

군집 수색을 위한 해상 통신의 RSSI 측정 데이터 분석

김승근, 윤창호, 김시문

선박해양플랜트연구소

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

Analysis of Measured RSSI of S-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 수중로봇시스템 운용을 위한 해상통신장치의 신호감쇄특성을 실험역에서 측정된 결과를 Two-Ray path 모델을 적용하여 분석하였다. 이를 통해 2.4GHz 해상통신 채널은 Two-Ray path 모델로 분석할 수 있음을 확인하였다.

I. 서론

레이 선박, 낚시 어선 등 소형 선박의 해양사고가 지속적으로 증가하고 있고, 이러한 해양사고 발생시 사고 선박의 생존자 및 실종자를 신속하게 수색 및 탐지하는 초동 대응이 필요하다. 이러한 신속한 초동 대응을 위해 다수의 수중로봇을 투입하고, 골든타입 내 사고 해역을 빠르고 넓게 수색하기 위한 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 구성된다[1]. 이러한 시스템의 운용을 위해 무인수상선, 로봇부이 및 AUV 등 자율 수중로봇들에 명령을 전달하고, 상태를 모니터링하기 위한 통신 네트워크가 필요하다. 사고 해역에서 구난 활동중 단절없는 정보교환이 가능하도록 주통신(S-band WiFi)과 보조통신(LTE)을 제공하며, 비상통신(위성 통신)을 제공한다. 군집 수색용 해상 통신 네트워크 구조는 그림 1과 같으며, S-band에서 IEEE 802.11 기반의 WiFi 통신을 주통신으로 사용하고, LTE 통신을 보조통신으로 사용하며, 위성 통신을 비상통신으로 사용한다. 군집 수색 자율 수중로봇시스템의 통신장치 중 S-Band 대역을 사용하는 주통신장치를 이용하여 해상에서 통달거리에 대한 수신신호세기(RSSI)를 측정된 결과를 [2]에서 보였으며, 본 논문은 측정된 데이터를

분석한 결과에 대하여 논한다.

II. 본론

군집 수색 자율 수중로봇시스템은 그림 1에서 보는 것과 같이 함정, USV, 로봇 부이, 수개의 AUV 등의 플랫폼들로 구성된다. 함정, USV, 로봇 부이는 각각 AUV의 AP(access point) 역할을 하고, AP들 간에는 Mesh 구조의 네트워크를 지원한다. AUV는 수중 탐색을 수행한 후, 부상하여 가까운 AP에 접속하여 함정까지 네트워크를 형성하고, 수색 데이터 중 특이점 등을 전송한다. AP와 AUV들은 AP-Client망을 구성하고, AUV가 송신한 데이터를 수신한 AP들은 함정으로 전달한다[2].

S-band WiFi를 주통신으로 사용하고, 원거리 전송을 위해 신호를 증폭하여 송신한다. 각 플랫폼마다 통신장치를 위한 공간과 구조가 상이하지만, 함정, USV, 로봇부이에 설치하는 주통신장치는 기능과 출력 등의 면에서 동일한 기능과 역할을 수행한다. AUV에 설치되는 주통신장치는 공간의 제약과 구동하는 배터리를 고려하여 상대적으로 낮은 출력을 갖고, AP-Client로 동작한다[2].

앞에서 설명한 주통신 장치의 동작시나리오를 고려하여, 실험역에서 해상통신장치의 거리에 따른 수신신호전력을 측정하였다. 시험에서 주통신장치는 2.477GHz를 중심으로 10MHz 대역폭을 사용하도록 설정하였으며, 함정 및 무인수상선용 장치는 약 8W의 출력을 설정하였으며, AUV용 장치는 약 2W의 출력을 설정하였다.

RSSI 측정시험은 함정-무인수상선간 주통신 시나리오와 무인수상선-AUV간 주통신 시나리오에 맞춰 시험을 진행하였다. 함정을 모사하기 위해 스카이라에 함정용 주통신장치를 설치하고, 함정에 설치된 안테나 높이를 해발고 약 30m, 약 20m, 약 15m로 설정하였으며, 무인수상선을 모사하기 위해 4 ton급 어선에 해발 약 4m 높이에 안테나를 설치하여 측정하였다. 각 장치의 안테나를 설치한 모습이 그림 2에 있다.

함정-무인수상선간 통신 시나리오에서 해발 약 30m, 약 20m, 약 15m로 가정한 함정 안테나 설치 높이와 무인수상선간 RSSI 측정 결과와 무인수상선-AUV간 통신 시나리오에서 거리에 따른 RSSI측정 결과는 [2]에서 보였다. 함정-무인수상선간 통신 시나리오에서 측정된 데이터는 1~2km이

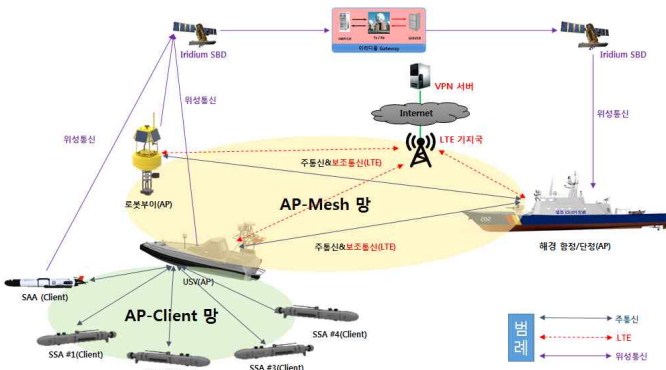


그림 1 군집 수색 자율 수중로봇시스템간 해상통신 구조

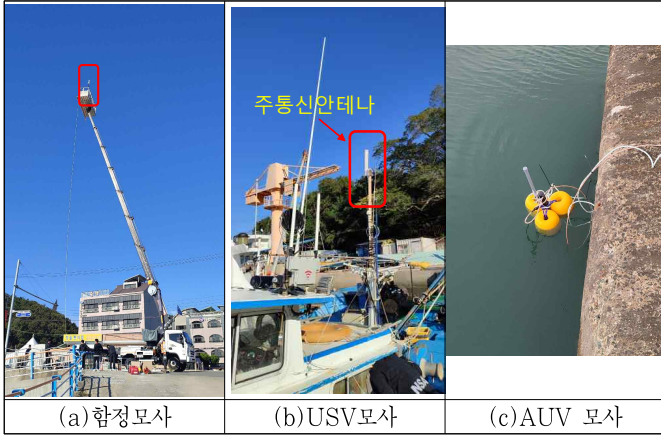


그림 2. 측정 시험에서 통신장치의 안테나 설치 모습

내의 가까운 거리에서 거리에 따라 RSSI가 움푹하게 낮아지는 지점이 수 회 반복되다 일정거리 이후에는 완만하게 통신거리가 2배 증가함에 따라 RSSI가 약 12dB 내외로 감소하는 것으로 측정되었다[2]. 함정-무인수상선간 통신 시나리오에서 측정된 데이터에서는 가까운 거리에서도 RSSI가 움푹 낮아지는 지점이 없이 통신 거리가 2배 증가하면 RSSI가 약 12dB 내외로 감소하는 것으로 측정되었다. 이러한 관측결과를 기반으로 Two-ray path모형을 적용하여 측정된 RSSI에 따라 모델링을 수행하였다. 모델링은 함정-무인수상선간 통신 시나리오를 먼저 수행하였다. 본 논문에서는 함정의 안테나 높이가 30m인 시나리오에 대해서만 설명한다. 먼저 함정과 USV의 안테나 높이를 h_1 및 h_2 라 하고, 알고 있는 계략적인 안테나 높이를 대입한 이후 안테나 높이를 조정하여 RSSI에서 Nulling이 되는 거리를 맞추고, 송신 출력값을 조정하였다. 송신 및 수신 안테나의 이득은 1로 설정하였다. 분석을 통해, 함정모사한 장치의 안테나(h_1)는 32m로 설정하고, USV의 안테나(h_2)는 4m로 설정하고, 안테나 송신출력은 0.14W로 설정하면, 측정된 RSSI와 유사한 RSSI를 모델링 할 수 있다. 30m 함정 안테나 시나리오에서 측정값과 모델링값을 적용한 RSSI를 그림 3에 나타내었다. 그림 3에서 보면, 측정결과와 모델링 결과가 잘 맞아 들어감을 확인할 수 있다. 또한, 통신 거리가 9km이상 되는 거리에서는 측정값과 모델링 결과의 차이가 거리가 짧은 구간에 비해 벌어지는 것을 관측할 수 있다. 이는 통신거리가 멀어지는 경우에는 거리에 따라 수신신호가 감소하는 기울기가 증가함을 의미한다. 이는 2GHz 대역에서 약 7km

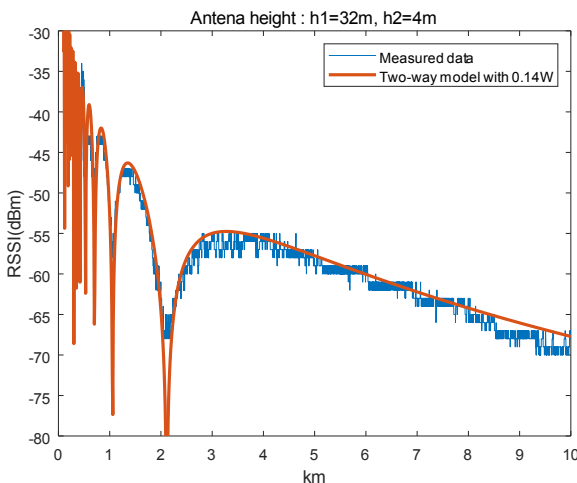


그림 3. 함정-무인수상선간 시나리오에서 측정된 RSSI와 모델링된 RSSI값

거리까지 거리의 2승에 반비례하고, 이후에는 안테나 높이에 따라 약 -85dB~-95dB/dec의 기울기로 수신전력이 감소한다는 기준에 해상 환경에서 알려진 결과[3]와는 다른 특성을 가지고 있음을 확인할 수 있었으며, 통신거리가 증가하면 거리에 따라 다른 기울기로 수신전력이 감소한다는 유사한 특성을 가짐을 관측할 수 있다.

무인수상선-AUV간 통신 시나리오에 따른 RSSI 측정결과를 Two-ray path모형을 적용하여 모델링하기 위해 앞에서 결정한 무인수상선의 안테나 높이 h_2 를 4m로 정하고, AUV의 안테나 높이(h_3)와 출력을 결정하였다. 모델링을 통해 h_3 는 약 0.2m이고, 출력은 약 0.07W로 분석하였다. 측정된 RSSI와 모델링한 결과를 그림 4에 나타내었다. 모델링과 측정결과가 일정범위 이내에서 잘 맞음을 확인할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 군집 수색 자율 수중로봇시스템을 운용하기 위한 해상통신장치의 운용시나리오에 따라 실험역에서 수신신호의 RSSI를 측정하여 분석하였다. 분석한 결과, 2.4GHz 대역에서 Two-Ray path 모델과 유사한 특성을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 설계한 모델을 이용하여, 향후 해상통신장치 운용 설계에 반영할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 해양경찰청 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(IRS-2021-KS211488, 군집 수색 자율무인잠수정 및 운용시스템 개발)

참고 문헌

- [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., "RSSI Measurements of S-Band Communications for Maritime Fleet Search , " Conf. of KICS, Nov. 2023.
- [3] Rec. ITU-R P.1546-5, "Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30MHz to 3000MHz," ITU, 2013.

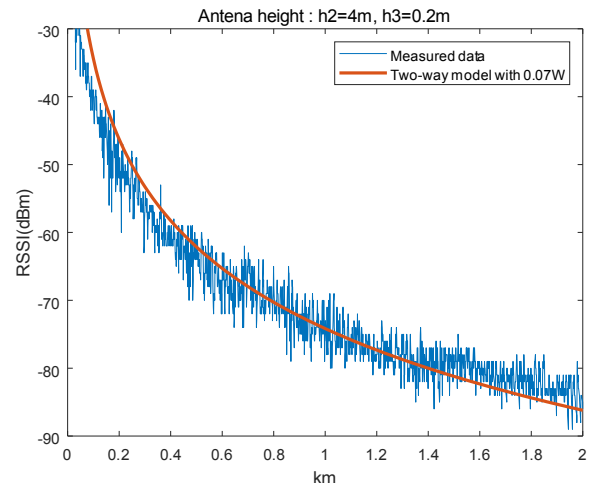


그림 4. 무인수상선-AUV간 시나리오에서 측정된 RSSI와 모델링된 RSSI값