

각국의 지상파 디지털 방송 표준화 현황 및 ATSC 8-VSB 시스템과 DVB-T COFDM 시스템의 성능 비교

이 문 호, 임 영 진
전북대학교 전자·정보공학부

개요

본 논문은 디지털 지상파 방송을 위한 각국의 표준화 현황 및 각 시스템에서 채택하고 있는 비디오 압축, 오디오 압축, 채널 코딩 기법, 변조 기법, 그리고 한 채널이 점유하는 대역폭들을 비교 정리하였다. 마지막으로 여러 개의 지상파 디지털 TV 전송 시스템중 ATSC 8-VSB 전송 시스템과 DVB-T COFDM 전송 시스템의 성능을 비교한다. 비교는 가장 최근의 실험실 실험 결과와 이론적 분석에 기반을 두고있다.

1. 각국의 지상파 디지털 TV 방송 표준화 현황

차세대 방송에 관한 연구는 일본과 유럽을 중심으로 기존 아날로그 TV의 해상도를 향상시키고 광대역 화면의 방송을 제공하기 위한 연구로 시작되어, 일본은 아날로그 방식의 MUSE(Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding) 시스템 개발을 완료, '91년부터 위성을 이용하여 서비스 중이며, 유럽은 EUREKA 95 계획에 의해 역시 아날로그 방식의 HD-MAC(High Definition-Multiplexed Analog Components) 시스템 개발을 추진하였다. 미국은 '97년부터 아날로그 HDTV(High Definition Television) 시스템 개발에 착수하였다. 당시에는 디지털 HDTV가 기술적으로 불가능하다고 인식되었으나 90년 GI(General Instruments)사가 디지털 방식의 DigiCipher 시스템을 개발한 것을 계기로 이후 미국의 HDTV 개발은 디지털 방식으로 새로운 국면 전환을 맞게 되었다. 미국의 HDTV 개발이 디지털로 선회함에 따라 유럽과 일본도 디지털 방식 개발에 가세하였다.

전세계적으로 지상파 방송의 디지털화는 이미 가시화되기 시작하여 '99년부터는 본격 확산, 2000년대 중반까지 단계적으로 아날로그 방송을 대체할 것으로 전망된다. '98년 9월 23일 영국의 BBC가 세계 최초로 전국 규모의 지상파 DTV(Digital Television) 방송을 개시

한 것에 이어, 동년 11월 1일부터 미국의 4대 방송사(ABC, CBS, NBC 및 Fox 사)가 10대 도시에서 지상파에 의한 DTV 방송을 실시 중에 있다. 가까운 일본도 '98년 11월부터 동경에서 대규모의 지상파 DTV 방송 실험을 실시하였고, '99년내에 이를 전국 10여개 지역으로 확대할 예정이다. 우리나라도 '98년 5월부터 지상파 DTV 실험방송을 개시하였다.

지상파 디지털 방송은 국제전기통신연합 전파통신 분야(ITU-R)에서 국제 표준화가 추진되고 있으나, 디지털 방송이 현행 아날로그 방송의 빈 채널을 이용하여 도입되므로 방송 방식은 국가간의 전송 대역폭과 디지털 방송에서 구현할 서비스 등의 차이에 따라 복수의 규격으로 표준화가 진행되고 있다. 현재 미국과 유럽은 각각 표준화를 완료한 상태이며, 일본도 방식 개발에 박차를 가한 결과 '99년 3월에 표준화를 완료하였다.

(1) 미국의 DTV 표준화

미국의 DTV 기술 개발은 HDTV에 관한 연구에서부터 시작되어 GA(Grand Alliance) HDTV 시스템으로 완성되었다. GA HDTV는 '95년 말에 ATSC(Advanced Television Systems Committee)표준으로 채택되어 FCC(Federal Communications Commission)에 제출되었다. 미국은 '96년 말에 지상파 DTV와 HDTV 공용 규격으로 ATSC 표준을 최종 승인하였다. ATSC 표준은 8-VSB(Vestigial Sideband) 전송, MPEG-2(Motion Picture Expert Group-2) 비디오 압축 및 Dolby AC-3 오디오 압축 방식을 기본 구조로 하고 있으며, 16:9 및 4:3의 종횡비에 대해 총 18가지의 표시형식을 규정하고 있으나, 이 표준화에서는 비디오 표시형식에 관한 요구사항은 제외하였다.

표준화 이후 FCC의 DTV 전환 일정은, '99년 5월 1일부터 미국내 10대 주요 도시에서 DTV 방송을 실시하는 것을 시작으로, '99년 11월 1일부터 4대 방송사가

30대 도시에서 실시, 2002년 5월 1일부터 모든 상업 TV 방송국이 실시, 2003년 5월 1일부터 모든 비상업 TV 방송국이 실시하여 2006년까지 디지털과 아날로그 방식을 병용하며, 이후에는 ATSC로 완전 대체, NTSC(National Television Systems Committee) 서비스를 중단하고 138MHz의 스펙트럼을 회수하는 것으로 짜여져 있다.

(2) 유럽의 DTV 표준화

아날로그 HDTV 시스템인 HD-MAC 개발이 전면 중단됨에 따라 '91년에 디지털 비디오 방송 개발을 위한 European Launching Group이 조직되었으며, 이것이 '93년에 범유럽 디지털 방송기술 개발을 위한 DVB Forum으로 발전하여 먼저 위성과 케이블에 대한 표준화를 완료하고, 지상파에 대해서는 '97년 2월에 DVB-T(Digital Video Broadcasting-Terrestrial)를 표준으로 채택하였다.

유럽의 지상파 DTV 방식은 다중경로 전파와 같은 지상파 전송 채널의 특성에 적합하고, 기존의 UHF 대역을 아날로그와 공유하여 새로운 서비스를 제공하여야 하며, 스펙트럼 부족에 대응하여 단일 주파수 방송망(Single Frequency Network : SFN) 구축 등의 요구 조건을 만족해야 할뿐만 아니라, 기왕에 개발된 케이블(DVB-C) 및 위성(DVB-S) 방식과 최대한 공통 부분을 갖도록 요구되었다. 따라서 이러한 요구 조건을 충족하기 위해 DVB-T는 다중경로 왜곡에 강인하고 SFN 구현이 용이한 COFDM(Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 전송 방식으로 적용하였다. 현재 덴마크, 네덜란드, 핀란드, 프랑스, 독일 및 이태리 등에서 지상파 DTV 시험 전송 프로그램이 진행중이며, '98년 9월 23일부터 영국 BBC가 UHF 대역에서 지상파 DTV 방송을 개시, 4개 무료 채널을 선보이고 있다. 유럽 대륙의 대다수 국가에서는 '99~2000년 사이에 디지털 방송이 개시될 것으로 전망하고 있다.

(3) 일본의 DTV 표준화

혼잡한 스펙트럼 대역에 적합해야 하고, 단일 주파수 방송망 구현이 가능해야 하며, 이동 수신을 보장할 수 있을 것을 기본 요구 조건으로 내세우고 있는 일본의 지상파 DTV 방식은 기본적으로 유럽 방식인 DVB-T를 근간으로 하면서 대역폭 조절이 가능한 BST-OFDM(Band Segmented Transmission-OFDM) 전송 방식으로 결정되었다.

'98년 1월 28일 우정성이 발표한 지상파 DTV 도입 계획에 의하면 NHK와 도쿄 소재 민방 5개사를 시작으로

로 현 아날로그 방송 대역폭과 동일한 대역폭의 주파수를 기존 방송 사업자에게 우선 개방해 다채널 방송과 양방향 데이터 방송 등 탄력적인 이용을 인정하는 것으로 되어 있다. '99년 가을부터 기존 방송업자에 대한 우선적인 허가를 필두로, 2003년 말에는 3개 대도시인 동경, 오사카 및 나고야에서 방송권 허가를 종료한다. 따라서 2000년부터 2003년까지 일본의 주요 도시에서 지상파 DTV의 상업방송이 시작된다. 2006년까지 나머지 도시의 방송권 허가를 종료하고, 2010년에 아날로그 방송 중단을 검토한다. 우정성은 '97년에 지상파 디지털 방송 잠정 기술기준을 공포하였으며 '98.9에 최종 기술기준을 제정, '99.4부터 발효시키며, 2000년 이전에 상용 서비스가 가능하도록 관련 법규를 제정할 계획이 다.

(4) 우리나라의 DTV 표준화

우리나라의 지상파 방송을 디지털화하기 위한 논의는 미국의 HDTV 개발이 본궤도에 오른 '90년에 이르러서야 시작되었으며, '93년에 GA 이전의 디지털 HDTV 수신기 시제품을 개발하였고, 이후 GA 규격을 연구하였다. '96년부터는 정보통신부 및 통산산업부의 지원을 받아 미국 방식의 수신기 ASIC 개발을 추진해 왔다. '97년 2월 11일 정부는 지상파 방송의 디지털화 계획을 확정함에 따라 국내 방식 선정 및 전환계획 수립을 위해 추진협의회를 발족, 산하에 표준방식팀과 전환계획팀을 구성하였다. 표준방식팀에서는 TV방식 분과위원회와 오디오방식 분과위원회를 두고 방식 선정을 위한 실무 검토를 담당하였으며, 표준방식팀의 임무는 민간 차세대 방송 컨소시엄에 위임되어 진행되었다. '97년 8월 19일 추진협의회 주최로 국내 지상파 디지털 TV 방송방식 선정을 위한 공청회가 개최되었으며, 국내 지상파 DTV 방식으로, 전송방식은 잔류 측파대(VSB) 방식, 비디오 방식은 MPEG-2 방식, 오디오 방식은 AC-3 방식으로 결정하였다. 이에 '97년 9월 23일자 동 협의회의 권고대로 정부는 '97년 11월 국내 지상파 DTV 방식을 확정하였다.

정부의 계획에 의하면 지상파 디지털 TV 본 방송은 2001년부터 지역별로 단계적으로 확대 실시된다. 즉, 2002년까지 수도권, 2003년 광역시, 2004년 도청 소재지, 2005년 시·군 지역으로 확대해 2010년까지 전국의 디지털 방송 전환이 완료된다. 아날로그와 디지털의 동시 방송은 본 방송 개시 뒤 5년까지 의무화하고 디지털 수상기 보급률 등을 감안해 연장 여부를 재검토하기로 하였다. 채널배정은 기존 방송사별로 6MHz를 할당하고, SDTV/HDTV 방송 선택은 방송사 자율로 하되, 방송 시간중 일정 시간 또는 일정 비율은 고화질 방송을

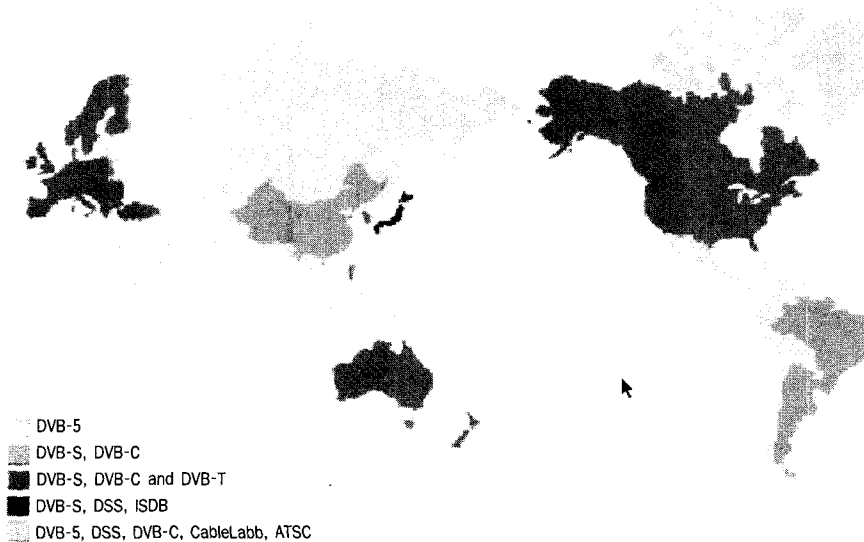


그림 1. 세계의 디지털 TV 방식 분포도

실시하도록 하고 있다.

스트 제거, 셋째, 콤 필터를 채용한 NTSC 동일 채널 간섭 제거 등이다.

2. 지상파 디지털 TV 방송 방식

지상파 디지털 TV 방송 방식에는 미국의 ATSC, 유럽의 DVB-T, 그리고 일본의 ISDB-T를 들 수 있다. 디지털 방송 방식의 구조는 크게 소스 부호화/압축부, 서비스 다중화/트랜스포트부, 그리고 채널 부호화/변조부의 세 계층으로 구성되며, 이 세 계층의 세부 규격에 따라 방식이 구분된다고 할 수 있다.

(1) ATSC(Advanced Television Systems Committee)

이 표준에서는 6MHz 대역폭으로 고품질의 비디오, 오디오 및 보조 데이터를 전송하고, 오디오 데이터 압축은 5.1 채널을 지원하는 Dolby AC-3 오디오 표준을 적용, 384 Kbps의 오디오 비트 율을 갖는다. 프로그램 다중화 및 트랜스포트는 MPEG-2 시스템 규격을 적용한다. 전송 방식으로는 단일 반송파의 VSB 방식을 사용하며, 변조 레벨은 지상파 모드에서 8-PAM을 사용한다. VSB 전송 방식의 특성으로는, 첫째, 파일럿 반송파와 데이터 세그먼트 동기 및 데이터 필드 동기를 사용한 점과 강인한 신호 포착과 시스템 동기 획득, 둘째, 학습 신호를 사용하는 판정 귀환 등화기를 적용한 고

(2) DVB-T(Digital Video Broadcasting-Terrestrial)

DVB-T는 '97. 2에 ETSI에 의해 유럽의 지상파 디지털 방송의 표준으로 채택되었다. 유럽의 아날로그 TV 채널은 7MHz 및 8MHz 대역폭을 가지므로 디지털 방식에도 이와 동일하게 7 또는 8MHz 시스템으로 개발되었다. 먼저, 비디오 형식은 SDTV(화면비 4:3, 주사선 625)를 기본으로 하고 HDTV(화면비 16:9, 주사선 1080)가 후에 추가되었으며, MPEG-2 비디오를 적용한다. 오디오 압축과 프로그램 다중화/트랜스포트는 각각 MPEG-2 오디오와 MPEG-2 시스템을 적용한다. 전송 방식에서는 채널 코딩으로 RS 부호와 길쌈 부호의 연결 부호를 적용하며, 변조 기법은 다중 반송파의 COFDM으로 반송파의 수에 따라 2k 및 8k FFT(Fast Fourier Transform) 모드를 지원한다. 반송파의 변조 레벨은 QPSK, 16-QAM 및 64-QAM을 사용한다.

COFDM 전송 방식의 특징은 여러 레벨의 QAM 변조 및 여러 부호율을 적용하여 데이터 율과 강인함을 절충하며, 다중 반송파와 가변 가능한 보호구간의 적용으로 다중경로 페이딩에 매우 강하다. 계층적 전송으로 기본 품질의 휴대 수신과 개선된 품질의 고정 수신이 가능하며, 전국적 또는 지역적 단일 주파수 방송

망 구현이 가능하여 동일한 지역에서 완전히 동일한 프로그램을 전송시 동일한 채널 주파수를 재 사용할 수 있으므로 스펙트럼 이용 효율이 증대된다. 저 출력 전송으로 전력 효율이 향상되며, 커버리지를 보다 잘 구현할 수 있으므로 서비스 가능지역을 개선할 수 있다. 아울러 COFDM은 새로운 기술로서 개선 여지 및 향후 개발 전망이 밝다.

(3) ISDB-T(Integrated Service Digital Broadcasting-Terrestrial)

ISDB-T의 기본적인 요구조건은 다음과 같다. 첫째, 유연성(Flexibility) : 프로그램과 서비스의 구성이 자유롭고, 정보량이 다른 각종 서비스를 정해진 전송 용량 내에서 유연하게 전송이 가능할 것. 둘째, 확장성(Extendibility) : 장래의 새로운 규격의 서비스에 대비하여 기능의 확장이 가능할 것. 셋째, 상호운용성(Interoperability) : 멀티미디어 정보의 유통성을 위해, 위성, 지상, 케이블 등의 방송 매체간 상호 운영뿐만 아니라 관련 매체와의 상호운용이 가능할 것. 넷째, 계량성(Scalability) : 시스템의 레벨이나 전송특성에 신호의 성질을 변경 가능할 것 등이다.

비디오 압축, 오디오 압축, 그리고 다중화 규격으로 각각 MPEG-2 Video, MPEG-2 Audio, MPEG-2 Audio AAC 및 MPEG-2 시스템을 적용한다. 비디오 디스플레이 형식으로는 SDTV(화면비 4:3, 주사선 625)와 HDTV(화면비 16:9, 주사선 1080)를 수용한다. 전송 방식에서는 DVB-T에서의 유사한 BST-OFDM을 적용, 부반송파의 수에 따라 2k, 4k 및 8k FFT의 3가지 모드를 지원한다. 부반송파의 변조 레벨은 QPSK, 16-QAM, 64-QAM 및 DQPSK를 채용하며, 채널 코딩으로는 RS

부호와 길쌈 부호의 연접 부호를 적용한다.

3. ATSC 8-VSB 시스템과 DVB-T COFDM 시스템의 일반적인 비교

8-VSB 변조 시스템은 8 레벨의 크기를 가지는 일차원 진폭 변조와 억압된 낮은 측파대로 구성되어 있다. COFDM 변조 시스템은 다수의 직교 변조된 반송파들로 구성된 다중 반송파 변조 기술이다. 이러한 두 개의 변조 기술들의 전송 특성은 명확히 다르다.

일반적으로 말해서 각 시스템은 각기 고유의 장·단점을 가지고 있다. ATSC의 8-VSB 시스템은 AWGN 채널에서 좀더 나은 성능과 더 나은 스펙트럼 효율, 더 낮은 PAR(Peak-to-average power ratio) 그리고 충격 잡음과 위상 잡음에 대해서 더 나은 강건성을 가진다. 또한 낮은 레벨에서의 고스트 및 아날로그 TV에서 DTV로의 간섭에서 DVB-T 시스템에 비해 더 나은 성능을 보인다. 그러므로 ATSC의 8-VSB 시스템은 다중 주파수 망(MFN : Multi-Frequency Network) 구현과 6MHz 채널에서 HDTV를 제공하는데 있어서 더 유리할 수 있다. DVB-T의 COFDM 시스템은 높은 레벨(0 dB까지)의 고스트, 긴 지연을 가지는 정적/동적 다중경로 감쇠에 있어서 장점을 가지고 있다.

COFDM 시스템은 넓은 지역의 단일 주파수 망(SFN : Single Frequency Network) (8k 모드)을 요하는 서비스나 이동 수신(2k 모드) 서비스에 더 유리하다. 하지만 넓은 규모의 SFN, 이동 수신과 HDTV 서비스는 현존하는 어느 DTTB 시스템이나 6,7,8MHz의 어떠한 채널 할당에서도 동시에 수행될 수 없다는 점을 짚고 넘어가야 한다. [표 2]에 두 시스템들의 특징을 정

표 1. 지상파 디지털 TV 방식 비교

항 목		미국 ATSC	유럽 DVB-T	일본 ISDB-T(DTTB)
방 식 구 조	기본구조	단일 반송파 방식	다중 반송파 형식	다중 반송파 형식
	변조	8-VSB	QAM+COFDM	QAM+BST-OFDM
	오류정정	RS+TCM	RS+길쌈	RS+길쌈
비디오 데이터 압축	비디오 데이터 압축	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2
	오디오 데이터 압축	Dolby AC-3	MPEG-2 BC	MPEG-2 AAC
적용 주파수대	기존 TV대역	기존 TV대역	기존 TV대역	
대역폭	6MHz(7.8MHz 규격 존재)	7 또는 8MHz(6MHz 규격 존재)		
채널당 프로그램	3~6 SDTV/1~2 HDTV	3~6 SDTV/1~2 HDTV	3~6 SDTV/1~2 HDTV	
표준화 현황	FCC 채택 완료	ETSI 채택 완료	TTC 승인 완료	
서비스 전망	'98년 시험방송	'98년 시험방송	2000년 시험방송	

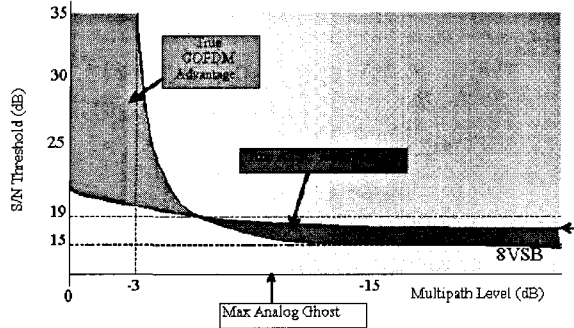


그림 2. 최근의 BBC R&D 시험 결과 : 다중경로 왜곡

표 2. 각 시스템별 장·단점

	ATSC 8-VSB	DVB-T COFDM
장 점	<ul style="list-style-type: none"> · 기술의 간단함과 성숙함 · 19.4 Mbps 데이터율의 6MHz대역을 통한 HDTV 프로그램 지원 · 위상잡음에 대한 강건함 · 낮은 PAR(Peak-to-average) : 효율적인 송신기 전력 · 좋은 대역 효율 · AWGN 채널에서 더 나은 성능 	<ul style="list-style-type: none"> · 유연한 부반송파에 대한 변조방법 (QPSK, 16QAM, 64QAM) · 유연한 채널 코딩율(1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8) · 유연한 보호 간격(1/4, 1/16, 1/32) · 두개 모드의 방송망(2k: MFN, 8k: SFN) · 다중경로 왜곡(정적/동적 에코) 강건성 · SFN/이동수신 가능 : 2k / 8k 모드 · 다른 DVB시스템(위성, 케이블)과의 쉬운 인터페이스
단 점	<ul style="list-style-type: none"> · 다중경로 왜곡, 페이딩, 도플러 효과에 약함 · 넓은 지역의 SFN 지원 못함 · 이동 수신 지원 못함 · 고정된 변조 및 채널 코딩 기법 	<ul style="list-style-type: none"> · 6MHz 대역에서 HDTV 지원의 어려움 · 낮은 대역 효율 (보호 간격 및 대역내 파일럿 신호 삽입) · 튜너의 위상 잡음에 대한 민감성 · 더 높은 송신기 출력 Back-off 요구 (2~3dB) · 펼쳐림된 길쌈부호의 채용으로 인한 높은 C/N 경계값

리하였다.

4. 8-VSB 시스템과 COFDM 시스템의 성능 비교

(1) 실험실 시험 결과에 근거한 두 시스템의 성능 비교

[표 3]은 ATSC 8-VSB 시스템과 DVB-T COFDM 시스템을 실험실에서의 시험 결과에 근거에 비교한 것이다. 6MHz 대역의 ATSC 8-VSB에 대한 실험실 시험이 1995년에 워싱턴 DC 근처에 있는 ATTC에서 이루어졌다. 이때 사용된 원형 시스템은 Zenith사가 제작했다. 8MHz 대역의 DVB-T COFDM 시스템에 대한 시험은 1997년 초 이태리 토리노의 RAI 연구센터에서 시행됐다. 그런데 ATSC 시스템과 DVB-T 시스템의 실험실 시험에 있어서 다른 BER 임계치가 사용되었음에 주의해야 한다. ATSC 시스템에서의 BER 임계치는 RS

복호후에 BER = 3E-6로 설정되었고, DVB-T 시스템은 RS 복호전에는 BER = 2E-4 RS 복호후에는 1E-11로 설정되었다. 이러한 두 시스템간의 임계값의 차이는 0.5 dB 에서 0.8 dB 사이로 추정되며, 이는 곧 공정한 비교를 위해서는 DVB-T 시스템의 측정치에서 그 만큼을 빼야한다는 것을 의미한다. C/N 구현 마진에 있어서 ATSC 시스템이 0.2 dB 인 반면에 DVB-T 시스템은 약 3 dB 로 보고되고 있다. DVB-T 시스템에서는 채널 추정을 위해 대역내 파일럿이 사용되기 때문에 동적인 고스트 왜곡하에서의 빠른 채널 추정을 얻게 할 수 있다. 그러나 이것은 AWGN 채널에서는 나쁘게 작용할 수 있다. 왜냐 하면 AWGN 채널은 대역내의 파일럿이 채널 추정을 신뢰할 수 없게 할 수 있기 때문이다. 시간 영역에서의 펼쳐림은 시스템의 성능을 향상시키기 위해 사용될 수 있다. 그러므로 DVB-T 시스템에 3 dB의 구현 마진을 기대할 수 있다.

표 3. 실험실 시험에 근거한 ATSC 시스템과 DVB-T 시스템의 성능 비교

	ATSC 8-VSB 6MHz 시스템	DVB-T COFDM 8MHz 시스템 (64QAM 변조와 R=2/3 부호화)	차이
AWGN 채널에서의 C/N	15.2 dB	19.5 dB	4.3 dB
고스트로 인한 C/N 감소	2.5~2.8 dB	2.4~3.3 dB	비슷
단일 정적 고스트	5.8 dB	0 dB	5.8 dB
도플러 천이와 단일 에코에서의 C/I	0.5Hz C/I=9.1 dB 5Hz C/I=12.5 dB	14Hz(2k 모드) C/I=0 dB 4Hz(8k 모드) C/I=0 dB	SFN/이동 수신에 한함
DTV에 대한 동채널 아날로그 TV	+1.8 dB	+3 to +6 dB	1~4 dB
PAR(peak-to-average power ratio)	99.9% 6.2 dB 99.99% 6.9 dB	99.9% 8.2 dB 99.99% 9.5 dB	2~2.6 dB
20kHz에서의 위상 잡음 임계치	-77.3 dBc/Hz	-83.2 to -87.5 dBc/Hz	6~10 dB

DVB-T 시스템의 또 다른 약점은 튜나 동채널 아날로그 TV 간섭이 연속되는 파일럿의 상단에 발생할 때 시스템이 약해질 수 있다는 것이다. 그러한 영향을 줄이기 위해서는 더 좋은 수신기 채널 추정 알고리즘이 개발이 되어야 한다. DVB-T 시스템의 시험 결과는 COFDM은 0 dB 만큼의 강력한 에코에도 견딜 수 있다는 것을 보여준다.

(2) 6MHz 대역으로 제한시킨 두 시스템의 공정한 비교

ATSC 8-VSB 시스템과 DVB-T COFDM 시스템의 실험실 시험은 서로 다른 시스템 파라미터(대역폭, 데이터 처리율)와 측정 기준(BER 임계치)을 사용하였다. 단지 절대적인 측정치만을 가지고 비교하는 것은 공정한 비교가 아니다. 공정한 비교를 하기 위해서 64QAM, R=2/3 길쌈 부호, 1/32 보호 간격의 DVB-T 6MHz 시스템 파라미터들이 사용된다. 이 때의 시스템 데이터 처리율은 17.9 Mbps이고, 이는 좋은 품질의 HDTV 서비스를 제공하기에 충분한 데이터율이 아니다. [표 5]는 계산된 6MHz 시스템 성능에 기반한 비교를 나타내고 있다.

컴퓨터로 시뮬레이션한 가우시안 채널에서의 DVB-T 시스템 성능은 C/N = 16.5 dB이다. 측정된 구현 마진은 약 3 dB이다. 0.8 dB의 변환값은 ATSC 시스템과 DVB-T 시스템의 BER 측정 방법 차이를 보상하기 위한 값이다. DVB-T COFDM 시스템과 ATSC 8-VSB 시스템에 대해서 AWGN 채널상의 Eb/No는 각각 다음과 같이 계산된다.

$$Eb/No = 16.5 \text{ dB} + 3 \text{ dB} - 0.8 \text{ dB} + 10 \log_{10}(6$$

$$\begin{aligned} & \text{MHz}/17.9 \text{ Mbps}) \\ & = 18.7 \text{ dB} - 4.7 \text{ dB} \\ & = 14.0 \text{ dB (DVB-T COFDM)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Eb/No &= 15.2 \text{ dB} + 10 \log_{10}(6 \text{ MHz}/19.4 \text{ Mbps}) \\ &= 15.2 \text{ dB} - 5.1 \text{ dB} = 10.1 \text{ dB (ATSC 8-VSB)} \end{aligned}$$

표 4. 시스템 Eb/No 임계값

Eb/No (AWGN)	Theoretical	RF Test
ATSC 6/7/8 MHz R = 2/3 Rb = 19.4/21.6/27.5 Mbps	10.6 dB	11.0 dB
DVB-T 6/7/8 MHz R=2/3, GI=1/16 Rb = 17.4/20.5/23.4 Mbps	11.9 dB	14.6 dB
DVB-T 6/7/8 MHz R=3/4, GI=1/16 Rb = 19.6/23.1/26.4 Mbps	12.9 dB	15.6 dB(예측값)

DTV로의 아날로그 TV 간섭에 대한 8MHz DVB-T 시스템에 있어서 NICAM 부반송파를 가지는 PAL TV 신호가 간섭 원인이었고, 6MHz DVB-T 시스템에 대해서는 NICAM 부반송파가 없는 NTSC TV 신호가 간섭 원인이었다. 추정된 두 시스템의 성능은 비교할 만 한데, 다중경로 왜곡, PAR, 그리고 6MHz DVB-T 시스템에 대한 위상 잡음 왜곡에 대한 성능은 [표 3]에 나타났던 것에 아주 근접한다.

(3) DTV 구현 파라미터

같은 DTTB 시스템을 채택한 국가들은 여전히 그들

표 5. 6MHz 대역에서의 두 시스템에 대한 계산된 공정한 비교

	ATSC 8-VSB 6MHz 시스템	DVB-T COFDM 6MHz 시스템 (64-QAM, R=2/3, GI=1/32)	차이
데이터율	19.4 Mbps	17.9 Mbps	1.5 Mbps
AWGN 채널에서의 Eb/No	10.1 dB	14.0 dB	3.9 dB
고스트로 인한 C/N 손실	2.5~2.8 dB	2.4~3.3 dB	비슷
단일 정적 고스트 잡음 강화 잡음 강화	5.8 dB N/A	0 dB N/A	5.8 dB -
도플러 천이와 단일 에코에서의 C/I	0.5Hz C/I = 9.1 dB 5Hz C/I = 12.5 dB	14Hz(2k 모드) C/I = 0 dB 4Hz(8k 모드) C/I = 0 dB	SFN/이동 수신에 한함
DTV에 대한 동채널 아날로그 TV	+1.8 dB	N/A	비슷
PAR(peak-to-average power ratio)	99.9% 6.2 dB 99.99% 6.9 dB	99.9% 8.2 dB 99.99% 9.5 dB	2~2.6 dB
20kHz에서의 위상 잡음 임계치	-77.3 dBc/Hz	-83.2 to -87.5 dBc/Hz	6~10 dB

의 대역 할당 과정과 대역 용량 및 정책, 인구 분포, 서비스 질등에 따라 다른 구현 계획들과 방출 마스크(mask) 그리고 기술적인 파라미터들을 세울수 있다. 예를 들어 캐나다는 ATSC DTTB 시스템을 채택했지만 미국에 비해서 다른 DTV 구현의 기술적인 변수와 방출 마스크를 사용한다. 표 6은 DTV 계획에 있어서 캐나다, 미국 그리고 유럽의 DTV 기술적 파라미터나 보호율 등을 열거한다. 캐나다의 계획에는 다중경로 감쇠를 위해 13dB C/N 마진을 할당했는데, 이는 계획 파라미터로서 라이시안(Ricean) 채널 성능 경계값을 사용하는 EBU의 방식과 유사하다. 잡음과 동채널 DTV 간섭이 가산적이기 때문에, 시스템 임계값으로 전체

C/(N+I) = 16.5dB를 할당하고 있다([표 6]에서 C/N = C/100-ch DTV = 19.5dB, C/(N+I) = C/N + C/100-ch DTV = 16.5dB). 또한 [표 6]을 보면 캐나다에서는 동채널 NTSC에서 DTV로의 간섭 임계값으로 72dB를 사용한다. 그것은 동시에 시스템이 19.5dB의 C/N 이나 동채널 DTV 간섭에 견딜 수 있게 한다. 인접 채널 DTV 간섭 변수는 일반적으로 [표 6]에서 보듯이 미국의 경우와 같다.

DTV의 아날로그 TV 시스템으로의 간섭에 대한 보호율이 아날로그 표준(NTSC, PAL, SECAM)과 시스템 대역폭(6,7.8MHz)뿐만 아니라 주관적인 평가 방법(CCIR 등급 3, 가시 경계값(TOV), 연속적 간섭이나 대

표 6. 주파수 계획을 위한 DTV 보호율

System Parameters(protection ratios)	Canada	USA	EBU ITU-mode M3
C/N for AWGN Channel	19.5 dB (16.5 dB*)	15.19 dB	19.3 dB
Co-Channel DTV into Analog TV	33.8 dB	34.44 dB	34 ~ 37 dB
Co-Channel Analog TV into DTV	7.2 dB	1.81 dB	4 dB
Co-Channel DTV into DTV	19.5 dB (16.5 dB*)	15.27 dB	19 dB
Lower Adj. Ch. DTV into Analog TV	-16 dB	-17.43 dB	-5 ~ -11 dB
Upper Adj. Ch. DTV into Analog TV	-12 dB	-11.95 dB	-1 ~ -10 dB
Lower Adj. Ch. Analog TV into DTV	-48 dB	-47.33 dB	-34 ~ -37 dB
Upper Adj. Ch. Analog TV into DTV	-49 dB	-48.71 dB	-38 ~ -36 dB
Lower Adj. Ch. DTV into DTV	-27 dB	-28 dB	N/A
Upper Adj. Ch. DTV into DTV	-27 dB	-26 dB	N/A

*: 캐나다의 변수, 잡음과 동채널 DTV 간섭에 대한 C/(N+I)는 16.5dB이어야 한다.

기 간섭)에 따라 영향을 받는 점을 주목해야 한다.

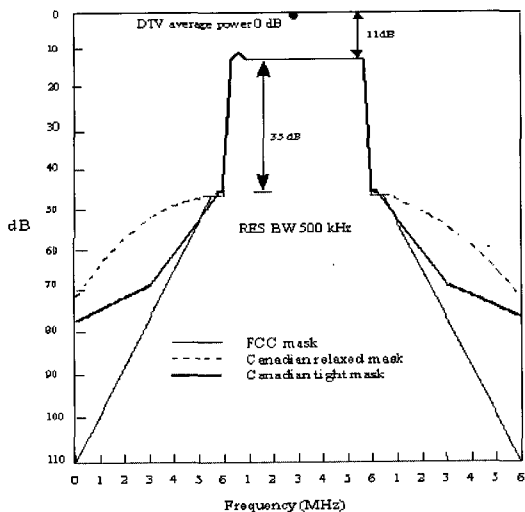


그림 3. 캐나다와 미국의 DTB 방송 마스크

4. 결론

본 고에서는 각 국가별로 지상파 디지털 TV 시스템에 대한 표준화 동향에 대해 알아보았고, 국내·외의 지상파 디지털 TV 방송을 위한 준비 예정을 살펴보았다. 또한 각 시스템별로 DTB 시스템을 구성하는 비디오 압축, 오디오 압축, 데이터 유휴, 주파수 대역폭, 변조 방법, 채널 코딩을 비교 정리하였다. 마지막으로 ATSC 8-VSB 시스템과 DVB-T COFDM 시스템을 일반적인 관점에서 비교하였으며, 최근의 실험실 시험 결과를 근거로 한 공정한 비교에 대해 정리하였다.

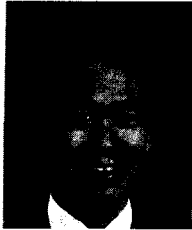
방송은 전 세계적으로 보급율이 가장 높은 범 국가적이고 공영성이 강한 매체이므로 방송의 디지털화는 대국민 복지 향상과 서비스 제공 수단으로 매우 중요하다. 디지털 방송은 무한한 발전 잠재력을 갖고 있을

뿐만 아니라 시장성과 사회적, 경제적 파급효과가 매우 크다. 이러한 의미에서 세계 각국의 경쟁적인 방송의 디지털화에 맞서 우리나라도 국익을 극대화 할 수 있는 표준화 정책과 도입 일정을 수립하고, 이를 달성하기 위해 각 분야에서 다각적이고 단계적인 협력을 통하여 노력을 결집해야 하겠다.

참고 문헌

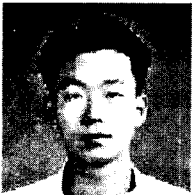
- [1] 박재홍, 오길남, "디지털 방송 표준화 현황 및 방식 개요" Telecomm. Review 특집 디지털 방송, 1998.
- [2] 박재홍, "국내 지상파 디지털 방송 추진경위와 향후 전망" Telecomm. Review 특집 디지털 방송, 1998.
- [3] Yiyan Wu, Jin Up Kim, Kil Nam Oh, "Comparison of ATSC 8-VSB and DVB-T COFDM DTTB System"
- [4] FCC News, http://www.fcc.gov/Bureaus/Mass_Media/News_Releases/98/nrmm8003.html
- [5] <http://www.mbc.co.kr/NETOP/9810/news/sub2/index5.html>
- [6] Nov/Dec '98 DigitTAC newsletter, pp.1, http://www.digitag.org/dtg_news_update.htm
- [7] Hiroshi ASAMI, The Implementation of Digital Broadcasting in Japan, '99.1.18.
- [8] ATSC, ATSC Digital Television Standard, ATSC Doc. A/53, September 16, 1995.
- [9] "ATSC Digital Television Standard", Advanced Television Systems Committee, James C. McKinney, Chairman and Dr. Robert Hopkins, Executive Director, Sep. 16, 1995
- [10] "Guide to the Use of the ATSC Digital Television Standard," by Advanced Television Systems Committee, James C. McKinney, Chairman and Dr. Robert Hopkins, Executive Director, Oct. 4, 1995.
- [11] Gary Sgrignoli, Wayne Bretl, and Rich Citta, "VSB Modulation Used for Terrestrial and Cable Broadcasts", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 41, No. 3, Aug., 1995.
- [12] "Digital HDTV Grand Alliance System Record of Test Results", Advanced Television Test Center and all, Alexandria, Virginia, Oct. 1995.

필자소개



이 문 호

- 일본 동경대 전자과, 전남대 공박(통신 기술사).
- 미국 미네소타 주립대 전기과 포스트 닥터(1985-1986).
- 독일 하노버 대학(1990), 아흔 공대(1992, 1995), 원젠 공대(1998) 방문 교수.
- 1980 ~ 현재 전북대학교 정보통신공학과 교수, 정보통신 연구소장.
- 1997년 ~ 현재 한국 공학 한림원 회원 및 정보통신 정책 심의 위원.



임 영 진

- 1994. 3 ~ 1998. 2 : 전북대학교 정보통신공학과 (학사)
- 1998. 2 ~ 현재 : 전북대학교 정보통신공학과 석사과정