

# 주변 배경음에 강인한 구간 검출을 통한 음원 인식 및 위치 추적 시스템 설계

김우준\* · 김영섭\*\* · 이광석\*\*\*

Sound recognition and tracking system design using robust sound extraction section

Woo-Jun Kim\* · Young-Sub Kim\*\* · Gwang-Seok Lee\*\*\*

## 요약

본 논문은 비정상 상황 시 발생하는 음원에 대해 주변 환경 음에 강인한 음원 구간을 검출하여, 구간내의 신호를 이용한 음원 인식 과 위치 추적 시스템 설계에 관한 연구이다. 강인한 음원 구간 검출은 수신되는 오디오 신호로부터 단 구간 가중 평균 델타 에너지를 계산하여, 저역 통과 필터에 입력 후, 출력되는 결과 값들의 비교를 통해 배경음에 강인한 구간을 정의 하며, 음원 인식은 검출된 구간 내 데이터로부터 종래의 인식 방법인 HMM(: Hidden Markov Model)을 이용해, 음원 인식 정보를 생성하여 학습 및 인식을 한다. 이는 주변 배경음이 포함된 음원 신호에 대해 기존 신호의 에너지를 이용해 구간을 검출 후, HMM을 통한 인식에 비해 3.94% 향상된 인식률을 보인다. 또한 인식 결과를 바탕으로 구간내의 신호간의 TDOA(: Time Delay of Arrival)를 이용한 위치 파악은 실제 발생 위치와의 각도와 97.44%일치함을 보인다.

## ABSTRACT

This paper is on a system design of recognizing sound sources and tracing locations from detecting a section of sound sources which is strong in surrounding environmental sounds about sound sources occurring in an abnormal situation by using signals within the section. In detection of the section with strong sound sources, weighted average delta energy of a short section is calculated from audio signals received. After inputting it into a low-pass filter, through comparison of values of the output result, a section strong in background sound is defined. In recognition of sound sources, from data of the detected section, using an HMM(: Hidden Markov Model) as a traditional recognition method, learning and recognition are realized from creating information to recognize sound sources. About signals of sound sources that surrounding background sounds are included, by using energy of existing signals, after detecting the section, compared with the recognition through the HMM, a recognition rate of 3.94% increase is shown. Also, based on the recognition result, location grasping by using TDOA(: Time Delay of Arrival) between signals in the section accords with 97.44% of angles of a real occurrence location.

## 키워드

Sound Section Detection, Hidden Markov Model, Sound Localization, Time Delay of Arrival  
음원 구간 검출, 이상 음원 인식, 음원 위치 추적, 보안 시스템

\* 동아대학교 전자공학과(walk5human@naver.com)

\*\* ㈜시그널웍스(kys@signalworks.co.kr)

\*\*\* 교신저자 : 국립경남과학기술대학교 전자공학과

• 접수일 : 2016. 07. 12

• 수정완료일 : 2016. 08. 13

• 게재확정일 : 2016. 08. 24

• Received : Jul. 12, 2016, Revised : Aug. 13, 2016, Accepted : Aug. 24, 2016

• Corresponding Author : Gwang-Seok Lee

Dept. of Electronic Engineering, Gyeongnam National University

Email : kslee@gntech.ac.kr

## 1. 서 론

본 논문에서는 비정상 상황 시 발생하는, 배경음을 포함한 음원에 대해 배경음에 강인한, 비정상 상황만을 규정하는 구간 검출 방법을 제안하며, 검출된 구간 내의 신호를 이용한, 인식 및 발생 위치를 파악하는 시스템을 제안한다.

주변 배경음에 강인한 구간 검출 방법은, 수신된 음향 신호로부터 단 구간 가중 평균 델타 에너지를 산출하여 병렬로 처리된 복수의 저역통과 필터에 입력하여 출력된 결과 값들의 비교를 통해 구간을 정의한다. 이렇게 검출된 구간내의 데이터를 이용해, 종래의 인식 방법 중 하나인 HMM을 이용하여 음원 인식 정보를 생성할 수 있다. 이러한 과정을 포함해 일련의 과정을 진행 후 수신된 신호가 비정상 상황 시 발생하는 음원으로 판별 시, 검출한 구간내의 신호간의 상호 상관 함수를 통해 음원이 발생한 지점을 파악한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장은 마이크로폰으로부터 수신된, 배경음을 포함한 음향 신호로부터 배경 잡음에 강인한 음원 구간을 검출하는 기술에 대해 살펴봄, 3장은 수신된 음향 신호가 비정상 상황 시 발생하는 음원으로 판별 시, 음향 신호로부터 음원의 위치 파악에 대한 기술을, 4장에서는 인식 및 실험 환경과 그 결과를 살펴봄, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 강인한 구간 검출 필터 설계

### 2.1 단 구간 가중 평균 델타 에너지 및 LPF를 이용한 검출 필터 설계

기존 음원 구간 검출에 사용된 방법으로서는 ZCR(: Zero Crossing Rate)을 통한 음성음과 무성음 구별법과 LPC(: Linear Prediction Coefficients)를 통한 음성부와 비음성부 구별법 그리고 짧은 시간 내의 신호의 에너지를 이용한

방법 등이 있다. 이러한 방법은 잡음에 비해 상대적으로 에너지가 큰 음성 신호나 주기적인 특성을 보이는 신호에 대해 구간 검출이 용이하지만, 파열음이나 마찰음 등의 비정상 상황 시 발생하는 음에 대해서는, 상황을 규정하는 구간 검출이 어려우며, 실시간 검출 보다는 off-line 환경에서 더 적합한 특성을 보인다[1-3].

따라서 본 장에서는 단 구간 가중 평균 델타 에너지와 저역통과 필터를 통해 실시간 검출에 용이하며, 주변 배경음에 강인한 구간 검출 필터를 설계한다.

먼저 수신부로부터 입력되는 사운드 데이터에 A/D 변환을 거쳐 데이터화를 하며, 단 구간 가중 평균 델타 에너지를 다음 식(1)과 같이 산출한다.

$$\Delta_E(n) = A_1 \sqrt{\frac{1}{M(A_2 + \nu_n)} \sum_{m=0}^{M-1} \delta_{n-m}}, \quad (1)$$

$$\delta_{n-m} = |u_n - \nu_m|$$

$A_n$ 은 가중 평균 델타 에너지 보정 계수이며,  $M$ 은 음원에서 단 구간 가중 평균 델타 에너지를 계산하기 위해 추출하는 데이터의 수이다.  $\delta_{n-m}$ 은, 단 구간 평균 에너지 값( $u_n$ )과 장 구간 평균 에너지 값( $\nu_n$ )과의 차의 절대치를 의미하며 식(2)와 식(3)과 같이 정의된다.

$$u_n = B_1 u_{n-1} + B_2 x_n, \quad \bar{x}_n = \frac{C_1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} |x_{n+m}| \quad (2)$$

$$\nu_n = \begin{cases} D_1 \nu_{n-1} + D_2 u_n + D_3 u_{n-1} \\ \quad , u_n > 0.8 \nu_{n-1} \text{ and } u_n > 5 u_{\min} \\ E_1 \nu_{n-1} + E_2 u_n + E_3 u_{n-1} \\ \quad , u_n \leq 0.8 \nu_{n-1} \text{ or } u_n \leq 5 u_{\min} \end{cases} \quad (3)$$

식(2)의  $x_n$ 은 입력 사운드 샘플이고,  $\bar{x}_n$ 은 프레임 샘플  $N$ 에 대하여 보정 계수  $C_1$ 을 가지는 평균 에너지를 산출하는 식이다. 따라서  $u_n$ 은 평균 에너지에 대해 가중치  $B_n$ 을 가지는 재귀적 평균 필터 이다. 장 구간 평균 에너지( $\nu_n$ )는 식(3)을

통해 산출 할 수 있다. 이때  $D_1, D_2, D_3, E_1, E_2$  및  $E_3$ 은 장 구간 평균 에너지 값의 가중치이며 단 구간 평균 에너지 값에 사용되는  $B_n$ 과 같이 식(4)처럼 표현 할 수 있다. 또한  $u_{\min} = \min[u_n]$  을 의미한다.

$$B_1 + B_2 = D_1 + D_2 + D_3 = E_1 + E_2 + E_3 = 1 \quad (4)$$

이렇게 산출된 단 구간 가중 평균 델타 에너지는 서로 다른  $\alpha$  값을 가지는 3개의 저역통과 필터에 병렬로 통과되며 식(5)와 같이 표현이 가능하다.

$$\begin{aligned} \overline{\Delta_{E1}}(n) &= \alpha_1 \overline{\Delta_{E1}}(n-1) + (1-\alpha_1) \Delta_{E1}(n) \\ \overline{\Delta_{E2}}(n) &= \alpha_2 \overline{\Delta_{E2}}(n-1) + (1-\alpha_2) \Delta_{E2}(n) \\ \overline{\Delta_{E3}}(n) &= \alpha_3 \overline{\Delta_{E3}}(n-1) + (1-\alpha_3) \Delta_{E3}(n) \end{aligned} \quad (5)$$

$\overline{\Delta_{E1}}(n)$  은 제1 재귀적 평균 필터를 통과한 필터링 값이며,  $\overline{\Delta_{E2}}(n), \overline{\Delta_{E3}}(n)$  역시 각각 제2, 제3 재귀적 평균 필터를 통과한 필터링 값이다. 이런 3개의 필터링 결과는 상기 계산된 입력 델타 에너지 값에 대하여 서로 상이한 주파수 성분을 포함한다.

### 2.2 필터링 값을 이용한 배경 잡음에 강인한 구간 검출

식(5)를 통해 산출된 재귀적 평균 필터 계수 값( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ )은  $\alpha_1 < \alpha_2 < \alpha_3$  같은 특성을 가진다. 구간 검출의 시작점과 끝점 판별은 다음과 같은 정의 한다.

1. 시작점은  $\overline{\Delta_{E1}}(n)$  이  $\overline{\Delta_{E2}}(n)$  과  $\overline{\Delta_{E3}}(n)$  값 보다 높아지는 시점.
2.  $\overline{\Delta_{E1}}(n)$  이  $\overline{\Delta_{E3}}(n)$  값 보다 작아지는 시점을 끝점으로 정의, 단  $\overline{\Delta_{E2}}(n)$  값과는 무관하다.
3.  $\overline{\Delta_{E3}}(n)$  의  $a_3$ 은 끝점 검출 시점에 0으로 설정, 이후  $a_3$ 을  $a_2$ 보다 큰 값으로 복귀.
4.  $\overline{\Delta_{E1}}(n)$  의  $\alpha_1$ 은 1에 가까운 값으로 배경 잡음의 세기를 참조하기 위한 기준 값으로 이용.  $a_3$ 는 끝점 검출 이후에도 이전의 값이 유지 될

수 있는데, 이는 연속적으로 입력되는 소리의 경우, 시작점 검출이 어려워짐을 뜻하므로 3번의 항목처럼 설정하여, 다음 시작점 검출이 가능하도록 한다.

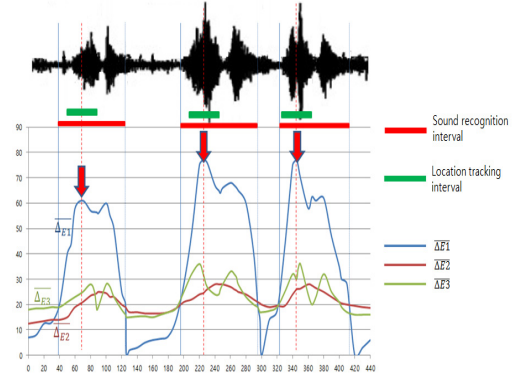


그림 1. 강인한 구간 검출을 통한 시작점 및 끝점 파악

Fig. 1 Identify the starting and ending points using robust sound source detection

그림1은 실제 주변 배경음(바람 소리)이 첨가된 음원에 대해, 본 논문에서 제안하는 구간 검출의 결과를 보인다. 최종적으로 입력되는 음향 신호에 대해 인식 구간과 추적 구간을 파악 한다. 파란색으로 표시된  $\overline{\Delta_{E1}}(n)$  은 제1 재귀적 평균 필터를 통과한 값이며  $\overline{\Delta_{E2}}(n), \overline{\Delta_{E3}}(n)$  는 각각 제2, 제3 재귀적 평균 필터를 통과한 값을 나타낸다. 앞서 설명한대로 각 필터의 계수 값의 비교를 통해 음원 인식 구간을 빨간색 영역으로 나타낼 수 있으며, 녹색 영역은 위치 파악에 사용될 음원의 구간이다.

그림2는 강한 바람 소리가 포함된 음성 “사람 살려”에 대해, 단순 이동 평균 에너지를 이용한 구간 검출 방법과 앞서 설명한, 가중 평균 델타 에너지를 이용한 구간 검출을 보인다. 그림을 살펴보면 알 수 있듯이 검은색으로 표현된 구간은 이동 평균 에너지를 이용한 구간 검출로써, 적색으로 표현된, 가중 평균 델타 에너지와 저역통과

필터를 이용한 구간 검출 보다, 배경음이 일부분 포함된 것을 볼 수 있다. 즉, 강인한 구간 검출은 여러 가지 배경 잡음 레벨에 대한 영향이 적으며, 스무딩 효과가 있어 보다 우수한 구간 검출 성능을 보인다.

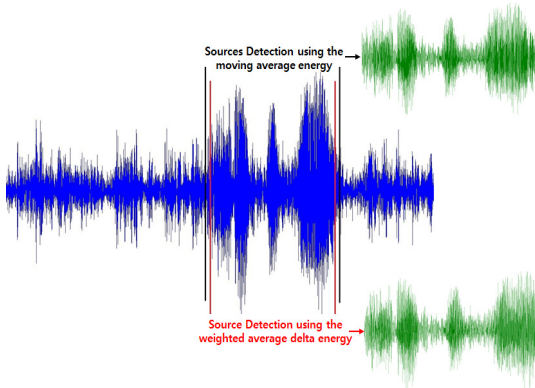


그림 2. 이동 평균 에너지를 이용한 구간 검출과의 비교

Fig. 2 Comparison with the interval detected by the moving average energy

### III. 판별된 음원을 이용한 위치 추적

#### 3.1 음향 신호를 이용한 도달 시간차 검출

음원의 위치를 추정하기 위해, 지연 시간을 구하는 방법에는 TDOA( Time Delay of Arrival) 및 GCC-PHAT( Generalized Cross Correlation Phase Transform), 그리고 빔포밍(beam forming) 등이 있다[4-6]. TDOA는 상대적으로 계산이 적고, 비교적 정확성이 높으나, 주변 노이즈 및 여러 요소에 따른 영향을 받기 쉽다. 반면 GCC-PHAT의 경우, 계산량은 상대적으로 많으나 잡음이나 반향 환경에서 높은 효율을 보인다.

따라서 본 논문에서 위치 추정을 위해, GCC-PHAT를 이용해 신호간의 도착 지연시간을 식(7)과 (8)와 같이 계산한다.

$$R_{x_1x_2}(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(w)X_1(w)X_2^*(w)e^{jwn} dw, \quad (7)$$

$$W(w) = \frac{1}{|X_1(w)X_2^*(w)|}$$

$$\tau = \operatorname{argmax} R_{x_1x_2}(n) \quad (8)$$

식 (7)의  $W(w)$ 는 주파수 가중 함수이며,  $X_1(w)X_2^*(w)$ 의 역수로써, 이 함수를 PHAT라 한다. 이는 시간 지연을 추정함에 있어 각 주파수의 상대적 중요성을 결정하며, 또한 주파수에 가중치된 함수이다. 식(7)을 통해 구해진  $R_{x_1x_2}(n)$ 을 이용해 최종적인 지연시간은 식(8)과 같이 구해질 수 있다.

그림3은 배경음이 포함된 음성 “도와주세요”에 대해 강인한 음원 구간 검출 후 신호를 보여주며, 원 신호에서 비정상 상황을 규정하는 구간만을 추출한 것을 확인할 수 있다. 또한 마이크로폰(MIC1)으로 부터 수신된 음향 신호와 MIC2, MIC3로 수신된 음향 신호와의 상관 신호를 나타내며 가로축은 샘플수를 세로축은  $R_{x_1x_2}(n)$ 을 나타낸다.

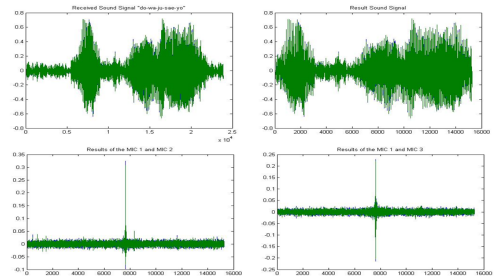


그림 3. 수신된 신호의 원 신호와 강인한 구간 검출 후 상관신호

Fig. 3 Original signal of the received signal and after tough robust detection, correlation signals

#### 3.2 지연 시간을 이용한 음원 위치 추정

그림4는 2차원 공간 좌표로 사상된 세 개의 마이크로폰과 음향 신호와의 관계를 보여주며, 계

산된 샘플 차이는 샘플링 주파수와 상온에서의 음파의 속도를 이용해 음원으로부터 두 마이크로폰  $i$ 와  $j$ 간의 거리차를 식(9)을 통해 계산한다[7]. 이때,  $\tau$ 은 GCC-PHAT를 통해 계산한 지연 시간이며,  $t$ 는 상온에서의 온도이다. 각각의 마이크로폰 좌표  $x, y$ 에 대해 음원의 위치인  $x_s$ 와  $y_s$ 간의 거리를 식9와 같이 나타낼 수 있으며, 이를 계산해, 위치와 Arctangent 법칙을 이용해 기준 마이크로폰  $x_i, y_i$ 과 음원  $x_s, y_s$ 간의 각도를 계산한다.

$$\bar{S}_i - \bar{S}_j = \tau_{ij} \times v(t), v(t) = 331.5 + 0.61t \quad (9)$$

$$\sqrt{(x_s - x_i)^2 + (y_s - y_i)^2} = \bar{S}_i, \sqrt{(x_s - x_j)^2 + (y_s - y_j)^2} = \bar{S}_j$$

$$\theta = \text{atan} \frac{y_s - y_i}{x_s - x_i}$$

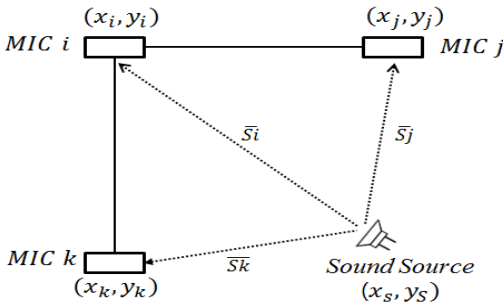


그림 4. 3개의 마이크로폰과 이상 음원 발생 지점의 거리

Fig. 4 The distance between three microphones and the acoustic signal.

#### IV. 제안된 시스템을 통한 실험 결과

##### 4.1 제안된 시스템의 진행과정

배경 잡음에 강인한 음원 구간을 검출 후 이를 이용한 인식 및 위치 파악의 전체적인 과정은 그림 5와 같이 나타낼 수 있다. 마이크로폰으로부터 수신된 비정상 상황 시 발생하는 음원에 대해 단 구간 가중 평균 델타 에너지 계산 후, 저역통과 필터를

이용함으로써, 구간을 판단하며, 이 구간 내의 데이터를 이용해 음원 인식과 위치파악을 수행 한다.

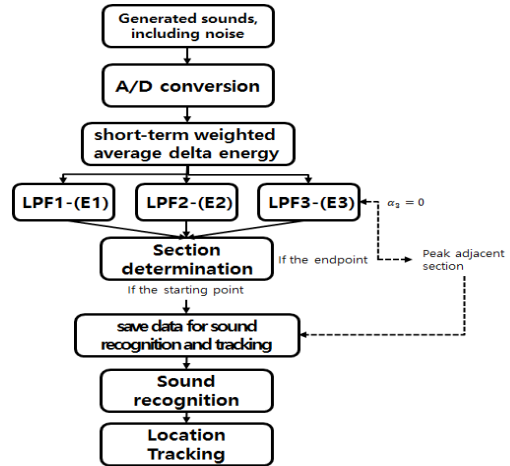


그림 5. 강인한 음원 구간 검출을 이용한 이상 음원 판단 및 위치 추적의 전체 과정

Fig. 5 The entire process of estimation of abnormal sound source and sound localization using robust sound source detection

##### 4.2 음원 인식과 위치 추적 실험

강인한 구간 검출을 통해 산출된 구간내의 데이터는 기존 음원 인식에 사용되는 방법 중 하나인 HMM을 이용해 인식을 한다. HMM은 통계적 마르코프 모델의 하나로써, 은닉된 상태와 관찰 가능한 상태, 이 두 가지 요소로 이루어진 모델이다[8-9].

본 논문의 HMM을 통한 인식 실험은 사람의 가청 주파수를 반영하여 설계된 MFCC(Mel Frequency Cepstral Coefficients)를 이용해 음원의 특징을 추출한다[10]. 실험에 사용되는 데이터는 20000Hz 주파수 범위에서 비정상 상황 시 발생할 수 있는, 주변 배경음(바람, 차량 소리)이 포함된 “사람살려”(case1), “도와주세요”(case2), 비명(case3), 유리창 파손 음(case4), 그리고 호루라기 소리(case5), 각각 380개에 대해 특징을 추

출하여 학습을 한다. HMM을 이용한 학습과 인식은 초기 차원의 수(Number of dimensions)와 상태의 수(Number of states)는 10으로 설정하며, 혼합 수(Number of mixture)에 대해 1에서 6(case1~6)으로 변화 시켜 진행한다.

음원 인식 및 위치 추적을 위한 마이크론의 배치는 그림6과 같이 배열 하며 , 기준 마이크론(MIC1)과 x축으로 동일한 선상에 있는 마이크론(MIC2)을 기준으로 약 1m거리에서 45°씩, Sound Path를 설정하여, 배경음이 포함된 음원을 발생하여, 인식과 음원 추적 실험을 진행한다.

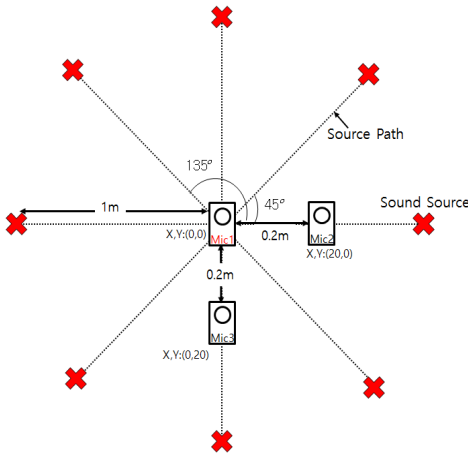


그림 6. 실험을 위한 마이크론 배치 및 설정  
Fig. 6 Microphone arrangement and setup for the experiment

표1은 강인한 구간 검출을 통한 음원의 시작점과 끝점을 파악 후 HMM을 통하여 음원 인식한 결과를 보여주며, 표2는 입력되는 오디오 신호에 에너지만을 이용하여 구간 검출 후, HMM을 이용한 음원 판별 한 결과를 나타낸다. 표3은 표1과 표2의 인식 결과를 바탕으로 음원의 종류에 따른 평균 인식률을 나타내며, 강인한 구간 검출을 통한 음원 판별이 단순히 에너지를 이용한 구간 검출 후 음원 판별에 비해 평균 3.94% 높은 인식률을 보인다.

표 1. 강인한 구간 검출을 통한 이상음원 인식 결과  
Table 1. The result of abnormal sound source using robust sound source detection

	class1	class2	class3	class4	class5
case1	87.43%	94.17%	91.18%	94.23%	100%
case2	87.67%	94.73%	91.70%	94.85%	100%
case3	87.43%	94.17%	91.18%	94.17%	100%
case4	91.62%	96.41%	93.55%	96.46%	100%
case5	93.85%	87.18%	91.18%	93.82%	100%
case6	93.11%	96.69%	92.50%	95.61%	100%

표 2. 에너지 값을 통한 구간 검출 후 이상음원 인식 결과

Table 2. The result of abnormal sound source using energy value

	class1	class2	class3	class4	whistle
case1	86.43%	89.35%	86.57%	87.54%	100%
case2	86.78%	89.57%	87.54%	88.35%	100%
case3	87.43%	90.24%	87.87%	88.75%	100%
case4	89.79%	90.18%	89.45%	89.83%	100%
case5	89.91%	87.18%	88.21%	88.21%	100%
case6	90.62%	91.25%	89.89%	89.52%	100%

표 3. 음원 종류별 평균 인식률

Table 3. The average recognition rate per item

	class1	class2	class3	class4	class5
Recognition using Delta	90.18%	93.89%	91.88%	94.86%	100%
Recognition using Energy	88.49%	89.62%	88.26%	88.70%	100%

표 4. GCC-PHAT 이용한 위치 추적 결과

Table 4. sound localizing result by using a GCC-PHAT

set-up	sample gap1	sample gap2	x-axis (cm)	y-axis (cm)	Result angle
0°	-20	0	96.45	-10	5.92°
45°	-2	20	74.35	74.88	46.29°
90°	17	19	0.43	72.68	89.67°
135°	-2	20	-72.87	79.63	137.18°
180°	21	19	-81.39	0.71	179.49°
225°	15	19	-75.73	-50.84	226.82°
270°	0	-27	10	-127.0	274.49°
315°	-4	-2	82.66	-68.6	317.98°

표4는 표1의 음원 판단 결과 중 평균 인식률이 가장 높은 case4에 사용된, 강인한 구간 검출 내의 데이터를 이용한 위치 추적의 내용으로써, GCC-PHAT를 이용한 위치 추적 결과를 나타낸다. 실제 음원 발생 위치와 기준 마이크로폰(MIC1)간의 각도는 그림6의 Sound Path와 약 97.44% 일치함을 보인다.

## V. 결 론

본 연구는 비정상 상황 시 발생하는 음원 신호에 대해 강인한 구간 검출을 통해 상황을 규정하는 음원 구간을 검출하며 이에 따른 정확한 인식과 그 발생 위치를 파악하기 위해 연구했다. 수신된 오디오 데이터로부터 강인한 음원 구간 검출을 시행하여 정확한 음원의 발생 지점과 끝점을 파악 후 종래의 음원 인식 방법인 HMM을 통해 음원 판별을 진행했으며, 이는 기존의 사용되는 음원의 에너지 계산을 통한 구간 검출의 인식 결과와 비교해 약 3.94% 상승된 인식률을 보임을 확인할 수 있으며, 위치 추적은 2차원 좌표로 사상된 마이크로폰의 위치를 통해 비교적 정확한 위치를 나타낸다.

### 감사의 글

본 논문은 2015년도 경남과학기술대학교의 대학 회계지원으로 수행되었음.

## References

- [1] L. Rabiner and R. Schafer, *Digital Processing of Speech Signals*, New Jersey: PRENTICE HALL, 1978.
- [2] P. Atrey, N. Maddage, and M. Kankanalli, "Audio Based Event Detection for Multimedia Surveillance," *2006 IEEE Int. Conf. on Acoustics Speech and Signal Processing*, Toulouse, France, May, 2006, pp. 813-816.
- [3] G. Valenzise, L. Gerosa, M. Tagliasacchi, F. Antonacci, and A. Sarti, "Scream and Gunshot Detection and Localization for Audio-Surveillance Systems," *IEEE Int. Conf. on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS 2007)*, London, England, Sept, 2007, pp. 21-26.
- [4] C. Knapp and G. Carter, "The generalized correlation method for estimation of thime delay," *IEEE Trans. Acoustics, Speech and Signal Processing*, vol. 24, no. 4, 1976, pp. 320-327.
- [5] C. Kee, G. Ki, and T. Le, "Real-Time Sound Localization System For Reverberant And Noisy Environmen," *Int. J. of Aeronautical and Space Sciences*, vol. 38, no. 3, 2010, pp. 258-263.
- [6] B. Park, K. Ban, K. Kwak, and H. Yoon, "Performance analysis of GCC-PHAT-based sound source localization for intelligent robots," *The J. of Korea Robotics Society*, vol. 2, no. 3, 2007, pp. 270-274.
- [7] B. Kwon, Y. Park, and Y. Park, "Spatially Mapped GCC Function Analysis for Multiple Source and Source Localization Method," *J. of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 16, no. 5, 2010, pp. 415-419.
- [8] G. Jang and M. Jeong, "Voice Activity Detection using Bi-Level HMM," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 8, 2015, pp. 901-906.
- [9] Y. Kim and H. Lee, "A Study on Improved Method of Voice Recognition Rate," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 1, 2013, pp. 77-83.
- [10] C. Lee, "The Effect of FIR Filtering and Spectral Tilt on Speech Recognition with MFCC," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 5, no. 4, 2010, pp. 363-371.

## 저자 소개



### 김우준(Woo-Jun Kim)

2015년 동아대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
2015년~현재 동아대학교 대학원 전자공학과 공학 석사과정

※ 관심분야 : 패턴인식, 음성신호처리

### 김영섭(Young-Sub Kim)



2005년 동명정보대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)  
2007년 동아대학교 전자공학과 졸업(공학석사)  
2013년 동아대학교 전자공학과 졸업(공학박사)  
2013년 3월 ~ 현재 : (주)시그널웍스 대표이사

※ 관심분야 : 패턴인식, 음성/영상처리, DSP application

### 이광석(Gwang-Seok Lee)



1983년 동아대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
1985년 동아대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
1992년 동아대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1995년 ~현재 국립경남과학기술대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 음성 신호처리 및 인식, 퍼지 및 신경 회로망, Biometrics, 지능화 기술