마이크 어레이를 이용한 네트워크 기반의 침입탐지 시스템

*김종화, 유현호, 권민욱
국립경상대학교 전자공학과
E-mail : *kjh6364@dreamwiz.com sega71@hanmail.net
minugi2@nate.com

Internet based Intruder detecting system Using Micropnone array

*Jong Hwa, Kim Hyun Ho, Ryu Min Wook, Kwon
GyeongSang Univ.

Abstract

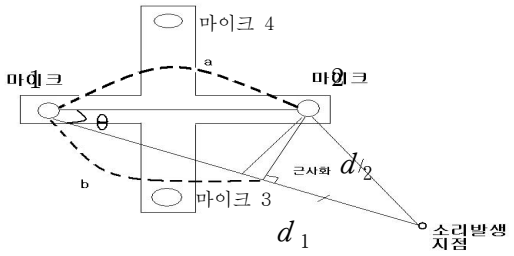
The direction of arrival of the sound signal can be derived from the time differences at the microphone array and the motor controls the camera to point at the direction of the sound signal. You can get through to the homepage and confirm the camera image on a client computer which connects to the server computer through Internet.

I. 서론

모든 물체가 움직이면 공기가 진동하며 소리는 항상 발생하게 된다. 이러한 소리도 잘 이용하게 되면 하나의 정보가 될 수 있다. 움직이는 물체에서 발생하는 소리를 측정하여 물체의 동작을 추적할 수 있으며 물체의 위치에 따라 스텝모터를 이용한 동작을 제어 할 수 있다. 이러한 위치 추적을 이용하여 시각적 영상 시스템을 사용시 기존의 방법인 사람이 시스템을 조작하는 것보다 여러 개의 마이크센서를 사용한 위치탐지 기술로 영상시스템의 단점을 보완할 수 있다.

II. 본론

시간지연을 검출하는 알고리즘에는 상호상관함수(Cross Correlation Function)를 일반적으로 이용한다. 이 알고리즘은 비교되는 두 신호간의 지연시간의 함수로 표현되는 상호상관함수에서 Peak 값의 위치를 검출함으로써 시간지연 값을 추정할 수 있다.



[그림 1] 마이크 어레이

[그림 1]에서 마이크 1과 마이크 2에 수신되는 신호를 아래와 같이 표현 할 수 있다.

$$r_1 = a_1 s(t-\tau_1) + n_1(t) \quad \text{.....(1)}$$

$$r_2 = a_2 s(t-\tau_2) + n_2(t) \quad \text{.....(2)}$$

여기서 a_i 는 전파에 따른 진폭의 감쇠요소, τ_i 는 음원에서 i 번째 마이크센서까지 신호의 전파시간에 따른 지연신호이며, $s(t)$ 는 잡음 $n_1(t)$와 $n_2(t)$ 에 비상관관계인 음원신호라고 가정한다. 두 마이크센서에서 받은 신호의 상호상관함수는

$$R_{r_1 r_2}(\tau) = E[\, r_1(t)\ r_2(t-\tau)]$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} r_1(t)\ r_2(t-\tau)dt \quad \text{.....(3)}$$

여기서 $E[]$는 기대값 (시간평균)을 나타낸다. 마이크센서 신호 r_1에 대한 마이크센서 신호 r_2의 상대적 지연시간은 $\delta_{12} = \tau_2 - \tau_1$이므로, $D \equiv \delta_{12}$ 라 하면 D는 식(3)을 최대로 하는 변수 τ임을 알 수 있다. 그러나 실제로는 무한구간에서 측정할 수 없으며 유한관찰시간에 대해서 식(3)을 근사화 해야 한다.

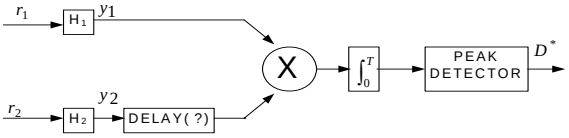
$-T \le \tau \le 0$ 에서

$$R^*_{r_1 r_2}(\tau) = \frac{1}{T-|\tau|}\int_{|\tau|}^{T} r_1(t)\ r_2(t-\tau)dt \quad \cdots\cdots(4)$$

$0<\tau\le T$에서

$$R^*_{r_1 r_2}(\tau) = \frac{1}{T-\tau}\int_{0}^{T-\tau} r_1(t)\ r_2(t-\tau)dt \quad \cdots\cdots(5)$$

여기서 T는 관찰시간이고 τ의 부호에 따라 식(4) 또는 식(5)을 사용하여 $R^*_{r_1 r_2}(\tau)$ 최대 값의 위치를 검출함으로써 근사화된 시간지연 D^*를 구할 수 있다. 측정된 시간지연 D^*의 정확성을 향상시키기 위해서 식(4) 또는 식(5)의 적분을 수행하기 전에 $r_1(t)$와 $r_2(t)$ 는 [그림 2]와 같이 필터 H_1, H_2를 각각 통과시키면, 신호 r_i 는 필터 H_i를 통과하여 출력 y_i ($i=1,2$)가 된다. 그리고 한 신호(y_2)를 τ만큼 지연시켜 각각의 y_i 는 서로 곱해진 다음 적분되며 ($R^*_{r_1 r_2}$), 이 과정을 τ를 변화시켜가면서 최대값을 얻을 때까지 반복한다. 검출된 최대값의 τ축에서의 위치가 예상시간지연 D^* 가 된다.



[그림 2] 데이터 처리과정

예상 지연시간 와 음속($v=331.5+0.6t$)을 이용하여 두 마이크 센서에 수신 D^*되는 신호의 거리차를 구할 수 있다.

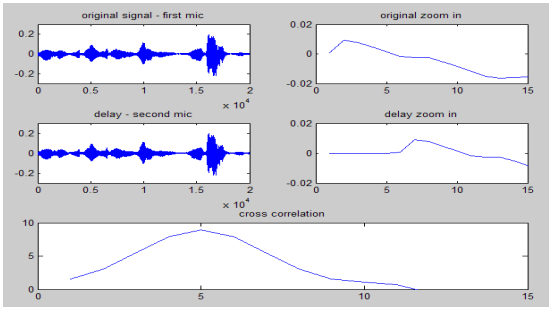
음원이 마이크센서로부터 멀리 떨어져 있다고 가정을 하면 d_1과 d_2는 같다고 할 수 있다.
따라서, 아래와 같이 Θ를 구할 수 있다.

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad \cdots\cdots(6)$$

$$b = D^{*}{*}v \quad \cdots\cdots(7)$$

상하 각도는 마이크3, 4를 이용해 구할 수 있다.

앞에서 소개한 시간지연 측정으로부터 두 음원의 거리차를 추정하는 방법의 성능을 테스트해보기 위해 모의음원과 어레이를 통한 시뮬레이션을 수행하였다. [그림 3]에서 보는 바와 같이 마이크1의 입력 신호와 마이크2의 입력신호 사이에 5만큼 delay된 값이 나타났고, 두 입력신호를 cross correlation한 결과 5의 위치에서 최대값을 찾을 수 있었다.

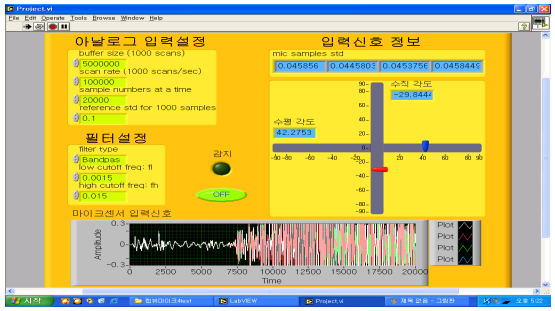


[그림 3] Cross Correlation Simulation

Ⅲ. 구현

마이크 어레이에 수신된 신호의 시간차를 구하기 위한 알고리즘으로 Labview를 이용하였다. NI Daq보드를 이용하여 실시간으로 데이터 처리를 하였다.

[그림 4]는 Main Front Panel로 샘플링 주파수와 필터종류 및 차단주파수를 설정할 수 있으며 중앙의 작은 램프는 기준 레벨 이상 음원의 감지 상태를 나타낸다. 우측의 눈금자는 음원의 방향을 각도로 표시하고 있고, 아래 부분의 그래프는 입력신호를 표시한다.



[그림 4] Main Front Panel

Ⅳ. 결론 및 향후 연구 방향

본 시스템을 적용하여 원격회의 시 발표자의 움직임에 따라 카메라를 이동시켜 영상을 촬영할 수 있고 소음원을 이용하여 적군의 장비의 종류 및 위치를 파악할 수 있다.

이 프로젝트에서 사용되어지는 공간은 자유공간이 아니므로 벽면에 반사되는 신호와 결합하여 마이크센서에 입사되기 때문에 음원 자체의 신호를 얻을 수 없다. 따라서 음원을 제외한 잡음을 제거할 수 있는 adaptive filter 과정이 필요하며, 기존의 마이크센서보다 작은 소리도 감지할 수 있는 고감도 마이크센서가 필요하다. 그리고 샘플링 속도가 높으면 음원이 없을 경우 잡음의 평균은 이론적인 값 0에 도달하기 때문에 샘플링 속도가 높은 Daq 보드를 사용하여 잡음의 영향을 줄일 수 있다.

참고문헌

[1] 윤영로, 송태경 임재중 공역(2000), "디지털신호처리", 사이텍미디어
[2] 곽두영(2003. 9),"Labview Express", Ohm 사
[3] Rappaport, Theodore S.(1999. 11), "Smart Antennas for Wireless Communications", IEEE
[4] Alberto Leon-Garcia(1994), "Probability and Random Process for Electrical Engineering", Addison Wesley
[5] Simon Haykin(2002), "Adaptive Filter Theory", Prentice Hall