

Multi-Beam Side Scan Sonar 개발 및 응용

오영석[†] · 장원실* · 박승수**

[†] 소나테크(주) 기술연구소 소장, E-mail : dolphin@sonartech.com, Tel : 051)403-7769

* 소나테크(주) 해양개발팀 과장

** 소나테크(주), 대표이사

1. 서론

1.1 개발기술의 개요

1.1.1 기술 개요

개발 대상 제품인 Towfish는 Towing Body의 양쪽에 Multi-Beam Transducer를 장착하여 음파를 발사하고 수중이나 해저면의 물체에 반사하는 자신의 음파만을 수신하여 신호를 처리한다. 또한 Depth Sensor 및 Temperature Sensor의 값들과 함께 Towing Cable을 통하여 Transceiver Processing Unit(TPU)으로 신호들을 전달하는 장치이다. 이 밖에도 Image Processing Unit(IPU) 및 DGPS등 여러 가지 주변기기들과 함께 시스템을 이루는데 이를 다중빔 양방향 음향 탐지 시스템(Multi-Beam Side Scan Sonar System)이라 하며 이 중에서 수중에 견인되는 견인체가 Towfish이다.



Fig. 1 개발 대상품의 개념도

양방향 음향 탐지 시스템은 Towfish의 성능에 따라 좌우되지만 수중에 견인되는 Towfish는 분실 위험이 크고 전체 시스템 가격의 60%를 차지한다. 그리고 수입품의 Towfish는 Transducer의 장착 각도가 고정되어 우리나라 동해, 남해, 서해 등 수심의 변화가 많은 지역에서는 단점을 가진다. 이에 따라 Transducer의 장착각도를 조절할 수 있는 Towfish를 제작하고 전체적으로 향상된 Towfish를 국산화하여 수입에 의존하지 않고 생산하며, 또한 고장 발생시 A/S문제를 해결하여 장비 활용도를 크게 증가시킬 수 있다.

1.1.2 기술개발 시 예상되는 활용방안

- 잠수함(정)색출과 기뢰탐색
- DGPS(Differential GPS)와 연계하여 해저면 지형 조사로 해저 지형도 Database를 구축
- 항로 방해물 좌표를 제공
- 해양 목장 및 연근해 해저면 탐색 및 보호로 어장 관리 효과
- 해양 준설 정보, 항만 시설 조사 및 관리로 해양 건설에 활용
- 인공어초 사전·사후 조사 및 해양 폐기물 조사에 이용하여 해양 생태계 보존효과
- 연근해 침몰 선박(1,500여척) 등 해양 오염원을 신속히 색출하여 해양 환경오염 최소화

1.2 기술개발의 목표

Table 1 기술개발의 목표 및 내용

목 표	내용 및 범위
Multi-beam Transducer의 특성 규명	LCR Meter로 Transducer의 민감도와 고유 주파수 특성을 규명하고 최적의 센서구동회로 설계
고유 주파수(455kHz)대역 필터설계 및 Sonar 신호처리 기술 개발	Transducer 컨트롤러 제작 시 Fuzzy 신호처리기술의 도입으로 필터 설계 및 수중 음장 해석
Depth 및 Temperature Sensor 오차범위 ±5.0% 이내 컨트롤러 개발	Transducer의 송수신 신호 정밀제어 및 각각의 센서 신호 오차범위내에 측정 및 전달회로 설계
500M급 압력 컨트롤 Housing 개발	컨트롤 Housing을 500M의 수심에서도 수밀 및 정상동작 되도록 제작
Transducer의 Angle 조절 가능 장치 개발	탐사 환경에 따라 Transducer의 각도를 단계별로 조절할 수 있도록 장치 개발
기존 선박에 장착한 수입품의 상위 처리 시스템과의 100% 호환성	수입품의 TPU 및 IPU에 100% 호환성 있는 신호처리 및 데이터 전송

2. 본 론

2.1 Multi-Beam Side Scan Sonar의 구조 및 내용

2.1.1 전체 시스템 개요

본 과제에서 개발된 Towfish가 설치되어 운용되는 전체 시스템의 개념을 Fig. 2 에 나타내었다. Fig. 2 로부터 전체 시스템의 구성은 초음파 신호를 송수신하여 디지털 변수로 변환하고 부착된 각종 센서로부터의 데이터를 실시간으로 고속 전송하는 Towfish 부분과 Towfish로부터의 고속 데이터를 수신하여 복원하고 각 조정 변수를 조정하고 FSK 통신 방식으로 탐사체에 전송하는 역할을 수행하는 Transceiver Processing Unit(TPU), TPU에서 고속 전송된 데이터를 복원하여 병렬 데이터로 변환된 신호를 수신하여 신호 처리 및 영상처리를 담당하는 Image Processing Unit(IPU) 부분으로 나누어진다.

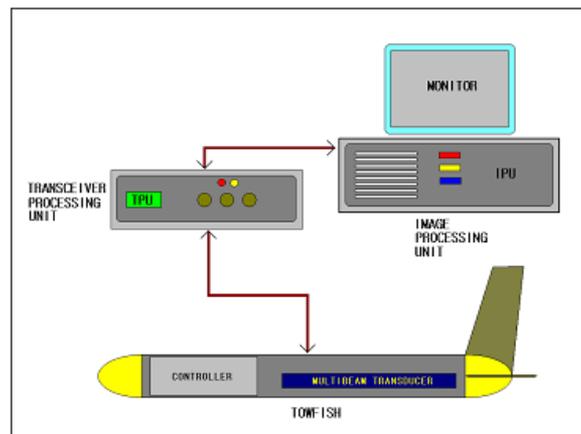


Fig. 2 Towfish 운용을 위한 전체 시스템 구성 개념도

TPU는 Towfish로 부터 데이터를 수신하여 DSP 보드를 이용하여 신호처리 및 데이터를 가공하고 IPU로 전송하는 장치이다. 또한 조정 변수를 Towfish에 원격 명령전송 방식으로 전송하는 역할을 수행한다.

IPU는 소프트웨어적인 신호처리 및 영상처리를 담당하는 장치이다. 고속의 연산이 가능하도록 최고속의 CPU가 장착되어 있으며 고속의 데이터 입력이 가능한 디지털 I/O 보드가 장착되어 있으며 내외부의 Trig 신호에 따른 동기화가 가능하다.

2.1.2 Towfish 세부 구성

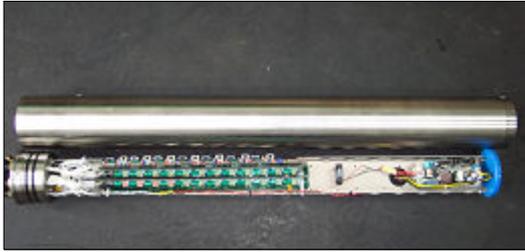


Fig. 3 제작된 압력 하우징



Fig. 4 제작된 압력 하우징 커넥터 장착부



Fig. 5 제작된 통신보드

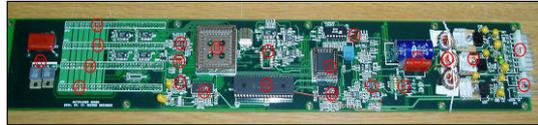


Fig. 6 제작된 Multiplexer(MUX) 보드



Fig. 7 완성된 Towfish 시제품

2.2 Towfish 기술시험 결과

Table 2 Towfish 시험 결과

순위	시험 항목	규격치	시험 방법	실시 기관	
1	부품시험	각 부품의 규격치	MIL-P-11268, MIL-STD-454M에 따른다.	부품시험 성적서 대체	
2	재료시험	기계적 성질 분석 도입품 대비 비교분석	MIL-P-11268에 따른다.	부품시험 성적서 대체	
3	환경 시험	고온시험 저장 : 63℃ 168h 동작 : 30℃ 72h	MIL-STD-810F 501.4에 따른다.	한국 조선기자재 연구원 (KOMERI)	
4		저온시험 저장 : -21℃ 4h 동작 : 0℃ 4h	MIL-STD-810F 502.4에 따른다.		
5		습도시험 95% RH(60℃) 240h	MIL-STD-810F 507.4에 따른다.		
6		수압시험 40 bar/ 30 min	MIL-STD-810F 512.5에 따른다.		중소기업청
7		진동시험 0.0010g ² /Hz 1-100Hz Sweep time : 5min	MIL-STD-810F 514.5에 따른다.		넥스트윈 퓨처(대구)
8		충격시험 포장재질 : 26cm 충격 : 76cm	MIL-STD-810F 516.5에 따른다.		한국항공 우주연구원
9	절연 특성	절연저항 시험 DC 500V 1분간 인가(100MΩ)	MIL-STD-202G Method 302에 따른다.	한국 조선기자재 연구원 (KOMERI)	
10		내전압 시험 AC 2000V 1분간 인가 누설전류 5mA이하	MIL-STD-202G Method 301에 따른다.		
11	EMC	CE 전도방출 0.15MHz-0.50MHz 79dB μV/m 66dB μV/m 0.50MHz-30MHz 73dB μV/m 60dB μV/m	MIL-STD-461E에 따른다.		
12		CS 전도내성 0.15MHz-1000MHz 10V 80% AM(진폭변조)	MIL-STD-461E에 따른다.		
13	센서 특성	송신전압 응답 210 (dB re μPa/V@1m)	제조사성적서 대체		Neptune사 (영국)
14		수신전압 감도 -160 (dB re V/μPa)	제조사성적서 대체		

2.3 시제품 운용시험

본 시스템 운용을 위해서는 위에서 언급한 모든 시스템이 필요하다. 운용에 필요한 선박은 전원공급이 원활하고 작업공간이 충분하여야 한다. 개발된 Towfish의 중량으로 인하여 크레인이 장착된 선박을 사용하였다. 위의 상황에 맞는 선박을 준비하고 운용 및 성능 시험을 실시하였다.

Fig. 8 은 Towfish를 이동하여 선박에 장착하고 압력하우징 등의 상태를 점검하고 운용 및 성능 실험을 하기 위하여 선박의 갑판에 Towfish를 투입하기 전의 상태이다.

Fig. 9 는 Towfish를 수중에 투입하여 견인되고 있는 모습을 나타내었다. 이때 Towfish는 안정적인 자세를 취하며 견인되었다. 견인체의 견인자세는 표시부에 표시되며 시험결과에 표시하였다.



Fig. 8 운용시험 전 설치 모습



Fig. 9 Towfish 수중 투입 후의 모습

2.4 Towfish 운용 및 성능시험 결과

Table 3 Towfish 운용시험 방법

시험항목		시험기준	시험방법	결과
운용 시험	Towfish 자세시험	$\pm 5^\circ$	○ Pitch, Roll 값이 $\pm 5^\circ$ 이내 ○ 도입품의 프로그램에서 "sensor Window"창으로 표시되는 값으로 측정	만족
	Towing Speed	2~10 knots	○ 정상운항하며 견인속도를 15knots로 영상획득 ○ 영상을 판독하며 10knots에서 정상적인 영상을 획득하여야 함	만족
	Resolution	20cm to 36cm	○ 75cm Range와 150cm Range로 영상 획득 ○ 455kHz 주파수에서 이론적 Resolution은 3.5cm으로 도입품과 비교하여 판단	만족
	호환성	100%	○ Top System과 Towfish를 연결하여 육상 및 해상 동작 실시 ○ 영상 Data 및 각종 Sensor 수치가 정상적으로 동작하는지 판단	만족

초음파 영상 취득에 있어서 견인 선박의 운용 속도가 약 10 ~12노트에서 좋은 영상을 획득하였으며, 최대 운용속도 15노트 이상에서도 영상 획득이 가능하였다. 영상의 분해능은 획득한 영상을 판독하여 검사한 결과 range별 해상도를 실현하였으며 상위 탑재 시스템과 완벽한 호환성을 보였다. 시험을 실시한 결과 도입품과 비교하여 동등한 결과를 확인하였으며 여러 번의 시운전을 통하여 보다 향상된 제품을 제작할 수 있는 확신을 가졌다. Fig. 10 은 시험을 위하여 투하한 어떠한 형태의 목표물을 초음파 영상 촬영한 것으로 정확하게 목표물의 형상이 나타남을 확인하였고 관계자로부터 형태의 적합성을 인정받았다.

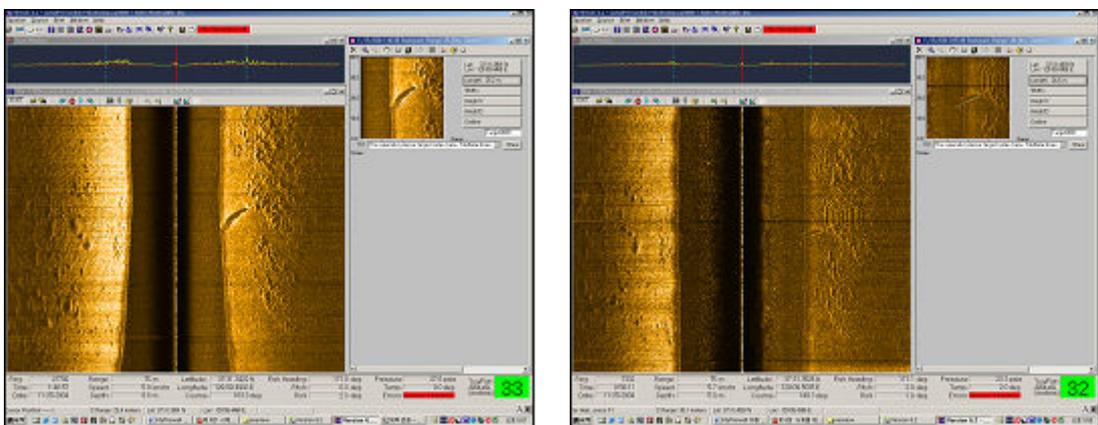


Fig. 10 Towfish 운용 시험 결과 영상

3. 결 론

1. 개발 초기에 관련기술과 제품에 대한 정보 부족으로 위탁기관의 연구원과 개발진들은 많은 고생을 하였다. 본 개발과 관련된 제품에 대하여 전 세계적으로 한 회사 밖에 없고 부품 공급업체는 베일에 숨겨져 있었다. 그러나 핵심 부품에 대하여 어렵게 견본을 확보하고 특성규명과 구조를 분석하고 설계하여 전문 업체에 의뢰하여 생산하고, 구동회로 및 신호처리 기술을 개발하였다. 또한 전체 구성품과 고속의 암호통신체계를 일치시켜 도입품보다 우수한 성능의 제품을 개발하는데 성공하였다.
2. 본 개발을 통하여 시간변이이득조정필터(TVG), 자동이득조정필터(AGF), Array Gain Filter 등 많은 신호처리 Filter들이 새롭게 개발되었다. 특히 Butter Worth TVG기법을 구현하여 기존의 Linear나 Exponential 증폭으로 처리할 수 없는 왜곡현상을 전달손실(TL), 방향손실(DL), Back Scattering손실 등을 규명하여 신호를 보상시켜 왜곡현상을 완벽히 보상 하는 기술을 개발하였으며 이를 특허 출원하였다.
3. 고속으로 탐사체를 운용하기 위하여 상위시스템과 수중 탐사체간에 고속통신 모듈의 개발이 필수적으로 본 과제를 통하여 초음파 신호 및 5개의 센서정보를 고속(10Mbps)으로 전송할 수 있는 Multiplexer(MUX)보드와 DEMUX보드를 개발 하였으며 향후 수중 통신 방식에 응용될 것이다.
4. 본 개발을 성공적으로 수행해 장비 활용도가 극대화되어 국내 해양탐사 기술 발전의 계기가 되고 향후 5년간 80억 원 이상 수입 대체효과와 수출증대가 예상된다. 또한 유사한 응용기술 개발과 장비 개발로 이어져 큰 기대가 예상된다.