DBpia

위성통신시스템에서 강우감쇠 보상을 위한 적응형 부호화 기법 최적 설계

정회원 김 상 명*, 최 은 아**, 장 대 익**, 정 지 원*, 오 덕 길**

The Optimum Design of Adaptive Channel Coding for Rain-Attenuation Compensation in Satellite Communication Systems

Sang-Myung Kim*, Eun-A Choi**, Dae-Ig Jang**, Ji-Won Jung**, Deock-Gil Oh

Regular Members

요 약

본 논문에서는 위성통신에서 강우감쇠에 따라 가변 부호화율을 적용시킬 수 있는 적응형 부호화 기법에 대한 연구를 하였다. 따라서, 3bit 연판정을 적용한 Viterbi 복호기를 이용하여 QPSK와 TC-8PSK 신호를 복호할 수 있는 pragmatic TCM 과 LSB 부호화 알고리즘에 대해 여러 부호화율에서 성능분석을 하였다. 또한 구현을 위한 최적의 파라미터를 설정하여 부호화율 2/3를 가지는 pragmatic TCM을 VHDL 모델링 하였다. 구현결과 FLEX10KE100EQC208-1 CPLD 칩으로 구현 가능하였으며, 42.36 Mbps 의 복호 속도를 가진다. 실제 ASIC 설계시 CPLD 속도 보다 약 5~6 배의 고속화가 가능하므로, 200 MHz 트렌스 폰더를 갖는 Ka 대역 초고속 위성통신 시스템에서 강우 감쇠에 대처하기 위한 적응형 트렐리스 부호화방식에 적용할 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, we studied the adaptive coding schemes which had variable coding rates to rain attenuation in satellite communications. Therefore, the performance of pragmatic TCM and LSB coded 8PSK MODEM which can decode the QPSK and TC-8PSK using Viterbi decoder was analyzed in this paper. Also, according to the optimal parameters for implementation, the pragmatic TCM of rate 2/3 was modeled by VHDL in this paper. The result designed with a FLEX10KE100EQC208-1 CPLD chip guaranteed 42.36 Mbps decoding speed. Actually, it can be designed by ASIC, and the decoding speed is faster than that of CPLD by 5~6 times. Therefore, adaptive channel coding algorithms presented in this paper can be used for high-speed satellite communications with 200 MHz transponder in order to compensate the rain-attenuation of Ka band.

* 한국해양대학교 전파공학과 위성통신 연구실 ** 한국전자통신연구소 무선전송모뎀 연구팀

논문번호 : 00496-1230, 접수일자 : 2000년 12월 30일

www.dbpia.co.kr

Ⅰ. 서 론

초고속 위성통신망은 신뢰성 높은 전송 채널 기준으로 개발되고 있기 때문에 10-9~10-10 정도의 매우 낮은 비트오율을 요구하지만 상대적으로 열악한 채널 환경 때문에 오류 제어 기술은 필수적인 핵심 기술이다[1]. 또한 다채널화 및 광대역화에 따라 기존의 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 변조 방식에서 8PSK 혹은 16QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 변조 방식으로의 개발이 진행되고 있다. 이러한 다치 변조 방식의 적용시 성능이 감소됨을 보상하기 위한 TCM(Trellis Coded Modulation)기법에 대한 연구 역시 활발히 진행되고 있으며, 성능과 구현 속도 면에서 효율적인 알고리즘이 개발 중에 있다. 대표적인 외국의 연구소로는 COMSA-T, TELSAT, NEWTEC등이 부호화율이 8/9 및 15/16 인 155 Mbps 급 TCM을 개발하였다[2].

국내에서는 광대역 서비스를 제공하는 무궁화 3호 시대가 도래함에 따라 효과적으로 이를 이용할 수 있는 다양한 노력이 요구되는 가운데 무궁화 3호기에 새롭게 탑재된 광대역 200 MHz 중계기를 효율적으로 사용할 수 있고 Ka 대역으로 인한 강우감쇠에 효율적으로 대처하기 위한 변조방식과 오류제어 기술 개발이 시급한 사안으로 대두되고 있다.

강우감쇠가 높은 환경에서는 부호화율이 작은 오류정정방식의 적용이 필요하고, 강우감쇠가 낮은 환경에서는 부호화율이 큰 오류정정방식의 적용이 필요하다. 변조 방식 또한 MPSK에서 강우감쇠 정도에 따라 M을 조절한다. 강우량은 수신측의 안테나에서 수신 C/N을 측정하여 유선망으로 송신측에 정보를 전송하여 송신측은 이 정보를 이용하여 전송한다.

초고속 위성통신 시스템에서 정보율을 극대화하기 위해서 다치 변조 방식을 적용할 수 있는 TCM 부호화 기법에 대한 연구가 절실히 필요한 실정이며, 국내 ETRI에서 개발된 155Mbps급의 Viterbi 복호기를 적용할 수 있는 TCM 부호화 기법 연구도 아울러 필요한 실정이다.

본 논문에서는 위성통신에서 강우감쇠에 따라 가변 부호화율을 적용시킬 수 있는 적응형 부호화 기법에 대한 연구를 하였다. 따라서, 3bit 연판정을 적용한 Viterbi 복호기[3][4]를 이용하여 QPSK와 TC-8PSK 신호를 복호할 수 있는 pragmatic TCM과 LSB 부호화 8PSK 알고리즘에 대해 여러 부호화율에서 성능분석을 하였다. 또한 구현을 위한 최적의 파라미터를 설정하여 부호화율 2/3를 가지는 pragmatic TCM VHDL 모델링 하였다.

Ⅱ. QPSK/8PSK 혼용가능한 TCM 구조분석

강우감쇠에 대처하기 위한 적응형 부호화 방식으로는 BPSK, QPSK 변조 시 convolutional 부호기, 8PSK 변조 시 TCM부호기가 있다. Viterbi 복호기를 이용하여 QPSK 및 TC-8PSK 변조신호에 대해서도 복호 가능한 pragmatic TCM 복호기의 적용이 비용면이나 칩 소요면적 면에서 효율적이다. 그림 1에서 알 수 있듯이, 강우감쇠가 낮은 채널에서는 데이터양을 높이기 위해 다치변조방식을 적용하는 TCM 부호화 기법을 적용하고 강우감쇠가 높은 채널에서는 BPSK/ QPSK 변조방식과 convolutional 부호화기법을 적용한다. 따라서 Viterbi 복호기를 이용하여 외부의 블록을 첨가하여 TCM의 복호기로 활용하는 것이 경제적이다.

8PSK로 변조된 TCM 신호의 복호기는 한 상태로 들어오는 가지수가 4개(Viterbi 복호의 경우 2개)이고, BM(Branch Metric) 계산을 Euclid- ean distance (Viterbi 복호의 경우 Hamming dist- ance)로 하며, 복호 비트 결정식이 기존의 Viterbi복호기와 다르므로 convolutional 부호화된 부호와 TCM 부호화된 부호를 Viterbi 복호기를 이용하여 복호할 수가 없다. 또한 Ungerboeck TCM에 대한 복호에서 수신신호와의 유클리드 거리를 구하기 위해 제곱과 제곱근의 계산이 필요하므로 하드웨이 구현이 복잡하고 소비시간이 많기 때문에 하드웨어 관점에서 비효율적이다.

본 논문에서는 하나의 Viterbi 복호기를 이용하여

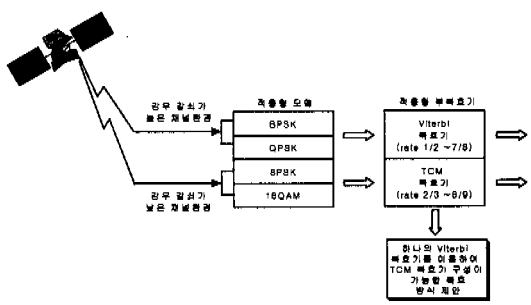


그림 1. 적응형 복호화기법 적용방안

www.dbpia.co.kr

QPSK와 TC-8PSK 신호를 복호할 수 있는 Pragmatic TCM 구조와 LSB 부호화기 구조를 제시한다.

2.1 Pragmatic TCM 구조

적응형 시스템에서는 BPSK와 QPSK 변조 시 convolutional 부호와 Viterbi 복호기를 사용하며, 8PSK변조에서는 TCM 부호를 사용하므로 복호시 동일한 Viterbi 복호기를 사용할 수 있다면 효율적이다. 따라서 (2, 1, m) 할 수 있는 Pragmatic TCM 복호방법이 Ungerboeck TCM 복호 방법 보다 ASIC의 복잡도를 줄일 수 있다.

그림 2는 부호화율 2/3를 가지는 Pragmatic TCM의 부복호화기 구조를 나타내었다. 수신된 8PSK 신호를 sector phase quantizer에서 QPSK 신호배치로 전환하여 3bit soft decision 신호를 (2,1,7) Viterbi 복호기를 이용하여 X1을 복호하고, 그리고 다시 재부호하여 비부호화 비트에 대한 정보를 제공하여 나머지 X0를 복호한다.

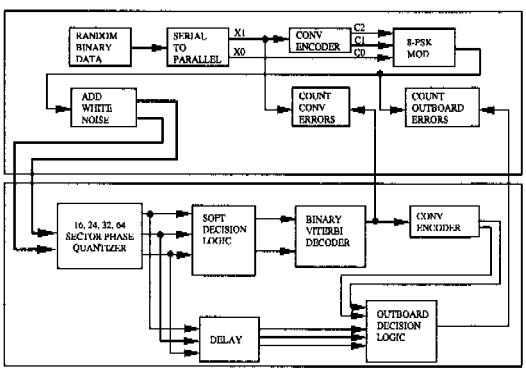
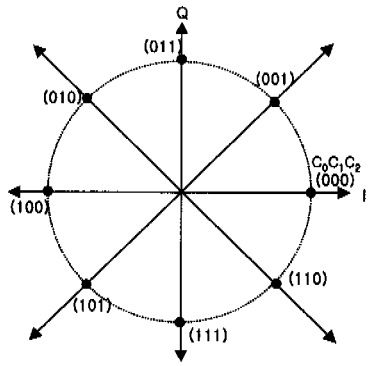
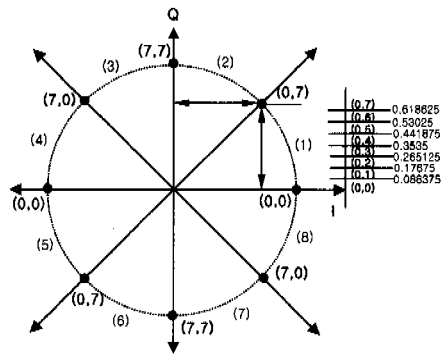


그림 2. Pragmatic TCM의 부복호화기 구조

Pragmatic TCM 복호를 (2, 1, m) Viterbi 복호기를 이용할 수 있도록 하려면 수신되는 8PSK신호 배치를 QPSK 신호 배치로 바꾸어 양자화 하여야 한다[5]. 즉, 그림 3은 C0는 부호화 되지 않은 비트이고, C1과 C2는 convolutional 부호화 된 비트의 8PSK 성상도와 그에 따른 56sector로 나눈 3bit 연판정 한 것을 나타낸다. 또 3비트로 양자화하여 기준 매핑점으로 표현한다. 3비트로 연판정된 기준신호에 의하면 I(In- phase)와 Q(Quadrature) 값의 영역에 따라 수신 되는 신호의 연판정 영역을 결정할 수 있음을 알 수 있다. 즉, (2), (3), (6), (7)영역은 I 값을 연판정하고 나머지 영역은 Q 값을 연판정한다.



(a) TC-8PSK 성상도



(b) 56 sector일 경우 Soft decision 할당

그림 3. TC-8PSK 성상도 및 Soft decision 할당

연판정 영역과 연판정 I, Q 값의 결정방법은 그림 4와 같다. 8PSK로 변조된 신호는 in-phase 성분과 quadrature성분으로 잡음채널을 통과하여 수신된 quadrature 성분을 0과 비교하여 ϕ_3를 설정하고 in-phase 성분을 0과 비교하여 ϕ_2을 설정하여 4사분면을 결정한다. 두 성분의 절대치의 크기를 비교해서 ϕ_1을 설정하여 결정된 4사분면을 이동분하여 phase 정보를 설정하여 그림 4와 같이 어느 범위에 포함되는지에 따라 그림 3의 (1)~(8)영역으로 구분

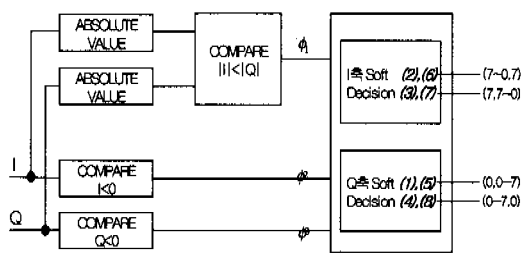
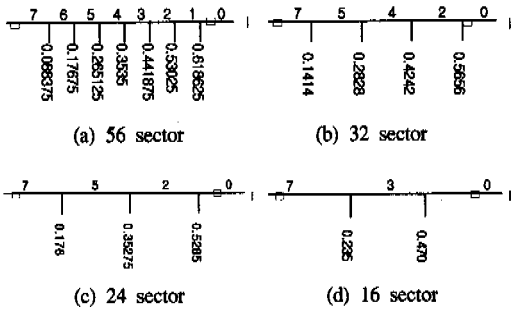


그림 4. Sector phase quantizer 와 Soft decision mapping block

www.dbpia.co.kr

하고, 결정된 영역에 따라 I 또는 Q 값에 따라 연판정하여 Viterbi 복호기의 입력 비트로 정해진다.

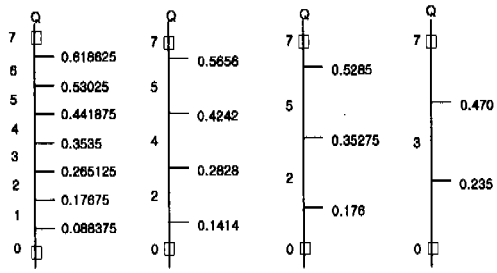
그림 5와 그림 6은 sector별로 연판정 비트 할당을 나타낸다.



(a) 56 sector (b) 32 sector

(c) 24 sector (d) 16 sector

그림 5. 영역(2)와(6), (3)과(7)의 각 sector에 대한 3bit 연판정.



(a) 56 sector (b) 32 sector (c) 24 sector (d) 16 sector

그림 6. 영역(1)과(5), (4)와(8)의 각 sector에 대한 3bit 연판정.

2.2 Punctured Pragmatic TCM 구조

Pragmatic TCM에서도 다양한 부호화율을 적용할 수 있게끔, 구조를 변경시켜야 한다. 그림 7에 제시한 구조가 pragmatic TCM에서 다양한 부호화율을 가질 수 있는 구조이다. Speed Converter는 m bit 입력신호(R bit/sec)를 두 가지의 속도가 다른 신호로 바꾼다. 하나는 R_1 bit/sec를 가지는 1bit와 R_2 bit/sec를 가지는 $m-2$ bit이다. R_1 , R_2 와 R 의 식 (2)와 같다.

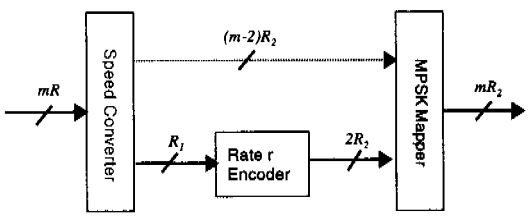


그림 7. Punctured pragmatic TCM 부호기 구조

$$R_1+(m-2)R_2=mR \tag{2}$$

$m-2$bit 신호는 Mapper로 직접 입력되고, 1 bit 신호는 부호화율 r을 가지는 convolutional 부호화기에서 2bit 출력신호로 변환하여 Mapper로 입력된다. 부호화율 r은 가장 잘 알려진 (2,1,m) convolutional 부복호기를 바탕으로 한 punctured 부호기를 적용하므로써 pragmatic TCM에서도 다양한 부호화율을 적용할 수 있게끔 하였다[6][7]. Mapper 입력신호인 비부호화 bit, $m-2$ 와 2개로 부호화된 bit에 대한 대역폭 확장율을 나타내어 보면 다음과 같다. 먼저, 모든 Mapper 입력신호는 각각 R_2 bit/sec이고, R_1, R_2 사이의 관계식은 식 (3)과 같다.

$$R_1=2rR_2 \tag{3}$$

식 (2)와 식 (3)으로부터 R_1와 R_2는 식 (4)와 같다.

$$R_1=\frac{2rm}{2r+m-2}R,\quad R_2=\frac{m}{2r+m-2}R \tag{4}$$

식 (4)에서 대역폭 확장율을 R_2/R은 식 (5)와 같다.

$$\frac{R_2}{R}=\frac{m}{2r+m-2} \tag{5}$$

식 (5)에서 R_2/R는 m 과 r 로 부터 유도되어지고 이는 대역폭 확장율이 변조 구조의 선택에 의해 좌우됨을 알 수 있다.

예를 들어, 8PSK인 경우 m=3 이므로 대역폭 확장율 R_2/R= 120% 이므로 5/6 punctured code 효과를 가진다.

Punctured rate 변화에 따른 출력 rate는 표 1은 다음과 같다.

표 1. Punctured rate 변화에 따른 출력 rate

R	2/3	3/4	5/6	7/8
Punctured pattern	11 10	110 101	11010 10101	1111010 1000101
Output rate	7/9	5/6	8/9	11/12

2.3 LSB 부호화 8PSK 구조

위성통신시스템에서도 정진폭 특성을 가지는 변조방식을 사용하면서 동시에 대역 효율을 높일 수

www.dbpia.co.kr

있는 방안이 고려되어질 필요가 있다. 이러한 두 가지 조건을 만족시키는 부호화 방식으로서 LSB 부호화 방식을 들 수 있다[8]. LSB 부호화 방식에서 LSB에 대하여 부호화 방식을 적용한 것은 TCM 방식에 비하여 부호화 이득은 떨어지는데 비하여 보다 나은 대역폭 효율을 얻는 방식이다.

LSB 부호화 방식의 개념적 블록도를 살펴보면 그림 8과 같다. 그림 8에서 LSB는 convolutional 부호화기에 따라 부호화 되고 나머지 비트들은 부호화되지 않은 채 8PSK 변조기에 사상된다. LSB를 제외한 나머지 비트들은 변조기에 사상되는 순서를 적당히 맞춰 주기 위해 버퍼에서 지연된다.

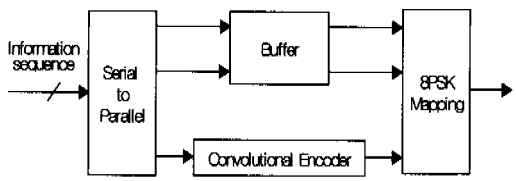


그림 8. LSB coded 8PSK 부호기

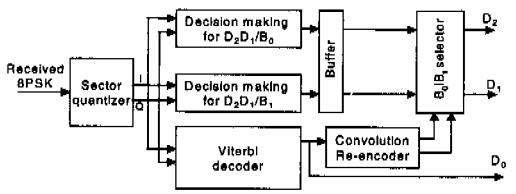
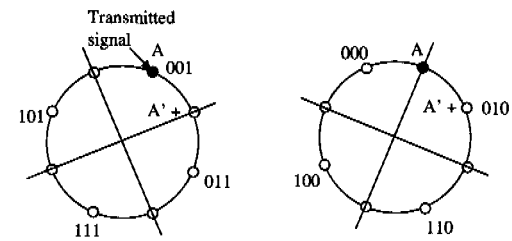


그림 9. LSB 부호화 8PSK 신호의 복호기 블록도

수신 측에서 바라본 LSB 복호기는 그림 9와 같이 구성될 수 있다. 먼저, 도착된 심볼들에 대하여 LSB에 대한 Viterbi 복호 방식이 행해진다. 그 후, LSB에 해당하는 정보 비트들은 재부호화(reencoding) 되어 LSB 이외의 비트에 대한(2번째, 3번째 비트에 대한) 복호 과정에 이용된다. LSB 비트들에 대한 Viterbi 복호가 이루어지기 위해서는 복호지연(Decoding Delay)이 발생하는데 이러한 지연 동안에 LSB를 제외한 나머지 비트들에 대한 복호는 이루어지지 않고 따라서, LSB 복호가 이루어지기까지 수신된 심볼들을 저장하기 위해 버퍼가 필요하게 된다. LSB 부호화 8PSK의 부호화기는 구속장이 7인 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 부호화율을 가지는 convolutional 부호화기를 적용하였다. LSB의 부호화율이 $(n/n+1)$의 형태를 가질 때, 전체 시스템의 대역폭 효율은 식 (6)과 같다.

$$\frac{n}{n+1}+2(\text{bit/sec/Hz}) \tag{6}$$

그림 10에 보면, 전송된 신호를 A=001 이라고 가정하자. 만약 수신된 신호 A'에 위치하면 첫번째 단계에서 판정기에서 첫번째 두 비트 D2D1 = 01/B0 와 D2D1 = 00/B1 를 출력하여 LSB 비트는 D0=0(1 개의 에러가 발생한 경우)을 결정한다. 두 번째 단계에서 Viterbi 복호기의 출력이 오류가 없다면, Viterbi 복호기는 D2D1D0 =001를 결정하기 위해서 부집합 B1에 위치한 신호점이 가리키는 D0=1로 LSB 비트를 결정할 수 있다. 그렇지만, 오류가 있으면 Viterbi 복호기는 LSB 비트를 D0=1로 결정할 수 없어서 D2D1D0 = 010으로 복호하여 에러가 발생한다.



(a) 부성상도 B1 (b) 부성상도 B0

그림 10. LSB 부호화 8PSK 신호를 복호하기 위한 결정 영역

Ⅲ. 모의 실험 결과

본 장에서는 pragmatic TCM 과 LSB 부호화 8PSK 에 대한 성능을 가우시안 잡음 채널 환경에서 분석하였다. 먼저, 성능분석을 위해서는 sector phase의 수를 결정하여야 한다. 본 장에서는 QPSK 신호의 형태로 변환하기 위한 양자화 level를 증가시켜 sector수를 증가시켰다.

Sector 수에 따른 pragmatic TCM의 성능 분석은 그림 11과 같다. 106개의 데이터를 이용하여 시뮬레이션 하였으며, 10-4 bit error rate에서 uncoded QPSK에 비해 16 sector phase는 약 1.5 dB가 개선되었고, 24, 32, 56 sector phase는 약 2~2.2dB가 개선됨을 알 수 있다. Quantization을 하지 않은 기존의 Ungerboeck TCM에 비해서는 약 0.5dB의 성능이 열화됨을 알 수 있다.

Punctured pragmatic TCM은 2장에서 제시된 부호기 구조에서 길쌈 부호기에 punctured 부호를 적

www.dbpia.co.kr

용하였다. 그림 12는 56 sector 에서 성능 분석한 그림이다.

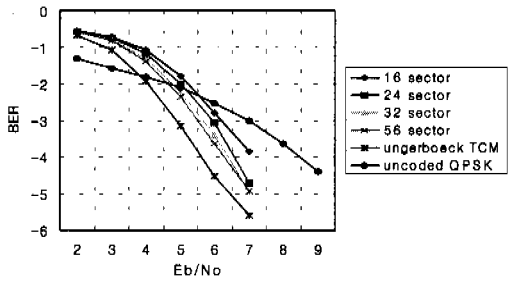


그림 11. Sector 수에 따른 Pragmatic TCM 성능

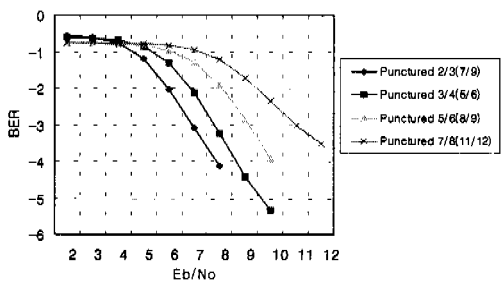


그림 12. 56 sector에서 punctured pragmatic TC 성능분석

LSB 부호화된 8PSK 성능분석은 그림 13과 같다. Uncoded QPSK에 비해 부호화 이득을 가져올 수 있고, punctured 부호화율은 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8이며, 이에 대한 LSB 부호화율은 5/6, 8/9, 11/12, 17/18, 23/24 이다. 10-4 에서 기준으로 할 때 rate 5/6은 약 1dB의 부호화 이득을 가져오며, rate 8/9는 QPSK와 동일한 성능을 나타낸다.

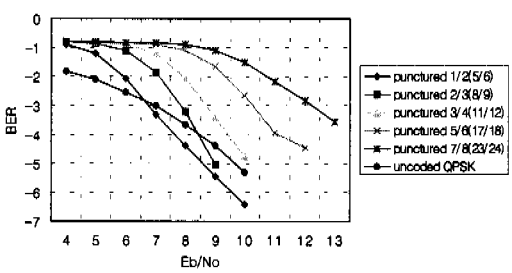


그림 13. LSB 부호화 8PSK 성능분석

Ⅳ. 최적 설계를 위한 파라미터 설정

4.1 8PSK 위상 배치에 따른 성능

Ⅱ장에서 언급한 바와 같이 8PSK 매핑 시 0도를 기준으로 하는 soft decision assignment로써 soft decision 길이가 0.707로 각 섹터에서 일정한 길이로 soft decision을 한다. 그림 14는 22.5도를 기준으로 하는 soft decision assignment로써 soft decision 길이가 0.765와 0.542로 각 섹터에서 일정한 soft decision을 가지고 있지 않다. 22.5도를 기준으로 하는 soft decision assignment의 평균 soft decision 길이는 0.653으로 0도를 기준으로 하는 soft decision assignment 보다 평균 soft decision 길이가 짧아 성능의 열화를 야기시킨다. 8PSK 위상 배치에 따른 성능 분석은 그림 15와 같다. 시뮬레이션 결과로써 10-5 bit error rate에서 비교해 보면 0도를 기준으로 하는 soft decision assignment가 약 0.8dB 정도 성능이 좋음을 알 수 있다.

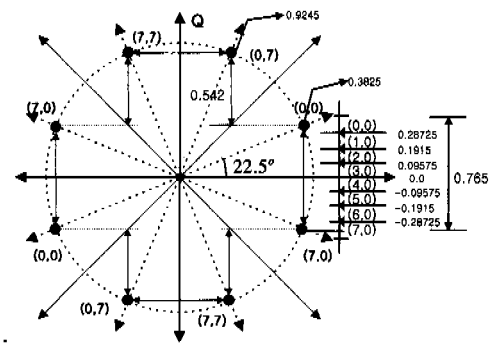


그림 14. Soft decision assignment (22.5 degree)

유클리드 거리는 성능에 영향을 주므로 22.5도에서 변조한 신호는

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

만큼의 성능차이가 난다. 위 식에서는 P≒-0.8이므로 22.5도에서 변조한 신호는 0도에서 변조한 신호보다 약 0.8 dB 만큼 부호화 이득 줄어듦을 그림 15에서 확인할 수 있다.

www.dbpia.co.kr

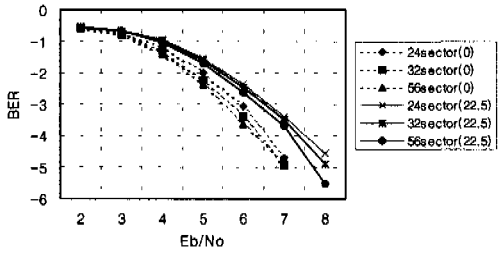


그림 15. 0° 와 22.5° 에서의 pragmatic TCM의 성능 분석

4.2 Sector 수에 따른 성능

그림 11에서 Hardware 구현을 위한 최적의 sector수를 알아보기 위해 sector수에 따른 성능분석을 하였다. 10-5 bit error rate에서 sector수에 따른 성능을 비교해 볼 때, 24sector가 최적임을 알 수 있다.

4.3 수신 신호의 Integer bit 수에 따른 성능

4.2절에서 24sector가 hardware 구현을 위한 최적의 수임을 알 수 있다. 그림 16은 수신된 8PSK float신호를 24sector Pragmatic TCM에서의 Integer bit수에 따른 성능을 보여주고 있다. 5bit는 그림 16에서와 같이 최적의 bit수 임을 알 수 있다. 즉, 3, 4, 5, 6bit로 각각을 normalize 했을 때 float 신호로 24sector Pragmatic TCM과 비교하여 최적의 비트수를 채택한 것이다.

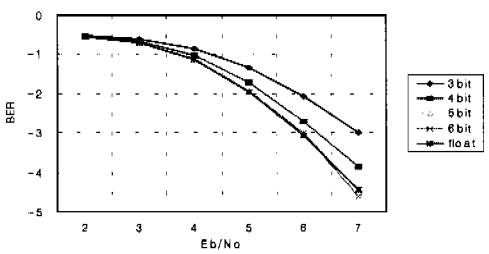
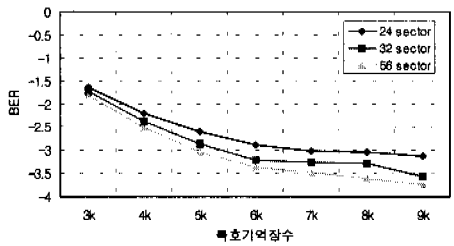


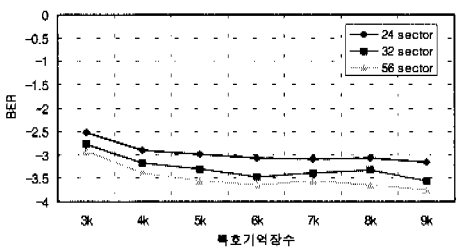
그림 16. 24sector Pragmatic TCM에서의 Integer bit 수에 따른 성능분석

4.4 최소 PM 설정 유무에 따른 성능

그림 17은 secror 수에 따른 최소 PM(Path Metric)을 찾는 경우와 최소 PM을 찾지 않는 경우에 대한 성능 분석이다. 최소 PM을 찾는 경우와 찾지 않는 경우에 대한 성능 분석을 하는 이유는 최소 PM을 찾는 경우는 복호 속도에 영향을 주기 때문에 고속으로 동작하려면 최소 PM을 찾지 않고 복호를 행하여야 한다. 그림 21(a)에서 보면 24, 32, 56 섹터인 경우 최소 PM을 찾지 않는 경우 6k 이상일 때 성능이 거의 일정하며, 그림 21(b)에서 보면 최소 PM을 찾는 경우 4k 이상일 때는 성능이 거의 일정함을 알 수 있다. 최소 PM을 찾지 않는 경우에는 약 2k 정도 지연이 생기나, 성능은 6k 정도로 복호 기억장을 할당하면 최소 PM을 찾는 경우와 거의 일치함을 알 수 있다.



(a) 최소 PM을 찾지 않은 경우



(b) 최소 PM을 찾을 경우

그림 17. 복호 기억장수에 따른 성능분석

이상의 분석한 바와 같이 pragmatic TCM의 최적 설계 파라미터는 표 2와 같다.

표 2. Pragmatic TCM의 최적 설계 파라미터

파 라 미 터		설 정 값
수신신호의 bit 수 할당		5 bit
8PSK 시작 각도		0 도
Sector 수		24 Sector
decoding depth	최소 PM 구할 때	4k
	최소 PM 구하지 않을 때	6k~7k

V. 부호화율 2/3 인 Pragmatic TCM의 VHDL 모델링 및 timing 시뮬레이션

앞에서 언급한 표 2의 최적 설계 파라미터를 적

www.dbpia.co.kr

용하여 하드웨어 구현을 위한 부호화율 2/3인 TCM 부복호화기 구조를 그림 18에 나타내었다.

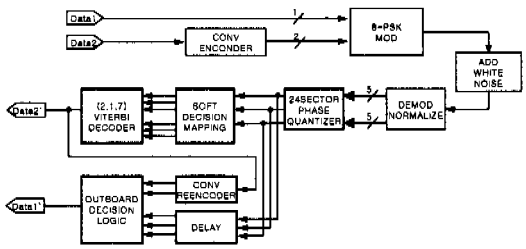


그림 18. 하드웨어 구현을 위한 5bit pragmatic TCM 부복호화기 구조

본 장에서는 rate가 2/3인 Pragmatic TCM을 VHDL(Very high speed integrated circuit Hardware Description Language)code를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션은 Altera사의 maxplus II를 이용하여 컴파일 하였다. 컴파일 결과를 CPLD 칩에 targeting하여 최종적으로 timing 시뮬레이션 하였다. 검증과정은 주로 timing simul- ation을 이용하였다. Altera사의 Design Compiler를 이용하여 FLEX10KE칩에 합성한 Pragmatic TCM 부복호기의 구현결과 FLEX10KE100EQC 208-1(메모리10만 게이트)칩으로, DELAY 블록과 TB(Trace Back) 블록의 memory는 외부 RAM을 사용하지 않고 FLEX10KE 칩 안의 내부 EAB(Embeded Array Block)을 사용하여 구현하였다. 그림 19는 FLEX10KE100EQC208-1 칩으로 구현되어진 Pragmatic TCM 부복호기의 report file이며, 메모리는 약 10만 게이터 중에서 77%가 차지하였음을 알 수 있다.

** DEVICE SUMMARY **

Chip/ POF	Device	Input Pins	Output Pins	Bidir Pins	Memory Bits	Memory % Utilized	LCs	LCs % Utilized
ptcm	EPF10K100EQC208-1	5	2	0	11264	22 %	3867	77 %
User Pins :		5	2	0				

그림 19. FLEX10KE100EQC208-1 report file

그림 20은 Pragmatic TCM 부복호화기의 시뮬레이션 결과이다. Source data는 각각 data_I port와 data_Q port로 입력되고, coded bit인 data_Q는 VITERBI DECODER의 LIFO(Lase In Fast Out)를 거쳐 coded_bit로 복호된다. 그리고 uncoded bit인 data_I는 OUTBOARD DECISION LOGIC를 거쳐 uncoded_bit로 복호된다. 클럭주기는 47.2[ns]이고, 전체 복호지연은 약 6.9[us]였다. ENCODER port와 MODULATION port는 각각 ENCODER와 8-PSK MODULATION block의 동작과정을, PHASE_INF port와 QUANTIZA- TION port는 24-SECTOR PHASE QUANTIZER와 SOFT DECISION MAPPING block의 동작과정을, VITERBI port은 VITERBI DECODER block의 출력을 나타낸다. 그리고 REENCODER block과 24-SECTOR PHASE QUANTIZER block에서의 출력신호를 동시에 OUTBOARD DECIS- ION LOGIC block의 입력신호로 하기 위해 DELAY block에서 2개의 EAB를 사용하였다. buf_1과 buf_2는 EAB 의 data와 memory의 주소를 지시한다.

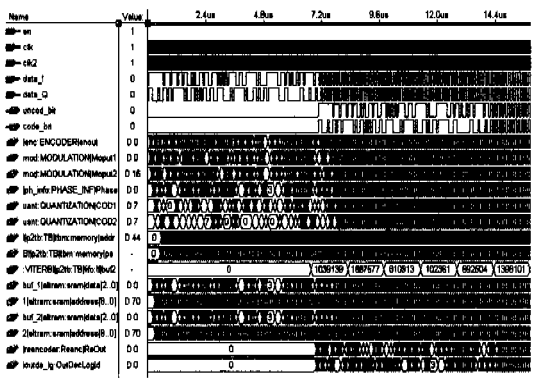


그림 20. Pragmatic TCM 부복호화기의 시뮬레이션 결과

VI. 결 론

155Mbps급의 QPSK 변복조기 및 연접부호기의 ASIC 구현이 개발 완료되어 검증 중에 있으나 Ka 대역 통신의 강우 감쇠에 대처하기에는 미흡한 부분이 많아 이를 확장하여 8PSK 변조방식에 대한 고속 TCM 부호화기법 및 기존 개발한 QPSK 변조방식에 대한 Viterbi 복호 알고리즘을 TCM에 접목하는 기술의 필요성과 관심이 고조되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 Viterbi 복호기를 이용하여 QPSK와 TC-8PSK 신호를 복호 할 수 있는 pragmatic TCM 과 LSB 부호화 8PSK에 대해 구조 설계 및 알고리즘을 분석, 그리고 성능 분석하였다. 성능 분석을 위한 파라미터는 8PSK 신호를 QPSK 신호배치로 변환하기 위한 sector phase 와 convolutional 부호기에 punctured 부호를 적용한 punctured pragmatic TCM, LSB 부호화된 8PSK의

www.dbpia.co.kr

성능을 분석하였다. 또한, hardw- are 구현을 위한 최적 규격 설정을 하였다. 첫째로, 8PSK 신호 배치를 0도에서 시작하는 것과 22.5도에서 시작하는 것에 대한 성능 분석 결과 0도에서 시작하는 8PSK 신호배치가 약 0.8 dB의 이득이 있으며, 둘째로, 최소 Path Metric을 찾을 경우, 4k~5k(k는 구속장수)가 최적의 decoding depth이며 최소 Path Metric을 찾지 않는 경우, 6k에 최적의 decoding depth이다. 셋째로, sector수에 따른 성능 분석 결과 24 sector가 최적의 sector수이며, 넷째로, 수신 신호의 integer 비트 수는 5 bit가 최적임을 알 수 있다. 구현을 위한 최적의 파라미터를 이용하여 VHDL 모델링 하였으며, Altera 사의 Design Compiler를 이용하여 부호화율 2/3인 합성한 Pragmatic TCM 부복호기의 구현결과 FLEX10 KE100EQC208-1 칩으로 구현 가능하였으며, 42.36[Mbps] 의 복호 속도를 가진다. CPLD 속도 보다 실제 ASIC 설계시 약 5~6배의 고속화가 가능하므로 200[MHz] 트렐스 폰더를 갖는 Ka 대역 초고속 위성 통신 시스템에서 강우 감쇠에 대처하기 위한 적응형 트렐리스 부호화방식으로 적용될 수 있다.

참 고 문 헌

[1] J. Viterbi and K. Omura, Principles of digital communications and coding, Mcgraw-Hill, 1979.

[2] F. Hemmati and R.J.F.Fang, "Low complexity coding method for high data rate channels", *COMSAT Tech.* Rev., 16, pp.425-447, 1986.

[3] G. Fettweis and H.Meyr, "High-Speed Viterbi Processor: A Systolic Array Solution," *IEEE Journal on Selected Area in Commun.*, vol SAC-8, pp. 1520-1534, OCT.,1990

[4] T.K. Truong , Ming-Tang Shin and E.H. Sat- orius, "A VLSI Design for a Trace-Back Viterbi Decoder" *IEEE Trans. on Commun.*, vol. 40, no. 30, pp. 616-624, March 1992.

[5] Carden, Frank, and Brian Kopp, "A Quantized Euclidean Soft Decision Maximum Likelihood Sequence Decoder of TCM", *IEEE Military Communications Conference*, Vol. 2, pp. 279-682, OCT., 1988.

[6] Shigeo Nakajima, "Adaptive Coding Rate Trellis-coded 8PSK System", *IEICE Trans. FUNDAMENTALS*, VOL. E80-A, NO. 7, JULY 1997.

[7] J. Kim, and G. J. Pottie, "On Punctured Trellis Coded Modulation", *IEEE Transactions*, on Inf. Theory, March 1996.

[8] Jian Liu, Subhash C. Kwatra and Jungwan Kim, "LSB Coded 8PSK Signals", *IEEE Transaction on Communications*. Vol. 43, No. 2/3/4. February/March/April. 1995.

김 상 명(Sang-Myung Kim) 준회원

1999년 2월 : 한국해양대학교 전파공학과 학사

1999년 3월~ 현재 : 한국해양대학교 전파공학과 석사

<주관심 분야> 변·복조기술, 채널코딩, FPGA 기술 등

최 은 아(Eun-A Choi) 정회원

1998년 2월 : 전북대학교 수학과 (이학사)

2000년 2월 : 전북대학교 대학원 정보통신공학과(공학석사)

2000년 4월~현재 : 한국전자통신연구원 무선접속모뎀 연구팀 연구원

<주관심 분야> 채널코딩, 디지털통신, 위성통신 등

장 대 익(Dae-Ig Chang) 정회원

1986년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학사)

1989년 2월 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과(공학석사)

1999년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

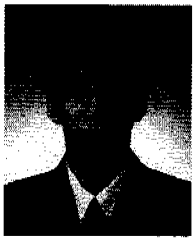
1990년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 무선접속모뎀 연구팀 책임연구원

1991년~1993년 : MPR Teltech(캐나다) 근무

<주관심 분야> 디지털통신, 위성통신시스템, 디지털 고속 변복조기 설계, 오류정정부호, 암호이론 등

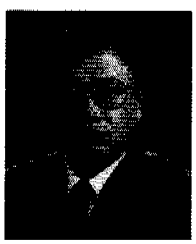
www.dbpia.co.kr

정 지 원(Ji-Won Jung) 정회원



1989년 2월 : 성균관대학교 전자공학 학사
1991년 2월 : 성균관대학교 전자공학 석사
1995년 2월 : 성균관대학교 전자공학 박사
1991년 1월~1992년 2월 : LG정보통신연구소 연구원
1995년 9월~1996년 8월 : 한국통신 위성통신연구실 선임연구원
1997년 3월~1998년12월 : 한국전자통신연구원 초빙연구원
1996년 9월~현재 : 한국해양대학교 전파공학과 조교수
<주관심 분야> 위성통신, 이동통신, 변·복조기술, 채널코딩, FPGA 기술 등

오 덕 길(Deock-Gil Oh) 정회원



1980년 2월 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 학사
1984년 2월 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 석사
1996년 2월 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 박사
1982년~현재 : 한국전자통신연구원 광대역무선접속기술연구부 부장
<주관심 분야> 무선멀티미디어 전송 기술 및 서비스 시스템 등

www.dbpia.co.kr