수 있도록 대역폭이 4.5kHz 이내로 제한되어야 한다. 송신 슈퍼 프레임은 1200ms이고, 세 송신 프레임은 각각 400ms 분할되어 전체 수량의 OFDM Symbol을 가진다. 기준 Cell의 패턴은 전 과정을 지속되지만 데이터 셀은 약간 다르게 처리된다. 각 송신 슈퍼 프레임의 시작점에 있는 심볼은 SDC만 운송하기 위해 사용되는 반면, 다른 모든 심볼은 MSC 와 FAC를 운송하기 위해 사용된다. 이 시간 분할 배열은 간단한 수신기에서 대체 주파수 절체를 용이하게 하기 위한 의도이다. 여기서 SDC는 반복적으로 보내지는 데이터만 담고 있다. 수신기가 한번 이 정보를 모두 받으면, 모든 송신 슈퍼 프레임에 대해 SDC Data를 Decode할 필요는 없다. 이것은 어떤 데이터의 손실이 나타나면 주파수 자동절체가 이루어진다. 그림 3.8 을 보면 첫 번째와 두 번째 심볼이 주파수 자동절체 기능을 한다.

6) 송신기 고려 사항

지난 수년에 걸친 DRM 시스템은 좁은 대역의 디지털 신호에 비선형 송신기가 어떻게 사용될 수 있는가를 조사 하여 좋은 결과를 얻었다. 간단히 말해 C급 송신기에 유입되는 신호는 최종 증폭 전에 진폭과 위상을 분리시킨다. 진폭은 Anode 회로에 위상성분은 Grid 회로를 거친다. 그 후에 이것들은 송신기의 출력을 형성하기 위해 적당한 시간 동기에 의해 합성된다. 출력 스펙트럼들의 측정결과는 그림 3.7 과 같다. 디지털 신호의 에너지가 9/10kHz의 할당된 채널에 걸쳐 다소 고르게 분포하고, 정상근처는 계단 형이고 할당된 대역 외에는 -40dB로 재빨리 떨어지고, 전력 스펙트럼 밀도 레벨은 할당된 채널의 중앙 주파수로부터 $\pm 4.5/5\text{kHz}$ 이하에서 감소한다.

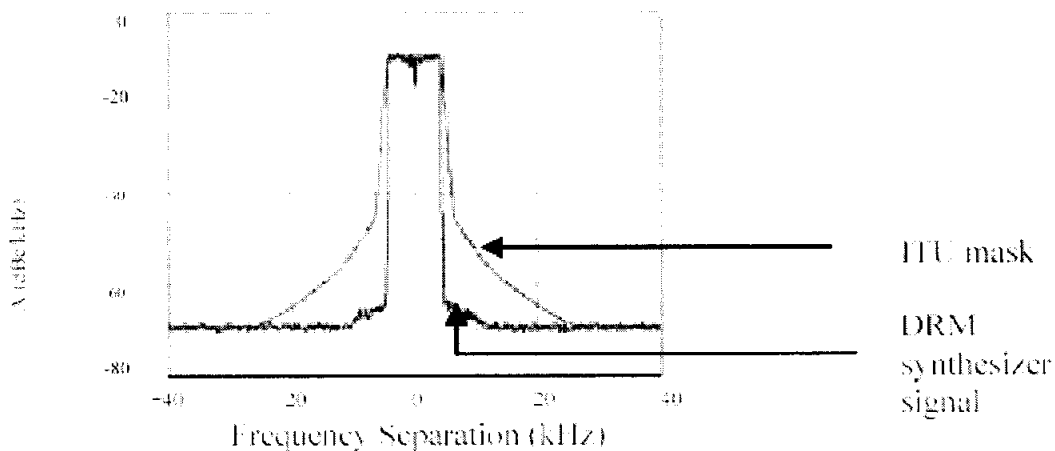


그림 3.7 DRM 스펙트럼(64QAM, 9kHz) 와 ITU 스펙트럼 패턴

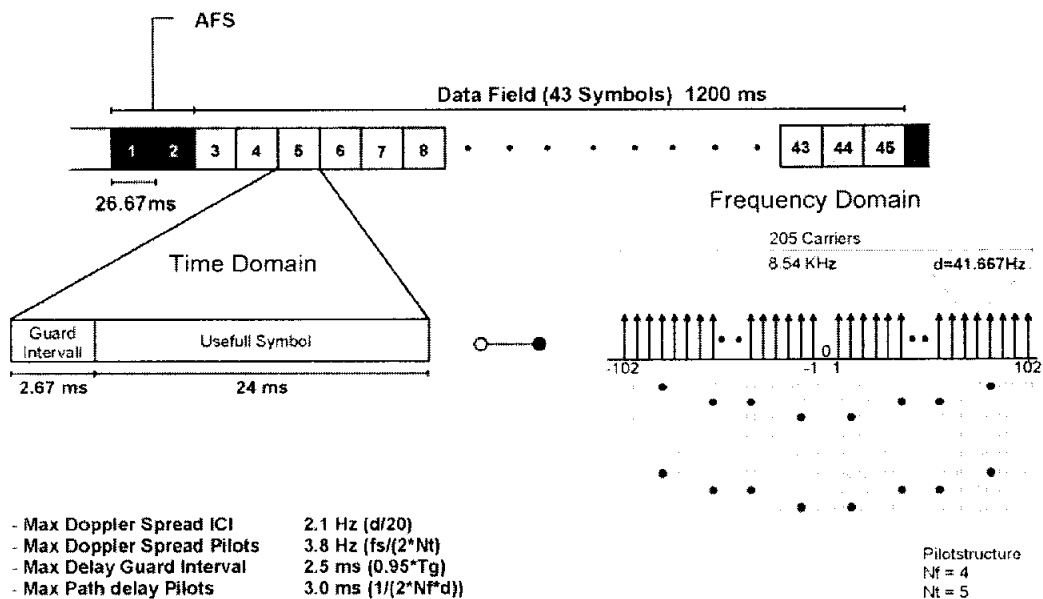


그림 3.8 DRM 시스템의 전송구조

3.2.2 AM IBOC 방송방식

미국의 IBIQUITY 社가 AM 및 FM 대역의 디지털 음성방송을 위해 개발한 방식으로서 기존의 대역을 사용하므로 IBOC(In-Band On-Channel)방식이라고 불리운다. 기존 AM과 FM의 사업권 구도를 변경하지 않으면서 디지털 전환이 가능하도록 한 것이 특징이다. 현 아날로그 AM 방송에 할당되어 있는 9/10 kHz의 주파수 대역폭을 사용하며 채널 대역폭의 배수에서도 사용되도록 설계되었다. 기존 아날로그 채널을 사용하여 아날로그와 디지털 방식으로 동시방송이 가능하도록 설계되어, 아날로그 신호의 양옆에 디지털 정보를 배치하여 전송하는 혼성모드(hybrid)와 아날로그 대역까지 디지털 신호를 보낼 수 있는 디지털(all-digital)모드로 구분된다.

혼성모드의 경우 core 오디오를 중심 주파수로부터 10 kHz부터 15 kHz사이에 배치하고 0kHz에서 10kHz사이에 enhanced 오디오를 배치하여, 디지털 수신기인 경우 core 부분부터 찾아 복호화 함으로써 아날로그 신호에 의한 영향을 받지 않는다. 전 디지털모드의 경우는 중심 주파수로부터 5 kHz까지 core 오디오, 5kHz에서 10kHz는 enhanced 오디오를 배치한다.

그리고, 채널간 간섭 경감시키기 위해 아날로그의 1차 인접채널을 상쇄시킬 수 있는 FAC (First Adjacent Canceller) 기술을 사용함으로써 아날로그의 양측과 사용이 용이하게 한다. 인터리빙 시간이 길면 신호의 강건성이 보장되나 튜닝이 길어지는 단점을 해결하기 위해 혼합(blending) 방법을 사용하여 아날로그 신호로 먼저 튜닝이 되고, 이어서 디지털 신호를 복원시킨다. 아날로그신호와 디지털 신호를 혼합함으로써 긴 인터리빙인 경우에도 방송구역의 경계 지역에서 급속히 디지털 수신이 불가능해지는 것을 방지한다. 또한, FM급의 음질을 보장하고 간단한 부가 데이터 서비스가 가능하다. 오디오 압축방식으로 PAC 방식이 사용된다. 변조방식으로 QAM이며 전송방식으로 COFDM을 사용한다. 데이터율은 약 20Kbps로서 자동선국, 프로그램과 연관된 데이터, 정지영상 등의 수신 가능하다.

1) AM IBOC 시스템 구성도

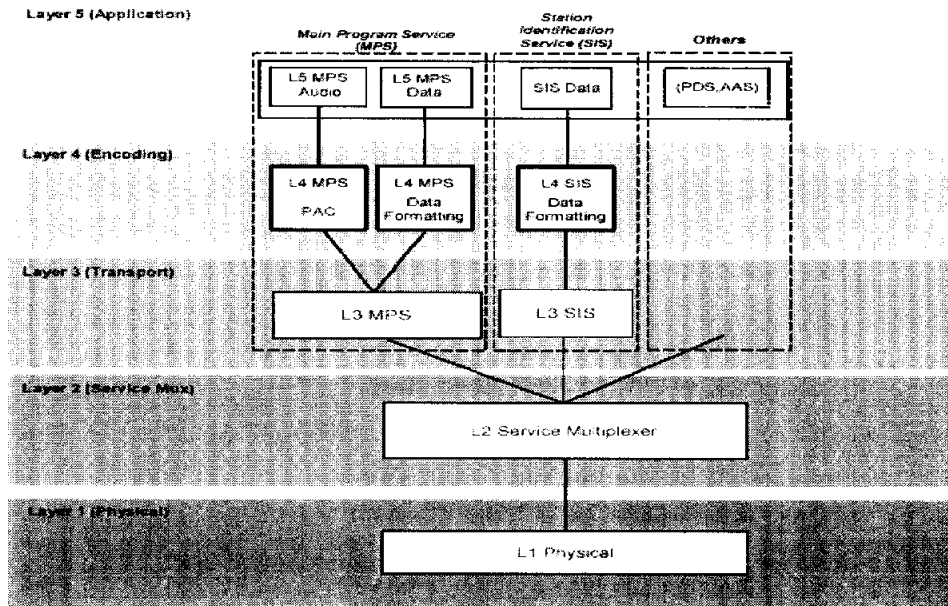


그림 3.9 AM IBOC 송신 시스템 계통도

그림 3.9 는 OSI(Open Systems Interconnection)구조로 나타낸 AM IBOC 송신 시스템 계통도이다. 레이어 5에서 오디오와 데이터 정보를 입력시켜 레이어 4로 보낸다. 레이어 4에서는 입력된 오디오와 데이터를 소스 부호화시킨다. 레이어 3에서는 전달과정을 거치고, 레이어 2에서 멀티플렉스 과정이 행해진다. 레이어 1에서는 변조, 채널부호화, 인터리빙 등을 과정을 거친 후 아날로그 신호와 합쳐져 송출된다.

2) 소스 부호화

AM IBOC 시스템의 소스 부호화는 PAC(Perceptual Audio Coder)이다, 이 부호화는 두 가지의 인간의 청각특성을 이용한다. 첫 번째는 가청 주파수대역에서 귀의 감도 특성이다. 일반적으로 사람의 귀의 감도는 1KHz대역에서 가장 민감하고 이외의 대역에

서는 민감도가 떨어진다. 두 번째는 마스킹 효과이다. 이것은 강한 소리의 주위의 소리는 거의 들리지 않는다는 것이다. 이 두 가지 특성을 이용하여 소스 부호화가 이루어진다. 그림 3.10 은 DRM 방식의 AAC 오디오 부호화와 AM IBOC 방식의 PAC 오디오 부호화의 비교한 그림이다. 그림에 나타난 결과를 보듯이 AAC 오디오 부호화가 PAC 오디오 부호화 보다 우수한 특성을 나타낸다.

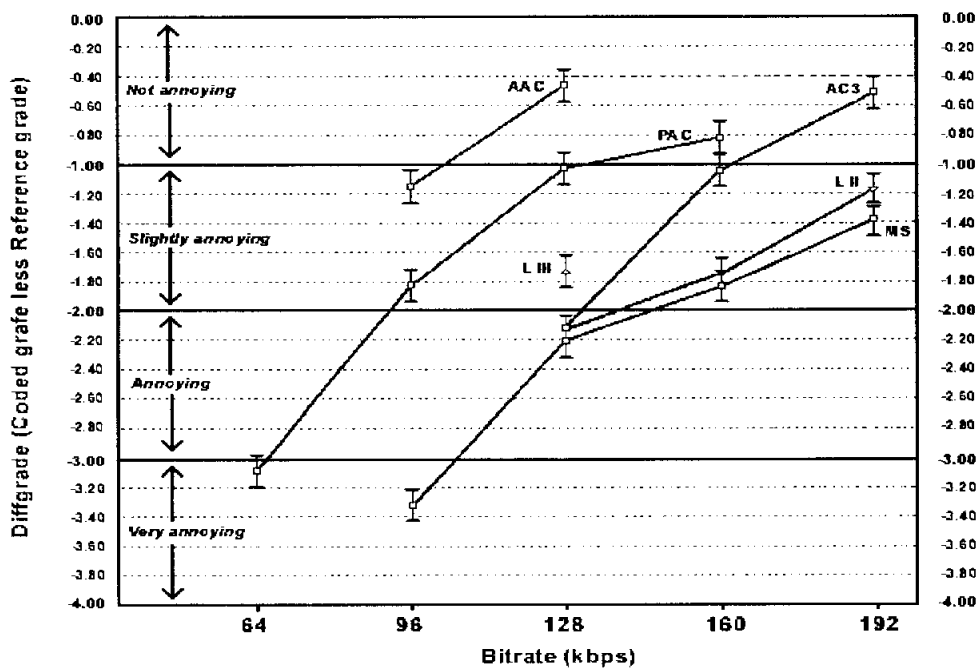


그림 3.10 오디오 부호화의 특성 비교

3) 변조기술

AM IBOC 시스템은 QAM 변조 방식을 채택하고 있다. QAM은 주관적인 FM 음질을 전송하기 위한 충분한 대역폭 효율성을 가질 뿐만 아니라 제한된 대역폭 내에서 높은 데이터 전송율을 가지게 한다. 이 시스템은 또한 OFDM 전송방식을 가지

며 이것은 기존의 아날로그 신호들과 서로 간섭이 되지 않게 직교성을 유지하면서 주파수 분할 다중화 시킨다. OFDM 방식은 일반적으로 다중경로 환경에서 최적화시키기 위해 사용된다.

4) 채널 부호화와 인터리빙

전송시스템에서 채널부호화와 인터리빙은 전송구간에 발생될 에러를 정정하기 위해 잉여비트를 추가시켜 전송정보의 신뢰성을 향상시킨다. 향상된 채널 부호화 기술은 채널환경에서 발생하는 비 균일한 간섭에 잘 대처하도록 한다. 또한 특별한 인터리빙 기술은 시간과 주파수에 걸쳐 발생될 넓은 연접에러에 잘 대처한다. 30MHz 이하의 대역에 시스템에서 가장 큰 문제는 진폭과 위상이 재빨리 변화되는 그라운드된 전도체이다. AM IBOC 시스템에서는 이런 문제를 극복하기 위해 등화기술 사용하여 디지털 정보를 적절히 복구할 수 있게 하며, OFDM 기술을 사용하여 디지털 방송파들의 위상과 진폭의 왜곡을 최소화 시킨다. 향상된 채널 부호화, 채널 등화, 최적의 인터리빙 기술은 AM IBOC 시스템이 이동통신 환경에서 디지털 오디오를 신뢰성 있는 수신을 하게한다.

5) 혼합(Blending)

AM IBOC 시스템은 이동통신 환경에서 강건한 수신을 할 수 있도록 동일한 오디오 소스를 두 독립적인 전송로에 시간 다이버시티를 사용하고 있다. 그러므로 혼성모드에서의 메인 신호는 디지털 신호이고, 백업 신호는 아날로그 신호가 된다. 혼합은 튜닝 시 일시적으로 요구되는 백업 신호(아날로그 신호)를 수신하였다가 메인 신호(디지털 신호)로 전환한다. 또는 메인 신호가 붕괴 되었을 때 백업 신호가 수신되는 것을 말한다. 즉, 혼합은 튜닝 시 혹은 메인 신호의 손상으로 인해 수신기가 재빨리 백업 신호로 전환하는 것을 의미한다.

6) 전송모드

(1) 혼성모드

혼성모드에서 디지털 신호는 그림 3-8 과 같이 아날로그 신호 측파대에 디지털 신호를 전송한다. 그러므로 디지털신호로 인해 채널 대역폭이 약 15kHz로 늘어난다. 아날로그 반송파에 대해 디지털 부 반송파들이 OFDM으로 다중화되어 아날로그 신호와의 간섭이 최소화 된다. 즉 혼성모드는 주 아날로그 신호에 간섭을 주지 않고 디지털 서비스를 제공할 수 있다. AM IBOC 시스템의 디지털 오디오 수신을 최대화시키기 위해 부호화에 의해 압축된 신호는 core 와 enhanced의 두개의 정보 스트림으로 분리한다. 그림 3.11 에서 보면 P1채널에 core 정보를 부가하고 P3채널에 enhanced 정보를 부가한다. core 스트림은 기본적인 오디오 정보를 제공하고 enhanced 스트림은 고 음질과 스테레오 정보를 제공한다.

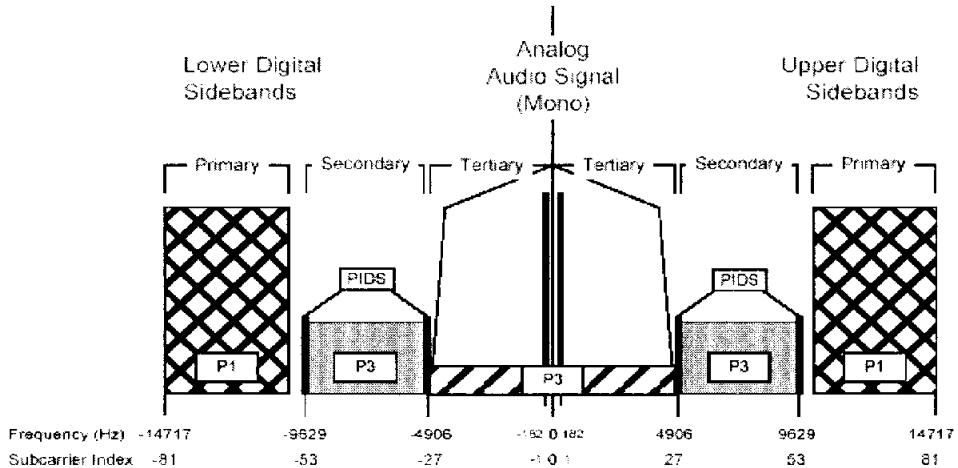


그림 3.11 AM IBOC의 혼성모드에서의 파워 스펙트럼 밀도

채널 부호화를 통해 매우 강건한 core 스트림과 덜 강건한 enhanced 스트림을 만든다. 혼성모드의 core 정보는 아날로그 반송파로부터 ± 10 -15kHz 되는 위치에 존재하고 enhance 정보는 0kHz부터 ± 10 kHz 까지 위치한다. 간섭과 채널 손상에서 core 정보를 보호하기 위해 원래의 코드를

puncture 하는 컨볼루션 채널 부호화를 사용한다. 상하측파대 부분에 AM IBOC 시스템에서 강력한 상하 인접채널 간섭 또는 그라운드된 전도체 건물에 의해 발생된 신호 손상들은 향상된 채널 부호화로 빨리 복구시킨다.

② 디지털모드

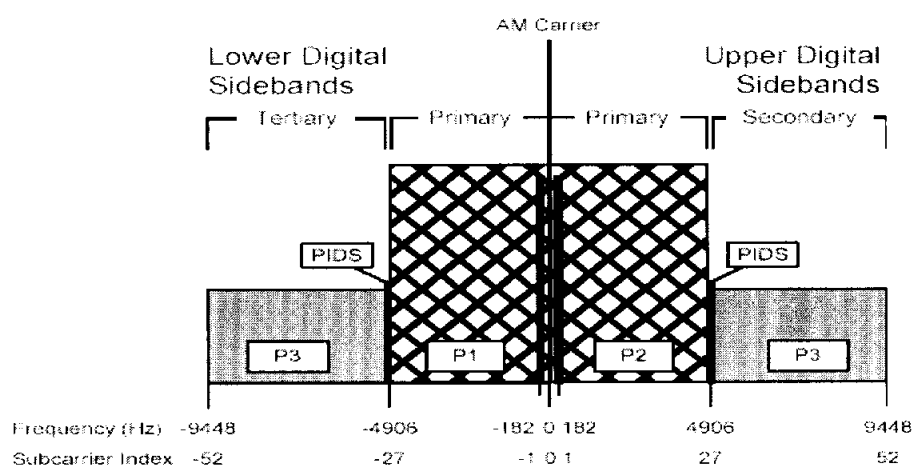


그림 3.12 AM IBOC의 디지털 모드에서의 파워 스펙트럼 밀도

그림 3.12 에 보듯이 혼성모드와 디지털 모드의 기본적인 차이는 아날로그 신호의 부재와 이전의 아날로그 신호에서의 반송파 전력 증감이다. 디지털 파형에서의 부가적인 전력은 강한 인접 채널 간섭 하에서 전송을 최적화시킨다. 디지털 시스템의 core 와 enhanced 스트림의 비트 레이트는 혼성모드에서와 같은 core 오디오는 20kbps enhanced 오디오는 16kbps를 가진다.

7) 신호의 수신

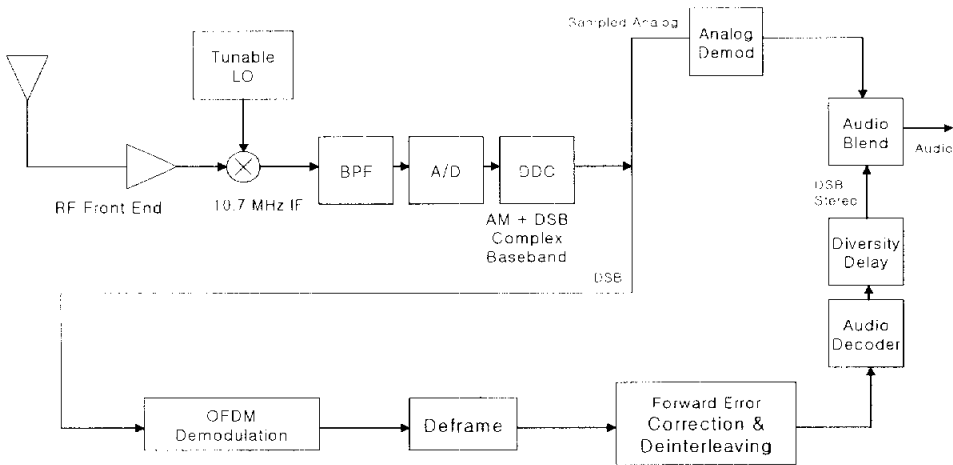


그림 3.13 AM IBOC 수신기 계통도

기존의 아날로그 수신기와 같이 RF 단에서 수신된 신호는 IF 신호로 변환된다. 그러나 전형적인 아날로그 수신기와 달리 신호를 필터링한 후 IF 신호는 A/D 과정을 거쳐 디지털적으로 동위상과 직각위상 신호로 이루어진 기저대역으로 변환된다. 이 혼성모드 신호는 아날로그와 디지털 신호를 포함한다. 아날로그 신호는 디지털적으로 샘플링 된 오디오 신호로부터 복조되고, 디지털 신호는 디인터리빙과 FEC 복호화 과정을 거친 후 재구성 된다. 그 결과 오디오 디코더에서 처리된 비트 스트림은 디지털 스테레오 출력으로 나타난다. 이 신호는 송신기에서 지연된 아날로그 신호와 똑같은 시간만큼 지연된다. 오디오 혼합 기능은 만약 디지털 신호가 붕괴되었거나, 튜닝이나 재접속 시 혹은 신호를 재빨리 획득할 필요가 있을시 디지털 신호는 아날로그 신호로 대체된다. 수신기들은 혼변조와 인접채널 간섭을 필터링 하기위해 튜닝회로를 사용한다. 이 튜닝회로는 긴 방해기간에 짧은 펄스들이 지속되는 경향이 있다. 긴 방해기간은 청취능력을 제한시킨다. 그림 3.13 에 나타나 있지 않지만 잡음 블로킹이 임펄스를 감지하고 짧은 펄스 기간동안 RF단을 끄는다. 짧은 펄스들은 긴 방해기간 영향을 최소화시키고, 청취능력을 향상시킨다.

제 4 장 국내 디지털 AM 라디오 방송의 최적의 방송방식

4.1 DRM 과 AM IBOC 방송방식의 비교 분석

현재 중파대역에서 국제적인 표준화 방식은 크게 유럽의 DRM 방식과 미국의 IBOC 방식으로 나눌 수 있다. AM IBOC 방식은 기존의 대역에 디지털 신호를 적용시키므로 디지털 방송을 하면서 디지털 수신기 뿐 만아니라 아날로그 수신기에서도 동일한 내용을 청취할 수 있고, 수신 상태가 극히 불량한 지역에서도 AM IBOC의 혼합(Blending)기능으로 신호 수신을 자연스럽게 디지털에서 아날로그로 변경할 수 있으므로 기존의 방송구역을 그대로 가진다. 그러나 AM IBOC 방식은 소스 부호화 과정에서 DRM 방식보다 소스 부호화 능력이 떨어지고, 기존의 아날로그 신호 대역에 디지털 신호를 적용시키므로 DRM 방식에 비해 비트 레이트가 낮다. 즉 DRM 방식 보다 많은 정보를 전송할 수 없다. 이에 비해 DRM 방식은 새로운 대역을 할당 받아야 하지만 소스 코딩이 우수하고, 수신 상태가 극히 불량한 지역에서는 변조방식을 QPSK로 사용할 수 있으므로 AM IBOC 방식에 비해 더 높은 에러 강건성을 가진다. 또한, DRM 방식이 AM IBOC 방식보다 앞서 개발하여 오랫동안 필드 테스트를 해왔기 때문에 신뢰성이 높다. 그러나 DRM 방식은 기존의 아날로그 수신기로는 청취가 불가능 하며, 또한 극히 수신 감도가 낮은 지역에서는 방송을 청취할 수 없는 단점이 있다. 두 방식에 대한 특징 비교가 표 4.1 에 나타나 있다.

표 4-1 DRM 과 AM IBOC 방송 방식의 비교

비교사항	DRM	AM IBOC
사용 주파수 대역	장파, 중파, 단파	중파
대역 할당 방법	In-Band	In-Band
RF 대역폭	9kHz / 10kHz (배수채널폭이 가능)	9kHz / 10kHz (배수채널폭이 가능)
오디오 코딩	MPEG4 AAC + SBR MPEG4 HVXC MPEG4 CELP	PAC
동시 방송	가능	가능
전송방식	COFDM	COFDM
변조방식	QAM / QPSK	QAM
비트율	중파 : 24kbps 단파 : 10~22kbps	core : 20kbps enhanced : 16kbps

4.2 필드 테스트 결과 분석

4.2.1 DRM 방식의 필드 테스트

독일 베를린 지역에서 행하여진 필드 테스트 결과이다. 이 테스트는 2002년에 행하여졌고, 송신 전력 0.5 kw, 강인성 모드 A, 64QAM, 코드레이트 0.6, 긴 인터리빙 시간이 2초인 상태에서 이루어졌다. 이때 송신 점을 세 군데(프로나우, 루터스도프, 슈페버그)로 하여 채널 간섭도 측정하였다. 그림 4.1 은 필드 테스트 계통도를 나타낸다.

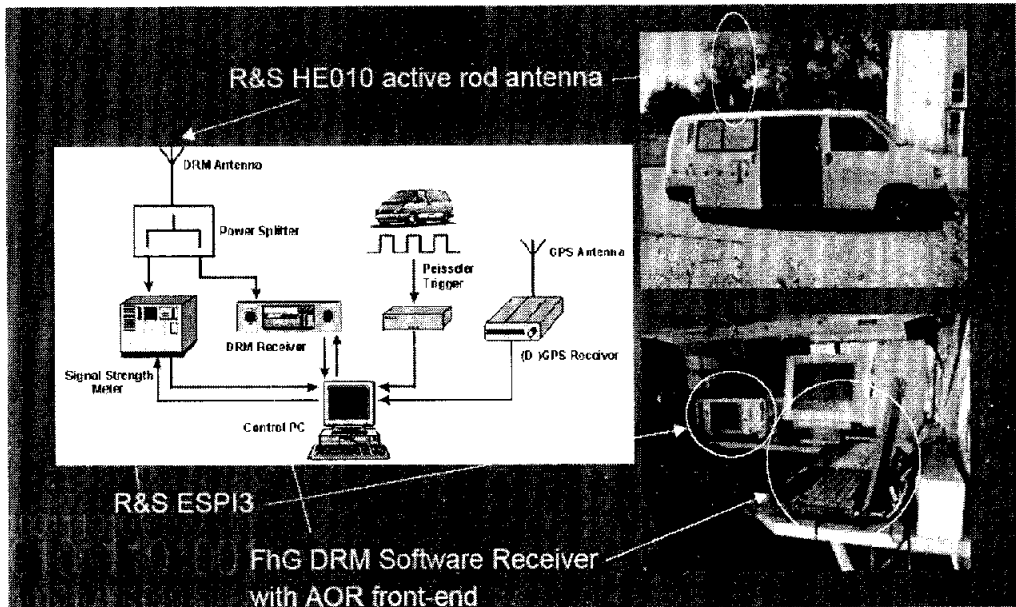


그림 4.1 DRM 필드 테스트 계통도

계통도를 간단히 살펴보면 안테나 수신된 RF 신호는 전계강도 측정기와 수신기로 입력되어 컨트롤 PC에서 전계강도와 간섭신호 등을 측정하게 하였고, GPS 수신기로 위치 측정을 하였다. 그림 4.2 DRM 방식의 전계강도 측정치를 나타내고, 그림 4.3에서는 DRM 방식의 전계강도 및 인접채널간섭의 측정치이다.



그림 4.2 DRM 방식의 전계강도 측정치

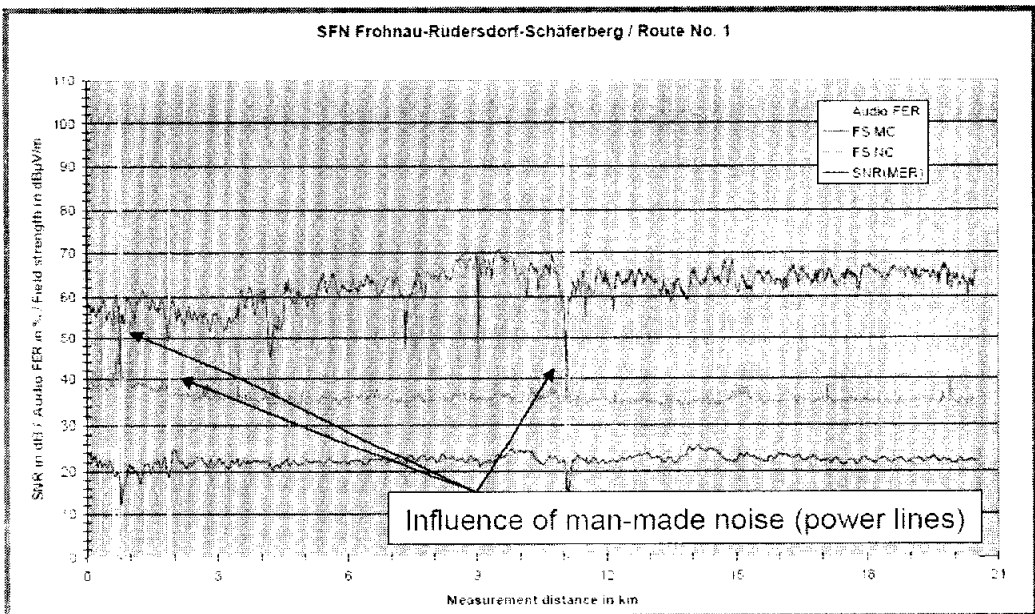


그림 4.3 DRM 방식의 전계강도 및 인접채널 간섭 측정치

① DRM 강건성 모드

주어진 대역폭에서 채널 환경에 대한 여러 강건성을 가지기 위해 표 4.2 에 나타난 바와 같이 서로 다른 4개의 전파 환경 모드로 구성된다.

mode A : 지표파, 낮은 페이딩 상태

mode B : 긴 지연이 포함된 시간 과 주파수 선택적인 채널

mode C : 높은 도플러 방사를 가진 mode B

mode D : 심각한 지연과 도플러 방사를 가진 mode B

표 4.2 DRM의 강건성 모드에 따른 파라미터

모드 항목	A	B	C	D
$T(\mu s)$	$83^{1/3}$	$83^{1/3}$	$83^{1/3}$	$83^{1/3}$
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/유효 심볼	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			

② 중파대역에서 DRM에 대한 S/N 비

DRM 시스템을 이용하여 디지털 오디오 프로그램을 최고의 음질로 제공하기 위해서는 비트 에러 레이트가 10^{-4} 되어야 한다. 9kHz 중파대역에서 낮시간 동안 지상파 전송에 이 수준의 비트 에러 레이트를 제공하기 위해서 요구되는 신호 대 잡음비는 변조형태(16QAM, 또는 64QAM)에 따라 8.6에서 18.7dB까지 변하고, 지상파와 상공파가 함께 존재하는 밤 시간대에는 9.4에서 22dB까지 변한다.

3) 최소 사용가능한 전계강도

DRM 시스템의 최소 사용가능한 전계강도에 요구되는 BER은 10^{-4} 이고 이것은 전파모드의 강건성, 채널대역폭, 변조 기술, 보호 레벨 그리고 전파특성에 의존한다. 지상파 중파대에서의 최소 사용 가능한 전계강도는 표 4.3 에 나타나 있다.

표 4.3 DRM 시스템에서 최소 가능한 전계강도비 (대역폭 9kHz, 강건성 A 모드)

변조 방식	평균 코드 레이트	최소한의 전계강도 (dB μ V/m) 지상파
16 QAM	0.5	33.1
	0.62	35.2
64 QAM	0.5	38.6
	0.6	39.8
	0.71	41.6
	0.78	43.2

4) 동일 그리고 인접 채널 간섭 대한 RF 보호비

표 4.4 는 DRM 시스템에서 AM 대역인 9kHz의 RF 보호비를 나타낸 것이다. 두 아날로그 AM 방송의 동일채널 사이의 RF 동일채널 보호비는 30dB이고, 동일채널에서 DRM 서비스에 의해 간섭 받는 아날로그 AM 방송의 RF 보호비는 36.6dB이다. 그러므로 만약 기존의 방해신호가 AM 방송대역에서 디지털 DRM 으로 대체하여 방송 시 기존의 아날로그 전력보다 6dB 낮아도 동일 채널간섭이 발생하지 않는다. 인접 채널 간섭시 첫 번째만 고려하는 이유는 대역폭이 9kHz 이므로 두 번째 인접채

널 간섭은 원 신호에 영향을 미치지 않는다. 표 4.4 에서 알 수 있듯이 기존의 AM 방송대역에서 디지털 DRM 으로 대체 시에는 첫 번째 인접 아날로그 AM 방송채널에 영향을 거의 미치지 않는다. 그리고 동일채널 하에서 디지털 DRM 방송에 아날로그 AM 방송의 간섭 시 RF 채널 보호비는 7.8dB가 된다.

표 4.4 DRM 시스템의 RF 보호비 (변조방식: 64 QAM , 강인성 모드 A인 경우)

원하는 신호	방해 신호	동일 채널(dB)	첫 번째 인접채널(dB)	채널 대역폭(kHz)
AM	DIG	36.6	0.2	9
DIG	AM	7.8	-26.2	9
DIG	DIG	17.3	-21.9	9
AM	AM	30	1	9

AM = analoge double side band

DIG = full digital

4.2.2 AM IBOC방식 필드 테스트

다음은 미국의 5개 지역에서 실시한 필드 테스트한 측정치이다. 표 4.5 에서 각 지역의 지명, 송신내용, 그리고 송신전력과 주파수를 나타내고 있다. 그림 4.4 의 최소전계강도 측정값은 낮 시간대와 밤 시간대를 구분하여 나타낸다. 왜냐하면 중파대 신호는 낮 시간대에는 전리층에서 신호를 투과 되지만 밤 시간대에는 반사를 시키므로 시간대에 따라 전계강도비가 달라진다. 그림 4.5 는 신시내티 지역에서 낮 시간대 측정한 결과 값이다.

표 4.5 AM IBOC방식의 필드 테스트가 행해진 지역과 송신전력

방송국	내용	지역	주파수 (Khz)	아날로그 송신전력 (낮시간대)	아날로그 송신전력 (밤시간대)	디지털 송신전력
WD2XAM	토론	신시내티	1660(낮) 1650(밤)	10kw	1kw	0.58kw(낮) 0.0058kw(밤)
WWJ	뉴스	디트로이트	950	50kw	50kw	2.9kw
KABL	뉴스	오클랜드	960	5kw	5kw	0.29kw
WTBL	뉴스	워싱턴	1500	50kw	50kw	2.9kw

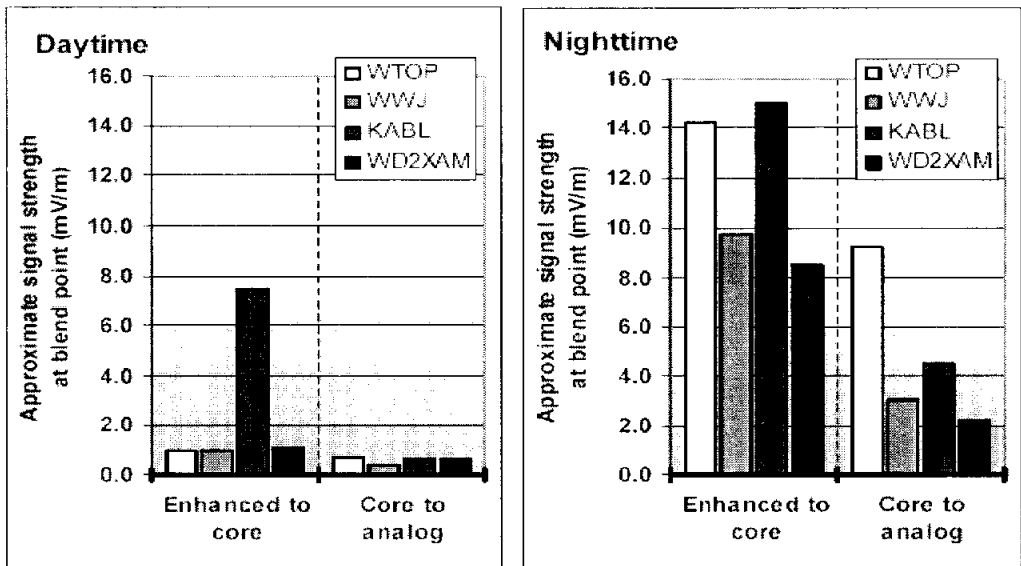


그림 4.4 AM IBOC 최소전계강도 측정치

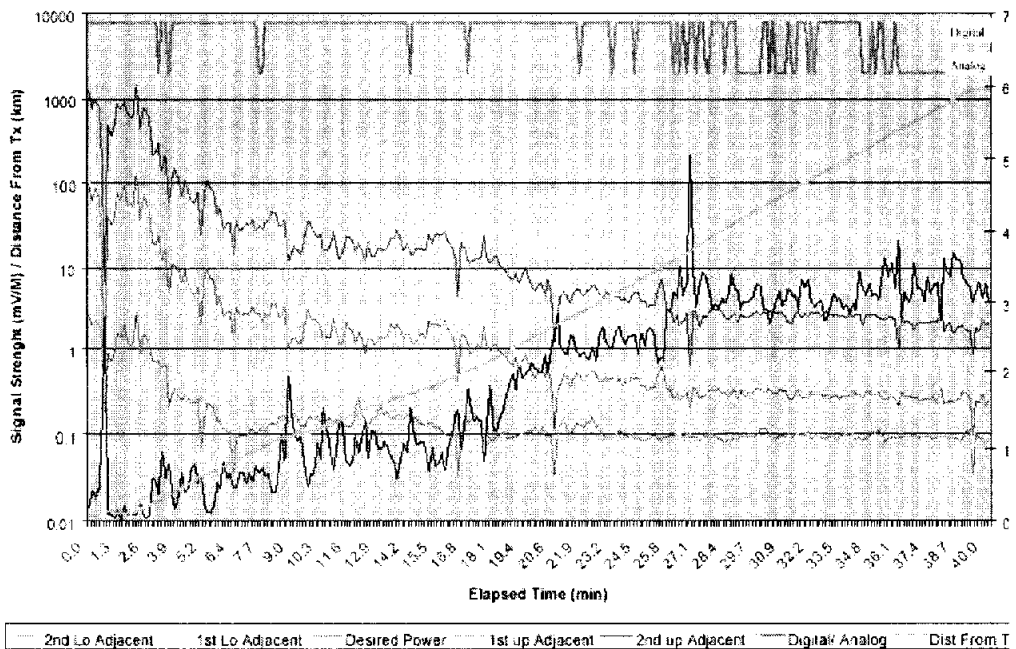


그림 4.5 AM IBOC 전계강도 및 채널간섭 측정치

1) 방송구역

필드 테스트 결과 AM IBOC 방식은 아날로그 방송 송신전력의 약 5%로 기존의 아날로그 방송구역을 커버 할 수 있었고, 2mV/m의 낮은 전계강도에서도 깨끗한 수신이 가능하였다. 어떤 지역에서 1mV/m의 전계강도에서도 수신이 가능하였다.

그림 4.6 은 2mV/m 전계강도에서 수신되어지는 지역을 나타낸다. 그림에서 보면 송신 점에서 약 130km까지도 수신이 가능함을 알 수 있다.

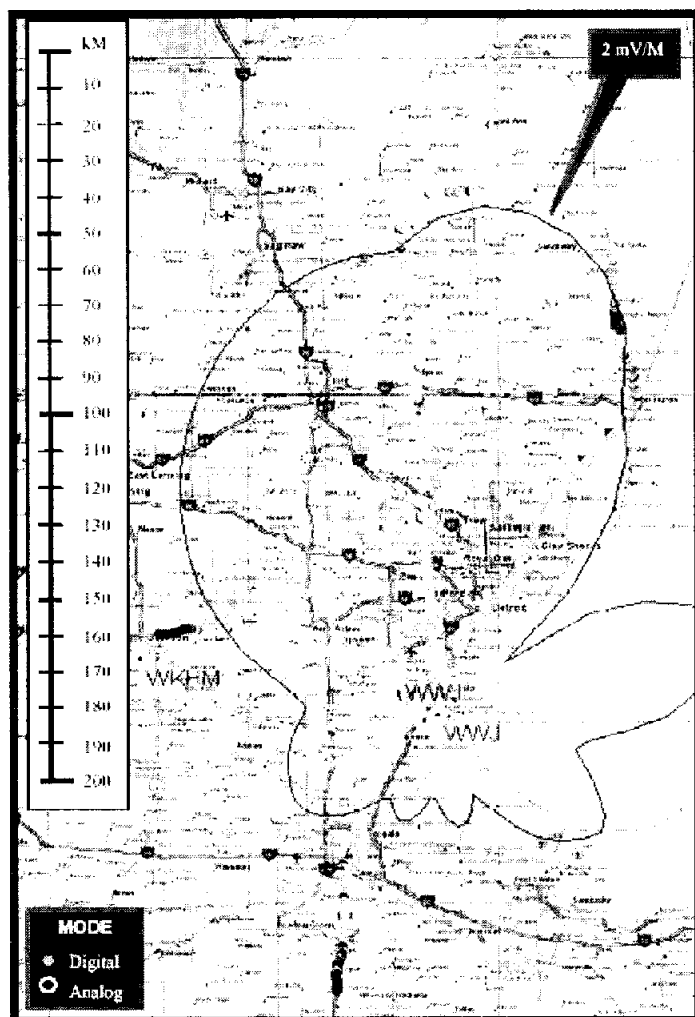


그림 4.6 WWJ 방송국의 필드 테스트 측정치

2) 동일 채널간섭

그림 4.7 에서는 아날로그 AM 라디오 방송채널과 동일한 채널에 AM IBOC 신호를 부과 시 발생하는 간섭을 나타낸다. 여기서 나타낸 수치는 주관음질을 5단계로 나누어서 표시하였고, 아날로그 수신기는 파이오니어와 테크니카를 사용하였다.

측정값을 살펴보면 AM IBOC 방식은 아날로그 방식보다 동일채널 하에서 훌륭한 음질 상태를 보이고 있다.

아주 훌륭한 상태 : 5

좋은 상태 : 4

보통 : 3

나쁜 상태 : 2

극히 나쁜 상태 : 1

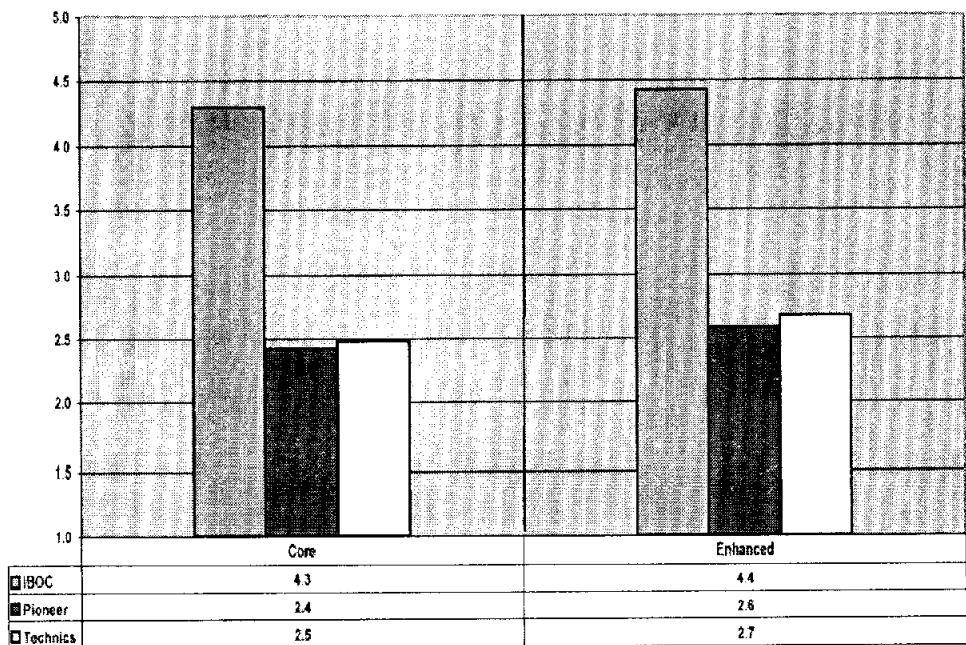


그림 4.7 아날로그 와 AM IBOC의 동일채널시 오디오음질 측정치

(3) 첫 번째 인접채널 간섭

그림 4.8 은 첫 번째 인접채널 발생시 AM IBOC와 아날로그 수신기의 주관적인 오디오 음질을 측정하였다. 실험에 사용된 아날로그 수신기는 파이오니아, 테크니카, 델파이, 소니로 모두 4가지 제품을 사용하였고, 한쪽 측파대만 발생하는 인접채널과 양쪽 측파대에 발생하는 인접채널을 구분하여 측정하였다. 측정값을 살펴보면 한 측파대 core 채널에 인접채널이 발생할 때 AM IBOC 방식은 훌륭한 음질을 수신할 수 있으나, 아날로그 수신기는 거의 청취가 불가능한 상태고, 양쪽 측파대와 enhanced 채널에 발생한 인접채널의 경우에도 AM IBOC 방식은 훌륭한 수신음질을 보이며, 아날로그 수신기에서도 어느 정도 수신이 가능함을 알 수 있다.

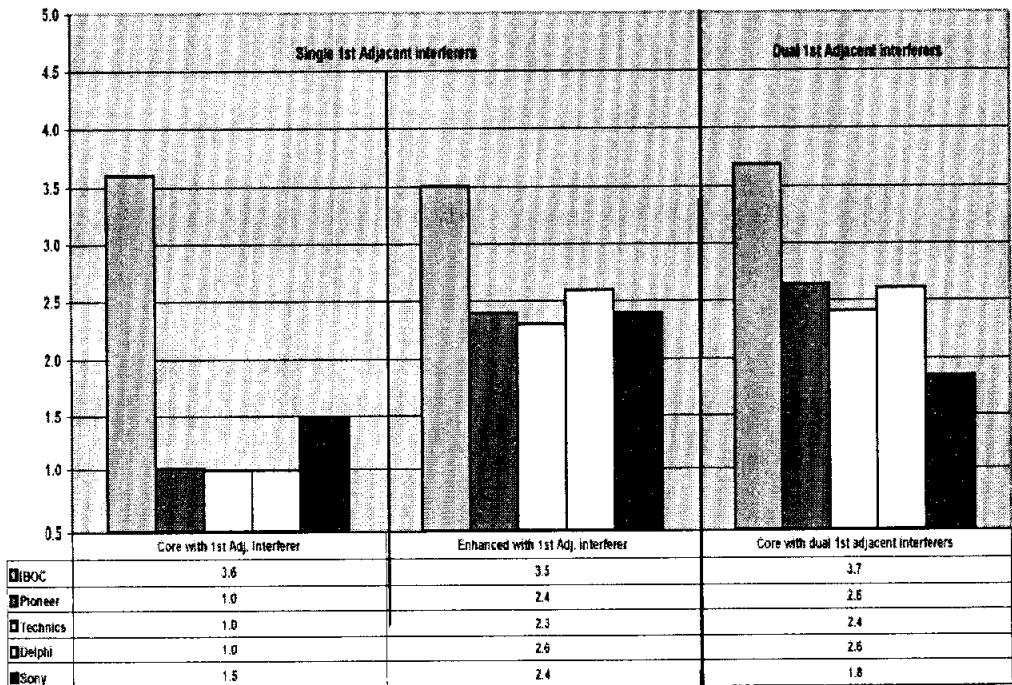


그림 4.8 인접채널 발생시 AM IBOC 와 아날로그 수신기의 음질 측정치

4.3 국내에 적합한 디지털 AM 라디오 방송방식

4.3.1 국내 AM 라디오 방송과 호환성

앞서 설명한 국외 디지털 AM 라디오 방송방식중 국내 라디오 방송과 호환되는 방식은 AM IBOC 방식이다. 이 방식은 새로운 대역할당이 필요 없고, 기존의 아날로그 수신기로 수신이 가능하다. 마치 옛날 흑백 TV 방송에서 컬러 방송으로 전환 시 사용된 NTSC 방식과 유사하다. DRM 방식의 경우 아날로그와 디지털의 동시방송이 가능하지만 이 경우에도 새로운 대역을 할당 받아야 하고, DRM 방식이 개발된 취지가 전 세계 어느 곳에서도 동일한 주파수 채널에 동일 내용을 수신하자는 취지를 가지고 있으므로 각 지역 방송으로 운행되고 있는 국내 라디오 방송과는 맞지 않다.

4.3.2 국내 디지털 AM 라디오 수신기 산업의 발전성

현재 디지털 AM 라디오 방송전용 수신기는 DRM 방식의 수신기만 출시되고 있고, AM IBOC 방식의 수신기경우는 복합기 형태로 출시되고 있다. 현재 국내 기업 중 디지털 AM 라디오 방송에 참여하고 있는 기업은 현대 오토넷과 티비케이전자 두 업체뿐이다. 그러나 디지털 AM 라디오 수신기 시장은 실로 엄청나다. DRM 컨소시엄에서 조사한 결과에 의하면 아날로그에서 디지털 수신기로 교체되어야 할 수신기가 약 25억 개에 달한다고 한다. 여기서 우리 기업이 5% 정도라도 점유한다고 해도 막대한 경제유발효과를 가져올 것이다. 그러므로 방송방식의 조기 결정을 통해 관련 기술을 확보하여 하루속히 경쟁력을 갖추으로써 세계적인 디지털 라디오 방송시장에서의 시장 확보로 인한 산업의 활성화를 도모해야 한다.

4.3.3 각 방식의 국제적 보급 현황

유럽방식인 DRM에 참여하는 국가는 독일, 프랑스, 영국 등의 대부분의 유럽 국가들과 호주, 중국 등의 아세아 국가들이 합쳐진 30국이 참여 하고 있다. 미국 방식인 IBOC의 경우는 미국만이 이 방식에 참여하고 있다. 국제적인 상황을 보면 유럽 방식이 가장 많이 채택되고 있다.

4.3.4 방식별 소요예산

DRM 방식의 송신기 교체 비용은 약 100,000 달러로 추정되고 있어 며, IBOC 방식의 경우 송신기 교체 비용은 약 30,000 ~ 200,000 달러로 추정된다. 그러나 방송국에 비치된 송신기 기종 , 설비, 그리고 기존 아날로그 장비의 사용 가능 정도에 따라 달라진다. 또한 현재 나와 있는 가격으로 청취자들의 교체비용을 계산해 보면 유럽 방식인 DRM방식의 수신기 경우 약 80 ~100 만원 정도 가격이고, 컴퓨터를 통해 수신할 경우 수신 소프트웨어 가격은 약 12만원 정도이다. IBOC방식의 복합수신기 형태의 HD 라디오는 대략 800 ~ 1000 달러 가격으로 출시되고 있다. 그러므로 현 시점에서 디지털 방송을 하여도 청취자들이 디지털 수신기를 구입한다는 것은 무리가 있다. 결국 디지털 라디오 방송의 활성화를 위해 휴대폰 단말기처럼 정부나 혹은 기업에서 단말기 보조금을 부담해야한다.

4.3.5 방식별 특허료

DRM 방식은 장비 당 특허료를 표 4.6 과 같이 부가한다. 이 가격은 오디오 부호화와 대역팽창방식인 aacPLUS 에 부가되는 가격이다. 그 외의 특허료 청구는 없다.

표 4.6 DRM 방식의 장비에 부가되는 특허료

장비 총개(채널당/매년)	장비 당 특허료
1 ~ 1,000	무료
1,001 ~ 500,000	\$1.70
500,001 ~ 1,000,000	\$1.50
1,000,001 ~ 5,000,000	\$1.38
5,000,001 ~ 10,000,000	\$1.13
10,000,001 ~ 15,000,000	\$0.88
15,000,001 ~ 그 이상	\$0.50

IBOC 방식의 특허료는 여러 각도로 부가 방법을 고려하는 중이다. 현재 발표된 대략적인 특허료에 대해 살펴보면 청취인구 및 송신전력을 고려해 방송사에 부가되는 가격은 대략 \$3,750 ~ \$68,250 으로 책정되어 있다. IBIQUITY社は 특허료의 개념을 컴퓨터 프로그램 소프트웨어로 인식될 것 일 것이다. 이 의미는 기존의 하드웨어 즉 송신기구입 시 이 하드웨어를 동작시키는 소프트웨어가 꼭 필수적으로 사용되므로 IBOC 방식을 소프트웨어의 개념으로 생각해 달라는 것이다. 그러므로 IBOC 방식은 계속 업그레이드 시킬시 이에 부합되는 소프트웨어 업그레이드 가격을 추가 시킬 수 있다는 것이다. 비록 현재는 DRM 방식에 비해 특허료 가격이 낮지만 향후 계속 이 방식이 향상될시 그 업그레이드 비용도 지불해야 한다. 또한 IBOC 방식의 데이터 서비스 시 그 수익의 3%를 로열티로 요구하고 있다. 그러나 아직 IBOC 방식의 정확한 특허료에 대한 정책이 나와 있지 않으므로, 가격이 결정되면 두 방식을 좀더 자세히 비교해야 한다.

제 5 장 결 론

본 논문에서는 미국과 유럽에서 시행되고 있는 디지털 AM 라디오 방송방식 중 기존방송과의 호환성, 수신기 시장의 발전성, 특허료, 필드 테스트 결과 등을 바탕으로 국내 디지털 AM 라디오 방송방식 선정 시 어떤 방식이 가장 적합한 방송방식인지를 제시하고자 하였다. 우선 두 방식을 서로 비교해보면 최소전계강도와 채널간섭은 모두 우수한 결과치를 나타내고, 음질과 변조방식의 경우 DRM 방식이 다소 유리한 것을 알 수 있다. 또한, 아날로그 방송과의 호환성, 국내 디지털 라디오 수신기 산업의 발전성, 그리고 방송방식 선정 시 가장 중요한 특허료 문제 등에서도 DRM 방식이 우세한 것을 알 수 있다. 앞의 상황을 고려하면 국내 디지털 AM 라디오 방송방식은 유럽방식이 적합할 것이다. 그러나 현재 아날로그 AM 방송은 초단파대에서 동일한 내용을 재전송하고 있으므로, FM 음질을 추구하는 디지털 AM 라디오 방송은 청취자들에게 큰 호응을 가지지 못하고 있다. 하지만 언젠가는 주파수 효율성 측면과 라디오 산업을 발전을 고려하여 국내 AM 라디오 방송도 디지털 전환이 필수적이다. 여기에 가장 중요한 것이 청취자들의 관심이므로 흑백에서 컬러 TV 방송의 전환에서와 같이 천천히 디지털 화를 진척시킬 수 있는 미국방식이 가장 적합할 것이다. 이에 점진적인 디지털 수신기 교체를 추진시키면, 언제 가는 대부분의 청취자들이 아날로그 수신기보다 디지털 수신기로 청취하게 될 것이다. 향후 국내 디지털 AM 전송방식의 선정 시 가장 우선적으로 고려되어야 할 점은 디지털 TV 전송방식 선정에서 보듯 양쪽 방식을 필히 국내에서 필드 테스트해야 할 것이고, 청취자 선호도 조사가 방식선정보다 먼저 되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] DRM website:

<http://www.drm.org>

[2] Jonathon Stott: DRM - Key Technical Features

EBU Technical Review No. 286, March 2001.

http://www.ebu.ch/trev_286-stott.pdf

[3] Martin Diets and Stefan Meltzer: CT-aacPlus-a state-of-the-art audio coding scheme EBU Technical Review No. 291, March 2002.

http://www.ebu.ch/trev_291-dietz.pdf

[4] DRM Software Receiver project website:

<http://www.drmrx.org>

[5] DIAM: Digital AM Hardware and Software Platform-Based Set from C to silicon Eureka Project No. E2390

<http://www.eureka.be>

[6] Radiomondo: Development of New data Services for Long, Medium and Short-wave Broadcasting

<http://www.radiomondo.de>

[7] RADIATE: Radio Digital AM Tests

Ist-1999-2013

<http://www.ist-radiate.com>

[8] QoSAM: Quality of Service in the Digitalized AM Bands Ist-2001-33307

<http://www.ist-qosam.com>

- [9] Stott, J,H, 1997. Explaining some of the magic of COFDM proceeding pf 20th International Television Symposium Montreny
http://www.bbc.co.uk/pubs/papers/paper_151/paper_15.html
- [10] IBIQUITY website:
<http://www.ibiquity.com>
- [11] ISO/IEC Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information - Part 7: Advanced Audio Coding(AAC)
ISO/IEC 13818-7
- [12] 서정일, “오디오 압축 방식의 최신동향” 방송공학회지 제8권 제2호
- [13] 전파연구소, “디지털 AM 정책 연구반 보고서”, 2002.7
- [14] Dong Spragg, "DRM - building the future of AM radio with today's proven technology", harris broadcast communications
- [15] veluppillai sundaralingam, "DRM", Australian Broadcasting Authority
- [16] ETSI, "DRM System Specification", ETSI TS 101 980 V1.1.1, 2001.09
- [17] Hilmer I, John L, "Performance of Modern AM Modulation Methods for Linear Digital Broadcast Applications"
- [18] ETSI, "Digital Radio Mondiale", ETSI TS 102 820 V1.1.1, 2003.12
- [19] ETSI, "Digital Radio Mondiale", ETSI TS 201 980 V1.2.2, 2003.04
- [21] Sinha, D "Bitstream Description for Perceptual Audio Coder(PAC)", Digital Signal Processing Handbook, pp. 42-1:42-17, CRC/IEEE Press, Editors: V. K. Madis-etti and D. B. Williams, 1998

- [22] Sinha, D. and Sundberg, C-E. W., "Unequal Error Protection(UEP) for Perceptual Audio Coders", in proc. of IEEE Int. Conf. Acoust. Speech&Signal Proc., march 1999
- [23] Hagenauer, J., "Rate compatible punctured conventional codes (RCPC - codes) and their applications", IEEE Transactions and Communications, pp.389-400, Vol. 36, April 1998.
- [24] Chen, B. and Sundberg, C-E. W, "Complementary punctured pair convolutional codes for digital audio broadcasting," To appear in IEEE transactions on Communications"
- [25] A, Müller, "OFDM transmission over time-variant multipass channels", International Broadcasting Convention, in IEEE Conf.publ. NO 397,pp.533-538
- [26] Gerd Zimmermann, "Recent Field Test for DRM" April 2003
- [27] Third Report to the National Radio Systems Committee, "AM IBOC DAB Laboratory and Field Testing", January 4, 2002
- [28] DRM Licensing Fee website:
http://www.vialicensing.com/products/drm/license_fees.html

감사의 글

지난 4년간 아낌없는 격려와 지도해 주신 하덕호 교수님께 가슴깊이 감사드립니다. 또한 대학원 기간 동안 수업을 통해 많은 지식을 전수해 주신 김석태 교수님, 정신일 교수님, 윤종락 교수님, 박규철 교수님, 그리고 정연호 교수님께도 감사의 인사를 드립니다. 휴학과 복학의 거듭하는 과정에서 항상 격려와 용기를 주신 이동통신연구실의 여러 선생님들 특히 고연화 선생님, 김태홍 선생님께 감사드립니다. 항상 바쁜 직장생활에서도 많은 조언과 배려를 해주신 나의 직장선배님들과 동료들에게도 감사의 인사를 올립니다.

오늘 이날이 있기까지 묵묵히 마음속으로 뒷바라지 해주시고 근심걱정을 해주신 부모님 과 장인, 장모님께 그 공을 돌리며 항상 건강하시길 바랍니다. 또한 집안의 여러 형제들과도 이 기쁨을 같이 하고 싶습니다. 끝으로 어려운 환경에서도 항상 곁에서 든든한 버팀목이 되어 준 사랑하는 나의 아내 류주리 그리고 그 무엇보다 바꿀 수없는 나의 보배 장녀 구지원, 사랑하는 나의 아들 구지영, 엄마 배속에서 태어날 날만 기다리는 나의 막내와 함께 이 기쁨을 영원히 간직하고 싶습니다.

2004년 7월

구 기 훈