

# 디지털 방송 시스템의 시뮬레이션 및 인접 채널간 간섭 분석

하연철\*, 고봉진\*, 최용석\*\*

\* 창원대학교, \*\*한국전자통신연구원

## 목 차

I. 서론	V. 방송 변조 방식과 무선 전송 채널
II. 디지털 방송의 개요	VI. 디지털 방송 시스템 시뮬레이션
III. ATSC 8-VSB 전송 시스템	VII. 결 론
IV. ATSC 방송 시스템의 RF 특성	

## I. 서론

1941년 미국에서 NTSC 방식의 컬러방송이 표준으로 채택되어 방송된 이래 최근 들어 방송, 미디어 환경이 급속히 디지털 화되어 가는 추세이다. 초고속 인터넷의 보급으로 이미 많은 사람들이 고화질, 다기능의 디지털 매체의 위력을 경험하고 있다. 다양한 미디어 매체 중에서도 산업 전반에 가장 큰 영향을 미치게 될 것이 바로 텔레비전의 디지털화일 것이다[1].

본격적인 디지털 TV 시대가 도래하고, 신호처리 및 RF 전송 기술의 발전에 따라 컬러 TV가 수십 년을 지배해 왔던 방송 미디어 계통에 큰 변화를 가져올 것은 분명하다. 때문에 현재 까지도 세계 각국은 디지털 방송의 표준을 정하는데 있어 많은 시간과 노력을 기울이고 있다. 북미와 유럽에서 채택하고 있는 두 전송 방식의 우열을 가리기 힘든 상황에서, 우리나라는 1997년 한국정보통신기술협회(ITA)에서 지상파 디지털 방송 전송 시스템의 표준으로 ATSC의 8-VSB를 선택했고, 이를 기반으로 시험방송과 본 방송을 진행해 오고 있다[2]-[4].

본 논문에서는 지상파 디지털 방송 시스템, 특히 핵심이 되는 전송 시스템을 모델링하여 baseband 시뮬레이션하고, 국내 표준과 동일한 ATSC 8-VSB 전송 시스템에서의 인접 채널과의 간섭 영향을 passband 시

뮬레이션하여 그 결과를 도시하였다.

## II. 디지털 방송의 개요

### 2.1 디지털 방송의 개념

현재의 디지털 방송은 국제통신연합(ITU)의 HDTV에 대한 정의로 간단하게 표현할 수 있다. 국제통신연합(ITU)은 HDTV를 '현행 TV보다 2배 이상의 수평, 수직해상도를 가지며 색번짐(Cross Color) 등과 같은 문제점을 개선하고, 현행 TV보다 넓은 16:9의 화면과 CD 음질 수준의 디지털 오디오 성능을 갖는다.'라고 정의하고 있다. 표 1에 아날로그 방송과 디지털 방송의 차이점을 간략하게 요약하여 나타내었다.

표 1. 아날로그 방송과 디지털 방송의 비교

구분	아날로그 방송	디지털방송	
		SDTV	HDTV
해상도	330선	700선 이상	
주사선	525개	704×480i	1920×1080i
음향	2ch(stereo)	Dolby 5.1ch(AC3)	
화면비 (가로:세로)	4:3	4:3 or 16:9	16:9

부가기능	문자다중	홈쇼핑, 홈뱅킹, 인터넷 검색 등	
전송방식	VSB, AM 등	8-VSB, OFDM, QAM, QPSK 등	
영상품질	기존 TV	SD급 (표준화질)	HD급 (고선명)
음성품질	FM	CD 수준 음질	
데이터저장	VCR	DSM (Digital Storage Media)	
잡음	반사파 (코스트)	양자화 잡음	
암호화	단순 (스크램블)	고수준 암호화 가능	
멀티미디어서 비스	구현곤란	구현용이	

## 2.2 디지털 지상파 방송 시스템의 개요

일반적인 디지털 지상파 TV 방송 시스템의 기본적인 구성도는 그림 1과 같다. 그림 1은 ITU-R, Task Group 11/3(디지털 지상방송)에서 채택된 것으로 신호원 부호화와 압축, 서비스 다중화와 트랜스포트, 그리고 RF/변조 및 전송과 같은 3개의 서브시스템으로 구성된다.

여기서, 신호원 부호화와 압축은 영상, 음성 및 디지털 보조 데이터 스트림의 비트율을 감소시키며 데이터 압축이라고도 한다. 서비스 다중화와 트랜스포트는 디지털 데이터 스트림을 패킷화하는 방법과 패킷에 관한 정보, 그리고 영상 데이터 패킷과 음성 데이터 패킷, 보조 데이터 패킷을 한데 묶어 하나의 데이터 열로 만드는 역할을 한다. RF/변조 및 전송은 채널 부호화와 변조부를 규정한다.

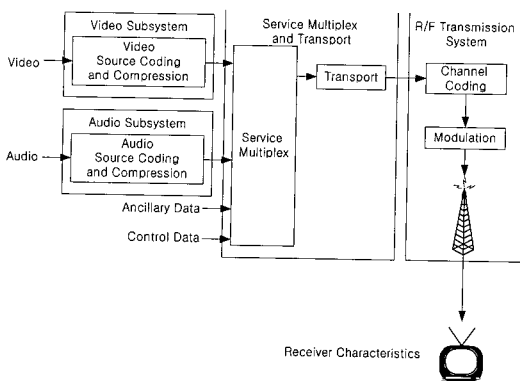


그림 1. ITU-R 디지털 지상파 방송 시스템 모델

## III. ATSC 8-VSB 전송 시스템

### 3.1 ATSC 8-VSB 전송 시스템의 개요[5]-[8]

우리나라 지상파 디지털 TV 방송 표준은 1997년 11월에 전송방식을 8-VSB(Vestigial Side Band), 비디오 압축방식을 MPEG-2, 오디오 압축방식을 Dolby AC-3로 결정하였다. 이는 ATSC(Advanced Television Standard Committee)의 규격을 따르고 있다.

ATSC 전송방식은 NTSC 주파수 대역을 기본으로 하고 있고, 송수신기 구현의 용이성, 경제성 측면에서 우수하다[8]. 이러한 ATSC 전송방식은 단일 반송파 진폭변조 잔류 측파대 방식(VSB)으로써 단일 6MHz 대역폭으로 고품질의 비디오, 오디오 및 보조 데이터를 전송하며 두 가지 방송모드, 즉 지상파 방송모드와 고속 데이터 방송모드를 지원하게 되어있다.

8-VSB 방식은 6MHz 채널에 19.39Mbps의 데이터를 전송할 수 있다. 그림 2는 8-VSB 방식의 송신 시스템의 블록도를 나타낸다.

8-VSB 송신 시스템의 입력 데이터는 트랜스포트 시스템으로부터 입력되며, 입력 데이터는 한 패킷(세그먼트)이 188바이트로 구성된 MPEG-2 TS(Transport Stream)의 구조로 되어 있고, 19.39Mbps의 데이터율을 갖는 직렬 데이터열(Serial Data Stream)이다. 그리고 188바이트로 구성된 패킷 중 1바이트는 동기 바이트이고, 나머지 187바이트는 정보가 실려있는 페이로드 데이터로서 페이로드 데이터의 데이터율은 19.28Mbps이다.

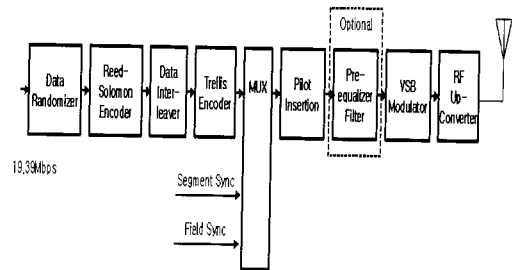


그림 2. 8-VSB 송신 시스템 블록도

### 3.2 데이터 난수화기(Data Randomizer)

난수화기의 목적은 입력 데이터를 난수화하여 스펙트럼을 전 대역에 걸쳐 분산시킴으로써 특정 주파수

에 에너지가 집중되는 것을 방지하고 주기적인 패턴으로 인한 수신기의 오동작을 방지하는데 있다. 데이터 난수화기는 필드 동기, 세그먼트 동기, RS 부가 바이트를 제외한 모든 입력 데이터를 난수화 하기 위해 사용되며, 입력데이터와 16비트 최대 길이 의사 랜덤 이진열(Pseudo Random Binary Sequence)을 배타적 논리합(XOR) 연산한다.

### 3.3 리드 솔로몬 부호기(Reed-Solomon Encoder)

채널에서 발생하는 오류를 고치기 위해 RS 부호를 사용한다. VSB 전송 시스템에서 사용되는 RS 부호는  $t=10(207, 187)$ 이다. 즉, RS 데이터 블록의 크기는 187바이트이고, 20개의 RS 부가 바이트가 오류 정정을 위해 더해진다. 따라서 207바이트 크기의 전체 RS 블록이 데이터 세그먼트 마다 전송되어지고, 수신기에서 대수학적 성질을 이용하여 채널 오류를 정정하거나 검출한다.

### 3.4 인터리빙(Interleaving)

인터리버는 RS 부호의 연접 오류 정정 능력을 강화하기 위해 데이터의 순서를 바꾸어 보내는 역할을 한다. VSB 전송 시스템에서 채용한 인터리버는 52 데이터 세그먼트 길썸 바이트 인터리버(Convolutional byte interleaver)이다. 인터리빙은 데이터 필드의 1/6 깊이(4ms)까지 행해지며 데이터 바이트만 인터리빙된다. 인터리버는 데이터 필드의 첫 번째 바이트에 동기된다. 세그먼트내의 인터리빙도 격자 부호화의 이점을 살리기 위해 행해진다.

### 3.5 격자 부호화(Trellis Coding)

격자 부호화(Trellis coding)도 오류정정부호화의 일종으로 시간에 따른 신호의 경과를 추적하여 오류데이터를 복구하는 방식이다.

8-VSB 전송 시스템에서는 부호화율이  $2/3(R=2/3)$ 인 격자 부호를 사용한다. 하나의 비트는 부호화하지 않고 전치부호화(Precoding)하며, 다른 비트는 1/2 데이터율로 길썸부호화(Convolutional coding)하여 2비트를 출력하므로 3비트 8-VSB 신호가 된다.

### 3.6 데이터 세그먼트 동기

매핑된 심볼 데이터는 데이터 세그먼트 동기신호와

데이터 필드 동기신호를 삽입하는 다중화기를 통과한다. 그 중 2레벨 4심볼 데이터 세그먼트 동기신호는 각 데이터의 시작 부분에서 8레벨 디지털 데이터열에 삽입된다. 하나의 세그먼트는 832심볼로 구성되어 있는데 이중 처음 4심볼은 데이터 세그먼트 동기이고, 나머지 828심볼은 랜덤 데이터와 RS 부호기의 부가 데이터로 구성된 심볼로 이루어져 있다. 이때, 데이터 세그먼트 동기는 2레벨( $\pm 5$ )값을 가지며 77.3 $\mu$ s간격으로 규칙적으로 반복된다. 이러한 데이터 세그먼트 동기신호는 RS나 격자 부호화를 하지 않고 인터리빙도 하지 않는다.

### 3.7 데이터 필드 동기

데이터는 데이터 세그먼트로 나누어질 뿐 아니라, 데이터 필드로도 나누어진다. 각 필드는 313세그먼트로 구성되어 있다. 각각의 데이터 필드 동기신호는 24.2ms의 간격으로 규칙적으로 반복되며 데이터 세그먼트 동기신호를 시작으로 하나의 완전한 세그먼트로 구성된다. 또한, 각 심볼은 2레벨( $\pm 5$ )로 나타내며 데이터 필드 동기신호의 832심볼은 그림 3에 정의되어 있다.

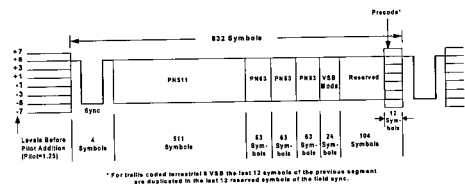


그림 3. 데이터 필드 동기신호

## IV. ATSC 방송 시스템의 RF 특성

8-VSB 송신 시스템을 거친 신호를 최종적으로 출력하는 송신기 출력신호는 아날로그 방송 채널, 디지털 방송 채널간 간섭을 없애기 위해 대역의 방사에 대해 채널경계로부터 500KHz까지는 평균송신전력을 기준으로 47dB 감쇄하고, 채널경계로부터 6MHz 이상은 평균송신전력을 기준으로 110dB 감쇄하며, 채널경계로부터 0.5MHz~6MHz는 평균송신전력을 기준으로 -11.5( $\Delta f+3.6$ )[dB]를 감쇄하도록 하고 있다. 여기서,  $\Delta f$ 는 채널경계로부터의 주파수차(MHz)를 말한다. RF특성을 살펴보면 먼저 채널 대역폭은 6MHz이고, 롤-오

프(roll-off)의 값은 0.1152로 정해져 있어 초과 대역폭량은 11.5%가 된다. 심볼율은 10.76Msymbol/s이며, 한 심볼 당 비트 수는 3비트이다. 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/N비(Carrier to Noise Ratio)는 14.9dB이다.

또한, 선택성 페이딩에 있어서도 주파수 대역폭이 1/2이므로 DSB 보다 영향을 적게 받는다. 만일, VSB 신호와 충분히 큰 반송파를 함께 보내면 수신측에서도 비동기 검파로 정보신호를 얻을 수 있다.

## VI. 디지털 방송 시스템 시뮬레이션

### V. 방송 변조 방식과 무선 전송 채널

#### 5.1 VSB 변조 방식

VSB(Vestigial Side Band : 잔류측파대) 변조방식은 SSB(Single Side Band : 단측파대) 변조와 DSB(Double Side Band : 양측파대) 변조의 절충방식을 말한다. 이 방식에서는 SSB에서 처럼 한쪽 측파대를 완전히 제거하지 않고 한쪽 측파대의 일부를 남기도록 하는 필터를 사용한다. 아래 그림 4와 같이 DSB에 비해 약 30%의 대역이 절약된다.

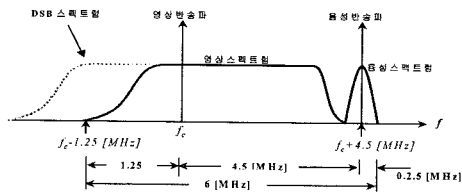


그림 4. VSB 전송신호

#### 6.1 시뮬레이션 블록 설계

지상파 디지털 방송 시스템 시뮬레이션 블록은 ATSC 표준에 의거하여 다음 표 2에 나열된 파라미터를 사용하였다.

표 2. ATSC 8-VSB 파라미터

파라미터	특성	파라미터	특성
채널대역폭	6MHz	Segment Length	832 symbols
초과대역폭	11.5%	Segment Sync	4symbols/segment
Symbol Rate	10.76 Msymbol/s	Frame Sync	1/313 segment
Bit/Symbol	3	Payload Data Rate	19.28Mbps
Trellis FEC	2/3 rate	Pilot Power Contribution	0.3dB
RS FEC	T=10 (207,187)	C/N Threshold	14.9dB

Baseband 시뮬레이션은 입력단과 출력단의 데이터를 비교하여 채널 환경 변화에 따른 비트에러율(BER)을 측정하였다.

그림 5에 전체 Baseband 시뮬레이션 블록도를 나

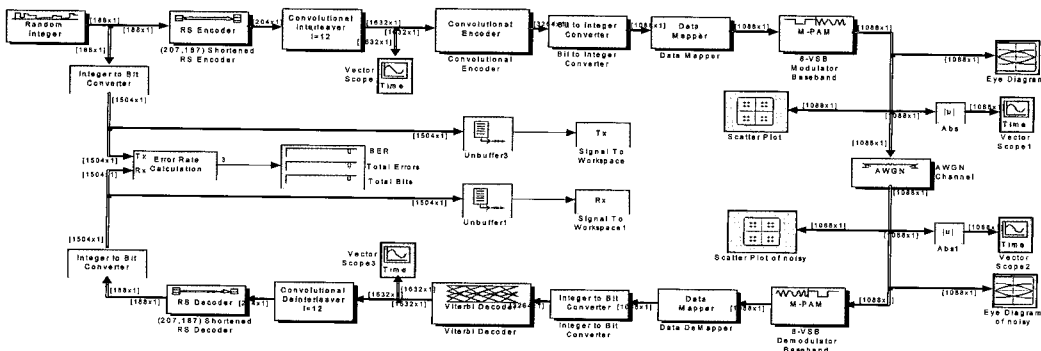


그림 5. Baseband 시뮬레이션 블록도

타내었다.

전체 Passband 시뮬레이션 블록도를 그림 6에 나타내었다. 그림 6에서 Passband 시뮬레이션은 두 개 채널이 적당한 간격으로 동시에 전송되는 환경에서 송신 데이터와 출력 데이터를 이용하여 평균 오율을 구한 후, 이 데이터를 기반으로 채널 간격에 따른 채널 상호간 간섭을 분석하였다.

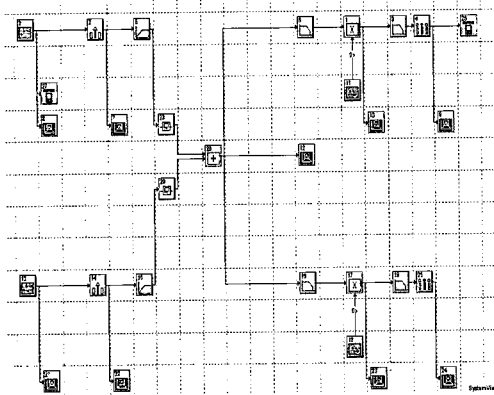


그림 6. Passband 시뮬레이션 블록도

### 6.2 Baseband 시뮬레이션

그림 7은 AWGN 채널(SNR=5dB) 통과 후의 Eye Diagram과 성상도를 나타내었다. AWGN 채널 환경에서 입력신호파워를 1와트로 주었을 때 Baseband 시뮬레이션 결과, SNR이 3dB일 때 BER은 0.0215, 4dB일 때 0.0109, 5dB일 때 0.0016, 그리고 5.5dB일 때 0.0002를 각각 나타내었다.

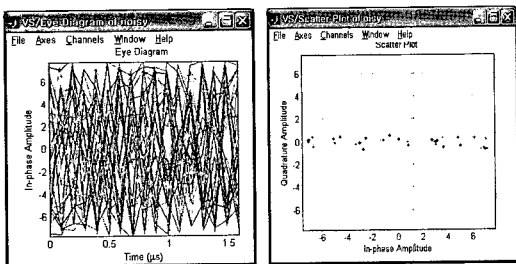


그림 7. Eye Diagram과 성상도(SNR=5dB)

### 6.3 Passband 시뮬레이션

Passband 시뮬레이션은 독립적인 두 개의 PN

Sequence Generator를 통해 8-레벨의 데이터를 10.7Mbps 속도로 생성하여 각각의 채널에 입력하였고, 이를 변조하였다. 그림 8은 두 채널의 합성신호의 파형과 스펙트럼을 나타내었다.

인접 채널간 간섭은 주파수 이격 정도와 전파 채널 환경에 의한 영향을 받게된다[9][10]. 시뮬레이션은 전파 채널 환경의 영향이 없는 상태에서 두 채널간 간격을 이격시켜 가면서 송신단의 데이터값과 수신단의 데이터값을 비교하여 평균 오율을 산출한것과 Rician 페이딩하에서의 인접 채널간 간섭 영향을 그림 9에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 전파 채널 환경의 영향이 없는 상태에서는 채널간 간격이 20MHz 이상 이격되면 거의 채널간 간섭이 일어나지 않음을 알 수 있었고, Rician 페이딩하에서는 채널간 간격이 충분히 이격되어도 0.02정도의 오율을 나타내었다. 또한, 채널간 이격 주파수가 15MHz를 넘어가면서부터는 페이딩이 존재 할 때와 그렇지 않은 경우의 차이가 많음을 알 수 있다.

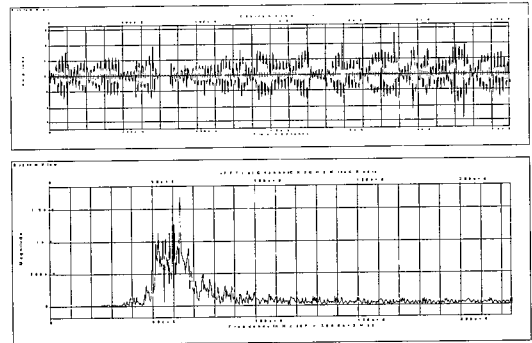


그림 8. 인접 채널의 합성신호 파형

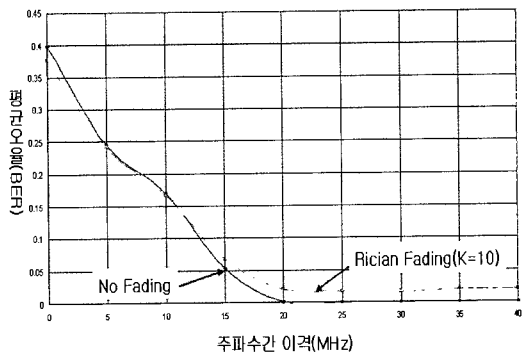


그림 9. 인접 채널간 간섭(K=10)

VII. 결론

본 논문에서는 지상파 디지털 방송 시스템의 전반적인 개념을 알아보고, 현재 국내 표준의 근간이 되는 ATSC 표준을 분석하였다. 그리고 표준에 의거하여 전파 채널 환경의 영향과 인접 채널간 간섭을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 시뮬레이션 결과, Rician 페이딩을 고려하지 않았을 경우에는 주파수 간격이 20MHz 이상 떨어지면 인접 채널 간섭의 영향이 없었고, Rician 페이딩이 있는 경우, 간섭이 없더라도 페이딩에 의한 성능의 저하가 있음을 알 수 있었다.

앞으로 지상파 디지털 방송의 효율적인 서비스를 위해서는 실제 중계소에서 사용되는 RF단의 파라미터 및 무선 채널 파라미터 등을 고려한 중계소와 수신기 간의 방송 채널 환경에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] D. A. Bryan, M. Ghosh, and S. N. Hulyalkar, "Channel coding, modulation and television," Philips

Journal of Research, vol. 50, no.1-2, pp. 131-157, 1996.  
 [2] Zenith and AT&T Bell Lab. "Digital spectrum-compatible HDTV: Technical Details," FCC ACATS Document Sep. 1991.  
 [3] W. Bretl and R. Citta, "Single carrier VSB digital television transmission, single-frequency networks, and repeater system," *IEEE Trans. Consum. Elec.*, vol. 42, no. 1, pp. 1-10, Feb. 1996.  
 [4] ITU-R Document 11-3/55-E, "Coverage Extension with Digital VSB Transmission".  
 [5] 지상파 디지털 TV 방송 송수신 정합표준, 한국 정보통신 기술협회(ITA), 정보통신단체 표준 TTAS.KO-07.0014, 2000. 12. 20.  
 [6] ATSC Digital Television standard, ATSC Doc. A/53, 1995. 9. 5.  
 [7] <http://www.atsc.org>  
 [8] 박지형, 김강수, 디지털 텔레비전 전송기술, 커뮤니케이션북스, 2002.  
 [9] J. B. Anderson, T. S. Rapport, and Susumu Yosida, "Propagation measurements and models for wireless communications channels," *IEEE Comm. Magazine*, pp.42-49, Jan. 1995.  
 [10] T. S. Rapport, *Wireless Communications Principle and Practice*. Prentice-Hall, 1996.

저자소개



하연철

1998년 2월 창원대학교 전자공학과 졸업  
 2000년 2월 창원대학교 전기전자제어공학과 석사  
 2005년 5월 창원대학교대학원 현재 전자공학과 박사과정

※관심분야: D-TV, UWB, OFDM



최용석

1994년 동경대학교 대학원 전파물리학 박사  
 1983년 ~ 1986년 공군 레이더 분석관  
 1989년 11월 ~ 현재 한국전자통신연구원 디지털방송연구단 책임연구원

※관심분야: 전파전파, 주파수 자원, 무선통신시스템

고봉진



1995년 항공대학교 전자공학과 박사  
 1994년 ~ 1996년 인하공업전문대학 통신과 조교수  
 1997년 한국전자통신연구원 초빙연구원  
 1996 ~ 현재 창원대학교 전자공학과 교수

※관심분야: 4G 이동통신, D-TV, HAPS