

수중 통신 시스템의 군 활용 및 활용 분야별 요구 기술 분석 연구

박래호, 조기하, 정태건, 김세연, 고학림

호서대학교 해양IT융합기술연구소

kamrosoo4900@daum.net

A Study on the Analysis of Technology Requirements for the Navy and Application Fields of Underwater Communication Systems

Rae Ho Park, Ki Ha Cho, Tae Geon Chung, Se Yeon Kim, Hak-Lim Ko

Hoseo Univ, Oceanic IT Convergence Technology Research Center

요약

본 논문에서는 수중통신 기술의 군 활용 방안에 대해 논한다. 군 활용 분야 중에서 특히 수중 감시망 구축 분야, 수중·해상·위성이 결합된 통합 통신 체계 구축 분야 및 잠수함의 포함하는 수중 이동체 간의 통신과 수중 이동체와 함정 간의 통신 체계 구축 분야에서의 수중 통신 연구개발 현황을 알아보고, 각 활용 분야에 대한 수중 통신 요구 사항을 분석한다. 또한, 이를 종합하여 향후 군 활용을 위한 수중 통신의 발전 방향 및 연구 개발 방향에 대해 논한다. 우리는 본 논문에서 제안하는 수중 통신 기술의 연구 개발 방향이 향후 군의 전력화를 통한 국가 방위력 향상에 기여하기를 기대한다.

I. 서론

현재 우리나라 주변국을 포함한 많은 나라에서 해군력 증대에 많은 노력을 하고 있다. 특히 주변국의 함정 및 잠수함 전력의 고도화 되고 있으며 잠수함에서 발사되는 탄도 미사일인 SLBM(Submarine-launched Ballistic Missile)이 장착 가능한 잠수함의 수도 증가하고 있는 실정이다. 또한 최근 들어 ICT 기술, 인공지능과 로봇 기술이 급격히 발전하면서 소형의 무인 함정이나 무인 잠수정을 네트워크화 하여 군 작전에 활용하는 네트워크 중심전에 대한 연구가 많이 진행되고 있으며, 해양방위를 위한 다양한 수중 통신망에 대한 연구가 국외의 여러 나라에서 수행되고 있다[1-2].

따라서 우리나라에서도 해양방위 등을 포함한 해양 무기체계의 무인화, 디지털화 및 지능화 등을 위한 많은 노력을 하고 있다. 해양 무기 체계에서 많은 부분은 수중에서 임무를 수행하고 있으며, 이를 위해서는 수중에서도 안정적인 수중 통신이 제공되어야 한다. 하지만 수중 채널 환경에서의 통신은 시·공간적으로 변하는 채널 등에 의해 그 성능이 크게 저하 된다. 특히 수중에서 장거리 통신을 위해서는 음파를 사용하는데, 수중 채널 환경에서 음파는 약 1,500m/sec의 속도로 전파되어 육상의 RF 신호에 비해 신호 전달 속도가 매우 늦으며, 음파의 속도 또한 수온, 염도 및 수심 등에 의해 영향을 받아 전달되는 음파의 속도가 시간적으로 계속변하여 음파가 전달되지 않는 shadow zone이 발생한다. 그리고 수중에서 음파의 경로 손실이 매우 크며, 해저 및 해수면의 반사파에 의한 다중경로로 신호가 수신되어 이에 의한 심볼간 간섭(ISI)이 존재하고, 이동체의 이동이나 조류 등에 의한 Doppler shift와 Doppler 확산이 육상 통신에 비해 상대적으로 커서 수신된 신호의 상관 시간이 짧아 전송 가능한 프레임 길이가 짧아 데이터 전송 효율이 감소할 수 있다. 또한 수중에서의 안정적인 통신을 위해서는 ambient noise, layer depth 및 bubble에 의한 영향도 고려되어야 한다.

본 논문에서는 이와 같이 열악한 수중 채널 환경에서도 수중통신의 해양/수중 무기체계의 활용 및 적용 방안과 활용 분야 별 수중 통신의 요구 사항에 대해 논하며, 이를 통해 향후 군 활용을 위한 수중 통신의 발전 방향을 제시한다.

II. 본론

본 장에서는 국방 분야에서의 수중통신 활용 가능 분야와 각 분야에서 요구되는 수중 통신 기술에 대해 서술한다. 또한, 수중통신 기술은 다양한 해양 및 수중 무기체계 분야에 활용 가능하지만, 본 논문에서는 수중 감시망 분야, 수중·해상·위성 통합 통신 체계 구축 분야 및 잠수함-잠수함 통신, 잠수함-선박 통신 및 수중 이동체간 통신 분야에 한정하여 서술한다.

1. 수중 감시망 구축 분야

수중에서 잠수함 등의 수중 이동체를 감시하기 위한 감시망은 유선망과 무선망 혹은 유·무선 혼합 망으로 구축할 수 있다. 일반적으로 유선망의 구축 및 운영 비용이 무선 감시망에 비해 많이 소요되기 때문에 해안에서 근거리 감시는 유선망을 이용한 구축이 가능하며 원거리 감시는 무선망을 이용한 구축이 필요해 보인다. 특히 그림 1에서 보이는 바와 같이 일정 해역에 고정된 센서를 이용하여 수중 이동체를 감시하고, 센서 노드 구축이 어려운 지역이나 감시 사각지대는 UUV(Underwater Unmanned Vehicle) 등의 수중 이동체를 이용하여 감시하면 수중 감시의 정확도를 크게 향상시킬 수 있다. 현재 수중 감시망에 대해 국외에서는 미국의 SeaWeb[3] 프로젝트 등을 통한 고정 센서 통신망을 이용한 광범위한 연안 해역에서의 잠수정 탐지 연구와 CLAM[4], RACUN[5] 및 PLUSNet[6]을 통한 수중 고정 노드와 이동 노드간의 수중 네트워크 구축을 통한 MCM(기뢰대향체계) 감시 및 ASW(Anti-Submarine Warfare) 협동 체계 구축 관련 연구가 수행되었다. 또한, 중국에서는 2016년 말경 수중 만리장성 프로젝트를 발표하였으며 종합 해양 관측 네트워크를 구축 하고 있다.

이러한 수중 감시망 구축 분야에서의 수중통신망 요구사항은 수중 채널 환경에서의 안정적 통신 기술, 저전력/무전원 통신 기술, energy harvesting 기술이 요구된다. 또한, 수중 무인정에서 SSS(Side Scan Sonar) 등을 이용하여 촬영한 영상의 실시간 전송을 위한 고속 데이터 통신 모뎀 개발이 필요하다. 그리고 수중 센서노드나 무인정의 수중 작전은 배터리 용량에 의해 결정된다. 따라서 수중 센서노드/무인정에서의 수중 통신 시스템에서는 수중 센서노드/무인정의 배터리 소모를 최소화 시키는

방향으로 개발되어야 하며 이를 위해서는 소형 수중 통신 모뎀 및 저전력 통신 모뎀의 개발이 요구된다.

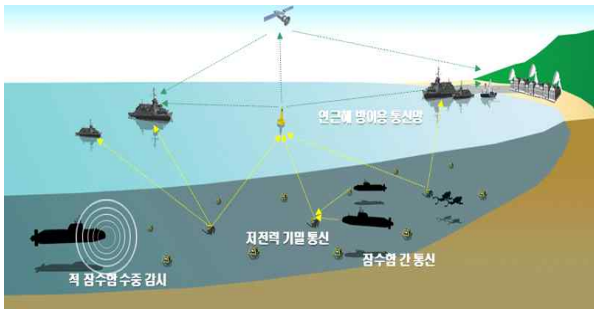


그림 1. 수중 통신의 군 활용 분야의 예

2. 수중·해상·위성 통합 통신 체계 구축

최근들어 ICT 및 인공지능의 기술이 발전하면서 국방 분야에서는 인공지능 기능을 갖는 복수개의 소형 장비들이 서로 네트워크로 연결되어 작전을 수행하는 네트워크 중심전으로 발전하고 있으며, 이를 위해 해군에서도 수중·해상·위성의 실시간 통신이 요구되고 있다. 예를 들어 적을 탐지하고 탐지된 곳으로 실시간 타격하는 kill-chain 구축을 위한 통신망을 육상은 실시간 구축이 가능하나, 수중에서는 원활한 수중 통신이 불가능하면 실시간 혹은 준 실시간의 수중 kill-chain 구축이 어려워진다. 또한 수중에서 탐지 및 감시 등으로 생성된 정보를 실시간으로 육상의 관제 센터로 전송하고, 육상의 센터에서도 수중에 있는 무인정이나 센서의 실시간 제어가 가능하기 위해서는 수중·해상·위성 통합 통신 체계가 구축되어야 하며, 수중(잠수함), 해상(항공모함, 전함) 및 위성이 연결된 multi domain 작전에서도 수중통신이 bottleneck으로 작용할 수 있어, 수중에서의 원활한 작전을 위해서는 끊이지 않으면서도 안정적인 통신이 지원 가능한 수중 통신 시스템 개발 및 이를 통한 수중·해상·위성 통합 통신 체계 구축이 필요하다.

이러한 통합 통신 체계 구축을 위해서는 시·공간적으로 변하는 수중 채널 환경에서의 안정적 통신을 지원하는 위한 링크 적응 기술, 끊어지지 않고 연속적인 실시간 통신이 가능한 seamless한 통신 기술, 은밀 통신 기술, 낮은 latency를 갖는 통신 기술 및 저전력 통신 기술 등이 요구된다.

3. 잠수함-잠수함 통신, 잠수함-함정 통신 및 수중 이동체간 통신 체계

최근 중국에서 잠수함에서 사용하는 비밀통신 신호를 고래 소리로 위장해 수중 탐지 체계에 발각되지 않는 수중통신 기술 개발하여, 수심 6000m에서 무인잠수정이 수중통신을 통하여 및 해상-위성까지 연계하는 기술을 선보인바 있다. 따라서 잠수함과 잠수함 간의 통신이나 잠수함 등의 수중 이동체와 함정 간의 통신 체계 구축은 잠수함 등의 수중 이동체의 작전 능력 향상은 물론 수중 이동체, 해상 및 항공간의 정보 공유를 통한 작전 효율의 증대에도 필요해 보인다. 또한 이러한 통신 체계 구축을 위해서는 안정적인 장거리 통신 기술과 은밀 통신 기술 개발이 요구된다. 특히 잠수함에서는 음파 전송에 의한 노출이 가능하기 때문에 가능한 신호의 수신만이 가능한 통신 체계도 연구되어야 한다. 이를 위해서는 송신 장치에서 신호 전송 장치와 잠수함 사이의 수중 채널 환경을 미리 추정하고 추정된 채널에 적합한 통신 파라미터로 구성된 다양한 통신을 전송해 줌으로써 잠수함에서 이 중에서 최적의 통신을 선택하여 안정적인 통신이 수행되게 하는 기술이 요구된다.

4 수중통신의 국방에 대한 제언

가. 군의 수중통신 요구사항으로 4차 산업혁명 시대에 수중통신 네트워크를 구축하여 Smart Navy/Smart Defence 를 구축하여 미래 네트워크 전을 대비하는 것이 합참과 해군의 핵심과업이다

나. 이를 달성하기 위한 추가적인 기술연구 분야는 다음과 같이 고려해볼 수 있다

1) 수중음향채널 모델링 분야

이 분야는 수중음향채널 모델링 기법 이론 연구를 들 수 있다. 구체적으로는 음선추적 기법, 해저면 및 해수면 반사 특성 연구 등이다. 또한, 수중음향채널 측정 및 분석에서는 실험적 채널 측정 및 통계적 특성 분석, 수중음향채널 시뮬레이터 개발 등이 있다.

2) 수중음향 모뎀 개발 분야

이 분야는 수중음향통신 알고리즘 연구로써 위상추적기, 적응형단말기, 빔형성기 등의 개발이 있다. 또한, 수중음향 설계 및 제작으로 수중음향 트랜스듀서 개발, DSP 시스템 구현 등을 들 수 있다

3) 수중음향 네트워크 개발 분야

수중음향 통신망 프로토콜 개발로 MAC, Routing 등을 들 수 있다.

4) 수중육상 연계 시스템 개발 분야

Gateway 설계 및 개발, 육상 제어 센터 구축 등을 들 수 있다.

다. 국방 활용 방안은 해상-수중 통신망 구축으로 함정·선박 AI 영상식별 체계 구축과 해저드론-해저로봇-해저센서망을 구축하여 해도 분석자료 제공을 통해 AI-Smart KNTDS 고도화가 필요함. 또한, 해상 LTE-M 망과 연계하여 해경 VTS (해상-수중 교통관제서비스), 해상네비게이션과 연계하여 항만·연안·수중 등 감시 공백 보완으로 해군-해경 작전과 공유함으로써 작전 반응시간 단축에 기여할 수 있다.

라. 수중통신의 전력화 방안은 LIG-XI, 한화 등 방산업체와의 공동연구로 생체모방 음향통신, 수중통신, 암호장비와 연계할 전력화 검토추진도 필요할 것으로 보이며, 유·무인 잠수함 전력화 사업과 연계하여 추진해야 하는 리더십이 요구된다고 하겠다.

III. 결론

본 논문에서는 수중 통신 기술의 군 활용 방안에 대해 알아보고, 군 활용 중에서 수중 감시망 분야, 수중·해상·위성 통합 통신 체계 구축 분야 및 수중에서 잠수함 등의 이동체와 이동체 간 혹은 수중 이동체와 함정간의 통신 분야에서 요구되는 수중 통신 기술에 대해 기술하였다. 우리는 본 논문에서 제안한 수중통신의 다양한 군 활용 및 요구기술이 향후 우리나라 국방력을 증진시키는데 기여하리라 생각한다.

ACKNOWLEDGMENT

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

참 고 문 헌

- [1] Z. Li and M. Stojanovic, "Multi-user Multi-carrier Underwater Acoustic Communications," Global Oceans 2020: Singapore - U.S. Gulf Coast, pp. 1-4, 2020
- [2] 조용호, 이태식, 고헌림, "서해 실험역에서 수중 채널 변화에 따른 OFDM 기반 수중 음향 통신 시스템의 성능 분석 연구", 한국통신학회 논문지, 43(10), pp. 1654-1663, 2018.10
- [3] Joseph Rice, SEAWEB ACOUSTIC COMMUNICATION AND NAVIGATION NETWORKS
- [4] CLAM webpage, http://cordis.europa.eu/projects/rcn/95346_en.html
- [5] Jorg Kalwa, The RACUN-Project: Robust Acoustic Communications in Underwater Networks - an Overview, 6-9 June 2011
- [6] PLUSNet webpage, <http://www.mbari.org/MB2006/UPS/mb2006-ups-links.htm>