

지상파 디지털방송 재전송을 위한 8-VSB 재변조기

김유원[†], 조근식^{**}

요 약

지상파 아날로그 텔레비전 방송의 디지털 전환으로 기존의 아파트, 빌딩, 공동주택, 케이블TV, 공시청시설 등에 설치되어 있는 아날로그 방송용 재전송 설비 및 시스템의 교체가 필요하게 되었다. 또한 새롭게 구축되고 있는 디지털 텔레비전 재전송 공시청 시스템을 위하여 새로운 규정이 제정되었다. 따라서 본 연구의 목적은 지상파 디지털 텔레비전 방송 신호를 재전송할 수 있는 8-VSB 재변조기의 프로세스 구성과 규격, 성능 기준, 평가를 위한 실험환경 구성, 측정 방법을 제시하고 실험하는 것이다. 이와 같은 연구 목적을 위하여, 무선 주파수로 전송되는 지상파 디지털방송 신호를 수신하여 복조하고 TS 스트림을 변조하여 무선 주파수 신호로 재송신하는 프로세스를 갖는 8-VSB 재변조기를 구현하였다. 그리고 스푸리어스, 위상잡음 등을 측정하여 성능 기준에 대한 평가를 하고, 지상파 아날로그방송 재전송용 신호처리기와 성능 비교 실험을 위하여 지상파 디지털방송 송수신 환경을 구성하였다. 그리고 기존의 신호처리기와 8-VSB 재변조기에 대하여 동일한 재전송 환경 및 조건하에서 방송 신호의 감쇄 단계별 SNR, EVM 등을 측정 하였다. 실험 결과, 신호처리기와 8-VSB 재변조기 모두 지상파 디지털방송 재전송용으로 이용 할 수 있음을 확인하였다. 또한 8-VSB 재변조기가 기존의 신호처리기에 비하여 양호한 품질의 방송신호 전송이 가능함을 보여 주어 지상파 디지털 텔레비전방송 재전송용으로 적합함을 확인하였다.

8-VSB Remodulator for Retransmitting the Terrestrial Digital Broadcasting

Yoowon Kim[†], Geun-Sik Jo^{**}

ABSTRACT

With the digital terrestrial television broadcasting transition, terrestrial television broadcasting have required the replacement of retransmission facilities for the analog broadcasting installed in the existing apartment, building, cable TV station, MATV system and so on. In addition, new standards have been enacted for retransmission of the digital television broadcasting in MATV system. To deal with this issue, in this paper, we propose a new 8-VSB remodulator that can retransmit signals of the terrestrial digital television broadcasting. Moreover, we present a standard and the process composition of the 8-VSB remodulator, and an experimental environment configuration for performance evaluation. To achieve this, we have implemented the 8-VSB remodulator with the sequential process components comprised of the RF signal retransmission, the TS stream modulator, the RF signal reception and demodulation. Through the simulation, we analyze the performance standard from the measured data such as spurious and phase noise. And then, we measure SNR and EVM of each attenuation step of the signal obtained by the signal processor and the 8-VSB remodulator with the same retransmission environment and conditions. Experimental results show that both the 8-VSB remodulator and the signal processor can be used as equipment for the retransmission of the terrestrial digital television broadcasting. In addition, the 8-VSB remodulator performed well to improve the transmission efficiency for the digital broadcasting signal, compare to the existing signal processor.

Key words: 8-VSB Remodulator(8-VSB 재변조기), MATV(텔레비전방송 공동수신설비), Digital Terrestrial Television Broadcasting Transition(지상파 텔레비전방송 디지털전환), Digital Broadcasting(디지털 방송), Analog Switchoff(아날로그방송 중지)

※ 교신저자(Corresponding Author): 김유원, 주소: 인천광역시 남구 용현동 253 인하대학교 컴퓨터정보공학부 하이테크관 1207호(402-751), 전화: 032)875-5863, FAX: 032)875-5863, E-mail: yoowon@eslab.inha.ac.kr
접수일: 2009년 9월 19일, 수정일: 2010년 3월 1일

완료일: 2010년 7월 1일

[†] 준회원, 인하대학교 정보공학과

^{**} 정회원, 인하대학교 컴퓨터정보공학부
(E-mail: gsjo@inha.ac.kr)

1. 서 론

아파트, 빌딩, 공동주택, 학교등과 같이 공시청 설비를 통하여 방송신호를 재전송(Signal Retransmission) 받아야 하는 시설의 경우, 시청자가 지상파 텔레비전 방송을 수신하기 위해서는 MATV(Master Antenna Television)라고 하는 공동시청용 안테나 설비를 통하여 재전송되는 방송을 시청하게 된다.

지금까지는 이러한 공동시청용 안테나 설비를 통하여 아날로그 지상파TV만 수신할 수 있지만 국내의 경우 2012년 아날로그방송 전송 중단(Analog Switchoff) 및 디지털방송 완전 전환(Digital Television Transition, Digital Switchover)에 대비하여 방송 공동수신 설비 설치기준에 관한 규칙개정[1]을 정부안으로 마련하여 지상파 디지털TV, 위성방송, FM 라디오방송, 종합유선방송 신호의 분배 및 분기가 가능하도록 매체별 방송 전송범위를 확장하여 방송통신 융합 환경에 적합하게 MATV망 및 재전송 시스템을 고도화 하도록 하였다[1].

또한 디지털 지상파방송을 재전송하는 케이블TV SO(System Operator) 및 중계유선 그리고 방송신호를 전송할 수 있는 헤드엔드(Head-End)를 보유한 기타 시설의 경우 기존의 신호 리피터(Repeater) 방식의 방송 신호처리기(Signal Processor)를 이용한 재전송 방식을 사용 하였으나, 텔레비전 방송신호의 전송환경이 아날로그에서 디지털방식으로 전환되면서 아날로그TV 환경에서 사용되던 신호처리기를 이용하는 것 보다는 디지털방송 신호를 복조한 후 다시 변조하여 전송하는 형태를 갖는 리모듈레이션(Remodulation) 기반의 신호처리기인 8-VSB 재변조기를 사용해야 되는 필요성이 발생되었다.

본 논문에서는 디지털 지상파 텔레비전방송 신호 처리기에 필요한 규격 및 성능기준을 제시하고, 이러한 성능 기준을 만족하는 8-VSB(Vestigial Sideband Broadcast) 재변조기를 구현하고 기존의 디지털신호 처리기와 리모듈레이션(Remodulation) 기반의 신호처리기인 8-VSB 재변조기를 동일한 환경에서 지상파 디지털방송 신호를 재전송 할 경우에 각각의 기기가 서로 어떤 차이점을 보이는지를 실험을 통하여 비교 분석하여 디지털방송 신호를 재전송하는 경우에는 재변조 방식의 전송기기를 사용하는 것이 더 효율적임을 보였다.

본 논문의 구성은 2장에서 국내외의 관련 연구 및 동향을 소개하고 3장에서는 본 논문이 제안하는 8-VSB 재변조기의 구성에 대해서 설명한다. 4장에서는 8-VSB 재변조기와 신호처리기에 대한 실험을 통한 성능평가를 한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구방향에 대해서 논의한다.

2. 관련 연구 및 동향

2.1 국내의 동향

초기 지상파 텔레비전 방송 재전송의 경우에는 아날로그방송을 재전송하는 것이 목적이었기 때문에, 수신된 방송 신호를 RF 리피터(Repeater) 수준에서 바이패스하는 아날로그 또는 디지털 신호 처리기(Digital Signal Processor) 위주의 연구와 관련 산업체를 중심으로 해당 기술을 이용한 제품 개발을 통하여 지상파 아날로그 텔레비전방송 재전송이 필요한 곳에서 이용되어 왔다.

최근에는 지상파 텔레비전 방송 전송 및 수신환경이 아날로그 방송에서 디지털 방송 환경으로 전환되고 있기 때문에 주로 VSB 재변조 시스템 구현 및 관련 연구를 통하여 디지털방송 환경에 보다 적합하고 효율적인 재전송 시스템을 구현하고 적용하기 위한 연구가 진행 되었고[2,3], 8-VSB 튜너를 이용한 디지털방송 신호 복조 및 변조기술, MPEG-2 TS 인터페이싱 및 업컨버터 설계 기술을 이용하여 국내 관련 산업체를 중심으로 다양한 어플리케이션 개발을 통한 제품의 상용화가 진행되고 있다[4,5].

또한, 국내의 경우 공동 수신 설비 설치기준에 관한 규칙을[1] 개정하여, 아래 표 1과 그림 1에서 보는 바와 같이 디지털 지상파 텔레비전 방송을 재전송하기 위한 신호처리기에 요구되는 성능기준을 제시하고 있다. 인접채널에 대한 감쇄특성은 페이즈 노이즈(Phase Noise)와 같은 잡음 간섭 및 공시청 시스템에서의 신호 특성과 관계가 있기 때문에 그림 1에서 보는바와 같이 물리적인 1개 채널에서의 대역폭 등 감쇄특성에 대한 경계 및 기준값을 제시하고 있다. 이러한 디지털 지상파 텔레비전방송 신호처리기의 성능기준은 유선방송국 설비 등에 관한 기술기준[6]에서도 동일한 기준으로 관련 규칙을 마련하여 필요한 성능기준을 함께 제시하고 있으며, 관련 산업체에서는 이러한 규격을 만족하는 재전송 시스템에 대한

표 1. 방송통신위원회의 지상파 디지털방송 재전송용 변조기 성능 기준(1,6)

구분	기준 값	비고
입력레벨	-20~+20 dBmV	ATSC 8-VSB 변조
출력레벨	50+/-5 dBmV	
인접채널 감쇄특성	그림 1 참조	경계선 이내
스푸리어스	-60 dB 이하	
주파수편차	+/-5 ppm 이내	
반사손실	-15 dB 이상	임피던스 75Ohm기준
위상 잡음	VHF 채널 -98 dBc/Hz 이하 UHF 채널 -95 dBc/Hz 이하	파이롯트 주파수로부터 20kHz 이격지점에서
주파수응답	+/-0.5 dB 이내	5.38Mhz 대역내에서
그룹지연응답	+/-50 ns 이내	5.38Mhz 대역내에서
신호대잡음비	27 dB 이상	수신등화를 행하지 아니한 경우에서

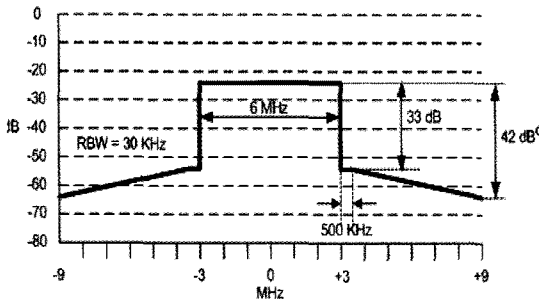


그림 1. 대역외 인접채널 감쇄특성(1.6)

연구 및 개발을 진행하고 있다.

지상파 디지털방송 전송 방식에 관한 표준의 경우, 각 지역을 중심으로 국가마다 서로 다른 표준을 채택하고 있다. 단일 캐리어를 사용하는 미국형 방식인 ATSC(Advanced Television Systems Committee), 복수 캐리어를 사용하는 유럽형 방식인 DVB-T(Digital Video Broadcasting - Terrestrial), 일본에서 연구 개발된 방식인 ISDB-T(Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial)로 분류하고 있다. 따라서 본 논문에서 제안하는 재전송 시스템인 8-VSB 재변조기는 우리나라가 지상파 디지털방송 표준으로 채택하고 있는 ATSC를 기준으로 한다.

2.2 ATSC

ATSC[7]는 지상파를 이용하는 미국형 지상파 디지털방송 전송규격으로서 현재 한국을 포함하여 미국, 캐나다 등의 국가에서 표준으로 채택하고 있다.

ATSC방식은 영상신호 압축표준으로 MPEG-2 인코드 방식을, 음성신호 압축표준으로 5.1채널을 지원하는 AC-3 인코드 방식을 사용하며 전송 스트림의 다중화는 ISO/IEC 13818-1로 표준화된 MPEG 시스템(MPEG System)을 따른다[8,9].

변조방식은 채널당 6Mhz 크기의 대역폭을 갖는 8-VSB를 사용하여 19.39 Mbps의 일정한 데이터 전송률에 맞추어진 MPTS(Multiple Program Transport Stream) 또는 SPTS(Single Program Transport Stream)를 지원하는 MPEG-2 TS 스트림으로 SD(Standard Definition) 와 HD(High Definition)급 방송 프로그램 전송이 가능하도록 하였다[10].

또한, ATSC는 미국의 차세대TV 시스템위원회를 말하기도 하는데, 이 위원회에서 제시한 ATSC 표준이 1996년에 미국의 연방통신위원회(FCC)에서 최종 승인되어, 디지털TV의 규격이 됨으로서, 기관을 나타내는 ATSC가 지상파 디지털방송 전송 표준을 뜻하는 용어로 사용되고 있다.

2.3 8-VSB

8-VSB는 ATSC가 채택한 변조방식으로, 기존의 미국형 아날로그 텔레비전 방식인 NTSC(National Television System Committee) 주파수 대역을 그대로 사용할 수 있어서 경제성이 우수한 단일 방송과 진폭변조 잔류측파대 변조방식으로 6Mhz 크기의 대역폭에 인코드된 방송 프로그램을 MPEG-2 시스템 표준에 맞게 다중화(Multiplex)하여 만들어진 디지털방송 전송 스트림(Transport Stream)을 변조하여

전송한다. 아래 표 2는 8-VSB 전송 주요 매개변수를 나타낸다[2].

디지털방송 전송과 관련하여 신호에 대한 잡음 비율인 SNR(Signal-to-Noise Ratio)은 8-VSB 전송 및 재전송의 경우 모두 최소 27dB를 기준으로 하고 있으며, 에러 비트수와 전송된 총 비트수의 관계로 표현되는 비트 에러율인 BER(Bit Error Rate)은 ATSC 기준 3×10^{-6} 이다. 그리고 이상적인 신호와 측정된 신호와의 차이를 나타내는 EVM(Error Vector Magnitude)과 SNR의 관계는 $EVM(\%) = 92.582 \times 10^{-SNR/20}$ 으로 표현한다[3].

표 2. 8-VSB 주요 전송 매개변수

매개변수	지상파
채널대역	6.0Mhz
초과대역	11.5%
심볼률	10.762Msymbols/sec
대역효율성	3bit/symbol
격자부호율	2 / 3 rate
리드솔로몬 오류정정	T-10(207, 187)
세그먼트길이가(동기신호포함)	828(832) symbol
세그먼트동기신호	4 symbol
데이터율	19.39Mbit/sec

3. 8-VSB 재변조기의 구조

8-VSB 리모듈레이션(Remodulation) 기반의 신호처리기인 8-VSB 재변조기는 그림 2에서 보는바

와 같이 디지털방송 RF 신호를 수신하여 복조(Demodulation)하는 튜너(Tuner) 블록, 베이스밴드(Baseband) 신호를 처리하여 8-VSB로 재변조하는 프로세스를 FPGA(Field Programmable Gate Array)로 구현한 제너레이션(Generation) 블록, IF 신호를 RF 신호로 변환하는 업컨버터 블록, 기타 제어 블록 등으로 시스템이 구성된다. 특히 변조부류 DSP가 아닌 FPGA로 구현함으로써 기술적인 효율성과 어플리케이션 구현에 따른 경제적인 효과를 모두 기대할 수 있는 특징이 있다.

3.1 튜너 블록

튜너블록은 무선 주파수 신호인 8-VSB 지상파 디지털방송 신호를 수신하여, 처리가 용이한 중간 주파수인 44.0Mhz의 IF(Intermediate Frequency) 신호로 다운 컨버트(Down Convert)하여 사용한다. 아래 그림 3에서 보는 바와 같이 채널에 대한 주파수 동조(Frequency Tuning)를 거쳐 수신되는 아날로그 신호를 디지털 형태로 변환 시켜주는 A-D 컨버터(Analog-to-Digital Converter)를 거친 신호를 복조기(Demodulator)로 복조 및 FEC(Forward Error Control)를 통한 에러 보정을 통하여 최종적으로 베이스밴드(Baseband) 신호인 디지털방송 전송규격을 만족하는 MPEG-2 TS(Transport Stream) 스트림 형태의 방송 데이터로 출력하여 주는 블록으로서 튜너 블록의 모든 기능을 통합한 하나의 NIM(Network Interface Module) 형태로 상용화된 모듈을 시스템 구현에 적용하였다.

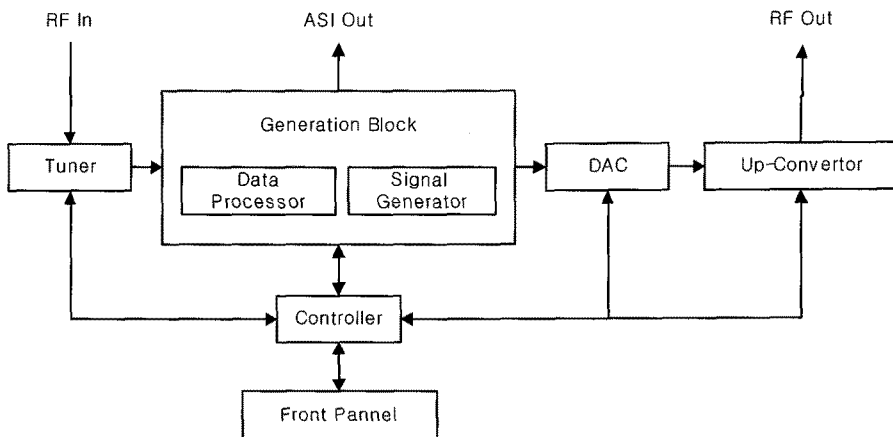


그림 2. 8-VSB 재변조기의 구조

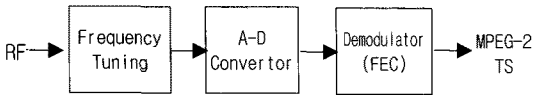


그림 3. 튜너 블록의 구조

3.2 제너레이션 블록

제너레이션(Generation) 블록은 베이스밴드 신호를 처리하는 데이터 프로세서(Data Processor)와 데이터를 변조하는 시그널 제너레이터(Signal Generator)로 구성되며, 각각의 프로세서와 제너레이터는 하나의 FPGA로 구현하여 복조된 데이터 스트림을 규격에 맞게 처리하고 변조하는 기능을 수행하도록 하였다.

3.2.1 데이터 프로세서

데이터 프로세서(Data Processor)에서는 아래 그림 4에서 보는바와 같이 튜너 블록으로부터 복조되어 패러럴(Parallel) 형태로 출력되는 방송 스트림 신호를 수신하여 시리얼(Serial) 형태로 변환하면서 다음과 같은 단계를 거쳐 변조 기능을 수행한다. 스펙트럼을 분산시켜 특정 주파수에 에너지가 집중되는 것을 방지하도록 입력 데이터를 난수화하는 데이터 랜덤화기(Data Randomizer), 랜덤화된 데이터에 대한 오류정정을 위하여 리드솔로몬 패리티 비트를 추가하는 리드솔로몬 부호화기(Reed-Solomon Encoder), 간섭에 강한 전송 신호로 변환하여 주는 데이터 인터리버(Data Interleaver), 오류정정부호화

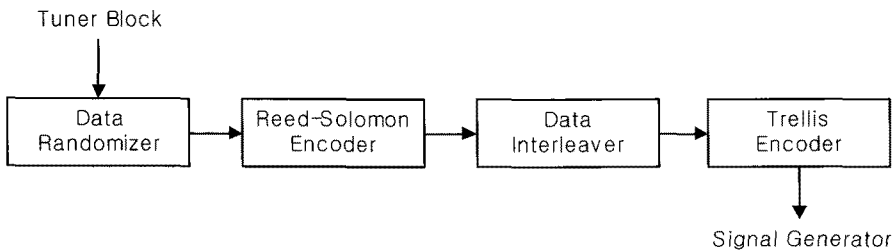


그림 4. 데이터 프로세서의 구조

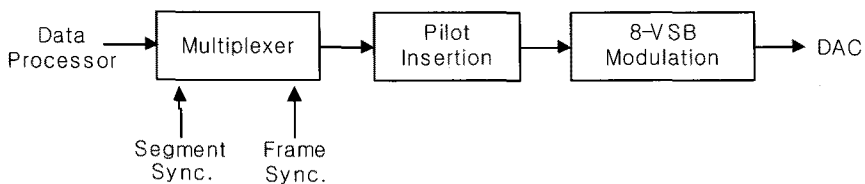


그림 5. 시그널 프로세서의 구조

기인 격자부호화기(Trellis Encoder)로 구성되어 TS 스트림 데이터에 대한 프로세싱을 수행한다[3-5,10].

3.2.2 시그널 제너레이터

시그널 제너레이터(Signal Generator)에서는 아래 그림 5에서 보는바와 같이 데이터 프로세서의 최종 단계인 격자부호화기를 거친 데이터에 세그먼트 동기신호(Segment Sync.)와 프레임 동기신호(Frame Sync.)를 삽입해 전송데이터 프레임을 만드는 다중화기(Multiplexer)와 이 다중화기를 통과한 데이터 신호에 파일럿 신호를 추가하는 파일럿 삽입(Pilot Insertion)기 그리고 8 레벨로 격자 부호화된 신호로 변조하는 8-VSB 변조(Modulation) 부분으로 구성된다[3-5,10].

3.3 업컨버터 블록

제너레이션 블록에서 변조된 디지털 신호는 그림 2와 4에서 보는바와 같이 D/A 컨버터(DAC)를 거치면서 아날로그 IF 신호로 변환된다. 이렇게 변환된 44.0Mhz IF 신호를 높은 주파수인 RF 신호로 변환하여 VHF/UHF 신호대역을 커버할 수 있도록 주파수를 50~870Mhz로 변환하는 업컨버터(Up-Converter) 블록을 구현하였다.

3.4 기타

통합 제어를 위한 사용자 인터페이스용으로 LCD

와 키패드(Key Pad)가 부착된 프론트 패널(Front Panel) 및 MPEG-2 TS 스트림 출력용인 ASI 포트, 변조된 방송신호를 출력하는 RF 출력 포트로 구성되어 사용자에 의한 시스템제어가 가능하도록 하였다. 또한 ASI 출력포트를 통하여 방송 스트림을 TS 형태로 출력할 수 있는 인터페이스를 구현하여 TS 다중화기(Multiplexer)와 같은 여러 가지 헤드엔드 기기와 연동이 가능하도록 하였다.

4. 실험 결과 및 성능 평가

실험은 그림 6에서 보는바와 같이 DTV 제너레이터(Generator)를 이용하여 하드 디스크에 미리 파일 형태로 저장된 지상파 디지털방송 MPEG-2 TS 스트림 소스를 실시간으로 읽어서 ASI(Asynchronous Serial Interface, DVB-ASI) 신호로 출력하여 업컨버터가 내장된 8-VSB 모듈레이터의 ASI 입력포트로 스트림 신호를 입력하고 8-VSB 모듈레이터의 RF 출력 포트를 통하여 출력되는 변조된 RF 신호를 가변 감쇄기(Attenuator)에 연결한 후 8-VSB 재변조기와 디지털 신호처리기에 각각 연결하여 실험을 진행하였다.

또한 각각의 최종 RF 출력 신호를 계측기에 연결하여 실험에서 요구하는 각 평가 항목을 측정하고, 분기된 RF 신호를 TV와 연결된 디지털방송 수신기(Set-top Box)에 연결하여 재변조되어 출력 되는 디지털방송의 상태를 TV화면과 스피커를 통하여 비디오(Video)와 오디오(Audio) 각각의 디코드 상태를 직접 확인하는 실험도 함께 병행하여 진행하였다.

실험을 통하여, 지상파 디지털방송을 재전송을 하는 경우 성능기준의 만족 여부와 입력 신호의 감쇄에 따라 재전송되는 신호에 대한 SNR 등의 값이 어떻게 측정되고 변하는지를 살펴보았다. 지상파 디지털 방송 재전송 측정 기준 항목에 대한 채널별 실험 결과는 아래 표 3과 그림 7에서와 같이 Ch. 3 (60Mhz~66Mhz), Ch. 62(450Mhz~456Mhz), Ch. 106(714Mhz~720Mhz)을 대상으로 총 3 개 채널에 대하여 표 1에서 제시된 성능 기준에 대한 측정 항목을 대상으로 각각 실험 및 측정을 진행하였다[4].

인접채널 감쇄특성에 대한 실험결과, 표 3에서 보는 바와 같이 3개 채널 모두 적합한 것으로 실험되었으며, 그림 7의 스펙트럼(Spectrum)은 표 3에서 측정 한 3개 채널중에서 Ch. 3에 대한 인접채널 감쇄특성을 측정 한 결과를 보여주고 있다.

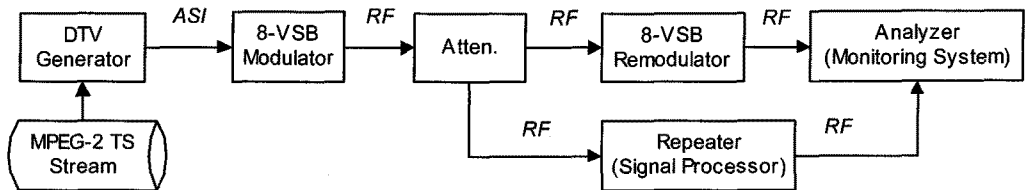


그림 6. 실험 환경 구성

표 3. 8-VSB 재변조기 성능기준에 대한 CATV 채널별 실험 결과

구 분	단 위	CH3 (60~66 Mhz)	CH62 (450~456 Mhz)	CH106 (714~720 Mhz)
입력레벨	dBmV	적합	적합	적합
출력레벨	dBmV	53.3	52.7	54.3
인접채널 감쇄특성	dB	적합	적합	적합
스푸리어스	dB	-62.7	-62.3	-64.2
주파수편차	ppm	1.1	0.57	0.97
반사손실	dB	21.3	16.3	20.1
위상잡음	dB c/Hz	-99.1	-97.9	-98.1
주파수응답	dB	0.41	0.43	0.41
그룹지연응답	ns	36.3	10.6	29.3
신호대잡음비	dB	31.7	32.1	33.4

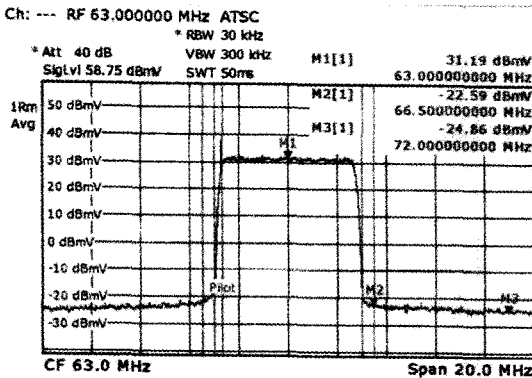


그림 7. 대역의 인접 채널 감쇄 특성 스펙트럼

이 결과에서 보는바와 같이 인접채널에서의 감쇄 특성이 그림 1에서 정한 요구 기준 이내로 측정되므로서 성능기준에 적합한 것을 확인할 수 있으며 8-VSB에서 정한 최적의 요구 SNR이 27dB 이지만, 실험결과 표 4에서 보는바와 같이 그 보다 더 낮은 감쇄에서도 디지털방송 수신기에서 방송 데이터가 정상적으로 수신되어 디코드 되는 것을 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

표 4. 디지털 신호처리기의 감쇄 단계별 SNR, EVM, 디코드 (Decode) 상태 측정

감쇄 (dB)	측정 구분		
	SNR (dB)	EVM (%)	디코드 상태
0	26.794	4.3614	OK
5	27.773	3.9836	OK
10	26.728	4.3171	OK
15	27.249	4.1864	OK
20	27.499	4.0749	OK
25	26.283	4.4556	OK
30	27.488	4.0749	OK
35	26.665	4.3162	OK
40	27.621	4.0678	OK
45	27.110	4.1518	OK
50	26.358	4.6489	OK
55	24.601	5.5873	OK
60	20.862	8.4566	OK
65	18.335	11.2340	OK
70	15.291	14.1290	NG
75	7.404	23.2220	NG
80	7.456	25.1800	NG

표 4와 표 5는 동일한 8-VSB 디지털방송 신호를 사용하여 측정 및 실험한 디지털 신호처리기와 8-VSB 재변조기에 대한 입력신호 감쇄(Attenuation)에 따른 SNR과 EVM의 측정값과 수신되는 디지털방송의 AV(Audio Video) 디코드 상태를 디코드가 정상적으로 되는 OK와 디코드가 되지 않는 에러 상태인 NG(Not Good)로 구분하여 실험하였다. 각각의 측정값중 SNR과 EVM은 그림 10에서 보는바와 같이 벡터 시그널 분석기(Vector Signal Analyzer)를 사용하여 측정하였다.

실험결과, 디지털 신호처리기의 경우에는 표 4에서 보는바와 같이 감쇄 50dB까지 일정한 SNR을 유지하다가 50dB 이하에서부터 점차적으로 SNR이 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 그러나 8-VSB 재변조기의 경우 표 5에서 보는바와 같이 모든 감쇄 범위에서 일정한 SNR을 유지하는 것을 실험을 통하여 확인 하였다. 이와 같은 실험결과는 재전송되는 신호의 품질에 큰 영향을 줄 수 있는 특징으로서 8-VSB 재변조기가 상대적으로 신호 재전송에 더 적합하다는 것을 증명하는 중요한 실험 결과임을 확인할 수 있다.

또한, 디지털 신호처리기와 8-VSB 재변조기 모두 입력 어텐 70dB 이하에서부터는 디지털방송 수신기(Digital Set-top Box)에서 방송을 시청할 수 없는 수준인 디코드(Decode) 에러 상태가 되었다. 디지털 신호처리기의 경우 아래 그림 8에서 보는바와 같이 그래프 상으로 SNR 과 EVM이 교차되는 감쇄 70dB 지점에서부터 디지털방송 신호에 대한 디코드가 불가능해지는 것을 실험을 통하여 확인하였다.

동일한 실험환경에서 실시한 디지털 신호처리기와 8-VSB 재변조기 모두 각각의 SNR 및 EVM 측정 결과가 서로 상이함에도 수신기에서의 디코드 에러

표 5. 8-VSB 재변조기의 어텐별 SNR, EVM, 디코드 (Decode) 상태 측정

감쇄 (dB)	측정 구분		
	SNR (dB)	EVM (%)	디코드 상태
0	35.189	2.3250	OK
20	35.570	2.2981	OK
40	35.267	2.3337	OK
60	35.756	2.2652	OK
70	35.555	2.2842	NG
80	35.280	2.4196	NG

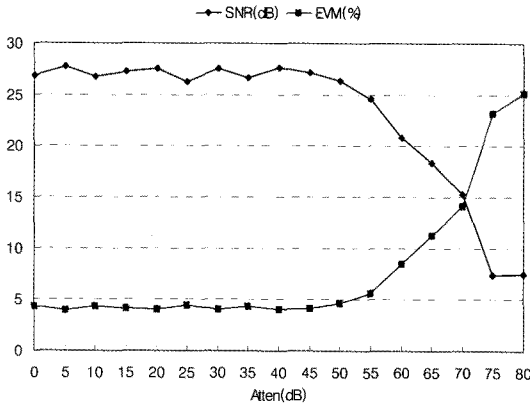


그림 8. 디지털 신호처리의 SNR 및 EVM 분석

상태가 같은 입력신호 감쇄 범위인 70dB 이하에서 함께 발생하는 것은 입력되는 원래의 디지털방송 신호 소스 자체가 이미 에러 상태를 유지하였기 때문인 것으로 분석된다.

따라서 표 5에서와 같이, 재변조(Re-Modulation) 기능을 갖는 8-VSB 재변조기의 출력 신호에 대하여 모든 감쇄 범위에서 양호한 SNR 및 EVM 측정결과를 보이는 것과 입력 신호의 품질상태와는 서로 상관관계가 크지 않거나 또는 전혀 관련이 없다는 것을 실험을 통하여 확인할 수 있다.

그러나 그림 8과 그림 9의 SNR과 EVM의 그래프를 비교해보면 알 수 있듯이 단순히 신호를 재전송하는 경우와 복조한 후 다시 변조하여 재전송하는 시스템 사이에서는 출력되는 신호의 품질에 큰 차이가 있음을 실험 결과를 통하여 확인할 수 있다.

따라서, 8-VSB 재변조기와 같이 수신되는 신호를 복조하여 다시 재변조하는 방식의 경우 일정한 감쇄

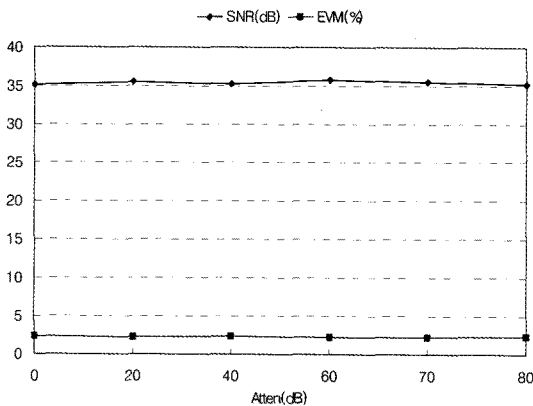


그림 9. 8-VSB 재변조기의 SNR 및 EVM 분석

범위의 입력신호에서 정상적인 TS 스트림을 일정한 SNR 수준의 RF 로 출력하는 것이 가능하기 때문에 헤드엔드에서와 같은 원래 수준의 신호 상태로 재전송 하는 것이 가능하다는 장점이 있음을 실험을 통하여 확인할 수 있다.

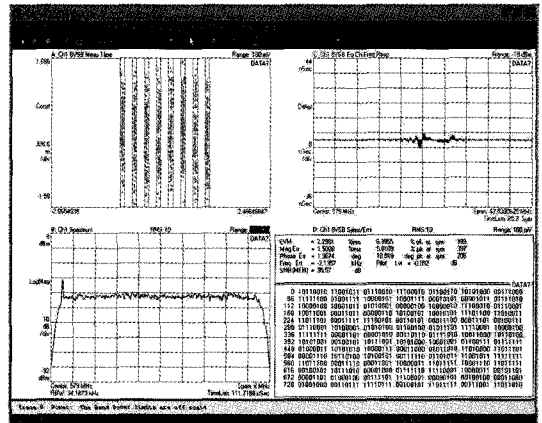


그림 10. 벡터 시그널 분석기를 이용한 실험 분석 화면

5. 결 론

본 논문을 통하여, 디지털 지상파 텔레비전방송의 효율적인 재전송이 가능한 8-VSB 리모듈레이션 기반의 신호처리기인 8-VSB 재변조기의 성능기준을 제시한 후 시스템을 구현하고 실험 및 평가하였다. 구현된 8-VSB 재변조기는 튜너 블록, 제너레이션 블록, 업컨버터 블록 등으로 구성되며, 시스템의 성능을 비교 평가하기 위하여 일반적인 디지털 신호처리기와 함께 동일한 디지털방송 송수신 환경에서 실험 및 평가한 후, 각각의 실험 결과를 서로 비교 및 분석하였다.

지상파 디지털방송 재전송의 경우에는 아날로그 방송신호와 다르게 방송신호가 1과 0의 조합인 스트림 형태로 디지털 인코드되어 전송된다. 따라서 재전송의 경우 바이패스 또는 리피터 방식의 신호처리기에 비하여 재변조 기능을 갖고 있는 8-VSB 재변조기가 원래의 방송신호 품질을 유지하면서 재전송하기 때문에 상대적으로 양호한 신호품질을 유지시키는 것이 가능하여 디지털방송의 재전송 효율성이 더 높은 것을 실험을 통하여 확인 하였다. 그리고 표 1에서 제시된 디지털 지상파 텔레비전방송 재전송용 신호처리기의 성능 기준도 충분히 만족함을 실험을

통하여 확인하였다.

본 논문에서 제안하는 8-VSB 재변조기는 1채널에 적합한 형태로 구현되어 있으므로 다중 채널용으로 사용하기 위해서는 하나의 시스템에서 3개 또는 6개의 멀티채널 재변조가 가능하도록 발전시켜 나가야 할 것이다. 또한 다양한 인터페이스의 추가 및 ETR-290[11]에서 정의된 디지털방송 신호와 MPEG-2 TS 품질에 대한 상태값을 실시간 모니터링할 수 있는 프로세스를 추가하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] 정보통신부, “방송 공동수신설비의 설치 기준에 관한 규칙,” 정보통신부령 제229호, 2007.

[2] Ray Hauge, Jong G. Kim, Paul Snopko, and Shawn Yang, “ATSC VSB Re-modulator System,” *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 44, No. 3, pp. 823-826, August 1998.

[3] Mark Henry, *A Study in Field Verification of 8-VSB Coverage*, thesis of Master of Science in the Department of Electrical Engineering, University of Cincinnati, pp. 28- 46, March 2001.

[4] 중소기업기술혁신개발사업, “8-VSB 리모듈레이터 기반의 디지털방송 신호처리기 개발,” 반도체전자통신, pp. 13, 19-23, 2009.

[5] 중소기업어전기술개발사업, “지상파 DTV용 8-VSB 제너레이터 개발,” 루먼텍, pp. 20-28, 2008.

[6] 방송통신위원회, “유선방송국설비 등에 관한 기술기준,” 방송통신위원회고시 제2009-2호, 2009.

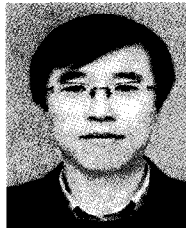
[7] ATSC (Advanced Television Systems Committee), <http://www.atsc.org>

[8] ISO/IEC, “International Standard 13818-1 Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems,” ISO/IEC, pp. 18-22, December 2000.

[9] 유시룡, 장규환, 이병욱, 김종일, 정해묵, MPEG 시스템, 브레인코리아, pp.130-162, 서울, 2006.

[10] 박지형, 김강수, 디지털 텔레비전 전송기술, 커뮤니케이션스북스, pp.150-204, 서울, 2002.

[11] ETSI TR 101 290, “Digital Video Broadcasting(DVB); Measurement guidelines for DVB systems,” *European Telecommunications Standards Institute*, pp. 16-18, May 2001.



김 유 원

1987년 경희대학교 기계공학과 학사
 2003년 인하대학교 정보공학과 석사
 2003년~현재 인하대학교 정보공학과 박사과정

관심분야: 디지털방송, 스마트TV, 증강현실, 컴퓨터비전



조 근 식

1982년 인하대학교 전자계산학과 학사
 1985년 Queens College/CUNY, Computer Science 석사
 1991년 City University of New York, Computer Science 박사

1991년~현재 인하대학교 컴퓨터정보공학과 교수
 2006년~현재 BK21 지능형 유비쿼터스 물류 기술 연구 사업단장

관심분야: 전문가시스템, 인공지능, 시맨틱 웹, 지능형 에이전트 시스템