

IRIG 106-23 텔레메트리 표준에서 LDPC 복호 최적의 채널 신뢰도에 관한 연구

홍예권, 정현우, 이재훈, 정지원, 한정우*

한국해양대학교, *한국항공우주연구원

cl170625@g.kmou.ac.kr, gusdn0930@g.kmou.ac.kr, bear9907@g.kmou.ac.kr,

jwjung@kmou.ac.kr, *hjw1002@kari.re.kr

A Study on the Optimal LDPC Channel Reliability in the IRIG 106-23 Telemetry Standard

Hong Ye Gwon, Jeong Hyun Woo, Lee Jae Hun, Jung Ji Won, Han Jeong woo*

Korea Maritime and Ocean Univ., *Korea Aerospace Research Institute.

요약

LDPC 부호와 같은 반복 복호 방식의 부호는, 채널 신뢰도의 평가가 성능에 있어서 매우 중요한 변수이다. 본 논문에서는 IRIG 106-23 텔레메트리 표준에 적용된 SOQPSK-TG 복조부와 LDPC 복호기가 결합된 구조에서, 채널 신뢰도 값에 따른 성능 차이를 분석한다. Max-log MAP 방식의 SOQPSK-TG 복조 심볼을 LDPC 복호기 입력 시 채널 신뢰도 값 L_c 에 보정 값 x 를 곱하였을 때 BER 성능이 크게 변하는 것을 확인하였으며 모의실험을 통하여 BER 성능이 가장 우수한 최적의 x 값을 설정하였다. 표준에 제시된 정보 비트 크기($K=1024, 4096$)와 부호화율($R=1/2, 2/3, 4/5$)에 대하여 최적의 보정 값을 제시하였으며, 표준안의 성능에 일치함을 확인하였다.

I. 서론

IRIG(Inter-Range Instrumentation Group) 106-23 텔레메트리 표준은 항공, 위성, 국방 등 다양한 분야에 적용된다. 본 논문에서는 텔레메트리 표준에서 SOQPSK-TG(Shaped Offset Quadrature Phase Shift Keying - Telemetry Group) 복조 심볼을 입력으로 갖는 LDPC(Low Density Parity Check)부호의 복호에 관하여 연구하였다[1-2]. LDPC 부호는 복호 시 연관정 입력값과 채널 신뢰도를 곱하여 복호하며, 반복을 통해서 성능을 향상시킨다. 따라서 채널 신뢰도의 평가가 성능에 있어서 매우 중요한 변수이다[3-4]. LDPC 복호기의 입력 값은 채널을 통과한 신호가 아닌, SOQPSK 복조 후의 심볼이기 때문에 최적의 채널 신뢰도 L_c 를 적용하여야 성능을 향상시킬 수 있으며, 이의 정확도를 향상시키기 위해 기존 채널에서의 L_c 값에 보정 값 x 를 곱하여 성능이 우수한 최적의 보정 값 x_{opt} 를 도출하였다. x_{opt} 적용 시 IRIG 106-23 텔레메트리 표준에 제시된 정보 비트 크기($K=1024, 4096$)와 부호화율($R=1/2, 2/3, 4/5$)에 대하여 표준안의 성능과 일치함을 확인하였다.

II. 본론

본 논문에서는 IRIG 106-23 텔레메트리 표준에 따른 모의실험 모델을 설계하여 모의실험을 통한 최적의 L_c 보정 값 x_{opt} 를 구한다. 그림 1은 모의실험 모델을 나타낸다.

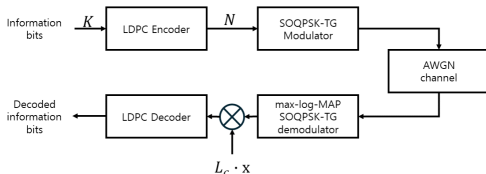


그림 1. 모의실험 모델

Fig 1. Simulation model

K 의 크기를 가지는 정보 비트열을 부호화율 R 에 따라 LDPC 부호화하여 N 개의 비트 생성 후 SOQPSK-TG 변조한다. 본 시스템에서는 변조된 위상 매핑(mapping)값을 가지고 기저대역에서 모의실험을 진행하였다. 잡음을 E_b/N_0 기준으로 더한 후 max-log-MAP(Maximum A Posteriori probability) 방식으로 복조하여 연관정 값에 $L_c \cdot x$ 를 곱하여 LDPC 복호기에 입력한다. 표준에서 사용하는 LDPC 부호는 부호화된 비트의 일부를 puncturing하여 전송하지 않는다. 따라서 복호 시 전송하지 않은 비트의 연관정 값을 0으로 입력하여 반복 복호한다.

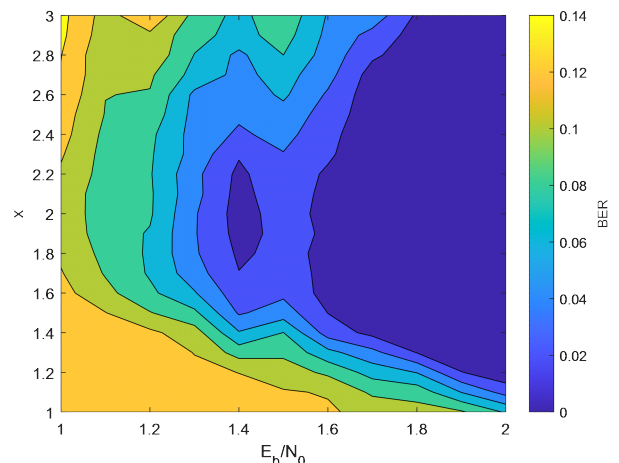


그림 2. x 를 적용한 BER 성능 ($K=4096, R=1/2$)

Fig 2. BER Performance with x ($K=4096, R=1/2$)

그림 2는 $K=4096, R=1/2$ 의 경우에 x_{opt} 값을 구하기 위하여 SNR 및 x 값을 변화하며 BER 성능을 분석한 결과이다. $E_b/N_0=1\sim 2$ 의 경우에서 x

=2일 때 가장 우수한 BER 성능을 확인하였으며, 따라서 x_{opt} 값은 2로 추정하였다. 이 외의 K 와 R 의 경우에 대해서도 같은 방식으로 x_{opt} 값을 추정하였다. 채널 신뢰도 L_c 의 적용 과정에서 채널 추정 오차로 인한 영향이 미치지 않도록 하기 위하여 채널 추정은 하지 않았으며, σ 는 잡음의 표준 편차이다. L_c 는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_c = -2/\sigma^2 \quad (1)$$

표 1. 모의실험 파라미터

Table 1. Simulation parameters

Modulation	SOQPSK-TG
Channel coding	LDPC
Coding rate R	1/2, 2/3, 4/5
Information bit size K	1024, 4096
Iteration	30
Channel	AWGN

표 1은 모의실험 파라미터를 나타낸다. 모의실험에서 K 는 1024, 4096이며, R 은 1/2, 2/3, 4/5이다. 따라서 총 6가지 경우에 대하여 실험하였다. LDPC 복호 반복 횟수는 30이다. 채널은 분산이 σ^2 인 가우시안 잡음을 적용하였다.

표 2. 모의실험 결과 x_{opt} 값

Table 2. x_{opt} value based on simulation results

$R \backslash K$	1/2	2/3	4/5
1024	1.8	1.3	1.0
4096	2.0	1.5	1.3

표 2는 모의실험 결과 가장 우수한 BER 성능을 도출하는 x 값을 나타낸다. 동일한 정보 비트 크기 내에서 부호화율이 증가할수록 x_{opt} 값은 증가하였으며, 동일한 부호화율 내에서 정보 비트 크기가 증가하면 x_{opt} 값이 증가하였다.

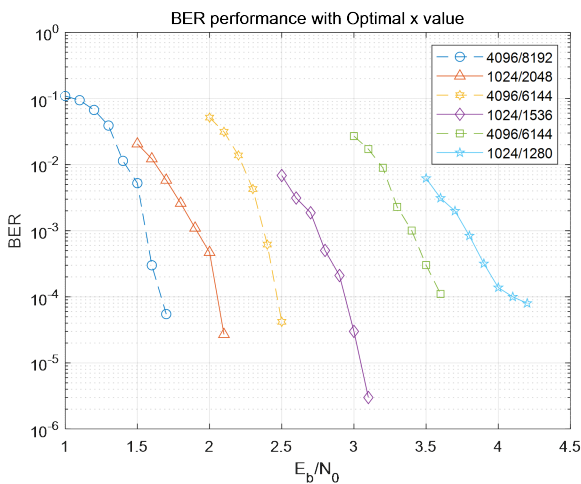


그림 3. x_{opt} 값을 적용한 BER 성능

Fig 3. BER Performance with x_{opt}

그림 3은 x_{opt} 값을 적용하였을 때 BER 성능이다. 실험 결과 $K=4096$, R

=1/2의 경우에서 가장 우수한 성능을 보였으며, $K=1024$, $R=4/5$ 의 경우에서 가장 열화된 성능을 보였다. 전체적으로 보았을 때 동일한 부호화율 내에서 K 가 클수록 우수한 BER 성능을 보였다. 모든 경우에서 IRIG 106-23 텔레메트리 표준에서의 BER 성능에 일치하는 결과를 보였다.

III. 결론

본 논문에서는 IRIG 106-23 텔레메트리 표준에 제시된 따른 통신 모델을 설계하여 기저대역에서 모의실험을 진행하였다. 정보 비트열을 LDPC 부호화 후 SOQPSK-TG 변조하였으며, max-log-MAP 방식으로 복조하였다. 복조한 심볼의 연판정 값에 $L_c \cdot x$ 를 곱하여 LDPC 복호기에 입력하였을 때 가장 낮은 BER 성능을 보이는 x 값 x_{opt} 를 분석하였으며, x_{opt} 적용 시 표준에 부합하는 성능을 보였다. 실험 결과 동일한 정보 비트 크기 내에서 부호화율이 증가할수록, 동일한 부호화율 내에서 정보 비트 크기가 증가할수록 x_{opt} 가 증가하였다. 본 논문에서는 정확한 채널 추정값을 가정하여 x_{opt} 를 추정하였으므로, x_{opt} 를 적용한 우수한 채널 추정 기법에 대한 연구를 진행할 수 있을 것으로 사료된다. 차후 더 높은 반복 횟수로 모의실험을 진행하여 보다 정확한 x_{opt} 값을 추정할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 한국항공우주연구원의 우주센터 선진화사업의 지원을 받아 수행된 연구임

참고 문헌

- [1] Telemetry Standards, IRIG-106 Standard 106-23 Chapter 2, July 2023.
- [2] CCSDS 131.1-O-2 Experimental Specification, September 2007.
- [3] Y. M. Gu, W. Lee, and B. Kim, "텔레메트리 Standard 106-17 LDPC Encoder Design Using HLS," Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences, vol. 48, no. 10. The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences, pp. 831 - 835, 31-Oct-2020.
- [4] Y. M. Gu, S. Kim, and B. Kim, "텔레메트리 Standard 106-17 LDPC Decoder Design Using HLS," Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences, vol. 49, no. 4. The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences, pp. 335 - 342, 30-Apr-2021.