제 7장

DTV 전송방식

EBS

EBS

■ 유럽식(DVB-T)전송방식(COFDM)

1. 개요

유럽에서는 1993년에 디지털 방송을 위한 민간단체인 DVB(Digital Video Broadcasting)가 설립되어 먼저 위성(DVB-S)과 케이블(DVB-C)의 규격을 정하였고 지상파 방송 규격인 DVB-T를 1997년2월에 완성하여 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)에서 승인하였다. 3가지 규격은 기술적인 일관성을 가지고 있어 3가지 매체를 모두 수신할 수 있는 통합수신기를 구현하거나 플랫폼을 공유하기가 쉽다.
지금까지 디지털 TV를 채택한 나라들을 보면 미국, 한국, 캐나다를 제외한 대부분의 나라들이 유럽방식을 채택하고 있다. 독자 규격인 일본의 ISDB-T도 유럽방식과 마찬가지로 OFDM에 기반을 두고 있다. 사실상 DVB는 디지털 TV의 세계적 표준이라고 할 수 있다.

- 디지털TV시스템의 구성은 크게 3부분으로 나눌 수 있다.

① 소스(source) 부호화단에서는 오디오와 비디오 신호를 압축하고 여기에 데이터를 포함시켜 다중화하여 MPEG-2 트랜스포트 스트림을 만든다.
② 채널부호화단에서는 전송채널에서 발생할 수 있는 오류에 강인하게 스트림을 재배치하거나 부가데이타를 추가시키는 부호화를 한다.
③ 마지막 변조단에서는 매체특성에 맞는 변조와 고주파 전송을 위한 증폭을 한다.

2. 기본개념

급증하는 정보통신의 수요와 다양한 정보매체의 이용이 늘어남에 따라서 통신서비스는 디지털화 및 대용량 고속 서비스를 필요로 하게 된다. 이러한 대용량·고속 전송 요구조건에 대하여 전송용량을 증대시키기 위하여 고려되어야 할 항목들은 식(1)과 같이 「하틀리-샤논의 법칙」에서 나타난다.

$$C = B\log_2\left(1+\frac{S}{N}\right) \qquad (1)$$

즉 잡음 N을 조절할 수 없는 자연 환경에서 신뢰성 있는 전송을 보장받을

수 있는 상태로 채널용량 C를 증가시키기 위하여는 채널대역폭 B를 증가시키거나 송출전력 S를 증가시켜야만 한다는 것이다. 이때 송출전력 S를 한없이 증가시킬 수 없다는 것은 누구나 알 수 있는 조건이며 이러한 제한된 환경에서 대용량·고속 전송 요구조건을 만족하기 위하여 조절할 수 있는 항목은 대역폭 B의 증가이다.

그러나 늘어난 주파수 대역을 최대로 활용하기 위해서는 신호의 주기를 짧게 즉, 신호를 고속으로 전송해야 하며, 전송채널의 광대역화는 채널의 주파수 선택적 페이딩 현상 증대 등 수신신호의 왜곡현상 등이 필연적으로 발생하게 된다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여 수신단에서는 알고리즘이 강화된 채널등화 등의 처리과정을 반드시 거쳐야 하는 등 수신성능의 유지를 위하여 많은 노력을 필요로 한다. 이러한 일반적 사항들은 하나의 신호대역에 하나의 반송파를 이용하여 신호를 전송해야 한다는 고정관념에서 비롯된 문제이다.

이에 반하여 다중반송파 전송방식으로 알려진 OFDM 전송방식은 커다란 하나의 전송대역을 각각 부채널(Sub-channel)이라 부르는 작은 전송채널로 나눔으로서 각각의 부채널은 주파수 비선택적(Frequency Non-Selective) 특성, 즉 동일 부채널 내에서는 모든 주파수 범위에 대하여 플랫(Flat)한 주파수 특성을 갖게 됨에 따라 신호의 왜곡현상에 대한 대처능력만으로 볼 때 단일반송파 방식에 비하여 수신기의 구조를 단순화시킬 수 있다. 또한 이러한 방법으로 나뉘어진 각 부채널이 개별적인 정보를 병렬로 전송하기 때문에 하나의 전송신호의 주기가 병렬 나열된 부반송파의 개수만큼 길어져도 충분히 빠른 정보전송이 가능하게 된다. 따라서 OFDM 신호는 부채널의 개수배만큼 길어진 긴 심볼 전송주기를 가지므로 전송채널에서의 빠른 페이딩, 다경로 왜곡 및 채널에서의 임펄스 잡음에 강한 특징이 있다. 이러한 OFDM시스템의 다경로 채널에 대한 대응 능력은 하나의 국가 또는 대륙전체에 걸쳐 동일 주파수를 사용함으로서 이동시에 주파수 변경이 필요없이 계속 동일방송을 수신할 수 있는 단일주파수네트워크(SFN : Single Frequency Network)를 구성할 수 있는 특징이기도 하다. 이와 같은 다양한 특징으로 인하여 OFDM 전송방식은 많은 응용분야를 갖는다.

OFDM 전송방식의 기본 개념은 그림7-1과 같이 직렬로 입력되는 데이터열을 N개의 병렬 데이터열로 변환하여 각각 분리된 부반송파에 실어 전송함으로써 데이터율을 높이는 것이다.

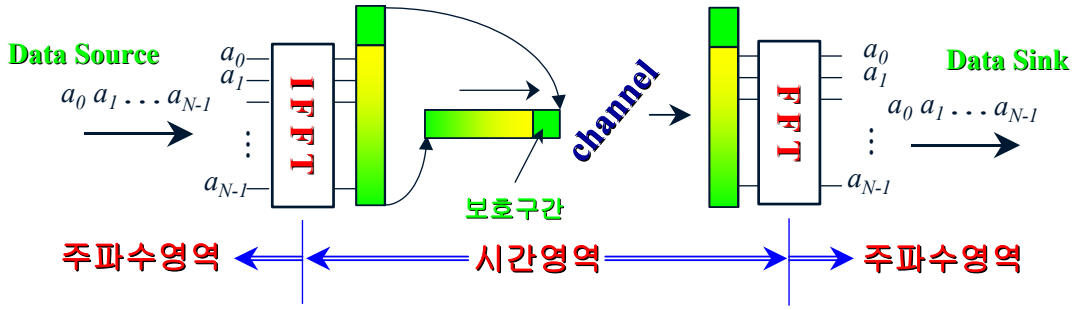

그림7-1. OFDM 전송방식의 기본 개념

직렬 입력된 N개의 신호 $a_0, a_1, \cdots a_{N-1}$은 병렬 조합되어 IFFT를 거치고 보호구간이 첨가된 후 아날로그신호의 형태로 변환되어 채널을 통하여 전송된 후 수신단에서는 수신신호를 AD변환한 후 첨가된 보호구간을 제거하고 남은 신호에 대하여 FFT를 거쳐 수신신호 $a_0, a_1, \cdots a_{N-1}$를 얻는다. 이 때 송신단의 IFFT 이전 및 수신단의 FFT 이후 구간의 신호를 주파수영역신호라 부르고 그 사이의 송신영역 신호를 시간영역신호라 부른다.

OFDM 전송방식의 응용분야로는 크게 유선 및 무선 응용분야로 나뉠 수 있다. 유선 응용분야로는 DMT(Discrete MultiTone)방식이 대표적이며 DSL(Digital Subscriber-line) 등에서 사용된다. 특히 최근에 각광받는 초고속통신망의 하나인 ASDL의 여러방식 중 하나가 DMT 방식이다. 무선 응용분야에서는 이미 유럽의 디지털 오디오 방송(DAB : Digital Audio Broad-casting) 및 디지털 텔레비젼 방송(DVB : Digital Video Broadcasting)의 디지털변조방식으로 채택되어 사용되고 있다. 한편 Wireless ATM 및 광대역 CDMA 등에서도 OFDM 전송방식을 채택하려는 추세이다.

결론적으로 정보통신의 대용량 고속 서비스 요구조건을 만족하기 위하여 대역폭을 확장할 경우에 단일 채널을 통한 단일 캐리어(Single-carrier) 통신방식보다, 병렬채널, 다중 캐리어를 이용한 대용량 정보 통신의 방법을 생각하게 되었으며, OFDM(Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) 전송 방식은 가장 널리 알려진 다중반송파 시스템의 하나이다.

3. DVB-T의 특징

1) 다양한 비트율 제공

전송로의 조건, 요구하는 비디오 품질에 따라, 송신기에서 반송파의 개수(2K 모드, 8K 모드), 보호구간(1/4, 1/8/ 1/16, 1/32), 내부호에서 부호화율(1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8), 변조방법(QPSK, 16-QAM, 64-QAM)을 달리하고, 또한 계층변조 기법도 고려하면 120여 가지의 다양한 전송 데이타율을 제공한다. 다양한 전송 데이타율은 향후 방송 환경의 변화에 따라 다양한 서비스 모델이 출현할 수 있게 한다.

2) 다중경로(Multipath)에 대한 강인성

그림7-2에서 보는 바와 같이 송신기에서 보낸 지상파 신호는 각종 장애물에 반사되어 동일한 신호가 제각기 다른 지연 시간을 가지고 수신되기 때문에 올바로 신호를 검출할 수 없다. 이 신호들 중의 하나는 인접 송신기에서 송출하는 동일 주파수 신호이다.

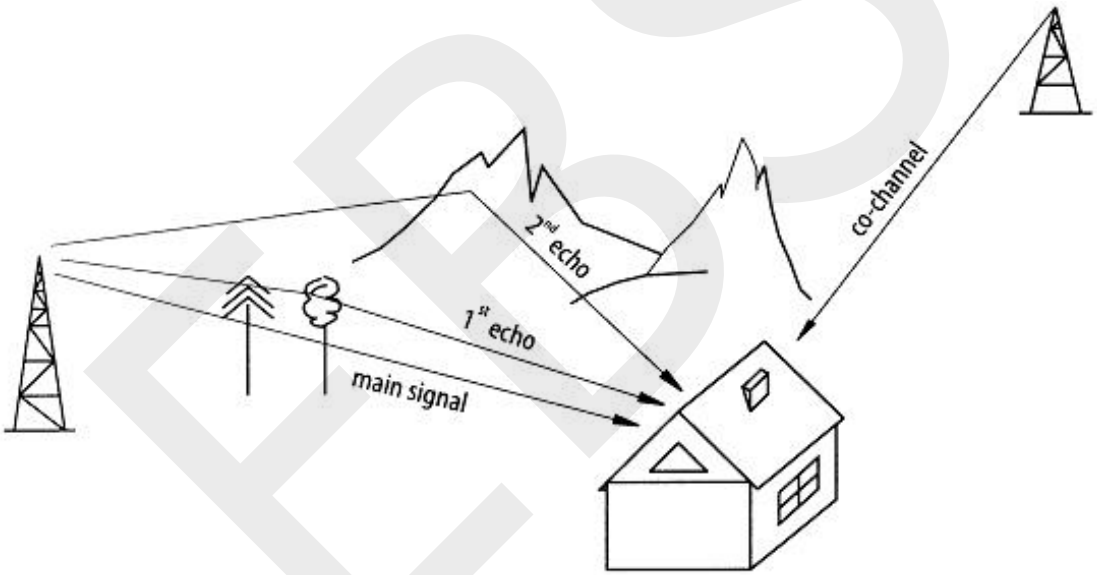

그림7-2 다중경로의 원인

3) 보호구간(GuardInterval)

그림7-3에서 보는 바와 같이 송신할 심볼의 유효구간 앞에 일정한 보호구간을 두면, 다중경로 신호들이 수신되었을 때 이 보호 기간동안 과도상태가 끝나고 유효기간동안에는 모두 동일한 내용이 된다. 그림7-3은 송신기 A로부터의 직접파, 두개의 반사파(echoes) 및 송신기B로 부터의 직접파를 나타내고 있다. 이 4개의 다중경로신호들이 보호구간에서는 시간적으로 서로 다른 값을 나타내고 있지만 안정된 시간영역에서는 동일한 값을 나타내고 있다. 이 기간 동안 신호를

검출할 수 있기 때문에 동일한 안정된 값을 얻을 수 있다. 동일주파수를 사용하는 두 송신기 사이의 거리가 멀수록 두 신호간의 시간차가 더 발생한다. 보호구간이 길다면 이 신호들 사이의 차이도 극복할 수 있다. 따라서 보호구간이 길면 길수록 다중경로신호 문제를 해결하는데 유리하다.

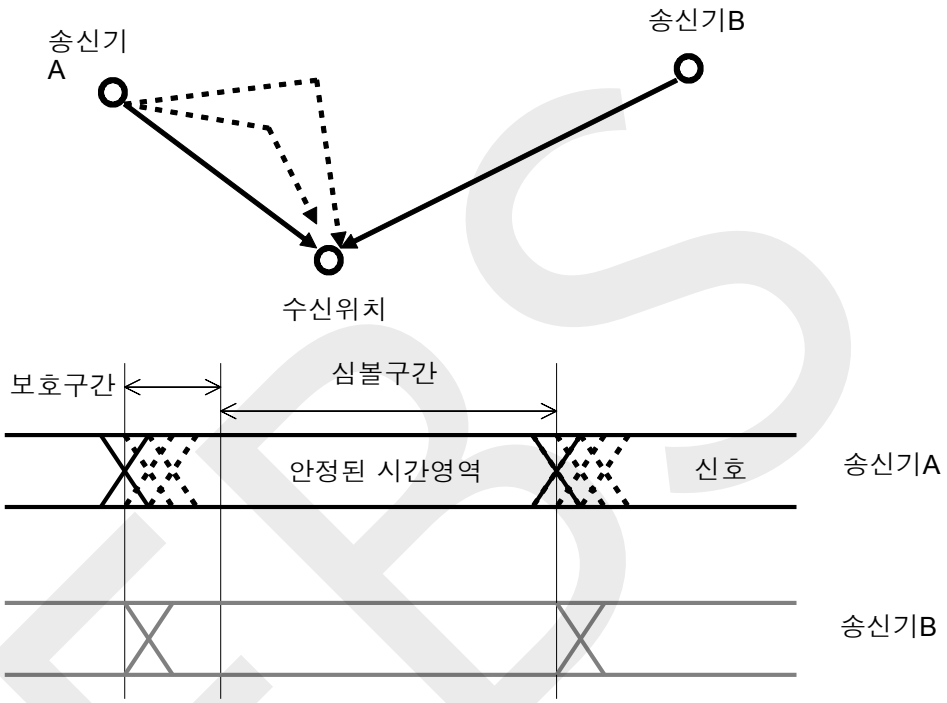

그림7-3 보호구간에 의한 안정된 신호검출

보호구간은 유효 심볼 구간의 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 을 사용한다. 그림2는 8K 모드에서 보호구간을 1/4로 했을 때이다. 시간으로 나타내면 224μs, 112μs, 56μs, 28μs이 된다.

4) COFDM(CodedOrthogonalFrequencyDivisionMultiplexing)

OFDM은 주어진 하나의 대역을 여러 개의 좁은 대역으로 나누어 데이터를 각각의 부대역에 나누어 전송하는 FDM(Frequency Division Multiplexing)의 일종이다. 각각의 반송파는 대역이 좁은 만큼 저속의 안정된 전송을 한다

① 채널분할

OFDM과 FDM의 차이는 그림7-4에서 보는 바와 같이 신호의 스펙트럼 배치 방법이다. FDM에서는 이웃하는 반송파의 스펙트럼이 겹치지 않게 배치되는 반면에 OFDM은 이웃하는 반송파의 스펙트럼이

겹쳐지게 배열된다. 비록 겹치지만 하나의 스펙트럼이 최대 진폭 값일 때 이웃 스펙트럼들은 0이 되는 직교성(Orthogonal)이 있다. 직교하기 때문에 이웃 반송파간에 간섭이 없다. 앞에서 언급한 것과 같이 변조하기 전에, 전송과정에서 발생할 수 있는 신호감쇄, 오류 및 간섭에 대처하기 위해 '채널부호화'를 한다. OFDM과 오류에 강인하기 위한 부호화(coded)가 더해진 것을 COFDM이라고 한다.

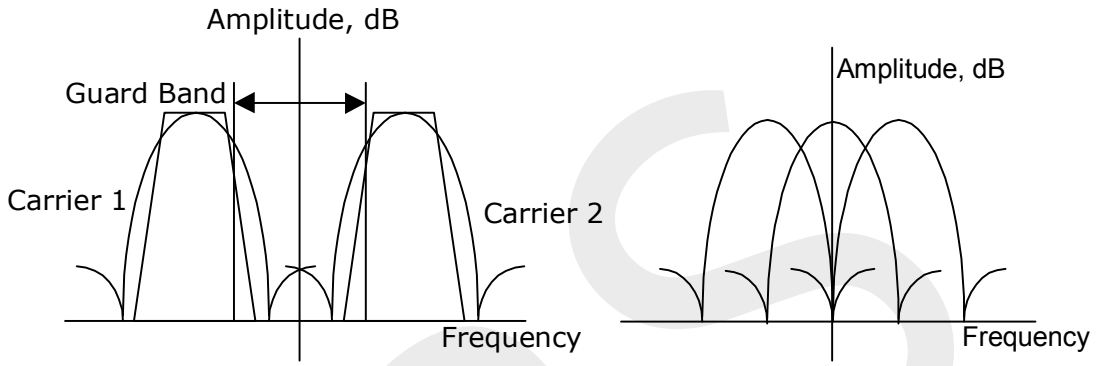

그림7-4. 일반적인 주파수분할다중화와 직교주파수분할다중화의 비교

그림7-5는 하나의 지상파 전송대역(6,7,8MHz)을 시간영역과 주파수영역에서 작은 연속된 시간 세그먼트와 좁은 주파수의 부대역들로 나눈 것을 보여준다.

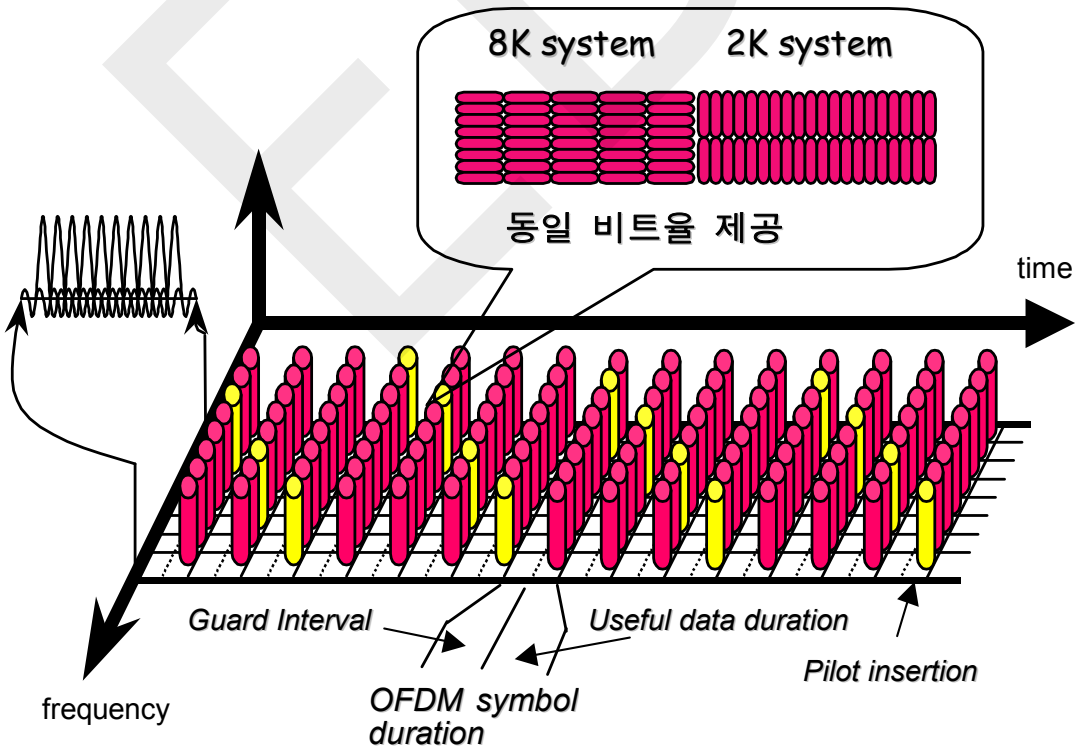

그림7-5. 주파수영역과 시간영역의 분할

그림7-5에서와 같이 8K 모드(반송파가 6817개)는 2K 모드(반송파가 1705개)에 비해 반송파가 많고 주파수 폭이 좁다. 반면에 시간영역에서는 유효심볼 유지기간이 더 길다. 반송파 대역폭과 유효심볼 유지기간은 역수관계이다. 8K모드와 2K모드는 동일한 전송 비트율을 제공한다.

그림7-6은 하나의 방송대역을 수많은 부대역으로 나눈 것을 보여준다. 6MHz대역도 8MHz와 동일한 개수의 반송파로 나눈다. 단지 대역폭이 6/8으로 축소되고 이에 따라 전송 데이터율도 6/8의 비율로 줄어든다. 오히려 보호구간은 8/6로 늘어나므로 다중경로에 대한 수신 성능은 우수해진다. 보호구간을 늘리지 않으면 그만큼 비트율은 6/8비율보다 조금 올라갈 수 있다.

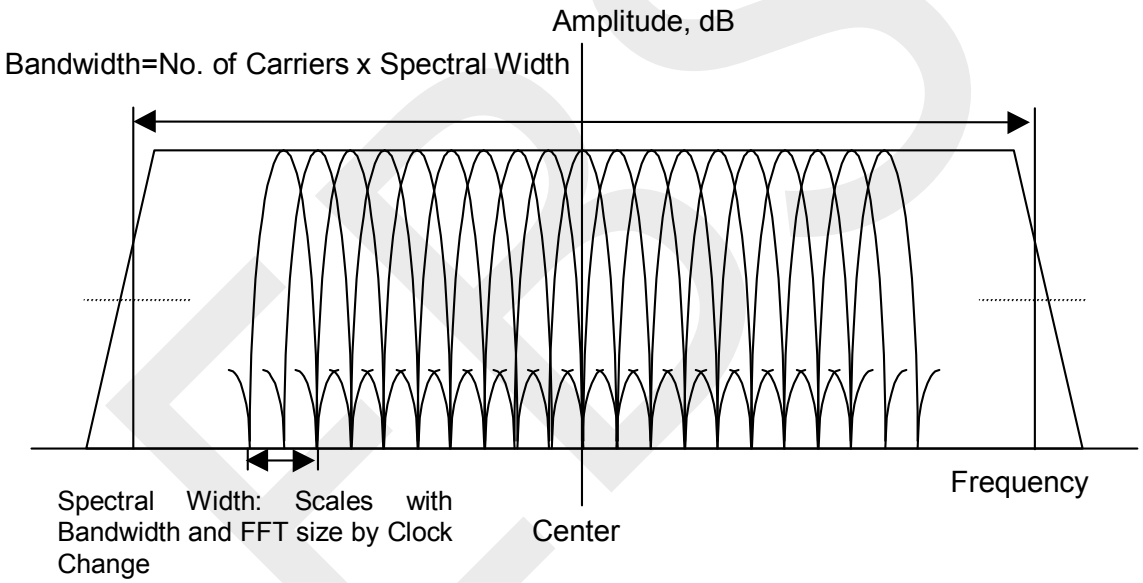

그림7-6. 하나의 채널에 대한 주파수 분할

② 보호구간 삽입

반송파들의 주파수 스펙트럼을 보면 측대엽(sidelobe)들이 이웃 반송파 스펙트럼에 영향을 주지 않고 있다. 하지만 실제 지상파 수신환경에서는 반사파와 잡음에 의해 이웃에 영향을 주게 되고 직교성이 만족되지 않는다. 심볼의 유효주기 앞에 보호구간을 넣으면 다중경로 문제뿐만 아니라 측대엽 축소효과도 얻는다. 그림7-5에서 보호구간 삽입을 보이고 있다.

③ 파일롯 삽입

올바로 복조를 하기 위해서 수신기는 보호구간이 지난 안정된 시간에 OFDM 심볼을 표본화한다. 수신기가 입력되는 신호와 시간적으로

어긋나지 않고 정확하게 동작하려면 동기화를 위한 파일롯이 규칙적으로 배치되어야 한다. [그림 5]에서 보면 일정한 규칙에 따라 일반 데이터가 아닌 동기화를 위한 파일롯이 배치된 것을 알 수 있다. 시간적인 동기화 뿐만 아니라 변조방법, 채널 부호화 파라미터 등도 파일롯에 포함된다.

5) 단일주파수망(SingleFrequencyNetwork)

두개의 인접한 중계기가 동일 주파수를 사용하여 송출하는 방법을 SFN(Single Frequency Network)이라고 한다. 이 방법은 전파음영지역에 간이 중계기를 설치하여 난시청을 해소하는데도 유리하다. 이동시 주파수 변경없이 동일 방송을 수신할 수 있게 해주기도 한다.

송신기 사이의 거리는 보호구간 길이에 달려있다. 8K 모드에서 1/4 보호구간을 사용할 경우 최대 90 Km까지 송신기 간격을 유지할 수 있어 국내의 경우 방송 권역별로 1개의 송신기로 송출이 가능하고 음영지역에는 동일한 주파수를 사용하는 보조송신기(gap filling transmitter)를 사용하여 네트워크의 구성을 간단하게 할 수 있다.

예를 들어, 보호구간의 시간이 200μs이면 두 송신기 사이의 거리는 최대 60km가 된다.

200μs x 300000km/s = 60km

6) 이동수신 및 휴대수신

DVB-T는 무지향성 안테나를 사용하여 휴대수신 뿐만 아니라 고속 주행중인 자동차 내에서의 이동수신도 가능하다. 데이터 내에 있는 파일롯을 사용하여 등화기가 이동 수신에 의해 발생하는 반송파 주파수의 변화를 추적하기 때문이다. 주파수 편차는 보호구간에 따라 다르지만 2K 모드에서는 446~541Hz이고, 8K 모드에서는 2K모드의 1/4인 112~ 135Hz이다. 이는 채널 중심주파수가 600MHz인 경우, 2K 모드에서 차량속도가 800Km/h까지 가능하고, 8K 모드인 경우에는 이의 1/4인 200Km/h까지 동작이 가능하다.

점차 케이블, 위성, 지상파의 매체간 경쟁이 치열해져 가는 상황에서 지상파가 타매체에 비해 장점을 가지는 부분은 이동 및 휴대수신이다. 이동 및 휴대 수신이 점차 중요해지는 이동통신 시대에 TV의 이동수신 성능은 반드시 우수해야 한다.

7) 계층변조(HierarchicalModulation)

계층변조는 보내는 신호를 두개의 등급으로 나누는 것이다. 첫째 데이터는 높은 우선순위를 갖고 데이터율은 낮지만 낮은 C/N에서도 수신이 가능하다. 두번째 데이터는 낮은 우선순위를 가지고 고품질의 데이터 전송률을 가지며 또한 높은 C/N을 필요로 한다. 우선순위가 높은 데이터는 표준화질로서 QPSK로 변조한다. 우선순위가 낮은 데이터는 고화질로서 16-QAM, 또는 64-QAM으로 변조한다. 우선순위가 높은 데이터는 낮은 순위 데이터의 최상위 2비트에 포함된다. 그림7-7은 64-QAM에 QPSK가 심어진 집점(constellation) 모양을 보인다.

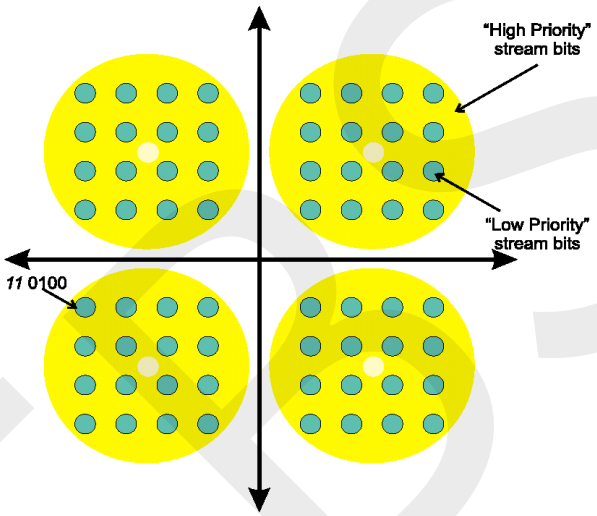

그림7-7. 64-QAM 내에 QPSK가 심어진 집점모양

8) 실내수신

DVB-T는 실내 안테나를 사용하였을 때에도 외부안테나를 통한 경우와 마찬가지로 수신성능이 뛰어나다.

9) 플랫폼의통합

DVB는 처음부터 지상파, 케이블, 위성과 같은 여러 매체를 통합해서 상호간의 작용성을 높이는 규격화를 목표로 하였기 때문에 수신기의 통합성이 더 높다고 알려져 있다. DVB 프로젝트는 표준화가 시작될 때부터 국제적인 관점, 시장의 논리, 상호 협력적인 면을 고려하여 시작되었다. 이에 따라 DVB는 어느 플랫폼에서나 디지털 TV의 수신이 가능한 통합 시스템 설계에서 유리하다.

4. 일반적인 OFDM 시스템 구성

OFDM 시스템은 디지털 통신시스템의 한 부류이다. 그림7-8은 OFDM 방식을 사용하는 디지털 통신시스템의 한 예를 보여준다. 그림7-8에서 실제 OFDM 변조의 과정은 상단 송신부의 Mapper에서부터 D/A변환까지가 해당된다.

OFDM 변조 과정 중 가장 앞단에서 수행되는 과정이 신호 매핑 과정으로 이 과정에서는 직렬로 입력되는 원천신호에 대하여 OFDM의 각 부반송파에 신호를 할당하기 위하여 각 부반송파가 수용할 수 있는 비트수 만큼의 정보를 I-Q 성상도에 따라 그룹화하는 과정에 해당한다. 이 매핑 변조방법은 크게 차동변조(Differential Modulation)방법과 동기변조(Coherent Modulation) 방법 등 두 가지로 구분할 수 있다.

차동변조방법은 두 개의 연속된 심볼의 위상차 정보를 이용하여 인코딩한 변조방법이므로 이 방법을 사용하는 OFDM 시스템은 수신단에서의 채널 추정 및 채널 등화가 필요 없게 된다. 따라서 무선 OFDM 시스템에서는 수신단의 복잡도를 줄이기 위한 방법으로 많이 이용되며 특히 유럽에서의 디지털 방송 표준인 DAB 시스템에서 채택한 방법이다. 차동변조방법의 단점은 약 3dB의 잡음증강이 발생하게 되며 효율적인 다중크기 성상도의 기법을 사용하지 못하는 점도 있다. 그러나 차동변조 방법도 채널추정기법을 사용하여 성능의 향상을 기할 수 있는 방법도 제시되고 있다.

동기변조방법은 위상 및 진폭에 대한 임의의 신호 성상도 배치가 가능한 변조 방법이다. 한편 동기변조방법은 수신단에서의 채널추정이 필수적이며 채널 추정을 위한 파일로트 신호의 전송이 필수적이다. 이 변조방법은 정보의 비트율이 매우 높을 경우에 사용하는 방법이며 또한 시간에 대한 변화가 심하지 않은 채널에서 사용한다. 따라서 동기변조방법을 사용하는 예는 유선 OFDM 시스템과 무선 OFDM 시스템 중에서 유럽 디지털 텔레비젼에 대한 표준인 DVB시스템이 해당된다.

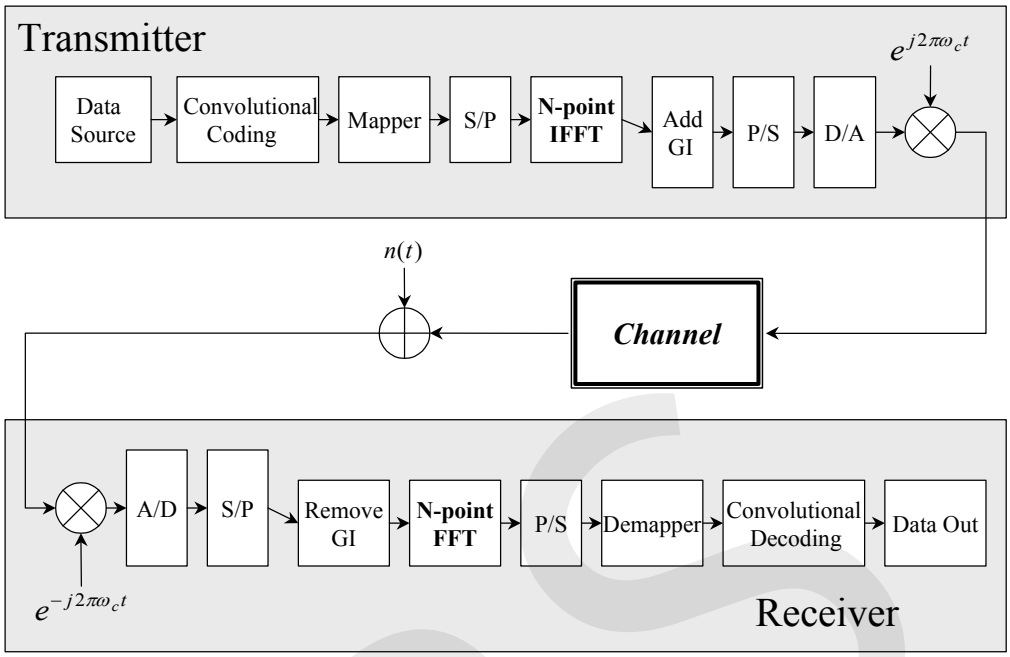

그림7-8. 일반적인 OFDM 송수신 흐름도

- Mapper : 이진 소스데이터를 부반송파에 할당하기 위하여 그룹화하는 과정
- S/P. P/S : 직렬정보를 병렬정보로 또는 병렬신호를 직렬신호로 변환
- Add GI, Remove GI : 보호구간의 첨가 또는 제거
- D/A, A/D : 디지털신호와 아날로그신호의 변환

■ 미국식(ATSC)전송방식(8-VSB)

1. 개요

⇨ 미국식 방송방식은 기존 아날로그 방송 6MHz 대역폭으로 19.39Mbps 데이터를 전송할 수 있다. 이러한 데이터 용량은 SDTV(Standard Definition Television)급 방송을 3채널 이상 동시에 방송할 수 있거나 HDTV(High Definition Television)급 한 채널을 방송할 수 있는 것이며 이 데이터 용량 범위 내에서 데이터 방송도 가능하다. 원래 HDTV의 데이터양은 기존의 아날로그인 NTSC TV의 데이터양보다 5배 정도나 많은 1Gbps 이상이어서 한 채널에 HDTV 영상을 전송하려면 50배 이상을 압축하여야 한다. 이것은 영상신호를 압축한 후, 디지털 변조하여 가정에 까지 전송하는 것을 가능하게 한 디지털 신호처리 기술의 발전덕분이라고 할 수 있다.
미국식 전송방식은 NTSC 주파수 대역을 기본으로 하고 있고 송수신기의 구현에 있어 용이성, 경제성이 우수하다.

2. 기본 개념

⇨ 미국식 전송방식은 단일반송파 진폭변조 잔류측파대 방식(VSB, Vestigial Side Band)으로써 단일 6MHz 대역폭으로 고품질의 비디오, 오디오 및 보조 데이터를 전송하며 두 가지 방송모드 즉, 지상파 방송모드와 케이블 방송모드를 지원하게 되어 있다. 이 방식의 가장 큰 특징은 변조방식에 있는데 기존의 아날로그 VSB 방식을 변형하여 디지털 신호의 변조가 가능하였고 지상파 방송의 경우 8-VSB 방식을 사용한다.
8-VSB방식은 6MHz 채널에 19.39Mbps 의 데이터를 전송할 수 있다. 그림7-9는 8-VSB 방식의 송신 시스템의 블럭도를 나타낸다. 송신기 입력 데이터는 트랜스포트 시스템으로부터 오는데 이러한 입력 데이터는 한 패킷(세그먼트)이 188바이트로 구성된 MPEG-2 TS(Transport Stream)의 구조로 되어 있다. 트랜스포트 시스템에서 전송시스템에 입력되는 데이터는 188바이트 MPEG-2 호환 데이터 패킷으로 구성되며 19.39...Mbps의 데이터율을 갖는 직렬 데이터열(Serial Data Stream)이다. 그리고 188 바이트로 구성된 패킷 중 한 바이트는 동기 바이트이고 나머지 187바이트는 정보가 실려있는 페이로드 데이터로서 페이로드 데이터의 데이터율은

19.28...Mbps이다.

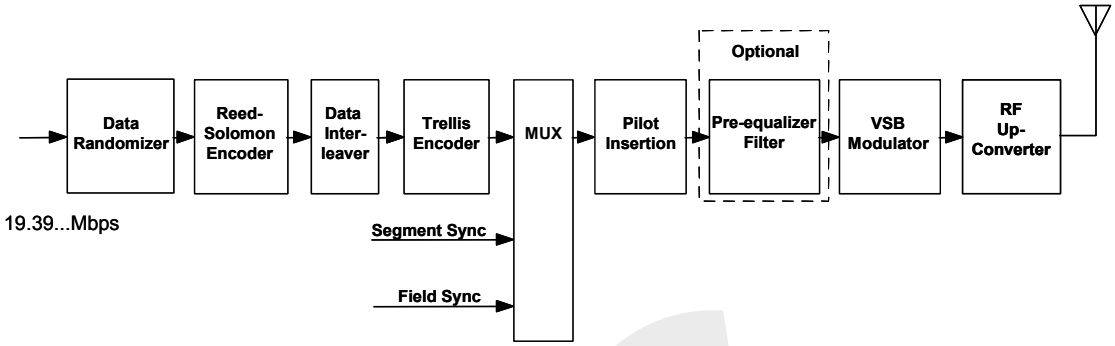

그림7-9. 8-VSB 송신 시스템의 블럭도

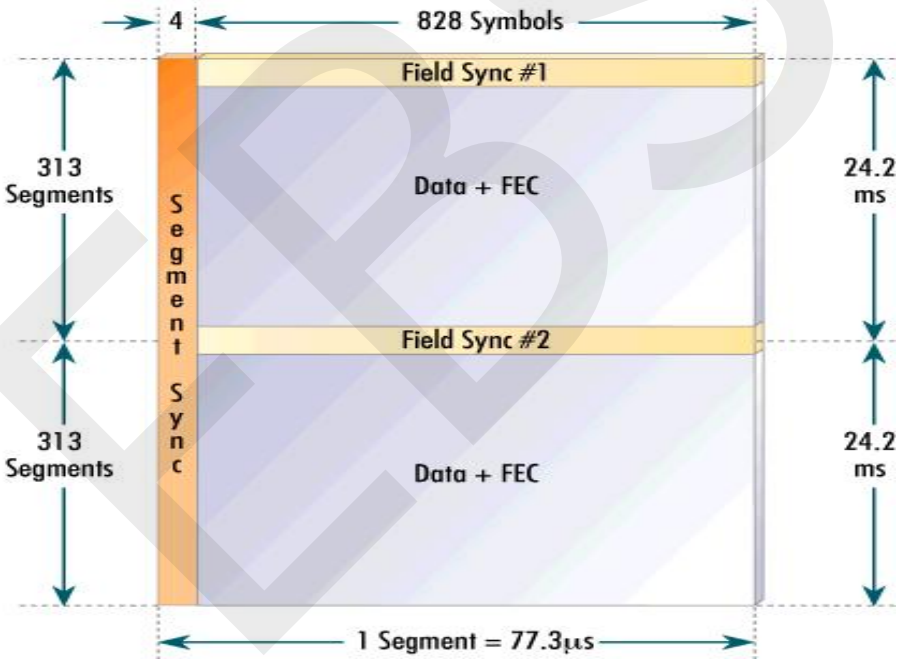

그림7-10. 미국방식 데이터 프레임의 구조

그림7-10은 미국방식의 데이터 프레임의 구조를 나타내는데 1개의 데이터 프레임은 2개의 데이터 필드로 이루어져 있고 각 필드는 313 데이터 세그먼트로 이루어져 있다.

데이터 필드의 첫 번째 데이터 세그먼트는 동기용 신호인 데이터 필드 동기 신호이고 이 신호는 수신기에서 등화기에 의해 사용되어지는 훈련용 데이터 시퀀스를 포함하고 있다.

필드 동기 세그먼트를 제외한 나머지 312데이터 세그먼트들은 각각

188바이트 트랜스포트 패킷에 FEC(Forward Error Correction)용 데이터가 추가로 20바이트씩 실려 있다. 실제로는 각 데이터 세그먼트에 있는 데이터는 데이터 인터리빙 때문에 몇 개의 패킷들로부터 나온다.

각 데이터 세그먼트는 832개의 심볼들로 이루어져 있다. 첫 번째 4개 심볼은 2레벨(±5) 신호로 전송되어지고 세그먼트 동기화를 위해 사용된다. 나머지 828 심볼들은 8레벨(±1, ±3, ±5, ±7) 신호로서 전송되며 각 심볼 당 3비트를 실어 보낸다. 따라서 2484비트(828 x 3)의 데이터가 각 데이터 세그먼트마다 실려 보내진다.

하나의 세그먼트에서 동기 바이트를 제외한 트랜스포트 패킷과 FEC 패리티 바이트를 고려하면 187 데이터 바이트 + 20 RS 패리트 바이트 = 207바이트가 되고, 이를 비트로 환산하면 207바이트 × 8비트/바이트 = 1656비트가 된다. 그리고, 부호율이 2/3트렐리스 부호기(trellis encoder)는 2비트의 정보 비트에 에러정정을 위한 1비트의 부가 비트 즉 패리티 비트를 추가하므로 트렐리스 부호기를 통과한 비트는 3/2×1656 = 2484비트가 된다.

또한, 심볼율은 Sr(MHz) = 4.5MHz/286(NTSC 수평동기 펄스 주파수 기준)×684 = 10.76...MHz 이를 트렐리스 부호기의 부가 비트를 제외한 순수 데이터 비트율로 환산하면 10.76.. x 2 = 21.52Mbps가 된다. 따라서 필드 세그먼트 및 동기 바이트를 제외한 순수 데이터 즉 Payload 데이터의 전송률은 다음과 같이 구할 수 있다.

Payload bit rate = 21.52..Mbps x 312/313× 828/832×187/207 = 1 9.28...Mbps

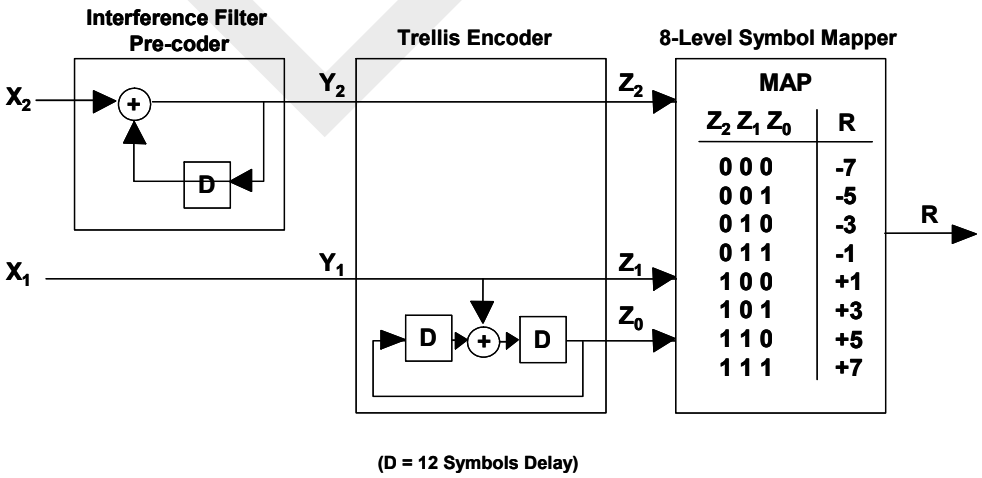

그림7-11. 트렐리스 부호기

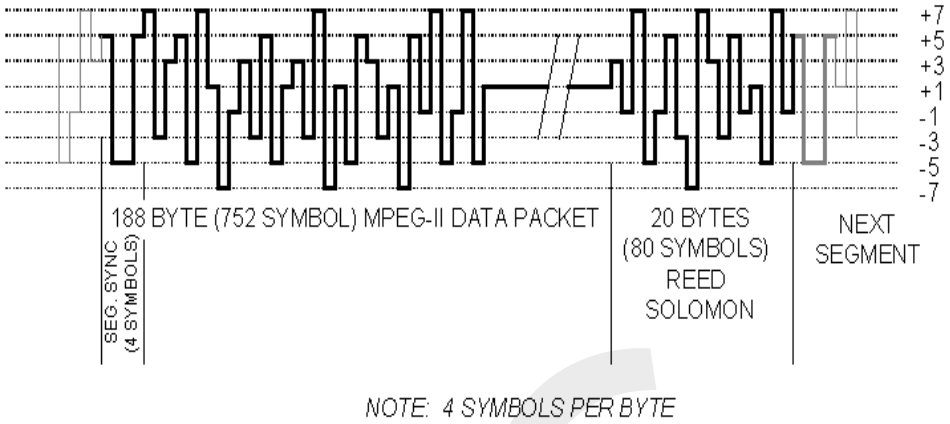

그림7-12. 8-VSB 데이터 세그먼트

8-VSB 송신시스템의 트렐리스 부호기 (Trellis encoder)는 그림7-11과 같이 2비트의 입력신호를 받아 1비트의 패리티 비트를 부가한 후 신호 레벨이 7, 5, 3, 1, 1, 3, 5, 7과 같이 8가지 크기를 갖는 심볼로 매핑(mapping)한다. 또한, 그림7-12와 같이 데이터 세그먼트 동기를 위한 신호의 레벨 값은 5와 5이며 이러한 세그먼트 동기를 위한 신호는 트렐리스 부호기 출력신호와 함께 하나의 데이터 세그먼트를 이루게 된다. 그리고, 직류 레벨(1.25)이 모든 신호 심볼에 더해진다.

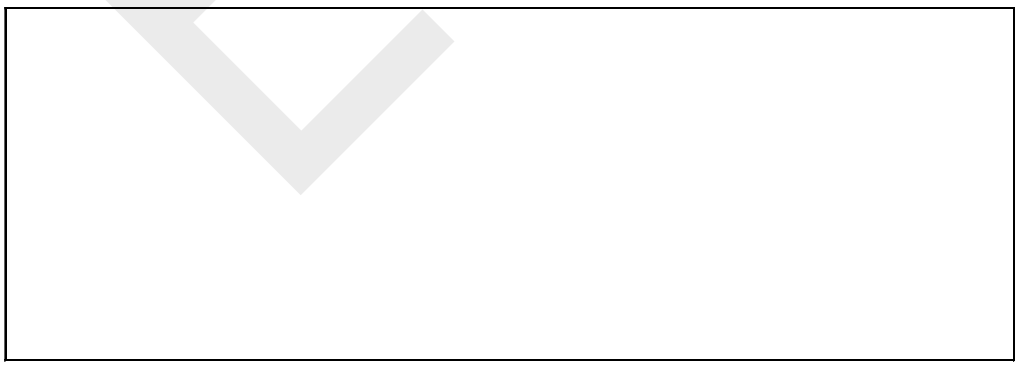

그림7-13. 8-VSB 시스템의 채널 응답

미국방식의 채널응답은 그림7-13과 같이 나이퀴스트 조건(Nyquist Criterion)을 만족하는 Raised Cosine Filter 특성을 갖고 있다. 이러한 Rasied Cosine Filter의 Roll Off Factor는 0.115이고, 필터의 응답은 본질적으로 대역 각 끝의 전이 영역을 제외하고는 전 대역에 따라 평

탄하다.

송신기의 주파수 특성은 Square Root Raised Cosine Filter의 형태를 취하며 수신기에도 Square Root Raised Cosine Filter 단, 즉 matched filter가 있어 송수신을 거친 신호특성은 Raised Cosine Filter특성을 유지하게 된다.

미국방식의 송신기 출력신호는 아날로그 방송 채널, 디지털 방송 채널간 간섭을 없애기 위해 대역외 방사에 대해 채널경계로부터 500KHz까지는 평균송신전력을 기준으로 47dB 감쇄하고, 채널경계로부터 6MHz이상은 평균송신전력을 기준으로 110dB 감쇄하며, 채널경계로부터 0.5MHz~6MHz는 평균송신전력을 기준으로 11.5(Δf+3.6)[dB]를 감쇄하도록 하고 있다. 여기서 Δf는 채널경계로부터의 주파수차(MHz)를 말한다. 이러한 송신기의 출력 방사 마스크는 그림7-14와 같으며 국내의 송신규격에도 적용된다.

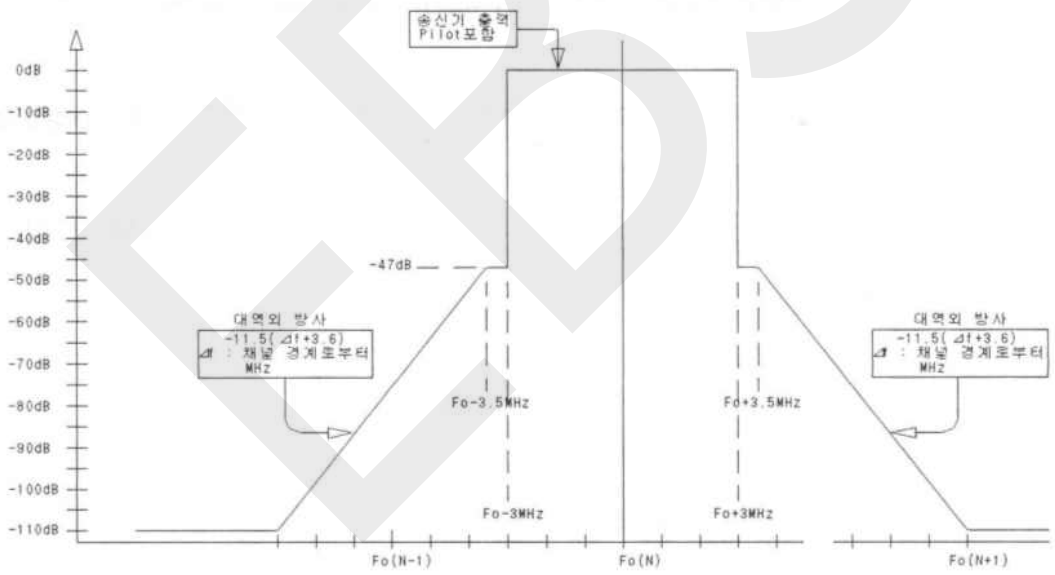

그림7-14. 송신기 출력 방사 마스크 규정

표7-1은 VSB 전송모드를 위한 파라미터를 정리한 것이다.

간단히 살펴보면 먼저 채널 대역폭은 6MHz이고 롤오프(roll off)의 값은 0.115로 정해져 있어 초과 대역폭량은 11.5%가 된다.

심볼율은 10.76Msymbols/s이며 한 심볼당 비트 수는 3비트이다. 트렐리스 부호기의 부호율은 2/3이며 RS부호의 오류정정 능력은 10바이트이다. 이것은 RS부호기의 입력신호 187바이트에 20바이트의 패리티

비트가 더해져서 207바이트의 출력신호가 나옴을 의미한다.

세그먼트 동기 신호는 매 세그먼트당 4개의 심볼로 구성되며 필드 동기 신호는 313세그먼트당 1세그먼트로 이루어져 있다.

순수 데이터 전송율을 뜻하는 페이로드 데이터 전송율은 19.28Mbps이다. 미국방식의 경우 동일채널의 NTSC 신호를 제거하기 위해 수신단에 NTSC rejection 필터단을 두고 있다. 또한 파일럿 신호가 전송신호 전력의 0.3dB에 해당하고 순수 AWGN 채널에서 요구되는 최소 C/N비는 14.9dB이다.

EBS

[표7-1. VSB 전송모드를 위한 파라미터]

Parameter	Terrestrial mode
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

3. 8-VSB의 특징

1) 낮은C/N(CarriertoNoiseRatio)임계치;(높은노이즈마진특성)

디지털 TV가 에러(화면깨짐) 없이 수신하는데 필요한 최소한의 신호 대 잡음비를 C/N@Threshold라고 한다.

여기서 Threshold는 TOV (Threshold of Visibility), BER (Bit Error Rate, $3x10^{-6}$) 그리고 QEF (Quasi Error Free, 10^{11})등이 될 수 있다. 즉 사람의 눈으로 단위시간(5분 혹은 3분)동안 디지털 TV를 시청하면서 에러의 유무를 판단하는 경우는 TOV가 기준이 되고 장비를 이용하여 에러의 유무를 판단하는 경우 미국식은BER, 유럽방식(DVB-T)은 QEF가 기준이 될 수 있다. 시청자가 시장에서 구하게 되는 수신기는 장비와 연동하여 측정하기 어려우므로 일반적으로 C/N@Threshold인 TOV를 기준으로 측정하게 된다.

이러한 C/N@Threshold는 방송방식의 비교에 중요한 항목 중에 하나로서 이론값과 실제 측정한 결과 다음 표7-2와 같다.

[표7-2. 미국방식의 C/N@threshold]

C/N(AWGN)	이론값	RF 시험값
ATSC	14.8dB	15.2dB

C/N@Threshold는 디지털 TV의 방송구역을 결정하는 중요한 요소가 된다. 즉 낮은 C/N@Threshold를 갖는 방송방식 일수록 동일 출력으로 넓은 방송구역에 방송이 가능하다. 또한 방송 서비스 구역 내에서는 수신 마진이 높아지는 효과를 얻어 안정적인 방송을 보장하게 된다.

실제 필드테스트에서는 시간상의 이유로 선정된 측정지점에서 오랜 시간에 걸쳐 수신여부를 판정할 수 없기 때문에 일정 시간동안에만 측정을 하여 수신여부를 판정하고 수신마진을 측정하여 그 측정지점에서의 시간 혹은 주변 환경 변화에 따른 전파환경 변화에 대한 강인성을 측정하게 된다. 이러한 수신마진은 DTV 수신신호의 안정성을 나타내는 파라미터로 노이즈 마진이라고도 한다. 따라서 노이즈 마진은 측정지점에서 시청자가 DTV를 얼마나 오랜 시간에 걸쳐 안정되게 시청을 할 수 있는가를 나타내는 것으로 수신률 못지않게 시청자에게 서비스 한다는 관점에서는 매우 중요한 파라미터인 것이다.

미국방식의 경우 수신이 되는 지역이라도 노이즈 마진이 높기 때문에 안정적인 서비스가 가능하다고 볼 수 있다.

2) 임펄스잡음에대한강인성

임펄스 잡음 간섭은 산업장비와 전자레인지, 형광등, 헤어드라이어, 전기청소기 등과 같이 집에서 쓰는 가전기구로 인해 VHF 밴드와 일부 낮은 대역의 UHF 밴드에서 종종 일어난다. 뿐만 아니라 고압전력선에서 발생되는 arcing과 corona도 임펄스 잡음을 발생시킨다.

미국방식은 이러한 임펄스 잡음에 대해 매우 높은 강인성을 갖는데, 그 이유는 10바이트의 오류를 정정할 수 있는 (207,187)RS부호와 52단의 트렐리스 인터리버를 갖기 때문이다.

따라서, 아직까지 미국방식으로 상용방송 및 실험방송을 실시하고 있는 국가에서 임펄스 잡음 간섭으로 인한 문제가 보고된 바가 없다.

3) 낮은피크대평균전력비

피크 대 평균 전력비가 갖는 의미는 다음과 같다. 일반적으로 디지털 방송에서 송출되는 전력은 평균전력으로 표시를 한다. 그 이유는 디지털 방송 신호는 잡음성분과 같은 랜덤한 신호이기 때문에 미약한 크기의 Pilot 신호성분을 제외하고는 순간전력은 시간확률 적인 함수로 나타나지만 전체적으로는 어느 일정한 평균 전력 값을 나타내게 되므로 이 평균 전력 값을 측정하게 된다. 그러나 실제 디지털 방송 신호는 평균신호 레벨이외

에 피크 신호레벨이 존재하게 되는데 이러한 피크 신호레벨의 경우 적절히 송신기를 설계하지 않을 경우 송신기의 비선형 특성으로 인해 신호의 왜곡이 발생되고 이는 방송서비스 구역의 축소를 가져올 수도 있다.
따라서 이러한 피크 신호 전력대비 평균신호 전력의 비를 시간확률에 따라 표시하는데 미국방식의 경우 피크 대 평균 전력비는 일반적으로99.9%의 전송시간에서 약 6.3dB정도가 되고 이를 기준으로 송신기를 설계하게 된다.
이러한 C/N@threshold와 피크 대 평균출력 비를 고려하였을 때 미국방식은 기존의 아날로그방송과 동일한 구역을 서비스하는데 낮은 출력을 갖는 송신기를 사용하면서도 가능하므로 초기 송신기 설치비용 및 운전비용이 상대적으로 저렴할 수 있다.

4) 인접,동일,타부(taboo)채널에대한우수한간섭제거능력

디지털 방송으로의 전환은 바로 이루어 지는 것이 아니라 아날로그 방송과의 동시방송을 하는 과도기를 거치게 된다. 따라서, 디지털 방송 신호가 기존의 아날로그 방송에 미치는 영향 및 기존의 아날로그 방송신호에 의해 디지털 방송신호가 받는 영향 등을 고려하여야 한다. 또한 디지털 방송으로 전환할 경우 디지털 방송신호간의 인접채널 영향을 고려하여야 한다.
이러한 인접, 동일 그리고 타부(taboo)채널의 아날로그 및 디지털 방송신호에 대한 간섭특성을 미국의 MSTV 및 브라질 비교테스트에서 측정하였는데, 일례로서 미국방식의 동일, 인접, 타부(taboo)채널에 위치한 아날로그 및 디지털 방송 신호의 갑섭 제거 특성을 살펴보면 표7-4와 같다.

[표7-4. 미국방식의 동일, 인접, 타부(taboo)채널 갑섭 제거 특성]
(a) 미국방식의 타부(taboo)채널 간섭제거 특성

BWs	FREQUENCY OFFSETS MHz	PROTECTION RATIO (dB)
+7	+42	-46,21
+8	+48	-48,23
+14	+84	-44,61
+15	+90	-46,51
-7	-42	-48,45
-8	-48	-43,95

(b) 미국방식의 동일, 인접, 타부(taboo)채널 간섭 특성

Interference Channel		Protection Ratio
Designation	Frequency (N X BW)	D/U (dB)
Upper adjacent	+ BW	-27
Lower adjacent	- BW	-27
Co-channel	0 X BW	15
"Taboos"	+15 BW	-37,90
	+14 BW	-38,70
	+8 BW	-40,70
	+7 BW	-39,20
	-7 BW	-40,70
	-8 BW	-38,10

미국방식의 경우 아날로그 방송 및 디지털 방송 신호에 대한 인접, 동일, 타부 채널의 간섭에 대한 제거능력이 매우 높게 측정되었는데, 이러한 간섭제거 능력은 아날로그 방송과 디지털 방송이 동시방송이 되는 디지털방송 전환과정에서 채널배치에 많은 영향을 미치게 된다. 즉, 미국방식의 경우 전환과정에서 유리하게 채널배치를 할 수 있다.