

「부이형 수중감시체계(가칭)」 운용개념과 기술발전 소요 고찰

나성민^{1*}, 박경민¹, 허완², 진경식¹

해군본부 정보화기획참모부 감시체계과¹, 국방부 국방정책실²

Study on Operation Concept and Technical Requirement of ‘Underwater Surveillance Buoy System’

Sung-Min Na^{1*}, Kyung-Min Park¹, Wan Huh², Kyong Sik Jin¹

Abstract : 본 연구에서는 한반도 주변에 대한 감시능력 확장을 위해 기초연구를 추진중인 부이형 수중감시체계(가칭)에 대한 개략적인 운용개념을 정립하고, 추가적인 기술발전 소요를 고찰하고자 한다. 부이형 수중감시체계(가칭)는 현재 운용되고 있는 함정, 항공기와 같은 플랫폼이 갖는 감시공백을 보완하기 위한 목적으로 개발 필요성이 제시되었다. 부이형 수중감시체계(가칭)는 수면에 위치한 부이와 수중에 위치한 음향감시센서로 구성되어 있다. 필자는 이 체계의 운용개념을 ‘수중감시가 필요한 해역에 설치하여 해양정보를 수집하고, 다상태(Multi-Static) 음향센서를 이용하여 수중 물체를 탐지·추적하며, 정보를 분석·전파한다’로 정의하고, 그 기능을 크게 4가지로 구분하였다. 이후 각 기능별로 현재의 국내 기술수준을 평가하고, 운용개념을 구현할 수 있도록 기술발전 소요를 제시하였다. 이를 통해 얻고자 하는 결과는 부이형 수중감시체계(가칭)의 운용개념과 기술발전 소요에 대한 공론화를 통해 의견을 결집하여, 관련기관의 연구 노력이 일정한 방향으로 집중될 수 있도록 하기 위함이다.

Key Words : Underwater Surveillance, Operation Concept, Technical Requirement, Buoy

1. 개 요

본 연구에서는 한반도 주변에 대한 감시능력 확장을 위해 기초연구를 추진중인 부이형 수중감시체계(가칭)에 대한 운용개념을 정립하고, 이를 바탕으로 기술발전 소요를 도출하고자 한다. 이를 통해 얻고자 하는 결과는 관련내용을 공론화 시켜서 의견을 결집하고, 연구기관의 노력이 일정한 방향으로 집중될 수 있도록 하기 위함이다.

한반도 주변의 복잡한 해양환경을 극복하고, 수중 물체에 대한 감시능력을 향상하기 위한 노력은 지금까지 지속되어 왔다. 특히, 해군은 천안함 피격사건 이후에 대잠작전능력을 향상을 위해 전력발전, 전술개발 등 다양한 분야에서 역량을 집중해왔다.

하지만, 복잡한 해양환경은 수중물체를 감시하는데 어려움의 원인이 되고 있다. 대기 중에 있는 물체를 탐지하는 방법은 전파를 이용한 레이더가 대표적인데, 효과성·효율성 측면에서 유리하다. 하지만, 음파를 이용한 수중물체 탐지는 음파의 굴절, 감쇄 등으로 인해 효과성·효율성이 전파보다 불리하다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 다양한 형태의 감시수단을 복합적으로 운용해야 하는데, 부이형 수중감시체계(가칭)는 이러한 노력의 일환으로 연구되고 있다.

이 연구를 진행한 이유는 부이형 수중감시체계(가칭)에 대한 관련기술을 개발하는데 있어서 노력의 낭비를 최소화하고, 연구의 노력이 일관된 방향으로 집중될 수 있도록 하기 위함이다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 우선 부이형 수중감시체계(가칭)에 대한 개략적인 운용개념을 제시하였다. 이후 제3장에서는 제2장에서 제시한 운용개념과 국내·외 기술발전 동향을 고려하여 연구한 기술발전 소요를 제시하였다. 이후 제4장에서는 연구결과를 바탕으로 한 결론을 제시하였다.

2. 부이형 수중감시체계(가칭) 운용개념

부이형 수중감시체계(가칭)는 명칭에서 예상할 수 있듯이 수중감시를 위한 센서와 수면위에 떠있는 부이(Buoy)를 결합한 체계(System)이다. 부이형 수중감시체계(가칭)는 해저에 매설해야 할 필요가 없기 때문에 설치와 회수가 용이하다는 장점을 갖고 있다. 함정이나 무인체계와 같이 상시 이동할 수 있는 플랫폼(Platform)과 해저에 부착되어 있는 고정형 감시체계의 중간 접점에서 있기 때문에, 기존에 운용되고 있는 감시수단의 공백을 보완할 수 있다. 국내에서 산학연으로 연구하며 구상한 개략적인 형상은 아래 그림과 같다.

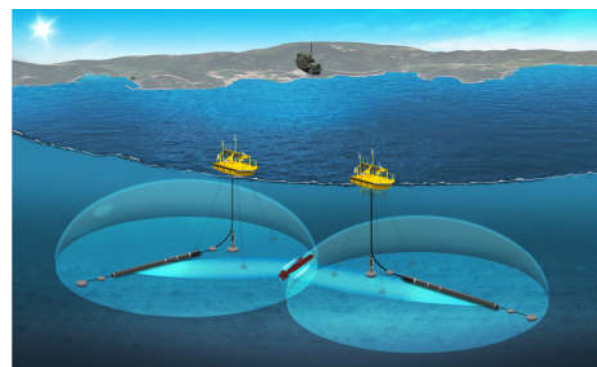


Fig. 1. Configuration of ‘Underwater Surveillance Buoy System’

필자가 정의한 부이형 수중감시체계(가칭)의 운용개념은 아래와 같다.

‘수중감시가 필요한 해역에 설치하여 해양정보를 수집하고, 다상태(Multi-Static) 음향센서를 이용하여 수중 물체를 탐지·추적하며, 정보를 분석·전파한다’

부이형 수중감시체계(가칭)의 운용개념은 4가지의 기능(Function)으로 구체화 하였는데, 해양환경 정보수집,

수중감시, 지휘통제, 설치/회수로 구성되고, 아래에서 각 분야에 대해서 설명하고자 한다.

2.1. 해양환경 정보수집

부이형 수중감시체계(가칭)의 첫 번째 기능은 해양환경 정보를 수집하는 것이다. 수중물체에 대한 탐지는 앞서 이야기했듯 음파를 이용하기 때문에, 음파의 굴절·감쇄 등의 현상을 예측하기 위해서는 정확한 해양환경 정보가 필요하다. 수집하는 정보는 수온, 파고, 조류, 주변소음 등인데, 수중물체를 감시하기 위한 기초자료로 사용될 뿐만 아니라, 국가기상정보 수집의 한 수단으로도 활용할 수 있다.

2.2. 수중감시

부이형 수중감시체계(가칭)의 두 번째 기능은 수중물체를 감시하는 것이다. 부이에 연결된 탐지센서는 수중에 위치하면서 음파를 이용하여 물체를 탐지하게 된다. 센서는 다상태(Multi-Static) 능동·수동 음탐기의 능력을 보유해야 한다. 현재의 단상태 음탐기는 자신이 송·수신한 음파만을 분석할 수 있는데, 다상태 음탐기는 타 함소에서 송신한 음파를 수신하여 분석할 수 있다는 장점이 있다.

또한, 수중감시의 효과성을 높이기 위해서는 음향센서로 탐지한 물체가 수상에 위치하고 있는지, 수중에 위치하고 있는지를 확인해야 한다. 이는 부이(Buoy)에 부착된 전파/광학 감시수단을 이용하여 확인할 수 있고, 제한적이지만 수상표적에 대한 감시도 할 수 있게 된다.

2.3. 지휘통제

지휘통제 기능은 부이형 수중감시체계(가칭)가 해상에 설치된 부이와 센서 이외에도 육상 원격지휘소가 필요함을 의미한다. 부이형 수중감시체계(가칭)로부터 수집된 정보는 근실시간으로 육상통제소에 전파되고, 육상통제소는 정보를 분석하여 작전전력에 전파할 수 있어야 한다. 또한 육상지휘소에서는 위성, 무선 등의 통신수단을 이용하여 부이와 수중센서의 상태를 점검하고, 일부 분야에 대해 정비(Maintenance)할 수 있는 능력을 보유해야 한다. 또한, 음향 탐지모드 변경 등의 조작이 가능해야 한다.

2.4. 설치/회수

부이형 수중감시체계(가칭)의 중요한 특징 중 하나는 필요에 따라 설치위치를 변경할 수 있어야 한다는 점이다. 작전소요가 변경될 경우에는 바지선 등의 가용수단을 이용해서 설치위치를 조정할 수 있어야 하고, 고장 등의 사유로 정비가 필요할 경우에는 육상으로 회수하여 수리(Repair) 후에 해상에 재설치할 수 있어야 한다. 설치와 회수가 용이하게 하기 위해서는 부이와 센서 무게, 해상설치용 크레인과 전용 바지선 등의 부수장비가 필요하게 된다.

3. 부이형 수중감시체계(가칭) 기술발전 소요

제2절에서 정의한 운용개념과 여기서 도출된 4가지 세부기능을 바탕으로 본 절에서는 현재의 기술수준을 개략적으로 평가하고, 기술발전 소요를 제시하였다.

2015~2018년도에 산학연 연구를 통해 관련기술에 대한 연구가 시행된 바 있다. 당시에 연구기관에서 판단한 내용은 국내 기술수준으로 부이형 수중감시체계

(가칭)를 2020년대 후반에 개발할 수 있다고 판단하였으나, 필자가 정립한 운용개념에 부합하기 위해서는 관련기술에 대한 재평가가 필요하다. 결론적으로는 2030년대 초반을 목표로 기술개발이 가능할 것으로 평가하였다. 관련기술에 대한 현재의 수준 평가는 필자의 판단에 의한 것이며, 전문기관의 검토에 의한 것은 아님을 밝힌다.

현재의 기술수준은 총 4가지 분야로 구분하여 연구했는데, 음향/전파/광학센서 분야, 부이조립체 및 설치/회수 분야, 통신 및 제어 분야, 신호융합 및 정보관리 분야로 구성된다.

3.1. 음향/전파/광학센서

부이형 수중감시체계(가칭) 개발을 위한 음향/전파/광학센서 관련 기술은 총 12개로 구분하였다. 기술성숙도를 자체적으로 판단한 결과는 기술개념을 형성하고, 응용분야를 식별할 수 있는 수준으로, 아직 실체화하여 성능을 입증할 수 있는 단계까지는 이르지 못했다. 특히 압력이 높은 수중에 음향센서를 배치하고, 물리적·기능적으로 배열할 수 있는 기술이 부족하였다. 수중에 배치하게 되는 능·수동 음향센서에 대한 기술발전이 시급하다고 판단하였다. 상대적으로 전파/광학센서 분야에서는 해당장비를 소형화하는 기술을 제외하고는 대부분의 관련기술 성숙도가 성능을 입증할 수 있는 단계에 이르렀다고 평가되었다.

Table 1. Technological Requirement on SONAR, SENSOR, Signal-processing

구분	요구 기술
음향센서 (능·수동)	① 저전력 신호 변환 기술 ② 파라메트릭 센서 기술 ③ 복합재료 음향센서 기술 ④ 경량센서 기술 ⑤ 음향 벡터센서 고도화 기술 ⑥ 자이로/음향 복합 배열센서 기술 ⑦ 배열센서 제작 기술 ⑧ 수중 해양정보 수집 기술
전파/광학 센서	⑨ 레이더, AIS, 광학장비 소형화 기술 ⑩ 기상정보(파고, 풍향·풍속 등) 수집 기술
신호분석	⑪ 디지털 신호 복조 기술 ⑫ 강인한 음향릴리즈 설계/제작 기술

3.2. 부이조립체 및 설치/회수 장치

부이조립체 및 설치/회수 장치에 관련된 기술은 총 9개로 구분하였다. 실물을 제작하여 성능을 입증할 수 있는 단계까지는 기술수준이 성숙되었다고 평가하였다. 하지만, 2가지 분야에서는 기술발전이 필요하다고 판단된다. 첫 번째는 해상에 설치되는 부이를 일정지점에 고정하기 위한 형상유지 기술이다. 이 기술은 깊은 해저에 음향센서를 고정해야 한다는 점, 파고·해류 등의 영향을 극복하고 부이를 일정지점에 위치시켜야 한다는 이유 때문에 아직 기술발전 소요가 많은 분야이다. 두 번째로 기술발전 소요가 많은 분야는 소형 발전기 제작

기술이다. 부이형 수중감시체계(가칭)가 장기간 해상에서 작동하기 위해서는 자체 전력생산이 가능해야 한다. 국내·외에서 조력, 풍력 등을 이용한 관련기술이 개발중인데, 해당분야의 성공은 부이형 수중감시체계(가칭)의 운용지속성을 결정짓는 요소가 될 것이다.

Table 2. Technological Requirement on BUOY system, Dispatch & Recover

구분	요구 기술
설치/운용	① 부이 대형화 기술 ② 부이 복원력 향상 및 검증 기술 ③ 부이 안정성 예측·분석 기술 ④ 계류장치 내구성 향상 기술 ⑤ 원치 대형화 기술 ⑥ 부이조립체 및 계류장치 해석 기술
전력공급	⑦ 발전기, 태양열 전력 변환 기술 ⑧ 소형 발전기 제작 기술 ⑨ 전력 회로 효율화 기술

3.3. 통신 및 제어 장치

통신 및 제어 장치에 관련된 기술은 총 9개로 구분하였다. 관련된 기술성숙도는 실물을 제작하여 성능을 입증할 수 있는 단계로 평가하였다. 추가적으로 기술발전이 필요한 분야는 원격으로 통제하기 용이하도록 통신효율을 향상하고, 거리·주변환경 등에 따른 통신 제한사항을 극복하는 것이다.

Table 3. Technological Requirement on Communication, Control-system

구분	요구 기술
기반통신	① 고출력 안테나 설계 기술 ② 다중채널 수신기 능동 간섭제거기술 ③ 무선통신 환경 분석·예측 기술 ④ 고효율 전력증폭기 기술
원격제어	⑤ 장비 모니터링·통제 S/W 고도화 기술 ⑥ 다중접속통신 고도화 기술 ⑦ 음향 압축 전송 고도화 기술 ⑧ 위성·무선 Multi-Path 통신 기술 ⑨ 중계국 이용 Multi-Hop 통신 기술

3.4. 신호융합 및 정보관리

신호융합 및 정보관리 관련 기술은 총 9개로 구분하였다. 기술성숙도를 자체적으로 판단한 결과는 기술개념을 형성하고, 응용분야를 식별할 수 있는 수준으로, 아직 실체화하여 성능을 입증할 수 있는 단계까지는 이르지 못했다. 신호융합 분야에서 기술발전이 필요한 분야는 다상태 신호를 수집하여 분석하기 위한 분야이다. 타 감시체계에서 보낸 음향신호를 부이형 수중감시체계(가칭)의 음향센서를 이용하여 수신·분석하는 다상태 기술이 아직 입증되지 않았기 때문이다. 정보관리 분야에 있어서는 4차 산업혁명의 신기술을 접목시키기 위해 인공지능, 빅데이터 등의 기술을 적용하기 위한 분

야에 대한 추가 기술발전이 필요하다고 평가하였다.

Table 4. Technological Requirement on Data Synchronization & Management

구분	요구 기술
신호융합	① 이중 센서간 탐지 고도화 기술 ② 실시간 적응 빔 형성 기술 ③ 다중 부이 음파수신 기술, 잡음 분리·제거 기술 ④ 압축센싱소나 고도화 기술
정보관리	⑤ 해양 탐사·분석·예측 기술 ⑥ 해양환경정보 융합·분석 기술 ⑦ 음향표적 분석·분류 기술 ⑧ 기계학습 및 인공지능 기반 표적 식별 기술 ⑨ 통합자료처리시스템 개발, 음향표적 유사도 분석 기술

4. 결론

필자는 본 논문에서 부이형 수중감시체계(가칭)의 운용개념을 제시하고, 이를 구현하기 위한 기술발전 소요를 판단하였다. 자체 판단결과 현재 국내의 기술수준으로는 부이형 수중감시체계(가칭)의 개발을 착수할 수 없었다. 개발 착수를 위해서는 기초연구 단계에서부터 시작해서 관련된 기술을 발전시키고, 통합하는 노력이 선행되어야 함을 알 수 있었다.

이 연구는 운용개념과 기술소요에 대한 판단 논의가 활성화 되어, 관련기술에 대한 발전과 통합의 단초를 제공하고자 작성하였다. 앞으로 많은 전문기관·연구자들의 관심과 노력을 통해 부이형 수중감시체계(가칭)가 운용자가 요구하는 운용개념을 구현할 수 있도록 개발되기를 기대한다.

참고문헌

- 1) 방위사업청예규, 기술성숙도평가(TRA) 업무 지침, 인터넷 국가법령정보센터 (www.law.go.kr/검색일 : '19. 5.30.)
- 2) 국방기술품질원, 국방과학기술수준조사서('18.12.)
- 3) Greene CR Jr, et al. "Directional frequency and recording(DIFAR) sensors in seafloor recorders to locate calling bowhead shales during their fall migration", *Journal of Acoustical Society of America*. No.116, pp.799~813(2004)
- 4) Jeffrey Patrick Schultz and Robert Flelder, "Adaptive Compact Towed Array Shape-Sensing And Control Module", *US Patent US 2013/0142012 A1*
- 5) Thomas R. Stottlemeyer, "Towed Array Deployment System For Unmanned Surface Vehicles", *NAVSEA Attorney Docket No.96359*
- 6) Jonathan L. Odom and Jeffrey L. Krolik, "Passive Towed Array Shape Estimation Using Heading and Acoustic Data", *IEEE Journal of Ocean Engineering*, Vol 40. Issue.2, April 2015.