

군집 수색을 위한 2.4GHz 대역 해상 통신의 RSSI 측정

김승근, 윤창호, 김시문

선박해양플랜트연구소

{sgkim, sgn0178, smkim}@kriso.re.kr

RSSI Measurement of 2.4GHz Band Communications for Maritime Fleet Search

Seung-Geun Kim, Changho Yun, Sea-Moon Kim

Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering (KRISO)

요약

본 논문은 군집 수색 자율 수중로봇시스템의 운용에 있어 주요 통신 링크 중 하나인 함정과 무인선간의 통신 링크에서 2.4GHz 대역을 사용하도록 개발하였다. 본 논문은 2.4GHz를 사용하는 함정과 무인선간 통신링크 시나리오에서 송신기와 수신기간 거리에 따라 실험에서 수신신호의 크기(RSSI)를 측정하여 분석하였다. 분석한 결과, 측정환경에서 통달거리 약 6km까지는 Two-Ray path 모델과 유사한 특성을 보이며, 6km 이상의 거리에서는 Two-Ray path 모델보다는 감쇄가 더 큰 경향을 보였다.

I. 서론

레저 선박, 낚시 어선 등 소형 선박의 해양사고가 지속적으로 증가하고 있고, 이러한 해양사고 발생시 사고 선박의 생존자 및 실종자를 신속하게 수색 및 탐지하기 위해 군집 수색 자율 수중로봇시스템을 개발하고 있다 [1]. 개발하고 있는 군집 수색 자율 수중로봇시스템은 군집 수색을 총괄하는 함정, 군집 수색을 수행하는 무인수상선(USV, Unmanned Surface Vehicle), 수개의 AUV (Autonomous Underwater Vehicle), 로봇 부이 등의 플랫폼들로 구성되며[1], 플랫폼간 제어 및 연동을 위해 주된 통신은 2.4GHz 대역에서 10MHz의 대역폭을 사용하여 WiFi 통신을 수행하도록 개발하였다. 이외에 보조적으로 그림 1과 같이 LTE를 사용하며, 비상상황에서 위성 단문 통신을 사용하는 다중화된 통신 체계를 갖추고 있다. 군집 수색 자율 수중로봇시스템의 통신장치 중 S-Band 대역을 사용하는 주 통신장치를 이용하여 2023년 10월 거제도 해상에서 통달거리에 대한 수신 신호세기(RSSI)를 측정한 결과를 [2]에서 보였다. 본 논문에서는 2025년 4월 거제도 해상에서 측정한 통달거리에 대한 수신 신호세기를 측정한 결과를 보인다. 2023년 시험에서는 어선에 통신장치를 설치하여 시험하였으나, 2025년에는 실제 운용할 무인수상선에 탑재하여 실험을 수행

하였다.

II. 본론

실험 시험은 군집 수색 자율 수중로봇시스템에서 운용할 무인수상선에 탑재된 통신장치와 함정간 통신 시나리오에 해당하는 환경에서 수신 전력 측정을 수행하였다. 시험에 사용된 장치들의 설정은 그림 2와 같으며, 함정은 스카이차에 통신장치를 설치하여 구성하였다.

통신장치는 2.422MHz의 반송파 주파수를 사용하고, 대역폭은 10MHz를 사용하며, 안테나 출력은 약 10W이다. 함정용 시스템과 무인수상선에 탑재된 시스템은 동일한 특성을 갖고 있어, 함정에서 송신하고, 무인수상선에서 수신하여 송수신기간 거리와 함께 통신장치에서 측정된 RSSI값을 저장하였다. 함정모사의 안테나 높이는 약 22m에 해당하도록 설치하였고, 함정의 안테나 높이는 약 4.2m이다. 실험 시험을 수행한 날은 날씨가 흐리고, 바람이 많이 부는 날씨였다.

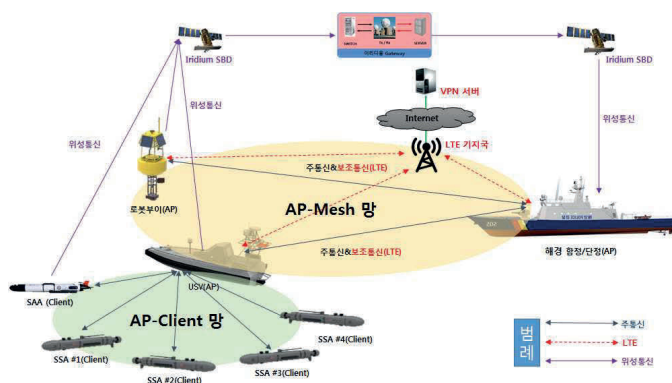


그림 1 군집 수색 자율 수중로봇시스템간 해상통신 구조[2]



(a)함정모사의 안테나

(b) 무인수상선 및 안테나

그림 2 통신장치의 안테나 설치 모습

함정-무인선간 통신 시나리오에 따라 측정한 RSSI값과 이를 [2]에서 얻은 분석결과를 바탕으로 Two-Ray path 모델을 적용하여 모델링한 것을 함께 그림 3에 나타내었다. 측정데이터와 Two-ray path 모델을 정합하는 과정은 [2]에 설명되어 있다. 그림에서 보면, 약 1.5km거리까지는 직접파와 반사파의 간섭에 의해 거리에 따라 수신신호의 세기가 급격히 감소하는 구간들이 다수 발생하고 있으며, 약 1.5km 이후로 약 12km거리까지는 일부 특이점들을 제외하고는 수신신호의 세기가 완만하게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 그림 3에서는 무인수상선이 약 13km지점에서부터 500m 이내까지 이동하면서 측정한 RSSI로, 약 5.2km지점의 짧은 구간에서 수신신호의 세기나 약 20dB 정도 낮아지는 지점이 관측되었으며, 약 7.3km지점과 약 10.4km지점에서 짧은 구간에 걸쳐 수신신호의 세기가 약 8dB정도 강해지는 특이점들이 관측되었다. 이러한 특이점이 발생하는 원인은 지형적인 원인 또는 근처 선박들의 배치 등에 영향을 받았을 것으로 추측만하고 있다. 이러한 특이점들을 제외한 지점들에서는 통신 거리 증가에 따른 수신신호의 감쇠가 연속적인 특성이 있는 것으로 판단할 수 있다.

그림 3에서의 측정결과를 보면 약 6km의 통신거리까지는 Two-way path 모델과 잘 맞으나, 6km이상에서는 Two-way path 모델에서의 감쇠보다 감쇠가 더 발생하고, 거리가 증가함에 따라 그 차이가 더 벌어져 10km거리에서는 약 3dB정도의 차이를 보였다. 2023년에 측정한 RSSI를 이용하여 Two-ray path 모델로 분석한 결과(그림 4[2])에서는 10km거리까지 Two-way path 모델과 잘 맞는 것과는 다른 결과를 보인다 (2023년도 시험에서는 2.477GHz를 중심으로 10MHz 대역폭을 사용하였으며, 출력 전력도 2025년도 보다는 낮았음[2]). 그림 4에 있는 결과는 함정의 안테나 높이가 32m이고, 그림 3에 있는 결과는 함정의 안테나 높이가 22m로 약 10m의 차이가 있어 안테나 높이가 높아짐에 따라 Two-ray path 모델과 잘 맞는 통신 길이의 범위가 증가하는 것으로 추정된다. 해상통신에서 안테나 높이와 Two-ray path 모델의 적용가능한 통신길이의 범위는 많은 데이터를 취득하여 분석해 보아야 할 것이다.

2025년에 측정한 결과와 Two-ray path 모델로 모델링한 결과가 6km보다 먼 거리에서는 모델링 결과와 차이가 발생하지만 10km까지는 약 3dB이내이고 12km거리에서는 약 5dB이내이므로, 해상에서 목표로 하는 통신 거리에서 해상통신장치의 통신 가능 여부를 사전에 추정하는 데 활용할 수 있을 것이다.

III. 결론

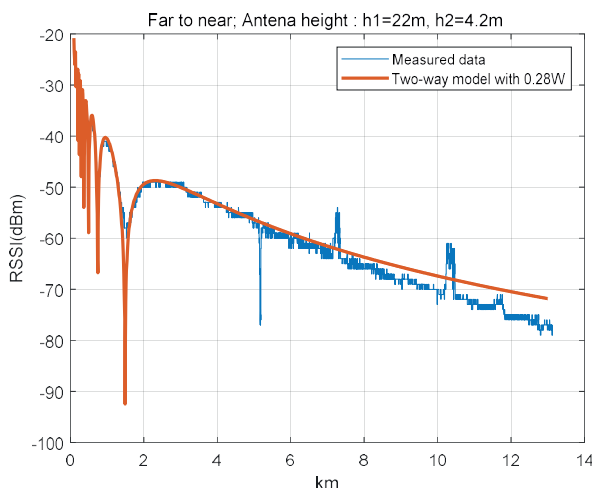


그림 3. 함정-무인인수상정간 시나리오에서 측정된 RSSI와 모델링된 RSSI값

본 논문에서는 군집 수색 자율 수중로봇시스템을 운용하기 위한 해상통신장치의 운용시나리오에 따라 함정은 스카이차로 모사하고, 통신장치를 탑재한 무인수상선을 이용하여 실험역에서 수신신호의 RSSI를 측정하여 분석하였다. 분석한 결과, 2.4GHz 대역에서 Two-Ray path 모델과 유사한 특성을 갖는 것을 2023년 실험역 시험에 이어 다시 한 번 확인할 수 있었다. 그러나, 2025년 시험에서 측정한 RSSI값은 통달거리 약 6km 거리까지는 Two-Ray path 모델과 유사 경로 손실을 가지나, 통달거리 6km보다 멀어지는 경우는 모델링값보다 감쇠가 심하였으며, 통달거리 10km거리에서는 약 3dB와 12km거리에서는 약 5dB 정도의 추가 감쇠가 발생함을 측정하였다. 2023년 측정결과[2]와 2025년 측정결과를 통해 해상에서 2.4GHz 대역을 사용하는 경우, 안테나 높이가 높을수록 통달거리에 따른 경로 감쇠가 Two-Ray path 모델과 유사한 결과를 나타내는 거리가 증가하는 것으로 유추되며 이의 상관관계에 대해서는 추가연구를 수행할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2025년도 해양경찰청 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(IRS-2021-KS211488, 군집 수색 자율무인잠수정 및 운용시스템 개발)

참 고 문 헌

- [1] Kim, S.-M., "AUV Fleet and its Operation System Development for Quick Response of Search on Marine Disasters," KRISO R&D, vol. 63, pp. 11-13, Dec. 2021.
- [2] Kim S.-G., Yun C. and Kim S.-M., "Analysis of Measured RSSI of S-Band Communications for Maritime Fleet Search ," Conf. of KICS, May, 2024.

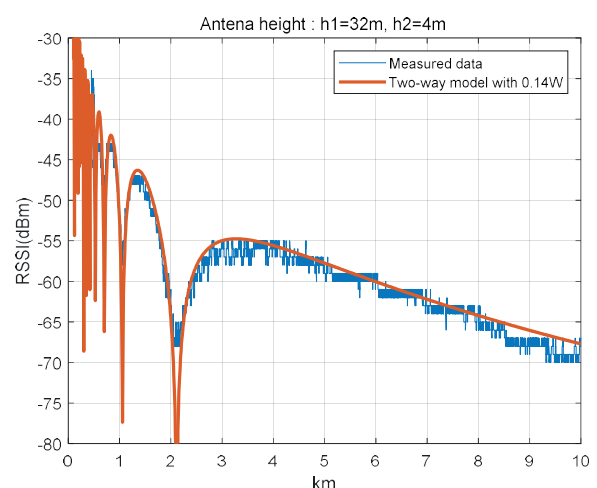


그림 4. 2023년 함정-무인인수상정간 시나리오에서 측정된 RSSI와 모델링된 RSSI값[2]