

DVB-S2 시스템에서 반복 기반의 8-PSK 복호기 연구

권해찬* · 김태훈* · 정지원* · 김영일**, 이성로

*한국해양대학교 · **소나테크, 국립목포대학교

Study of 8-PSK decoder based on iteration in DVB-S2 system

Hae-chan Kwon* · Tae-hun Kim* · Ji-won Jung* · Young-il Kim**

*Korea Maritime University · **sonar tech, Mokpo National University

E-mail : E-mail : kxanm100@kmou.ac.kr · kim_tae-hun@kmou.ac.kr · jwjung@kmou.ac.kr ·

youngil@sonartech.com

요 약

본 논문에서는 대표적인 반복 부호 알고리즘인 LDPC 부호에 대해 8-PSK 변조 방식을 적용하고 반복 복호 기법을 이용하여 성능을 향상시키는 방법에 대해 제시한다. 반복 복호 기법은 복호기의 연산 출력값을 이용하여 수신단의 입력값을 다시 계산한 뒤 반복복호를 함으로써 성능을 향상시키는 방식이다. 본 논문에서는 그레이 코드를 사용하는 8-PSK 변조방식이 적용된 DVB-S2 시스템에 반복 복호 기법을 이용하여 가우시안 채널에서 성능 향상을 확인 하였다.

ABSTRACT

In this paper, we present the method to improve the performance by using iterative decoding in LDPC codes with 8-PSK modulation. Iterative decoding is the technique that improve the performance after the input signals of receiver are re-calculated by using the soft decision output of decoder. DVB-S2 system with 8-PSK modulation based on iterative decoding had a better performance than DVB-S2 with 8-PSK modulation over Gaussian channels.

키워드

반복복호, LDPC codes, 8-PSK modulation, soft decision

I. 서 론

최근의 통신 방식은 고속으로 전송하기 위해 기존의 전력 제어(power control) 보다는 적응형 변조 코딩(AMC, Adaptive Modulation and Coding)을 이용하여 품질을 보장하고 있으며, 이는 변조 방식을 기존의 QPSK 방식에서 8PSK, 16-QAM, 16-APSK 방식 등으로 확장하면서 채널 상태에 따라 각 변조 방식과 부호율과 조합을 이루면서 전송한다.

이에 따라 본 논문에서는 8PSK를 사용하는 LDPC 부호에 반복 복호 방식을 적용하는 방식을 제안하였다.[1]

II. 시스템 블록도

DVB-S2 시스템은 변조 방식으로 BPSK, QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK 등을 지원하고 있으며, 변조 방식이 BPSK나 QPSK인 경우에는 반복 복호기로 입력되는 값이 각각 수신 심볼의 I 성분과, Q 성분 값 자체이지만, 8PSK 이상의 멀티 레벨 변조 방식에서는 수신 심볼의 I와 Q성분을 이용하여 비트를 분리하여 복호기로 입력하여야 한다.

기존의 멀티레벨 변조 방식을 사용하는 DVB-S2 기반 LDPC 부호기는 그림 1에서와 같이 부호기에 의해 부호화된 비트는 serial to parallel을 통해 심볼로 변환된 후 멀티레벨 변조기에 입력된다. 변조기에서는 이 신호들을 I, Q의 신호로 만들어 채널을 통과 하고, 복조기에서는 I, Q 신

호들을 이용하여 비트로 나누어 반복 복호기의 입력값으로 사용하여 복호한다.[2] 본 논문에서는, 이러한 기존의 방식에 복호기의 출력값을 정규화하고, 이 값을 이용해 멀티레벨 변조기의 입력값을 다시 계산하는 반복복호 방식을 제안한다.[3]

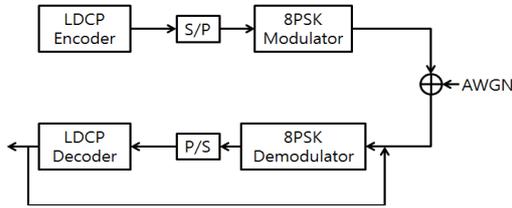


그림 1. System block diagram

III. 8PSK와 결합한 LDPC 반복 복호 알고리즘

3.1 인터리버 방식

DVB-S2 규격에서는 64800 비트 단위로 프레임을 구성하고 있으며, 8PSK 변조 방식 이상의 고차 변조방식 적용시 인터리버 사용을 권고하고 있다. 인터리버는 그림 2와 같이 $2N/3+i$, $N/3+i$, $i(i=0,1,2,\dots,N/3-1)$ 의 3비트가 8PSK의 i 번째 심볼이 된다.

N 개의 비트를 3개의 블록으로 나눈 뒤 세 번째 블록의 첫 번째 비트, 즉, $2N/3+i$ 번째 비트가 8PSK 성상도의 세 개의 비트 중 최상위 비트가 되며, $N/3+i$ 번째 비트는 8PSK 심볼의 두 번째 비트, 0번째 비트가 최하위 비트가 되어 하나의 i 번째 심볼을 이루게 된다. 그리고 이것이 row= $N/3$, column=3인 블록 인터리버이다.

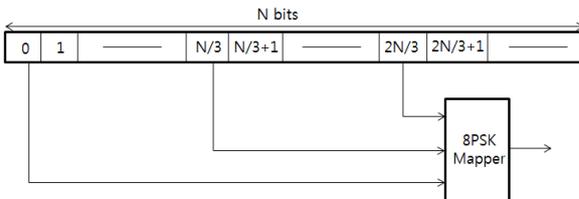


그림 2. 인터리버 구조

3.2 LLR 방식

채널로부터 수신된 신호 r 을 표현하면 다음과 같다.

$$r = s + n \tag{1}$$

여기서 s 는 변조된 신호이고 n 은 Gaussian noise이다. 본 논문에서 적용한 8PSK 변조 신호의 성상도는 그림 3과 같다. 수신 신호에 대한 LLR 값은 다음 식(2)와 같다.

$$\begin{aligned} LLR &= \log \frac{P_0}{P_1} = \log \frac{\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(r-1)^2}{2\sigma^2}}}{\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(r+1)^2}{2\sigma^2}}} \\ &= \log e^{\frac{(r-1)^2 - (r+1)^2}{2\sigma^2}} = \frac{2}{\sigma^2} \cdot r \end{aligned}$$

(2)

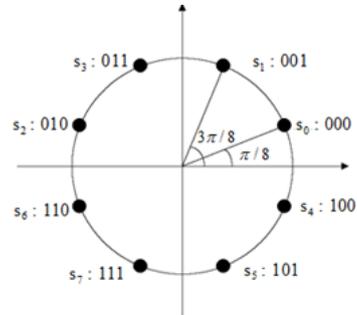


그림 3. 8PSK 성상도

수신된 신호는 각각 8개의 심볼에 관하여 잡음이 AWGN이라고 가정하였을 때 최소 오차 확률을 가지는 결정 규칙은 식(3)과 같이 수신 신호와 원형 신호 벡터 사이의 거리에 의해 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} r &= r_{re} + j \times r_{im} \\ \|r - s^i\|^2 &= (r_{re} - s_i^{re})^2 + (r_{im} - s_i^{im})^2 \\ i &= 0, 1, \dots, 7 \end{aligned}$$

(3)

여기서 r_{re} 는 수신 신호 r 의 실수 부분이며, r_{im} 은 허수 부분을 의미한다. 마찬가지로 s_i^{re} 는 성상도의 i 번째 지점인 s_i 에서 실수부분, s_i^{im} 은 허수부분을 의미한다. 가우시안 잡음 후의 오차 확률 P 는 식(3)으로부터 구한 수신신호와 각 심볼 사이의 거리를 이용하여 식(4)에 의해 구할 수 있다.

$$P_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{\|r - s_i\|^2}{2\sigma^2}}, i = 0, 1, 2, \dots, 7$$

(4)

8개의 오차 확률을 이용하여 3개의 비트를 구하는 방법은 그림 2의 각 성상도의 매핑 점을 이용하고 LLR을 계산하여 구할 수 있다.

3.3 반복복호 방식

8PSK와 결합한 LDPC 반복 복호 알고리즘은 LDPC 복호기의 출력값을 정규화 한뒤 인터리버된 값을 이용하여 수신신호 r_{re} 와 r_{im} 을 다시 계산하는 방식을 제안한다.

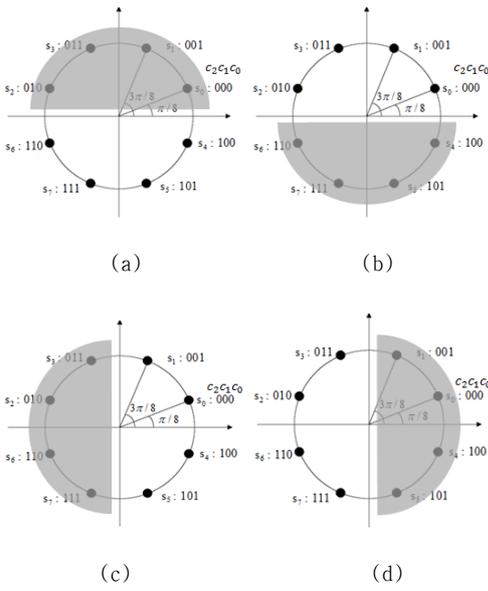


그림 4. 반복 복호 시 8PSK 성상도

그림 4의 (a) 와 (b) 에서 보는 바와 같이 c_2 는 I축을 중심으로 0과 1이 구분되며, (c) 와 (d)에서 c_1 은 Q축을 중심으로 0과 1이 구분된다. 따라서 8PSK 성상도에서 c_2 는 r_m 과 관련이 있으며, c_1 는 r_{re} 와 관련이 있음을 알 수 있다. 따라서 LDPC 복호기의 출력 값을 정규화 한 뒤 인터리버된 신호 열에서 $2N/3, 2N/3+1, \dots, N-1$ 번째 비트들을 r_m 더하고, $N/3, N/3+1, \dots, 2N/3-1$ 번째 비트들을 r_{re} 에 더하게 되면 성상도 상에서 잡음이 섞인 신호를 본래의 심볼에 가깝게 이동 시킬 수 있게 되어 반복 복호 시 성능을 향상 시킬 수 있다.

IV. 시뮬레이션 결과

그림 5는 부호화율 2/3, 3/4, 5/6, 9/10에서 반복이 없을 때와 2회 반복 하였을때의 성능을 나타낸 그림이다. 그림에서 나타나 듯이 8PSK LDPC부호를 반복 하였을 때 0.1dB의 성능 향상이 있음을 알 수 있다.

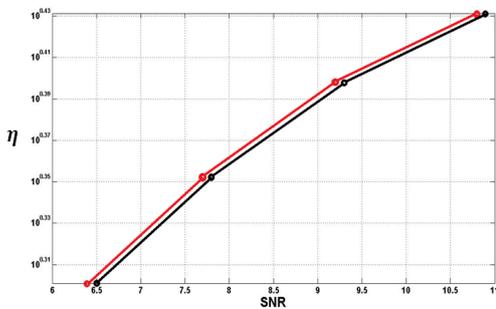


그림 5. Throughput

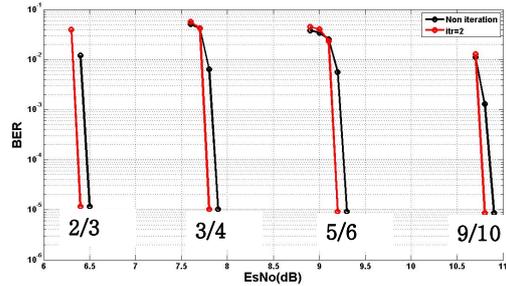


그림 6. BER performance

V. 결론

본 논문에서는 LDPC코드에 그레이 코드를 사용하는 8PSK변조 방식을 적용한 뒤, 8PSK 성상도 상에 세 비트 중에 앞의 두 개 비트가 I, Q채널에 영향을 미치는 것을 고려하여 반복 복호 방식을 사용하였다. 데이터 개수는 10만개 기준으로 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10의 부호화율에서 시뮬레이션 한 결과 반복 복호 하였을 경우에 0.1dB의 성능 향상이 있음을 확인 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2013-H0301-13-2005), 본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

참고문헌

- [1] D. J. C. Mackay and R. M. Neal, "Near Shannon Limit Performance of Low-Density Parity-Check Codes," Electron. Letter, Vol.32, PP. 1645-1646, Aug.1996.
- [2] 이인기, 정지원, 최은아, 김대수, 오덕길, "멀티레벨 변조방식에서 LDPC 복호 알고리즘", 한국통신학회 논문지, 434-441, 2005.6
- [3] Xiaodong Li, Aik Chindapol, "Bit-Interleaved Coded Modulation With Iterative Decoding and 8PSK Signaling", IEEE Transactions on communications, vol. 50, no. 8, 8, 2002