



지상파 디지털 TV 방송 방식

2001. 11. 24

한국방송 기술연구소

서영우

ysuh@kbs.co.kr

목 차

- I DTV 개요
- II DTV 방식 소개
 - ATSC 방식
 - DVB-T
 - 각 방식간 비교
- III ATSC 규격개선 현황
- IV 정리



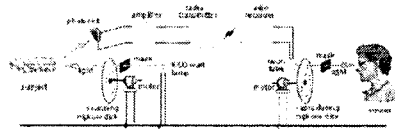
I. DTV 개요

텔레비전의 역사(1)

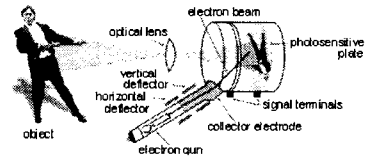
- 1920년대 기계식 TV방송 (Baird)
- 1930년대 전자식 TV방송 (RCA)
- 1946 미국 NTSC 흑백TV 상업방송 실시
- 1953 미국 NTSC 컬러TV 규격 채택
- NTSC** 1961 TV방송 실시
- 1980 컬러TV 방송 실시
- 1996 미국 DTV 규격 채택 (ATSC)
- 1997 DTV 규격 채택 (ATSC)
-
- ATSC** 1998 미국 본방송 시작
- 2001 DTV 본방송 시작

* 미국 한국

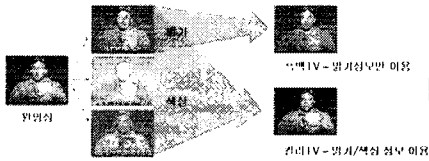
텔레비전의 역사(2)



기계식 TV 방송(1920년대)



전자식 TV 방송 카메라(1930년대)



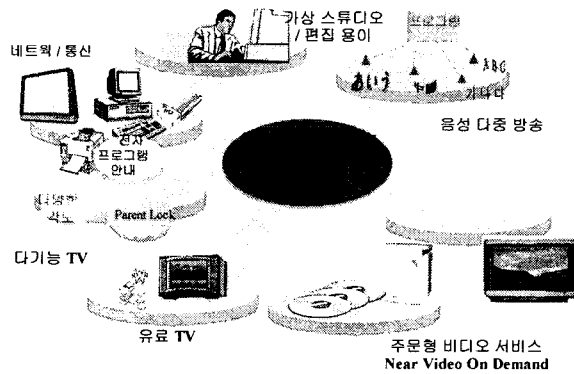
NTSC 컬러 방송 (1950년대 ~)



DTV 방송 (1990년대 ~)

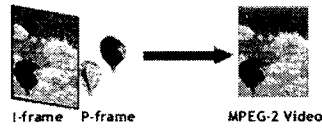
DTV의 특징

- 고품질의 영상
- 다양한 정보의 멀티미디어 형태 제공
- 21세기 전자산업과 영상산업의 발전 촉진
- 새로운 개념의 방송 서비스



DTV의 특징 - 비디오 / 오디오

비디오(MPEG-2)



NTSC 일반 TV

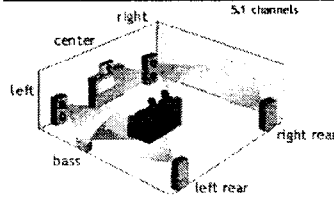


고선명 와이드 TV

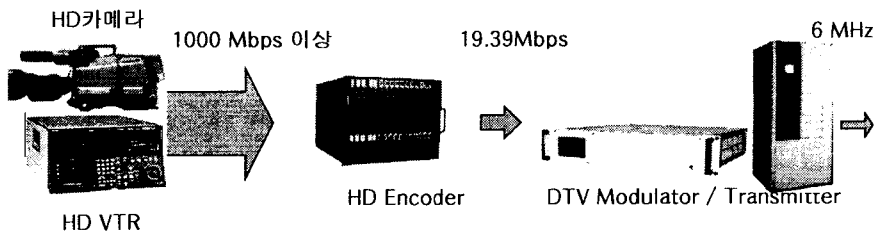
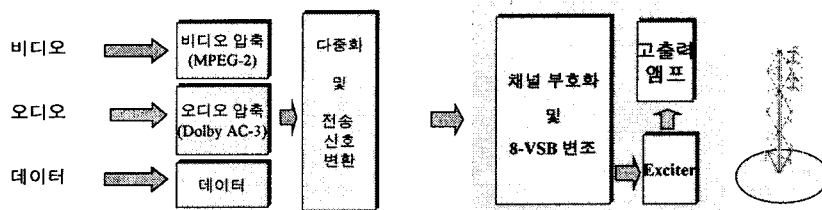


오디오(AC-3)

Dolby Digital/AC-3 Sound



DTV의 주요 기술 - 비디오 압축 및 전송 기술





II. DTV 방식 소개

지상파 방송 방식 현황

	USA	Europe	Japan
TV 방송	ATSC	DVB-T	ISDB-T (ISDB-T _{SB})
라디오 방송	IBOC	DAB (Eureka147)	

IBOC : In-band On-channel

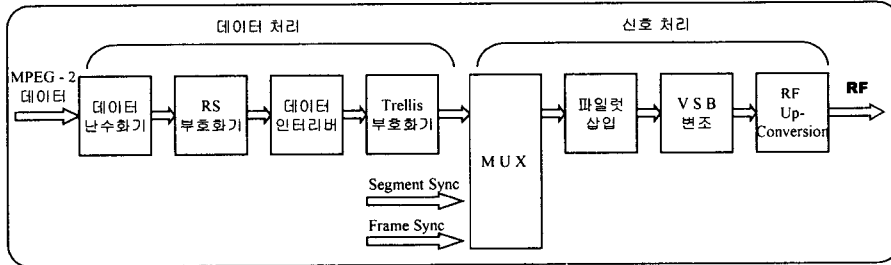
Tsb : Terrestrial Sound Broadcasting

국내외 디지털 지상파 방송 동향

국가	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2006	2010
미국	방송개시	10대도시확대	30대도시확대		디지털상업방송	디지털프로그램 제작	아날로그중단	
영국	방송개시							
독일			방송개시			디지털방송 일정점검		아날로그중단
일본	방송개시	시험방송				방송개시예정		아날로그중단
호주				방송개시				2008년중단
한국	방송개시	기술기준확정	시험방송	방송개시		광역권전환완료	동시방송점검	아날로그중단

ATSC 방식

8-VSB 변조 구조 - 개요



난수화 및 에러 부호화 / 필터처리 및 변조

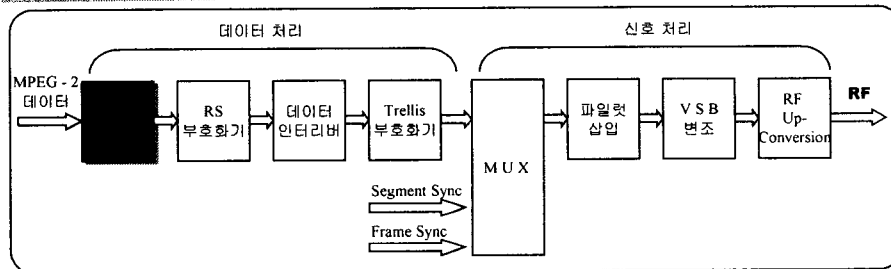
주파수 및 시간 축에서 데이터 혼합
강력한 에러정정 코드 삽입

파형 정형
주파수 변환

KBS-G공통 개발 DIV 변조기

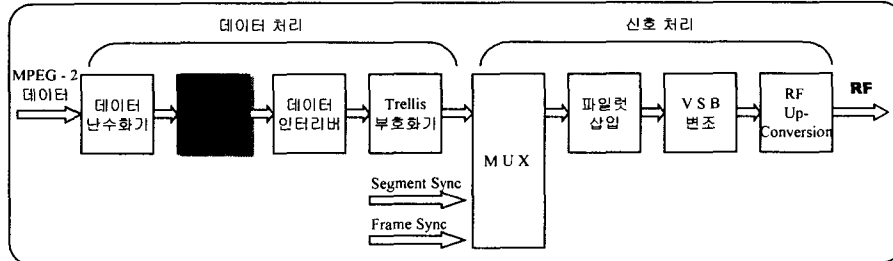


8-VSB 변조 구조 - 데이터 난수화기



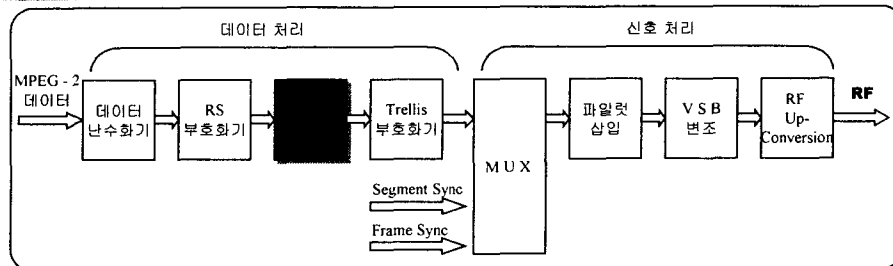
- 입력 데이터 바이트 난수화(Randomize)
이유 : 전송 데이터의 주기적인 반복 출현
특정주파수영역 에너지의 집중 / 비효율적인 채널 사용
집중된 에너지는 기존 NTSC 방송에 나쁜 영향
- 알고있는 난수 패턴(Pseudo random pattern)에 데이터를 실음
수신기에서 동일한 난수 패턴으로 복구
- 필드/ 세그먼트 동기는 남겨두고 프레임단위로 처리

8-VSB 변조 구조 - RS 부호화



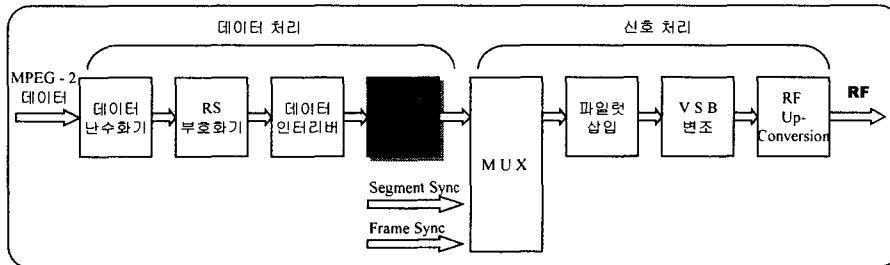
- 20바이트의 FEC 정보 삽입 (207, 187, t=10)
- 패킷당 10바이트의 에러처리
- 프레임 및 세그먼트 동기는 제외

8-VSB 변조 구조 - 데이터 인터리버



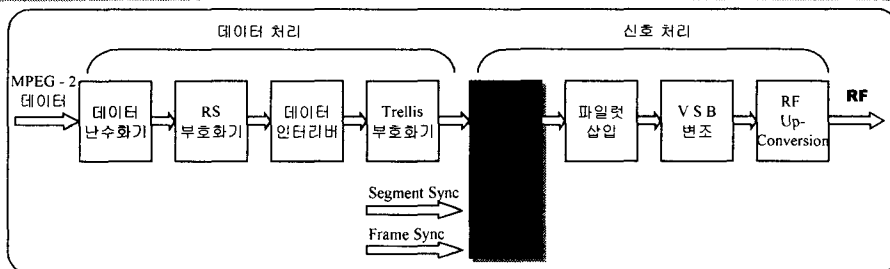
- 여러 세그먼트에 걸친 데이터 순서 섞기
 - 시간적으로 집중되는 노이즈 처리
 - 하나의 세그먼트가 손실되더라도 피해는 여러 세그먼트에서 고루 나눔
- $B=52, m=4, N=208, B \times m = N$
- 52세그먼트에서 뒤섞임(4msec)
- 프레임 동기를 기준으로 처리

8-VSB 변조 구조 - Trellis 부호화



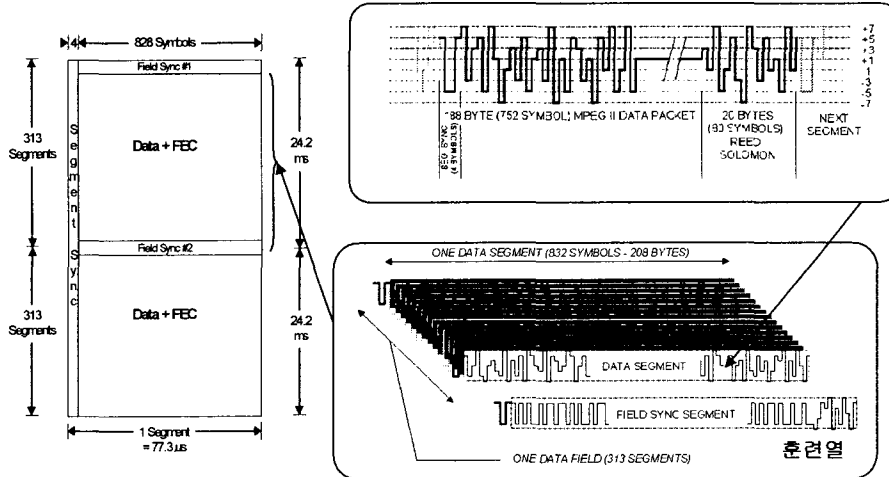
- 추가 데이터 비트의 삽입(2비트 당 1비트)
- 손실된 비트의 추적이 용이하게 함
- 데이터 매핑(mapping) 기능

8-VSB 변조 구조 - MUX



- 처리된 데이터에 세그먼트 및 프레임 동기 삽입
- 동기는 심볼클럭에 동기(심볼클럭은 전송클럭에 동기)

8-VSB 변조 구조 - 프레임 구조



8-VSB 변조 구조 - 필드 동기(훈련열)



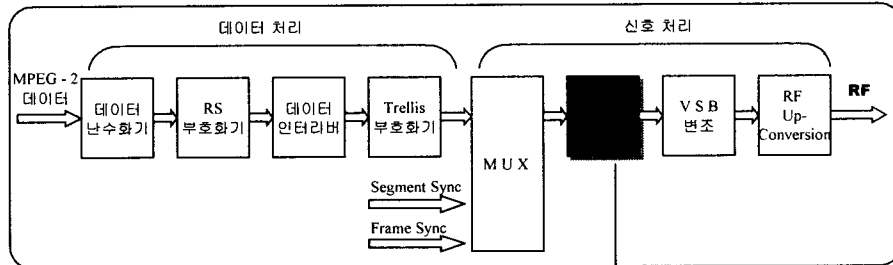
- A : 4 symbols segments sync.
- B : 511 symbols PN511 훈련열
- C : 63 symbols PN63 훈련열
- D : 63 symbols PN63 훈련열(반대 극성)
- E : 63 symbols PN63 훈련열
- F : 24 symbols VSB 모드
- G : 92 unused symbols
- H : 12 symbols trellis coding

* PN511 : $X^9 + X^7 + X^6 + X^4 + X^3 + X + 1$ (010000000)

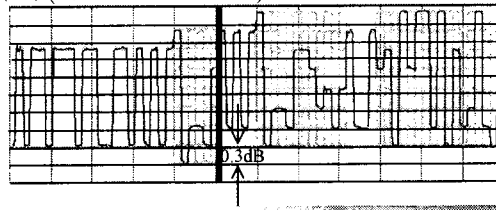
PN63 : $X^6 + X + 1$ (100111) (괄호는 초기 설정값)

- 필드동기신호의 역할
 - 시스템 필드 동기
 - 채널 상태(다중경로 등) 추정
 - 등화기 수렴을 위한 훈련 신호(훈련열) 등

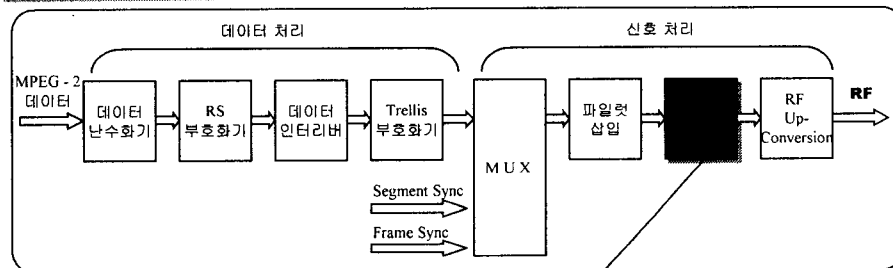
8-VSB 변조 구조 - 파일럿 삽입



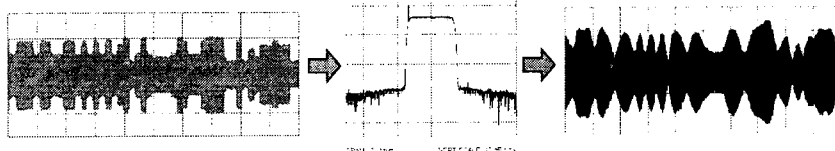
- I(In-phase)-데이터에 DC 삽입
- 전체 평균 전력에 대해 0.3dB 추가 (+7~-7 → +8.25~-5.75)



8-VSB 변조 구조 - VSB 변조

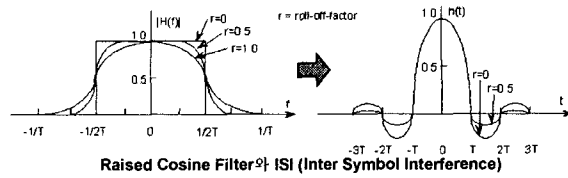


- 파형 정형(Root Raised Cosine Filter)



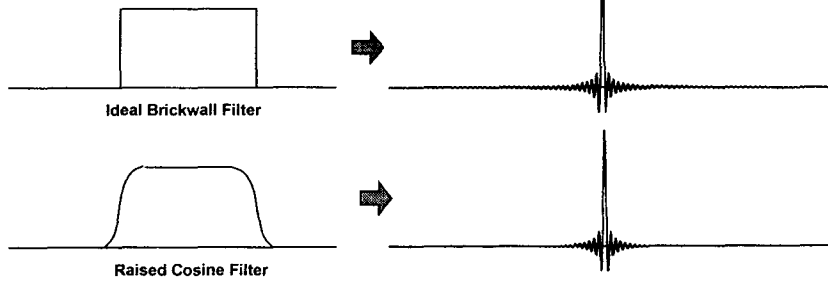
- 기저 대역을 44MHz IF 신호로 변환

8-VSB 변조 구조 – Pulse shaping(1)

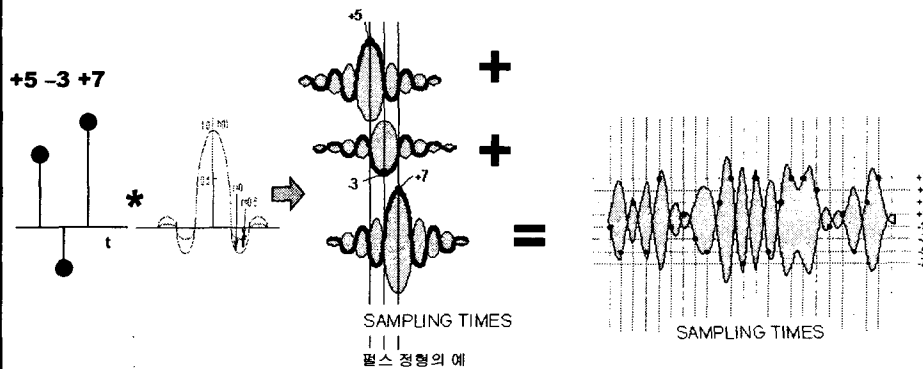


주파수

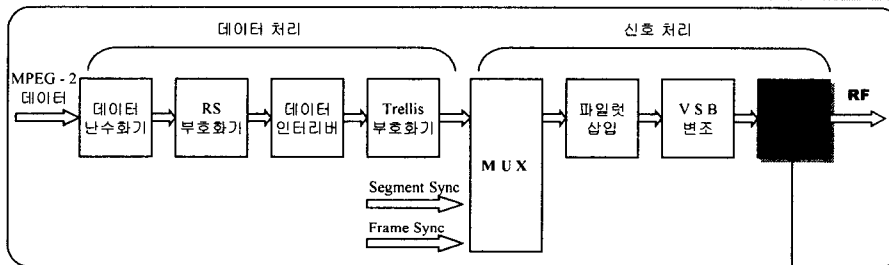
시간



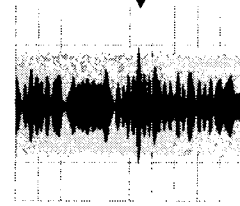
8-VSB 변조 구조 – Pulse shaping(2)



8-VSB 변조 구조 - RF Up-Conversion



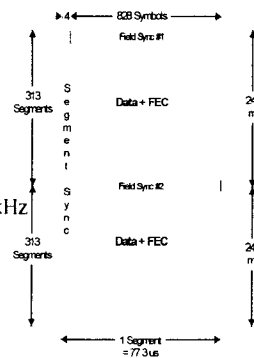
- 케이블/ 지상파 채널로 변환
- 위상 노이즈 특성 중요



8-VSB 변조 - 전송률 계산

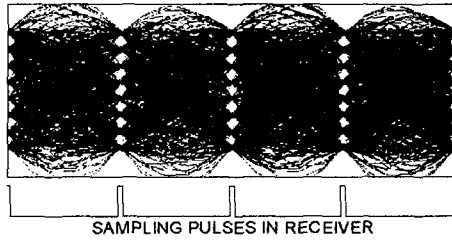
- 1 frame = 2 fields
- 1 field = 313 data segments (DS) [1 segment field sync]
- 1 DS = Segment Sync + 187 Byte payload + 20 Byte parity
= 208 bytes [1 byte segment sync]
- 1 packet = 188 Byte
- 1 Symbol = 3 bits x (2/3 trellis coding)
- Symbol rate (MHz) = $4.5/286 \times 684$
= 10.76 MHz
- * NTSC 수평주파수 : $4.5\text{MHz} / 286 = 15.734\text{kHz}$

- 실전송률 :
 $10.76 \times 2 \times 188/208 \times 312/313$
= 19.39Mbps

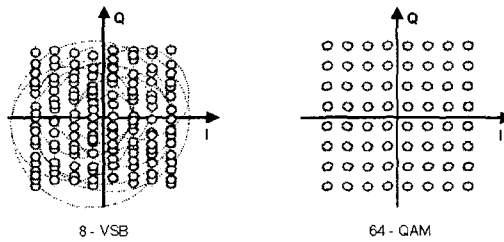


8-VSB 변조 측정 - 복조 후 기저대역 신호

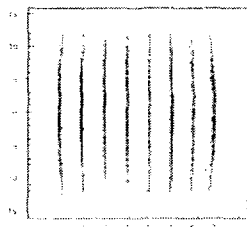
Eye Diagram
(In phase 신호)



Constellation
(I-Q 신호)

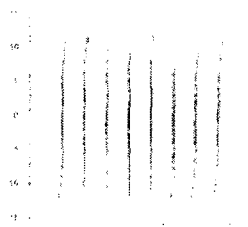


8-VSB 변조 측정 - 성상도 분석



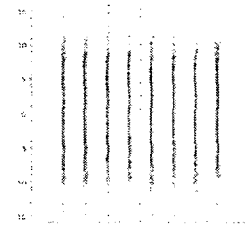
전송상의 Clipping 에러
(AM-AM 변환 에러)

- Peak-to-Average 및 Amplitude 에러와 연관
- 바깥으로 굽는 것은 비선형성과 연관



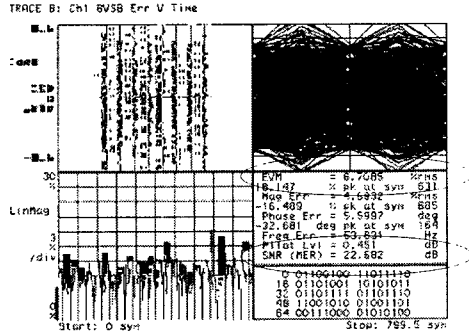
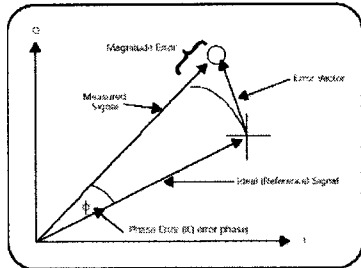
위상 에러
(AM-PM 변환 에러)

- 왜곡을 유발하는 캐리어의 변조있음



위상 좁음

8-VSB 변조 측정 - 복조 후 S/N 측정



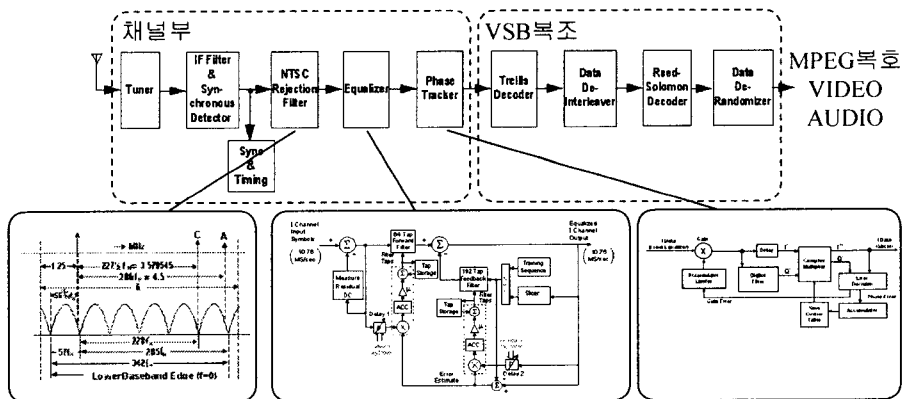
$$S/N = \frac{\text{Power (ideal I signal)}}{\text{Power (ideal I signal - actual I signal)}}$$

$$MER = \frac{\text{Power (ideal I-channel and Q-channel)}}{\text{Power (ideal I-channel and Q-channel - actual I-channel and Q-channel)}}$$

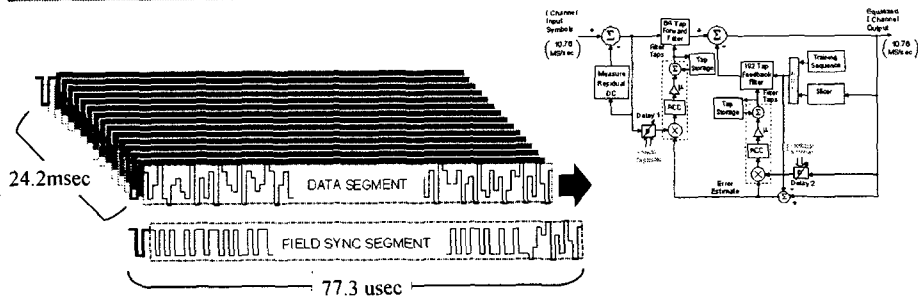
$$EVM = \frac{\text{RMS (ideal signal - Actual signal)}}{S_{max}} \times 100\%$$

* MER (Modulus Error Ratio)

8-VSB 복조 - 수신기의 구조



8-VSB 복조 - 훈련열과 등화기



■ 훈련열의 구조 및 동작

- LMS(Least Mean Square) 알고리즘 - 훈련열 및 데이터 사용
- DFE(Decision Feedback Equalizer)
 - 64탭 FF(feedforward) + 192탭 FB(feedback)



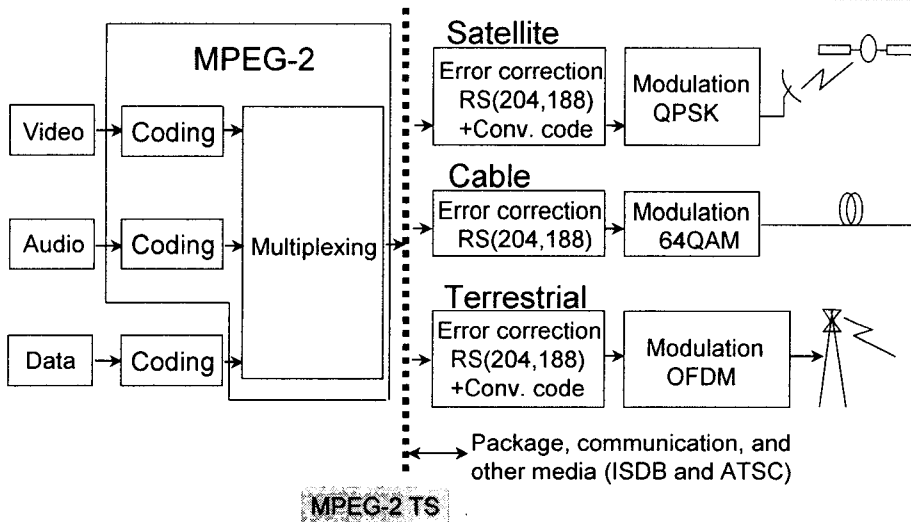
DVB-T 방식

DVB란?

- DVB (Digital Video Broadcasting)
 - 출범 : 1993년 9월
 - 참여회사 : 방송사, 가전사, 단체, 법제기관 등
 - 목적 : MPEG-2를 이용한 DTV 방송시스템 규격제정(1995 :DVB-T 채택)
 - 관련분야 : 위성방송, 케이블방송, 지상파방송, SMAT 등
 - 공통기술 : MPEG-2 오디오, 비디오
 - Concepts : Commonality (Flexibility, Expandability)

- DVB 표준
 - ETIS : European Telecommunications Standards Institute
 - 위성방송(DVB-S) : ETS 300 421
 - 케이블방송(DVB-C) : ETS 300 429
 - 지상파방송(DVB-T) : ETS 300 744
 - SMATV(DVB-CS) : ETS 300 473
: Small Master Antenna TV

DVB 시스템의 종류 - 위성, 케이블, 지상파



DVB-T 파라미터 – 8K/ 2K 모드

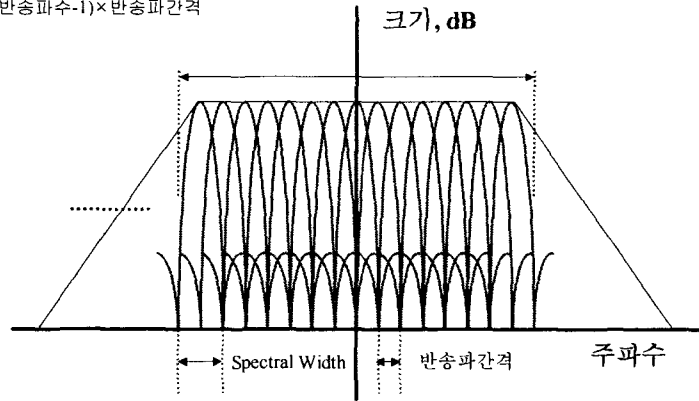
파라미터	8k 모드	2k 모드
반송파수, K	6,817	1,705
유효심볼, Tu	896 μ s	224 μ s
반송파간격, 1/Tu	1,116Hz	4,464Hz
Guard Interval, Tg	1/4	224 μ s
	1/32	28 μ s
대역폭, [K-1]/Tu (주 참조)	7.61MHz	7.61MHz
주1 : 7MHz 광역채널의 경우 6.66MHz		
주2 : 6MHz 광역채널의 경우 5.71MHz		

COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex)

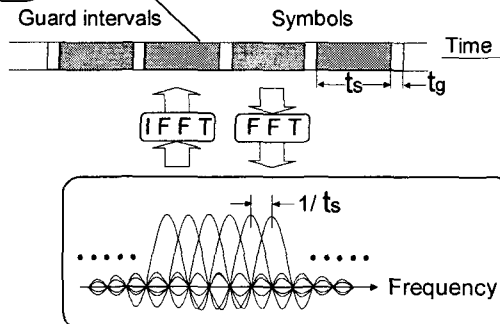
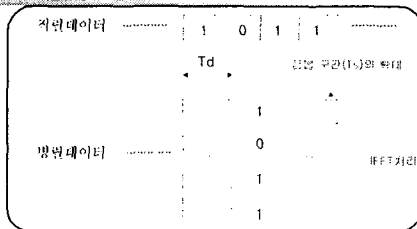
- 개요
 - 하나의 채널을 다수의 협대역 부채널로 분할하고, 서로 직교하는 다수의 부반송파를 각 협대역 채널에 할당 이를 변조하여 다중화하는 기법
 - Chang(1966)과 Saltzberg(1967)가 처음으로 제안
- 장점
 - 펄스 성형필터가 불필요, 스펙트럼 사용효율이 높음
 - 심벌간 간섭에 강함, 채널등화 불필요
- 단점
 - 비선형 왜곡에 민감하여 직교성 상실
송신기에서 선형증폭요구
 - OFDM 변조된 신호는 그 진폭이 Gaussian 분포를 가지므로 PAPR(Peak to Average Power Ratio)가 큼
 - 엄격한 동기 요구 : 수신단에서 FFT 윈도우 동기화, 주파수 옵셋보정 요구

COFDM의 스펙트럼

대역폭 = (반송파수-1) × 반송파간격



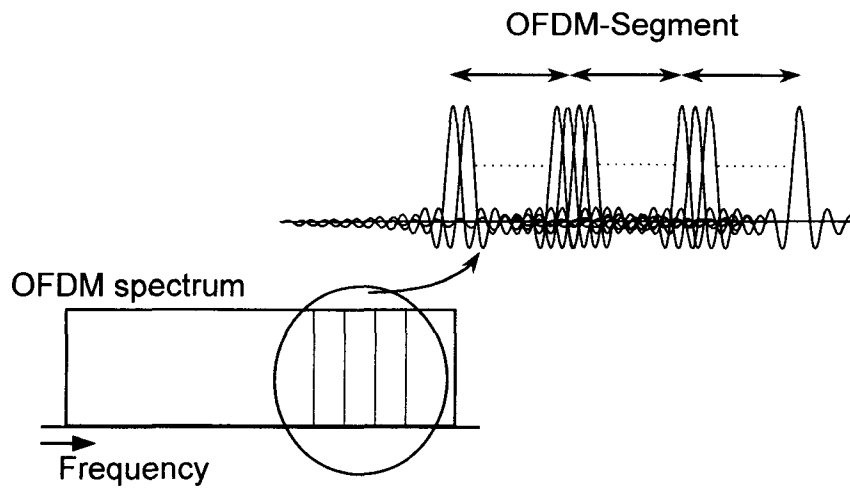
COFDM의 병렬 처리와 변조



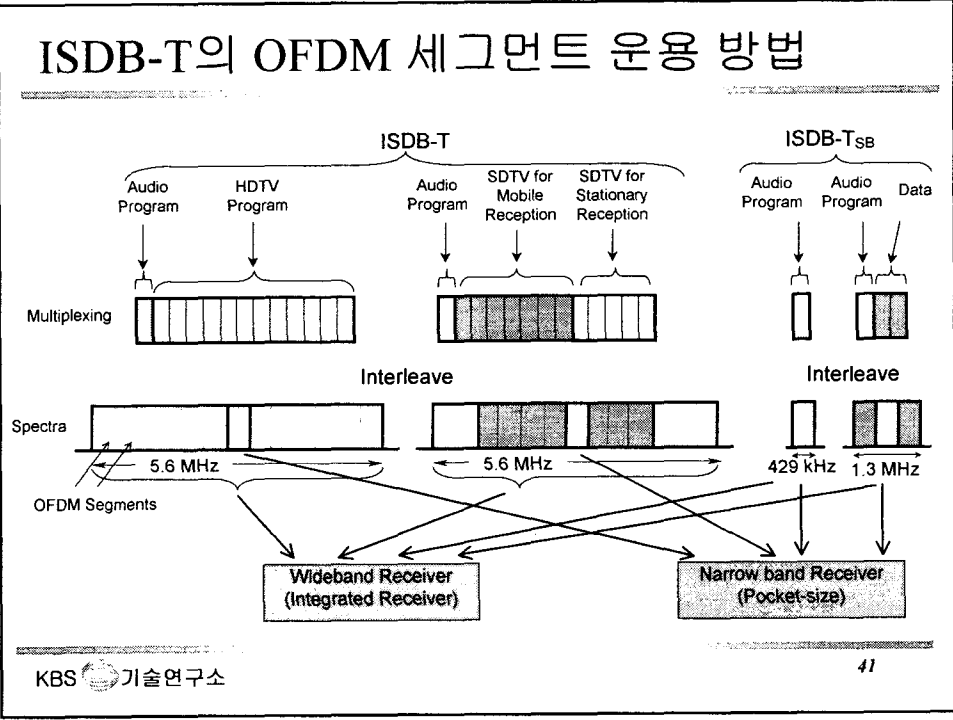


ISDB-T 방식

ISDB-T의 스펙트럼

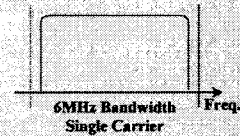
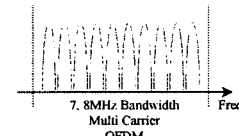
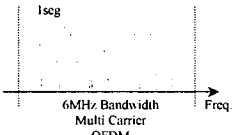


ISDB-T의 OFDM 세그먼트 운용 방법



DTV 방식 비교

지상파 방송 방식 비교

구분	북미(한국)	유럽	일본
Spectrum 형상	 6MHz Bandwidth Single Carrier	 7.8MHz Bandwidth Multi Carrier OFDM	 1seg 6MHz Bandwidth Multi Carrier OFDM 13 Segments(432KHz x 13) = 6MHz
변조 방식	8VSB	DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 등에서 선택	DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM 등에서 선택 Segment 단위로 방식 변경가능
압축 방식	영상 : MPEG-2 음성 : AC-3	MPEG-2 MPEG-2	MPEG-2 MPEG-2
특징	- 비교적 저가의 수신기 - 중계기 설치 용이	- 반사파 및 Multi Path에 강하다 - SFN(Single Frequency Network) 이 가능	- 반사파 및 Multi Path에 강하다 - SFN(Single Frequency Network) 이 가능

지상파 방송 방식 비교 - 상세비교

System	ATSC	DVB-T	ISDB-T
Modulation	8VSB	OFDM	Segmented OFDM
Carrier modulation	-	QPSK, 16QAM, 64QAM	DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
Error correction	2/3 Trellis Code, RS(207,187)	Conv.code(1/2-7/8), RS(204,188)	Conv.code(1/2-7/8), RS(204,188)
Time interleave	No	No	0 - 0.5s
Multiplex	MPEG-2 Systems (ISO/IEC 13818-1)		
Video coding	MPEG-2 Video (ISO/IEC 13818-2)		
Audio coding	AC-3	MPEG-2(AC-3)	MPEG-2 AAC
Data broadcasting	HTML4.0	DVB-MHP	BML (based on XML1.0)
Information bit rate in a 6MHz channel	19.4 Mbit/s	3.7 - 23.5 Mbit/s	3.7 - 23.2 Mbit/s

AAC : Advanced Audio Coding (AAC 144kbps ≒ MPEG1 Layer2 192kbps)



III. ATSC 전송성능개선

방식개선의 필요 대두 - 고스트, 약한전계강도

■ 어떻게 하면 고스트를 잘 제거할 것인가?

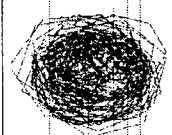
현재 혼련열의 문제점
충분히 길지 않다(77.3usec)
충분히 자주 있지 않다(24msec)
충분히 좋지 않다(PN511,63)



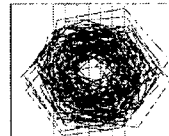
혼련열의 개선
Conexant, Oren
Broadcom, PLM
Sarnoff

■ 어떻게 하면 낮은 C/N의 신호도 수신가능한가?

현재 데이터 레벨의 문제점
8레벨은 구분하기 힘들다



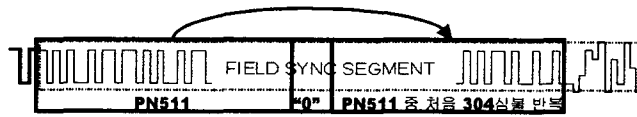
2레벨 데이터 삼입(강인 데이터)
Zenith/Nxtwave, Philips



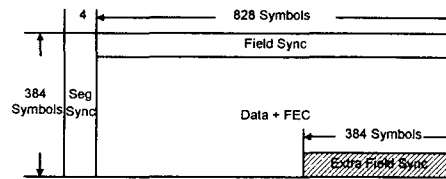
주요 제안 규격 - 훈련열 / 강인 데이터

훈련열 개선

Oren

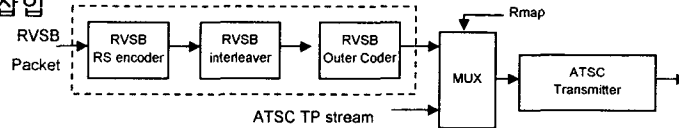


BroadCom



Robust 데이터 삽입

Zenith/
Nxtwave



ATSC 전송 성능 개선 일정

- Issue RFP: January 25, 2001
- Respondents Q&A session: February 15
- Letters of intent to propose: March 2
- Written responses to RFP: April 2
- Proponent presentations: June 6-7
- Proof of concept(s): August 6
- Selection of technology for field tests: September 14
- Field tests begin: ~~November 14~~ ?
- Review of field tests: ~~January 15~~ → May 14, 2002
- Adoption of standard or revision to A/53 by T3/S9: ~~January 31~~ → May 30, 2002



IV. 정리

정리 및 전망

- 고품질, 고음질
- 새로운 기술 채용으로 수신 기술 향상
- 2010년 까지 지상파 방송의 완전 DTV 전환 목표
- 난시청 문제 해결 - 중계기, 유선망 이용

- 홈네트워크에서의 중심 - DTV
- 방송 통신의 융합
- 데이터 방송 및 양방향 서비스 도입
- 이동 수신 및 멀티미디어 서비스 도입

References

- [1] www.kbs.co.kr/techcenter [2] www.pbs.org [3] 방송방식발전위원회기술세미나
[4] www.atsc.org [5] www.dvb.org [6] www.harris.com [7] www.zenith.com

