
초음파를 이용한 해저면 판독 시스템에 관한 연구

김재갑* · 김원중** · 황두진***

A Study on Seabed Interpretation System Using Supersonic Waves

Jae-Gab Kim* · Won-Jung Kim** · Doo-Jin Hwang***

요 약

본 연구는 해저면의 펄, 모래, 자갈, 패류 등을 초음파를 이용하여 형태별로 신호패턴을 데이터베이스로 구축한 후, 바다 현장에서 어군탐지기에 수신된 아날로그 신호를 A/D변환기를 사용하여 디지털 신호로 변환하고, 이 신호를 컴퓨터에서 가공, 분석한 후 DB에 있는 신호패턴과 실시간으로 비교하여 해저면 목표물을 인식할 수 있는 판독시스템을 개발하는 것이다.

지금까지 연구한 결과를 바탕으로 많은 실험을 거친 후(수조 및 현장 실험 등) 침전물의 데이터를 세밀히 샘플링하여 분석하면 해저면의 저질 상태 및 침전물들의 정확한 정보를 알아낼 수 있다.

또한, 수중에서 어종별로 어체에서 반사되는 초음파 특성과, 해저면에서 펄과 딱딱한 패류 껍질, 모래, 자갈 등에서 반사되는 초음파 특성 등을 1차 신호와 2차, 3차 신호들에 대한 성분을 분석하여, 해저 목표물을 나타내는 1차 신호의 필요한 값은 추출하고, 그 외의 2차, 3차 신호는 필터링 시키는 해저면 판독시스템을 개발하는 것이다.

ABSTRACT

In this study, we will develop the sea surface interpretation system that can aware the target in the bottom of the sea.

we will setup the database whose records would be the signal patterns of formation about mud, sand, rock and sea shell achieved by using supersonic. then we will convert analog signal received in fish detector to digital one using A/D converter. So we can process and analyze this signal pattern then compare it to the one in our Database at the real time to identify the target in the bottom of the sea.

After enough times of experiments from the background of the results that have been achieved from many studies(including a water tank experiment and a field investigation), we can aware the exact information of the sediment and the sand in the sea.

By analyzing the first, second and third signal of the supersonic characters reflected from the body of a fish categorized by its family and from the body of shellfish, muddy sand, sand and rocks, We will develop the sea surface decipherment system which abstracts the first signal that shows the target in the bottom of the sea and makes the second and third signals filtering.

Keyword : Supersonic Waves, Signal Conversion, A/D Converter, Pattern Matching, Seabed

* 순천침암대학 컴퓨터정보과학부 조교수

** 순천대학교 컴퓨터과학과 부교수

*** 여수대학교 수산공학과 조교수

접수일자 :

I. 서론

현재 우리나라 서남해안(충남서산, 고흥, 여수 등)에서 채취되는 키조개는 비싼 가격으로 전량 일본으로 수출되고 있으나, 양식기술은 아직 개발되어 있지 않아 전량 자연상태에서 채취하고 있다. 따라서, 키조개 서식지의 발견과 채취는 잠수부들의 경험을 통해서만 이루어지고 있는 실정이다. 어군탐지기로부터 송출된 초음파 신호는 해저저질성분의 상태(빨, 모래, 자갈, 모래와 자갈, 빨과 패류 등)에 따라 서로 다른 형태의 반사파를 만들어낸다[4,5].

그러나 아날로그 신호를 이용하여 생성된 현재의 어군탐지기 화면으로는 이들의 차이를 구별하기가 거의 불가능하다.

본 연구에서는 어군탐지기에 수신된 아날로그 신호를 A/D변환기로 디지털 신호로 변환하여 컴퓨터에서 가공, 분석한 후, 이미 데이터베이스에 저장된 각 형태별 신호패턴과 비교하면 해저저질 상태의 판독이 가능함을 보였다. 따라서 해저면 판독시스템이 실용화되면 잠수부가 직접 바다 속에 들어가지 않고서도 키조개 등의 서식지에 대한 기초자료를 손쉽게 얻을 수 있을 것이다. 또한 짧은 시간에 넓은 해역에 대한 해저저질 판독과 키조개의 분포해역 및 자원량을 파악함으로써 자원관리형 어업의 좋은 모델이 될 뿐만 아니라, 잠수부들의 작업시간 단축으로 인한 인력절감, 생산량의 조절, 어민들의 소득증대에 크게 기여할 수 있을 것이다.

II. 해저면 판독시스템의 구성

초음파를 이용한 해저면 판독시스템은 [그림 2]와 같이 구성되어 있으며, 각 모듈별 역할 및 기능은 다음과 같다.

2.1 송·수파기 및 신호 분석

초음파 발생기 50[kHz]에서 송신하여 되돌아 온 아날로그 신호는 증폭되어 A/D 변환기에서 디지털 신호로 변환된다. 신호분석기는 디지털신호를 분석하여 물체에 따라 독자적인 패턴을 생성

해 내며, 저주파 송·수파기는 배열구조 센서 채용을 통한 지향성이 강한 진동자로 개선하고자 한다[3,4].

초음파는 매질에 따라 $Z_0 = \rho \cdot C$ 로 표시되는 고유 음향 임피던스를 가지며, 일반적으로 밀도 ρ 가 크면 임피던스가 크고 초음파가 전달되기 쉽기 때문에 표면이 부드럽고 공기를 많이 함유한 물체에서는 흡수되기 쉽다.

즉, 빨과 모래의 신호 패턴이라든지, 어군과 다른 외부요인에 의한 신호패턴을 기존의 어군탐지기에서는 불가능했던 것을 물체 종류에 따라 많은 실험을 통하여 데이터 획득과 신호를 분석할 수가 있다. [표 1]은 자갈, 모래, 빨에서의 유공율(porosity), 밀도(density), 속도(the speed per second) 특성 값을 나타내고 있다.

표 1. 해저저질의 특성
Table. 1 The properties of seabed objects

형태	n(porosity %)	ρ (Mg/m ³)	c(m/s)
자갈	38.6	2.03	1836
모래	43.9	1.98	1742
빨	75	1.43	1535

초음파는 $\rho \cdot C$ 의 차이가 크면 잘 반사되고, 표면이 부드럽고 공기를 많이 함유한 물체에서는 흡수되기 쉽다. 수중에서 음파는 직진성을 가지고 있으나, 밀도가 다른 곳에서는 진행로가 영향을 받아 난반사를 하게 된다. 이러한 초음파의 속도는 수심, 수온, 염분도에 따라 서로 다른 밀도를 가진 두 물체가 경계면으로 작용하기 때문이다. 수중에서는 염분과 온도가 밀도를 결정하는 가장 주요한 원인이 되며, 이중에서도 특히 수온의 변화는 낮은 온도의 방향으로 휘게 된다. 즉, 초음파는 높은 온도를 가진 수체로부터 멀어지는 방향으로 휘는 것이다. 즉, 여름철에는 굴절현상이 가장 눈에 띄게 나타나는 시기이다.

또한, 주파수가 높을수록 감쇠가 크고 전파 거리가 짧으며 분해능이 높아지는 반면, 주파수가 낮으면 전파거리는 연장되지만 분해능력이 저하되는 점을 고려하여 데이터 신호를 획득하여야

한다.

이러한 데이터 신호는 해저면 음향신호 침투력 깊이와 관련이 있는데, 요인으로는 주파수 신호, 침전물의 흡수율, 잡음신호에 대한 비율 등에 의존한다.

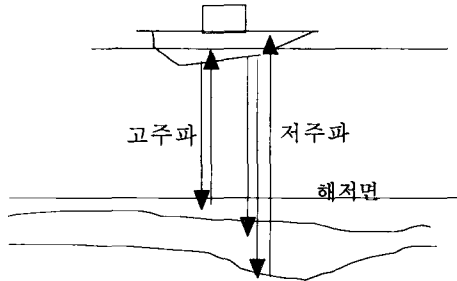


그림 1. 주파수에 따른 초음파의 침투성
Fig. 1 The osmosis of supersonic waves according to frequency

그리고 같은 종류의 바다 속 물체라 하더라도 수중에 아무 것도 없는 경우와 플랑크톤이 존재하는 경우, 스크류 와류현상 등 상황에 따라 다른 결과가 나올 수 있다.

따라서 이러한 모든 경우들을 고려한 신호패턴을 추출하여 신호패턴 데이터베이스에 저장하여야 한다.

2.2 패턴 인식 알고리즘 개발

해저면은 매우 다양한 구조를 보이는데, 사막과 같이 사질(砂質) 퇴적물이 덮여 있기도 하고, 빨·모래·바위 등으로 덮여 있는 지역도 있다.

이런 침전물들은 물 속에서도 공기처럼 많은 입자들로 구성되는데, 이런 입자의 대부분은 빨 입자이다. 빨 또는 모래는 쌓이는 장소가 다른데, 모래는 먼바다 물살이 센 곳에 있고, 빨은 육지에 가까운 쪽이나 오목하게 들어간 만(灣)에 있으며, 바닷물의 속도와 관계가 있는데, 물이 아주 빠를 때는 모래나 빨 모두 같이 흘러가나 좀 천천히 흐르기 시작하면 우선 무게가 무거운 모래가 가라앉는다. 그 후 물이 멈출 정도로 천천히 흐르면 가벼운 빨 입자가 가라앉는다. 따라서 모래와 빨 입자는 가라앉는 장소가 다르다. 먼바다 쪽에서는 조석에 의해 물이 빨리 흐르므로 모래가 가라앉고 육지 쪽은 물이 육지에 막

혀 더 흐를 수 없으므로 이 때 속도가 떨어져 빨 입자가 가라앉는다.

전체적인 바닥 반향(reverberation) 정도는 이득과 평면 입사각(grazing angle)을 결정하는데 중요한 역할을 한다. 부드러운 빨의 퇴적물로 덮여 있는 바닥은 매우 작은 양의 음파만을 반사하지만, 자갈·암석·어패류 등으로 이루어진 바닥은 매우 좋은 반사면이 된다.

만약 이들이 섞여 있다면, 가장 많은 정보를 얻기 위해서 이득과 입사각을 조절해야 한다. 예기치 못한 해저면을 직면하게 되었을 때는 입사각을 조절하고, 이에 따라 시간 변화 이득인 TVG(Time Varied Gain)가 변화하게 되는데 이러한 동작을 통해서 더욱 해석하기 쉽고, 질이 높은 자료를 획득할 수 있다.

2.3 데이터베이스 스키마 설계

각각의 신호는 형태와 강도가 각각 다르므로 데이터를 보관하는 것이 매우 중요하다. 따라서 침전물 및 어·패류별 신호를 분류하고 검색이 용이하게 하기 위한 데이터베이스의 설계가 필수적이다. 따라서 빠른 시간에 저장과 검색이 가능하도록 객체지향형 데이터베이스를 활용하며, 객체인식 시스템을 사용하여 모듈화 및 객체화를 실현할 수 있도록 패턴매칭 시스템을 설계한다. 각 모듈별로 데이터베이스에 저장될 자료들과 필요한 프로그램들은 다음과 같다.

- ① 바다환경 조건 설정
 - ... 수온, 조류, 수심, 염분 등
 - ... DB 구축
- ② 초음파 발생기 조정을 위한 자료
 - ... 출력, 이득 등
 - ... 바다환경 조건에 따라 조절
- ③ 신호획득(A/D변환기) 프로그램 구현
 - ... 신호발생기 주파수 50[kHz], 200[kHz]에 따라 프로그램 선택
- ④ 신호패턴 분류
 - ... 전압차, 주파수별
 - ... 전압과 주파수에 따라 공통점을 찾아 신호를 패턴별로 분류하기 위한 자료

- ④ 패턴 DB구축
 - ... 빨, 모래, 자갈, 어·패류 등
 - ... 패턴별로 데이터를 정밀히 모듈화
 - ... 각각의 값들을 데이터베이스화
- ④ GUI 구현
 - ... 픽셀 단위 그래픽 및 한글화
 - ... m²당 목표물을 한글화 및 Visual화

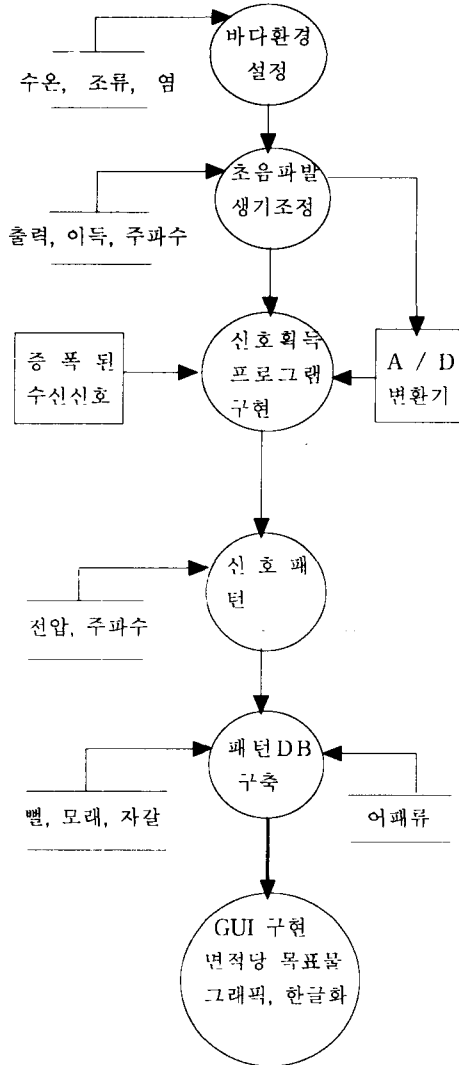


그림 2. 해저 판독시스템의 구조
Fig. 2 The structure of Seabed Interpretation System

2.4 신호패턴 추출 알고리즘
해저면으로부터 추출된 신호는 패턴 인식기를

통하여 목표물을 정확히 식별할 수 있도록, 저질의 상태 및 종류에서 나타나는 1차 신호와 산란 신호들을 추출 및 필터링하는 기능을 수행한다. 즉, 신호분석기로부터 전달받은 대상물의 신호패턴을 패턴 데이터베이스에 저장된 신호패턴들과 비교하여 해당되는 물체의 신호패턴을 탐지하는 기능을 수행하게 된다. 따라서 정확하고 효율적으로 패턴매칭을 수행하여야 하며, 축적된 데이터의 량에 따라 최적의 시뮬레이션을 구현하여야 한다.

2.5 신호의 침전물 및 어·패류별 데이터베이스

신호패턴을 분석한 데이터를 해당 어·패류의 데이터베이스에 저장하고 검색하며, 사용자의 요구에 맞게 정보를 제공할 수 있도록 하는 일련의 과정으로 실험을 통하여 얻어진 데이터와 실제 어·패류를 탐지하여 얻어진 데이터를 비교 분석할 수 있도록 저장한다.

2.6 그래픽 사용자 인터페이스 설계 및 구축

사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 하기 위하여 한글로 화면을 설계하고 버튼을 사용자가 쉽게 인식할 수 있도록 하며, 향후 터치 스크린으로의 전환을 고려하여 제작한다. 또한 사용자가 버튼을 보면 바로 작업상황을 쉽게 인식할 수 있도록 한글 안내 메시지를 출력하고 도움말 기능을 삽입하여 최대한 편리하고 쉽게 사용이 가능하며 최대의 기능을 발휘할 수 있도록 한다.

Ⅲ. 실험결과 및 고찰

본 연구개발에서는 남해안(고흥, 여수)에서 패류(키조개)를 채취하는 잠수부와 함께 여러 차례에 걸쳐 해저의 빨, 모래, 자갈 및 어·패류에 대한 초음파 신호를 수집하여, 디지털 신호로 변환한 후, 데이터베이스로 구축하였다. 그리고 이들의 신호패턴이 서로 구별될 수 있음을 알 수 있었다.

따라서 본 연구개발을 통하여 일반 어군탐지

기의 기능은 물론 해저면 및 빨 속의 패류를 인식하는 탐지기의 개발이 가능함을 발견하였다. 또한 해저면의 어패류의 분포는 잠수를 통하지 않고는 불가능한 열악한 조업조건으로 인하여 어업인구가 급속하게 감소하는 추세이나, 본 시스템의 개발에 따라 생산성이 향상되고 소득이 증대되면, 자연 어업인구도 늘어나리라 본다.

또한 한·일 어업협정에서 문제시되었던 황금어장에 대한 정보를 선박의 GPS와 함께 데이터베이스를 구축하여 차기의 상황에 기초자료로 활용할 수 있다.

현재의 어군탐지기는 초음파신호를 통하여 바다 속 물체의 존재유무를 강도만으로 8가지 색상을 사용하여 나타내며, 어류의 식별 및 바다 밑의 키조개 등 패류의 식별과 같은 용도로는 사용할 수 없다. 따라서 초음파 발생기 신호에 대한 외부 요인들을 고려하여 재분석하는 과정이 필요하다.

재분석은 해저 목표물의 종류와 외부 요인들을 고려한 대상 물체의 신호패턴을 데이터베이스에 저장한 후 해저 물체에 대한 신호의 비교를 통하여 어·패류의 종류별 초음파 특성을 정확히 분석해 낼 수 있다.

[그림 3]은 기존의 어군탐지기에 나타난 바다 속 물체의 존재와 밀도를 나타내며, [그림 4], [그림 5], [그림 6]은 각각 해저면의 빨, 모래, 자갈에 대한 분석된 신호패턴을 나타낸다. 그리고 [그림 7]은 각각의 신호패턴을 확대하여 비교한 결과를 보여 주고 있다.

실험 결과를 통하여 빨에서는 2차 반사가 거의 없으며, 모래에서는 2차 반사가 약간 존재하였고, 자갈에서는 3차 반사신호까지도 존재함을 알 수 있다. 좀 더 정확한 분석을 위해 순수하게 빨만 존재하는 경우([그림 4])와 빨 속에 키조개가 서식하는 경우([그림 8])을 비교하여 볼 수 있다. 그림에 나타난 실험의 결과는 녹동 및 벌교 근해의 키조개 어장에서 어군탐지기 50[kHz], 컴퓨터, DC/AC 인버터 등을 어선에 설치하고, 수심 10[m]~25[m]에서 빨만 존재하는 경우와 빨 속에서 서식하는 키조개의 신호패턴을 분석

한 결과이다. 그림에서 1차 신호에 의해 빨과 빨 속의 키조개 서식지를 구별하는 것은 매우 어렵다. 그러나 2차 신호에 의한 신호패턴을 비교하기 위해 그 부분만을 확대하여 보면 빨만 존재하는 상태([그림 10])와 빨 속에 키조개가 서식하는 경우([그림 9])을 분명하게 구분할 수 있다. 즉, 키조개가 존재하는 경우에는 미세하지만 키조개 껍질에 의한 2차 반사파를 확인할 수 있다.

물론 장소에 따라 외부요인들에 의해 꼭 같은 결과가 나오지 않을 수도 있다. 그러나 이러한 기초 실험을 통하여 바다 속 키조개 서식지의 발견이 가능함을 확인하였다.

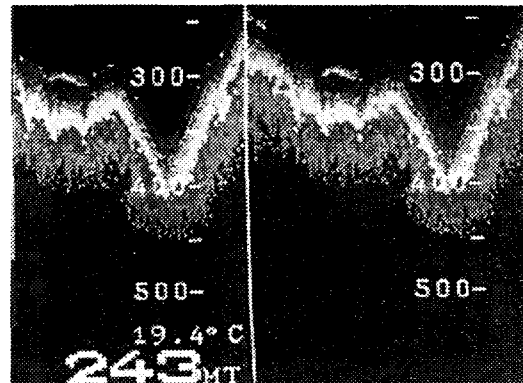


그림 3 어군탐지기 화면
Fig. 3 The screen of fish detector

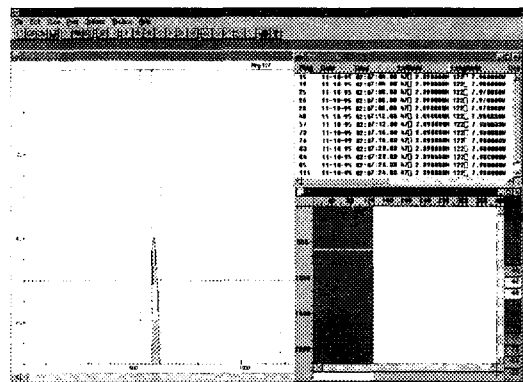


그림 4. 빨의 신호패턴
Fig. 4 The signal pattern of mud

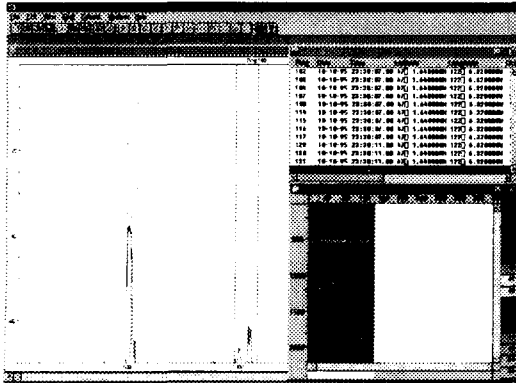


그림 5. 모래의 신호패턴
Fig. 5 The signal pattern of sand

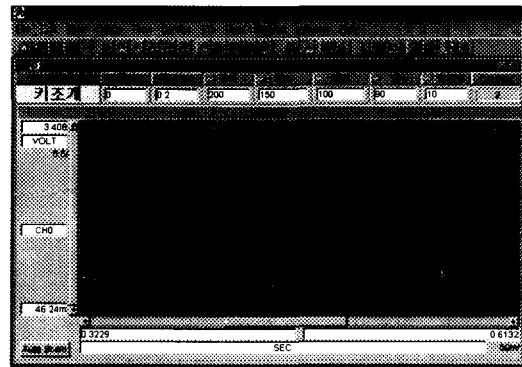


그림 8. 뿔과 키조개의 신호패턴
Fig. 8 The signal pattern of mud and Pan Shell

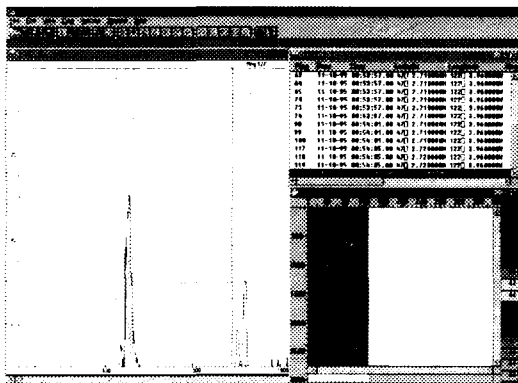


그림 6. 자갈의 신호패턴
Fig. 6 The signal pattern of rock

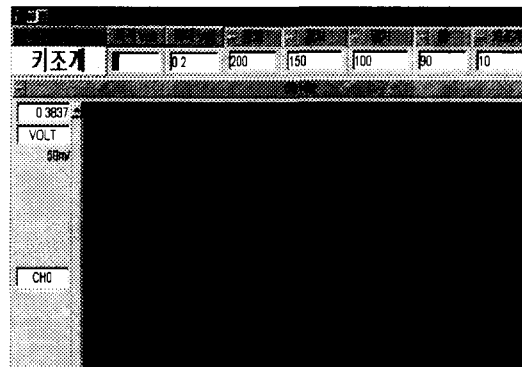


그림 9. 뿔과 키조개의 2차 신호패턴
Fig. 9 The secondary signal pattern of mud and Pan Shell

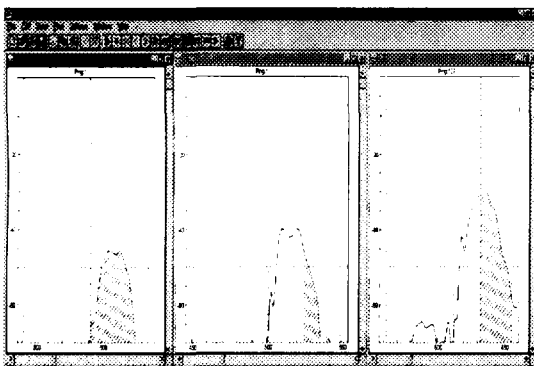


그림 7. 신호패턴 비교
Fig. 7 The comparison of signal patterns

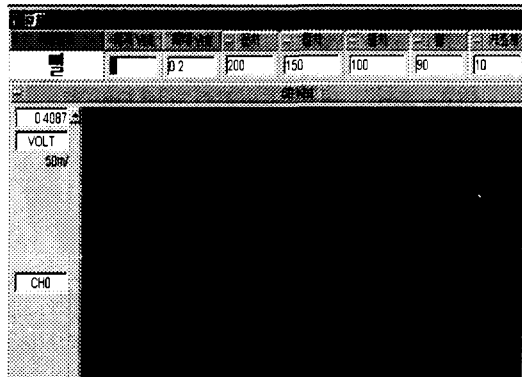


그림 10. 뿔의 2차 신호패턴
Fig. 10 The secondary signal pattern of mud

IV. 결론 및 활용방안

바다 속에는 여러 지형 형태, 물질, 특수한 변화 등 보이지 않는 것들이 많이 있다.

이들 중 수중에 있는 목표물 식별은 잘 이루어지고 있지만, 해저면을 중심으로 나타나는 현상, 즉 빨의 상태 구별(부드러운 빨, 딱딱한 빨, 굴곡이 많은 빨 등), 빨과 모래와 자갈이 섞여 있는 상태, 버려진 패류 껍질, 살아 있는 패류 등 많은 종류의 물질이 있어 경사가 완만하면서 빨이 많은 우리 나라에서는 이들을 식별할 수 있는 연구가 필요하다.

이러한 연구가 이루어지면 충남서산의 서해안 및 고흥, 여수를 비롯한 남해안 일대에서 서식하고 있는 키조개를 잠수부가 바다 속에 들어가지 않고 선박 위에서 키조개의 존재여부를 알아내는 곳에 활용할 수 있으며, 기존의 어군탐지기에서 저질 속의 여러 물체를 구별하지 못한 것이 이 시스템을 통해 정확히 구별할 수 있어서 외국에서만 수입되어 왔던 어군탐지기를 개선된 국산 어군탐지기로 전환하여 활용할 수 있다.

향후 연구과제로는 대형 수조 및 바다 현장에서 여러 가지 환경을 고려한 실험을 통하여 정확한 패턴 데이터베이스를 구축하는 것과 효율적인 패턴 검색 알고리즘을 개발하는 것이다.

참고문헌

- [1] 김장근의 3인, "어군의 음향학적 형태 및 분포특성과 어종식별에 관한 연구", 韓國漁業技術學會誌 34(1), P52-61, 1998
- [2] 申鉉玉, "超音波 빙거를 이용한 受波器座標의 補正", 漁業技術 28(3), P252-261, 1992
- [3] 신현옥의 1인, "디지털 원격 어군탐지기의 개발에 관한 연구", 韓國漁業技術學會誌 34(2), P135-138, 1998
- [4] 辛亨鎔의 4인, "魚體의 超音波 散亂特性에 관한 研究", 漁業技術 27(1), P21-29, 1991
- [5] 李吳在, "어군탐지용 저주파·고출력 음향 변환기의 설계", 韓國漁業技術學會誌 36(1), P1-11, 2000
- [6] 李吳在, "魚群探知機에 의한 魚群量推定에 관한 基礎的 研究-I", 漁業技術 27(1), P1-12,

1991

- [7] 李元羽의 3인, "遠隔魚群探知機의 試作 및 그 應用에 관한 研究-I- 시스템 시뮬레이션", 韓國漁業技術學會誌, 30(3), P135-140, 1994
- [8] 정봉규의 1인, "Taper형 초음파 진동자의 대역폭 개선에 관한 연구", 韓國漁業技術學會誌 35(3), P312-322, 1999
- [9] 최용규의 3인, "수심에 따른 득량만 키조개 어장의 환경 특성", 韓國漁業技術學會誌 31(2), P127-141, 1995

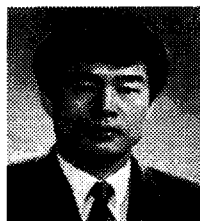


김재갑(Jae-Gab Kim)

1987년 목포해양대.광주대학교 전자계산학(이학사)
1990년 전남대학교 대학원 전산통계학(이학석사)
1996~순천대학교대학원 컴퓨터과학과(박사과정수료)
1995~ 순천청암대학 컴퓨

터과학부 조교수

※ 관심분야 : 패턴인식, 신호처리, 데이터베이스



김원중(Won-Jung Kim)

1987년 전남대학교 계산통계학(이학사)
1989년 전남대학교 대학원 전산통계학(이학석사)
1991년 전남대학교 대학원 전산통계학(이학박사)
1992~현재 순천대학교 컴퓨

터과학과 부교수

※ 관심분야 : 소프트웨어공학, 시스템 모델링, 패턴인식, 정보검색



황두진(Doo-Jin Hwang)

1986년 부산수산대학교 어업학(수산학사)
1990년 부산수산대학교 대학원 수산물리학(수산학석사)
1995년 일본 북해도대학교 대학원 수산학(수산학박사)

원 수산학(수산학박사)

1997년~현재 여수대학교 수산공학과 조교수

※ 관심분야 : 수중통신, 수중음향, 신호제어