

수중 음원 식별 및 청음훈련 지원 시스템 개발

방복동, 정성환
창원대학교 컴퓨터공학과

e-mail : bangsua@chol.com, sjung@sarim.changwon.ac.kr

A System Development for the Identification of Underwater Sound Source and the Support of Acoustic Recognition Training

Bok-Dong Bang, Sung-Hwan Jung
Dept. of Computer Engineering, Changwon National University

요 약

수중 음원의 식별은 수중전에서 매우 중요한 요소이다. 수중 음원의 식별을 위해 신호의 획득, 처리 및 분석과 청음훈련을 지원할 수 있는 시스템을 개발하였다. 실제 사용되고 있는 다양한 종류의 소나(SONAR) 장비 상호간 및 육상 지원 장비간의 호환성 문제와 경제성을 고려하여 PC기반 체계로 개발하였다. 개발된 시스템은 선박별 장치별 음파의 특징 추출이 가능하며 개별 장치의 특징이 두 개 이상 복합적으로 나타날 때에도 가능하다.

1. 서론

컴퓨터 기술의 급속적인 발전으로 인하여, GHz 대의 중앙처리장치와 초고속 네트워크 시대에서 컴퓨터의 역할은 참으로 크다고 할 수 있다. 개인용 컴퓨터의 성능이 10년 전 서버급 수준으로 발전함에 따라서 성능, 정확도 및 안정성이 향상되어 각종 음향, 전파 등 다양한 분야의 신호처리가 가능하게 되었다.

수중전(水中戰)은 수상함 대 잠수함 또는 잠수함 대 잠수함 상호간의 전투국면을 의미한다. 수중전에서 가장 타격력이 높은 무기는 어뢰이며, 어뢰발사를 위해서는 적의 음파정보 획득이 전제되어야 한다. 획득된 음파정보를 분석 및 식별한 후에 어뢰 등의 무기를 발사하기 때문에 음원식별 기술은 수중전에서 매우 중요한 요소이다[1-6].

음원식별을 위한 기존의 수중음파의 신호처리 및 분석 시스템은 Ada와 같은 특정 언어를 사용하였고 시스템 접근이 어렵다. 그리고 장비가격 또한 고가

이며 국가별, 제작사별 언어와 알고리즘이 상이하여 상호 호환성이 낮다.

본 논문에서는 기존 음원식별 장치의 이러한 문제점을 해결하기 위해서 표준 사운드 카드를 장착한 개인용 컴퓨터를 사용하여 음원식별 시스템을 개발하였다. 이는 기존 시스템과 비교하여 경제성 및 호환성 향상 효과가 있다.

개발된 시스템은 수집된 수중 음파를 개인용 컴퓨터에서 신호처리 및 분석을 통하여 그 특징들을 추출한다. 그리고 이 특징을 비교하여 각 음원(音源, sound source)을 식별할 수 있다. 개발된 시스템을 이용하여 음탐장비가 없는 육상에서 소리를 들으면서 음원을 식별하는 청음훈련에 시각적인 요소를 부가하여 학습 및 평가를 지원할 수 있도록 하였다[7].

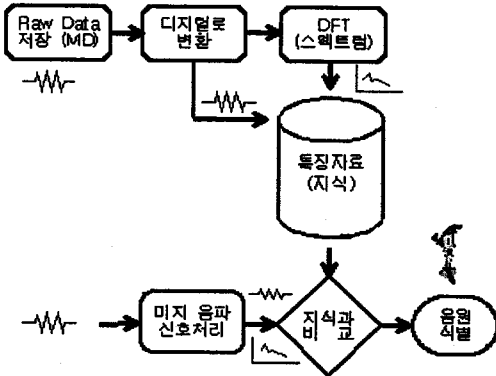
본 연구에서는 MATLAB tool을 이용하여 프로그램을 개발하였다. 또한 사용자 편의를 위하여 GUI 기반으로 음원별 스펙트럼 특징 및 가장 높은 레벨의 주파수를 자동적으로 전시 되도록 하였다.

2. 수중 음원 식별 시스템

2.1 시스템 설계 개념

수중 음원의 식별을 위해서는 먼저 수신된 음파 신호를 디지털로 변환해야 하며, 변환된 신호를 사용자가 분석하기에 용이한 형태로 제공하여야 한다. 제안된 시스템은 음원의 특징분석을 위해 주파수 영역 스펙트럼과 시간영역의 파형 형태로 전시하여 사용자가 학습하고 식별하도록 설계 되었다.

개발된 음원식별 시스템의 설계개념은 [그림 1]에서 보는 바와 같이, Raw data를 Mini Disk에 저장하고 디지털로 변환한다. 디지털 파일로 저장된 음파 파일을 DFT(Discrete Fourier Transform)의 신호처리와 분석단계를 거쳐서 각 음파의 특징 스펙트럼을 사용자에게 제공한다. 이 후에 미지의 음파가 입력되면 신호처리를 거치고 데이터베이스에 있는 특징자료 지식과 비교하여 그 소리의 음원을 식별하는 프로세스로 구성된다.

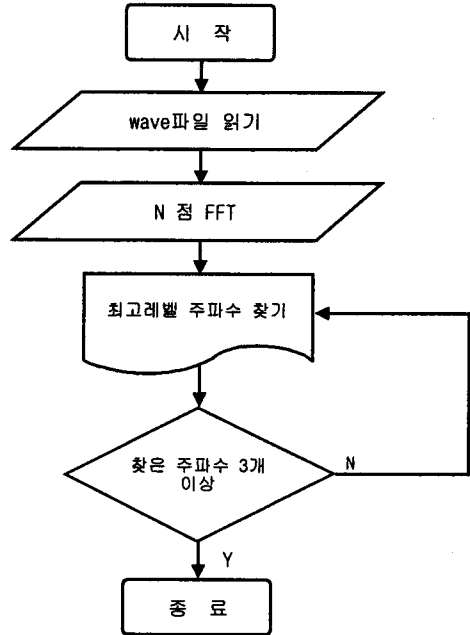


[그림 1] 음원식별 시스템 설계 개념도

2.2 신호처리 및 분석 절차

[그림 2]는 개발된 음파 신호처리 및 특징분석 프로그램의 플로우를 나타낸다. MATLAB에서 세부 프로그램은, 먼저 디지털화 되어 저장된 wave 파일을 'wavread' 명령을 이용하여 메모리에 읽어 들이고 'fft'를 실행하고 허수 부분 제거를 위해 'abs' 명령을 사용하였다. 푸리에 변환 시에 샘플링 율은 256부터 16384까지 선택적으로 사용할 수 있도록 메뉴에 선택 바를 만들었다. 최고 레벨의 주파수 자동 검색 및 전시가 가능도록 프로그램 하였으며 최고 주파수의 조파(harmonics) 제거 절차를 삽입하였다.

그래프는 시간 영역 및 주파수 영역을 사용자가 선택하고 최종적인 그래프가 전시되는 절차로 구성하였다.



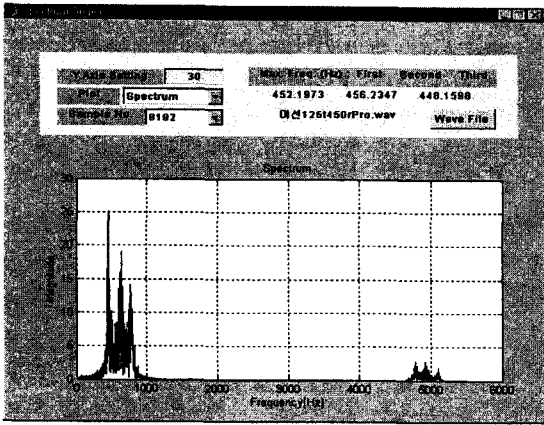
[그림 2] 음파 신호처리 및 분석 프로그램 플로우

2.3 음원 분석 도구

개발된 음원 분석 도구는 고가의 DSP(Digital Signal Processing) 보드를 사용하지 않고, 개인용 컴퓨터에 장착된 표준 사운드 카드를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 카드는 "C-Media Wave Device"이며 분해능은 16비트, 11.025KHz 이다. 분석도구 소프트웨어는 직접 제작한 GUI 중심의 Wave 및 Spectrum 분석기이며 음원식별의 주 도구 이다.

분석도구 적용시험은 청음훈련 장비인 ARTS (Automatic Recognition Training System)에서 어선과 상선의 특징을 지정하여 발생된 소리를 이용하였다. 이 분석 도구를 이용하여 제공되는 그래픽 자료를 통해 각 음원의 고유 특징을 찾아내고, 이를 바탕으로 소리를 발생한 음원의 식별이 가능하게 되었다. 지배적인 주파수대역을 그래픽으로 전시해 주고 최고 높은 주파수 3개를 자동 추적하여 숫자로 표시해 주어 음원 분석이 가능하게 된다.

[그림 3]은 개발된 분석도구의 주 화면이며, 주요 기능은 다음과 같다.



[그림 3] 분석도구 주 화면

- Y Axis Setting : 음원레벨에 따라 조절 가능
- Plot : Wave 또는 Spectrum 형태 선택
- Sample No. : Sampling rate 선택
- Max Freq.(Hz) : 최대 주파수 검색하여 전시
- Wave file : 분석에 사용되는 파일 열기, 재생 및 분석
- Zoom in : 화면상에 전시된 자료를 더 큰 스케일로 확장(마우스 왼쪽 버튼)
- Zoom out : 화면상에 전시된 자료를 더 작은 스케일로 축소(마우스 오른쪽 버튼)
- X 축 : 주파수(1-6000Hz) 및 시간 전시
- Y 축 : Magnitude 전시

3. 시뮬레이션 및 결과 고찰

3.1 음원 모델링

청음훈련 장비인 ARTS 체계에서 구성 가능한 소리의 조합을 이용하여 생성된 소리를 시뮬레이션에 사용하였다. 어선, 상선, 군함의 여러 특징을 적용하여 다양한 소리를 발생시킬 수 있다[7]. <표 1>은 ARTS에서 음파생성 조합을 나타낸다.

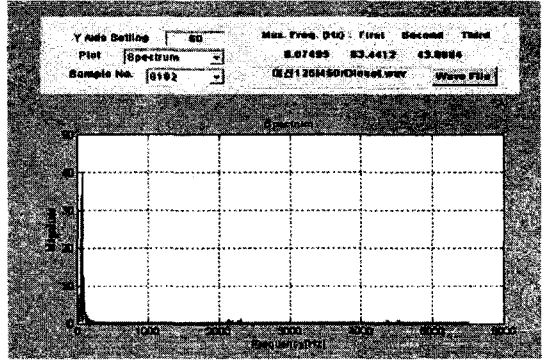
<표 1> ARTS의 음파생성 조합

구분	물리적 특성	추진계통	엔진	환경소음
어선	엔진 수	추진축수	디젤	해양
상선	톤 수	Creak	보기류	Traffic
군함	회전수	Singing	터빈	Flow/rain
				생물류

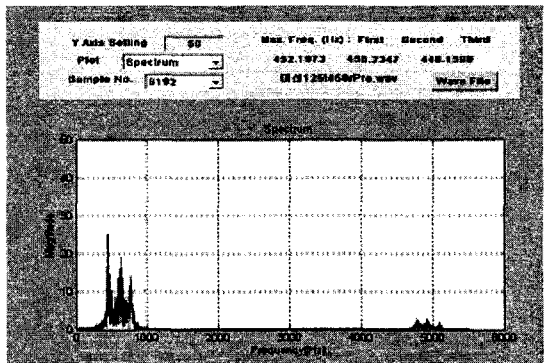
선박의 엔진 수, 크기를 나타내는 톤수, 프로펠러의 회전 수 등에 따른 물리적 특성이 다르므로 소리의 특징이 다르게 나타난다. 추진축 수, Creak, Singing, 엔진 종류, 해양 생물과 교통량에 따른 해양환경 변화 등이 종합적으로 나타나는 것을 모사할 수 있다.

3.2 음원별 특징 비교

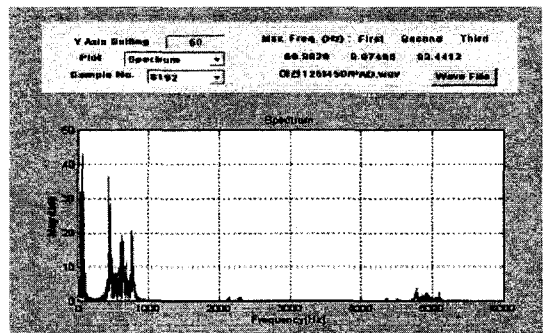
음원식별 시스템 분석도구에 의해 추출된 125톤 어선의 장치별 스펙트럼 특징의 예를 살펴보면 [그림 4]에서 보는 바와 같다.



(a) 디젤엔진



(b) 추진기



(c) 디젤엔진+추진기

[그림 4] 어선의 음원 스펙트럼

그림 4(a)는 어선의 디젤엔진 음파 특성을 나타내며 100Hz 이하에서 지배적으로 음원레벨이 높은 것을 알 수 있다. 첫 번째는 8Hz, 두 번째 83 Hz, 세 번째

제는 43Hz 주파수의 음원레벨이 가장 높게 나타났다. 그림 4(b)는 동일한 어선의 추진기 음파특성을 나타내며 400Hz에서 800Hz 대역에서 지배적으로 나타나고 5000Hz 대역 주변에서 약간 높은 레벨이 나타났다. 가장 높은 주파수는 452, 456, 448Hz 순으로 나타났다. 그림 4(c)는 디젤엔진 및 추진기 소리가 복합적으로 나타나는 현상을 보여주며, 지배적인 주파수 및 최고 주파수 검색을 통해 음원 식별이 가능하다.

3.4 청음훈련 지원

기존 체계의 ARTS 훈련 방식은 재생되는 소리를 청음에 의존하여 음원을 식별해 내는 방법이었다. 개발된 분석도구를 활용하여 소리 재생과 스펙트럼 자료를 동시에 전시시켜 주면서 학습 및 평가를 지원하여 그 결과를 분석하였다.

<표 2>는 청음훈련 지원 프로그램으로 학습하기 이전과 학습 후의 평가 결과를 비교한 것이다.

<표 2> 학습 전후 평가결과 비교

대상	청음에 의한 평가	학습 후 평가	비교
A	85	100	
B	80	95	
C	85	95	
D	80	90	
E	95	100	
F	90	95	
G	80	90	
H	65	80	초급
I	55	70	초급
J	50	60	초급
평균	76.50	87.50	+11

평가결과를 비교해 보면 청음훈련 지원 프로그램을 적용하기 이전에는 평균 76.5점이며, 적용 후에는 평균 87.5로 약 11점이 향상되었다.

5. 결론

본 연구는 기존의 음원 식별 시스템의 문제점을 개선하고 청음훈련 지원을 위하여 수중 음원 식별 및 청음훈련 지원 시스템을 개발에 관한 것이다. 실

제 사용되고 있는 다양한 종류의 소나 장비 상호간 및 육상 지원 장비간의 호환성 문제와 경제성을 고려하여 PC기반 체계로 개발하였다.

음원 분석 도구는 수중 음원의 식별을 위해 MATLAB을 이용하여 신호의 획득, 처리 및 분석이 가능토록 개발되었다. 분석된 시간적인 그래프 자료를 이용하여 기존의 소리만 듣고 훈련하던 청음훈련 방법을 지원하여 학습 및 평가에 적용할 수 있게 되었다. 청음훈련 지원체계에 의한 학습 후 평가결과 11%의 식별능력 향상을 가져왔다. 개발된 시스템은 선박 종류별로 운용되는 개별 장치별 음파의 특징을 추출이 가능하며, 복합적인 장치 운용에 의한 특징도 식별할 수 있었다.

향후 발전 방향은 신경망 회로이론을 적용하고, 방대한 음향자료를 데이터베이스화하여 음원을 컴퓨터가 자동적으로 식별할 수 있는 체계를 개발하는 것이다. 이 시스템은 수중에서 수신되는 신호의 실시간 처리 및 분석을 통하여 사용자에게 특징 그래프와 자동식별 결과를 제공하는 것이다.

참고문헌

- [1]최성규, 재미있는 잠수함 이야기, 양서각, 2000.
- [2]<http://user.chollian.net/~jy1010/submarine/sonar.htm>
- [3]<http://www.militaryreview.com/warship/usa/surface/batship/armament/sonar1.jpg>
- [4]경북대학교 전자전기 공학부 인터넷 웹 사이트 <http://uas.p.knu.ac.kr/research.htm>
- [5]김혁수, 잠수함 탐방, <http://www.navy.go.kr/submarine/explorer/5-4.htm>
- [6]L. E. Kinsler 외 3명, Fundamentals of Acoustics, 3rd Edition, John Wiley & Sons, pp. 396-444, 1982.
- [7](주) 유니텍, 음탐청음 훈련장비 사용자 매뉴얼, 1998.