

연속 위상 변조된 신호를 위한 심볼 시간 동기화

라형인, 오단비, 이경원, 이지현, 김기만, 소민석*

국립한국해양대학교, *한국항공우주연구원

babavivi@naver.com, eksq1018@naver.com, dino1324@naver.com, jigui99@naver.com,
kimkim@kmou.ac.kr, *somin081@kari.re.kr

Symbol timing synchronization for continuous phase modulated signals

Hyungin Ra, Danbi Ou, Kyungwon Lee, Ji Hyun Lee, Ki-Man Kim, Minseok So*

Korea Maritime and Ocean University, *Korea Aerospace Research Institute

요약

본 논문에서는 항공 원격 측정을 위한 신호 전송에 있어서 표준으로 채택된 방식 가운데 하나인 SOQPSK-TG (Shaped Offset Quadrature Phase Shift Keying-Telemetry Group) 방식으로 변조된 신호를 위해 수신단에서의 심볼 시간 동기화 방식을 연구하였다. 이는 데이터 정보를 사용하지 않는 non-data aided 방식이다.

I. 서론

SOQPSK (Shaped Offset Quadrature Phase Shift Keying) 변조 방식은 삼항(ternary) 데이터 알파벳을 기반으로 하는 연속 위상 변조 방식의 한 종류로써 대역폭 효율성이 높은 장점을 갖는다. 이러한 이 가운데 하나인 SOQPSK-TG는 항공 원격 측정인 텔레메트리 분야의 표준으로 채택되어 있다[1]. 모든 디지털 통신 시스템은 최적의 복조를 달성하려면 수신기에 들어오는 심볼에 맞춰 정렬해야 하는 심볼 시간 동기화 과정이 필요하다. 기존에 연속 위상 변조 방식을 위한 심볼 시간 동기화 방식들[2,3]이 있었으나 이 연구에서는 SOQPSK-TG 방식에서의 적용을 위해 SOQPSK-MIL 모델을 변형한 심볼 시간 동기화 방식을 연구하였다.

II. 본론

기저대역에서 연속 위상 변조된 신호의 복소 모델은 다음과 같다.

$$s(t, \alpha) = \sqrt{\frac{E_s}{T_s}} \exp\left\{j2\pi h \sum_i \alpha_i q(t - iT_s)\right\} \quad (1)$$

위의 식에서 E_s 는 심볼 에너지, T_s 는 심볼 길이이다. 또한 h 는 변조 지수, α_i 는 심볼 값, 그리고 $q(t)$ 는 주파수 펄스가 적분된 위상 펄스이며, SOQPSK-TG 변조 신호는 심볼 길이보다 긴 부분 응답 주파수 펄스를 사용한다[1]. α_i 는 삼항 데이터로써 $\{-1, 0, 1\}$ 값을 갖는다. 이 연구에서는 수신단에서 SOQPSK-TG 변조 신호의 심볼 시간 동기화를 위하여 기존에 SOQPSK-MIL 신호를 위해 연구된 방식[4]을 일부 변형하여 적용하였다. SOQPSK-MIL 변조는 심볼 길이와 같은 완전 응답 주파수 펄스를 사용한다. 심볼 시간 오차를 τ 라고 할 때 그 추정값 $\hat{\tau}$ 는 다음과 같이 추정된다.

$$\hat{\tau} = -\frac{T_s}{2\pi} \arg\left\{\sum_{n=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{L-1} Re(r^A(nT_s/N + lT_s)) e^{-2\pi n/N}\right\} \quad (2)$$

식(2)에서 $r(t)$ 는 수신 신호, N 은 심볼 한 주기내의 샘플 수, 그리고

L 은 전체 심볼 수이다. $\arg\{\cdot\}$ 는 위상을 의미한다. 다음의 표 1은 모의 실험 결과를 보여준다.

표 1. E_s/N_0 에 따른 평균 심볼 시간 추정 오차 ($L = 5,000$)

E_s/N_0 (dB)	5	10	15	20
Normalized timing error variance	0.0191	0.0029	0.0007	0.0002

III. 결론

본 발표에서는 텔레메트리를 위해 표준으로 채택된 전송 방식 가운데 하나인 SOQPSK-TG 변조 신호를 위한 수신단에서의 심볼 시간 동기화 문제를 다루었으며, 기존에 SOQPSK-MIL 변조 신호를 위한 방식을 변형하여 SOQPSK-TG 신호에 적용하여 모의실험을 통해 분석하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 한국항공우주연구원의 우주센터 선진화사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고 문헌

- [1] Telemetry Standards, RCC Standard IRIG-106-23, July 2023.
- [2] A.N. D'Andrea and U. Mengali, "Symbol timing estimation with CPM modulation," IEEE Trans. Commun., vol.44, no.10, pp.1362 - 1372, Oct. 1996.
- [3] P. Chandran and E. Perrins, "Symbol timing recovery for CPM with correlated data symbols," IEEE Trans. Commun., vol.57, no.5, pp.1265 - 1270, May 2009.
- [4] Q. Wang, B. Huang and Z. Xu, "Non-data-aided timing recovery algorithm for MIL-STD SOQPSK," IET Electronics Letters, vol.51, no.5, pp.423 - 425, March 2015.