

남해 채널 환경에서의 시간에 따른 도플러 특성 변화 분석 연구

김준호, 뤼징신, 쑨화쿠이, 전원, 고크림

호서대학교 정보통신공학과

katsurablue@naver.com

A Study on the Analysis of the Doppler Characteristics Change at South Sea Channel Environments in Korea

Jun Ho Kim, Luo Jingxin, Sin Huakui, Tian Yuan, Hak-Lim Ko

Dept. of Information and Telecommunication Eng., Hoseo Univ.

요약

수중 채널 환경에서 전송된 신호는 조류 등에 의해 도플러 천이와 도플러 확산이 발생하며, 이에 의해 수중 통신의 성능이 크게 저하된다. 본 연구에서는 우리나라 남해 거제도 인근 해역에서 측정을 수행하고, 측정된 데이터를 이용하여 시간의 변화에 대한 도플러 천이와 도플러 확산의 변화를 분석하였다.

I. 서론

최근 수중에서의 해양 환경 모니터링, 안전, 레저 및 군사적 활용을 위한 수중 통신 연구가 활발히 진행되고 있다[1-2]. 일반적으로 수중 채널에서 상대적으로 장거리 통신을 위해서는 음파를 사용한다. 하지만 수중 채널 환경에서 음파는 경로 손실이 매우 크며, 해저 및 해면의 반사파에 의해 다중경로의 영향을 받는다. 또한 수중 채널 환경은 수온, 연도 및 수압 등에 의해 시·공간적으로 변화가 심하며 특히 조류 등에 의한 도플러 천이와 도플러 확산이 육상 통신에 비해 상대적으로 크다. 현재 상기의 문제는 송신 프레임에 파일럿 신호를 추가하고, 수신단에서는 삽입된 파일럿 신호를 이용하여 다중경로와 도플러를 보상하고 있다.

하지만 송신 단에서 파일럿 신호를 좁은 간격으로 삽입하면 통신의 throughput이 감소하고, 파일럿 신호의 간격이 너무 길면 통신의 성능이 크게 저하되는 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 도플러 보상의 관점에서 파일럿 간격 및 보상 알고리즘의 수렴 등을 위하여, 실험해역 환경에서 측정을 수행하고 측정 데이터를 이용하여 시간의 변화에 대한 수신 신호의 도플러 천이와 도플러 확산의 변화 정도를 분석하였다.

II. 본론

본 논문에서는 시간에 따른 도플러 천이와 도플러 확산의 변화를 분석하기 위하여 그림 1에서 보이는 남해의 거제도 인근 해역에서 측정을 수행하였다. 측정은 2021년 3월 30일에 수행되었으며, 그림 2에서 보이는 바와 같이 송신 선박과 수신 선박 간의 거리는 20m, 100m, 300m 및 500m 이었고, 수심은 27m 이었다.

그림 3에 전송된 신호의 프레임 구조가 보이고, 그림 4에 시간의 변화에 따른 측정 해역에서의 음속 프로파일의 변화가 보인다. 그림 3에서 보이는 바와 같이 전송된 신호의 프레임은 1초 동안의 33KHz의 tone 신호와 프레임 동기를 위한 1초의 HFM 신호로 구성하였으며, tone 신호와 HFM 신호 사이에 0.25초의 pause를 두었다. 따라서, 수신단에서는 상기의 신호를 수신하여 HFM 신호를 이용하여 동기를 획득하고, tone 신호의 수신 구간을 추정하였으며, 이를 이용하여 수중 채널의 도플러 천이와 도플러

확산을 분석하였다. 특히 수신단에서는 1초간 수신된 tone 신호를 0.1초 간격으로 분리하여, 0.1초 간격으로 시간의 변화에 대한 도플러 천이와 도플러 확산을 분석하였다.



그림 1. 도플러 변화 분석을 위한 실험해역 측정 지역

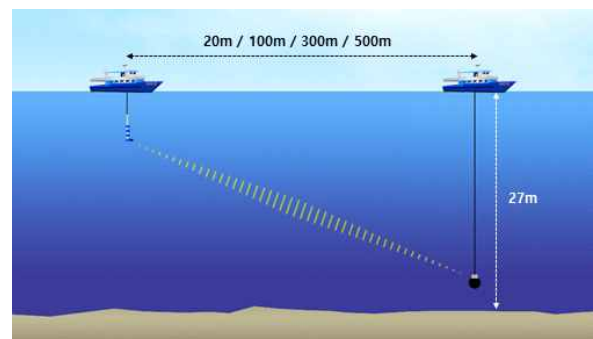


그림 2. 실험해역 측정에서의 송신단 및 수신단의 위치

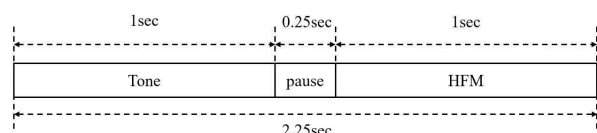


그림 3. 송신된 신호의 프레임 구조

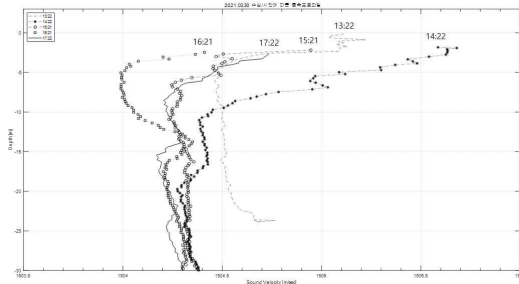


그림 4. 측정 해역에서 시간의 변화에 따른 음속 프로파일 변화

도플러 분석은 0.1초 동안 수신된 신호의 주파수 분석을 통하여 수행되었으며 주파수 분석 결과 최대 peak 값을 갖는 수신된 신호의 주파수와 송신한 주파수의 차이를 도플러 천이로 추정하였고, 수신된 피크 주파수보다 10dB 작은 범위의 주파수 대역을 도플러 확산으로 추정하였다[3-4]. 그림 5에 수신된 신호를 이용하여 0.1초 간격으로 분석한 수신 신호의 주파수 스펙트럼이 보인다. 그림 5에서 맨 위의 좌측 그림이 처음 0.1초 동안 수신된 신호의 주파수 스펙트럼이고, 맨 위 우측 그림이 그다음 0.1초 동안 수신된 신호의 주파수 스펙트럼이며, 두 번째 칸의 좌측이 그다음 0.1초 동안 수신된 신호에 대한 주파수 특성이고, 맨 아랫줄의 우측이 1초의 프레임 중에서 제일 마지막 0.1초의 시간에 수신된 신호의 주파수 스펙트럼이다.

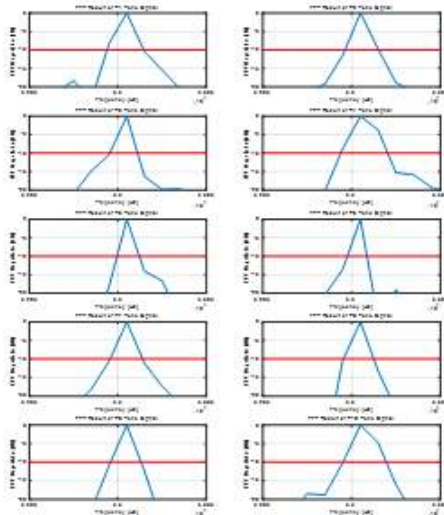


그림 5. 수신신호를 이용하여 추정한 시간의 변화에 대한 주파수 스펙트럼

그림 6과 그림 7에 수신된 신호를 이용하여 분석한 시간의 변화에 따른 수신 신호의 주파수 스펙트럼의 변화가 보인다. 그림 6과 그림 7에서 tone signal index는 1초의 기간 동안 수신된 tone 신호를 0.1초 간격으로 나누어 주파수 스펙트럼 분석을 할 때, 처음 0.1초 기간이 1 그리고 마지막 0.1초 기간이 10이다. 그림 6과 그림 7에서 보이는 바와 같이 시간이 0.1초 간격으로 변화할 때, 주파수 스펙트럼의 peak 값(도플러 천이)에 대한 변화가 없어 보인다. 하지만 그림 7에서 주파수 한 칸의 간격이 10Hz이고 peak 값이 33KHz에서 33.010KHz 사이에서 존재하기 때문에 도플러 천이 값이 유사해 보이나, 실제 분석 결과는 0.1초 간격으로 4.21, 5.79, 3.27, 7.20, 5.81, 3.16, 4.78, 4.0, 4.43 및 7.41Hz로 변하고 있으며, 이에 대한 도플

러 확산 값도 계속 변하고 있음을 알 수 있었다 (그림 5 참조).

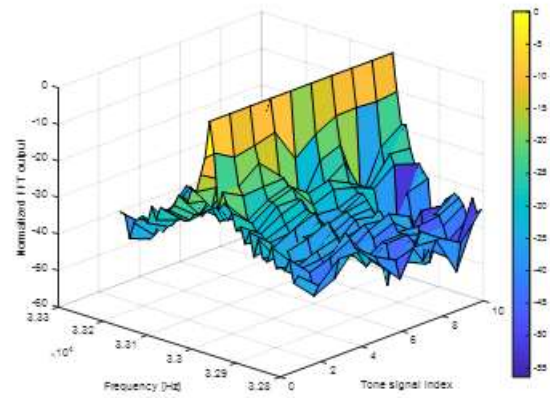


그림 6. 시간의 변화에 따른 수신 신호의 주파수 스펙트럼 I

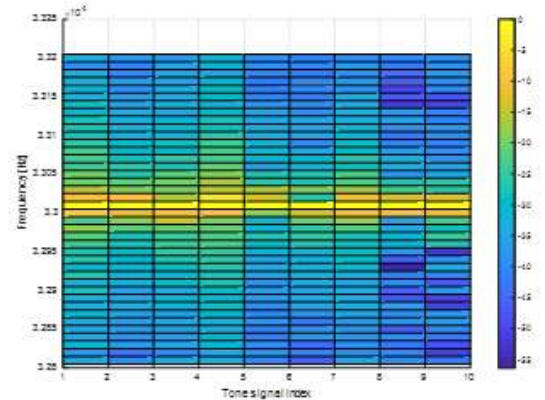


그림 7. 시간의 변화에 따른 수신 신호의 주파수 스펙트럼 II

III. 결론

본 논문에서는 남해의 거제도 인근 해역에서 측정을 수행하고, 측정된 데이터를 이용하여 시간의 변화에 따른 수신 신호의 도플러 특성의 변화를 분석하였다. 측정 데이터 분석 결과 조류가 빠르지 않은 수중 채널 환경에서도 수신 단에서 0.1초 간격으로 수신된 신호의 도플러 천이와 도플러 확산을 분석한 결과 도플러 천이와 도플러 확산이 계속 변함을 알 수 있었으며, 향후 이를 고려한 파일럿 데이터 삽입과 도플러 보상 알고리즘이 고려되어야 할 것으로 사료된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(분산형 수중관측 제어망 개발)

참 고 문 헌

- [1] E. Demirors et al., "The SEANet Project: Toward a Programmable Internet of Underwater Things," 2018 Fourth Underwater Communications and Networking Conference (UComms), pp. 1-5, 2018.
- [2] 김길용 외, "수중 채널 환경에서 OFDM 및 CDMA 통신 방식별 성능 분석", 한국음향학회, 38(1), pp.30-38, 2019.
- [3] D. V. Ha et al., "Modeling of Doppler Power Spectrum for Underwater Acoustic Channels," *Journal of Communications and Networks*, 19(3), pp.270-281, June 2017.
- [4] T. C. Models, "IEEE std. 802.11-03/940-14," May 2004.