

## 디지털 전송규격의 표준화

-지상파 TV 및 유무선 케이블 전송규격-

김 대 진

전남대학교 공과대학 전자공학과

### I. 머리말

최근 지상파 TV와 유무선 케이블 모두 아날로그에서 디지털로 전환하고 있는데 표준방식은 결정되어 있는데 크게 미국방식과 유럽방식으로 양분되어 있는 상황이다. 지상파 TV 전송 방식은 지난 50년 동안 아날로그 NTSC, PAL, SECAM방식이 사용되었고 현재는 고품질 영상과 멀티미디어 서비스가 가능한 디지털 전송방식으로 전환하고 있다. 디지털 지상파 TV의 전송 방식은 북미와 한국에서 ATSC(Advanced Television System Committee)의 8 VSB(Vestigial Sideband Modulation)방식이, 유럽에서 DVB-T(Digital Video Broadcasting-Terrestrial)의 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)방식이 각각 채택되었다.

케이블 TV도 광케이블과 동축 케이블이 결합된 HFC(Hybrid Fiber Coaxial)를 이용한 유선 전송방식과 마이크로웨이브 전파를 이용한 무선 전송방식으로 확장 보급되고 디지털 기술로 대체되는 중이다. 유선 전송방식의 경우 거대 전화 회사 및 케이블 TV 사업자들이 기술 개발을 주도하고 있다. 무선 전송방식의 경우는 최근 급격한 성장을 이루고 있는 이동전화회사와 신규 통신사업자들 중심으로 기술 개발이 진행되고 있으며, 유선 전송방식에 비해 설치의 신속성, 유지보수의 용이성 등의 경제적 장점과 이동 가능성 등의 기술적 장점으로 인해 중요성이 점차 확대되어 가는 추세이다. 유무선 케이블의 표준화 기구로는 미국에서는 MCNS(Multimedia Cable Network System)가 유럽에서는 DVB 그리고 국제적으로 ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication)와 DAVIC(Digital Audio-Visual Council) 등이 있다. 무선에서는 2.5 GHz 대역에서 아날로그 AM방식인 MMDS(Multipoint Multichannel Distribution Service)로 무선 케이블 TV 서비스가 진행되어 왔다. 그러나 한정된 주파수 자원 문제로 발전

이 한정적으로 이루어져 왔고 양방향 및 다채널 기술 적용을 위한 주파수 대역 확보가 어려워 새로운 주파수 자원의 개발과 디지털 다채널 기술을 적용하여 개발한 것이 LMDS(Local Multipoint Distribution Service)이며, 캐나다의 경우 LMCS(Local Multipoint Communication System)라고도 부른다. 한국에서는 무선 케이블 TV 분배용으로 26.7~27.5 GHz의 800 MHz 대역폭을 할당하였다. 쌍방향 멀티미디어 서비스를 위한 광대역 무선 가입자 망(B-WLL: Broadband-Wireless Local Loop)도 24~28 GHz대역을 사용하는데 하나의 작은 셀 지역을 대상으로 다양한 멀티미디어 서비스를 고정 가입자를 대상으로 제공하는 통신 시스템이다. 우리나라의 경우는 24.5~24.75 GHz의 500 MHz를 상향대역으로 25.5~26.7 GHz의 1.2 GHz대역을 하향대역으로 각각 설정하였다.

이 글에서는 2장에서 먼저 각각의 표준안의 규격화 현황 및 미국과 유럽의 동향에 대하여 논의하고 3장에서는 지상파 DTV 전송 표준과 유무선 디지털 케이블 전송 표준에 대해 자세히 알아보고 4장에서 마무리하려 한다.

### II. 지상파 DTV 와 유무선 디지털 케이블 전송 표준안 현황

디지털 지상파 방송의 규격 중 비디오 압축 방식의 규격은 전세계로 통일되었다. 이는 MPEG (Motion Picture Expert Group)에서 제정한 MPEG2 Video로 ITU-T와 ISO/IEC에서 ITU-T Rec. H.262와 ISO/IEC 13818-2로 규격화 되었고 모든 디지털 방송이 이를 따르고 있다. 오디오의 경우 MPEG Audio (ISO/IEC 13818-3)와 미국 Dolby 사의 5.1 Channel Dolby AC-3 규격 두 가지가 대표적인데 유럽에서는 MPEG Audio를 미국에서는 Dolby AC-3를 규격으로 사용하고 있다. 다중화 방식은 비디오 규격과 마찬가지로 미국과

유럽 모두 MPEG2 System (ITU-T Rec. H.222.0 | ISO/IEC 13818-1)을 규격으로 채택하고 있다.

디지털 지상파 방송의 전송 방식은 전세계적으로 2 가지 방식이 주도하고 있는데, 미국의 8 VSB 방식과 유럽 DVB-T의 OFDM 방식이다. 8 VSB 방식이 먼저 시제품이 만들어졌고, OFDM 방식은 DAB(Digital Audio Broadcasting)의 성공에 힘입어 그 뒤에 지상 방송 규격으로 DVB에서 채택되었다. 미국에서는 1996년 12월 가전, 컴퓨터, 영화 업계가 비디오 포맷을 규격에서 제외하기로 합의하고 FCC가 ATV 표준을 채택함으로써 8 VSB방식이 전송 표준으로 확정되었다. 미국 내 4대 방송사를 중심으로 지난 1998년 11월 1일 당초 예정된 10개 도시뿐 아니라 그 외의 13개 도시를 더하여 23개 도시에서 디지털 방송 서비스 개시했다. 그 후 순차 참여할 방송국수를 늘려 1999년 11월까지의 세대 커버리지를 약 53 %로 확대할 예정이다.[1]

우리나라의 경우 96년에 정부의 지상파 방송 디지털화 계획이 발표되고, 98년 8월에 미국방식을 근간으로 규격을 결정하였으며 2000년에 시험 방송에 들어가며 2010년까지 단계적으로 추진하고 2010년에 기존의 아날로그 방송을 중단할 계획을 가지고 계속 추진 중이다.

유럽은 유럽 통합 정책의 기본 정신에 따라 유럽 공통의 디지털 방송 규격을 제정하기 위하여 EBU(유럽 방송 연맹)의 주도로 DVB 프로젝트를 탄생시켰다. 1993년 9월에 출범한 DVB 프로젝트는 위성, 지상파, 케이블 TV, SMATV, MMDS 등 텔레비전의 다양한 전송 매체에 관해 유럽 공통의 규격을 정하는 임무를 담당하고 있다. DVB는 유럽의 통일된 디지털 방송 도입을 위한 프로젝트 추진 기구이며, DVB의 연구결과는 유럽의 전기 통신 분야 표준화 기구인 ETSI(European Telecommunication Standards Institute)에 제안되고 ETSI가 이를 심의하여 유럽 표준으로 결정한다. 특히 디지털 지상파 TV 전송 표준인 DVB-T의 전송 규격으로 OFDM 전송 방식을 표준으로 채택하고 ETSI를 통해 유럽 표준이 되었으며 99년 현재 영국의 BBC를 중심으로 OFDM을 사용하는 디지털 지상파 방송을 실현하고 있다.

HFC 네트워크에서의 데이터 패킷 전송을 위하여 여러 표준화 기관들에서 고유한 방안들을 제시하고 있다. 이 중 대표적인 표준으로는 MCNS와 DAVIC 표준을 들 수 있다. MCNS는 미국의 Comcast, COX, TCI, Time Warner, MediaOne등의 케이블 TV 사업 자들에 의한 표준화 모임으로써, 현재 표준안이 발표되어 케이블 모뎀 제조업체들에게 표준안에 의한 케이블 모뎀의 공급을 요구하고 있다. MCNS는 미국 내 케이블 산업을 위하여 케이블 모뎀간 연동 기능을 위하여 업체 주도로 표준화 작업이 이루어졌기 때문에 신속한

표준화 과정을 거쳐서, 현재 Phase 3 표준안 설계를 완성하였으며, 98년 상반기 중에 세부 항목별로 구체적인 시험 절차를 진행해 오고 있다. IEEE에서는 802.14로 케이블 모뎀의 표준화를 진행하였다.

MMDS는 유선 케이블 TV의 보완적인 의미로 방송 영상 프로그램을 무선으로 전송하기 위한 무선 케이블 TV기술의 하나이다. 이방식은 미국의 경우 FCC에서 2.150~2.162 GHz와 2.500~2.689 GHz 주파수 스펙트럼 영역안에서 채널당 6 MHz를 가지고 최대 33개의 아날로그 비디오 채널을 제공하도록 총 198 MHz 대역폭을 할당해놓고 있다. 방송용으로 사용하는 아날로그 MMDS의 변조 방식은 AM 방식을 취하고 있으며, 일반적인 셀 반경은 안테나의 위치 및 지형에 따라 40 km에서 56 km 정도로 기존의 케이블 TV와 경쟁하고 있다. 그러나 현재 케이블 TV는 30~60개 채널을 기본으로 하고 위성 시스템들은 약 200개 채널 정도로 채널수를 늘리기 위해 디지털 압축기술에 대한 노력을 기울이고 있다. MMDS 서비스를 받기 위해서 가입자는 MMDS 수신안테나와 블록 다운 컨버터 장치를 가지고 있어야 하며 수신된 프로그램은 정규적인 UHF-TV 채널로 변환되고, 동축 케이블을 통해서 세트톱박스(STB: Set Top Box)로 전송된다. 현재 단방향으로 규정되어 서비스를 하고 있으나 앞으로는 디지털 압축 기술과 QAM 변조 기술을 개발하여 채널용량이 늘어나면 고속 무선 인터넷 접속 서비스와 같은 양방향 서비스도 이루어질 것으로 예상된다. 한편 국내에서는 2.535~2.655 GHz 대역 총 120 MHz 대역을 할당하였고, 1997년 6월에 망 운용사업자(NO: Network Operator)를 선정하였다.

LMDS는 1970년대 중반 마이크로파를 이용한 MDS(Multipoint Distribution Service)방식으로 무선 케이블 TV 사업이 시작되어, MMDS를 거쳐 지금의 LMDS로 발전하게 되었다. 이와 같이 발전된 LMDS는 유럽 및 북미, 일본 등에서 각기 다른 이름으로 활발히 연구되고 있다. 미국의 경우 FCC에서는 하향 27.5~28.35 GHz의 750 MHz 대역폭과 상향 29.24~29.375 GHz의 125 MHz 대역폭(또는 31.0~31.3 GHz의 300 MHz 대역폭)을 할당하고 있다. 이와 같이 밀리미터파 대역을 사용하는 LMDS는 상하향 비대칭으로 원래 무선 케이블 TV와 같은 분배형 서비스를 목적으로 제안된 시스템이다. 무선 케이블 TV는 망구축이 신속하고 서비스 영역의 확장이 유선보다 우수하며, 가입자가 분산되어 있을 경우 망구축 비용이 저렴하고 유지 보수면에서 유리하다. 따라서 현재의 비효율적인 아날로그 서비스를 전송속도 상향 1~5 Mbps, 하향 10~30 Mbps정도의 광대역 디지털 서비스로 전환할 경우 향후 무선 멀티미디어 서비스로의 고도보역

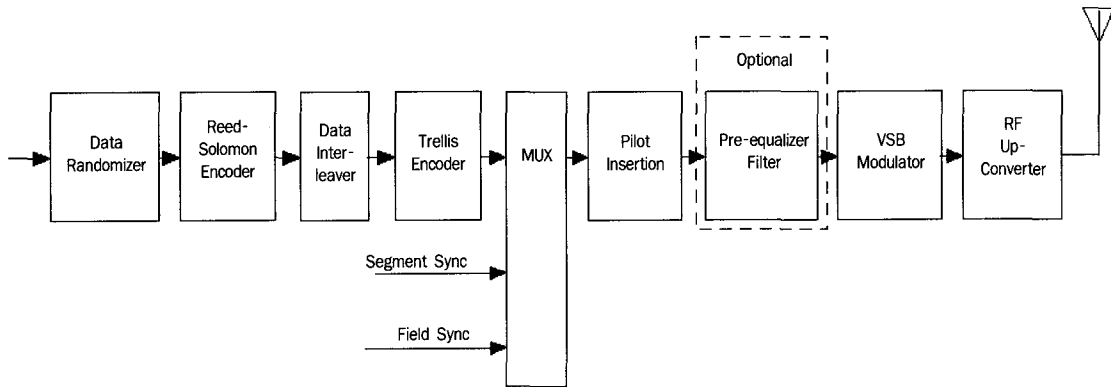


그림 1. 8 VSB 송신기

할을 하게 될 것으로 기대되며, 이를 무선 멀티미디어를 목적으로 하는 기술로 보는 견해도 있다. 한편 국내에서는 지난 1997년 6월 분배형 서비스인 무선 케이블 TV용으로 MMDS 대역과 함께 26.7~27.5 GHz 대역의 아날로그와 디지털 무선 케이블 TV 망 운용사업자를 선정한 바 있다.

양방향 광대역 무선 가입자 망(B-WLL)은 주로 24~28 GHz의 주파수를 이용하며 우리나라의 경우는 24.25~24.75 GHz의 500 MHz를 상향 대역으로 25.5~26.7 GHz의 1.2 GHz를 하향 대역으로 각각 설정하였다. 또한 정보통신부는 20 GHz대를 이용한 B-WLL 사업을 최대 3개 사업자에게 할당할 수 있도록 상향 160 MHz, 하향 320 MHz폭으로 분할하여 고속 전용회선 서비스 및 초고속 무선 인터넷 사업을 할 수 있도록 하였다. 현재 기술의 진보와 서비스의 다양화로 무선 케이블 TV 전송 뿐만 아니라 음성, 영상 전화와 양방향 데이터 서비스, 대화형 비디오 서비스를 제공할 수 있는 기술로 정의되고 있다. 이같은 광대역 무선 가입자망 구조는 4단계로 나뉜다. 기지국 장비와 무선 주파수 장비, 가입자 단말장비, 망관리 시스템이 그것이다. 기지국은 유,무선망의 연결 역할을 하게 되며 이에 ATM 교환기가 접목돼 각종 데이터 통신 서비스를 제공하며 무선 주파수 장비를 통해 전달된 콘텐츠는 가입자측의 무선 광대역모뎀과 세트톱박스를 통해 다양한 멀티미디어 서비스를 제공받는다. 광대역 무선 가입자망의 서비스 가능 거리는 최근 캐나다에서 최대 7 km까지 서비스 제공 시험에 성공했지만 실제적으로 하나의 기지국이 대략 반경 3~5 km내외의 가입자를 커버할 수 있는 것으로 분석되고 있다. 또한 제공 가능한 전송 속도는 음성서비스의 64 kbps부터 약 50 Mbps 까지 가능하다.

### III. 지상파 DTV 및 유무선 디지털 케이블 전송 표준

#### 1. 미국형 지상파 DTV 전송표준 8 VSB [2, 3, 4]

##### 1) 8 VSB 송신기

지상 방송용 8 VSB는 6 MHz 채널에 19.39 Mbps의 데이터를 전송할 수 있다. 그림 1은 8 VSB 디지털 지상 방송용 송신기의 블록 다이어그램이다. 입력 데이터는 맨 처음 데이터 랜덤화기(Data Randomizer)에서 랜덤한 신호로 바뀐 다음 각 패킷에 20바이트 RS (Reed Solomon) 패리티가 더해져진 RS 코딩, 1/6 데이터 필드 인터리빙과 2/3비율의 트렐리스 부호화의 형태로 여러 정정 부호화 (FEC; Forward Error Correction)가 수행된다. 랜덤화와 여러 정정 부호화 처리는 전송시 데이터 세그먼트 동기신호에 해당하는 트랜스포트 패킷의 동기 바이트에는 행하지 않는다. 랜덤화와 FEC 처리 다음에 데이터 패킷은 전송용 데이터 프레임으로 변형되고 데이터 세그먼트 동기 신호와 데이터 필드 동기 신호가 더해지게 된다.

그림 2는 전송 프레임의 구성도이다. 각 데이터 프레임은 2개의 데이터 필드로 이루어져 있고 각 필드당 313 데이터 세그먼트로 이루어져 있다. 데이터 필드의 첫번째 데이터 세그먼트는 데이터 필드 동기 신호이고 이 신호는 수신기에서 등화기에 의해 사용되어지는 혼련용 데이터 시퀀스를 포함하고 있다. 나머지 312 데이터 세그먼트들은 각각 188 바이트 트랜스포트 패킷에 FEC용 데이터가 추가로 20 바이트씩 실려 있다. 데이터 세그먼트는 832개의 심볼들로 이루어져 있다. 첫번째 4개 심볼은 2진 형태로 전송되어지고 세그먼트 동기화를 제공한다. 이 데이터 세그먼트 동기 신호는 MPEG2-TS의 188 바이트 중 첫 번째 바이트인 동기

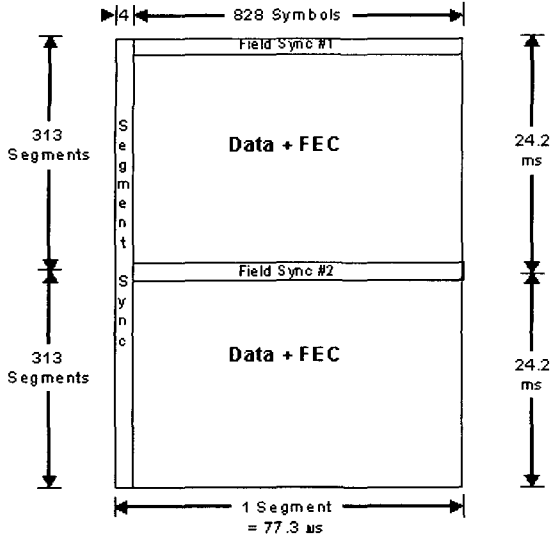


그림 2. 8 VSB 데이터 프레임

바이트를 나타낸다. 나머지 828 심볼들은 트랜스포트 패킷의 187 바이트와 FEC의 데이터이다. 이들 828 심볼들은 8레벨 신호로서 전송되어짐으로서 각 심볼당 3 비트를 실어 보낸다. 따라서 2484 비트 (828 x 3)의 데이터가 각 데이터 세그먼트마다 실려 보내진다. 2진 데이터 세그먼트 동기화 신호와 데이터 필드 동기 신호 그리고 8레벨 심볼들은 압축 캐리어를 사용한다. 그리고 전송 전에 저축과 대역은 VSB로 변조하기 때문에 제거된다. 결과 스펙트럼은 620 kHz 전이 영역에서만 스쿼어 루트 상승 코사인(Square Root Raised Cosine) 형태를 따르는 대역 끝 부분을 제외하고는 통과 대역 주파수에서는 평탄하다. 압축 캐리어 주파수 (저역 끝부분으로부터 310 kHz)에서는 작은 파일럿 신호가 원래 신호에 더해지게 된다. 그림 3은 송출된 8 VSB신호의 주파수 특성을 보여주고 있다.

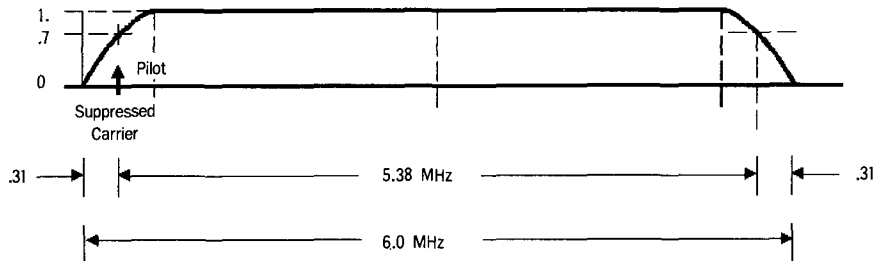


그림 3. 8 VSB 의 주파수 특성도

2) 채널 에러 보호

채널 에러 보호와 동기화를 설명하면 다음과 같다. 데이터 랜덤화기는 모든 입력 데이터 (데이터 필드 동기 신호와 데이터 세그먼트 동기 신호, 그리고 RS 패리티 바이트를 제외한)를 랜덤화 하기 위해 사용한다. 데이터 랜덤화는 데이터 필드의 시작 부분에서 시작되는 최대 길이가 16 비트인 PRBS (Pseudo Random Binary Sequence)와 모든 입력 데이터를 XOR한다. PRBS는 9 개환 탭들을 가지고 있는 16비트 쉬프트 레지스터에서 발생된다. 쉬프트 레지스터 출력의 8 비트는 아래의 생성 다항식 중  $X(D^0)$ ,  $X^3(D^1)$ ,  $X^4(D^2)$ ,  $X^7(D^3)$ ,  $X^{11}(D^4)$ ,  $X^{12}(D^5)$ ,  $X^{13}(D^6)$ ,  $X^{14}(D^7)$  에서 출력된다. 그 데이터 비트들은 MSB 대 MSB, LSB 대 LSB 로 XOR한다. 랜덤화기 생성 다항식은 다음과 같다.

$$G_{(16)} = X^{16} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^7 + X^6 + X^3 + X + 1$$

16 진수 F180로 초기화를 하는데 그 초기화 시기는 첫번째 데이터 세그먼트의 데이터 세그먼트 동기 신호 간격 동안에 일어난다.

VSB 전송 시스템에서 사용한 RS 부호는  $t=10$ , RS(207,187) 부호화이다. RS 데이터 블록 크기는 에러 교정을 위해 더해진 20 바이트 RS 패리티와 187 입력 데이터 바이트를 포함해서 207 바이트이고 전체 RS 블록은 데이터 세그먼트마다 전송된다. 직렬 비트 스트림에서 바이트를 만들 때, 바이트의 MSB는 직렬 비트 스트림의 첫번째 비트가 된다. 20 RS 패리티 바이트들은 데이터 세그먼트의 끝으로 보내진다. 생성 다항식은 다음과 같다.

- 부호 생성 다항식 :  $g(X) = X^{20} + 152X^{19} + 185X^{18} + 240X^{17} + 5X^{16} + 111X^{15} + 99X^{14} + 6X^{13} + 220X^{12} + 112X^{11} + 150X^{10} + 69X^9 + 36X^8 + 187X^7 + 22X^6 + 228X^5 + 198X^4 + 121X^3 + 121X^2 + 165X^1 + 174$
- 필드 생성 다항식 :  $G(256) = X^8 + X^4 + X^3 + X^2 + 1$

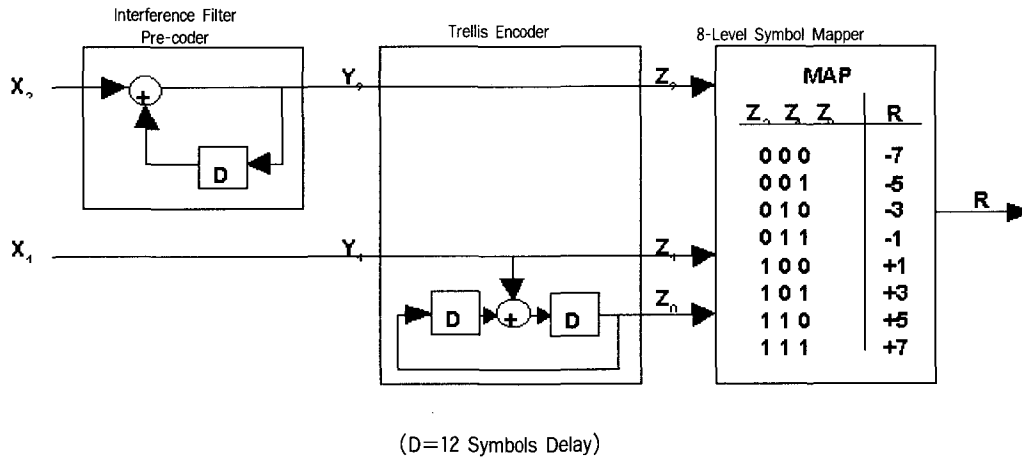


그림 4. 8 VSB 트렐리스 인코더, 프리코더, 심볼 변환기

VSB 전송 시스템에서 구현하고있는 인터리버는 52 데이터 세그먼트 간의 콘볼루션 바이트 인터리버가 된다. 인터리빙은 약 데이터 필드의 1/6 깊이(4 msec)가 된다. 데이터 바이트들만 인터리브가 되고, 인터리버는 데이터 필드의 첫번째 바이트에 동기화 되어 있다.

8 VSB 전송부 시스템은 1개의 부호화 하지 않은 비트를 포함하여 2/3 비율의 트렐리스 부호화를 구현한다. 한 개의 입력 비트는 다른 입력 비트가 프리코더를 거치는 동안 1/2 비율의 콘볼루션 부호를 사용하여 2개의 출력 비트로 된다. 그래서 이 3비트는 1차원 상에서 성상도가 8레벨로 나타난다. 이렇게 전송된 신호는 8 VSB라고 하고 4상 트렐리스 부호화기(4-State Trellis Coder)를 사용한다. 트렐리스 부호에서 세그먼트 내부의 인터리빙이 사용되는데 인터리브된 데이터 심볼을 만들기 위해 12개의 동일한 트렐리스 부호화기와 프리코더를 사용한다. 트렐리스 부호는 그림 4에서 보여지는 4상 케환 부호화를 이용한다.

### 3) 동기화 신호

트렐리스 부호화한 데이터는 다중화기에서 데이터 세그먼트 동기 신호와 데이터 필드 동기 신호를 삽입하는데 매 데이터 세그먼트 시작점마다 2레벨의 4개의 심볼에 해당하는 데이터 세그먼트 동기 신호가 삽입될 것이다. 이때 MPEG 동기 바이트는 데이터 세그먼트 동기 신호로 대체되고, 하나의 세그먼트는 832 심볼들로 이루어지고, 데이터 세그먼트 동기 신호는 2레벨로 동기 신호 패턴이 77.3 (s간격으로 규칙적으로 반복한다. 데이터와는 다르게 데이터 세그먼트 동기를 위한 4개의 심볼은 RS 부호화도 하지않고 트렐리스 부호화

도 하지않고 인터리빙도 하지 않는다. 데이터 세그먼트 동기신호 패턴은 1001 이다. 데이터는 세그먼트로 나누어질 뿐만 아니라 각각 313 세그먼트로 구성되어 있는 데이터 필드들로 나누어져있다. 데이터 세그먼트 동기 신호처럼 데이터 필드 동기 신호도 RS 부호화 하지 않고 트렐리스 인코딩 하지않고 인터리빙도 하지 않는다. 각 심볼은 2 레벨이고, 이 필드 동기 신호용의 832 심볼은 다음과 같이 정의된다.

동기 신호(1~4심볼): 이것은 데이터 세그먼트 동기 신호이고 1001 이다.

PN511 (5~514심볼): 이 랜덤 시퀀스는  $X^9+X^7+X^6+X^4+X^3+X+1$  이고 초기값은 01000000 이다.

PN63 (515~704심볼): 이 시퀀스는 3번 반복 되는데 시퀀스 방정식은  $X^6+X+1$ 이고 초기값은 100111이다. 이중 가운데의 PN63은 매 데이터 필드마다 부호가 바뀐다.

VSB mode (705~716심볼): 이들 24 비트는 프레임 데이터의 VSB 모드를 결정한다. 이는 지상파용 8 VSB 모드인지 고속데이터 전송용 16 VSB 모드인지 알 수 있게 한다.

Reserved (717~820심볼): 마지막 104 비트는 보류 되어 있다.

Precode (821~832 심볼): 8 VSB 모드에서 마지막 세그먼트의 심볼은 바로 하나 전 세그먼트의 마지막 12 심볼을 그대로 복사해서 실어 보낸다.

### 4) 변조

그림 4는 트렐리스 인코더 출력을 신호 레벨로 맵핑하는 것을 보여준다. 데이터 세그먼트 동기 신호와 데이터 필드 동기 신호의 레벨은 -5와 +5이다. 작은양의

파일럿 캐리어를 생성하기 위하여 1.25에 해당하는 값을 비트 대 심볼 맵핑 후 모든 심볼의 레벨에 일정하게 더해진다. 이 파일럿의 주파수는 그림 3에서의 압축 캐리어 주파수와 같다. 이것의 발생 방법은 작은량의 DC 레벨인 1.25값을 동기 신호를 포함한 모든 심볼 ( $\pm 1, \pm 3, \pm 5, \pm 7$ )에 더한다. 파일럿의 전력 파워는 평균 데이터 신호전력보다 11.3 dB 만큼 작다.

VSB 변조기는 8 레벨로 트렐리스 부호화된 신호를 10.76 Msymbols/sec로 받아들여 변조한다. ATV 시스템 주파수 특성은 송신기와 수신기에 상승 코사인 나이퀴스트 필터(Raised Cosine Nyquist filter) 형태를 따르는데 롤 오프 팩터( $\alpha$ )는 0.115이고, 필터의 응답은 본질적으로 대역 각 끝의 전이 영역을 제외하고는 전 대역에 따라 평탄하다. 전송기에서의 주파수 특성은 스퀘어 루트 코사인 필터의 형태를 취하는데 그 형태는 그림 3과 같다.

5) 수신기

그림 5는 VSB 지상파 방송 전송 시스템의 수신기 블록 다이어그램을 보여준다. 튜너에서 채널을 선택하고 IF 필터에서 중간 대역 필터를 한 다음 동기 주파수 검출기(Synchronous Detector)로 주파수를 찾아낸다. 동기 신호와 클럭 신호는 동기 검출기와 타이밍 검출기에서 찾아내고 NTSC 간섭 제거 필터를 거친 다음 등화기(Equalizer)에서 다음 경로에 의한 간섭을 제거한다. 그리고 위상 보정기(Phase Tracker)에서는 남아 있는 위상 에러를 보상하고 이하의 채널 디코더는 송신기의 역으로 되어 있다. 수신기 중에서 큰 특성 중에 하나는 NTSC 제거 필터가 있다는 것이다. 이는 콤팩트 필터로서 동일 채널의 NTSC 방송으로부터 오는 비디오 캐리어, 컬러 캐리어, 오디오 캐리어를 제거하는 역할을 한다. 동일 채널상에 NTSC 방송으로부터의 신호가 있으면 이 필터가 작동하고 NTSC 방송으로부터의 신호가 없으면 이 필터는 통과하게 되어있다.

VSB 전송 시스템은 신호 포착과 동작을 강력하게 하기 위해 파일럿, 세그먼트 동기 신호, 그리고 훈련용

데이터 시퀀스를 이용한다. VSB 수신기 시스템은 또한 위상 교정기와 등화기 뿐만 아니라 캐리어 동기 및 클럭 회복 회로를 가지고 있다. 부가하여 VSB 수신기 시스템은 에러 정정용으로 트렐리스 디코더와 RS 디코더가 있다. 서비스 지역을 최대화하기 위해 지상파 방송 모드는 NTSC 간섭 제거 필터가 수신기에서 동작될 때 트렐리스 디코더는 트렐리스 인코더와 NTSC 간섭 제거 필터에 대응하는 역할을 하는 트렐리스 디코더로 바뀐다. 수신기는 10.76 Msamples/sec로 동작하는 하나의 ADC변환기와 한 개의 등화기만 있으면 된다. 표 1은 지상파용 8 VSB의 파라미터를 보여준다.

표 1. 8 VSB 전송 시스템의 파라미터

Parameter	Terrestrial mode (8 VSB)
Channel bandwidth	6 MHz
Excess bandwidth	11.5%
Symbol rate	10.76 Msymbols/s
Bits per symbol	3
Trellis FEC	2/3 rate
Reed-Solomon FEC	T=10 (207,187)
Segment length	832 symbols
Segment sync	4 symbols per segment
Frame sync	1 per 313 segments
Payload data rate	19.28 Mbps
NTSC co-channel rejection	NTSC rejection filter in receiver
Pilot power contribution	0.3 dB
C/N threshold	14.9 dB

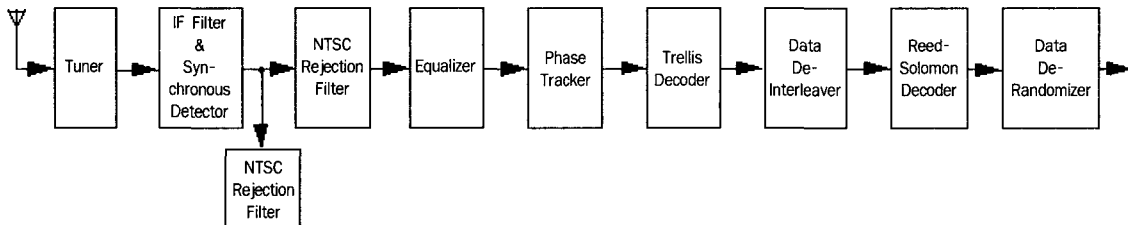


그림 5. 8 VSB 수신기의 블록 다이어그램

2. 유럽형 디지털 지상파 DTV 전송 표준 OFDM [5]

TV 전송 채널에서의 OFDM의 장점을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 단일 반송파 방식에 비해 심볼 주기가 부반송파 개수만큼 늘어나기 때문에 다중 경로 시간 지연에 대하여 강한 특성을 지닌다. 특히 보호구간의 삽입으로 더욱 강한 특성을 가질 수 있다. 둘째, 각각의 부반송파에 대해 한 개의 탭을 갖는 간단한 등화기 구조로 신호 왜곡을 보상할 수 있다. 셋째, 부반송파간의 직교 특성은 주파수 이용 효율을 높인다. 넷째, 데이터 전송율을 가변적으로 할 수 있다. 다섯째, 이동체 수신에서 우수한 성능을 보인다. 여섯째, 단일 주파수 망(SFN: Single Frequency Network) 구성이 용이하다. 그러나 이러한 장점이 있는 반면, 단점으로는 최대전력 대 평균전력의 비가 크고, OFDM 반복주파수 때문에 하드웨어가 커지게 되며, 같은 전송 속도의 8 VSB에 비해 요구되는 신호대 잡음 비가 크다는 점이다.

DVB-T 방송 시스템의 기본 구성은 그림 6에 나와 있으며, 그 중 전송 표준에 대하여 설명하면 다음과 같다.

1) 입력신호(Input stream) 및 랜덤화기(Randomizer)

DVB-T 전송 시스템의 입력신호는 188바이트의 고정된 길이를 갖는 MPEG-2 TS(transport stream)

패킷 형태의 데이터이다. 하나의 MPEG-2 TS 패킷은 1바이트의 동기 바이트를 포함하고 있다. 입력신호의 2진 데이터의 '0' 값과 '1' 값이 랜덤하게 동등 확률을 가짐으로써 에너지 분산 효과를 얻기 위하여 입력신호는 15개의 쉬프트 레지스터와 AND 소자 하나, 그리고 두 개의 XOR 소자로 구성된 랜덤화기를 통과함으로써 랜덤화된다. 이 때의 PRBS 발생기의 다항식은 다음과 같다.

$$X^{15} + X^{14} + 1$$

PRBS의 초기값은 "100101010000000"으로 매 8전송 패킷마다 초기화한다. 디랜덤화기에 초기신호를 제공하기 위해 8 패킷 그룹의 첫 전송 패킷의 MPEG-2 전송 패킷 동기 바이트를 47Hex에서 B8Hex로 비트 반전한다. PRBS 발생기 출력의 첫번째 비트는 반전된 동기 바이트 다음에 오는 바이트의 최상위비트에 적용된다. 또한 반전된 동기 바이트 이후의 연속적인 7개 전송 패킷에 대하여 동기 바이트가 스크램블 되지 않도록 동기 바이트에 대해서는 PRBS 발생기가 동작되지 않게 한다. 동기 바이트 동안 PRBS 발생기의 출력이 사용되지 않아도 PRBS 발생은 계속되어야 한다. 따라서 PRBS 발생기의 주기는 1503 바이트이다. 랜덤화 과정은 변조 데이터가 없거나, MPEG-2 전송 패킷 형식(1 동기 바이트+187 패킷 바이트)과 일치하지 않을

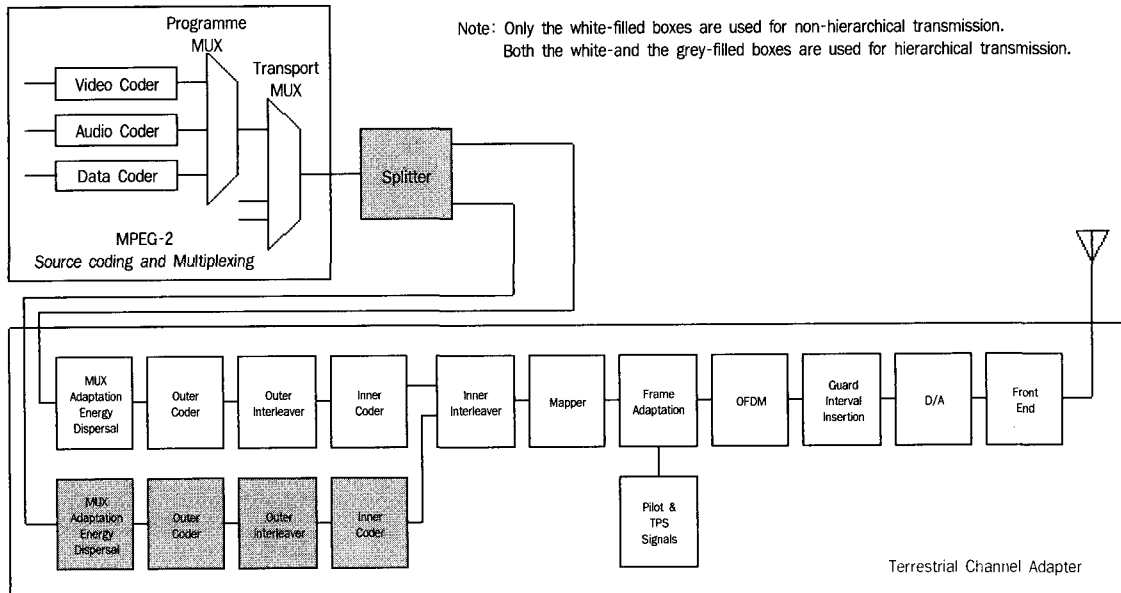


그림 6. DVB-T 표준의 송신 시스템 구조

때에도 동작한다.

2) 외부 부호화기(outer coder)와 외부 인터리버(outer interleaver)

외부 부호화기에서는 오류 정정 능력을 키우기 위해서 RS 오류 정정 부호를 사용한다. 입력 신호는 188 바이트로 구성된 패킷 구조가 랜덤화된 형태이므로 사용되는 RS부호는 (204,188, t=8)이다. 이 정정방식은  $1 \times 10^{-4}$ 의 산발오류를 이론상 거의 오류가 없는  $1 \times 10^{-11}$  이하로 만든다. 랜덤화 과정과 달리 여기서는 동기 바이트에도 이 부호가 적용된다. 부가된 RS 16바이트는 한 패킷의 204 바이트 중 8바이트의 오류를 검출하고 정정할 수 있다. 생성 다항식은 다음과 같다.

· 부호 생성 다항식 :

$$g(X) = (X + \mu^0)(X + \mu^1)(X + \mu^2) \dots (X + \mu^5),$$

여기서  $\mu = 02Hex$

· 필드 생성 다항식 :  $P(X) = X^8 + X^4 + X^3 + X^2 + 1$

DVB-T 시스템에서는 외부 인터리빙 방식으로 콘볼루셔널 인터리빙(convolutional interleaving)을 사용한 204바이트의 한 패킷은 17바이트씩 12개의 FIFO(First In First Out) 지연 레지스터에 분산 공급되고, 각각의 레지스터의 지연 값은 서로 다르다. 12개의 각 레지스터의 지연 값이 각 단계마다 17바이트의 정수배로 증가하도록 구성하면 출력 신호는 원래 한 패킷 내에 있던 데이터가 12개 패킷에 분산된 형태로

나타난다. 즉 인터리빙의 깊이는  $I=12$ 이고 여기서  $I$ 는  $J$  번째 가지당  $J \times M$ 의 깊이를 가진 FIFO 쉬프트 레지스터의 가지의 숫자이다.  $J$ 는 0에서  $I-1$ 까지이고  $M = N/I = 17$ 이 되는 것이다. 여기서  $N$ 은 오류 정정을 위한 프레임의 길이이다.

3) 내부 부호화기(inner coder)와 내부 인터리버(inner interleaver)

외부 인터리빙된 신호에 별도의 추가 데이터를 삽입하여 랜덤 잡음 임펄스 등에 의한 단기간 오류를 검출하고 수정한다. 내부 부호화에 사용되는 알고리즘은 6개의 메모리를 가진 punctured 콘볼루셔널 부호화이다. 그림 7은 64상태를 가진 코드율 1/2인 mother 콘볼루셔널 부호화기의 구성을 보여준다. 이 때의 생성 다항식은  $X$  출력에 대해서는  $G_1=171_{oct}$ 이고,  $Y$  출력에 대해서는  $G_2=133_{oct}$ 이다. DVB-T 시스템에서는 punctured 비율을 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 등으로 다양한 환경에 따라 적절하게 선택할 수 있도록 구성되어 있다. 표 2에서 다양한 코드율에 따른 puncturing 패턴을 보인다. 콘볼루셔널 부호화된 첫 번째 출력 비트는 항상  $X1$ 이다. 내부 인터리빙은 블록 인터리빙에 기초한 비트별 인터리빙과 심볼 인터리빙이 사용된다.

DVB-T 시스템은 수신상태가 열악한 지역에서도 특정 채널에 대한 우수한 데이터 수신을 위하여 2단계의 계층적 채널 부호화 기술을 사용한다. 그림 6의 구조에서 볼 때, 비계층적 채널 부호화가 되는 경우에는 흰색의 블록을 따라 데이터 흐름이 진행되고, 계층적 채널 부호화의 경우에는 흰색의 블록과 회색의 블록을 모두 통과하면서 데이터 흐름이 진행된다. 그러나 수신

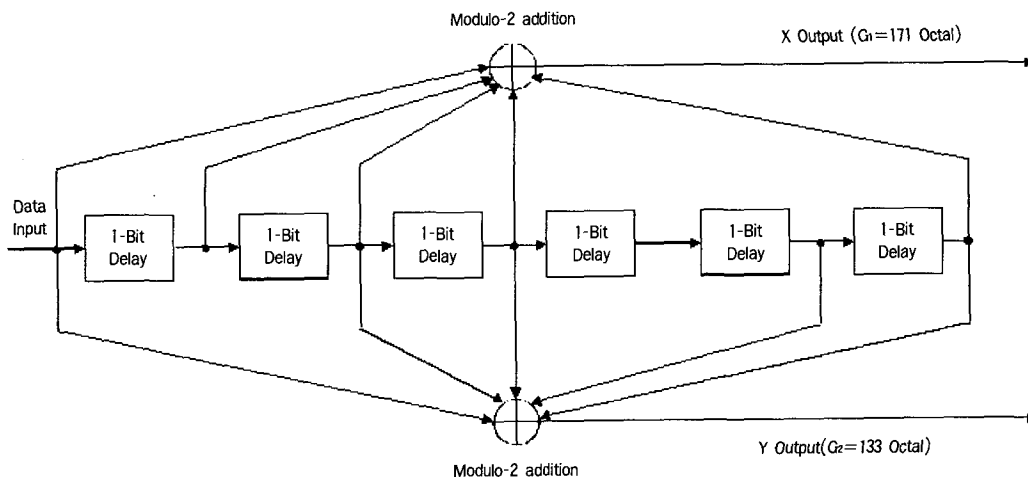


그림 7. 1/2 비율을 가진 콘볼루셔널 부호화기



표 2. 코드율과 관련된 puncturing 패턴

Code Rates $r$	Puncturing pattern	Transmitted sequence (after parallel-to-serial conversion)
1/2	X: 1 Y: 1	$X_1Y_2$
2/3	X: 1 0 Y: 1 1	$X_1Y_2Y_2$
3/4	X: 1 0 1 Y: 1 1 0	$X_1Y_1Y_2X_3$
5/6	X: 1 0 1 0 1 Y: 1 1 0 1 0	$X_1Y_1Y_2X_3Y_4X_5$
7/8	X: 1 0 0 0 1 0 1 Y: 1 1 1 1 0 1 0	$X_1Y_1Y_2X_3Y_4X_5Y_6X_7$

기의 복잡도를 피하기 위해서 원천 부호화에서는 계층적 부호화를 하지 않는다.

#### 4) 신호성상도(Signal constellation)와 매핑(Mapper)

하나의 프레임 내에 존재하는 모든 데이터 반송파들은 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying), 16 QAM, 64 QAM, non-uniform 16 QAM 또는 non-uniform 64 QAM 중의 하나로 매핑되어 있는데 모두 그레이 매핑(gray mapping)을 사용한다. QAM 매핑은 실제 벡터 매핑이다. 각 프레임에 존재하는 실수 성분 I와 허수 성분 Q 정보는 입력 주소로서 사용된다. 이러한 수학적 어드레싱(addressing)의 결과는 디지털 형태로 표현되는 데이터 신호로써 부호화된 프레임의 진폭과 위상 정보를 나타낸다. Non-uniform 형태의 매핑은 두 가지 규격이 있는데 ( $\alpha=2$ 인 경우, 신호성상도에서 볼 때 신호 매핑 점이 non-uniform 16 QAM은  $\{\pm 2, \pm 4\}$ 이고 non-uniform 64 QAM은  $\{\pm 2, \pm 4, \pm 6, \pm 8\}$ 이다. 그리고 ( $\alpha=4$ 인 경우에는 각각  $\{\pm 4, \pm 6, \pm 8, \pm 10\}$ 이다.

#### 5) OFDM 프레임 구조

매핑을 통해 매핑된 신호는 실질적인 OFDM 전송을 위해서 프레임 구조로 재형성된다. 하나의 프레임은 68개의 OFDM 심볼로 구성되며 4개의 프레임이 하나의 수퍼 프레임을 구성한다. 그리고 하나의 OFDM 심볼은 2k 모드에서 1705개의 부반송파로 이루어져 있고,

8k 모드에서는 6817개의 부반송파로 구성되어 있다. OFDM 전송방식을 사용하는 DVB-T 시스템은 위의 두 가지 모드를 모두 사용하는데, 2k 모드는 단일 송신기를 사용하는 시스템이나 다수의 소출력 송신기로 단일 주파수 망(SFN)을 구성하기에 적합하고 8k 모드는 단일 송신기를 사용하는 시스템이나 다수의 고출력 송신기로 SFN을 구성하기에 적합하다. 전송 채널을 통해 전송되기 직전의 심볼 주기를  $T_s$ 라고 할 때,  $T_s$ 는 유효 심볼 구간  $T_u$ 와 보호 구간  $T_g$ 로 구성된다. 보호 구간은 유효 심볼 구간의 뒷단을 해당 유효 심볼의 앞단으로 반복적 삽입을 통해 구현하는데, 그 길이는 요구되는 데이터 전송율과 채널의 상태에 따라 유효 심볼 구간의 1/4, 1/8, 1/16, 또는 1/32 중에 하나로 선택되어질 수 있다. 표 3은 2k 모드와 8k 모드에 대한 OFDM 프레임 파라미터를 보여주고 있다.

모든 OFDM 심볼은 실제 전송되어야 할 정보 데이터와 수신단이 참조할 신호(reference signal)로 구성되어 있다. 즉 한 심볼내에 존재하는 다수의 부반송파 중의 특정 위치에 특정한 값으로 송수신단이 약속한 규정으로 참조 신호를 보내는 것이다. DVB-T 시스템에서는 분산형 파일럿, 연속형 파일럿을 비롯한 TPS(Transmission Parameter Signalling) 신호 등, 세 가지 참조 신호를 프레임 구조에 삽입하여 전송한다. 특히 분산형 파일럿 신호와 연속형 파일럿 신호의 정보는 프레임 동기, 반송파 주파수 오프셋 추정, 채널 추정 등에 유용한 정보를 제공한다. 분산형 파일럿과 연속형 파일럿은 정보 전달을 책임지는 정보 데이터보다 높은 전력 레벨(boosted power level)을 가지고 있다.

표 3. 2k 모드와 8k 모드에 대한 OFDM 프레임 및 시스템 파라미터

Parameter	2k mode	8k mode
채널 대역폭	8 MHz	8 MHz
유효 채널 대역폭	7.61 MHz	7.61 MHz
전체 부반송파 개수(N)	1705	6817
연속형 파일럿 부반송파 개수	45	177
TPS 부반송파 개수	17	68
유효 심볼 구간(Tu)	224 $\mu$ sec	896 $\mu$ sec
부반송파 간격(1/Tu)	4464 Hz	1116 Hz
프레임내의 심볼 개수	68	8
심볼당 비트수	2 (QPSK), 4 (16 QAM), 6 (64 QAM)	
콘볼루셔널 부호화	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	
Reed-Solomon FEC	T=8, RS(204,188)	
페이로드 데이터 속도	4.98 ~ 31.67 Mbps	
C/N Threshold	3.1 ~ 22.9 dB (Under AWGN)	

분산형 파일럿의 삽입 위치는 4개의 심볼 단위로 그 위치가 다르다. 하나의 심볼 내에서는 12개의 부반송파 간격으로 등간격을 유지하여 삽입된다. 연속형 파일럿의 특징은 모든 심볼에 대해 항상 정해진 위치에만 삽입되어 있다는 것이다. 2k 모드에서는 총 1705개의 부반송파중에 45개의 연속형 파일럿이 삽입되며 8k 모드에서는 총 6817개의 부반송파중에 177개가 삽입되어 있다. TPS 부반송파는 전송 구조와 관련된 파라미터를 알리는데 사용된다. TPS 신호는 하나의 프레임에서 68개의 연속적인 심볼에 걸쳐 고려되어야 하며

DBPSK로 변조되고, 전송되는 값의 크기는 일반 정보 데이터와 같은 전력 레벨을 갖는다. TPS 신호는 분산형 파일럿이나 연속형 파일럿과 겹치는 경우가 없으며 2k 모드에서는 17개의 TPS 부반송파가 있고 8k 모드에서는 68개의 TPS 부반송파가 있다.

### 3. DAVIC유선 케이블 전송 표준안 [6]

DAVIC 표준에 의하면 단방향 케이블 물리계층은 54~1000 MHz대역에서 QAM 방식을 사용하고 양방향

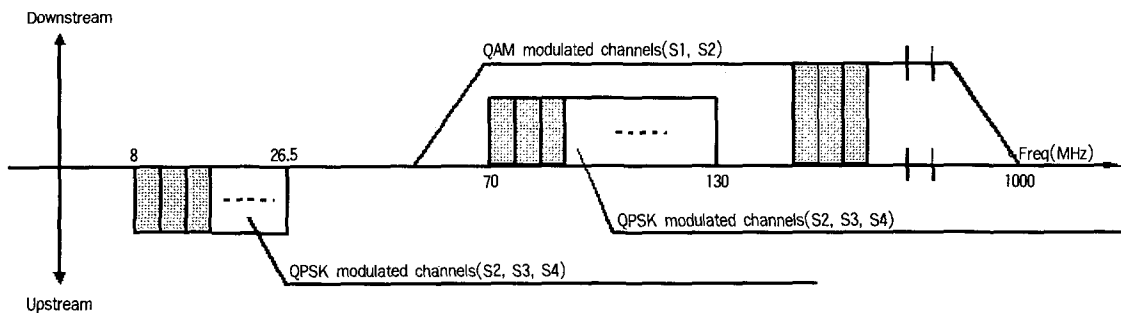


그림 8. 단일 케이블상에서의 단방향과 양방향 통과대역 물리계층의 통합된 스펙트럼 할당

케이블 물리계층의 경우 양방향 QPSK 링크라 하는데 상향은 8~26.5 MHz 대역에서 QPSK 방식을 하향의 경우는 70~130 MHz 대역에서 QPSK 방식을 사용하고 있다. 이 두가지를 혼합하여 사용하여 할 수 있는데 이때의 통합된 스펙트럼이 그림 8이다.

준인 디지털 케이블용 DVB-C 와 같은 규격인데 54~1000 MHz 대역을 사용하며 채널 간격은 6 MHz 또는 8 MHz 이다. 변조방식은 A등급이 16 QAM과 64 QAM, B 등급은 16 QAM과 64 QAM, 256 QAM 의 세가지가 가능하며 스펙트럼 성형을 위해 쓰이는 상승 코사인 필터의 롤 오프 팩터(())는 6 MHz 대역에서는 0.13, 8 MHz 대역에서는 0.15를 사용한다. 송신기의 입력 신호는 DVB-T와 같이 188 바이트의

- 1) 단방향 물리계층  
단방향 케이블 물리계층은 DVB 표준 중 케이블 표

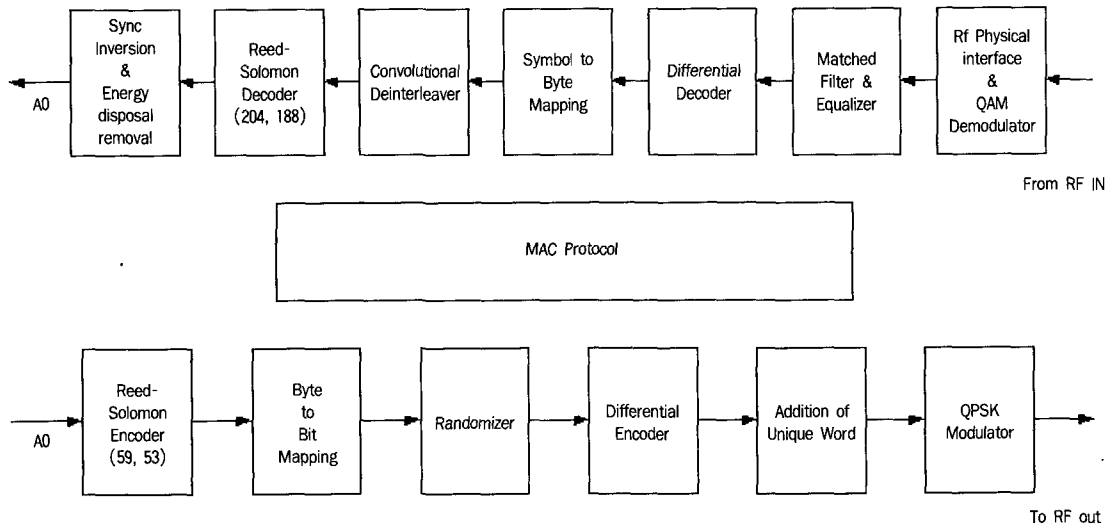


그림 9. NIU/STB In Band 송수신기 개념 블록도

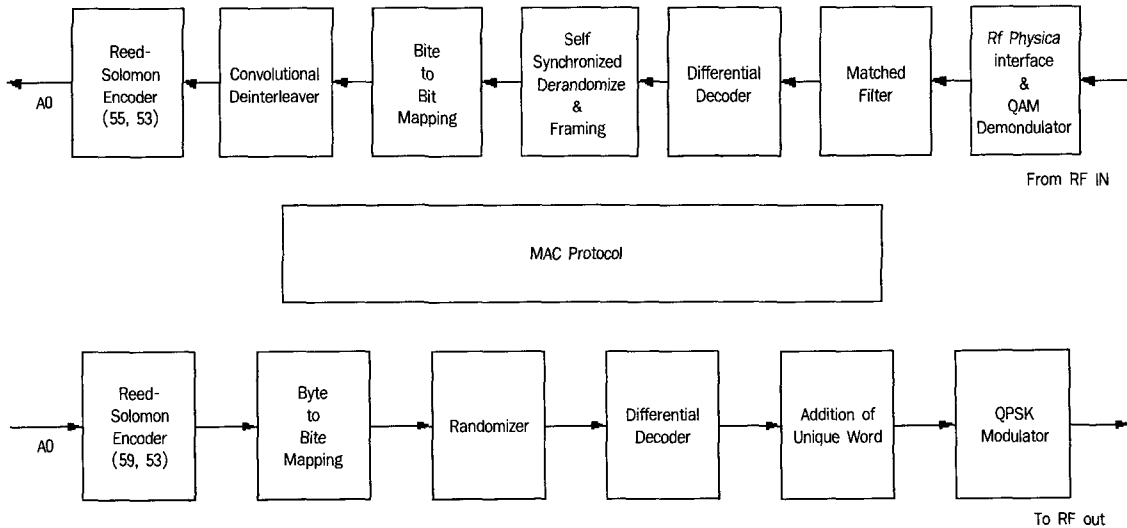


그림 10. NIU/STB Out of Band 송수신기 개념 블록도

MPEG2-TS이며 랜덤화기와 RS 부호화 RS(204,188), 콘볼루션 인터리빙도 DVB-T와 같다. 단 여기서 콘볼루션 부호화는 사용하지 않는다.

2) 양방향 물리 계층

양방향 링크의 경우 다음의 두가지로 양방향성이 형성될 수 있다. 하나는 그림 9에서 보는 바와 같이 상향 QPSK와 하향은 대역 내(In-Band)의 QAM 방식을 사용하는 것이고 다른 하나는 그림 10과 같이 상향은 같은 QPSK를 사용하며 하향은 70~130 MHz 대역(Out-Of-Band)의 QPSK 방식을 사용하는 것이다.

(1) 상향 채널 전송 표준

상향의 경우 상향 정보S2를 전송하기 위해 DQPSK 변조방식과 TDMA 방식을 사용한다. 상향 채널에서의 DQPSK 변조방식의 경우 Grade A는 256 kbit/s, Grade B는 1.544 Mbit/s, Grade C는 3.088 Mbit/s의 전송율을 사용하고 변조 방식으로 사용하는 차등 부호화된 QPSK(DQPSK)의 경우 각각의 두 비트가 하나의 QPSK 심볼은 생성한다. 각 비트쌍 내에서 MSB는 'A'라 하고 LSB를 'B'라 했을 때 (A, B)가 (0, 0)이면 위상의 변화가 없고 (0, 1)이면 +90도의 위상 변화, (1, 1)이면 180도의 위상 변화, (1, 0)이면 -90도의 위상 변화를 만들어준다. 송신필터는 Grade A, B, C 모두에 대하여  $\alpha = 0.30$ 인 스퀘어 루트 상승 코사인 필터를 사용한다. 상향 타임 슬롯의 버스트 패킷에는 두가지 종류의 페이로드가 있다. 하나는 하나의 타임 슬롯에 하나의 ATM 셀을 전송하는 구조인데 그림 11과 같고 다른 하나는 MAC(Media Access Control) 메시지를 전송할 수 있는 미니 슬롯(mini slot)을 전송하는 것이다. 미니 슬롯의 경우 4바이트의 고유 단어(Unique Word)와 1바이트의 시작 필드(Start Field), 13바이트의 미니 슬롯 페이로드, 2바이트의 RS 페이로드, 그리고 1바이트의 보호 밴드를 포함 총 21 바이트로 이루어져 있다. ATM 전송시 그림 11에서 보는 바와 같이 버스트 모드 획득 방법을 제공하는 4바이트의

고유 단어, 53바이트의 페이로드, 6바이트의 RS 페리티 필드, 그리고 1바이트의 보호 밴드로 구성되어 있다. RS 부호화는 상향 데이터 랜덤화하기 전 ATM 셀에 적용되며  $t = 3$  RS (59,53)의 구조로 되어 있으며 다음과 같은 생성 다항식을 갖는다.

부호 생성 다항식 :  $g(X) = (X+u^0)(X+u^1)(X+u^2)...(X+u^5)$ ,

여기서  $u = 02Hex$

필드 생성 다항식 :  $p(X) = X^8 + X^4 + X^3 + X^2 + 1$

고유 단어는 4 바이트로 이루어지고 ATM 전송시 "CC CC CC 0D"Hex이고 미니 슬롯 전송시는 "CC CC CC 0E"Hex이다. 랜덤화기는 53 바이트의 페이로드 영역과 6 FEC 바이트에만 적용되며 생성 다항식은  $x^6 + x^5 + 1$ 이다.

(2) 하향 채널 전송 표준

그림 9의 윗 그림과 같은 하향 채널의 경우 변조방식으로는 DQPSK를 사용하며 전송 속도가 Grade A는 1.544 Mbps, Grade B가 3.088 Mbps이다. 송신필터는  $\alpha = 0.3$ 인 스퀘어 루트 상승 코사인 필터를 사용한다. 채널 간격은 A등급의 경우 1 MHz이고 B 등급의 경우는 2 MHz이다. DQPSK 방식과 랜덤화기 방식은 상향 채널 표준과 동일하고 신호 링크용 확장 수퍼 프레임(SL-ESF: Signaling-Link Extended Super Frame)은 24개의 프레임으로 구성되어 있으며 하나의 프레임은 193 비트로 구성되어 있다. 프레임의 페이로드에는 RS (55, 53)의 채널 코딩이 되어 있고 이때 부호 발생 함수  $g(X) = (X+u^0)(X+u^1)$ , ( $u^0 = 02 Hex$ )이며 필드 발생 함수는  $p(X) = X^8 + X^4 + X^3 + X^2 + 1$ 이다.

4. MCNS 유선 케이블 전송 표준 <sup>[7.8]</sup>

MCNS 표준은 ITU-T 권고안 J.83 Annex B로 국

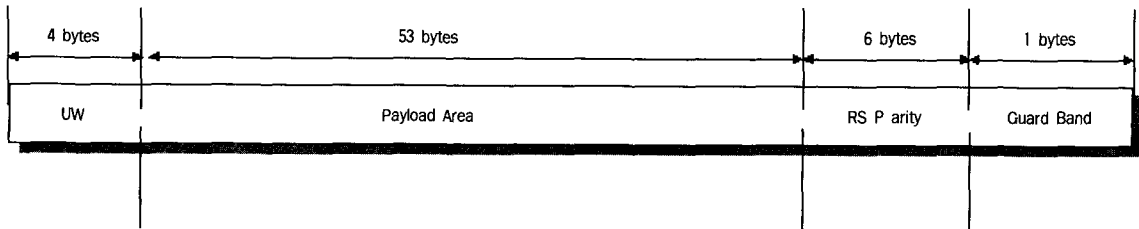


그림 11. ATM 전송을 위한 상향 타임 슬롯 구조

제 표준이 되어 있는데 그 규격을 살펴보면 다음과 같다.

1) 하향 채널 전송 표준

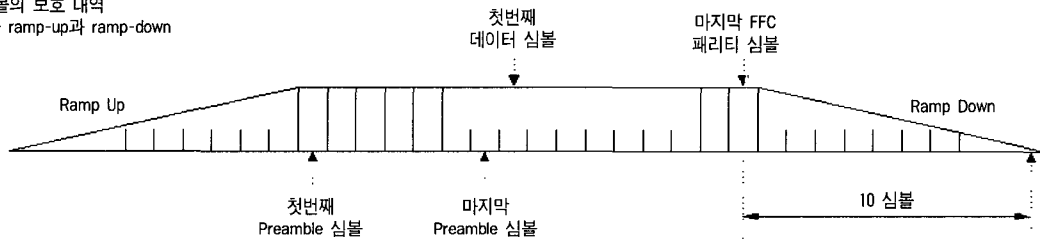
하향 채널의 경우 91 MHz~857 MHz를 중심 주파수로 해서 채널 간격이 6 MHz이며 64 QAM와 256 QAM 변조 방식을 사용하며 64 QAM의 전송율은 5,056941 Msymbols/sec, 256 QAM의 전송율은 5,360537 Msymbols/sec이다. 송신 필터는 64 QAM에서  $\alpha=0.18$ , 256 QAM에서  $\alpha=0.12$ 인 스퀘어 루트 상승 코사인 필터를 사용한다. 외부 에러 정정 코드로써 RS 부호 RS(128,122)를 사용하는데 이때의 부호 생성 다항식은  $g(X)=(X+u^1)(X+u^2)(X+u^3)(X+u^4)(X+u^5)$ , ( $u=02Hex$ )이고 필드 생성 다항식은  $p(X)=X^7+X^3+1$ 이다. RS 부호화된 패킷은 군집오류를 정정하기 위해 콘볼루션 인터리빙을 실행하는데 인터리빙의 길이는  $I=128$ 다. 콘볼루션 인터리빙된 데이터는 랜덤화기를 거치는데 랜덤화기에서 사용되는 PRBS 발생기의 다항식은  $X^3+X+\mu^3$ 와 같으며 이 값은 매 FEC 프레임 헤더 심볼마다 다시 초기화된다. 랜덤화기의 출력은 트렐리스 부호화기를 거치는데 이때 콘볼루션 코드는  $K=5$ 이고  $Rate=1/2$ 인데 4/5

Puncturing을 하여 전반적인 비율이 14/15이다. 위와 같이 변조된 신호는 수신단에서  $10^{-8}$  BER을 얻기 위해 64 QAM은 23.5 dB, 256 QAM은 30 dB 이상의 캐리어 대 노이즈 비가 요구된다.

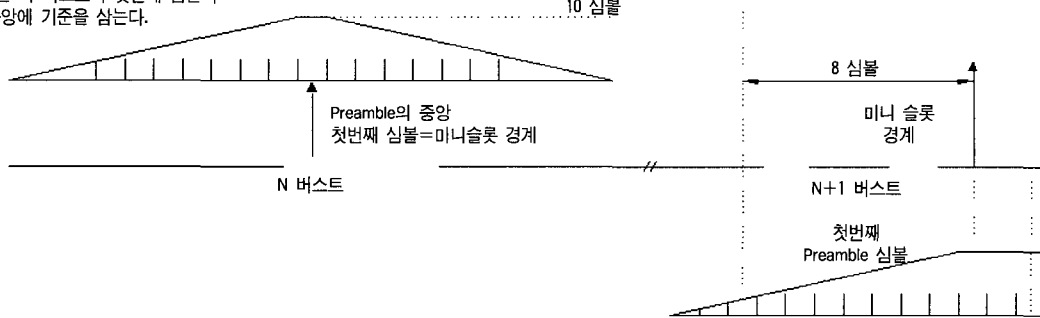
2) 상향 채널 전송 표준

상향 링크의 물리계층은 5~42 MHz 대역을 사용하는데 FDMA/TDMA 버스트 변조포맷이며 160, 320, 640, 1280, 2560 ksymbols/sec의 다섯가지 심볼율과 QPSK와 16 QAM의 두가지 변조 방식을 사용할 수 있다. 각 변조 포맷은 대역 효율성을 위한 펄스 성형 방식과 반송 주파수의 가변성, 그리고 출력 전력의 선택성을 포함하는 한편 각 변조 버스트는 가변 길이를 갖고, 6.25  $\mu s$ 의 정수배 간격으로 배치되는 미니 슬롯의 경계를 기준으로 한 정확한 시간 제어에 의해 버스트 전송이 수행된다. QPSK의 경우 심볼 맵핑은 1 사분면이 "11", 2 사분면이 "01", 3 사분면이 "00", 4 사분면이 "10"이며 16 QAM의 경우 그레이 부호화된 심볼 맵핑과 차등 부호화 맵핑 두 가지가 있다. 상향 링크의 물리 부계층은  $\alpha=0.25$ 인 스퀘어 루트 상승 코사인 필터를 사용한다. 상향 변조기의 순방향 오류 정정 부호는 선택적으로 GF(256)에서  $t=1\sim 10$ 인 RS 부호를 사용

- A) 일반적인 버스트 프로파일(no timing errors):  
8개 심볼의 보호 대역  
10 심볼 ramp-up과 ramp-down



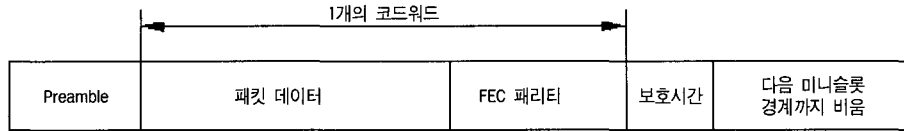
- B) 타이밍은 각 버스트의 첫번째 심볼의 심볼 중앙에 기준을 삼는다.



주의: 두개의 버스트를 하나의 송신기에 할당할 경우라도 한 버스트의 Ramp down은 다음에 오는 Ramp up과 중첩될 수 있다.

그림 12. 일반적인 버스트 타이밍

예 1. 패킷 길이=코드워드에서 정보 바이트의 수= $k$



예 2. 패킷 길이= $k + k'$  두번째 코드워드에서의 잔여 정보 바이트 수= $k + k' \leq k + k' \leq 2k$

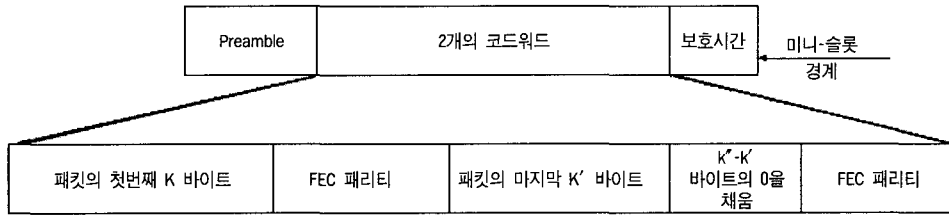


그림 13. 가변적인 버스트 길이에 따른 프레임 구조의 (예)

하거나 또는 순방향 오류정정 부호를 적용하지 않을 수 있으며 코드워드 크기는 최소 18 바이트이고 최대 255 바이트이다. 이때 오류 정정 가능한 바이트의 값  $t$  는 AIU(Air Interface Unit)으로부터 주기적으로 전송 되는 상향 링크 채널 서술자(UCD:Upstream Channel Descriptor)를 통해 통보된다. 상향 변조기의 스크램블러는 각 버스트의 시작에서는 레지스터가 초기화되고 초기값이 인입되며 스크램블러의 초기값은 AIU의 상향 링크 채널 서술자를 통해 통보된다. 스크램블러의 생성 다항식은  $X^{15}+X^{14}+1$ 로 주어진다. RS 부호화된 데이터는 랜덤화기를 거친 후 가변 길이의 프리앰블 필드가 추가된다. 프리앰블 패킷의 첫번째 비트는 심볼 사상의 첫번째 입력 비트이며, 버스트의 첫번째 심볼의 I에 해당한다. 프리앰블 패킷의 첫번째 비트는 규정된 프리앰블 값 오프셋(preamble value offset)에 의해 결정된다. 추가되는 프리앰블의 값은 프로그램화 할 수 있어야 하고, 그 길이는 0, 2, 4, ... 또는 1024 비트이다. 따라서 프리앰블의 최대 길이는 512개의 QPSK 심볼 또는 256개의 16 QAM 심볼이 된다. 프리앰블의 길이와 그 값은 AIU의 상향 링크 채널 서술자 (UCD)를 통해서 통보된다. 상향에서의 버스트 타이밍 변환을 살펴보면 일반적인 버스트 타이밍의 형태를 그림 12와 같이 도식화 할 수 있다.  $R_s$  심볼 전송률에서, 심볼은 매  $T_s=1/R_s$  초의 속도로 나타나며 Ramp up과 Ramp down은 시간 영역에서 심볼 성형 필터에 기인한  $T_s$ 구간 이상의 심볼 확산을 나타낸다. 단지 하나의 심볼이 전송된 경우라면, 그 구간은  $T_s$ 보다 긴 성형 필터의 임펄스 응답에 기인하여  $T_s$ 보다 더 길어진다고

볼 수 있으며 또한 버스트 전송의 첫번째와 마지막 심볼의 확산은  $N$ 이 버스트 내의 심볼의 숫자를 나타낼 때, 결과적으로  $N \times T_s$ 보다 긴 버스트 구간으로 확장 된다.

프레임 구조는 그림 13에서 보는 바와 같이 코드워드가 패킷의 길이와 동일한지 또는 패킷의 길이가 2개의 코드워드로 주어지는지에 따라 두 가지 형태로 주어진다. 첫번째 방식은  $k$  바이트의 패킷 길이와 코드워드의 길이가 동일한 고정 길이 코드워드 방식(Fixed Codeword-length Mode)며 두번째 방식은 패킷의 길이가  $(k+k')$  바이트인 경우 (즉, 현재의 버스트 길이로 패킷을 수용할 수 없을 경우), 현재 버스트의 코드워드로 전송하고 남은 나머지  $k'$  바이트를 길이가  $k''$  바이트인 연속된 버스트의 코드워드에서 전송한다. 이때  $k'' > k'$  이므로 이전 버스트에서 남은  $k'$  바이트 패킷 정보에 대해 두번째 버스트에서는 단축된 코드워드를 사용하게 되므로 이를 마지막 단축 코드워드 방식(Shortened Last Codeword Mode)이라 한다. 이때  $k''$  바이트 길이의 코드워드에  $k'$  바이트를 채우고, 남은  $(k''-k')$  바이트에 0을 채운다.

5. MMDS 무선 케이블 전송 표준 <sup>[6]</sup>

1) 하향 채널 전송 표준

현재 MMDS의 서비스 방향은 단방향으로 규정으로 양방향성이 가능하도록 추진중이며 DAVIC에 양방향 MMDS 표준이 있다. 채널 대역폭은 6 MHz와 8 MHz, 서비스 반경은 약 40 km로 되어있으며 채널 코딩은

RS 부호, 컨볼루셔널 인터리버, TCM 코딩으로 이루어져 있다. 먼저 변조 형식에 대해 살펴보면 Grade A는 16 QAM와 64 QAM, Grade B는 16 QAM와 64 QAM/TCM, Grade C는 16 QAM와 64 QAM, 256 QAM/TCM 변조 방식을 사용하며 채널 대역폭 6 MHz에서의 심볼 전송율은 5~5,304 Msymbols/sec, 8 MHz에서의 심볼 전송율은 6~6,952 Msymbols/sec를 지원한다. 각 심볼의 MSB는  $\pi/2$  rotation-invariant QAM 성상도를 얻기 위해 차등 부호화 코딩을 행한다. 송신 필터는 채널 대역폭 6 MHz에서  $\alpha=0.13$ , 8 MHz에서  $\alpha=0.15$ 인 스퀘어 루트 상승 코사인 필터를 사용한다. 송신기의 프레임 구조는 188 바이트씩 되어 있는데 첫번째 바이트는 동기 바이트(47Hex)이다. ATM 셀을 전송할 경우에는 두개의 188 바이트 패킷에 7개의 ATM 셀을 실어 보낼 수 있다. 전송 패킷 출력의 데이터는 랜덤화기, RS 인코더 RS (204,188), 컨볼루셔널 인터리버를 거치는데 이제 블록의 규격은 DVB-T와 동일한 방식이다. 인터리버는 1개의 브랜치로 구성되며 주기적으로 입력 스위치에 의해 입력 바이트-스트림에 연결되며 변조 방식에 따라 16 QAM과 64 QAM에서는 I=12, 256 QAM에서는 I=204를 사용하며 입출력 스위치는 동기가 이루어져야 한다. TCM 방식은 ITU-T v.34의 방식을 사용하여 이는 rate=2/3의 컨볼루셔널 부호화를 기본으로 사용한다.

2) 상향 채널 전송 표준

상향 채널의 경우 변조방식은 등급 A와 B는 DQPSK, 등급 C는 16 QAM을 사용하여 룰 오프 팩터

$\alpha=0.3$ 이다. 프레임 구조는 QPSK의 경우 프리앰블 4 바이트, ATM 셀 53 바이트, RS 패리티 10 바이트, 1 바이트의 보호밴드 포함 총 68 바이트가 하나의 슬롯이 되고 16 QAM의 경우는 프리앰블이 8 바이트, RS 패리티가 14 바이트, 보호밴드가 15 바이트이어서 총 76.5 바이트가 하나의 슬롯이다.  $X^6+X^5+1$ 발생함수의 랜덤화기와 RS 부호화를 사용한다.

6. DAVIC LMDS 전송 표준안 <sup>[6, 9]</sup>

LMDS는 24~30 GHz 대역을 사용하는데 나라마다 사용 주파수 대역이 조금씩 다르다. LMDS는 특성상 통신 사업자가 고유의 규격을 채택해 서비스를 제공할 수 있으나 DAVIC 규격이 잘 정리되어 있으므로 여기서는 DAVIC 규격에 대해 논하기로 한다. DAVIC에서는 쌍방향성이 가능하고 중간 주파수 대역을 정의하고 있는데 상향은 400~700 MHz, 하향은 950~2050 MHz이다. LMDS는 ATM 망과의 연동을 위해 무선 구간에서의 데이터 프레임은 상향의 경우 ATM 셀 기반으로 되어 있고 하향의 경우는 MPEG2-TS 포맷으로 보낼 수도 있고 여기에 ATM 셀을 실어서 보낼 수도 있다.

1) 하향 채널 전송 표준

하향 변조기의 입력은 DAVIC 14 규격에 의하면 MPEG2-TS 패킷의 크기에 맞추어서 구성된 DAVIC 전송 프레임으로 되어 있다. ATM 데이터를 전송할 경우에는 ATM 셀을 DAVIC 전송 프레임으로 변환하여 보내야 한다. ATM 스트림은 연결식별과 헤더오류 제어어를 포함하고 있는 5바이트 헤더와 48바이트 페

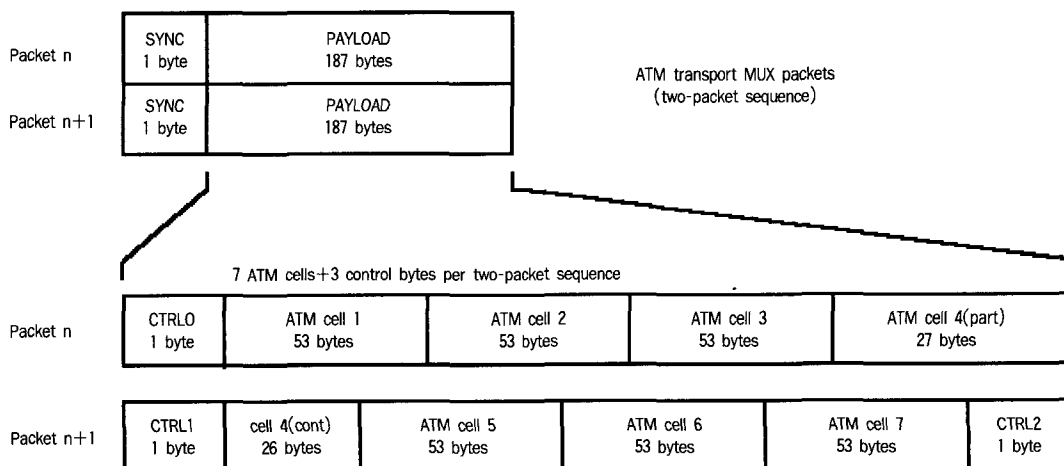


그림 14. 하향 스트림의 ATM 셀의 매핑 구조

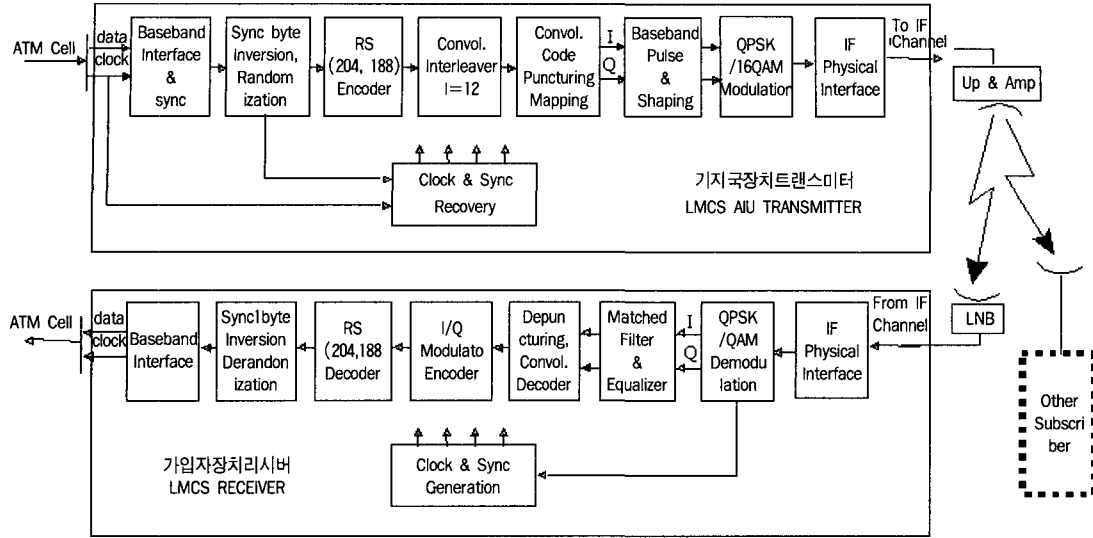


그림15. LMDS 하향 변복조 구성도

이로므로 이루어진 총 53바이트를 갖는 패킷으로 구성되어 있다 따라서 ATM 스트림을 전송하기 위해서는 2개의 MPEG2-TS 전송 프레임 구조에 다음 그림 14와 같이 7개의 ATM 셀을 매핑하여 전송하여야 한다.

데이터 프레임은 여러 개의 타임 슬롯으로 구성되는데 여기서 타임 슬롯은 하나의 ATM셀을 의미한다. 타임 슬롯의 개수는 사용되는 주파수 대역폭 및 변조 방식에 의해 다르게 정해지며 슬롯은 MAC 메시지에 의해 دينام직하게 조정된다. 하향 스트림에 대한 트랜시버의 구성도는 그림15와 같다.

이 구조는 다음과 같은 기능을 수행한다. 베이스밴드 접속 블럭은 ATM 셀 형태로 들어오는 데이터를 그림14와 같이 7개의 ATM 셀을 2개의 188 바이트 무선 전송 패킷 구조로 변환한다. 랜덤화기는 188바이트 패킷 중 8개 마다 한 개씩 동기 바이트를 반전시켜 주고, 전송 시 스펙트럼을 균일하게 하고 수신기의 주파수 복원, 타이밍 복원, 채널 등화기 알고리즘이 제대로 수행할 수 있도록 데이터 스트림을 랜덤화한다. RS 부호화는 에러 방지 패킷을 생성하기 위해 랜덤화된 전송 패킷에 RS(204,188) 코드를 적용하는데 이는 수신기에서 204 바이트 중 8 바이트까지 에러가 생겨도 보정할 수 있게 하여 준다. 콘볼루셔널 인터리빙은  $I=12/M=17$ 을 갖는 콘볼루셔널 인터리빙을 수행하는데 동기 바이트의 주기는 변하지 않도록 한다. 이 인터리빙은 수신기에서 균집 에러가 생겼을 때 균집 에러를 분산시켜 에러 정정 능력을 높이는 역할을 한다. 콘볼루셔널 부호화는 제한길이  $K=7$ 을 갖는 비율이  $1/2$

인 콘볼루셔널 부호에 기초를 둔 여러 범위의 punctured 콘볼루셔널 부호이다. 이는 코드 비가  $1/2, 2/3, 3/4, 5/6$  과  $7/8$ 을 갖는 콘볼루셔널 부호화를 허용한다. 비율이  $2/3, 3/4, 5/6$  과  $7/8$ 인 것은 비율이  $1/2$  콘볼루셔널 인코더 출력 비트 중 일부를 전송함으로써 만들어진다. 콘볼루셔널 부호화는 QPSK에만 적용된다. 베이스밴드 펄스 세이핑에서는 I와 Q신호에  $\alpha=0.2$  또는  $\alpha=0.35$  인 스퀘어 루트 상승 코사인 필터링을 행한다. 변조 블럭은 QPSK 변조 또는 16 QAM 변조를 하여 IF 접속 블럭을 통하여 QPSK/16 QAM 변조된 IF 신호가 출력된다.

IF 신호는 상향 주파수 변환기(up converter)와 증폭기를 거쳐 안테나를 통해 25.5~27.5 GHz 대의 전파로 방사된다. 가입자 장치 리시버는 위의 변조 과정에서 설명한 기능을 역으로 행하는데 최종 출력은 ATM 셀이 된다.

2) 상향 채널 전송 표준

상향스트림의 변조기의 입력 데이터의 구조와 전송 프레임의 구조는 그림 16과 같다. 이는 53 바이트의 하나의 ATM 셀을 받아들여 프리앰블을 4 바이트 붙이

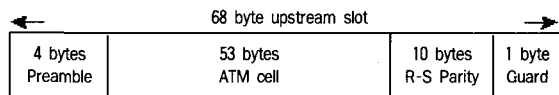


그림16. 상향 스트림 슬롯 구조



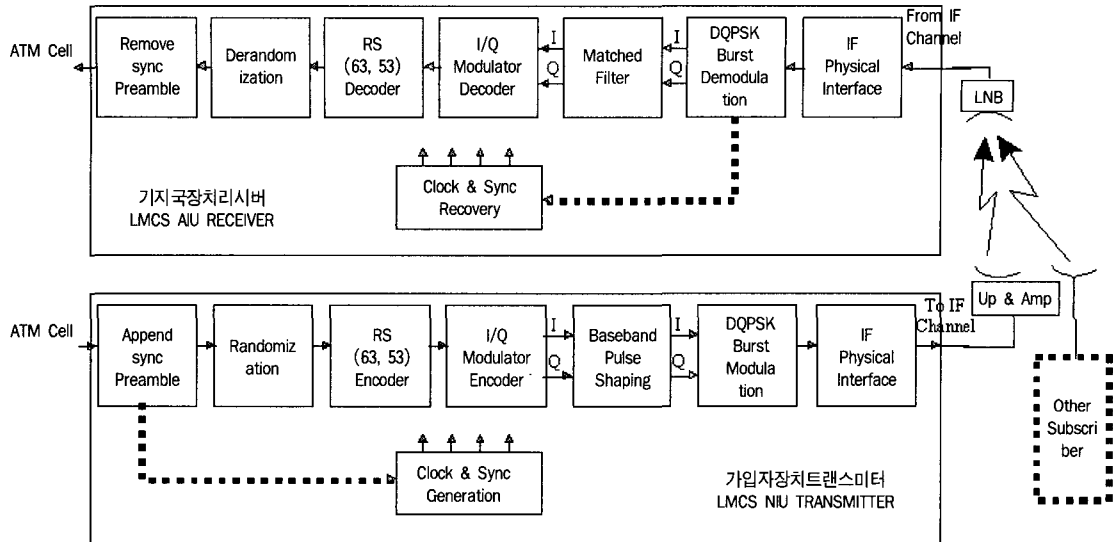


그림 17. LMDS 상향 스트림 트랜시버의 구조

고 RS 패러티 10 바이트와 동기를 위한 1 바이트의 보호구간을 합하여 총 전송 프레임은 68 바이트가 된다.

상향 스트림에 대한 트랜시버의 구성도는 그림17과 같다

입력된 상향 스트림 ATM 셀은 랜덤화기에서 무선 구간 전송 시 스펙트럼을 균일하게 하기 위해 랜덤화되고, 랜덤화된 ATM 셀은 순방향 에러 정정을 위해 5바이트 에러 정정을 갖는 RS (63,53)부호에 의해 에러 정정 부호화 된다. 부호화된 패킷은 DQPSK변조되기 위해 I/Q 베이스밴드 펄스로 맵핑된다. 베이스밴드 변조 펄스는  $\alpha=0.3$ 의 초과 대역폭을 갖는 루트 상승 코사인 필터링되고 그 패킷 데이터는 할당된 슬롯속으로 상향 스트림의 RF 파형으로 버스트 변조된다. 기지국장치 리시버는 신호를 받아들여 위의 변조 과정에서 수행한 기능을 역으로 행하여 신호를 복조한다. RS 부호화는 랜덤화된 ATM 셀에 적용되며 생성 다항식은 다음과 같다.

부호 생성 다항식:  
 $g(X) = (X+u^0)(X+u^1)(X+u^2)...(X+u^9)$ ,  
 여기서  $u=02Hex$   
 필드 생성 다항식:  $p(X) = X^8 + X^4 + X^3 + X^2 + 1$

7. 광대역 무선 가입자망 (B-WLL) 표준안 <sup>[6-11]</sup>

광대역 무선 가입자망은 서비스 반경이 3~5 km인

통신시장의 새로운 가능성으로 인식돼왔다. 유선 전화에서 이동 전화로 넘어가면서 어느 정도 한계수요를 나타내었던 통신 장비 시장에 새로운 돌파구를 열어줄 발판이 B-WLL이다. B-WLL 장비 시장은 단순히 B-WLL 송신기 및 기지국 장비 시장에만 국한되지 않고 단말기 시장과 광송수신기 장비 시장까지 파급될 것으로 분석돼왔다. 특히 B-WLL이 신기술이라는 점을 감안 한다면 이의 조기 상용화는 국내 장비 업체들의 국제화에도 적지않은 기여를 할 수 있을 것으로 예상된다. 이와 같은 점 때문에 국내 통신 사업자들이나 장비 업체들은 B-WLL 기반 기술확보를 위한 독자적인 행보를 거듭하고 있다. B-WLL 장비 개발과 관련해 새로운 분기점을 마련해준 것이 국내 업체의 공동 개발 노력이다. 지난 상반기 한국통신과 하나로 통신은 초고속 가입자망 구축 대안의 하나인 B-WLL의 표준규격 및 장비 개발과 관련해 합의에 도달했다. 당초 개별적으로 진행해왔던 연구 개발 작업을 공동으로 추진하기 위한 "B-WLL 표준규격 공동 개발 협정"을 체결한 것이다. 이에 따라 양사는 우리 실정에 맞는 규격 제정을 통해 발빠른 산업화 및 조기 상용서비스를 추진한다는 방침 아래 지난해 한국 전자 통신 연구원(ETRI)에 개발자금을 출연하는 방식으로 B-WLL 표준규격 공동개발을 추진하게 된 것이다. 또한 한국 통신 기술협회(TTA)를 통해 잠정표준이 확정되면 올해 말까지는 무선국 간의 접속규격과 단말기의 제반기능을 포함한 단체표준이 확정될 예정이다. 표준화 범위는

표 4. 유무선 케이블 비교

	MCNS CABLE		DAVIC CABLE			DAVIC MMDS		DAVIC LMDS	
	Up	Down	Up	Down		Up	Down	Up	Down
				Bi	Uni				
Radio Freq.	5-42	91-857	8-26.5	70-130	54-1000	below 10 GHz	below 10 GHz	24.25-24.75GHz	25.5-27.5GHz
Useful Data rate(Bps)	320K-10M	27M or 36M	A:256Kbps B:1.544Mbps C:3.088Mbps	A:1.544Mbps B:3.088Mbps	-6MHz: 19~38M -8MHz: 25~50M		-6MHz: 17~36M -8MHz: 22~47M		
Symbol rate	160k, 320k, 640k, 1280k, 2560k	- 64QAM: 5.0569411M -256QAM: 5.360537M			6MHz:5-5.304M 8MHz:6-6.952M	0.77~20 M	-6MHz: 5~5.304M -8MHz: 6~6.952M	0.77~20 M	14.81-33.33M in 8kbaud Units
Modulation	(D)QPSK, 16QAM	64/256QAM	DQPSK	DQPSK	A:16/64QAM B:16/64/256QAM	AB: DQPSK C: 16QAM	A : 16/64QAM A+:16/64QAM/TCM B:16/64/256QAM /TCM	DQPSK	A:QPSK B:QPSK,16QAM
Roll-off factor	0.25	64QAM:0.18 256QAM:0.12	0.3	0.3	6MHz:0.13 8MHz:0.15	0.3	6MHz:0.13 8MHz:0.15	0.3	0.2 or 0.35
Channel spacing (Hz)	200k, 400k, 800k, 1600k, 3200k	6M	A:200K B:1M C:2M	A:1M B:2M	6M or 8M	A: 1-2.5M B,C: 1-26M	6M or 8M	A:1-2.5M B:1-26M	20~40 M
Channel coding	RS T = 0~10	RS (128,122) TCM 14/15	RS(59,53) or RS(15,13)	RS(55,53)	RS(204,188)	RS(63,53) RS(67,53)	RS(204,188) TCM	RS(63,53)	RS(204,188) Convolutional

B-WLL 기술의 2개 핵심 분야로 채널 대역폭, 변조방식, 다원접속, 대역폭 할당방식 등 무선 접속규격과 전화망, 인터넷망, B-ISDN망 등의 망 접속 규격이다. 이 같은 표준화 추진에 따라 유무선이 통합된 초고속 데이터통신의 급속한 보급이 가능해질 전망이다. B-WLL에 대한 주파수 허가가 이루어지고 국내외적으로 표준화 및 상업화가 활발하게 이루어짐에 따라 국내에서는 한국 통신 기술 협회(TTA)를 통해 광대역 무선 가입자망 시스템의 기지국 장치와 가입자 장치간의 무선 접속 규격을 규정하는 국내 표준 잠정안을 발표하였다. 이 규격은 국제 표준(권고)안인 DAVIC의 LMDS 부분과 MCNS의 RFI 사양을 근간으로 하여 1998년 12월에 작성되고 한국 정보통신 기술 협회 고정 무선 연구위원회에 의해 심의된 잠정 표준안이다.

먼저 DAVIC 표준(권고)에 대한 변경사항을 살펴보면 하향 채널에서의 변조형식 QPSK, 16 QAM를 만족하고 Grade C부분에 16 QAM를 추가하였으며 채널간격을 40 MHz로 변경하였다. IF 주파수 범위를 950~1550 MHz로 변경하였고 송신필터의  $\alpha=0.2$  하나로 제한시켰다. 다음으로 MCNS 규격에 대한 변경사항을 살펴보면 원래 MCNS가 유선 케이블의 규격인데 국내 B-WLL 무선 대역에 맞게 변경한 것이다. 하향 채널에서의 RF 주파수 대역을 25.5~26.7 GHz로 지정하였으며 하향 RF 채널 대역폭을 가변적으로 최대 40 MHz까지 허용하며 하향 변조방식을 QPSK, 16 QAM

변조 방식으로 제한하였다. 하향 IF 주파수는 950~1550 MHz로 상향 RF 주파수 대역은 24.25~24.75 GHz로 정하였으며 상향 RF 채널 대역폭은 가변적으로 최대 26 MHz 까지, FDMA에서는 최대 40 MHz까지 대역 제한을 주었다. 광대역 무선 가입자망의 경우 국제적으로는 IEEE 802.16에서 그 표준을 다루고 있는데 주요 사양중의 하나로 프레임 구조를 ATM 기반으로 할 것인지 IP 기반으로 할 것인지에 대한 토의가 격렬히 진행중이다. 수년전만해도 ATM 기반이 우세했으나 기가 비트 라우터, 테라 비트 라우터 등이 개발되고 인터넷 데이터가 폭발적으로 증가하면서 IP 기반의 구조를 주장하는 사업자들이 증가하고 있는 추세이다.

이제까지 살펴본 유무선 전송 표준안 및 권고안의 전송 방식의 주요 사양을 표로 정리한 것이 표 4이다.

#### IV. 맺는말

지금까지 디지털 지상파 TV와 유무선 케이블의 전송 표준에 대해 알아보았다. 지상파 DTV 전송 표준의 경우 미국의 8 VSB 방식과 유럽의 OFDM 방식으로 양분되어 있는데 이는 아날로그 방식에서부터 미국과 유럽의 방식이 서로 다르다는 방송 역사에 기인하여 서로 다른 표준이 제정되었다.

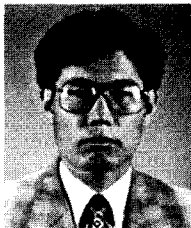
유무선 케이블의 경우 가전시장에서 텔레비전이 자유 공개 시장에서 판매되는 것과는 달리 서비스 사업자 또는 운용자가 가입자에게 단말기 또는 세트톱박스를 임대해 주는 형태로 운영이 되기 때문에 자기 사업 지역 안에서 고유의 표준을 정해서 사용해도 문제가 되지 않는다. 그렇기 때문에 여러 개의 방식이 존재할 수 있으나 대량 판매로 인한 제품 가격을 낮추기 위해 표준화를 통해 여러 사업자 또는 국가가 같은 표준을 사용하도록 유도하고 있다. 전송 미디어마다 그 미디어 특성에 맞게 변조 및 채널 부호화 표준이 다르게 제정되어 있으며 프레임 구조는 어떤 서비스를 제공할 것이냐에 따라 서로 다르게 제정되어 있다. 영상이나 오디오 서비스는 MPEG2-TS를 기반으로 하는 프레임 구조를 선택하고 통신 서비스의 경우도 ATM 기반이나 인터넷 기반이냐에 따라 그 구조에 알맞은 프레임 구조를 선택해야 한다. 특히 유무선 케이블의 경우 기존의 방송 서비스 뿐만이 아니고 데이터 서비스를 추가하기에 적합한 구조이고 대역폭이 넓고 쌍방향 구현이 용이하기 때문에 방송과 통신을 통합하기에 좋은 미디어이다.

지상파 TV가 사회에 미치는 영향 그리고 유무선 케이블에서의 방송(통신의 융합성을 고려할 때 지상파 TV와 유무선 케이블의 디지털화는 디지털시대로의 성숙에 중요한 전환점이 될 것이다.

## 참고문헌

- [1] 디지털 TV 기술 동향, 전자 부품 종합 기술 연구소, 제 24권, 1999.
- [2] 김대진, '8 VSB 송수신 시스템', 방송공학회지, June, 1997.
- [3] ATSC standard A/53, ATSC Digital Television Standard, 1995.
- [4] ATSC standard A/54, Guide to the use of the ATSC Digital Television Standard, 1995.
- [5] Digital Broadcasting System for Television, Sound and Data services; Framing structure, Channel coding and Modulation for Digital Terrestrial Television, ETSI standard ETS 300 744,ver.0,0,3, April 1996.
- [6] DAVIC 1.4 Specification Part 8 'Lower Layer Protocols and Physical Interface', Digital Audio-Visual Council, 1998.
- [7] Data Over Cable Service Interface Specifications, Cable Television Laboratories, 1998.
- [8] ITU-T J.83, 'Television and Sound Transmission', ITU, Oct. 1995.
- [9] 정보통신부 공고 제 1997-49호, '가입자 회선(WLL)용 주파수 분배', April, 1997.
- [10] 광대역 무선 가입자 망 무선 접속규격 잠정 표준, 한국 정보 통신 기술 협회, April, 1999.
- [11] 장해성, 장한식, 박순, '밀리미터파 대역 광대역 무선 전송 시스템', JCCI 논문집, April, 1999.

## 필자소개



김 대 진

- 1984. 2. 서울대학교 전자공학과 학사
- 1986. 2. 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
- 1991. 8. 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사
- 1991. 12. ~ 1993. 6. 미국 제니스사 선임연구원
- 1991. 7. ~ 1996. 12. LG전자 멀티미디어(연) 책임연구원
- 1997. 1. ~ 현재 전남대학교 전자공학과 조교수
- 주관심분야 : 멀티미디어 통신, 디지털 통신, 디지털 방송 송수신