

선박 기적음을 활용한 위치추정 시스템 개발(1)

노창수*, 도성찬*, 이종수**

Study on Location Estimation of Nearby Ships from Whistle Blast(1)

Chang-Su Roh*, Sung-Chan Do*, Jong-Soo Lee**

요 약

연근해 항해 중, 안개 속에서 혹은 야간에 선박 충돌 사고가 발생하였다는 보도를 자주 접하게 된다. 레이더 등 항해 안전장비를 장착하였는데도 충돌사고는 줄지 않고 있다. 이는 경계소홀이 가장 큰 원인이라고 분석되고 있다. 이에 선박 기적음의 위치를 추정하고 위치정보를 휴대폰 통보하며 근접 거리에 따라 음성경보하는 장치를 개발하여 해상 안전운항에 기여하고자 한다. 이의 실시간 구현을 위하여 NI사 장비를 사용하였으며 LabVIEW로 프로그램하였다.

Key Words : TDOA, Whistle Blast, Prevention of Collision, Estimation of Location, Signal Processing

ABSTRACT

Collisions of nearby ships are reported frequently because of bad weathers. A lot of efforts, using radar warning or other navigation security devices, were given to reduce the collisions, but the number of accidents could not be reduced. The main cause is that the ship personel are not watching carefully. In the paper, we propose a novel technique estimating the locations of nearby ships from their whistle blast and delivering the location information using mobile phones. We realized the technique using LabVIEW and showed its usefulness.

1. 서 론

연근해 항해 중, 안개로 인해 선박의 불빛이 보이지 않고 기적음만 들리는 상황에서 정확한 위치 정보가 없어 우왕좌왕하는 경우가 많다. 이에 기적음원의 위치를 추정하고 음성경보 및 통보하는

장치의 필요성이 대두되고 있다.

우리나라의 선박 충돌사고는 어선이 55% 차지한다. 즉 소형선박이 주로 사고를 당한다. 이에 중소형 선박에 장착될 수 있도록 그림 1과 같이 일체형 신호수신부를 개발하여 조립설치 및 휴대가 용이하도록 하였다.

* 대도기술연구소, ** 울산대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수

** 교신저자: 대도기술연구소 소장 (bestnara7@paran.com)

접수일자: 2011년 01월 05일, 수정일자: 2011년 01월 20일, 심사완료일자: 2011년 01월 30일

외국의 사례를 살펴보면, 영국의 PhonTech(SR 8200 :음향수신장치, SR 8201 : Microphone)사는 1개의 마이크로폰이 장착된 유닛을 사용하여 배 선상에 3~4개를 설치하여 외부 기적음 발생 시 음압을 이용하여 음원 위치를 전후좌우로 표시하여 선교 내 음향 수신장치에 통보해 주는 장치를 개발하였다. 또한 VSS(VSS-111 : 음향수신장치, VSS-222 : Microphone)사는 70~820Hz사이의 주파수를 취득하며 4개의 마이크로폰을 선체의 전후좌우에 설치하여 타 선박의 기적음 취득 시 평면을 4개로 분할하여 1~4분면으로 신호음의 방향을 표시하여 기적음의 방위를 산출한다.

이와 같이 해외에서 개발하고 있는 시스템은 선박의 앞과 측면에 각각 마이크로폰을 장착하는 시스템이다. 이는 국내 중소형 선박에는 적합하지 않은 구조이며 해결책으로 그림 1과 같이 마이크로폰 4개의 일체형 수신장치를 개발한다. 또한 기존의 시스템은 신호음의 음압으로 기적음원의 방향을 감지하는데, 본 연구에서는 음압과 더불어 상호상관관계(Cross-Correlation)에 의한 신호도달시간차(TDOA)를 이용하여 기적 음원의 위치를 추정한다. 또한 실시간 구현을 위하여 NI사의 장비와 LabVIEW를 활용하여 위치추정과 음성정보 그리고 무선통신이 되도록 구현한다.

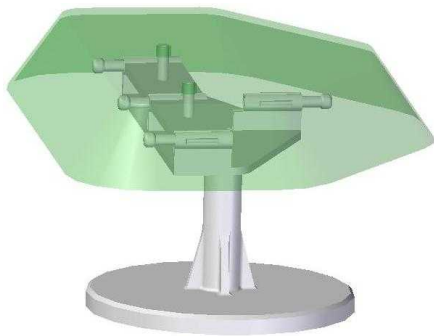


그림 1. 도달시간차에 의한 기적음 위치추정 장치

Fig 1. Localization Equipment of the whistle blast by TDOA

II. 기적음의 위치 추정

음원위치를 추정하는 논문들이 30여 년간 지속적으로 발표되고 있다. 1978년에 테일러급수를 활용한 위치추정 논문이 발표되었고[1] 쌍곡선을 이용한 음원위치 추정방법을 활용하여 소화기 발사음의 위치추정에 적용한 논문이 2009년에 발표되었다[2]. 그간 많은 논문에서 Cross-Correlation을 적용하여 실시간 위치추정을 하고 있으며[3] 최근에는 웨이브렛 기법을 적용하고 있다.

2.1 음원신호의 도달시간차

그림 2는 마이크로폰 2개에서 취득되는 음원신호의 도달시간차(TDOA)를 보여주며 쌍곡선의 자취로 표현된다. 이를 선박에 적용하면, 기적음이 발생하는 곳 즉 음원의 방향을 알 수 있다.

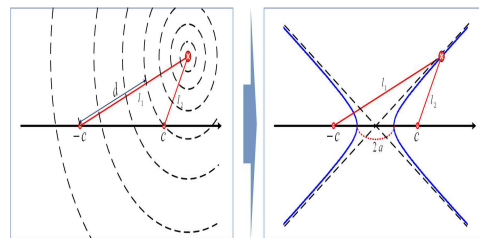


그림 2. 음원의 도달시간차가 같은 위치의 자취
Fig 2. Track of same values by TDOA

그림 3은 마이크로폰 3개를 한 평면상에 배열하고 음원신호를 취득하면, TDOA가 같은 값을 갖는 곳 즉 쌍곡선이 교차하는 곳 즉 S1과 S2가 생기는데 이 교점이 음원이 발생하는 위치이다[2].

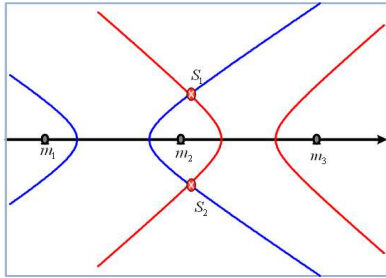


그림 3. 음원의 위치
Fig 3. Location of a sound source

그림 4는 한 평면상에서 음원으로부터 신호도달시간차에 따른 쌍곡선의 궤적을 보여준다. 그 결과 마이크론의 전방 1m 이상의 거리에서는 궤적이 선형적 특성을 가짐을 알 수 있다.

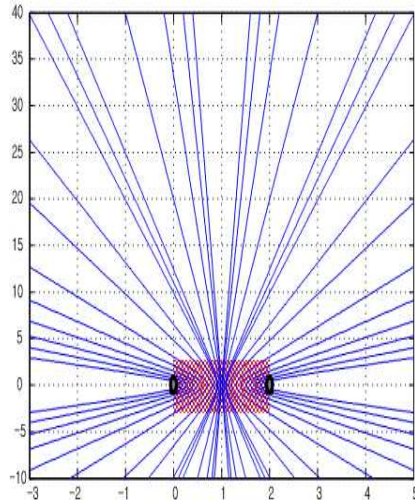


그림 4. 신호도달시간차에 따른 쌍곡선의 궤적
Fig 4. Traces of hyperbolic curves by TDOA

2.2 기적음의 방위추정 장치

1) 기적음 위치추정 장치

그림 1의 장치를 선박의 선교의 지붕 위에 설치하여 실시간 기적음의 위치를 추정한다. 선박의 전방으로 3개의 마이크론이 설치되고 후방으로

1개의 마이크론이 설치된 음원위치추정 장치이다. 전방 3개의 마이크론으로 그림 3의 원리로 기적음의 위치를 계산하고 전후방 마이크론의 음압의 차로 전후방의 음원의 방향을 구별한다.

2) 기적음 방향추정 장치

유럽에서는 선박의 선두와 선미 그리고 좌우 측면에 마이크론을 설치하여 기적음의 음압이 최대가 되는 영역을 감지하여 기적음원의 방향을 판별하는 장치를 장착하여 운영하고 있다. 같은 원리로 그림 5는 선교 위 지붕에 설치하여 기적음원의 방향을 추정하는 장치이다. 일체형으로 탈부착이 가능하며 그림 1과 함께 개발 중이다.



그림 5. 음압차에 의한 기적음 방향추정 장치
Fig 5. Equipment for direction estimation by the sound pressure difference

2.3 선박 기적음의 특성

선박 길이에 따른 기적음의 주파수 특성은 그림 6과 같이 70~2000Hz로 구별되어 있음을 알 수 있다(IMO의 1972 해상충돌예방규칙 부속서-III). 이는 기적음을 듣고 접근하는 배의 크기를 구별할 수 있도록 법으로 규정해 놓았다.

또한 1미터 근접거리에서 기적음을 측정하면 선박의 길이에 따라 110~145dB의 음압레벨이 된다(제74차 MSC에서 의결한 기적음에 대한 IMO-COLREG 1972). 이 자료에 근거하여, 그림 5의 장치를 활용하여 대략적인 기적음의 위치를 추정할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 신호처리 이론을 적용하여 그림 1의 장치를 활용하여 Cross-Correlation을 이용한 신호도달 시간차를 구하여 위치추정을 수행하며 시험하고 있다.

2.4 적용 알고리즘

음원으로부터 센서에 도달하는 시간차는 식(1)과 같이 상호상관함수를 이용하여 시간차를 구하고 거리로 환산한다.

$$R_{xy}[\tau] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N x[n]y[n+\tau] \quad (1)$$

x, y는 그림 3의 마이크로폰 m1, m2에 수신되는 신호이고 τ 는 두 마이크로폰 간의 소리가 도달하는 상대적인 시간차를 나타낸다. 두 마이크로폰에 도달하는 소리의 시간차는 마이크로폰 간에 수집된 신호간의 상호상관관계로부터 구한다[2]. 식(1)의 상관관계에서 계산량을 줄이고 주파수대역에서의 조작을 위하여 FFT를 이용하는 방식으로 계산할 수 있다[3]. 본 연구에서도 주파수 대역에서 상호상관관계를 이용하여 LabVIEW로 프로그래밍하여 TDOA를 구한다.

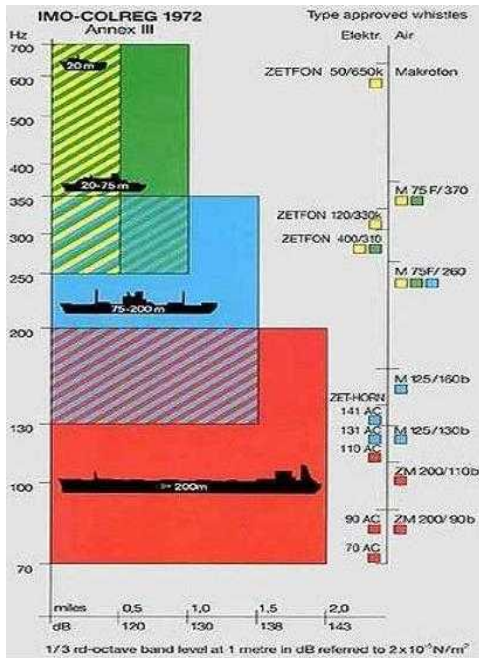


그림 6. 선박 길이에 따른 기적음의 주파수 특성
Fig 6. Characteristic of frequency on whistle blast by the length of ships

III. LabVIEW 활용 및 관련 시험

3.1 LabVIEW 활용

실시간 음원위치 추정을 위하여 LabVIEW를 활용하여 구현하였으며 이의 흐름도는 그림 7과 같다.

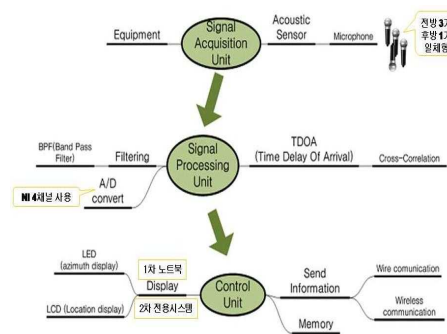


그림 7. 음원 위치 추정 흐름도
Fig 7. Flow chart of sound source localization

그림 8은 실시간 모니터링 화면의 입력창이며 마이크로폰 간격(1m)과 현재 온도(26 °C) 그리고 샘플링 주파수 등을 입력한다.



그림 8. 입력창
Fig 8. Input window

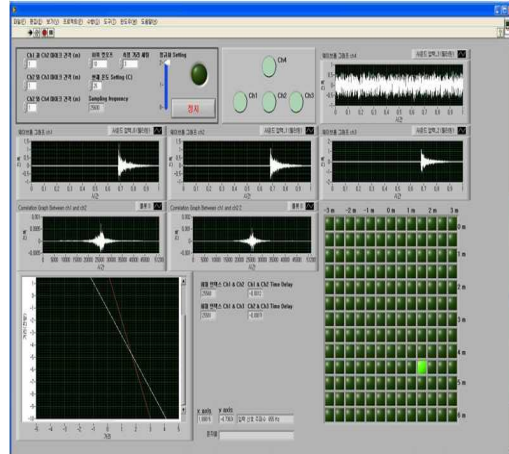
3.2 관련 시험

선박에 장착하여 실제 적용시험을 하고 있는 중이며 1년 전에 그림 9와 같이 축구장에서 시험하여 알고리즘을 검증하였다[2].

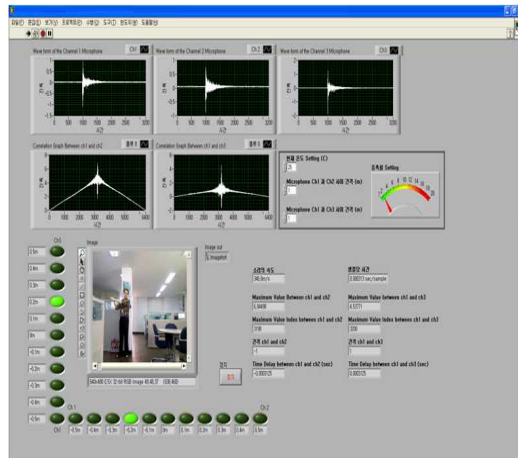


그림 9. 운동장에서 시험
Fig 9. Test in playground

시험 조건은 샘플링 주파수 25,000Hz, Usb 용 4채널 NI 신호취득 컨버터와 AKG-1000 콘덴서 마이크로폰을 사용하고 노트북을 활용하여 시험하였다. 실시간 시험 모니터 화면은 그림 10과 같으며 그림 10의 (a)는 음원에 대한 쌍곡선의 자취(그림 2 참조)로 음원의 방향을 추정하는 실시간 모니터 화면이다. 그림 10의 (b)는 음원에 대한 쌍곡선의 교점(그림 3 참조)으로 음원의 위치를 추정하는 실시간 모니터 화면이다. 그림 10의 (c)는 LED 점등으로 음원의 방향과 위치를 나타내는 모니터 화면이다.

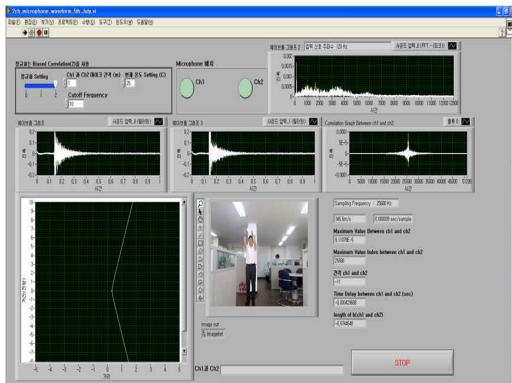


(b) 쌍곡선의 교점으로 음원위치 추정



(c) 추정된 음원 방향과 위치를 LED 점등으로 표현
그림 10. 실시간 시험 모니터 화면

Fig 10. Realtime monitoring



(a) 쌍곡선의 궤적으로 음원방향 추정

3.3 음성경보 및 통보

LabVIEW의 무선 통보기능을 활용하여 기적음의 방위정보가 실시간으로 휴대폰 통보되며, 선박의 근접위치(1Km, 800m, 600m, 400m, 200m)에 따른 음성경보를 데이터베이스 하여, 기적음을 울리며 접근하는 선박의 근접거리에 따라 음성경보가 순차적으로 작동된다.

IV. 실험 및 고찰

선박 선교의 지붕 위에 장착할 그림 1의 기적음 실시간 위치추정 장치를 개발하였다.

- LabVIEW를 활용하여, 음원의 방위를 실시간 추정하고 휴대폰 통보하며 근접거리에 따라 음성경보를 순차적으로 작동시켜 사고예방
- 마이크론의 음압차로 전후좌우의 방향을 판별
- 전방의 3개의 마이크론의 신호도달시간차를 Cross-Correlation 기법을 활용하여 구하고, 기적음의 위치를 추정
- 일체형으로 개발하여 중소형 선박에 장착이 용이하도록 개발
- 축구장에서 1년간 시험했으며 현재 해상 시험 중이며 해상 시험 데이터는 차기 논문에 게재

후 기

이 연구는 중소기업청의 지원으로 2010년 기술혁신개발사업 실용과제로 수행중입니다.

참 고 문 헌

- [1] WADE H. FCarter, "Position-Location Solutions by Tayler-Series Estimation", IEEE Trans. Aerospace and Electronic System, vol. AES-12, no. 2, March 1978.
- [2] 노창수, 박병수, 도성찬, "소화기 발사음의 실시간 위치 추정 시스템에 관한 연구", 한국군사과학기술학회지 제12권 제6호, pp 768~775, 2009년 12월
- [3] 기창돈, 김강호, 이택진, "반향음과 잡음 환경을 고려한 실시간 소리 추적 시스템", 한국항공우주학회지, 제38권, 제3호, pp 258~263, 2010년 3월

저자약력

노창수(Chang-Su Roh)

정희원

1980년 한양대학교 정밀기계공학 (학사)
 1982년 성균관대학교 기계공학과 (석사)
 2008년 울산대학교 정보통신 (석사)
 2010년 울산대학교 컴퓨터정보통신공학과 (박사수료)
 1982년~1989년 한국기계연구원 CAD/CAM실 선임연구원
 2008년~현재 대도기술연구소 소장
 2009년~현재 한국산업기술진흥협회 영남연구소장 협의회 회장

<관심분야> 위치추정, 원격감시진단, 고장진단

도성찬(Sung-Chan Do)

1991년 울산대학교 산업관리 공학과(석사)
 1978년~1992년 현대자동차(주)
 1993년 대도기계 창업
 1996년~현재 (주)대도기계 대표이사
 1998년~현재 울산과학기술기계공학부겸임교수
 2006년~현재 : 울산상공회의소 상공의원



<관심분야> 플랜트 고장진단

이 종 수 (Jong-Soo Lee)

정회원



1973 서울대학교 공학사
1981 미국 VPI & State
Univ. 공학석사
1985 미국 VPI & state
Univ. 공학박사
현재 울산대학교 교수

<관심분야> 멀티미디어 영어학습컨텐츠