

여러 음향신호에 대한 도달각 기반 측위기법에 대한 성능 분석

*김영문°, *유승수, **이석필, ***윤석호, *김선용
*건국대학교, **전자부품연구원, ***성균관대학교
e-mail : kimsy@konkuk.ac.kr

Effects of Acoustic Sources on Angle-of-Arrival-Based Localization

*Yeongmoon Kim°, *Seungsoo Yoo, **Seok-Pil Lee, ***Seokho Yoon, and *Sun Yong Kim
*Konkuk University, **Korea Electronics Technology Institute (KETI),
and **Sungkyunkwan University

요약

본 논문은 여러 음향신호의 도달각에 기반한 실내측위 성능을 분석한다. 도달각 측정을 위해 송출전력이 같은 총성, 벨소리, 그리고 의사충격음을 사용하였다. 음향 신호는 약 32 평방미터의 실험실에서 한 개의 음원 스피커를 통해 송출되고, 두 쌍의 서로 동기가 맞는 배열 마이크를 통해 수신된다. 수신된 음향신호로부터 한 마이크 쌍 사이의 도달지연시간차가 측정되고, 이로부터 도달각이 산출된다. 끝으로, 음원 스피커의 최종 위치는 도달각의 교점으로 결정된다. 본 논문은 설치한 실험환경에서의 참 도달각과 측정 도달각의 평균절대오차와 측위오차의 상보누적분포를 보이고, 이에 대한 성능특성을 분석한다.

I. 서론

음향기반 위치추정 기술은 배열 마이크를 사용해 음원의 위치를 결정하는 기술로 원격회의, 인간형 로봇, 화자 인식, 입체음향 등 음성 및 음향 관련 응용분야의 중요한 기반 기술이다.

이를 위해 일반적으로 사용되는 측정치는 도달시간(time-of-arrival), 도달지연시간차 (time-difference-of arrival), 도달각 (angle-of-arrival) 이 있다. 이 가운데 도달각은 수신된 음향신호로부터 거리차를 알고있는 한 마이크 쌍 사이의 도달지연시간차로부터 구할 수 있다 [1]. 본 논문에서는 도달각에 기반한 실내측위기술에 초점을 맞춘다.

II. 측위방식과 실험모형

2.1. 도달각 기반 측위

도달각 기반의 위치결정 기법은 수신되는 신호의 입사각을 측정하여 복수의 측정된 입사각으로부터 음원의 위치를 결정하는 방법이다.

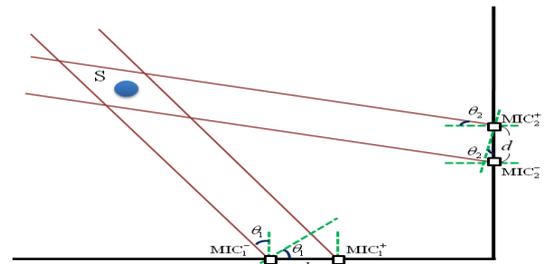


그림 1. 도달각 기반 측위 개념

그림 1은 배열마이크 두 쌍을 이용해서 음원 스피커 S의 위치를 측정하는 방식을 나타낸 것이다. d 는 배열마이크 사이의 거리이며, 도달각 θ_i 는 스피커에서 배열마이크 사이의 도달 시간 차이 τ_i 와 음속 v 를 식 (1)과 같이 연산해 측정한다. ($v = 342.915m/s@19^\circ C$)

$$\theta_i = \sin^{-1}\left(\frac{-\tau_i v}{d_i}\right), \quad (1)$$

여기서 측정된 도달각 θ_i 를 바탕으로 한 개의 직선을 결정할 수 있으며, 두 직선의 교점이 곧 S의 위치로 결정된다 [2].

2.2. 실험모형

본 논문에서는 실험을 위해 그림 2처럼 송출전력이 동일한 총성, 벨소리, 의사충격음을 사용하였다. 실험환경은 자유음장 환경이 아닌 그림 3처럼 반향과 잔향

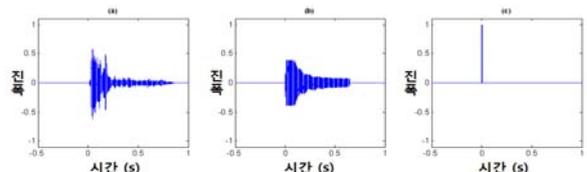


그림 2. 신호 모형 : (a) 총성 (b) 벨소리 (c) 의사충격음

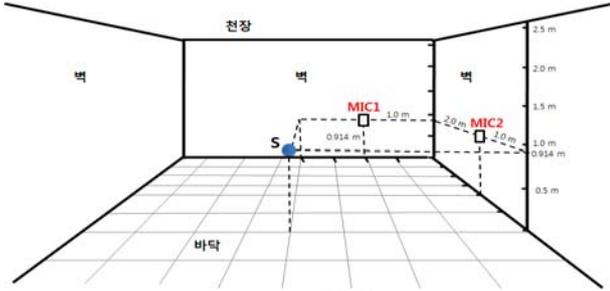


그림 3. 실험환경

이 존재하는 실내공간으로 설정했다.

그림 3의 실험환경에 따라 식 (1)을 적용하면 표 1처럼 도달지연시간차와 도달각의 참값을 얻을 수 있으며, 이때 $d = 3.82 \times 10^{-2}m$ 이다.

표 1. 참 도달지연시간차와 참 도달각

	도달지연시간차	도달각
MIC1	3.58×10^{-5} 초	18.43°
MIC2	5.05×10^{-5} 초	26.56°

III. 실험결과 및 분석

실험에서 표본 주파수 48KHz와 분해능 16비트인 자체 제작한 음향신호획득보드를 사용했다. 신호와 잡음을 구분하기 위해 음원발생이 없는 상황에서 25초 동안 잡음을 수신하였고, 수신된 잡음의 특성을 바탕으로 오경보 확률이 10^{-5} 일 때 이 값을 넘는 값이 나타나는 시점을 신호의 수신시점으로 판단했다.

측정한 도달각과 표 1을 바탕으로 도출한 도달각 평균절대오차의 상보누적분포는 그림 4와 같으며 도달각 평균절대오차의 평균과 분산은 표 2와 같다.

측정한 도달각을 바탕으로 결정한 위치의 절대측위 오차는 그림 5와 같고 그 절대측위오차의 평균과 분산은 표3과 같다.

음향기반 측위시스템에서의 측위성능은 반경 0.30m 이내의 오차를 갖는 측위결과의 빈도로 판단하였다. 그림 5에서 의사충격음은 약 64%, 벨소리는 약 60%, 총성은 8%의 측위결과가 0.30m이내의 오차를 보였다.

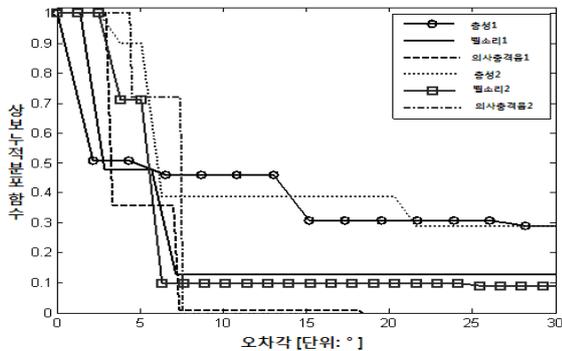


그림 4. 도달각 평균절대오차의 상보누적분포

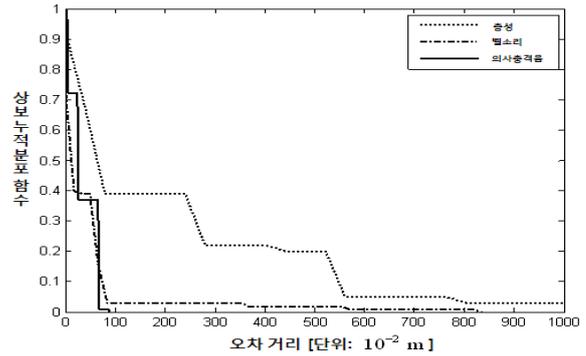


그림 5. 측위오차의 상보누적분포

본 논문에서 고려한 세 음원 가운데 의사충격음의 측위정확도가 가장 높으며, 벨소리, 총성 순서로 측위 정확도가 낮았다. 총성이 가장 오차가 큰 이유는 에너지가 넓은 시간대에 걸쳐 퍼져 있으며, 최대 진폭이 나타나는 시점 전후에 신호 변위가 크기 때문이다.

표 2. 도달각 평균절대오차의 평균과 분산

	총성		벨소리		의사충격음	
	MIC1	MIC2	MIC1	MIC2	MIC1	MIC2
평균	26.67	24.89	13.61	11.92	5.12	6.73
분산	999.70	632.34	270.87	487.01	5.60	1.86

표 3. 측위오차의 평균과 분산

	총성	벨소리	의사충격음
평균	2.54	0.57	0.36
분산	98690.47	11098.32	717.10

IV. 결론

본 논문은 여러 음향신호의 도달각을 사용한 실내측위성능을 분석했다. 실험 결과 사용한 음향신호 가운데 의사충격음이 측위정확도가 가장 높으며, 벨소리, 총성 순서로 측위 정확도가 낮다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부 i-Real Sound Platform 기술 개발 과제에 의하여 지원되었음.

참고문헌

[1] X. Chen, Y. Shi, and W. Jiang, "Speaker tracking and identifying based on indoor localization system and microphone array," in *Proc. International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (AINAEW'07)*, pp. 347-352, Ontario, Canada, May 2007.

[2] A. P.-Zamora, J. V. Manzano, and D. H. Brooks, "Closed-form solution for positioning based on angle of arrival measurements," in *Proc. IEEE Int. Symposium Personal, Indoor and Mobile Radio Communication (PIMRC'02)*, vol. 4, pp. 1522-1526, Barcelona, Spain, Sep. 2002.