

# 동적다중경로 채널에서 VSB시스템의 수신성능개선을 위한 강인한 변조기법 연구

배재휘, 서재현, 김승원  
한국전자통신연구원  
042-860-4827, jhbae@etri.re.kr

## Research on the Robust Modulation for the reception improvement of VSB System in dynamic multipath channel

Jae-Hwui Bae, Jae-Hyun Seo, Seung-Won Kim  
Electronics and Telecommunication Research Institute  
042-860-4827, jhbae@etri.re.kr

### Abstract

This paper presents a new baseband modulation system for the reception improvement of VSB system in dynamic multipath channel. By introducing the 1/2 Trellis Coded Modulation in baseband modulation, the TOV of proposed modulation is improved very much compared with 8-VSB modulation and better than the pseudo 2-VSB modulation of Philips which is the most robust modulation for VSB transmission system as far. Through the computer simulation, the performance of the proposed modulation is examined and the results are shown.

### I. 서론

방송의 디지털 전환은 TV 방송 서비스에 있어서 흑백 TV에서 컬러 TV로의 전환과는 차원이 다른 획기적으로 새로운 시대를 예고하는 것이다. 현재 지상파 디지털 TV 방송 서비스의 세계적인 추세는 고정 서비스(fixed service)에 대해서는 미국, 호주 등 일부 국가에서는 이미 실시하고 있는 상태이고, 다른 국가에서는 수년 이내에 실시할 계획을 가지고 있다. 우리나라의 경우에는 2001년 11월부터 수도권을 중심으로 HD(high definition)급 서비스를 기본으로 하는 디지털 TV 방송을 실시하고 있는 상태이다. 그러나, 방송의

디지털화는 옥외 고정수신뿐만 아니라 실내 및 휴대수신에서 정상적인 수신이 가능한 서비스에 대한 가능성을 제시하게 되었고, 이러한 서비스는 추후에 이동방송 서비스와 새로운 형태의 비즈니스 모델이 가능하게 하였다. DTV 방송의 세계적인 추세는 우리나라와 미국이 ATSC 표준으로 그리고 영국, 독일 등 일부 유럽 국가, 호주 및 싱가포르가 DTV 정규방송 서비스를 실시하고 있으며, 나머지 다른 국가에서도 대부분 향후 수년 이내에 상용 서비스 실시를 위한 기술조사를 실시하는 단계에 있다.

현재 국내 표준 지상파 디지털 TV 전송방식은 미국, 캐나다 등에서 표준으로 채택한 ATSC(advanced television systems committee) A53 8-VSB(vestigial side band) 시스템을 적용하고 있다[1]. 그러나, 현재의 8-VSB 방식은 고정수신을 위하여 개발된 시스템이기 때문에 다양한 다중경로와 전달특성이 변화하는 실내/휴대채널에서는 만족할 만한 성능을 가지지 못한다.

본 논문에서는 VSB 시스템의 동적다중경로채널 수신성능 개선을 위하여 기저대역(baseband)에서 기존의 8-VSB 및 Philips 제안 Pseudo 2-VSB 에 비해 TOV(threshold of visibility) 측면에서 더 강인한 특성을 가지는 변조방식을 제안한다[2]. 제2장에는 ATSC A53 8-VSB 시스템의 구성과 기존에 제안된 강인한 변조기법에 대한 내용을 기술하였다. 제3장에는 제안된 강인한 변조기법에 대한 설명을 하였다. 제4장에서는 컴퓨터 실험을 통한 제안된 변조방식의 성능을 본

석하였다. 그리고 제 5장에는 제안된 방식의 동적다중 경로 채널에서 정상 서비스에 대한 적응성과 향후 발전방향에 대하여 기술하였다.

## II. VSB 전송 시스템 개요

이 장에서는 ATSC 표준인 A53 8-VSB 전송 시스템과 이것의 성능개선을 위하여 기저대역에서 TCM (trellis coded modulation) 변조를 적용한 Philips의 pseudo 2-VSB 변조 방식 및 ITU-T (international telecommunication union-telecommunication)에서 표준으로 채택한 VSB 모드에 대하여 설명한다[3].

### 2.1. ATSC A53 8-VSB 변조방식

#### (1) VSB 전송시스템 기능 구성

ATSC A53 8-VSB 전송 시스템의 기능 구성은 그림 1.과 같이 나타난다. MPEG 부호기에서 출력되는 Transport Stream을 Reed Solomon 및 TCM 채널부호기를 거쳐 잡음에 강인한 8 성상(constellation)의 기저대역(baseband) 변조를 수행하고, VSB 변조기를 거쳐 전송을 위한 VSB 주파수 스펙트럼을 얻는다[1].

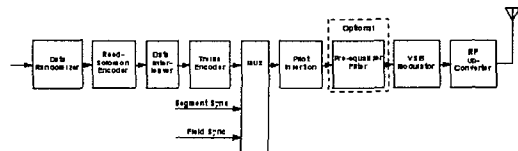


그림 3 . VSB 송신기 기능 구성

#### (2) 데이터 프레임 구성

VSB 전송시스템은 2개의 필드로 구성되고 각 필드는 313개의 데이터 세그먼트로 구성된다. 특히 313개의 세그먼트 중에서 첫 번째 한 개의 세그먼트는 필드 싱크이고 나머지 312개 세그먼트는 유효부하(payload)를 전송하는데 적용된다. 필드 싱크 세그먼트와 유효부하

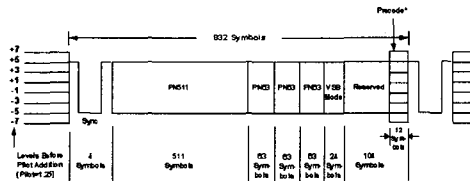


그림 4 . VSB 데이터 필드 싱크

세그먼트의 구성은 그림 2. 와 그림 3.에 각각 나타나 있고 데이터 프레임 구조는 그림 4.에 나타나 있다[1].

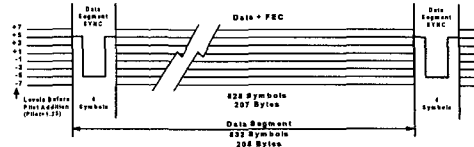


그림 5 . VSB 데이터 세그먼트

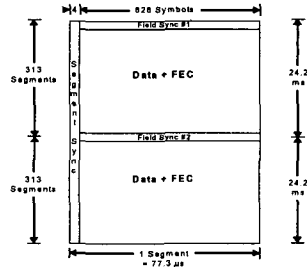


그림 6 . VSB 데이터 프레임

#### (3) 기저대역 변조 방식

8-VSB 시스템은 그림 5. 와 같이 기저대역에서 부호율 2/3 TCM을 적용하여 부호어(codeword) 간의 유효 거리를 Hamming 거리가 아닌 Euclidean 거리를 적용함으로써 동일한 데이터 전송을 19.39 Mbps를 가지는 TCM을 적용하지 않은 4-VSB 변조에 비해 더 우수한 TOV 성능을 가진다(표 2. 참조)[1,3].

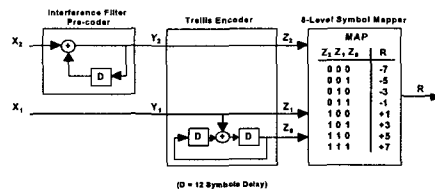


그림 7 . 8-VSB TCM 변조 및 심볼 Mapper

### 2.2. Philips pseudo 2-VSB 변조방식

ATSC는 A53 8-VSB의 성능개선을 위하여 여러 기관에서 기존의 수신기와 호환성을 고려한 성능 개선안을 받았는데, 그 중에서 Philips 가 제안한 pseudo 2-VSB 변조가 TOV 측면에서 가장 강인한 특성을 가진다[3].

#### (1) Pseudo 2-VSB 변조

Pseudo 2-VSB는 그림 5.에서 입력  $X_1=X_2$ 를 연결하여 하나의 입력으로 만들어 출력  $Y_1=Y_2$ 가 같도록 한다. 이 때 2/3 TCM 부호기는 실제로는 1/2 TCM으로 동작하여  $\{-7, -5, 5, 7\}$  심볼을 출력하기 때문에 4-VSB 변조를 수행하게 되며, 입력 · 출력 비트 및 출력심볼

사이의 관계는 표 1.과 같이 요약될 수 있다.

표 2. pseudo 2-VSB 심볼 Mapping scheme

심볼	X <sub>1</sub> (정보비트)	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>0</sub>	비고
-7	0	0	0	0	o Z <sub>1</sub> =Z <sub>2</sub> =X <sub>1</sub> o X <sub>2</sub> =X <sub>1</sub> +Y <sub>2D</sub>
-5	0	0	0	1	
+5	1	1	1	0	
+7	1	1	1	1	

(2) Pseudo 2-VSB 의 특징

pseudo 2-VSB 변조의 특징을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 입력 비트 '0' → 출력 심볼 부호 '-', {-5, -7}
- 2) 입력 비트 '1' → 출력 심볼 부호 '+', { 5, 7}
- 3) 실제로는 4-VSB 변조이지만 입력비트의 값에 따라 출력 심볼의 부호가 결정된다는 관점에서 2-VSB 변조 특성을 가지기 때문에 pseudo 2-VSB라고 함.
- 4) pseudo 2-VSB의 TOV : 8.6 dB
- 5) 데이터 전송율 : 약 9.67 Mbps

2.3. ITU 표준 VSB 모드

ITU-T에서 규격화된 VSB 모드는 표 2. 에 나타나 있는데, 이 중에서 ATSC가 지상파 디지털 TV 고정 수신용 표준으로 채택한 것이 8-VSB (TCM)이다[3].

표 3. VSB 모드 비교

VSB 모드	데이터 전송율	TOV
2-VSB	9.7 Mbps	10 dB
4-VSB	19.39 Mbps	16 dB
8-VSB	29.09 Mbps	22 dB
16-VSB	38.79 Mbps	28 dB
8-VSB(TCM)	19.39 Mbps	15 dB

VSB 시스템이 동적다중경로 채널에서 안정된 TV 서비스를 하기 위해서는, 다양한 다중경로 전파수신과 동적 다중경로가 존재하는 채널특성을 충분히 보상할 수 있는 채널등화 방식과 주변잡음(ambient noise) 및 채널등화 오류잡음 등이 복합적으로 작용하는 잡음환경에 대하여 강인한 변조방식이 적용되어야 한다.

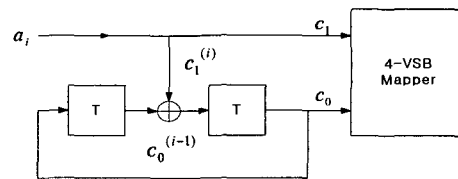
III. 제안된 강인한 VSB 변조기법

이 장에서는 기저대역 변조에 1/2 TCM 부호를 적용함으로써, 잡음에 대한 TV신호의 복원가능한 최저 신호대잡음비(SNR)인 TOV 측면에서 성능이 크게 향상된 4-VSB(TCM) 변조 방식을 제안한다[4,5]. 4-VSB 변조를 위한 TCM 부호기는 그림 6.에 나타나 있다.

제안된 4-VSB(TCM) 전송시스템은 8-VSB 전송시스템에서 TCM 부호 부분만 제안된 부호기를 적용하고, 나머지는 동일하게 적용된다.

표 2. 에 나타나 있는 것과 같이 동일한 전송율을 가지는 4-VSB와 8-VSB(TCM) 모드에서 8-VSB(TCM) 모드가 TOV 측면에서 1 dB 더 낮게 나타나는 것을 볼 수 있다. 이것은 부호율 2/3 TCM을 적용함으로써 성상의 개수가 4개에서 8개로 증가하여 심볼 오류확률은 증가하지만, 심볼간의 거리가 Hamming 거리에서 Euclidean 거리로 변환되면서 유효거리가 증가되어 실제로는 오류 확률이 감소하기 때문이다[4,5]. 동일한 관점에서 2-VSB변조에 1/2 TCM을 적용한 4-VSB 시스템은 2-VSB에 비해 더 우수한 TOV 특성을 가지게 된다. 제안된 4-VSB(TCM)에 그림 4.의 데이터 프레임 적용시 데이터 전송율은 다음과 같이 나타난다.

$$\frac{188}{208} \times \frac{156}{157} \times \frac{684}{286} \times 4.5 \approx 9.67 \text{ Mbps}$$



$$c_0^{(i)} = c_0^{(i-2)} \oplus c_1^{(i-1)}$$

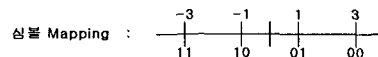


그림 8. 4 State 1/2 TCM 부호기

IV. 실험 및 고찰

제안된 변조방식의 성능분석은 TOV 계산에 적용되는 AWGN(additive white Gaussian noise)을 적용하였다.

그림 7.은 제안된 4-VSB(TCM) 변조, 8-VSB(TCM) 및 2-VSB 변조방식의 AWGN 채널에서 TOV 성능을 비교분석한 결과이다. 그림 8.은 제안된 4-VSB(TCM)의 정확한 TOV를 얻기 위하여 7 dB~8 dB 사이를 0.1 dB 간격으로 비트 오류율을 계산하였다. 일반적으로 TOV는 비트 오류율(bit error rate)이  $3 \times 10^{-6}$ 이 되는 신호대잡음비(SNR)를 말한다. 그림 7.에서 곡선이 끝나는 SNR이후부터 비트 오류율이 0이 되므로, 제안

된 4-VSB(TCM) 변조방식은 7.7 dB, 8-VSB(TCM)는 15 dB 정도에서 TOV가 형성되는 것을 알 수 있다. 그리고 2-VSB는 ITU-T에서 제시한 TOV 10 dB와 약간 차이가 나는 9 dB 정도에서 TOV가 형성되었다.

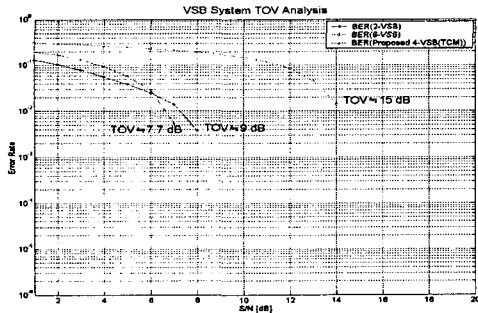


그림 9 . VSB 변조방식의 TOV 성능분석

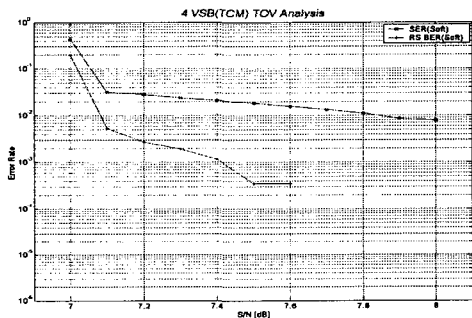


그림 10 . 4-VSB(TCM) 변조의 TOV 검출

제안된 4-VSB(TCM)은 8-VSB(TCM)에 비해 약 2배 그리고 동일한 데이터 전송율을 가지는 2-VSB(실험치 9 dB, ITU 10 dB) 보다 1.3~2.3 dB 및 Philips pseudo 2-VSB(8.6 dB)에 비해 약 1 dB 정도 성능이 우수한 결과를 얻을 수 있었다.

## V. 결론

본 논문에서는 VSB 전송시스템의 동적다중경로 채널에서 수신성능 개선을 위하여 AWGN에 대하여 강한 특성을 가지는 1/2 TCM이 적용된 4-VSB 변조기법을 제안하였다. 성능 분석을 통하여 제안된 4-VSB(TCM)의 TOV는 7.7 dB 정도로 나타났는데, 이것은 동일한 데이터 전송율을 가지는 2-VSB 및 Philips의 pseudo 2-VSB변조 보다 더 우수한 TOV 특성을 가진다는 것을 알 수 있었다. 이러한 측면에서

실내/휴대 및 향후에는 이동과 같은 동적다중경로 채널에서 서비스가 가능한 VSB 시스템의 기저대역 변조에 적용성이 매우 높을 것으로 기대된다.

향후의 연구는 4-VSB(TCM) 변조에 의한 데이터 전송을 감소를 보상하기 위하여, 데이터 전송율을 높이면서 TOV를 낮추는 방향으로 연구가 필요하다고 생각된다.

## 참고문헌

- [1] Advanced Television Systems Committee, *ATSC Digital Television Standard(A/53A)*, April 2001.
- [2] Philips Research, Proposal for an Improved ATSC DTV Standard(Revision to A/53), April 2001.
- [3] ITU, *Digital multi-programme systems for television, sound and data services for cable distribution*, ITU-T Recommendation J.83, April 1997.
- [4] S. Hamidreza Jamali, Tho Le-Ngoc, *Coded-Modulation Techniques for Fading Channels*, Kluwer Academic Publishers, 1995.
- [5] Ezio Biglieri, Dariush Divsalar, Peter J. McLane, Marvin K. Simon, *Introduction to Trellis-Coded Modulation with Applications*, Macmillan Publishing Company, 1991.