

지상파 디지털 TV 방송의 전송방식

Transmission Technology of DTTB (Digital Terrestrial Television Broadcast)



글 / 朴秉烈

(Park, Byeong Ryeol)

정보통신기술사,

KBS한국방송 기술관리국 기술기획처장.

E-mail: aros@kbs.co.kr

The 8-VSB modulation technology developed by ATSC was adapted for national terrestrial DTV broadcasting. It uses same bandwidth of 6MHz as the one of NTSC TV broadcasting. The simulcast on the both of analog and digital is mandated for some period, some shortage within the limited frequency resource.

ATSC transmission technology is excellent in long distance broadcasting, but it is even poorer than other transmission technology in mobile receiving. The design of transmission system in the ATSC broadcasting is good enough with the provision of wide area service without interference from adjacent channel. To provide adequate DTV service within the broadcasting area, transmission technology is an important factor.

1. 들어가며

20세기말부터 우리 생활에 커다란 변화를 불러 일으켰던 디지털기술이 방송과 접목되면서 놀라운 발전을 거듭하고 있다. 고화질 고음질 실현은 물론이고 통신만의 특징으로 여겨져 왔던 양방향성을 방송에서도 도입, 구현하여 대화형으로 우리 생활과 아주 가까워지고 있다. 이러한 디지털기술의 영향은 어느 분야에 못지 않게 방송에서 커다란 변화를 가져오고 있으며, 특히 지상파 TV가 일반 국민의 생활에 미치는 영향력을 감안하면 그 중요성은 아무리 강조해도 지나침이 없을 것이다. 이러한 방송환경 변화의 흐름 속에서 방송기술계는 물론 많은 사람들의 관심이 쏠리게 된 지상파

디지털 TV 방송은 1998년 9월 영국을 시작으로, 동년 11월에 미국이 본 방송을 개시한 이후 스웨덴, 노르웨이, 스페인, 독일 등에서 본 방송 중이며 한국, 호주 및 대부분 유럽 국가에서 2001년 본 방송 서비스 할 계획을 가지고 있다. 일본은 위성방송을 먼저 디지털로 시작했으며 지상파는 2003년에 서비스 할 예정이다.

우리나라는 정부에서 1997년 11월 지상파 TV의 디지털 전송방식을 미국의 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 방식으로 확정 선정하고, 1998년 디지털 전환계획을 수립하여 발표함으로써 지상파 TV 방송에서의 디지털 시대의 서막이 열렸다. KBS가 국내 전문업체와

공동으로 제작한 디지털 TV 송신기와 부대 시스템을 관악산에 설치하고 1999년 5월 18일 국내 최초로 지상파 디지털 TV 전파를 발사함으로써 실질적인 디지털 TV 시대가 시작된 것이다. 이후 2000년 8월까지 실험방송을 거쳐 제반 기술적인 사항들에 대한 실험 및 검증 보완을 하였으며, 2000년 9월부터 현재 시험방송을 실시하고 있다. 올해 하반기 중에 본 방송에 돌입하며 2002년까지 수도권, 광역시권은 2003년, 도청 소재지는 2004년, 나머지 시. 군 단위 기간송신소는 2005년까지이며 이어서 무인중계소는 2006년부터 2010년까지 전환할 계획이다. 또한, 기존 수상기를 소유하고 있는 시청자들을 위해 일정기간동안 아날로그와 디지털의 2가지 방식으로 송신하는 동시방송(Simulcast)을 시행하며 2006년에 디지털 TV 수상기 보급상황 등을 고려하여 아날로그 방송 중단시기를 검토 결정하기로 하였다.

방송에서의 전송방식은 방송을 공급하는 방송사뿐만 아니라 관련산업측면에서도, 방송을 직접 수신하여 시청하는 국민에게도 중요한 사항이다. 또한, 한정된 주파수 자원 내에서 아날로그 방송과 디지털을 동시에 방송하여야 한다는 점과 기존 아날로그 방식인 NTSC(National Television Systems Committee)와의 상호운용성(Interoperability)에 대한 문제, 그리고 방송서비스의 궁극적인 지향점에 대한 고려가 전송방식 선택의 중요한 검토대상일 것이다. 본 고에서는 우리나라의 지상파 디지털 TV 전송방식으로 채택된 미국 방식인 ATSC 전송방식에 대해 기술한다.

2. 지상파 디지털 TV 전송방식

현재 세계적으로 지상파 디지털 TV 전송방식은 미국 방식인 ATSC와 유럽의 DVB-T(Digital

Video Broadcasting-Terrestrial), 유럽의 방식을 일부 개선한 일본의 ISDB-T(Integrated Service Digital Broadcasting-Terrestrial) 방식 등 3개 방식이 상용화되었으며, 중국 방식인 DMB-T(Digital Multimedia Broadcasting-Terrestrial)는 아직 실험단계이다. 이들 4개 방식의 기술적인 특성을 <표 1>에 정리하였다.

<표 1> 지상파 디지털TV 방식 비교

구 분	ATSC(미국)	DVB-T(유럽)	ISDB-T(일본)	DMB-T(중국)
전송방식	단일 캐리어 방식(8-VSB)	다중 캐리어 방식(OFDM)	다중 캐리어 방식(BST-OFDM)	다중 캐리어/Spread Spectrum
전송속도	19.4Mbps	5~32Mbps	4.9~31Mbps	5.4~32Mbps
이동수신	불리	유리	유리	유리
비디오	MPEG-2 MP@ML/HL	MPEG-2 MP@ML/HL	MPEG-2 MP@ML/HL	-
오디오	AC-3	MPEG-2	MPEG-2 AAC	-
채널형식(수)	HDTV-1, SDTV-4	SDTV-5	HDTV-1, SDTV-4	HDTV-1, SDTV-4
Sync/채널 시간 영역	주파수 영역	주파수 영역	주파수 영역	시간/주파수 영역

* 중국 방식은 현재 실험방송이 진행중이며, CDMA 이동통신과 같이 Spread Spectrum에 Sync/컨트를 정보를 전송하고, 나머지 비디오/데이터는 OFDM 방식으로 변조 전송함.

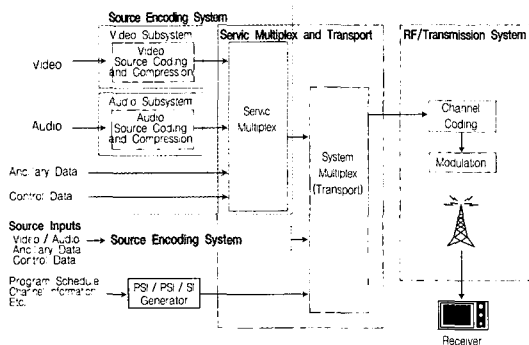
디지털 TV 방송은 데이터 압축과 디지털 전송 기술이 그 핵심을 이루고 있다. ATSC방식은 기존 아날로그 전송방식인 NTSC와 같은 6MHz 대역폭으로 약 19.4 Mbps 데이터를 전송할 수 있는 용량을 갖는다. 이러한 채널용량으로는 NTSC급 방송을 4채널 이상 동시에 방송할 수 있거나 HDTV급 한 채널을 방송할 수 있고 데이터 방송도 가능하다. 압축하지 않은 HDTV의 데이터량은 기존의 NTSC TV의 데이터양보다 5배나 많은 1.5 Gbps 이상이어서 50배 이상을 압축하여야 한다. 이렇게 방대한 영상데이터를 방송을 통하여 가정에까지 전달 할 수 있는 것은 디지털 신호처리 기술이 발달하여 영상신호를 압축하고 변조할 수 있기 때문이다.

기획특집

디지털 TV 방송시스템은 크게 소스신호 부호화 및 압축부, 서비스 다중화 및 트랜스포트부, 그리고 채널전송부로 나눌 수 있다. SDTV(Standard Definition Television) 방송인 경우에는 비디오 신호 부호화 방식으로 국제 규격인 MPEG-2 MP@ML(Main Profile@Main Level)을 사용하고, HDTV방송인 경우에는 MPEG-2 MP@HL(Main Profile@ High Level)을 사용한다. 오디오 신호 부호화방식은 나라마다 자국의 이해관계에 의해 MPEG-2 AAC(Advanced Audio Coding) 및 돌비사의 AC-3(Audio Coding-3) 방식 등을 사용하고 있다. 우리나라가 채택한 전송 방식인 ATSC 방식에서의 변조는 8-VSB(Vestigial Side Band)를 사용하고, 비디오신호 코딩은 MPEG-2 MP@HL, 오디오 코딩은 돌비사의 AC-3를 사용하고 있다.

2.1 ATSC DTV 시스템 개요

ATSC DTV 시스템의 기본적인 블록 다이어그램은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> ATSC DTV 방송 시스템 기본 개념 블록도

이 모델은 ITU-R(International Telecommunication Union-Radio communication)에 의하여 채용된 기본적인 형태이다. 이 모델에 의하면 디지털 TV방송은 다음과 같은 세 가지 주요 부분

으로 구성된다.

- ① Source Coding and Compression(소스 부호화 및 압축)
- ② Service Multiplex and Transport(서비스 다중과 전송)
- ③ RF/Transmission(송신시스템)

1) 소스 부호화 및 압축

이 부분은 아날로그 원시 데이터를 디지털 신호로 변환한 후 그 양을 줄이는(데이터 압축) 역할을 하는 부분으로 비디오/오디오 및 부가 데이터를 디지털 데이터 신호 열로 압축한다. 부가데이터에는 제어(Control) 데이터, 제한 수신(Conditional Access) 제어 데이터, 그리고 클로즈드 캡션(Closed Captioning)과 같은 프로그램 서비스 관련 데이터 등이 포함되며, 부가 데이터를 독립적인 프로그램 서비스로 사용하기도 한다.

여기서 부호화기(Coder)의 사용목적은 오디오 및 비디오 정보를 표현하는데 필요한 비트 수를 최소화하는데 있다. <그림 1>의 디지털TV 시스템 모델에서는 비디오 부호화에는 모든 방식에서 MPEG-2 방식을 사용하고, 오디오 부호화에는 MPEG 방식과 돌비사의 AC-3를 사용한다.

2) 서비스 다중과 전송

이 부분은 디지털 데이터 열을 정보를 갖는 패킷으로 나누는 단계이다. 각 패킷 또는 패킷 유형을 고유하게 규정하고 비디오/오디오 데이터 열 패킷을 하나의 데이터 열로 다중화(Multiplex)하는 적합한 방법을 규정하는 것이다. 전송 매커니즘에 있어서 지상파, 케이블, 위성, 저장매체, 컴퓨터 인터페이스와 같은 디지털 매체간의 상호운용성이 가장 중요한 요소이다.

기 회 록 집

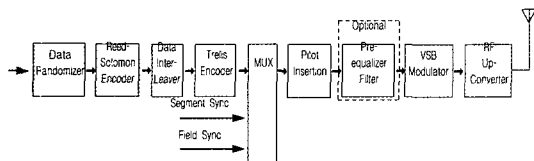
〈표 2〉 ATSC 비디오 포맷 비교

구분	수평 해상도 ¹⁾	화소수 ²⁾	화면 구성비 ³⁾	화면율 ⁴⁾	응용분야
HDTV	1080	1920	16:9	60i, 30p, 24p	비밀주사 화면, 최고 해상도, 영화 필름
	720	1280	16:9	60p, 30p, 24p	스포츠/그래픽/상업 광고/정지화그래픽/애니메이션
SDTV	480	704	16:9, 4:3	60i, 60p, 30p, 24p (525i, 525p)	멀티미디어 영상(DVD/LDP), 데이터 인터페이스
	480	640	4:3	60i, 60p, 30p, 24p	VGA급 영상 데이터

- 1) 주사선수 : 화면 내의 유효 주사선 수
- 2) 화소수 : 하나의 유효 주사선에 포함된 화소 수
- 3) 화면비 : 화면의 가로 대 세로의 비율
- 4) 화면율 : 초당 보여지는 화면 수

2.3 전송방식

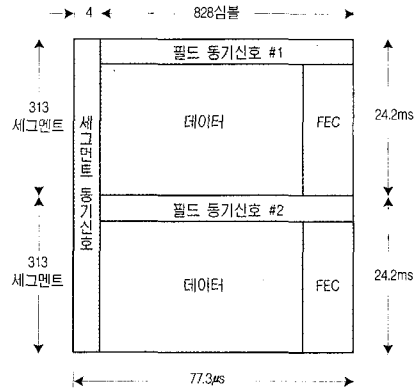
〈그림 4〉는 ATSC 8-VSB 송신기의 블록도이다.



〈그림 4〉 8-VSB 송신기 블록 다이어그램

송신기 입력 데이터는 트랜스포트 시스템으로부터 오는데 이는 한 패키지가 188바이트로 구성된 MPEG-2 TS(Transport Stream)의 구조로 되어 있다. 트랜스포트 시스템에서 전송시스템에 입력되는 데이터는 187바이트 MPEG-2 호환 데이터 패키지로 구성된 19.39Mbps 직렬 데이터열(Data Stream)이다. 이 중 한 바이트는 동기 바이트이고 나머지 187바이트는 데이터율이 19.28 Mbps인 페이로드(Payload) 데이터이다.

전송프레임의 각 데이터 프레임은 〈그림 5〉와 같이 2개의 데이터 필드로 이루어져 있고 각 필드

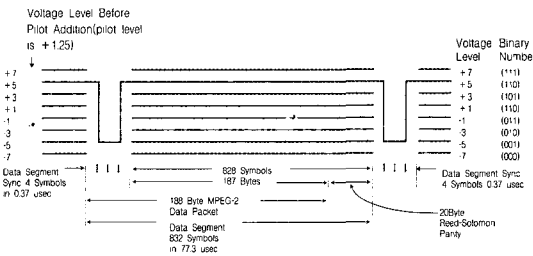


〈그림 5〉 ATSC 데이터 프레임의 구조

당 313 데이터 세그먼트로 이루어져 있다. 데이터 필드의 첫 번째 데이터 세그먼트는 동기용 신호인 데이터 필드 동기 신호이고 이 신호는 수신기에서 등화기에 의해 사용되어지는 데이터 시퀀스를 포함하고 있다. 나머지 312 데이터 세그먼트들은 각각 188바이트 트랜스포트 패킷에 FEC (Forward Error Correction)용 데이터가 20바이트씩 추가로 실려 있다. 실제로는 각 데이터 세그먼트에 있는 데이터는 데이터 인터리빙 때문에 몇 개의 전송 패킷들로부터 나온다. 각 데이터 세그먼트는 832개의 심볼들로 이루어져 있다. 첫 번째 4개 심볼은 2진 형태로 전송되어지고 세그먼트 동기화를 제공한다.

이 데이터 세그먼트 동기 신호는 MPEG-2 TS의 188바이트 중 첫 번째 바이트인 싱크 바이트를 나타낸다. 나머지 828개 심볼들은 8레벨 신호로 전송되어지므로 각 심볼 당 3비트를 실어 보내게 된다. 따라서 2,484비트(828개×3비트)의 데이터가 각 데이터 세그먼트마다 실려 보내진다. 이것은 정확하게 오류 정정 부호화된 하나의 트랜스포트 패킷을 전송하는데 요구되는 데이터와 일치한다.

8-VSB 변조기는 격자 부호기의 출력이 명목상의 신호 레벨인 $\langle -7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7 \rangle$에 대응(mapping)된다. <그림 6>에서 보는 바와 같이 데이터 세그먼트 동기와 데이터 필드 동기의 명목상의 값은 -5와 5이다. 작은 파일럿(Pilot) 반송파를 만들기 위해서 비트를 심벌로 매핑 한 후 1.25를 이 명목상의 레벨에 더한다.



<그림 6> 8-VSB 데이터 세그먼트 신호레벨

파일럿의 주파수는 억제된 반송 주파수와 같다. 이것은 작은 직류 레벨(1.25)이 모든 디지털 기저 데이터 신호와 동기 신호 심벌($\pm 1, \pm 3, \pm 5, \pm 7$)에 더해진다. 파일럿의 전력은 평균 데이터 신호 전력보다 11.3dB 낮다.

3. 맺는말

우리나라에서 디지털 지상파 TV 방송 표준으로 채택한 ATSC 방식은 주파수 분할 다중 송신 방식을 채택한 다른 표준방식에 비해서 주파수 효율성이 뛰어나다. 그러나 이동수신 등에서는 약점이 있다. 현재 이러한 약점을 극복할 수 있는 방법들이 고안되고 있고 수신기 성능개선 및 VSB 계열의 송신방식들에 대한 연구를 계속하고 있다.

향후 VSB 성능 개선방안 중 수신기의 성능 향상을 위하여 2002년까지 처리할 수 있는 Pre-Ghost의 길이를 8배까지 확장하고, Ghost 제거

율이 95%를 갖는 5세대 수신기 개발이 가능할 것으로 예측하고 있다.

<표 3> 세대별 수신기 성능

모델	1세대 (1998)	2세대 (1999)	3세대 (2000)	4세대 (2001)	5세대 (2002)
Post-Ghost	20 μ s	20 μ s	44 μ s	44 μ s	44 μ s
Pre-Ghost	3 μ s	3 μ s	3 μ s/6 μ s	20 μ s	25 μ s
진폭 (1 μ s)	70%	70%	80%	90%	95%
속도 (50% Ghost)	5 Hz	5 Hz	8 Hz	12 Hz	60 Hz

<표 3>에 의하면 세대별 수신기의 성능은 꾸준히 개선, 향상되어 가고 있다. 또한, VSB 변조방식을 개발한 미국 Zenith사에서는 이동수신 등의 용도를 위한 R-VSB(Robust-VSB) 구성을 위한 성능개선 작업이 계속되고 있다. 이외에도 다이버시티 수신이나 다중 수신안테나 사용 등의 노력도 계속되고 있다. 이러한 관련기술에 대한 개선이나 연구개발로 언제, 어디서나, 어떤 종류의 콘텐츠(데이터)라도 우리생활에 유용하게 사용할 수 있는 이른 바 <Any Cast>시대가 머지 않은 장래에 우리의 눈앞에 현실로 펼쳐질 것이다.

(원고 접수일 2001. 7. 19)

참고 문헌

1. 「DTV」 Jerry Whitaker, 1999, Mc Graw Hill
2. 「지상파 디지털 방송기술」 1999, KBS 기술본부
3. 「디지털 전송기술」 2000, KBS 방송망운용국
4. 「방송과 기술 통권77호, 78호」 2001, 한국방송기술인연합회
5. 「Digital Video Broadcasting」 Jan Smiths 1999, Artech House