

# 음원탐지 및 분석 알고리즘을 적용한 방재시스템에 관한 연구

길민식, 곽동걸, 정희중, 박영직\*  
강원대학교, \*㈜서광이에스

## A Study on Disaster Prevention System based on Sound Detection and Analysis Algorithm

Min Sik Ghil, Dong Kurl Kwak, Hoe Joong Jeong, Young Jic Park\*  
Kangwon National University, \*SKES co.

### ABSTRACT

This study is about a sound source direction detection system and method using intelligent source collection and analysis. The sound source direction detecting apparatus according to the present invention is equipped with four microphone sensors and calculates a time difference using TDOA (Time Delay of Arrival) technique for a plurality of acoustic signals generated from a sound source, And a sound source detection and analysis algorithm for estimating the direction of the sound source.

### 1. 서 론

소리에 의한 방향 감각은 양쪽 귀에 음파가 도달하는 차이에 의해 판별되는 것으로 사람의 경우에 16방향까지 인지가 가능하고, 개의 경우 32방향까지 인지가 가능하다. 오래전부터 이러한 음원의 방향감지에 대해서 연구가 진행되었고, 음원의 방향감지 기술은 음원국지와 기술의 바탕이 되었다. 이러한 음원국지와 기술은 레이더(radar), SONAR시스템, 인간과 로봇간의 상호작용, 스마트 감시카메라 등 다양한 분야에서 적용 및 연구되고 있다. 음원 국지와를 위한 음원 방향지각 방식에는 마이크로폰 어레이를 이용하는 방법이 있다.<sup>[1] [4]</sup>

기준에 개발된 2채널 마이크로폰 어레이를 이용하는 음원 방향감지 시스템은 2개의 마이크로폰을 통해 들어온 신호를 이용하여 음원의 방향을 검출하는 방식이다.<sup>[5][6]</sup> 이러한 방식의 음원 방향감지 시스템은 특정 범위 이상에서는 비선형적인 결과를 보이기 때문에 음원의 방향을 검출하기 어려운 문제점을 가지고 있다.<sup>[7]</sup>

본 연구에서는 기존 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 고정된 4개의 브라켓 단부에 마이크로폰 센서를 장착하고 그 장착한 음향 센서로부터 수신된 신호들 간의 도달 시간차를 산출하여 산출된 도달 시간차를 기반으로 음원의 방향을 추정하도록 하는 음원탐지 및 분석 알고리즘을 적용한 방재시스템에 대한 것이다.

### 2. 음원탐지 및 분석 알고리즘

#### 2.1 알고리즘 개요

본 방재시스템은 다수의 브라켓 단부 각각에 장착되어, 음원

으로부터 발생한 음향 신호를 수신하는 다수의 마이크로폰 센서, 다수의 마이크로폰 센서 각각으로부터 수신된 음향 신호들의 도달시간차를 산출하고 이를 이용하여 음원 발생 방향을 추정하는 알고리즘이 포함된 제어 모듈, 수집된 음원에 대한 분석 및 경고 알람을 송출하는 방재 모듈로 구성되어 있다.

#### 2.2 음원발생 판별

음향 신호들 간의 도달 시간차 연산 과정은 우선적으로 음원의 발생 여부를 판단한다. 그림 1과 같이 다수개의 마이크로폰 센서로부터 수집된 음향을 샘플링하여 가장 먼저 수신된 음향 신호의 센서가 기 설정된 임계치 이상인지를 확인하고, 그 확인한 결과로 특정한 음원이 발생하였다고 판단하여 수행된다.

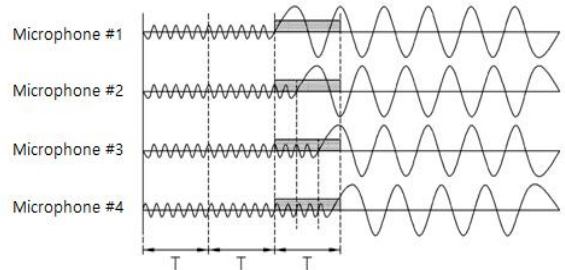


그림 1 음원발생 판별 다이어그램  
Fig. 1 Diagram for determination of acoustic generation

#### 2.3 음원 방향 추정 알고리즘

음원 신호의 크기는 그림2와 같이 기 설정된 주기 동안 수신된 음향 신호의 진폭 값에 대한 누적합산 값과 보정치를 적용하여 고속 마이크로 프로세서에 의해 연산을 수행한다. 우선 음원 신호의 크기 계산은 다음과 같은 수식을 적용한다.

$$S = \int_{kt}^{(k+1)t} |s(t)| dt \quad (1)$$

여기에  $s(t)$ 는 마이크로폰 센서에 도달하는 신호,  $t$ 는 샘플링 주기,  $S$ 는 샘플링 주기동안 음향신호 크기를 말한다.

TDOA 방식을 이용하는 경우, 도달시간차는 음원 발생 위치와 음향 센서들과의 거리의 차이에 비례하고, 음원 발생 위치와 마이크로폰 센서간의 거리 차( $r_{i+1, i}$ )는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$c\Delta t_{i+1,i} = r_{i+1,i} = r_{i+1} - r_i \quad (2)$$

여기서  $c$ 는 음원의 전파 속도이고,  $c\Delta t_{i+1,i}$ 는  $i$ 번째 마이크로폰 센서와  $i+1$ 번째 마이크로폰 센서의 도달 시간차,  $r_{i+1}$ 는 음원발생 위치로부터  $i+1$ 번째 마이크로폰 센서까지의 거리,  $r_i$ 는 음원발생 위치로부터  $i$ 번째 거리를 나타낸다.

$r_{3,2}r_{2,1}r_{3,1}$ 을 계산하면 수식 (3)로 표현되며, 이와 같은 방식으로 수식 (4)와 같이  $l_1, m_1, u_1, v_1$ 의 해를 구할 수 있으며 동일한 방법으로 반복하여  $(l_2, m_2, u_2, v_2), (l_3, m_3, u_3, v_3), (l_4, m_4, u_4, v_4)$  값을 산출한 후 수식 (5)와 같은 선형방정식을 도출하여 음원 발생 위치인  $(x, y, z)$  좌표를 구할 수 있고, 이로부터 음원 발생 방향을 추정할 수 있다.

$$r_{3,2}r_{2,1}r_{3,1} = r_{3,2}r_1^2 + r_{2,1}r_3^2 - r_{3,1}r_2^2 \quad (3)$$

$$r_{3,2}r_{2,1}r_{3,1} = l_1 + m_1x - u_1y + v_1z \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} m_1 & u_1 \\ m_2 & u_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{3,2}r_{2,1}r_{3,1} - l_1 - v_1z \\ r_{4,3}r_{3,1}r_{4,1} - l_2 - v_2z \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} m_3 & u_3 \\ m_4 & u_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{4,2}r_{2,1}r_{4,1} - l_3 - v_3z \\ r_{4,3}r_{3,2}r_{4,2} - l_4 - v_4z \end{bmatrix}$$

## 2.4 음원 분석 시험

음원 판별 및 음원방향 추정 알고리즘을 프로그래밍 하여 사무실 내와 옥외 환경을 대상으로 그림 2와 같이 40dB에서 95dB사이의 음향을 발생시켜 음원 수집을 실시하였으며 특정 임계값을 여러번 반복하여 설정하였을 시 음원 검출이 동작하는지 확인하였다. 그림 3과 같이 실시간으로 로그를 분석한 결과 음원방향을 정확하게 탐지하여 양호한 결과를 도출하였다.

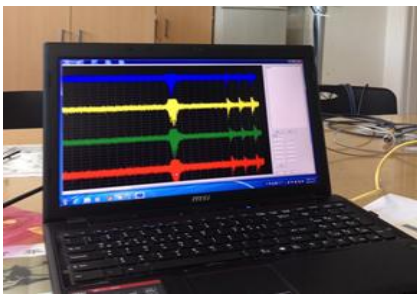


그림 2 음원수집 화면

Fig. 2 A picture of acoustic collection

```

parse_packet :
packet_type      = 3 source_ip_addr = 5a0a8c0 source_ip_port = 7747
dest_ip_addr     = 80a8c0 dest_ip_port = 7747
msg_id          = 0x1008 connection_id = 0x0
reserved2       = 0x0 buffer_size   = 0x2c
insert_thread_id = cur_connection_id

Parse message
RCV MESSAGE no 0x1008 AUD_EVENT_REPORT_AS processing
AGENT CustomerID : 10
AGENT GroupID : 11
AGENT ID : 12
EVENT ID : 1
AGENT_AUD status : ffffffff 32 0 8
PTZ POSITION
dev 1 value : 280
dev 2 value : 1805
dev 3 value : 1520
dev 4 value : 2805
AGENT FIRE status : 0 0 0
SEND MESSAGE(S->G) 0x0090 ALARM_REPORT_SG(S:1 R:ALARM OCCURED) send =====
MultiSend : Multi Send
MultiSend : III INFO: i= 1 addr(700a8c0) port(62666) send cnt=1

```

그림 3 음원수집 로그

Fig. 3 A log result of acoustic collection

## 3. 결론

본 논문에서는 실시간 음향을 검출하고 음원의 방향을 추정하여 재난 등 위험상황을 대처하기 위하여 보다 지능화된 방재 시스템을 고안하기 위한 방안으로 연구되었다. 복수개의 마이크로폰으로 부터 수신된 음향신호를 음원 분석·추정 알고리즘을 적용하여 음향 환경의 변화에 따라 실험을 실시한 결과 양호한 결과를 도출하였으며, 이 연구 결과를 반영하여 신뢰성 있는 방재시스템을 개발하는데 기초가 될 것이다.

향후에는 본 설계안을 바탕으로 한 저전력·모듈형 제어장치 HW개발, 빅데이터 기반 음원 분석 및 관계 모니터링 SW 개발을 통해 다양한 현장에 설치하여 현장시험을 실시할 계획이며 이를 바탕으로 시스템의 신뢰성을 향상시켜 상용화할 계획에 있다.

본 논문은 국민안전처의 방재안전분야 전문인력 양성사업으로 지원되었습니다.

## 참고 문헌

- [1] Eubanks S, Johnson L, Brasher C and Hicks G. (2011) Farmer Perceptions of Wildlife Damage to Row Crops in North Florida. University of Florida IFAS Extension.
- [2] S. I. Jeon, K. W. Park, H. W. Ryu, Y. H. Kim, "A Design of M2M BASED Intelligent Operating System for Effective Pollution Control Facilities," Proc. of the International Conference on Information and Communication Technology Convergence, pp.17 19, Nov. 2010.
- [3] K. Kalgaonkar, P. Smaragdīs, and B. Raj, "Sensor and Data Systems, Audio Assisted Cameras and Acoustic Doppler Sensors," IEEE Proc. On Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1 2, 2007.
- [4] C. Liu, B.C. Wheeler, W.D. O'Brien, Jr, R.C. Bilger, C.R. Lansing, and A.S. Feng, "Localization of Multiple Sound Sources with Two Microphones," Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 108, No. 4, pp. 1888 1905, 2000.
- [5] A. Pourmohammad and S.M. Ahadi, "Real Time High Accuracy 3 D PHAT Based Sound Source Localization Using a Simple 4 Microphone Arrangement," IEEE Systems Journal, Vol. 6, No. 3, pp. 455 468, 2012.
- [6] 황보연, 정재훈, 이창명, "이산 웨이블릿 변환 기반 디 노이즈 필터를 이용한 향상된 음원 위치 추정 연구", Journal of Institute of Control, Robotics and System, Vol. 21, No. 12, pp. 1185 1192, 2015.
- [7] 최창용, 이동명, "지하주차장에서 음의 세기를 이용한 퍼지 로직 기반 음원 위치추정 시스템", 한국통신학회논문지, Vol. 38C No.05, 2013.