DBpia

심볼 변환을 이용한 적응형 8PSK 트렐리스 부호화 방식

정회원 *정 지 원

Adaptive Trellis-Coded 8PSK Using Symbol Transformation

Ji-Won Jung* *Regular Member*

요 약

기존의 QPSK와 TC-8PSK 신호를 복호할 수 있는 pragmatic TCM은 3bit 연판정을 적용한 Viterbi 복호기를 이용하기 위해서 sector phase quantizer가 필요하다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 sector phase quantizer가 필요치 않고서 간단히 심볼 변환을 이용하여 연판정 출력이 가능한 새로운 알고리즘을 제안해서 이에 구조 및 성능을 분석하였으며 아울러 터보 부호에도 적용하였다. 성능 분석 결과, 기존의 pragmatic TCM에 비해 Euclidean 거리의 증가로 약 1[dB]의 성능 향상을 가져옴을 알 수 있다.

Key word : *PTCM; 코셋 매핑; 심볼 변환; TC-8PSK; turbo-TCM.*

ABSTRACT

Conventional pragmatic TCMs need sector phase quantizer to apply Viterbi decoder which uses 3-bit soft decision. A symbol transformation applied to the incoming I-channel and Q-channel symbols allows to use Viterbi decoder without sector phase quantizer. We analyzed structure and performance of proposed decoder, and applied it to the turbo decoder. We know that the performance of proposed decoder is better than that of conventional decoder by 1[dB] because of increasing of Euclidean distance.

Ⅰ. 서 론

지속적인 위성방송 서비스를 가입자에게 제공하기 위해서는 채널환경이 좋은 환경에서는 부호화율이 작은 오류정정 방식의 적용이 필요하고, 채널환경이 열악한 환경에서는 부호화율이 큰 오류정정방식의 적용이 필요하다. 변조 방식 또한 MPSK에서 강우 감쇠 정도에 따라 M을 조절한다. 이러한 적응형 위성방송 시스템은 주로 Viterbi 복호기를 가지고 TC-8PSK를 복호하는 pragmatic TCM을 주로 이용하는데, 이는 이미 표준으로 나와있는 DVB -SNG 및 지금 표준화 작업중인 ISDB에 알고리즘이 명시되어 있다[1][2]. 이 알고리즘은 3비트 연판정을 적용한 Viterbi 복호기를 이용하기 위해서 sector phase quantizer가 필요하다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 sector phase quantizer가 필요치 않고서 연판정 출력이 가능한 심볼 변환(symbol transformation)을 이용한 새로운 알고리즘을 제안해서 이에 구조 및 성능을 분석하였으며, 아울러 터보 부호에서의 적용도 고려하였다.

Ⅱ. 기존의 방식(PTCM, Pragmatic TCM)

적응형 시스템에서는 BPSK와 QPSK 변조시 길쌈부호 와 Viterbi 복호기를 사용할 수 있다면 효율적이다. 따라서(2,1,m) Viterbi 복호기를 사용할 수 있는 pragmatic TCM 복호방법이 Ungerboeck

* 한국해양대학교 전파공학과 위성통신 연구실
논문번호 : 030303-0722, 접수일자 : 2003년 7월 22일

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

TCM 복호 방법 보다 칩 소요면적 및 전력을 줄일 수 있다.

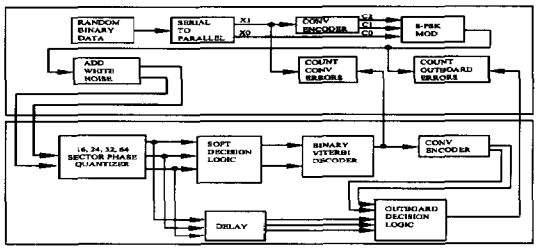
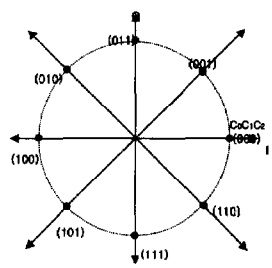
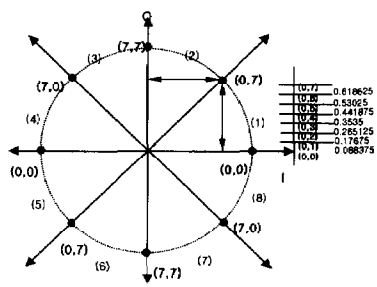


그림 1. Pragmatic TCM 부복호화기 구조

그림 1은 부호화율 2/3을 가지는 pragmatic TCM의 부복호화기 구조를 나타내었다. 수신된 8PSK 신호를 sector phase quantizer에서 QPSK 신호배치로 전환하여 3비트 soft decision 신호를 (2,1,7) Viterbi 복호기를 이용하여 X1을 복호하고, 그리고 다시 재부호화여 비부호화 비트에 대한 정보를 제공하여 나머지 X0를 복호한다. Pragmatic TCM 복호를 (2,1,m) Viterbi 복호기를 이용할 수 있도록 하려면 수신되는 8PSK 신호 배치를 QPSK 신호배치로 바꾸어 양자화 하여야 한다[3].



(a)TC-8PSK



(b)56 sector 경우 Soft decision

그림 2. TC-8PSK 성상도 및 soft decision할당

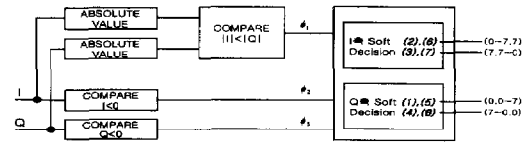


그림 3. Sector phase quantizer 와 Soft decision mapping block

즉, 그림 2(a)의 8PSK 성상도에서 C0는 부호화 되지 않은 비트이고, C1과 C2는 길쌈 부호화 된 신호이기 때문에 그림 2(b)와 같이 3비트로 양자화 하여 기준 매핑점으로 표현한다. 3비트로 연판정된 기준 신호에 의하면 I(In-phase)와 Q(Quadrature) 값의 영역에 따라 수신되는 신호의 연판정 영역을 결정할 수 있음을 알 수 있다. 즉, (2),(3),(6),(7)영역은 I 값을 연판정하고 나머지 영역은 Q 값을 연판정한다. 연판정 영역과 연판정 I,Q 값의 결정 방법은 그림 3과 같다. 8PSK로 변조된 신호는 in-phase 성분과 quadrature 성분으로 잡음채널을 통과하여 수신된 quadrature 성분을 0과 비교하여 3를 결정하고 in-phase 성분을 0과 비교하여 2을 설정하여 4사분면을 결정한다. 두 성분의절대치의 크기를 비교해서 1을 설정하여 결정된 4사분면을 이등분하여 phase 정보를 설정하여 그림 3과 같이 어느 범위에 포함되는지에 따라 그림 2(b)의 (1)~(8)영역으로 구분하고, 결정된 영역에 따라 I 또는 Q 값에 따라 연판정하여 Vitervbi 복호기의 입력 비트로 정해진다.

Ⅲ. 새로운 pragmatic TCM 구조 분석

3.1 r=2/3에서의 적용

본 절에서는 기존의 pragmatic TCM에서 연판정 비트를 출력하기 위해서 sector phase quantizer가 필요로 하다는 단점을 보완하기 위해, sector phase quantizer가 필요치 않고서도 연판정 출력이 가능한 새로운 알고리즘이 제안되었다[4]. 수신된 M-PSK symbols의 I 와 Q 값을 (x,y)라 할 때 이의 amplitude(r) 와 phase(ϕ)는 식(1)과 같다.

$$r=\sqrt{x^2+y^2} \quad \text{and} \quad \phi = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \tag{1}$$

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

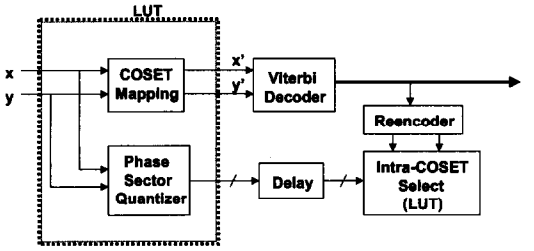


그림 4. 심볼 변환을 이용한 pragmatic TCM 수신 블록도

식 (2)에서와 같이 rotational transformation은 Viterbi 복호기의 input symbol(x', y')을 얻기 위해 다음 식(2)와 같은 심볼 변환 공식을 적용한다.

$$x' = r\cos[2(\phi - \Phi)],$$
$$y' = r\sin[2(\phi - \Phi)] \qquad (2)$$

여기서, Φ는 constant phase rotational을 나타내는 상수이다. $\Phi = \pi$로 설정시 x', y'는 QPSK 성상도(0o,90o,180o,270o)로 변환된다. x', y'는 Viterbi 복호기로 입력되어 출력된 복호 비트를 재부호화 하여 저장된 위상 정보를 이용하여 비부호화 비트를 복호한다. 이 알고리즘을 제안한 논문의 단점은 QPSK 성상도로 변환시 0o,90o,180o,270o로 매핑 시켰기 때문에 Viterbi 복호기에서 연판정 비트를 이용하기 보다는 Euclidean 거리를 이용하고 있다는 것이 기존의 Viterbi 복호기를 이용하기에는 조금 차이가 난다는 것이다. 그러므로 본 연구에서는 $\Phi = 5\pi/8$로 설정했을 시 QPSK 성상도는 그림 5와 같이 정확히 45o, 135o, 225o, 315o로 배치되어 기존의 연판정시 -1~1사의 값을 연판정하는 것을 그대로 이용할 수 있다. 따라서 식(2)를 다음과 같이 식(3)으로 변형하였다. $\sqrt{2}$를 곱한 이유는 ± 1로 배치하기 위한 스케일링 요소이다.

$$x' = \sqrt{2}\cos[2(\phi - 5\pi/8)]$$
$$y' = \sqrt{2}\sin[2(\phi - 5\pi/8)] \qquad (3)$$

구현 시 x', y'를 얻기 위해서는 look-up table(LUT)만 있으면 간단히 구현 된다.

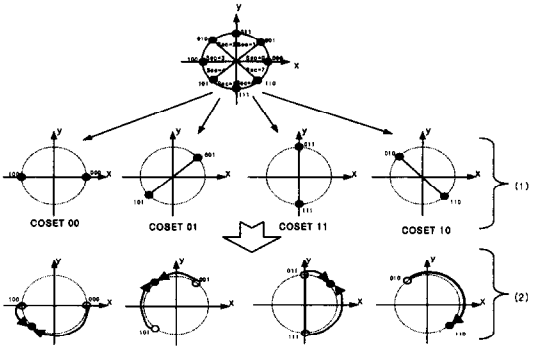


그림 5. x', y' 성상도 ($\Phi = 5\pi/8$)

3.1 r=2/3에서의 적용

그림 6은 r=5/6에서의 부호화기를 나타내며, 8PSK 매핑시 두 비트가 부호화 비트인 r=2/3와는 달리 한 비트만이 부호화 비트이다. r=8/9 역시 변조기가 3개 필요하며 비부호화된 비트 6비트와 부호화된 비트 3비트가 각각의 변조기로 입력되어므로 각 변조기당 한 비트만이 부호화된 비트이다.

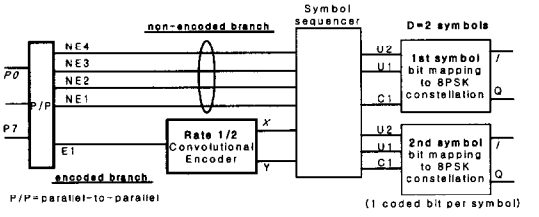


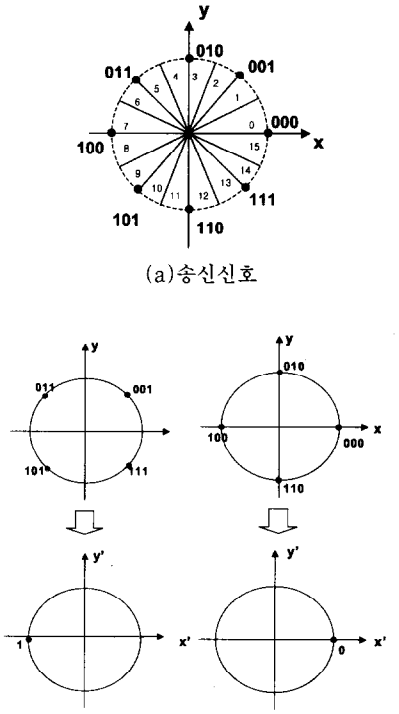
그림 6. r=5/6 일때의 부호화기 구조

이는 수신되는 심볼이 부호화 된 비트 1비트만 포함하고 있으므로 수신된 신호를 변하기 위해서는 x', y'를 BPSK 형태로 변화 시켜야 한다. 부호화 비트 1비트를 BPSK 형태로 변환하기 위해서는 다음과 같은 공식에 의해 변환 된다.

$$x' = \cos(\phi')$$
$$y' = \sin(\phi')$$
$$\phi' = 4\phi \qquad (4)$$

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

ϕ는 수신 신호의 위상이며, x', y' 는 BPSK 성상도로 얻어지고 그림 7과 같다.



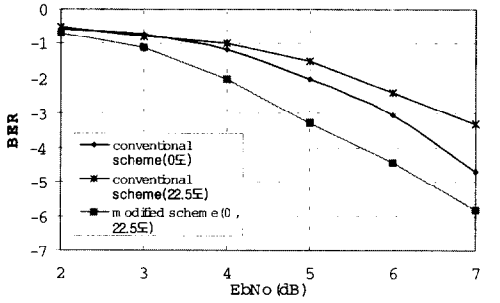
(a)송신신호

(b)부호비트 "1"의 변환 (c) 부호비트 "0"의 변환

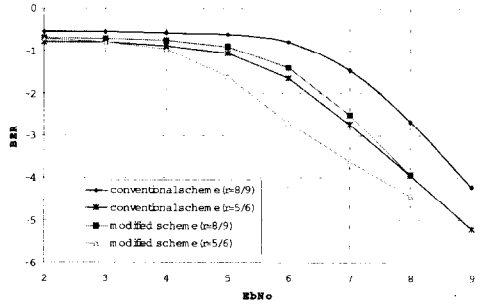
그림 7. r=5/6, 8/9 일 때 부호비트 변환

Ⅳ. 모의 실험 결과

본 절에서는 pragmatic TCM과 새롭게 제안된 pragmatic TCM을 가우시안 잡음 채널 환경에서 분석하였다. 전체적인 변형된 pragmatic TCM 구조에 대한 성능은 1dB 정도 기존의 방식에 비해 개선됨을 그림 8에서 알 수 있다.



(a) r=2/3



(b) r=5/6.8/9

그림 8. r=2/3,5/6,8/9 일 때 기존방식과 성능 비교

8PSK 매핑시 0o를 기준으로 매핑할 경우와 45o를 기준으로 매핑할 때 기존의 PTCM 알고리즘을 적용하면 성능 차이가 난다. 그림 8(a)에서는 22.5o를 기준으로 8PSK 매핑시 soft decision 길이는 0o 기준의 매핑시 평균 soft decision 길이가 짧아 식(5)와 같이 0.8dB 정도의 성능의 열화를 야기시킨다.

$$p=\frac{1}{2}\left(10\log_{10}\left(\frac{0.765}{0.707}\right)^2+10\log_{10}\left(\frac{0.542}{0.707}\right)^2\right)\cong -0.8$$

이는 새로 제안된 pragmatic TCM 알고리즘을 그림 9와 같이 이용하여 극복할 수 있다. 그림 9는 22.5도에서 시작하는 8PSK 매핑을 식(2)에서 $\Phi=\pi/2$로 설정하면 그림 9(b)와 같이 QPSK 성상도로 변한다. 따라서 그림 8(a)에서 알수 있듯이 22.5o에서 시작한 성상도에 비하면 제안한 방식을 적용하면 기존의 방식에 비해 약 1.6dB 정도 개선할 수 있다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

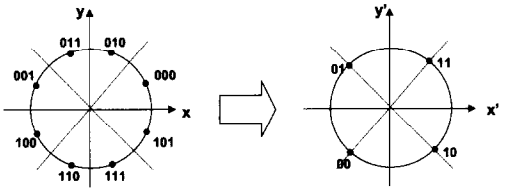
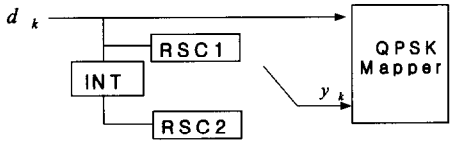


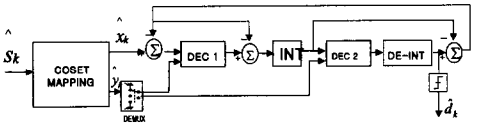
그림 9. 22.5o에서 시작되는 8PSK mapping 변환 ($\Phi = \pi/2$)

V. 심볼 변환을 이용한 turbo-TCM 부호화 방식

본 절에서는 앞 절에서 설명한 심볼 변환을 이용하여 turbo-TCM에 적용하였다.



(a) 부호기



(b) 복호기

그림 10. 심볼 변환을 이용하여 turbo-TCM 부복호기

그림 10은 심볼 변환을 이용한 turbo-TCM의 부복호기 구조이며, 입력되는 비트중 d_k는 turbo 부호화 되고 나머지 비트 d_{k_1}은 부호화 되지 않고 비부호화 되어 8PSK 성상도에 매핑된다. 이의 8PSK 성상도는 그림 2(a)와 같으며, 비부호화 비트를 8PSK 매핑시 제일 마지막 비트에 할당한다. 부호화 비트 x_k, y_k는 심볼 변환에 의해 QPSK 신호 성상도로 변환되고 (11은 (1,1), 10은 (1,-1),01은(-1,1),00은 (-1,-1)로 변환) 수신신호가 몇 사분면에 존재하는지는 PSQ(Phase Sector Quantization)에 의해 위상정보 3비트로 표현된다. 일정한 반복 후에 복호되는 $\hat{d}_k$와 위상 정보를 이용해서 비부호화 비트 $\hat{d}_{k_1}$을 복호한다. 이는 8PSK 신호를 복호하기 위한 복잡한 turbo-TCM의 복호기를 사용하지 않고도 단지 QPSK 혹은 BPSK 신호를 복호 할 수 있는 기존의 turbo 복호기를 사용하고도 8PSK 신호를 복호 할 수 있는 pragmatic 개념을 도입한 turbo-TCM 복호기이다. 이의 성능 분석은 그림 11과 같다.

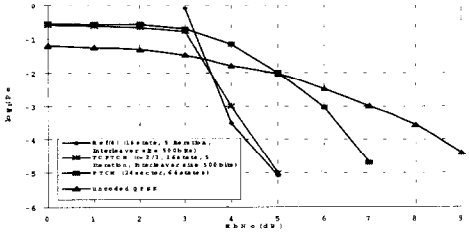


그림 11. 심볼 변환을 이용한 turbo-TCM 부호화방식 성능 분석(제안 방식: 16 상태, 반복횟수 = 5, 인터리버크기 = 500, Ref[5]의 파라미터: 16 상태, 반복회수 = 5, 인터리버 크기=500)

그림 11은 제안된 심볼 변환을 이용한 turbo-TCM의 성능을 나타낸다. turbo-TCM의 경우 16 상태, 반복횟수 = 5, 인터리버 크기 = 500일 때 본 논문에서 제안한 알고리즘과 타 알고리즘을 비교하였다. 본 알고리즘과 타 알고리즘의 성능 비교를 위해 참고 문헌[5]와 비교하였으며 참고 문헌[5]는 심볼 변환식을 사용하지 않은 turbo-TCM으로써, 8PSK 신호에 대한 turbo-부호를 적용시키기 위해 복잡한 과정을 가지는 부호기 구조이다. 성능 분석 결과 성능이 거의 일치함을 알 수 있다. 그리고 Ⅲ장에서 적용한 PTCM의 경우와 비교해 볼 때 같은 부호화에서 약 3dB의 성능이 개선됨을 알 수 있다.

Ⅵ. 결 론

Viterbi 복호기를 이용하여 QPSK와 TC-8PSK 신호를 복호 할 수 있는 pragmatic TCM 구조 설계와 알고리즘을 바탕으로 새로운 pragmatic TCM의 성능을 분석하였다. 첫째로 기존의 pragmatic TCM과 비교하여 1dB의 성능향상을 볼 수 있었다. 둘째로, 기존의 pragmatic TCM은 8PSK 신호 배치를 0o에서 시작하는 것과 22.5o시작하는 것에 대한 성능 분석 결과 0o에서 시작하는 8PSK 신호 배치가 약 0.8dB의 이득이 있었지만 제안한 방식을 이용하면 0o와 22.5o의 성능차이는 없음을 알 수 있다. 또한 turbo 코더로의 적용시 하나의 turbo 복호기를 이용하여 turbo-TCM에로의 적용도 가능하였음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

[1] "Digital Video Broadcasting(DVB): Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Satellite News Gathering(DSNG) and Other Contribution Applications by Satellite", *ETSI EN 301 210*: European Standard

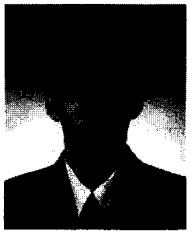
[2] "Satellite Broadcasting System of Service Digital Broadcasting", *ITU-RBO. 1227-2*

[3] Carden Frank, "A Quantized Euclidians soft Decision Maximum Likelihood Sequence Decoder: A Concept for Spectrally Efficient TM Systems", *Proceedings of the International Telemetering Conference*, vol. XXIV, pp.375-384, October 1988.

[4] Morelos-Zaragoza RH. Mogre A., "A two-stage decoder for pragmatic trellis-coded M-PSK Modulation using a symbol transformation", *IEEE Trans. on Comm.*, vol. 49, No 9, pp.1501-1505, 2001.

[5] Morelos Haruo Ogiwara, et al., "Improvement of Turbo Trellis-Coded Modulation System", *IEICE Trans. Fundamentals*, vol. E81-A, No 10, October 1998.

정 지 원(Ji-Won Jung) 정회원



1989년 2월 :성균관대학교 전자공학과(공학사)
1991년 2월 :성균관대학교 전자공학과(공학석사)
1995년 2월 :성균관대학교 정보공학과(공학박사)
1991년 1월~ 1992년 2월 : LG 정보통신연구소 연구원
1995년 9월~ 1996년 8월 : 한국통신 위성통신 연구실 선임연구원
1997년 3월~ 1998년12월 : 한국전자통신연구원 초빙연구원
1996년 9월~현재:한국해양대학교 전파공학과 부교수
2001.8 ~2002.8 : 캐나다 NSERC Fellowship (Communication Research Center 근무)
<주관심분야> 위성통신, 이동통신, 변복조기술, 채널 코딩, FPGA 기술 등

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr