디지털 방송 시스템에서의 채널간 간섭 분석

하연철* · 고봉진*

*창원대학교 전자공학과

Analysis of a Interchannel Interference in Digital Broadcasting System

Yeon-chul Ha* · Bong-Jin Ko*

*Dept. of Electronic Eng. Changwon National University

E-mail : bjko@changwon.ac.kr

요 약

본 논문에서는 지상파 디지털 방송 시스템, 특히 핵심이 되는 전송 시스템의 개략적인 특징을 살펴보고, 우리 나라의 지상파 디지털 TV 방송방식의 전송표준인 ATSC 8-VSB 전송 시스템의 특성을 고찰하였다. 또한, ATSC 8-VSB 전송 시스템을 ATSC 표준에 의거하여 설계하여 전파 채널의 영향과 성능을 분석하고, 인접 채널간 간섭에 따른 성능을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 그 결과, Rician 페이딩을 고려하지 않았을 경우에는 주파수 간격이 20MHz 이상 떨어지면 간섭의 영향이 없었고, Rician 페이딩이 있는 경우, 간섭이 없더라도 페이딩에 의한 성능의 저하가 있음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we looked into the feature of a transmission system of the terrestrial digital broadcasting system and considered a ATSC 8-VSB transmission standard. Also, we analyzed the performance with the influence of an interchannel interference by the ATSC standard. As a result, the case not to consider Rician fading, The influence of the interfere 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

DTV, ATSC, VSB, interference

I. 서론

1941년 미국에서 NTSC 방식의 컬러방송이 표준으로 채택되어 방송된 이래 최근 들어 방송, 미디어 환경이 급속히 디지털화되어 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.

디지털 지상파 TV 방송의 경우에는 1998년 9월 영국의 BBC에 의해 세계 최초로 전국 규모의 디지털 방송이 시작된 데 이어서, 11월에는 미국의 4대 방송사가 주요 도시에서 디지털 지상파 TV 방송을 시작하였으며, 일본, 독일, 프랑스 등 주요 선진국으로 이어지고 있다. 우리나라의 경우에도 1999년 6월 실험방송이 개시되었고, 2000년 8월 본 방송 대비 시험 방송이 개시되었으며, 2001년 8월 수도권 디지털 방송국의 허가가 이루어져 디지털 방송이 본격화되고 있다.

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 현재까지도 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(TTA)에서 지상파 디지털 방송 전송 시스템의 표준으로 ATSC의 8-VSB를 선택했고, 이를 기반으로 시험방송과 본 방송을 진행해 오고 있다[1].

본 논문에서는 지상파 디지털 방송 시스템, 특히 핵심이 되는 전송 시스템의 구성을 조사해 보고, 국내 표준과 동일한 ATSC 8-VSB 전송 시스템을 인접 채널과의 간섭을 비교하여 그 결과를 도시하였다.

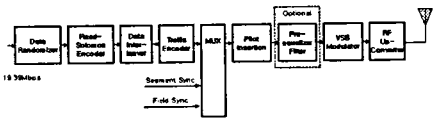
II. ATSC 8-VSB 전송 시스템

1. ATSC 8-VSB 전송 시스템의 개요[2][4]

우리나라 지상파 디지털 TV 방송 표준은 1997년 11월에 전송방식을 8-VSB(Vesitgial 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. 이러한 ATSC 전송방식은 단일 반송파 진폭변조 잔류 측파대 방식(VSB)으로써 단일 6MHz 대역폭으로 고품질의 비디오, 오디오 및 보조 데이터를 전송하며 두가지 방송모드, 즉 지상파 방송모드와 고속 데이터 방송모드를 지원하게 되어있다.

8-VSB 방식은 6MHz 채널에 19.39Mbps의 데이터를 전송할 수 있다. [그림 1]은 8-VSB 방식의 송신 시스템의 블록도를 나타낸다.

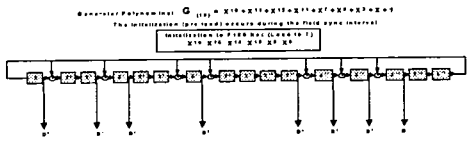


[그림 1] 8-VSB 송신 시스템 블럭도

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 실려있는 페이로드 데이터로서 페이로드 데이터의 데이터율은 19.28Mbps이다.

2. 데이터 난수화기(Data Randomizer)

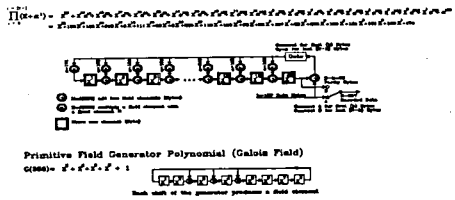
난수화기의 목적은 입력 데이터를 난수화하여 스펙트럼을 전 대역에 걸쳐 분산시킴으로써 특정 주파수에 에너지가 집중되는 것을 방지하고 주기적인 패턴으로 인한 수신기의 오동작을 방지하는데 있다. 데이터 난수화기는 필드 동기, 세그먼트 동기, RS 부가 바이트를 제외한 모든 입력 데이터를 난수화 하기 위해 사용되며, 입력데이터와 16비트 최대 길이 의사 랜덤 이진열(Pseudo Random Binary Sequence)을 배타적 논리합(XOR) 연산한다. 데이터 난수화기의 생성 다항식과 초기화가 아래 [그림 2]에 나타나 있다.



[그림 2] 데이터 난수화기

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. 따라서, 207바이트 크기의 전체 RS 블록이 데이터 세그먼트 마다 전송되어지고, 수신기에서 대수학적 성질을 이용하여 채널 오류를 정정하거나 검출한다. 부가 바이트의 생성 다항식과 원시 필드 생성 다항식은 아래 [그림 3]에 나타나 있다.



[그림 3] 리드솔로몬 패리티 생성 다항식

4. 인터리빙(Interleaving)

인터리버는 RS 부호의 연집 오류 정정 능력을 강화하기 위해 데이터의 순서를 바꾸어 보내는 역할을 한다. VSB 전송 시스템에서 채용한 인터리버는 52 데이터 세그먼트 길쌈 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. 세그먼트 내의 인터리빙도 격자 부호화의 이점을 살리기 위해 행해진다.

5. 격자 부호화(Trellis Coding)

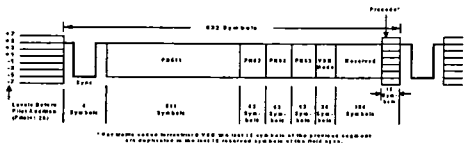
격자 부호화(Trellis coding)도 오류정정부호화의 일종으로 시간에 따른 신호의 경과를 추적하여 오류데이터를 복구하는 방식이다. 8-VSB 전송 시스템에서는 부호화 율이 2/3(R=2/3)인 격자 부호를 사용한다. 하나의 비트는 부호화하지 않고 전치부호화(Precoding)하며, 다른 비트는 1/2 데이터율로 길쌈부호화(Convolutional coding)하여 2비트를 출력하므로 3비트 8-VSB 신호가 된다.

6. 데이터 세그먼트 동기

매핑된 심볼 데이터는 데이터 세그먼트 동기 신호와 데이터 필드 동기신호를 삽입하는 다중화기를 통과한다[3]. 그 중 2레벨 4심볼 데이터 세그먼트 동기신호는 각 데이터의 시작 부분에서 8레벨 디지털 데이터열에 삽입된다. 하나의 세그먼트는 832심벌로 구성되어 있는데 이중 처음 4심벌은 데이터 세그먼트 동기이고, 나머지 828심벌은 랜덤 데이터와 RS 부호기의 부가 데이터로 구성된 심벌로 이루어져 있다. 이때, 데이터 세그먼트 동기는 2레벨(±5)값을 가지며 77.3㎲간격으로 규칙적으로 반복된다. 이러한 데이터 세그먼트 동기신호는 RS나 격자 부호화를 하지 않고 인터리빙도 하지 않는다.

7. 데이터 필드 동기

데이터는 데이터 세그먼트로 나누어질 뿐 아니라, 데이터 필드로도 나뉘어진다. 각 필드는 313세그먼트로 구성되어 있다. 각각의 데이터 필드 동기신호는 24.2ms의 간격으로 규칙적으로 반복되며 데이터 세그먼트 동기신호를 시작으로 하나의 완전한 세그먼트로 구성된다. 또한, 각 심벌은 2레벨(±5)로 나타내며 데이터 필드 동기신호의 832심볼은 [그림 4]에 정의되어 있다.

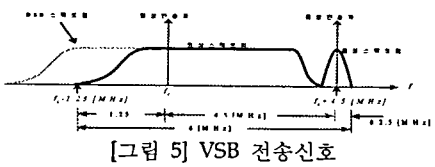


[그림 4] 데이터 필드 동기신호

III. 방송 변조 방식과 RF특성

1. VSB 변조 방식

VSB(Vestigial Side Band : 잔류측파대) 변조방식은 SSB(Single Side Band : 단측파대) 변조와 DSB(Double Side Band : 양측파대) 변조의 절충 방식을 말한다. 이 방식에서는 SSB에서처럼 한쪽 측파대를 완전히 제거하지 않고 한쪽 측파대의 일부를 남기도록 하는 필터를 사용한다. 이 방식은 SSB와 DSB의 장점만을 취하고 단점은 하나도 취하지 않는 방식이다. 아래 [그림 5]와 같이 DSB에 비해 약 30%의 대역이 절약된다. 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.



[그림 5] VSB 전송신호

2. ATSC 방송 시스템의 RF 특성

RF특성을 살펴보면 먼저 채널 대역폭은 6MHz이고, 롤-오프(roll-off)의 값은 0.1152로 정해져 있어 초과 대역폭량은 11.5%가 된다. 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/N비(Carrier to Noise Ratio)는 14.9dB이다.

IV. 디지털 방송 시스템 시뮬레이션

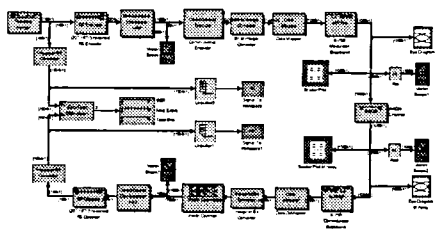
1. 시뮬레이션 블록 설계 개요

지상파 디지털 방송 시스템 시뮬레이션 블록은 ATSC 표준에 의거하여 다음 [표 1]에 나열된 파라미터를 사용하였다.

[표 1] ATSC 표준 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 6]은 전체 Baseband 시뮬레이션 블록도를 보여준다.

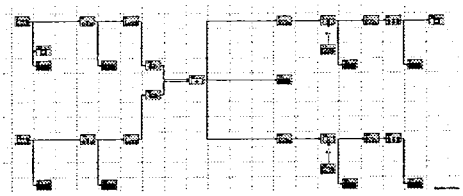


[그림 6] Baseband 시뮬레이션 블록도

전송 채널 환경의 변화에 따른 성상도와 Eye Diagram을 실시간으로 보여주어 미치는 영향을 즉시 인지할 수 있다.

Passband 시뮬레이션은 두 개 채널이 적당한

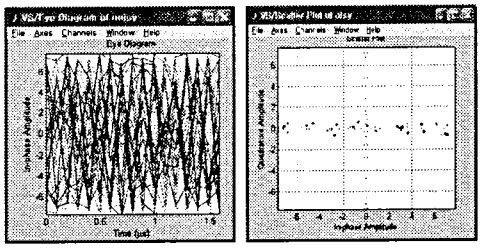
간격으로 동시에 전송되는 환경에서 송신 데이터와 출력 데이터를 이용하여 평균 오율을 구한 후, 이 데이터를 기반으로 채널 간격에 따른 채널 상호간 간섭을 분석하였다. 전체 Passband 시뮬레이션 블록도는 [그림 7]와 같다.



[그림 7] Passband 시뮬레이션 블록도

2. Baseband 시뮬레이션

[그림 8]는 AWGN 채널(SNR=5dB) 통과 후의 Eye Diagram과 성상도를 나타내었다.



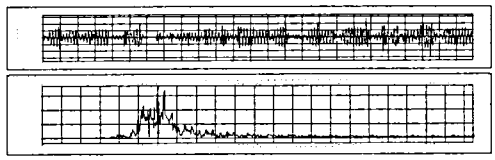
[그림 8] Eye Diagram과 성상도(SNR=5dB)

AWGN 채널 환경에서 입력신호파워를 1와트로 주었을때 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.

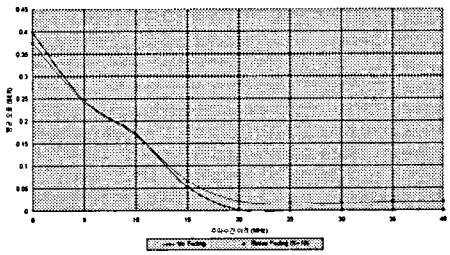
3. Passband 시뮬레이션

Passband 시뮬레이션은 독립적인 두 개의 PN Sequence Generator를 통해 8-레벨의 데이터를 10.7Mbps 속도로 생성하여 각각의 채널에 입력하였고, 이를 변조하였다. [그림9]는 두 채널의 합성신호의 파형과 스펙트럼을 나타내었다.

인접 채널간 간섭은 주파수 이격 정도와 전파 채널 환경에 의한 영향을 받게된다. 시뮤레이션은 전파 채널 환경의 영향이 없는 상태에서 두 채널간 간격을 이격시켜 가면서 송신단의 데이터 값과 수신단의 데이터값을 비교하여 평균 오율을 산출한것과 Rician 페이딩하에서의 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 페이딩하에서는 채널간 간격이 충분히 이격되어도 0.02정도의 오율을 나타내었다. 또한, 채널간 이격 주파수가 15MHz를 넘어가면서부터는 페이딩이 존재할때와 그렇지 않은 경우의 차이가 현격히 드러났다. [그림 10]은 인접 채널간 간섭 시뮬레이션 결과를 나타낸다.



[그림 9] 두 채널의 합성신호 파형



[그림 10] 인접 채널간 간섭 비교도

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 채널간 간섭을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 시뮬레이션 결과, Rician 페이딩을 고려하지 않았을 경우에는 주파수 간격이 20MHz 이상 떨어지면 간섭의 영향이 없었고, Rician 페이딩이 있는 경우, 간섭이 없더라도 페이딩에 의한 성능의 저하가 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서는 디지털 방송 송수신 시스템의 모든 파라미터를 고려하지 않고 전송 시스템만으로 시뮬레이션을 수행하였지만 앞으로는 실제 송수신 중계소에서 사용되는 RF 파라미터를 입력하여 중계소와 수신 장비 간 성능을 올바르게 분석할 수 있는 시뮬레이션이 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] 지상파 디지털 TV 방송 송수신 정합표준, 한국 정보통신 기술협회(TTA), 정보통신단체 표준 TTAS.KO-07.0014, 2000.12.20

[2] ATSC Digital Television standard, ATSC Doc.A/53, 1995.9.5

[3] 박지형, 김강수, 디지털 텔레비전 전송기술, 커뮤니케이션북스, 2002

[4] http://www.atsc.org