

수중 음향 기반 해난 사고 발생 시 수중 위치 탐지 기술

Underwater Long Range Positioning by Miniature Acoustic Transducers

이경일* · 박승현** · 김기학*** · 서용곤****

Lee, Kyoung Il · Park, Seunghyun · Kim, Gihak · Seo, Yong Gon

요약

해상 사고 시 지상에서 통상적으로 사용하는 빛이나 전파가 투과하지 못하는 수중에서 수중 음향을 이용해 수백 m 이상의 원거리에서 실종자나 화물의 위치를 추적하기 위해 요구되는 조건들을 분석하고 이를 실증하기 위해 인체에 부착 가능한 크기의 소형 수중 음향 송신기와 이를 찾기 위해 수색 작전에 사용하는 수신기가 제작됐다. 이를 사용해 서해 상에서 1km 거리에서 음향 신호 수신을 확인했고 실제 현장에서 적용되기 위해 필요한 개선점들을 정리했다.

Keywords : 해상 사고, 수중 위치 추적, 수중 음향, Underwater acoustics

1. 서론

국내에서만도 매년 백명 이상이 어업 또는 레저 활동 중의 해양 사고로 사망 또는 실종되며 이후 실종자 수색 작업에는 많은 비용과 시간, 그리고 수색작업자 및 유족들의 육체적, 심리적 고통이 수반된다. 최근 소형으로 개인이 휴대 가능한 단말나 구명조끼 부착 형태로 GPS 및 무선통신장치, LED 등이 결합된 위치 추적 시스템이 출시되며 해상 표류 시 수색에 도움을 주고 있으나 수중으로 가라앉거나 수면에서 표류해도 기기가 물 속에 잠겨있을 경우에는 위 장치들이 동작하지 못하기 때문에 수색 작업이 효율적으로 이뤄지기 어렵다. 한편 음파는 전자기파와 달리 수중에서 감쇄가 적어 물고기떼를 찾거나 해저 지형을 탐색하거나 적 잠수함의 위치를 찾는 등 다양한 분야에서 활용돼왔으나 통상 수백만~수억 원대의 대형, 고가 장비만 출시되어 왔다. 그러나 최근 반도체와 배터리 기술의 발달로 소형, 저가화가 가능해져 본 논문에서는 인체 부착 가능한 주먹 크기의 수중 음향 모듈을 사용해 원거리 위치 추적이 가능한 시스템을 제안한다.

2. 본론

2.1 수중 음향 기반 위치 추적 시스템 요구 조건

한반도 연해는 항상 강한 조류가 존재하기 때문에 사고 추정 위치로부터 실종자가 빠른 속도로 멀어지는 경우가 많아 표류 예측 시스템을 참고해 통상 5 마일 반경에 대해 수색을 실시하게 된다. 따라서 이상적으로는 수 km 정도까지 탐지가 가능하면 좋지만 수중에는 바람, 물고기 등 여러 요인에 의한 잡음이 늘 존재하고 해역이나 날씨, 계절 등 여러 요인에 따라 달라지기 때문에 단순히 전파되는 과정에서 감소된 신호가 잡음에도 불구하고 구별할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 음원 자체의 출력을 높이거나 수신부의 신호처리를 통해 잡음과 구별하는 여러 방법들이 필요하다. 하지만 음원의 출력은 송신용 압전 트랜스듀서의 크기와 구동회로 성능에 비례하는데 이는 전체 모듈 크기에 제한이 있는 상황에서 한계가 있다. 또 수중 음향은 그 주파수가 높아짐에 따라 수중에서 흡수가 증가하게 되므로 가급적 낮은 주파수가 유리하지만 이를 위해서는 트랜스듀서의 크기가 커지는 단점이 있어 적절한 수준에서의 절충이 필요하다.

한반도 연해 상황을 분석해보면 서해의 경우 최대 수심이 50 m 정도에 불과해 수중 음향이 원거리에서는 2차원 전파에 가까워 음향 전파 감쇄가 적어 원거리 탐색에 유리하나 해상에 선박 밀도가 높아 배에서 발생하는 잡음 요인이 높은 반면 동해는 수 km 만 나가도 수백 m 정도로 깊어지기 때문에 감쇄가 커서 불리하므로 서해와 동해에 필요한 시스템 성능도 서로 달라지게 된다.

* 평생회원 · 한국전자기술연구원 나노융합연구센터 수석연구원 leeki@keti.re.kr

** 한국전자기술연구원 나노융합연구센터 연구원 shpark97@keti.re.kr

*** 한국전자기술연구원 나노융합연구센터 연구원 gihak@keti.re.kr

**** 한국전자기술연구원 나노융합연구센터 책임연구원 ygseo@keti.re.kr

통상 수중 음원의 위치는 복수개의 센서 어레이에 도달하는 시간차(또는 위상차)를 이용해 방위와 거리를 계산하게 되는데 센서 사이의 거리가 충분하면 정확한 위치를 얻을 수 있지만 통상적인 수색 작전에서는 소형 함정이 사용되기 때문에 현실적으로 수백 m에서 수 km 떨어진 물체는 방위는 쉽게 찾을 수 있으나 거리까지 정확히 찾는 것은 단일 선박만으로는 어렵고 2개 이상의 선박에서 삼각측량을 하는 방법이 가능하며 다른 방법으로는 사전에 송수신기 간 시간 동기화를 통해 전파 속도로부터 거리를 측정할 수 있다. 다만 이 방법은 동기화에 필요한 소형 부품은 온도에 따라 시간 당 수 ms 이상의 오차가 발생하기 때문에 초기에는 비교적 정확하게 거리 측정이 가능하지만 하루 이상이 지나면 오차가 100 m 이상으로 커지는 한계가 있다.

2.2 서해 해상 실증

해경안전연구센터와 평택 해양경찰서의 협조를 받아 2021년 겨울에 서해 평택항 인근 해역에서 거리에 따른 음향 신호 수신 특성을 평가했다. 부표에 수중 음향 송신 모듈을 달아 띄워놓은 뒤 해경 함정에서 거리별로 이동해가며 선박에 설치된 수신기에서 음향 신호를 확인했다. 100 m ~ 1 km 거리에서 각각 패턴에 매칭되는 신호가 수신되는 것을 확인했는데 500 m 이상에서는 수신이 되지 않는 경우도 발생했다.

2.3 현장 적용을 위한 개선점

지자체 및 해경 등 유관기관 의견을 참고하면 승선인원의 거부감과 제한된 예산 상황에서는 손목시계 수준의 소형화와 수만 원대의 가격이 요구된다. 다만 일반 여객선으로의 확대 도입은 현재 해상여객업 수익 구조가 열악해 전산화에 대한 투자조차 잘 이뤄지지 못하는 현실을 감안하면 당분간은 요원하므로 어선, 해상요원 등에 우선 적용이 가능할 것으로 보인다. 또, 민물 하천의 경우는 수심이 얇아 전파 감쇄는 매우 적으나 교각이나 구부러진 곳 등 장애요인이 있어 지역에 따라 제한적으로 적용이 가능할 것으로 보인다.

3. 결론

소형 수중 음향 모듈에서 발생된 신호를 이용해 서해 상에서 1 km 정도 떨어진 거리에서 수중 음향 신호를 측정했으며 이를 통해 향후 해양 사고 시 실종자 수색에 활용 가능성을 확인했다.

감사의 글

본 연구는 정부(국민안전처)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임 [KCG-02-2017-03]