특집

함정 소음진동

수중 무기의 음향 탐지 체계 및 소음 영향

황 아 롬*
(LIG 넥스원 Maritime연구센터)

1. 머리말

첨단 기술로 무장한 항공모함, 이지스함 등 각종 함정들이 기술을 바탕으로 하는 기술전 위주로 펼쳐지는 현대 해전에서 수중에서 활동할 수 있는 은밀성을 가지고 있는 잠수함은 비대칭 전략 무기로서 중요성 및 전력적 가치가 증가하고 있다. 대륙간 탄도 미사일 및 순항 미사일을 발사할 수 있을 만큼 현대 잠수함에서 무장은 다양해지고 있지만, 19세기 말 현재 형태의 잠수함이 개발된 이후 어뢰는 잠수함의 주무장으로 그 역할을 다하고 있다. 어뢰는 대표적인 수중 무기 체계로서 잠수함의 주무장 이외에도 대 잠수함 무기로도 사용되고 있다. 2차 대전 이후 개발된 어뢰는 효과적 공격을 위해서 음향을 이용하여 표적을 추적하는 호밍(homing)이 가능하도록 능수동 소나를 이용하는 음향 탐지 체계를 갖춘 음향어뢰가 대다수를 차지하고 있다. 적 어뢰 공격 또는 적함의 음향 탐지를 대응하기 위하여 사용하고 있는 기만기는 음향 어뢰 및 함정의 음향 탐지 체계를 대응하기 위하여 어뢰 및 함정이 방사하는 음향을 탐지하여 이를 기만하는 음향 신호를 송신하는 음향 탐지 체계를 갖추고 있다. 음향 탐지 체계의 성능은 효과적인 어뢰의 표적 타격 성능과 기만기의 어뢰 회피 기능을 획득하기 위해서 반드시 고려되어야 할 사항으로 작용하고 있다.

이 글에서는 이처럼 수중 무기 체계 성능을 결정할 수 있는 수중 무기의 음향 탐지 체계에 적용된 기법 및 수중 무기 체계에서 발생할 수 있는 소음원 분석 및 연구 필요성을 소개하고자 한다.

2. 수중 무기 소개

현대 해전에서 주로 사용되고 있는 수중 무기는 크게 어뢰, 폭뢰, 기뢰 및 어뢰 대응 체계인 기만기 등으로 구분할 수 있다. 이 장에서는 음향 탐지 체계를 채택하고 있는 어뢰와 기만기 기능 등에 대해서 설명하고자 한다.

2.1 어뢰

어뢰는 자체 주행하여 적 함정 근접거리까지 접근하여 폭약을 폭파시켜서 적 함정을 파괴시키는 무기이다. 최초의 어뢰는 1860년대 이탈리아의 Whitehead에 의해서 압축 공기를 사용해 프로펠러를 돌리는 터빈 구조를 이용하여 주행하도록 개발되었다. 그림 1은 이 당시 개발되었던 MK1어뢰를 보여주고 있다. 이 후 자이로(gyro)와 열기관을 장착하여 직진 주행 성능과 속도가 향상되는 어뢰가 1900년 대 초에 개발되어 각 국 해군의 무기로 널리 채택되었다. 지금과 같은 전지와 전동기를 이용하여 추진하는 어뢰는 1차 세계 대전 시 개발이 시도되었으나, 열기관의 주행 성능을 낼

* E-mail : aromhwang@lignex1.com / (031) 288-9580

수 있는 고성능 전지 기술이 뒷받침되지 않아 실제로 개발된 것은 1930년대 독일이 개발한 G7e 어뢰가 최초이며, G7e 어뢰는 2차 대전 중에 실제 사용되었으며, 독일 어뢰를 모방한 Mk18 어뢰가 1942년 미국에서 제조되며, 2차 대전 말기에는 열기관 어뢰보다 전지 어뢰가 많이 사용되었다. 2차 대전을 거치면서 직선 주행만 하던 어뢰에 표적 위치를 탐지하고 추적을 하는 음향어뢰가 개발되었다. 전지를 이용하여 전동기로 추진하면서 소나를 이용하여 표적을 추적하는 현대 어뢰의 전형적인 모습은 2차 대전을 거치면서 완성되었다. 2차 대전 이후 잠수함의 안전심도가 100 m에서 500 m까지 깊어지면서 열기관을 이용하는 어뢰는 증가하는 수압 때문에 속도가 저하되어 더 이상 사용되지 않게 되고, 전지 추진 방식 어뢰가 현재 주로 사용되고 있으며, 일부 어뢰는 고체 연료를 이용한 엔진을 이용하는 추진 방식을 채택하고 있다. 현대 어뢰는 작전 목표에 따라 크게 잠수함에서 발사되어 적 잠수함이나 수상함 파괴를 목적으로 하는 중어뢰와 수상함이나 항공기 등에서 발사되어 잠수함 파괴를 목적으로 하는 경어뢰, 안전하고 효과적인 대잠 작전 수행을 위해서 경어뢰를 로켓에 탑재하여 수상함에서 원거리에 위치한 잠수함을 공격하는 대잠 로켓 어뢰 등으로 구분할 수 있다. 대한민국 해군은 국내 기술로 LIG 넥스원에서 생산하고 있는 중어뢰(백상어)

그림 1 초기 어뢰

및 경어뢰(청상어)을 잠수함, 수상함 및 항공 세력에 채택하고 있으며, 대잠 로켓형 어뢰(홍상어)는 개발 완료되어 전력화 작업이 진행 중이다.

2.2 기만기

2차 대전를 거치면서 직선주행만 가능하던 어뢰에서 표적을 자율적으로 추적 가능한 호밍 기능을 갖춘 어뢰가 발전하면서 직선 주행하는 어뢰에 대하여 침로 변경 등으로는 어뢰를 회피하는 것이 힘들어졌기 때문에 어뢰에 대한 적극적 대응 체계의 필요성이 증대되었다. 또한 수상함의 대잠전 무기로 호밍 기능을 가지는 경어뢰가 채택되면서 잠수함 역시 과거 폭뢰 대항 체계 이외에도 어뢰 대항 체계를 탑재할 필요가 증대되었다. 현재 각국 해군에 적용되고 있는 어뢰 대응 체계는 크게 어뢰 자체를 파괴하는 하드 킬(hard kill) 방식과 어뢰 공격을 받은 함정이 어뢰 공격에 대한 회피 기동을 할 수 있는 시간을 확보해주는 소프트 킬(soft kill) 방식으로 분류할 수 있다.

기만기는 소프트 킬 방식 어뢰 대응 체계의 대표적 체계로서 함정에서 발생하는 방사 소음을 어뢰가 탐지하기 힘들게 하거나, 오인하게 하여 운용 시간이 제한되어 있는 어뢰가 자침할 때까지 함정이 안전하게 회피 기동을 할 수 있는 시간을 확보할 수 있게 한다. 그 외에도 잠수함 탑재 기만기는 적 수상함의 소나 신호를 기만할 수 있는 기능을 탑재하여 적의 대잠 작전 세력에 대해서 대응을 할 수 있는 기능을 가지고 있다. 기만기는 이동 여부에 따라 수상함에 의해서 예인되는 예인식 기만기, 일정 수심을 유지하고 이동하지 않는 부유식 기만기 및 일정 경로로 자항 추진하는 자항식 기만기로 구분할 수 있다. 우리 해군에서는 국내 자체 기술로 개발하고 LIG 넥스원에서 생산하고 있는 부유식 기만기가 채택되어 있다.

3. 수중 무기 음향 체계

이 장에서는 전술한 음향어뢰 및 기만기에 적

용되어 있는 음향 체계를 간략히 설명하고 음향 체계 발전에 따른 음향어뢰와 기만기 발전 상관관계를 간략 서술한다. 2차 대전을 통하여 개발된 음향어뢰는 수동소나를 장착하여 적 함정의 엔진, 프로펠러 등이 발생시키는 방사소음을 수동소나를 이용하여 수신하여 적 함정의 위치를 파악하고 어뢰의 자율 유도제어 체계에 위치 정보를 전달하여 효율적인 적 함정 추적을 가능하게 하는 수동 표적탐체계를 채택하였다. 수동 표적탐지체계는 잠수함에서 발사시 발생하는 발사관 주수 및 추진기 발생 소음 이외에는 소음 발생이 거의 없어 어뢰의 은밀성을 보호할 수 있기 때문에 2차 대전 이후 개발된 호밍 어뢰는 기본 음향 탐지체계로 채택되어 사용되고 있다.

수동 표적탐지체계가 탑재된 음향 어뢰가 개발되면서 어뢰가 직선 주행 이외에도 다양한 공격 패턴을 가지게되어 어뢰 피탐 확률이 커지면서 적 어뢰를 대응하기 위해서 예인형 기만기가 개발되었다. 예인형 기만기는 함정 선미에 부착되어 예인되면서 함정 소음 보다 더 큰 신호 레벨을 가지는 소음을 방사함으로써, 신호 레벨이 더 높은 음원을 추적하게 되어 있는 수동 표적탐지 음향어뢰를 함정의 회피 기동 방향과 다른 방향으로 유인함으로써 함정의 안전을 보장할 수 있게 하였다.

예인식 기만기 개발로 인하여 수동 표적탐지체계 음향 어뢰의 표적 명중 확률이 낮아지자, 수동소나만 사용하는 대신 능동소나도 사용하는 능동 표적탐지 음향 어뢰가 개발되었다. 능동 표적탐지 음향 어뢰는 발사 후 일정한 거리까지는 수동소나만을 이용하여 적함을 추적하다가 일정한 주파수 대역을 가지는 음향 핑 신호를 송신을 하여 적함의 선체에 반사되는 신호를 수신하여 적함과 예인형 기만기를 구별하여 적함만 추적할 수 있게 되었다.

능동 표적탐지 음향 어뢰 개발로 예인식 기만기의 효용성이 낮아짐에 따라 어뢰의 능동소나 탐지 능력을 감소시키기 위하여 부유식 기만기가 개발되었다. 부유식 기만기는 함정에 의해서

그림 2 부유식 기만기ADC MK2 (미국)

예인되기 때문에 함정과 거리가 유지될 수 밖에는 예인식 기만기와 달리 로켓 등에 의해서 어뢰의 예정 경로와 함정 사이에 투하되어 일정한 심도를 유지하게 된다. 일정한 심도에 위치하게 된 부유식 기만기 광대역 고출력 음향 신호를 방사하여 음향 커튼(acoustic curtin)을 형성하여 어뢰 능동소나 신호가 함정에 도달하지 못하게 하여 함정의 위치를 어뢰가 파악하지 못하게 하는 재머(jammer) 역할을 수행한다. 그림 2는 현재 미국 해군에서 사용하고 있는 부유식 기만기을 보여주고 있다.

발사 후 발사함에서 어뢰 운용에 대해서 전혀 관여하지 않는 fire and forget 방식의 기존 음향어뢰로는 부유식 기만기에 의해서 능동소나를 이용한 표적 탐지 기능이 저하되어 음향어뢰의 자율 유도제어 성능 저하를 피할 수 없게 되었다. 부유식 기만기의 대응책으로 잠수함과 어뢰를 통신 케이블로 연결한 선유도 음향어뢰가 개발되었다. 선유도 음향어뢰는 어뢰 능동/수동소나에 수신되는 신호를 잠수함으로 전달하고 이를 분석하여 부유식 기만기에 의해 형성된 음향 커튼을 파악하고 이를 통과하고 같은 위치를 재탐색하지 않음으로써 표적이 내는 방사 소음을 보다 효과적인 추적이 가능하게 되었다. 그림 3, 4 및 5는 현재 각 국 해군에서 가장 많이 사용되고 있는 선유도 음향 어뢰들을 보여 주고 있다.

선유도 음향어뢰가 일정한 심도에 정지하고 있는 부유식 기만기를 식별하여 이동하지 않는 음원에 대해서는 회피하게 됨에 따라 선유도 음향어뢰를 기만하기 위하여 스스로 움직이는 자항

그림 3 선유도 어뢰 black shark (이탈리아)

그림 4 선유도 어뢰 DM2A4 (독일)

그림 5 선유도 어뢰 Mark 48 (미국)

그림 6 자항식 기만기 C303S (이탈리아)

식 기만기가 개발되었다. 자항식 기만기는 함정의 방사 소음 신호와 비슷한 주파수 대역의 신호를 방사하여 음향어뢰의 수동소나를 기만하며, 어뢰 능동소나 신호를 수신하고 해석하여 함정 반사 신호와 비슷한 음향 신호를 합성하여 방사하여 어뢰 능동소나 및 선유도 어뢰와 연결된 잠수함의 표적 탐지 체계를 기만하는 기능을 수행하게 된다. 그림 6은 유럽 지역 해군들에 채택되고 있는 자항식 기만기를 보여 주고 있다.

자항식 기만기의 개발에 따라 항적(wake)을 이용한 새로운 음향 탐지 체계가 음향 어뢰에 적용되었다. 함정이 항해하면서 발생하는 항적은 각 함정의 제원 등에 따라서 독특하게 발생하게 된다. 항적 추적 음향 탐지 체계는 이러한 항적을 비가청 대역인 수백 kHz 주파를 이용하여 탐지하여 항적이 생기는 경로에 따라서 함정을 추적할 수 있다. 능동/수동 음향탐지 체계가 가청 주파수에 가까운 음파를 이용하였다면, 항적 추적 음향 탐지 체계는 초음파 대역 음파를 이용함으로써, 음향을 이용하는 기만기에 영향을 받지 않고 작전을 수행할 수 있게 되었다.

4. 수중 무기 체계 소음

앞 장에서 살펴 봤듯이 수중 무기에 적용되어 있는 음향탐지 체계는 공격형 무기인 어뢰와 방어용 무기인 기만기 모두에서 성능을 좌우하는

매우 중요한 인자로 작용하고 있다. 일반 음향체계와 마찬가지로 예측할 수 없는 소음은 수중 무기 음향탐지 체계의 성능에 매우 큰 영향을 끼칠 수 있다. 다만 함정과 달리 음향을 이용하여 표적을 타격하거나, 유인하는 역할을 수행하기 때문에, 함정에서 중요하게 고려하고 있는 방사 소음, 표적 강도보다는 수중 무기 음향 체계에 있어서 무기 내외부에서 발생하는 자체 소음이 더 큰 영향을 끼치고 있다. 무기 내외부에서 자체 소음이 강할 경우 음향 수신 센서 성능 저하를 가져올 수 있기 때문이다.

음향탐지 체계에 미치는 소음의 영향을 감소시키기 위해서는 무엇보다 수중 무기에서 발생할 수 있는 소음을 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 수중 무기의 소음은 프로펠러 소음, 유동 소음, 추진기 가진 소음 등으로 구별될 수 있다. 프로펠러 소음은 함정에 있어서 주 소음원으로 작용하기 때문에, 방사 소음 감소를 위해서 많은 연구를 수행하고 이를 적용하기 위하여 노력하고 있으나, 수중 무기는 전술한 바와 같이 방사 소음을 중요시 하기 때문에 함정에 비해서 중요도가 낮다고 할 수 있다. 다만 높은 프로펠러 소음은 수중 무기의 위치가 적함에게 노출될 수 있는 피탐확률이 높아지기 때문에 적절히 저감시키기 위한 연구는 프로펠러 설계 및 다양한 추진 방법 분야에서 진행되고 있다.

유동 소음은 수중에서 고속으로 주행하는 어뢰나 자항식 기만기 두부에서 발생할 수 있다. 수중 무기 두부에는 보통 음향탐지체계 성능에 직접적으로 영향을 주는 음향 센서 특히 수신용 센서들이 위치하고 있기 때문에 유동 소음이 발생하지 않도록 하는 것이 수중 무기 선형 설계 시 매우 중요하지만, 현재까지는 선두를 유선형으로 설계하여 유체의 박리가 발생하는 것은 방지하는 수준으로 유동 소음 발생을 방지하고 있다. 현재 각 국에서 개발하고 있는 어뢰 속도가 50노트 이상으로 빨라지고 있는 상황에서 수중 무기에서 발생할 수 있는 유동 소음에 대한 연구에 대한 필요성은 증가하고 있다. 현재는 두부 선형 개선을 통한 캐비테이션 발생 위치를 수신용 센서와 겹치지 않도록 하는 연구와 높은 신호 대 잡음비를 가지는 수신 센서 설계 연구가 진행 중이다.

추진기 가진 소음은 수중에서 주행하는 수중 무기 내부에 장치 되어 있는 추진기로 인해서 발생하는 추진기 자체 소음과 추진기 진동으로 발생하는 수중 무기 몸체에서 발생할 수 있는 고체음이 주된 성분이다. 추진기 자체 소음은 잠수함과 달리 어뢰, 자항식 기만기 등 수중 무기는 크기가 한정되어 있어 여러 가지 장비들로 빈틈없이 배치되어 있기 때문에 차음재 역할을 하고 있어, 프로펠러 소음과 마찬가지로 방사 소음에 큰 영향을 주고 있다고 볼 수 있다. 이에 반해 진동으로 인해서 발생하는 무기 몸체의 고체음은 수중 무기 몸체를 따라서 수중 무기 두부에 전달될 수 있기 때문에, 유동 소음과 마찬가지로 두부에 위치한 음향 센서 성능에 많은 영향을 미칠 수 있다.

5. 맺음말

이상에서 설명한 바와 같이 전파를 사용하지 못하는 수중 환경에서 사용되는 어뢰 및 기만기와 같은 수중 무기에서 음향 탐지 체계는 무기체계 성능과 운용 효율에 가장 중요한 인자로 적용하고 있다. 수중 무기가 적절한 성능을 보여주기 위해서는 음향 탐지 체계의 기본인 음향 신호를 적절하게 수신해야 한다. 이러한 수신 성능을 보장하기 위해서는 어뢰 및 기만기에 발생하는 소음원을 정확하게 파악하고 소음을 저감시키기 위한 대책을 강구하는 것이 필요하다. 지금까지 어뢰 및 기만기 개발과정에서 소음에 관한 고려가 적었지만, 고성능 수중 무기 개발을 위해서는 수중 무기에서 발생하는 소음, 특히 유동 소음과 추진기 진동에 의해서 발생하는 고체음에 관한 활발한 연구가 필요하다. KSNVE