

D-TV 시스템의 성능해석 및 시뮬레이션

윤혁준^{*} · 하연철^{*} · 고봉진^{*}

^{*}창원대학교

Analysis and Simulation of D-TV System

Hyeok-Joon Youn^{*} · Yeon-Chul Ha^{*} · Bong-Jin Ko^{*}

^{*}Changwon National University

E-mail : bjko@changwon.ac.kr

요 약

본 논문에서는 ATSC 8-VSB 전송 시스템에서 8-VSB 신호의 페이딩과 간섭에 대한 오울식을 유도하여 그 결과를 시뮬레이션 결과와 함께 도시하였다. 또한, 표준 파라미터에 의한 송수신기 모델링을 Baseband 시뮬레이션 하였으며, 인접 채널간 간섭에 대해서는 Passband 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과, Rician 채널을 고려하지 않았을 경우에는 주파수 간격이 20MHz 이상 떨어지면 간섭이 거의 없었고, Rician 채널의 경우, 간섭이 없더라도 페이딩에 의한 성능의 저하가 있음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we simulated terrestrial digital broadcasting system and analyzed the performance of 8-VSB signal and carried out baseband simulation of tranceiver modeling by standard parameter and passband simulation for interchannel interference. Also, an error rate equation for fading and interference of 8-VSB signal is derived. As a result, the case not to consider Rician fading, the influence of the interference did not exist if frequency interval fell off over the 20MHz. The case to consider Rician fading, the system had the degradation of the performance.

키워드

D-TV, ATSC, VSB, Interference

1. 서 론

디지털 방송이란 작은 의미로는 방송의 전송이 디지털 방식으로 되는 경우를 뜻하나 넓은 의미로는 방송 프로그램의 제작, 송출, 수신에 이르기까지 모든 과정의 디지털화를 의미한다[1]. 따라서, 디지털 TV 방송은 다양한 미디어 매체 중에서도 산업 전반에 가장 큰 영향을 미치게 될 것으로 예상된다. 지상파 디지털 TV 방송의 경우, 1998년 9월 영국의 BBC에 의해 세계 최초로 전국 규모의 디지털 방송이 시작된 데 이어서, 11월에는 미국의 4대 방송사가 주요 도시에서 지상파 디지털 TV 방송을 시작하였으며, 일본, 독일, 프랑스 등 주요 선진국에서도 디지털 방송이 시작되고 있다[2]. 우리나라는 1999년 6월 시험방송을 시작으로 2001

년 10월 디지털 지상파 TV 본방송이 개시되었고 2002년 3월에는 디지털 위성방송이 실시되었으며, 2005년 2월부터 케이블 TV도 디지털 방송을 시작하여 본격적인 디지털 TV의 시대를 맞이하였다. 또한, 신호처리 및 RF 전송기술의 발전으로 쉐어 TV가 수십 년 동안 지배해 온 방송, 미디어 계통에 디지털 TV가 또 다시 한번 커다란 변화를 가져올 것은 분명한 사실이다. 따라서 지금도 세계 각국은 디지털 방송의 표준을 정하는데 많은 노력을 기울이고 있다.

COFDM을 기반으로 한 유럽방식(DVB-T)과 8-VSB 기반의 미국방식(ATSC)의 우열을 논하기 힘든 상황에서 우리나라는 1997년 한국 정보통신기술협회(ITA)에서 지상파 디지털 방송 전송 시스템의 표준으로 ATSC의 8-VSB 방식을 선택하여 시험 방송 및

본방송을 진행해 오고 있다[3].

본 논문에서는 우리나라 지상파 디지털 방송 전송 시스템의 표준으로 채택된 ATSC 8-VSB의 표준 파라미터를 이용하여 디지털 방송 시스템을 시뮬레이션 하였으며, 방송 중계소와 수신 장비 간 채널의 영향을 고려하여 시뮬레이션 하였다. 또한 인접 채널간의 영향을 Passband 시뮬레이션 하여 그 정도를 알아보았으며, 채널의 영향을 고려한 8-VSB 신호의 성능 및 간섭 정도도 수치계산 하였다.

II. ATSC 8-VSB 전송 시스템의 개요

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 따른다.

ATSC 전송방식은 NTSC 주파수 대역을 기본으로 하고 있고, 송수신기 구현의 용이성, 경제성 측면에서 우수하다. 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 1은 8-VSB 방식의 송신 시스템의 블록도를 나타낸다.

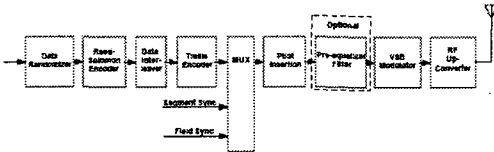


그림 1. 8-VSB 송신 시스템 블록도

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 한 바이트는 동기 바이트이고, 나머지 187바이트는 정보가 실려 있는 페이로드 데이터로서 페이로드 데이터의 데이터율은 19.28Mbps이다[4][5].

III. 8-VSB 신호의 오율 해석

ATSC 8-VSB 방송 시스템의 경우 격자 부호기의 출력은 명목상의 신호 레벨인 (-7, -5, -3, -1, 1, 3,

5, 7)로 매핑되어져 8-VSB 변조가 되므로 부호화나 필터 등을 고려하지 않으면 8-VSB 신호는 단순히 8-ASK 신호에 준하여 해석할 수 있다.

방송 중계소와 수신 장비 안테나와의 통신로를 Rician 채널로 모델링하면 8-VSB 신호의 오율식은 다음과 같이 유도된다.

먼저 잡음만 존재하는 경우의 신호의 오율은 다음과 같다[6].

$$P_{e-n} = \frac{7}{8} \operatorname{erfc}(\sqrt{\gamma}) \quad (1)$$

식 (1)을 이용하여 Rician 채널상에서의 신호의 오율식을 유도하면

$$P_{e-Rician} = \int_0^{\infty} P_{e-n} \cdot P_{e-Rician}(\gamma) d\gamma \quad (2)$$

단, 여기서 $P_{e-Rician}(\gamma)$ 는 Rician p.d.f. 이다.

위 식 (2)를 풀면 다음과 같이 최종식이 유도된다[7].

$$P_e = \frac{7}{8} \left[1 - \frac{(K+1)}{\gamma_0} \exp(-K) \frac{2}{\sqrt{\pi}} \right] \cdot \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\left(\frac{K^2+K}{\gamma_0} \right)^m}{m! \Gamma(m+1)} \Gamma\left(m + \frac{3}{2}\right) \left(1 + \frac{K+1}{\gamma_0} \right)^{-\left(m + \frac{3}{2}\right)} \cdot {}_2F_1\left(1, m + \frac{3}{2}; \frac{3}{2}; \frac{1}{1 + \frac{K+1}{\gamma_0}}\right) \quad (3)$$

그리고 Rician 채널상에서 간섭의 영향을 고려한 신호의 오율식은 다음과 같이 유도된다.

$$P_e = \frac{7}{8} \left[1 - (K+1) \left(\frac{1}{CNR} + \frac{1}{CIR} \right) \exp(-K) \frac{2}{\sqrt{\pi}} \right] \cdot \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\left((K^2+K) \left(\frac{1}{CNR} + \frac{1}{CIR} \right) \right)^m}{m! \Gamma(m+1)} \Gamma\left(m + \frac{3}{2}\right) \cdot \left(1 + (k+1) \left(\frac{1}{CNR} + \frac{1}{CIR} \right) \right)^{-\left(m + \frac{3}{2}\right)} \cdot {}_2F_1\left(1, m + \frac{3}{2}; \frac{3}{2}; \frac{1}{1 + (K+1) \left(\frac{1}{CNR} + \frac{1}{CIR} \right)}\right) \quad (4)$$

단, K : 직접파 전력대 반사파 전력비,

γ_0 : 순신 CNR,

$\Gamma(\cdot)$: Gamma 함수,

${}_2F_1(\cdot, \cdot; \cdot; \cdot)$: Hypergeometric 함수,

CNR : 반송파대 잡음전력비,

CIR : 반송파대 간섭전력비.

그림 2는 Rician 채널을 고려하지 않고 잡음만 존재하는 경우의 8-VSB 신호의 오율을 수치계산

한 결과와 비교하기 위한 시뮬레이션 블록도이며, 그림 3에 수치계산 결과와 시뮬레이션 결과를 함께 나타내었다. 그리고, 위의 식 (3)에 의해 Rician 채널상에서 잡음만 존재하는 경우의 8-VSB 신호의 오율을 그림 4에 나타내었고, 식 (4)에 의해 Rician 채널상에서 잡음과 간섭이 같이 있는 경우의 8-VSB 신호의 오율을 그림 5에 나타내었다.

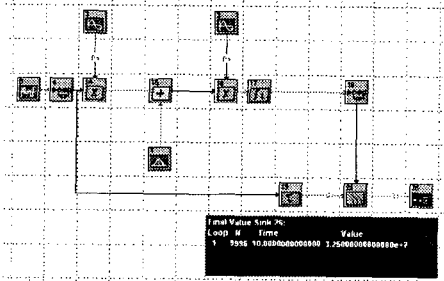


그림 2. 시뮬레이션 블록도

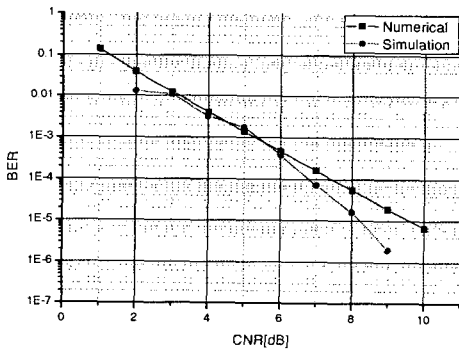


그림 3. AWGN에서의 BER

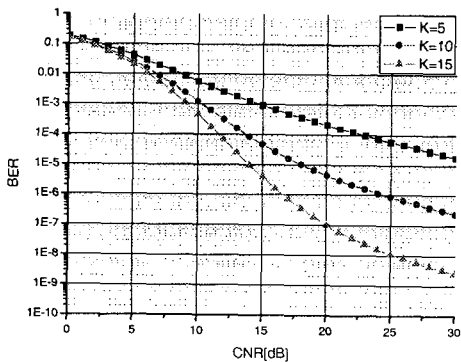


그림 4. K 값의 변화에 따른 BER

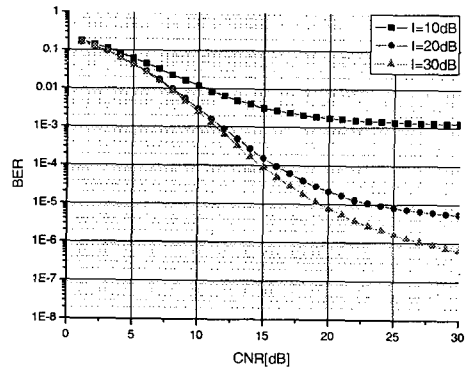


그림 5. K=10일때 간섭에 따른 BER

IV. 디지털 방송 시스템 시뮬레이션

1. 시뮬레이션 블록 설계 개요

지상과 디지털 방송 시스템 시뮬레이션 블록은 ATSC 표준에 의한 파라미터를 사용하였다. Baseband 시뮬레이션은 입력단과 출력단의 데이터를 비교하여 채널 환경 변화에 따른 비트에러율(BER)을 측정하였다. 그림 6은 전체 Baseband 시뮬레이션 블록도를 보여준다.

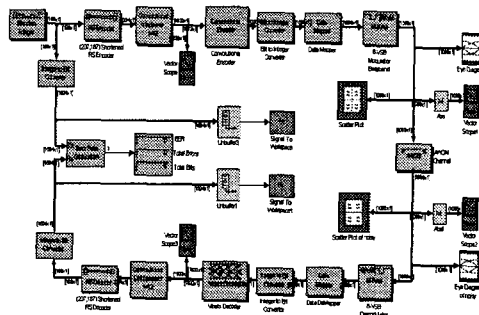


그림 6. Baseband 시뮬레이션 블록도

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. 전체 Passband 시뮬레이션 블록도는 그림 7과 같다.

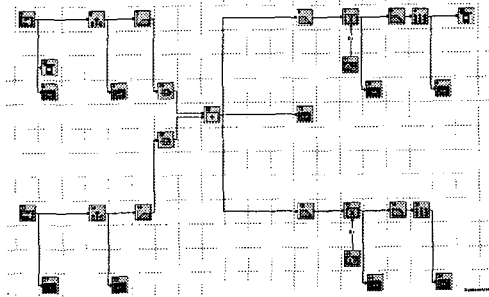


그림 7. Passband 시뮬레이션 블록도

2. Baseband 시뮬레이션

그림 8은 AWGN 채널 전후의 8 레벨 신호의 파형을 나타내었다. 채널 통과 후 불규칙한 잡음이 실리고 있음을 확인 할 수 있다. 그림 9는 AWGN 채널(SNR=5dB) 통과 후의 Eye Diagram 과 성상도를 나타내었다.

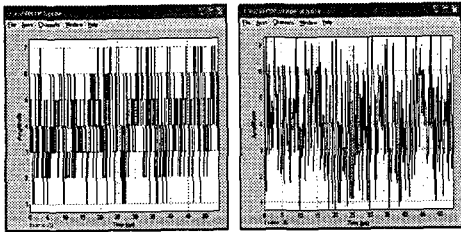


그림 8. AWGN 채널(SNR=5dB) 통과 후의 8-레벨 신호

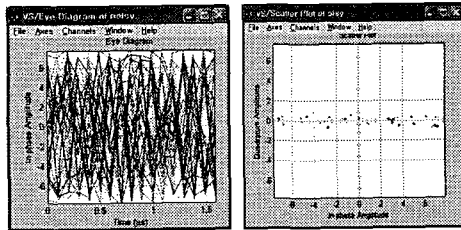


그림 9. Eye Diagram과 성상도 (SNR=5dB)

AWGN 채널 환경에서 입력신호파워를 1W로 주었을 때 Baseband 시뮬레이션 결과, SNR이 3dB 일 때 BER은 0.0215, 4dB일 때 0.0109, 5dB일 때 0.0016, 그리고 5.5dB일 때 0.0002를 각각 나타내었다.

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 10은 두 채널간 간섭이 작은 경우(채널간격 30MHz), 그림 11은 두 채널간 간섭이 큰 경우(채널간격 5MHz)의 합성

신호의 파형과 스펙트럼을 나타내었다.

인접 채널간 간섭은 주파수 이격 정도와 전파 채널 환경에 의한 영향을 받게 된다. 시뮬레이션은 전파 채널 환경의 영향이 없는 상태에서 두 채널간 간격을 이격시켜 가면서 송신단의 데이터 값과 수신단의 데이터 값을 비교하여 평균 오류를 산출한 것과 Rician 채널에서의 인접 채널간 간섭을 각각 나타내었다. 그 결과, 전파 채널 환경의 영향이 없는 상태에서는 채널간 간격이 20MHz 이상 이격되면 거의 채널간 간섭이 일어나지 않음을 알 수 있었고, Rician 채널에서는 채널간 간격이 충분히 이격되어도 0.02 정도의 오류를 나타내었다. 또한 채널간 이격 주파수가 15MHz를 넘어가면서 부터는 페이딩이 존재할 때와 그렇지 않은 경우의 차이가 현격히 드러났다. 그림 12는 인접 채널간 간섭 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

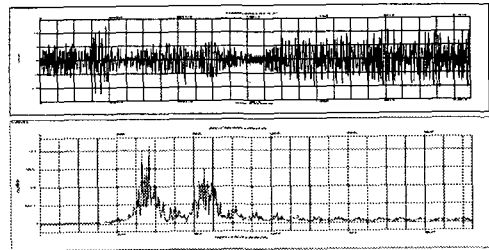


그림 10. 두 채널의 합성 신호 파형 (채널간격 30MHz)

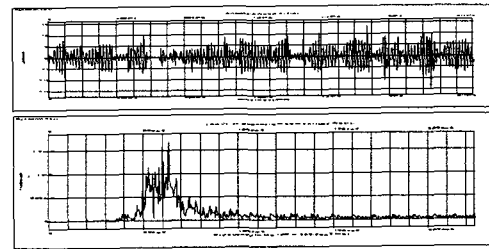


그림 11. 두 채널의 합성 신호 파형 (채널간격 5MHz)

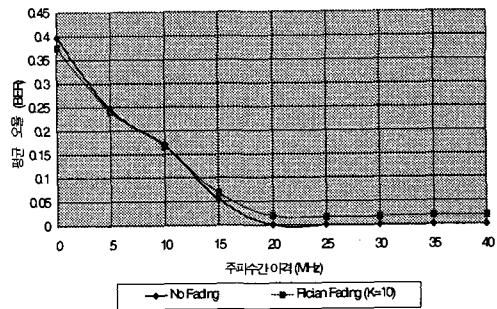


그림 12. 인접 채널간 간섭 비교

V. 결 론

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 채널 간 간섭을 시뮬레이션을 통해 분석하였으며 8-VSB 신호의 채널 및 간섭 영향에 대해서도 오울식을 유도하여 성능을 알아보았다.

수치해석 결과, Rician 채널의 영향을 많이 받는 경우($K=5$) 또는 간섭의 영향을 많이 받는 경우($CIR=10dB$)에는 CNR의 증가에 따른 성능의 개선이 거의 없음을 알 수 있었다. 시뮬레이션 결과, Rician 채널을 고려하지 않았을 경우에는 주파수 간격이 20MHz 이상 떨어지면 간섭의 영향이 없었고, Rician 채널의 경우, 간섭이 없더라도 페이딩에 의한 성능의 저하가 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서는 디지털 방송 송수신 시스템의 모든 파라미터를 고려하지 않고 전송시스템만으로 시뮬레이션을 수행하였지만 앞으로는 실제 현실적인 파라미터를 고려하여 신호의 성능을 올바르게 분석 할 수 있는 시뮬레이션을 수행하고자 한다.

참고문헌

- [1] 배성수, 한종수, 김철목, 최규태, *DMB 기술과 시스템*, 도서출판 세화, 2005.
- [2] 손익수, 이상규, "디지털 방송 현황 및 전망", ITTA 기술정책정보단, 2003. 4.
- [3] 지상파 디지털 TV 방송 송수신 정합표준, 한국정보통신 기술협회(TTA), 정보통신 단체 표준 TTAS.KO-07.0014, 2000.12.20.
- [4] ATSC Digital Television Standard, ATSC Doc.A/53, 1995.9.5.
- [5] <http://www.atsc.org>.
- [6] 오창현, 조성준, "실내 무선 채널상에서의 DS-SSMA/DPSK 신호의 오율특성," 대한전자공학회 추계학술발표회 논문집, pp.59-63, 1992. 12.
- [7] 박지형, 김강수, *디지털 텔레비전 전송기술*, 커뮤니케이션북스, 2002.