

8 VSB 송수신 시스템

김대진

전남대학교 공과대학 전자공학과 조교수

I. 머리말

1996년 12월 24일 미국의 가전 업계, 컴퓨터 업계, 영화 업계가 비디오 포맷에 대하여 규격으로 정하지 않고 시장 논리에 맡기기로 합의를 봄으로서 미국 내에서 디지털 TV 표준에 대한 논의는 끝나고 FCC (Federal Communication Commission)가 ATSC (Advanced Television System Committee)에서 마련한 표준을 미국 표준으로 받아들였다. 그래서 1999년 본 방송을 목표로 준비를 하고 있으며 방송사, 장비 업체, 가전 업체가 디지털 지상 방송 시대를 맞이하기 위하여 분주히 움직이고 있다.

아날로그 TV 방송과는 달리 디지털 지상 방송은 신호에서부터 전송까지 모두 디지털화된 방송 시스템을 말한다. 방송 신호를 디지털로 전송했을 때의 장점을 정리하면 다음과 같다. 첫째 신호 감쇄가 적어서 화질 및 음질이 좋다. 아날로그의 경우 송신 안테나에 가까우면 화질이 좋고 거리가 멀면 멀수록 화질이 떨어지지만 디지털로 전송을 하면 수신 가능 지역 안에서는 화질의 열화가 없다. 그래서 압축 복원만 잘 된다면 스튜디오의 화질과 음질이 그대로 가정에 전송이 된다. 둘째 신호 녹화 재생시 화질의 열화가 없다. 디지털로 녹화하고 재생하기 때문에 여러 번 반복 녹화 재생해도 화질이나 음질의 열화가 전혀 없다. 셋째 전송 파워가 아날로그 경우보다 작아도 된다. 디지털의 경우 랜덤한 신호를 만들어서 보내기 때문에 전체적인 전송 파워가 조금 필요하다. 넷째 상호 간섭이 작다. 아날로그의 경우 주파수 영역에서 비디오 캐리어, 칼라 캐리어, 오디오 캐리어가 높은 에너지를 가지고 있어서 동일 채널이나 인접 채널에 간섭을 많이 주어 타부 채널을 두고 채널을 배정해야 한다. 그러나 디지털의 경우 신호가 시간상에서 랜덤하고 주파수 영역에서는 에너지가 주파수에 따라 골고루 분포해 있기 때문에 동일 채널 및 인접 채널에 간섭이 적어

아날로그의 타부 채널 상에 디지털 방송을 할 수 있고 전부 디지털로 할 경우에는 타부 채널을 두지 않아도 된다. 다섯째 멀티미디어 서비스가 가능하다. 방송이 디지털화 되면서 데이터와의 차이가 없어져 방송국에서도 데이터 서비스를 할 수 있다. 방송의 대역폭이 넓다는 것을 장점으로 많은 데이터를 방송 채널을 통해서 보내는 서비스를 할 수 있다. 실제 미국 디지털 TV의 규격을 보더라도 규격상으로 방송 채널상의 모든 데이터를 비디오 오디오가 없는 순수 100% 데이터만으로 송신할 수도 있도록 규정하고 있다.

이 글에서는 2장에서 먼저 이제까지의 미국 내에서의 규격화 현황 및 앞으로의 방송 일정, 그리고 캐나다 및 한국의 동향에 대하여 논의하고 3장에서는 미국 디지털 TV의 전송방식인 8 VSB (Vestigial Sideband Modulation) 시스템에 대하여 자세히 알아보고 4장에서 마무리하려 한다.

II. 8VSB 표준화 및 개발 동향

1. 미국의 디지털 TV 표준화 현황

하나의 공통적인 "국제 표준"을 제정하여 전 세계가 이를 따르는 것이 가장 이상적인 것으로 여겨지지만, 기존의 칼라 TV 등의 표준 방식을 결정시 각국들이 자국의 이익만을 앞세워 하나의 국제 표준으로 통일하지 못했던 것과 같은 이유로 하나의 디지털 지상 방송 국제 표준의 등장은 지금까지의 국제 동향을 볼 때 불가능한 것으로 판단된다. 따라서 각 나라마다 자국의 이익을 극대화하는 방향으로 독자 방식 또는 타국의 방식을 자국의 표준 방식으로 결정할 것으로 예상되며, 현재 국제적 흐름은 그 방향으로 나아가고 있다.

디지털 지상 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 규격이 되었고 모든 디지털 방송이 이를 따르고 있다. 오디오의 경우 MPEG2 Audio (ISO/IEC 13818-3)와 미국 Dolby 사의 5.1 Channel Dolby AC-3 규격 두 가지가 대표적인데 유럽에서는 MPEG2 Audio를 미국에서는 Dolby AC-3를 규격으로 사용하고 있다. 여기서 5.1 Channel이란 좌, 우, 중간, 서라운드 좌, 서라운드 우의 5개 채널과 우퍼의 0.1 채널을 말한다. 다중화 방식은 비디오 규격과 마찬가지로 미국 유럽 모두 MPEG2 System (ITU-T Rec. H. 222.0 | ISO/IEC 13818-1)을 규격으로 채택하고 있다.

전송 방식은 전세계적으로 2가지 방식이 주도하고 있는데, 미국의 8 VSB 방식과 유럽 DVB-T의 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식이다. 8 VSB 방식이 먼저 시제품이 만들어졌고 OFDM 방식이 DAB(Digital Audio Broadcasting)의 성공에 힘입어 그 뒤에 지상 방송 규격으로 DVB에서 채택되었다. OFDM 방식이 단일 주파수망이 되고 이동체 수신이 가능할 수 있다는 장점 때문에 방송사들이 선호하는 방식이 되어 미국에서도 일부 방송사의 후원으로 Communication Research Center에서 6MHz대역에 맞는 시스템을 디자인하여 미국 규격 경쟁에 뒤늦게 뛰어들었으나 원래 주장했던 것만큼의 성능이 나온다는 것을 증명하지 못하고 ATV (Advanced TV: 미국의 디지털 지상파 TV로 HDTV까지 포함하고 있음) 일정을 무한정 늦출 수 없어 8 VSB 방식으로 미국 규격이 확정되었다.

미국의 경우 계층화된 표준화 기구가 체계적으로 표준화 작업을 하였다. 미국 내의 표준화 기구를 정리하면 다음과 같다.

FCC: 미국의 통신, 방송 관련 업무를 총괄하는 국가 조직으로 디지털 TV의 표준화를 총괄.

ACATS: FCC 산하 자문위원회 중 ATV 관련 자문 위원회.

ATSC: 디지털 TV 표준을 작성하여 ACATS에 제출.

Grand Alliance: AT&T, Zenith, General Instrument, MTT, Philips, Thomson, David Sarnoff Research Center로 구성하여 GA-HDTV 표준을 만들.

ATTC: 제안된 각 방식을 테스트 하는 기구.

위의 표준화 기구를 중심으로 행해진 디지털 지상 방송의 연혁은 다음과 같다.

1974: CCIR, HDTV위원회 구성.

1977: SMPTE에서 HDTV 연구 그룹 구성, 81년 HDTV Demo 수행.

1982: HDTV와 ATV에 목적을 둔 ATSC를 발족.

1987: FCC 산하에 ATV 자문위원회 (ACATS)를 두고 ATV 방식 개발 시작.

1990: FCC가 1993년 2사분기에 동시 방송 표준을 결정한다고 발표.

1990: GI사 Full Digital DigiCipher System 제안.

1990: 6개 시스템에 대한 FCC 테스트 일정 발표, 1991년 ATTC에서 테스트 실시.

1993: 2월 Narrow-Muse 제외, 5월 24일, Grand Alliance 구성을 발표.

1994: 시험 후 전송방식으로 8 VSB 채택, 비디오 코딩 방식은 MPEG2 채택.

1995: 4월 - 8월 Lab Test, 9월 Field Test 완료 및 테스트 결과 발표 (ATTC).

1995: 9월 GA 시스템이 ATSC에 의해 채택됨.

1996년 12월: 가전 컴퓨터 영화 업계 비디오 포맷을 규격에서 제외하기로 합의. FCC가 ATV 표준을 채택.

1999년 5월: 미국 내 4대 방송사가 10개 도시에서 디지털 방송 서비스 개시.

1999년 11월: 미국 내 30개 도시에서 디지털 방송 서비스.

2. 8VSB 관련 미국 이외 국가 동향

미국의 8VSB와 유럽의 OFDM의 두 가지 방식이 전세계의 디지털 지상방송의 전송규격으로 양분되어 있는 상황에서 나머지 나라의 경우는 이 두 가지 방식 중 하나를 따르든지 아니면 각 나라의 실정에 맞게 수정된 규격을 사용할 것으로 보인다. 아날로그 TV 시대에 채널의 대역폭이 NTSC 지역의 경우 6MHz를 사용하였고 PAL 지역의 경우 대부분 8MHz를 사용하였으므로 8VSB를 NTSC 지역에서 사용할 경우에는 지금 현재의 규격 그대로 사용해도 되지만 PAL 지역에서 사용할 경우에는 약간의 수정이 필요할 것이다. Grand Alliance에 유럽의 Thomson, Philips 같은 회사가 참여했지만 유럽쪽에서는 표준화의 관점에서는 8VSB 시스템에 대해서는 관심이 없다. 캐나다의 경우는 이제까지 유럽방

식인 OFDM 방식을 주로 검토해 왔으나 최근 1997년 3월에 한국에 방문 세미나를 한 CRC (Communication Research Center)의 Yiyan Wu에 의하면 미국 방식인 8VSB 방식을 채택할 것이 확실시 된다고 한다.

한국의 경우 HDTV 개발 프로젝트가 국책으로 진행되면서 연구 개발은 상당 부분 진행되고 있었다. HDTV 개발사업의 경우 총괄 주관기관은 전자부품종합기술연구소이고 여기에 삼성전자, LG전자, 대우전자, 현대전자가 참여하고 있다. 1년 6개월간 공동으로 미국 규격의 HDTV 프로토타입을 만들었다고 97년 4월 발표했는데, 여기에서 삼성전자와 현대전자가 8VSB 채널 디코더 시제품을 만들어서 LG전자와 대우전자가 만든 비디오 디코더 및 디스플레이 프로세서, 그리고 KETI가 제작한 역다중화장치와 연동하여 통합 실험을 하였다. 이 과제에서 98년 초까지 1차 ASIC 칩세트를 만들고 99년 초까지는 칩의 기능을 높이고 고집적화한 2차 ASIC을 개발할 예정이다.

표준화는 “한국 HDTV 표준 방식 연구협력 컨소시엄”에서 미국 방식과 유럽방식을 대상으로 96년도까지 검토를 하였으나 두 가지 주장이 대립되고 있는 실정이었다. 정부가 97년 초에 우리나라 TV 및 FM 방송을 2001년까지 디지털 방송으로 전환할 방침을 발표하면서 97년 금년도에 본격적으로 전송 방식에 대하여 논의가 될 것이다. “디지털 지상파 방송 추진 협의회”에 전환계획팀과 표준방식팀이 있는데 이 표준방식팀 산하 TV 방송 분과위원회와 오디오 방송 분과위원회 중 TV 방송 분과위원회에서 8VSB와 OFDM 방식에 대하여 토의가 될 것이다.

III. 8 VSB 전송 시스템

미국의 전송 시스템은 8 VSB로 제니스사가 제안한 방식이다. 처음에는 트렐리스 코딩이 없는 4 VSB 방식을 제안하였다. 4 VSB은 2 비트를 한 개의 심볼로 만들어 전송시 4 개의 전압 레벨로 만들어서 보낸다. 관련사 간에 대연합(Grand Alliance)을 한 뒤에 좀 더 전송 에러를 줄이기 위해 비을 2/3의 트렐리스 코딩을 하여 8 VSB가 되었다. 현재 표준에서는 두 가지 모드가 있는데 하나는 지상 방송 모드로 8 VSB 방식이고, 다른 하나는 고속 데이터 모드로 16 VSB 방식이다. 여기서는 지상 방송 모드만 다루기로 하겠다.

1. 개요

지상 방송용 8 VSB는 6 MHz 채널에 19.39 Mbps의 데이터를 전송할 수 있다. 그림 1은 8 VSB 디지털 지상 방송용 송신기의 블럭 다이어그램이다. 송신기의 입력 데이터는 트랜스포트 시스템으로부터 오는데 이는 한 패킷이 188 바이트로 구성된 MPEG2-TS(Transport Stream)의 구조로 되어 있다. 이 입력 데이터의 속도가 시리얼 데이터로 19.39 Mbps이다.

입력 데이터는 맨 처음 데이터 랜덤화기(Data Randomizer)에서 랜덤한 신호로 바뀐 다음 각 패킷에 20바이트 RS (Reed Solomon) 패리티가 더하여진 RS 코딩, 1/6 데이터 필드 인터리빙과 2/3비율의 트렐리스 코딩의 형태로 에러 정정 부호화(FEC; Forward Error Correction)가 수행된다. 랜덤화와 에러 정정 부호화 처리는 전송시 데이터 세그먼트 동기신호에 해당하는 트랜스포트 패킷의 싱크 바이트에는 행하지 않는다. 랜덤화와 FEC 처리 다음에 데이터 패킷은 전송용 데이

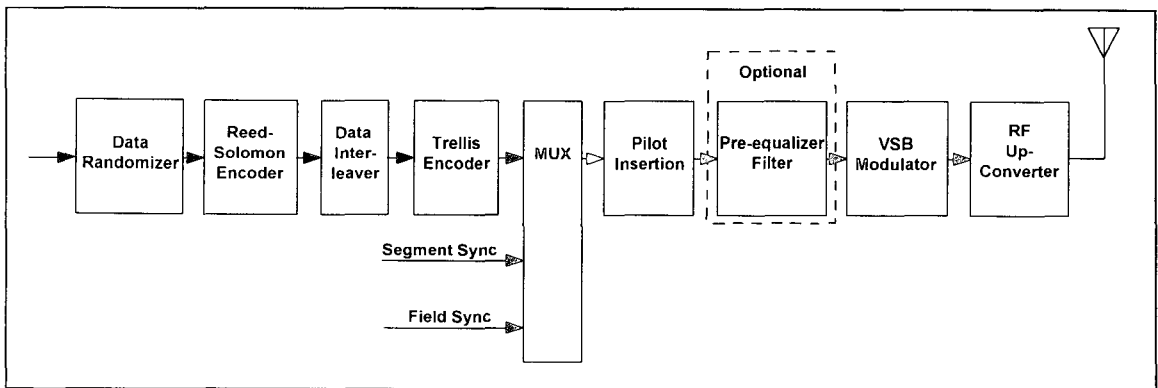


그림 1. 8 VSB 송신기

터 프레임으로 변형되고 데이터 세그먼트 동기 신호와 데이터 필드 동기 신호가 더해지게 된다.

그림 2는 전송 프레임의 구성도이다. 각 데이터 프레임은 2 개의 데이터 필드로 이루어져 있고 각 필드 당 313 데이터 세그먼트로 이루어져 있다. 데이터 필드의 첫번째 데이터 세그먼트는 동기용 신호인 데이터 필드 동기 신호이고 이 신호는 수신기에서 등화기에 의해 사용되어지는 훈련용 데이터 시퀀스를 포함하고 있다. 나머지 312 데이터 세그먼트들은 각각 188 바이트 트랜스포트 패킷에 FEC용 데이터가 추가로 20 바이트씩 실려 있다. 실제로는 각 데이터 세그먼트에 있는 데이터는 데이터 인터리빙 때문에 몇 개의 전송 패킷들로부터 나온다. 데이터 세그먼트는 832 개의 심볼들로 이루어져 있다. 첫번째 4 개 심볼은 2진 형태로 전송되어지고 세그먼트 동기화를 제공한다. 이 데이터 세그먼트 동기 신호는 MPEG2-TS의 188 바이트 중 첫 번째 바이트인 싱크 바이트를 나타낸다. 나머지 828 심볼들은 트랜스포트 패킷의 187바이트와 FEC의 데이터이다. 이들 828 심볼들은 8 레벨 신호로서 전송되어짐으로서 각 심볼당 3 비트를 실어 보낸다. 따라서 2484 비트 (828 x 3)의 데이터가 각 데이터 세그먼트마다 실려 보내진다.

$$187 \text{ data bytes} + 20 \text{ RS parity bytes} = 207 \text{ bytes}$$

$$207 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits/byte} = 1656 \text{ bits}$$

$$2/3 \text{ rate trellis coding requires } 3/2 \times 1656 \text{ bits} = 2484 \text{ bits.}$$

정확한 심볼 속도 방정식

$$(1) S_r \text{ (MHz)} = 4.5/286 \times 684 = 10.76... \text{ MHz}$$

데이터 세그먼트 속도 방정식

$$(2) f_{\text{seg}} = S_r / 832 = 12.94... \times 10^3 \text{ Data Segments/s.}$$

데이터 프레임 속도 방정식

$$(3) f_{\text{frame}} = f_{\text{seg}}/626 = 20.66... \text{ frames/s}$$

2진 데이터 세그먼트 동기과 데이터 필드 동기 신호 그리고 8 레벨 심볼들은 압축 캐리어를 사용된다. 그리고 전송전에 저축과 대역은 VSB로 변조하기 때문에 제거된다. 결과 스펙트럼은 620 KHz 전이 영역에서만 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.

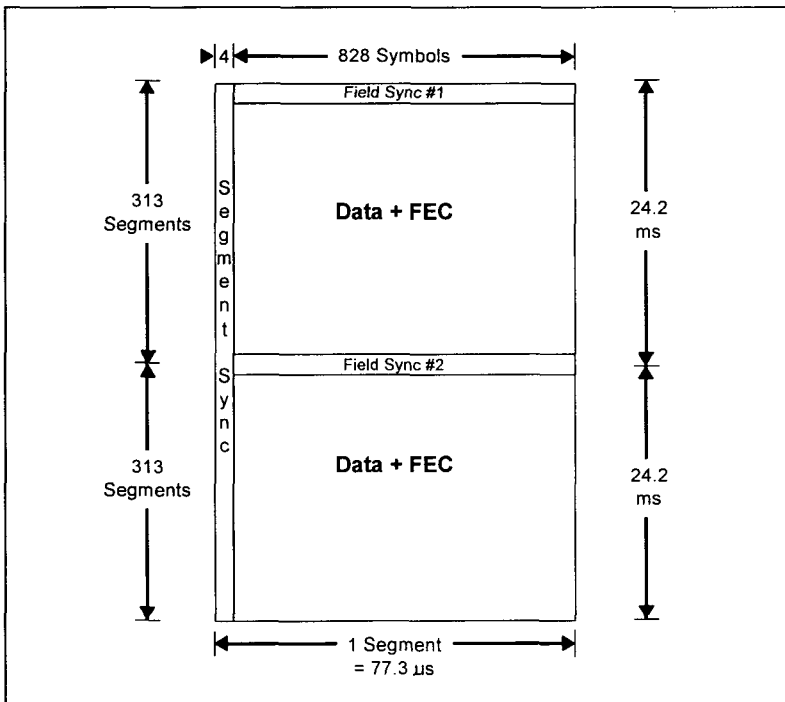


그림 2. 8 VSB 데이터 프레임

2 채널 에러 보호

채널 에러 보호와 동기화를 설명하면 다음과 같다. 데이터 랜덤화는 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 계환 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

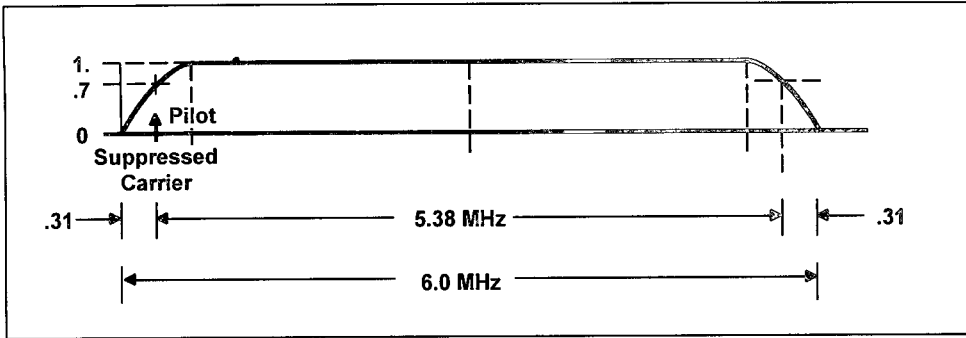


그림 3. 8 VSB 의 주파수 특성도

대 MSB, LSB 대 LSB로 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 코드는 $t=10$, RS(207, 187) 코드이다. RS 데이터 블록 크기는 에러 교정을 위해 더하여진 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. 패리티 생성 다항

식과 필드 생성 다항식은 다음과 같다.

코드 생성 다항식 :

$$\begin{aligned} g(x) &= (x + \alpha^0) (x + \alpha^1) (x + \alpha^2) (x + \alpha^3) \cdots (x + \alpha^{19}) \\ &= x^{20} + 152x^{19} + 185x^{18} + 240x^{17} + 5x^{16} + 111x^{15} + \\ &\quad 99x^{14} + 6x^{13} + 220x^{12} + 112x^{11} + 150x^{10} + 69x^9 + \\ &\quad 36x^8 + 187x^7 + 22x^6 + 228x^5 + 198x^4 + 121x^3 + \\ &\quad 121x^2 + 165x + 174 \end{aligned}$$

필드 생성 다항식 :

$$G(256) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1.$$

VSB 전송 시스템에서 구현하고 있는 인터리버는 52 데이터 세그먼트 간의 콘볼루션 바이트 인터리버가 된다. 인터리빙은 약 데이터 필드의 1/6 깊이(4 msec)가 된다. 데이터 바이트들만 인터리빙이 되고, 인터리버는

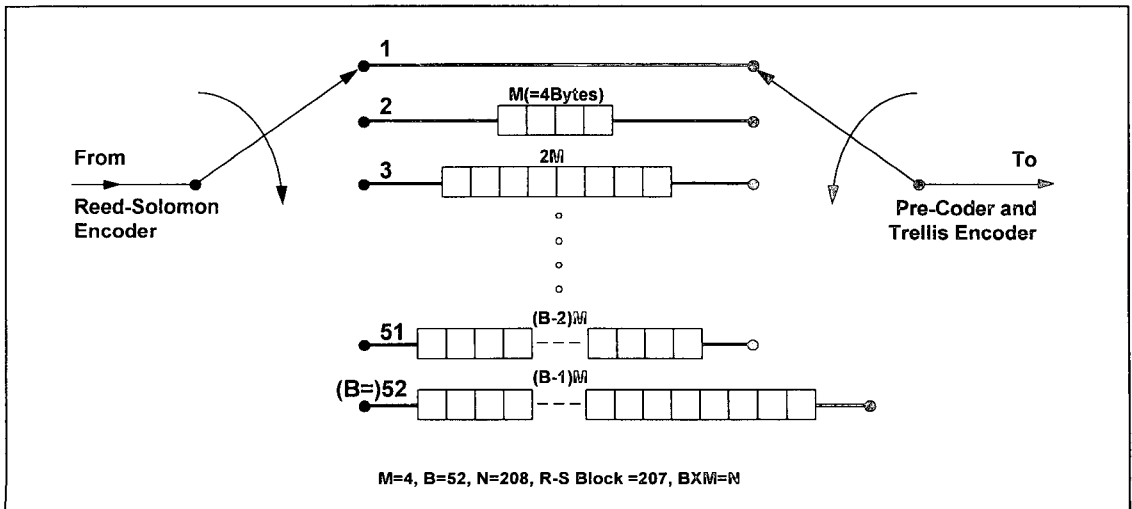


그림 4. 콘볼루션 인터리버

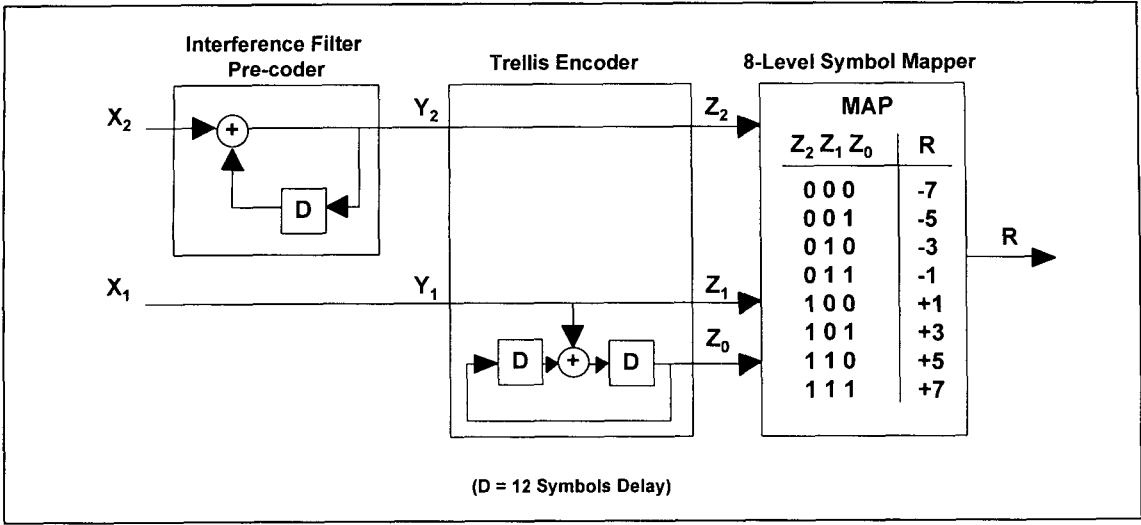


그림5. 8 VSB 트렐리스 인코더, 프리코더, 심볼 변환기

데이터 필드의 첫번째 바이트에 동기화 되어 있다. 세그먼트 내부의 인터리빙은 트렐리스 코딩 처리를 위해 수행된다. 콘볼루션 인터리버의 구성도는 그림 4와 같다.

8 VSB 전송부 시스템은 1 개의 부호화 하지 않은 비트를 포함하여 2/3 비율의 트렐리스 코드를 구현한다. 한 개의 입력 비트는 다른 입력 비트가 프리코더를 거치는 동안 1/2 비율의 콘볼루션 코드를 사용하여 2 개의 출력 비트로 된다. 그래서 이 3 비트는 1차원 상에서 성상도가 8 레벨로 나타난다. 이렇게 전송된 신호는 8 VSB라고 하고 4 상 트렐리스 부호화기(4-State Trellis Coder)를 사용한다. 트렐리스 코드에서 세그먼트 내부의 인터리빙이 사용되는데 인터리브된 데이터 심볼을 만들기 위해 12 개의 동일한 트렐리스 부호화기와 프리코더를 사용한다. 코드 인터리빙은 12 개 경로로 나누어지는데 각 경로를 하나의 그룹이라 하면 첫번째 그룹은 부호화 신호 (0, 12, 24, ...)이고 두 번째 그룹은 (1, 13, 25, 37, ...), 세 번째 그룹은 (2, 14, 26, 38, ...) 등등 전체 12 그룹이 된다. 병렬 바이트들로부터 직렬 바이트들을 생성할 경우 MSB 가 첫번째로 보내지게 된다 (7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0). 두개의 비트씩 나누어 신호처리 하는데 MSB는 프리코딩화 되고 (7, 5, 3, 1), LSB는 캐환 콘볼루션 부호화 된다 (6, 4, 2, 0). 부호화 하는데에는 표준 4상 최적 웅거백 코드(4-State Optimal Ungerboeck Code) 를 사용한다. 트렐리스 코드는 그림 5에서 보여지는 4 상 캐환 부호화를 이용한다. 트렐리스 코드와 프리코딩한 것을 세그먼트 내부에서 인터리

빙하는 것은 그림 6에 나타나 있고 그 출력을 8 레벨로 변환하는 것은 그림 5에 나타나 있다.

그림 6에 있는 출력 다중화 기능은 매 세그먼트 마다 네 개의 심볼 만큼씩 시작점이 건너뛰면서 수행된다. 즉 다중화기로부터 나오는 데이터가 프레임의 첫 번째 세그먼트는 인코더 0부터 11까지 정상 순서로 진행되지만 두 번째 세그먼트 순서는 먼저 4-11 인코더들이 출력된 다음 0-3의 출력이 나온다. 세 번째 세그먼트는 인코더 8-11이 먼저 출력된 다음 0-7이 출력된다. 이와 같이 3 개의 세그먼트씩 처리하는 것은 한 프레임, 즉 312 데이터 세그먼트가 끝날 때까지 반복한다.

3 동기화 신호

트렐리스 부호화한 데이터는 다중화기에서 데이터 세그먼트 동기 신호와 데이터 필드 동기 신호를 삽입하는데 매 데이터 세그먼트 시작점마다 2 레벨의 4 개의 심볼에 해당하는 데이터 세그먼트 동기 신호가 삽입 될 것이다. 이때 MPEG 싱크 바이트는 데이터 세그먼트 동기 신호로 대체 되고, 데이터 세그먼트 동기 신호의 모양은 그림 7에 나타나 있다. 하나의 세그먼트는 832 심볼들로 이루어지고, 데이터 세그먼트 동기 신호는 2 레벨로 동기 신호 패턴이 77.3μs 간격으로 규칙적으로 반복한다. 데이터와는 다르게 데이터 세그먼트 동기를 위한 4 개의 심볼은 RS 코딩도 하지 않고 트렐리스 코드도 하지 않고 인터리빙도 하지 않는다. 데이터 세그먼트 동기 신호 패턴은 1001 이다.

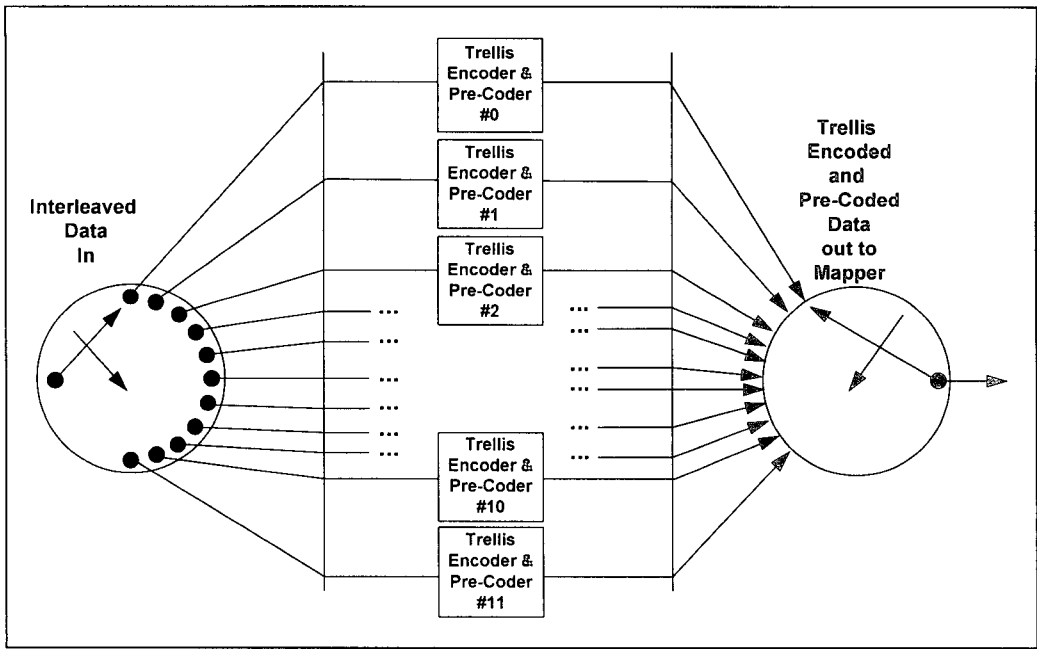


그림 6. 트렐리스 코드 인터리버

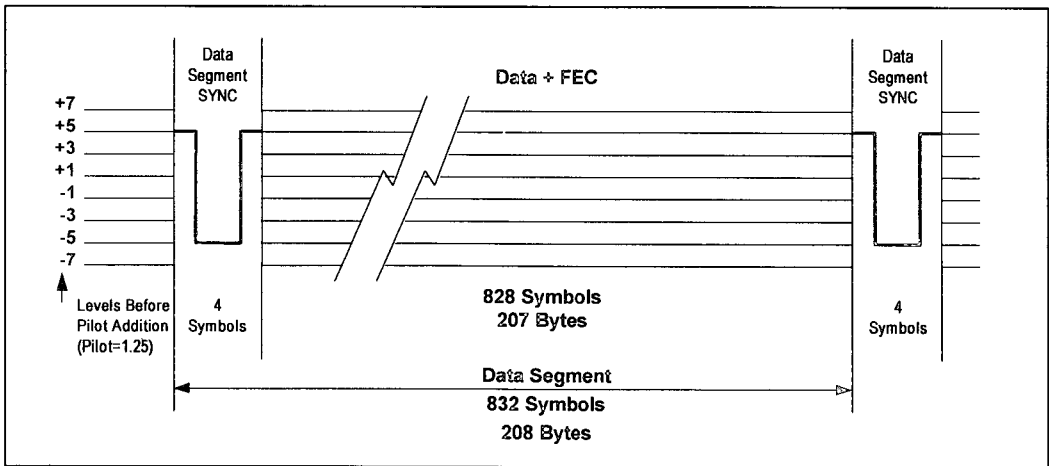


그림 7. 8 VSB 데이터 세그먼트

데이터는 세그먼트로 나누어질 뿐만 아니라 각각 313 세그먼트로 구성되어 있는 데이터 필드들로 나누어져 있다. 각 데이터 필드는 그림 8처럼 첫 번째 데이터 세그먼트는 데이터 필드 동기 신호가 된다. 데이터 세그먼트 동기 신호처럼 데이터 필드 동기 신호도는 Reed-Solomon 부호화 하지 않고 트렐리스 인코딩 하지 않고

인터리빙도 하지 않는다. 각 심볼은 2 레벨이고, 이 필드 동기 신호용의 832 심볼은 다음과 같이 정의된다.

동기 신호: 이것은 데이터 세그먼트 동기 신호이고 1001 이다.

PN511 : 이 랜덤 시퀀스는 $X^9 + X^7 + X^6 + X^4 + X^3 + X + 1$ 이고 초기값은 010000000 이다.

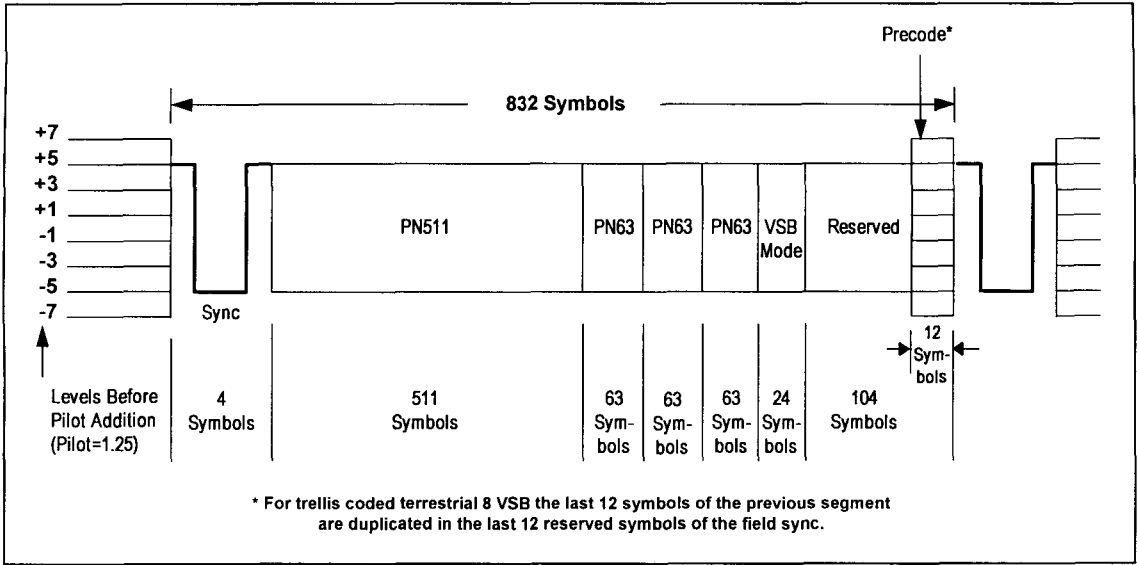


그림 8 . VSB 데이터 필드 동기신호

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

VSB mode : 이들 24 비트는 프레임 데이터의 VSB 모드를 결정한다. 이는 지상파용 8 VSB 모드인지 고속 데이터 전송용 16 VSB 모드인지 알 수 있게 한다.

Reserved : 마지막 104 비트는 보류되어 있다.

Precode : 8 VSB 모드에서 마지막 세그먼트의 심볼은 바로 하나 전 세그먼트의 마지막 12 심볼을 그대로 복사해서 실어 보낸다.

4. 변조

그림 5는 트렐리스 인코더 출력을 신호 레벨로 맵핑하는 것을 보여준다. 그림 7에서 보는 것처럼 데이터 세그먼트 동기 신호와 데이터 필드 동기 신호의 레벨은 -5와 +5이다. 작은량의 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(+, +3, +5, +7)에 더한다. 파일럿의 전력 파워는 평균 데이터 신호전력보다 11.3 dB 만큼 작다.

VSB 변조기는 8 레벨로 트렐리스 코딩된 신호를 10.76 Msymbols/sec로 받아들여 변조 된다. ATV 시스템 주파수 특성은 송신기와 수신기에 Raised Cosine

Nyquist filter 형태를 따르는데 Roll-Off-Factor는 0.115이고, 필터의 응답은 본질적으로 대역 각 끝의 전이 영역을 제외하고는 전대역에 따라 평탄하다. 전송기에서의 주파수 특성은 Square Root Cosine Filter의 형태를 취하는데 그 형태는 그림 3과 같다.

5. 수신기

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 동기와 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. VSB 전송은 본래 심볼률로 샘플링할 때 I, Q 채널 둘다 샘플링할 필요가 없이 I 채널만 샘플링하면 되므로 적은 비용으로 수신기를 제작할 수 있다. 수신기는 10.76M samples/sec로 동작하는 하나의 ADC변환기와 한 개의 등화기만 있으면 된다. 표 1은 지상파용 8 VSB의 파라미터를 보여준다.

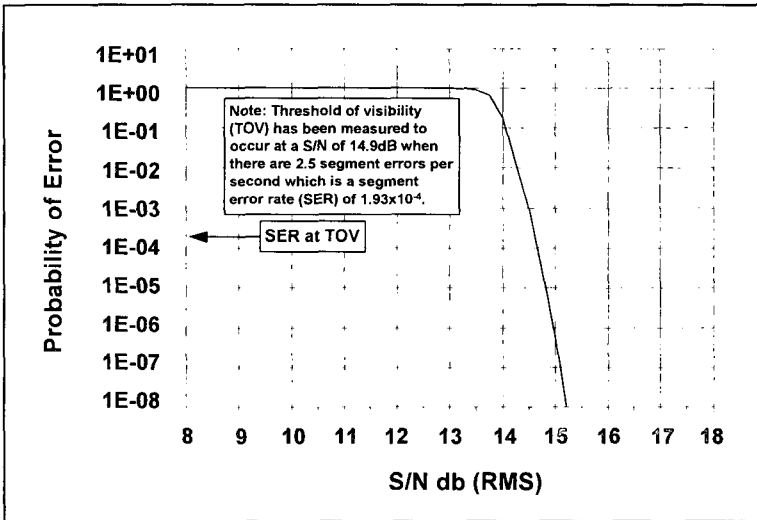
지상파 8 VSB 시스템은 14.9 dB의 SNR 상황에서 도 동작한다. 그림 9에서는 세그먼트 에러 확률 곡선인

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

데 1.93×10^{-4} 의 세그먼트 에러 확률을 표시하고 있다. 이것은 1초당 2.5 세그먼트 에러에 해당된다.

그림 10은 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 콤 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 되어 있다. 수신기 구성중 중요한 특징인 NTSC 간섭 제거 필터를 자세히 설명하기로 하겠다.

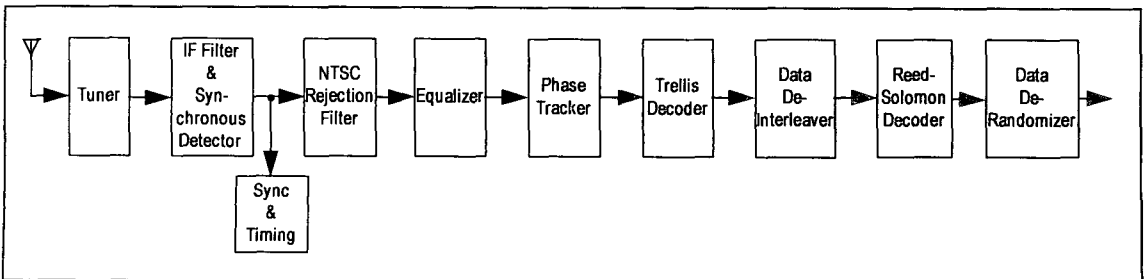


6. NTSC 간섭 제거 필터

VSB 간섭 제거 필터는 6 MHz의 채널 안에서 동일 채널상에 NTSC 방송이 있을 경우 이 NTSC 신호의 캐리어의 위치와 VSB 수신기에서의 콤 필터가 주기적으로 제로가 되는 위치를 일치하도록 함으로서 구현할 수 있다. 그림 11은 NTSC 신호의 3 가지 주된 캐리어 신호의 위치를 보여주는데 (1) 영상 캐리어는 맨 좌측 밴드의 끝으로부터 1.25 MHz 떨어져서 위치하고 있고, (2)

▲ 그림 9. 세그먼트 에러 확률도 (4 상 트렐리스 코드를 사용한 8 VSB)

▽ 그림 10. 8 VSB 수신기의 블록 다이어그램



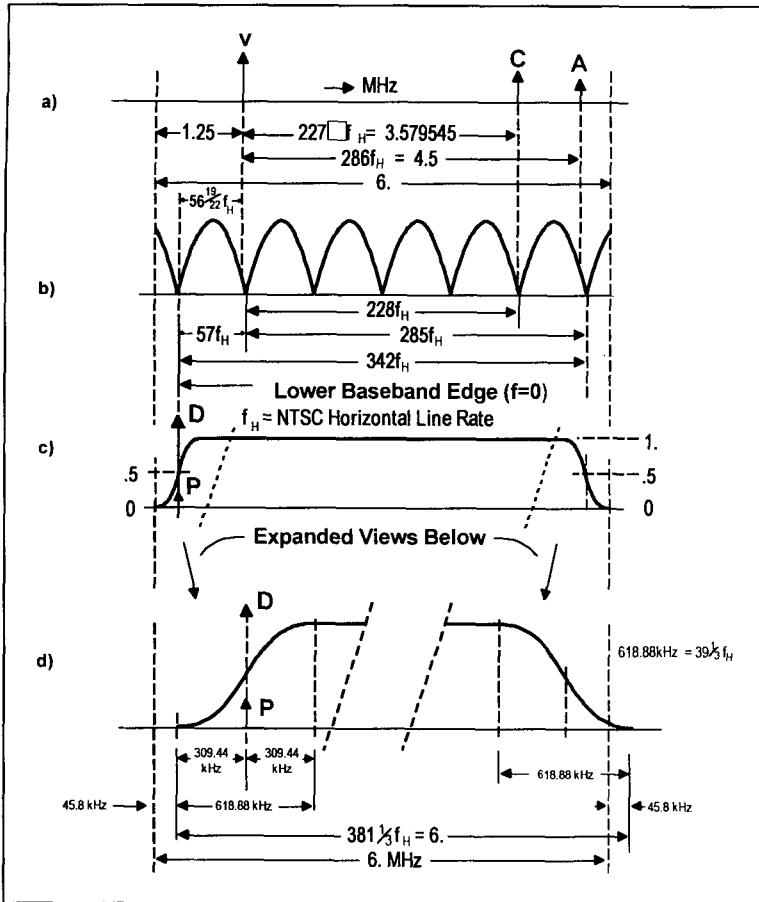


그림 11. NTSC 캐리어의 위치와 콤 필터

칼라 캐리어는 영상 캐리어에서 3.58 MHz 만큼 높은 곳에 위치하고 있고 (3) 오디오 캐리어는 영상 캐리어에서 4.5MHz 위에 위치하고 있다.

NTSC 간섭 제거 필터 (콤 필터) 는 그림 12에서 보는 바와 같이 탭 수가 하나인 선형 순차 연결 필터이다. 그림 11.b를 보면 콤 필터의 주파수 특성이 $57 \times f_H$ ($10.762 \text{ MHz} / 12$, 또는 896.85 kHz)를 주기로 제로가 됨을 알 수 있다. 그래서 6 MHz의 밴드 안에서 7 개의 제로 점이 생긴다. NTSC 영상 캐리어는 좌로부터 2 번째 제로 근처 (2.1 kHz 아래)에 위치하고, 칼라 캐리어는 6 번째 제로에 정확히 일치하고, 오디오 캐리어는 7 번째 제로 근처 (13.6 kHz 위)에 위치한다. 대개 NTSC 오디오 캐리어는 영상 캐리어에 비해 적어도 7 dB 만큼 신호가 작다.

8 VSB 시스템의 전체 채널의 주파수 특성은 그림 11.c와 그림 11.d에 나타나있다. 그림 11.d는 NTSC의

영상 캐리어와 ATV의 캐리어가 $56 \frac{10}{12} \times f_H$ 만큼 떨어져 있기 때문에 ATV 스펙트럼이 전체적으로 45.8 KHz 만큼 이동했음을 보여주고 있다. 이 이동이 상위 채널에 영향을 줄 수 있지만 그 영향은 -40 dB 정도로 무시할 만하다. 만약 상위 채널이 또 다른

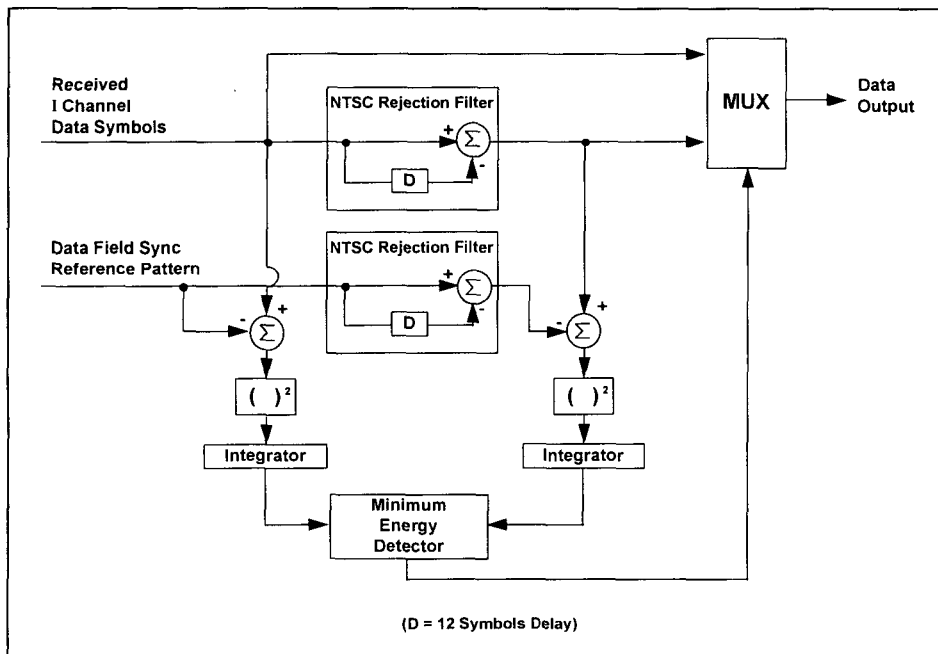


그림 12. NTSC 간섭 제거 필터

ATV 채널이라면 이 상위 채널도 45.8 KHz 만큼 이동해 있으므로 스펙트럼상의 겹침이 없고, NTSC라 하더라도 그 영향이 작아 무시할 만하다.

NTSC 간섭은 그림 12의 회로에 의하여 그 여부가 검출된다. 콤펠터 전후에서 데이터 필드 싱크 신호구간 동안의 신호 대 간섭 비를 측정하여 이 두 가지 값을 비교한다. 즉 하나는 콤펠터를 하지 않을 경우의 신호 대 잡음 비를 측정하고 다른 하나는 콤펠터를 했을 경우의 신호 대 잡음 비를 측정하여 어느쪽의 잡음 에너지가 적은지 비교하여 작은 쪽을 선택한다. NTSC 간섭 제거 필터를 항상 작동시키지 않은 이유는 이 콤펠터가 신호 대 잡음 비를 3 dB 감소시키는 역할을 하기 때문이다. 그래서 NTSC 간섭이 많을 경우에는 제거 필터를 동작시키고 없을 경우에는 콤펠터를 통과시키도록 되어있다.

IV. 맺는말

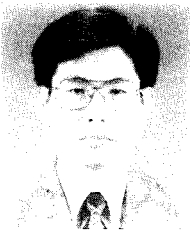
이상과 같이 미국 디지털 지상파 TV의 전송 규격인 8 VSB 방식을 살펴 보았다. 에러 보정용으로 T = 10 RS(207,187)의 Reed-Solomon 부호화 코드와 2/3 비율의 트랜시스 코드를 사용하였고 군집 에러를 효과적으로 보정하기 위해 인터리빙을 하였다. 캐리어를 정확히 검출 하기 위해 파일럿을 삽입했으며 동기를 정확히 하

기 위해 세그먼트 동기 및 필드 동기 신호를 삽입하였다. 필드 동기 신호는 채널 등화기에서 훈련용 시퀀스으로도 이용된다. 수신기 중에서 큰 특성 중에 하나인 NTSC 제거 필터가 있어서 동일 채널의 NTSC 방송으로부터 오는 비디오 캐리어, 컬러 캐리어, 오디오 캐리어를 제거하는 역할을 하여 동일 채널상의 NTSC 영향을 제거하여 터부 채널상에서 디지털 방송을 할 수 있도록 하였다. 이 방식으로 디지털 지상방송을 시청 가능한 신호 대 잡음 비는 약 14.9 dB 이고 전송할 수 있는 순수 데이터는 19.4 Mbps 이다.

참 고 문 헌

- (1) ATSC standard A/53, ATSC Digital Television Standard, 1995.
- (2) ATSC standard A/54, Guide to the Use of the ATSC Digital Television Standard, 1995.
- (3) ATSC standard A/52, Digital Audio Compression (AC - 3), 1995.
- (4) 한국 HDTV 표준방식 연구 협력 컨소시엄, 한국 HDTV 표준화에 관한 연구, 1996년 12월.
- (5) 오길남, "지상파 디지털 방송기술 연구", '97 정보통신의날 기념 학술대회, 1997년 4월.

필자소개



김 대 진

- 1984년 2월 서울대학교 전자공학과 학사
- 1986년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
- 1991년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사
- 1993년 6월 미국 제니스사 LG전자에서 파견 선임연구원
- 1996년 12월 LG전자 멀티미디어(연) 책임연구원
- 현재 전남대학교 전자공학과 조교수
- 주요관심분야: 멀티미디어 통신, 디지털 통신, 디지털 방송 송수신