

이동성을 갖는 수중 플랫폼을 위한 도플러 주파수 추정

오단비, 이지현, 김기만
국립한국해양대학교

eksq1018@naver.com, jigui99@naver.com, kimkim@kmou.ac.kr

Doppler Frequency Estimation for Underwater Platform with Mobility

Dan-bi Ou, Ji-hyun Lee, Ki-man Kim
Korea Maritime and Ocean University

요약

본 연구에서는 이동성을 갖는 수중 플랫폼들 사이의 무선통신을 위한 도플러 주파수 추정 방법을 다룬다. 이는 수신된 신호와 CW(continuous wave) 신호들로 구성된 맹크(bank) 사이의 상호상관도 측정을 통해 이루어진다. 모의실험 결과에서 제안한 방법의 도플러 주파수 추정 성능을 보였다.

I. 서론

수중 환경은 시변동성이 큰 채널로 알려져 있으며, 이러한 특징에 대응하기 위해 MCS(modulation and coding schemes) 기법을 적용하기도 한다. 이동성을 갖는 수중 플랫폼 사이의 정보 전달 과정에서 다양한 요인들로 인하여 왜곡이 발생하는데 이 가운데 이동성은 도플러 효과를 유발하여 송신 신호의 주파수 변화를 야기하여 통신 성능을 저하시킨다. 만약 전송 방식으로써 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing)과 같은 방식을 적용하고자 한다면 도플러 효과는 부반송파들의 직교성을 저하시키고, 이는 성능 저하로 이어진다^[1]. 따라서 이동성을 갖는 수중 플랫폼의 무선통신에서는 도플러 주파수 추정과 보상 과정이 필수적이다. 지난 동안 이러한 목적을 위해 여러 방법들이 연구되었으며, 이를 대부분 처프 신호들을 활용하면서 수신단에서 리플리카(replica)로써 동일한 처프 신호를 사용하였다^[2]. 이러한 방법은 대체적으로 많은 계산량을 필요로 한다.

II. 본론

이 연구에서는 송신 신호로 처프 신호를 사용하여 수신단에서 도플러 주파수 추정을 위해 기존처럼 처프 신호가 아닌 CW 신호와의 상호상관도를 측정하여 기존과는 다른 접근 방법을 적용하였다. 송신에 사용된 처프 신호에는 동일한 형태를 2회 연속으로 전송하는 방법이 있으며, 서로 반대 부호를 갖는 스윕 기울기를 갖는 처프 신호를 연속으로 전송하는 경우도 있는데 여기서는 후자의 신호를 적용하였다.

연구된 방법을 설명하기 위해 그림 1과 같은 예를 고려한다. 그림은 선형 처프 신호인 LFM(linear frequency modulation) 신호가 도플러 천이 되었을 때 변화하는 모습을 예로 나타낸 것이다. 도플러 천이된 LFM 신호는 시간 및 주파수 영역에서 변화하는데 특히, 시간 영역에서는 그 길이가 압축 또는 팽창되며 이는 $D = 1 + v/c$ 와 관계된다. 여기서 v 는 플랫폼의 이동속도이며, c 는 수중 음속이다. 적용된 처프 신호의 스윕 기울기 부호가 반대이므로 수신단에서 예상되는 도플러 주파수를 고려한 CW 신호의 리플리카들과의 상호상관도 측정을 통해 스윕 기울기의 부호가 반대로 변화하는 시점을 추정할 수 있으며, 이를 통해 도플러 주파수를 추정할 수 있게 된다. 모의실험을 통해 연구된 방법의 성능을 확인하였다.

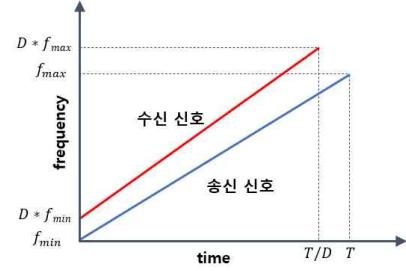


그림 1. 도플러 효과에 의한 LFM 신호의 변화 예

III. 결론

본 연구에서는 스윕 기울기 부호가 반대인 처프 신호를 연접하여 전송하였을 때 수신단에서 예상되는 도플러 주파수를 고려한 CW 신호의 리플리카를 구성하고, 상호상관도 측정을 통해 도플러 주파수를 추정하는 방법을 연구하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023년도 정부 방위사업청의 지원으로 국방기술진흥연구소의 지원을 받아 수행된 연구임. (KRIT-CT-23-035, 무인잠수정간 수중 네트워크 기술, '23~'28)

참고 문헌

- [1] S. Mason, C. Berger, S. Zhou and P. Willett, "Detection synchronization and doppler scale estimation with multicarrier waveforms in underwater acoustic communication," IEEE J. Selected Areas in Communications, vol.26, no.9, pp.1638–1649 Sept. 2008.
- [2] R. Li, H. Sun, J. Zhu and D. Zhang, "Research on range and speed measurement methods for positive and negative linear frequency modulation signals," Proc. 3rd International Symposium on Control Engineering and Robotics, pp.523–529, 2024.