음향이미징을 이용한 조용한 침입자의 능동형 위치추정에 대한 연구

A study for active localization of a silent intruder using acoustic imaging

김기현* · 김대성*** · 유호민* · 이성규** · 박강호** · 왕세명†

Kihyun Kim, Daesung Kim, Homin Ryu, Sung Q Lee, Kang-Ho Park and Semyung Wang

1. 서 론

현재 사용되는 보안시스템의 센서들로 IR 센서, 마이크로폰, 보안카메라, 마그네틱 센서 그리고 초음파 센서등이 주로 사용된다. 이 중 다중의 마이크로폰에 의해 보안공간의 음장변화를 감지하여 침입여부를 판단하는 연구가 진행되어 왔다.[1]

다중의 센서를 이용한 기술들은 화자의 위치(speech localization), 소음의 경로이동, 목적신호(target signals)의 추적 그리고 공간정보 획득등을 위하여 또한 연구되어 왔다. 센서어레이를 통하여 공간정보를 얻는 기술은 센서와 엑추에이터의 유무 및 목적하는 공간범위에 따라 능동형(active) 또는 수동형(passive) 위치추정 방식이 적용된다. 즉, 능동형 위치추정 방식은 신호의 엑추에이터에 의한 전달 및 센서에 의한 측정을 통해 공간정보를 얻기 때문에 목적하는 공간의 범위가 비교적 작으나, 수동형 위치추정 방식은 목적하는 지점에서의 소음원을 센서어레이로 측정하여 그 위치를 추정는 방식을 사용하므로 목적하는 공간을 비교적 넓게 선정할 수 있다. 이에 대표적인 예로 소나 시스템(Sonar system)을 들 수 있다.[2]

본 논문에서는 마이크로폰 어레이와 라우드스피커를 이용하여 공간정보를 능동형 방식으로 얻기 위한 과정 및 검증에 대해 소개하고 그 장점을 서술하였다.

2. 능동형 위치추정의 구현 및 음향이미징의 적용

2.1 마이크로폰 어레이와 라우드스피커를 이용한 능동형 위치추정에 대한 과정

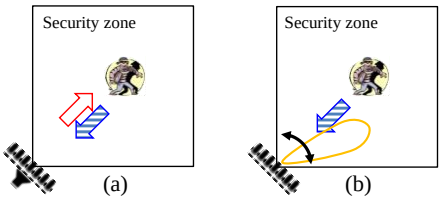

Figure 1 음향이미징 구성을 위한 개략도 (a)Burst sine 의 재생 및 측정 (b)SRP 에 의한 이미징 구현

Fig.1과 같이 2차원으로 설정된 보안공간의 공간정보를 얻기 위한 절차는 다음과 같다.

1. 마이크로폰 어레이의 중앙 마이크로폰과 라우드스피커를 같은 위치에 고정하여 센서 및 엑추에이터 간의 시간지연을 최소화한다.
2. Burst sine(Sine Gaussian waveform)을 침입전과 후에 각각 스피커로 재생하는 동시에 마이크로폰 어레이로 그 신호를 측정한다. 여기서 침입전 측정된 신호를 기준 신호(reference signals), 침입후 측정된 신호를 측정신호(measured signals)로 명시한다.
3. 측정신호에서 기준신호를 디컨볼루션을 적용하여 침입자에 의해 반사된 신호를 추출한다.
4. 반사음신호를 지연-합 빔형성 기법과 빔 스티어링을 적용하여 보안 공간의 SRP(steered response power)를 통해 음향 이미징을 구현한다.
5. 음향이미징의 최대 출력값을 기준으로 침입자의 위치, 즉 거리와 각도를 추정한다.

2.2 검증 모델 선정 및 실험 결과

(1) 검증모델 선정

Fig.2는 음향이미징의 구현 검증을 위한 실험구성으로서 설정된 보안공간은 3×3 m^2이며, 벽면을 따

† 교신저자; 광주과학기술원 기전공학부
E-mail : smwang@gist.ac.kr
Tel : (062) 715-2390 , Fax : (062) 715-2384
* 광주과학기술원 기전공학부
** 한국전자통신연구원
*** 삼성 전자

라 침입 및 중앙의 침입을 가정하여 설정하였다. 여기서 위첨자는 중앙마이크로폰 기준으로 침입위치의 거리, 아래첨자는 각도를 의미한다.

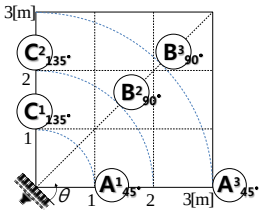

Figure 2 검증모델 구성

실험에는 1개의 라우드스피커와 7개의 마이크로폰, 침입자로 간주된 PVC 파이프(지름: 0.3m), 4kHz burst sine (attenuation: 0.5dB, BW: 0.05)의 재생신호 그리고 선형 마이크로폰 어레이의 간격은 Nyquist spacing으로 4kHz의 반파장(λ/2≈0.043m) 길이가 사용되었다.

(2) 실험 결과

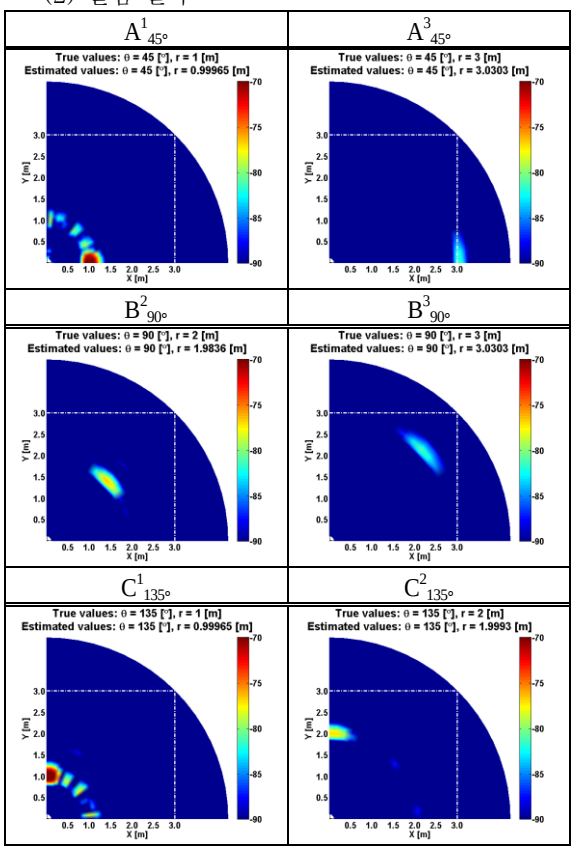

Figure 3 음향이미징 결과, 무향환경

Table 1 위치 추정결과

위치	추정결과		오차 [%]
$A^1_{45°}$	거리	0.9996 m	0.04
	각도	45°	0
$A^3_{45°}$	거리	3.0303 m	1.01
	각도	45°	0
$B^2_{90°}$	거리	1.9836 m	0.82
	각도	90°	0
$B^3_{90°}$	거리	3.0303 m	1.01
	각도	90°	0
$C^1_{135°}$	거리	0.9996 m	0.04
	각도	135°	0
$C^2_{135°}$	거리	1.9993 m	0.035
	각도	135°	0

Fig.3 및 Table1의 결과값은 설정된 검증모델을 무향환경에서 실험한 결과들이다. 각 음향이미징 및 위치추정결과를 통하여 본 논문에서 제안된 음향이미징에 적용된 능동형 위치추정 절차가 적합하며, 이 음향이미징을 통하여 침입자의 위치추정이 가능함을 확인하였다.

3. 결 론

본 논문에서는 가청주파수 영역대의 주파수를 이용하여 능동형 위치추정기술이 적용 가능함을 보였다. 일반적으로 2차원의 공간에서 선형어레이를 이용한 위치추정 방식은 각 축에 각각 선형어레이를 구성하여 한 지점의 위치를 추정하지만, 논문에서 보여진 방식은 하나의 선형어레이로 2차원공간의 정보를 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다.

후 기

본 연구는 한국전자통신연구원의 지원을 받았으며 이에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

[1] 이성규, 박강호, 양우석, 김종대, 김대성, 김기현, 왕세명, “가청주파수대 음장 변화 측정 기반 침입감지 기술”, 한국소음진동공학회 논문집, 21(3), 212~219, 2011

[2] A.H.Quazi, “An overview on the time delay estimate in active and passive systems for target localization”, IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Processing, 29(3), 527~533, 1981