

# AUV 추진 시스템

- 김태영, 권대용 / 넥스원퓨처(주) 수석연구원
- 김영빈 / 넥스원퓨처(주) 상무
- 이병국, 원충연 / 성균관대학교 교수

## 1. 머리말

자율주행 수중운동체 (Autonomous Underwater Vehicle)는 탑재된 컴퓨터에 의해 제어되는 추진시스템을 가지고 수중 공간을 주행하는 로봇이다.

자율주행 수중운동체의 기원은 1866년 오스트리아의 Robert Whitehead의해 처음 개발된 "Fish" 어뢰로 볼 수 있다. 어뢰(Torpedo)라는 명칭은 시큰가오리(Torpedo fish, 전기가오리라고도 함)의 이름을 따서 지어졌으며, 이 어류는 몸속에 전기를 일으키는 기관을 가지고 있어 상대의 몸에 전기충격을 가해서 기절시킨 다음 먹이를 잡거나 적으로부터 몸을 보호하는 어류이다.

요즘에 와서는 자율주행 수중운동체는 주로 무인잠수정(Unmanned Underwater Vehicle)을 가르키기도 하는 데, 본 기고에서는 자율주행 수중운동체중의 하나인 어뢰의 추진시스템에 대해 살펴보고자 한다.

## 2. 어뢰 개발 역사

Robert Whitehead는 1866년 압축공기를 사용하여 7노트의 속도로 주행하는 실제 어뢰를 처음 개발하였으며, 관심이 많았던 몇몇 나라에 성공적으로 증명을 해 보였다. 그 후 1880년대 초 약 1Km의 거리를 30노트의

속도로 주행하는 어뢰를 개발하였다. 이러한 추진 방식은 영국에서 뜨거운 공기를 사용하여 성능을 상당히 진전시킨 20세기 초까지 계속 발전되었다. 이 방식은 파라핀, 물 및 공기가 혼합된 스팀 공기가 성형엔진을 구동하는 방식이다. 미국은 알코올을 연료로 사용한 터빈 동력을 사용하는 방식을 개발했다.

1차 세계대전 중반에 어뢰는 점점 더 효과적인 무기가 되어가고 있었다. 실제로 영국의 MK 4 어뢰는 40노트의 속도로 약 17Km를 주행할 수 있었다.

1차 세계대전과 2차 세계대전 사이에 탄두, 신관 및 추진시스템 분야에 상당한 발전이 계속되었다. 이 기간 동안 가장 주목할 만하고 장수한 제품 중 하나는 영국 MK 8 어뢰였다. 이는 1930년대 초에 개발되어 1986년까지 50년 넘게 영국 해군에 공급되었다. 1939년에 전기 추진방식을 적용함으로써 어뢰를 획기적으로 발전시킨 나라는 독일이었다. 납축전지를 전원으로 사용한 이 어뢰는 27노트로 28Km를 주행할 수 있었다. 독일 해군은 1943년에 처음으로 음향 호밍 어뢰를 개발했다. 어뢰 개발에 있어 또 다른 획기적인 사건은 대부분의 현대 중어뢰들이 채택하고 있는 선유도 방식이며, 세계대전 후에 구 소련이 처음으로 개발했으나, 다른 여러 나라들도 이 기술을 점차적으로 개발해 왔다.

지금까지 어뢰는 대함전 뿐만 아니라 대잠전에도 필수적인 무기로 인식되고 있다. 실로 대잠전 능력은 현대

어뢰에 있어 가장 중요한 필수조건이라고 말할 수 있다.

2차 세계대전이 끝난 후 주로 음향호밍 시스템을 가진 전기추진 방식의 무기 개발은 빠른 속도로 진행되었으나, 잠수함의 속도 및 잠항 능력 증가가 열추진 어뢰를 필요로 하게 되었다. 열추진 어뢰의 가장 최신 어뢰는 거의 20년간의 개발이 끝나가는 미국의 MK50과 스웨덴의 Torpedo 2000 이다.

### 3. 어뢰의 기술적 분류

어뢰는 무게에 따라 중어뢰와 경어뢰로 나눈다. 중어뢰는 무게가 1,000Kg 이상이고, 경어뢰는 약 300Kg 이다. 따라서 중어뢰는 경어뢰에 비해 상대적으로 길이와 직경이 크다. 중어뢰는 잠수함에서 운용되며 경어뢰는 수상함이나 항공기에서 운용된다.

어뢰는 운용방식에 따라 유선유도(wire-guidance)방식과 음향유도(acoustic-guidance)방식으로 나눈다. 유선유도방식은 모함으로부터 통신선로를 통하여 목표물에 대한 정보를 주기적으로 수신하여 주행 및 추적을 하며, 음향유도방식은 자체의 소나를 이용하여 목표물을 탐지 추적한다.

어뢰의 추진방식은 전기식 추진방식과 열 추진방식으로 나눈다.

전기식 추진방식은 전지 및 전동기로 구성되는 데, 전지는 아연-은 또는 염화은 알루미늄 전지로부터 고효율 고풍력의 산화은 알루미늄 전지로 대체되고 있으며, 전동기는 직류전동기에서 고효율, 고풍력을 낼 수 있는 BLDC(Brushless DC) 전동기를 적용하고 있다. 그림 1은 브러시리스 직류전동기의 예를 보여 준다.

열 추진방식은 스팀을 이용한 터빈 엔진을 사용하는 데, 이전까지 문제가 되었던 방사 소음이 현대의 기술에 의해 해결되었으며, 주행거리나 속도 측면에서 전기식보다 더 높은 결과를 나타내고 있다. 표 1은 세계 주요 어뢰의 추진 방식을 보여준다.

### 4. 각국의 어뢰 개발 현황

세계 어뢰 개발국들은 근래 들어 새로운 어뢰를 개발하기보다는 이전에 개발된 어뢰를 구성부별로 성능 개량을 추진하고 있다. 또한 경제적인 이유로 국제 협력개발에 대한 관심이 증가하고 있다.

#### 독일

독일은 DM2A 계열로 명명한 어뢰의 성능 개량을 지속해오고 있다. 가장 최신의 어뢰인 DM2A4는 ATLAS ELEKTRINIK사가 생산하고 있으며, 1996년 개념설계를 마친 후에 1997년부터 체계개발에 착수하여 2003년부터 생산품을 군에 납품하고 있다. 추진용 전지는 Eurotorp사의 MU 90 경어뢰 사업에서 개발한 알루미늄

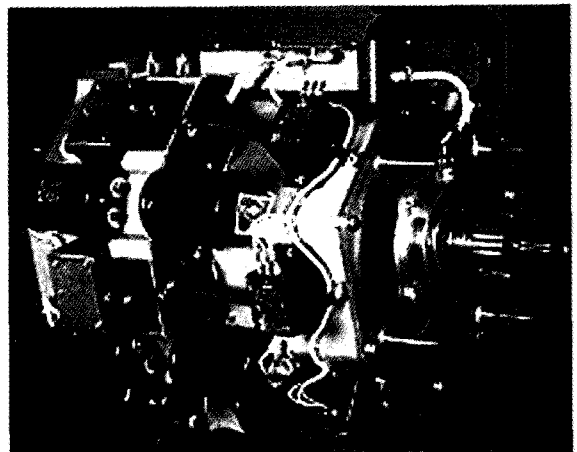


그림 1 어뢰용 BLDC 전동기

표 1 세계 각국 어뢰의 추진 방식

국가	어뢰명	추진방식
미국	MK 48 ADCAP	Engine
	MK 46	Engine
	MK 50	Engine
	MK 54	Engine
영국	Spearfish	Engine
	Stingray	Battery(MgAgCl) +Contra Rotating Electric Motor
독일	DM2A4	Battery(ZnAgO) +HF PM Propulsion Motor
이태리	A184 Advanced	Battery(ZnAg) +BLDC Motor
프랑스	F17 Mod 2	Battery(ZnAg) +Low-speed Synchronous Motor
아+프+독	MU90	Battery(AlAgO) +BLDC Motor
스웨덴	Torpedo 2000	Engine
한국	백상어	Battery(ZnAgO) +Contra Rotating Electric Motor
	청상어	Battery(AlAgO) +BLDC Motor

늄-산화은(AI-AgO) 전지 기술을 적용하고 직류 전동기는 275KW를 출력하여 최대 속도를 50% 증가시킨다. 이는 출력이 4배로 증대되는 효과이다.

### 이탈리아

이탈리아의 WASS사는 A184 Advanced라 명명한 중 어뢰를 2005년에 생산 예정으로 개발해 왔으며 수출용은 Black Shark라고 부른다. 이 어뢰는 아연-은(Ag-Zn) 전지와 브러시리스 직류전동기를 채택하고 있다.

### 프랑스

프랑스의 DCN에서 개발한 F17 Mod 2 어뢰는 PB 32 아연-산화은 전지와 동기전동기를 사용한다. 주행거리는 28노트로 운항할 때에는 18Km, 40노트의 경우에는 11Km이다.

### 미국

미국은 MK 44 경어뢰의 추진시스템으로 전기식 추진을 사용했으나, MK 46부터는 피스톤 엔진 방식으로 전환하였다. 1995년 MK 48 ADCAP(Advanced Capability) 중어뢰의 최종생산품을 해군이 인수한 후에 심해와 천해에서 운용할 수 있도록 여러 부분의 성능개량 사업을 추진하고 있다. 추진시스템은 6개의 실린더를 가진 피스톤 엔진이며 Otto II 연료를 사용한다.

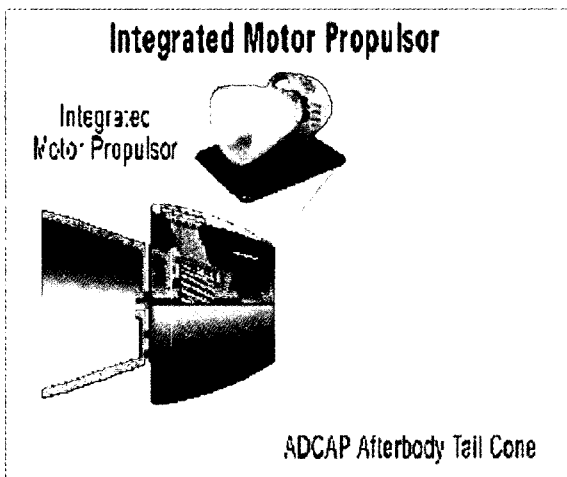


그림 2 통합 추진기

그림 2는 미국이 추진중인 MK 48 Mod 6 어뢰의 통합추진기에 대한 개념도이다. 어뢰의 소음을 줄이기 위해 Radial-field 전동기를 직접 어뢰 추진기로 사용함으로써 전동기, 샤프트 및 씰을 제거하여 은밀성을 높일 수 있다.

### 영국

영국의 BAE사가 개발한 Spearfish 중어뢰는 1999년에 초도품을 영국 해군에 인도하였다. 이 어뢰는 기존의 MK 24 Mod2 Tigerfish 중어뢰를 대체하게 되며 HAP(High-Test Peroxide)-Otto 연료를 사용하여 pumpjet 기관으로 추진한다. 성능시험에서 최대 속도는 65노트 이상이었다. Stingray 경어뢰는 전기식 추진 방식을 사용하고 있다.

### 러시아

수년동안 러시아는 로켓으로 추진하는 어뢰를 개발했다고 주장해 왔으나 서방측은 냉소를 보낼 뿐 이 사실을 인정하지 않았다. 그러나 VA-111 Shkval이라고 부르는 어뢰가 현실로 나타났다. VA-111 Shkval 어뢰는 최초로 핵탄두 장착용으로 개발되었으나 현재는 여러 가지 재래식 탄두를 장착해 사용할 수 있으며, 200노트의 속도로 10Km를 주행할 수 있다. 이 어뢰는 원추형 로켓의 직진어뢰로써 가스분사식으로 추진하며 주행 시에는 초 공동 기포(Super Cavitating Bubble)을 형성한다.

### 스웨덴

스웨덴의 Bofors Underwater Systems사는 중어뢰의 추진 에너지원으로 열 연료인 HTP만을 고집해 왔다. 최근에 Tp 61 중어뢰는 추진부의 성능을 개선한 Tp 62 (Tp 2000 또는 Tp 96이라고도 부름) 중어뢰로 교체되고 있다. 추진부는 7개의 실린더가 있는 반 폐회로 엔진으로 동력을 발생시켜 pump-jet으로 추진한다.

### 대한민국

우리나라는 국방과학연구소가 개발하여 넥스원퓨처(주)가 생산하고 있는 중어뢰인 백상어와 경어뢰인 청상어가 있으며, 둘 다 전기 추진식을 채택하고 있다.

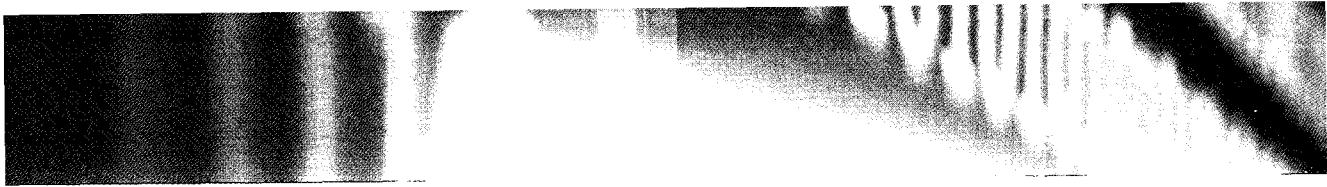


그림 3 청상어

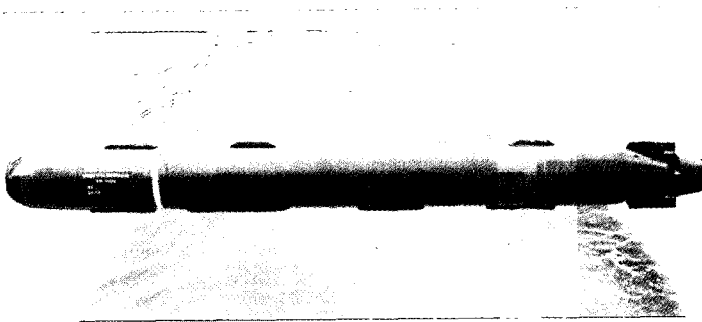


그림 4 백상어

#### 4. 맺음말

어뢰에 사용되고 있는 추진용 전동기는 적용체계의 특성으로 인하여 단시간 고출력 특성을 가져야 하며, 제한된 공간상의 제약으로 인한 탑재 전동기의 소형화가 필수적인 특성을 가지고 있다.

어뢰 전동기의 주요한 파라미터들은 다음과 같다.

- 역기전력
- 전동기 입력전압
- 부하 전류
- 전동기 토크
- 회전수

#### ● 전동기 출력 및 효율

전동기 파라미터들은 성능 특성에 의해서 결정된다. 예를 들어, 전동기 출력은 어뢰 속도에 의해 결정되는 반면에, 허용 가능한 온도상승은 주행거리에 의해 결정된다.

이러한 어뢰용 전동기는 그 기술적 특성에 대해서는 거의 알려지지 않고 있으며, 1970년대 이전에는 독일의 SUT 어뢰, 미국의 MK37 어뢰, 영국의 Sting Ray 어뢰 등에 직류전동기가 적용되어 오다가 1980년대부터 브러시리스 직류전동기가 개발되기 시작하여 1990년대에 이르러 어뢰에 적용

되고 있다. 최근에 와서는 이전 전동기보다 더욱 고출력화된 영구자석형 전동기를 2000년대 초 독일의 DM2A4 어뢰에 적용하기 위한 개발이 진행 되어 왔으며, 이태리, 프랑스 및 독일의 합작품인 MU90 어뢰와 국내에서 개발된 신형경어뢰에 7상 브러시리스 직류 전동기가 탑재되었다. 이러한 개발 추세는 전체적으로 소형 경량화 및 고출력 에너지 밀도화로 요약될 수 있으며, 이것은 곧 1970년대에는 중량 당 출력비가 1.0[kW/Kg] 정도이던 것이 1980년대에는 1.7 정도, 1990년대에는 2.1 정도, 최근에 와서는 약 3.0을 넘는 추세로 진행되고 있다.

미래의 어뢰 개발은 은밀성이 보장되면서 더욱 더 고출력을 내기위한 노력들이 경주될 것이다.