

음원 방향 검지용 회전형 마이크로폰 어레이 시스템

Rotating Microphone Array System for Sound Source Localization

이상문† · 박영진* · 박윤식**

Sangmoon Lee, Youngjin Park, Youn-sik Park

1. 서 론

음원 방향 검지 기술은 마이크로폰 어레이를 통해 획득된 음향신호를 이용하여 음원의 방향을 추정하는 기술로써 지능로봇, 모니터링, 화상회의 시스템 등 다양한 분야에 적용되어왔다. 이러한 기술은 대상체가 존재하는 환경 내 어떠한 음향 컨텍스트가 존재하는지를 파악하는 기반 기술 중 하나로, 로봇 분야에서는 사람과 로봇간의 상호작용 (Human Robot Interaction, HRI)을 위한 기술로 이해할 수 있다. 기존의 방향 검지 기술은 고정된 센서 어레이를 기반으로 발전되어왔다. 예외적으로 선형으로 움직이는 (linearly moving) 어레이에 기반한 검지 기술들이 소수 존재하지만, 일정한 간격으로 배치된 마이크로폰 어레이 구조는 대상 플랫폼에 부착되어 사용되기에는 한계가 있다. 본 연구에서는 고정단이 아닌 움직이는 단에 부착된 센서를 이용한 방향 검지 기법을 소개하고 시뮬레이션 결과를 통해 그 성능을 살펴보고자 한다. 만약 고정단 뿐만 아니라 움직이는 단에 부착된 센서를 이용한 방향 검지 기법이 개발된다면 센서의 위치에 대한 제약이 없어질 뿐만 아니라 검지 성능이 향상 될 것으로 기대된다. 본 연구에서는 방향 검지를 위하여 구 모델에 부착된 회전형 마이크로폰 어레이를 이용한다. 두 개의 마이크로폰 중 하나는 구 모델 우측면에 존재하는 회전 단상에 존재하고 다른 하나는 좌측면에 고정하였다. 보다 자세한 사항은 Figure 1에서 확인 할 수 있다. 제 2장 본문에서는 마이크로폰 어레이가 회전할 때

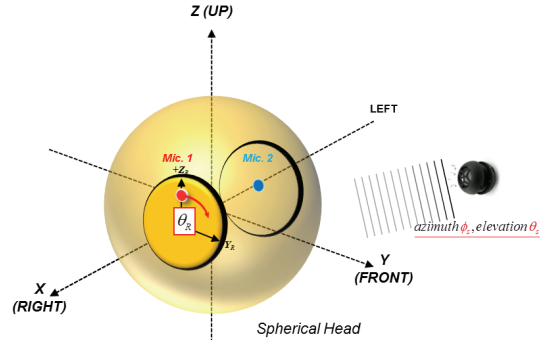


Figure 1. Proposed rotating microphone array system. θ_R represents the rotating angle of the right-sided microphone with respect to the $+Z_R$ axis.

발생하는 시간지연차이궤적을 살펴보고 이에 기반한 방향 검지 기법 및 신호대 잡음비율 (Signal to Noise Ratio, SNR)에 따른 성능변화를 살펴보고자 한다.

2. 본 론

2.1 시간지연차이궤적

고정된 마이크로폰 어레이를 방향 검지에 적용할 경우, 음원의 방향에 대해서 일정한 시간지연오차 (Inter-channel Time Difference, IcTD)를 획득할 수 있다. 하지만, 회전형 마이크로폰 어레이와 같이 시간에 따라 센서의 위치가 변경되는 시스템의 경우, 기존에 사용되었던 IcTD는 일정한 형태로 변하게 된다. 본 연구에서는 이러한 특정한 패턴을 가지는 IcTD변화양상을 시간지연차이궤적 (Time Delay Difference Trajectory, TDDT)이라 명명하며 이를 수학적으로 구하는 방법은 3차원 모델에 적용가능한 Ray-Tracing Method를 사용하였다. 그 예로, 수평 면상에 존재하는 음원을 대상으로 생성된 TDDT를 살펴보면 Figure 2와 같다. 3차원 공간에 존재하는

† 교신저자; 한국과학기술원 기계공학과
E-mail : smansl@kaist.ac.kr
Tel :042-350-3076, Fax :042-350-8220

* 한국과학기술원 기계공학과
** 한국과학기술원 기계공학과

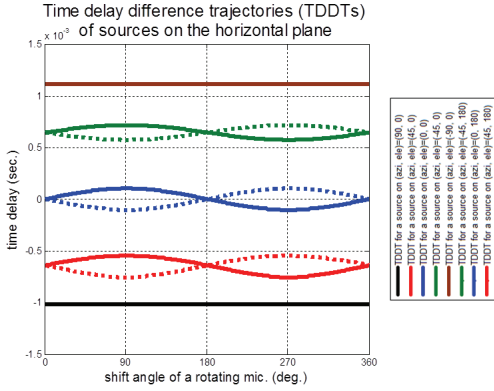


Figure 2. Time delay difference trajectories for horizontally spaced sound sources.

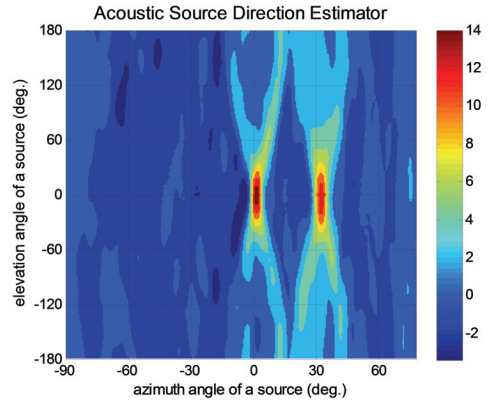


Figure 3. Acoustic source direction estimator when two sound sources are existing.

음원의 방향은 inter-aural polar coordinate system에 의해 정의가 되었다. 단일 음원의 방향 검지를 대상으로 할 경우, 측정된 음향 신호로부터 하나의 TDDT를 구하여 이로부터 음원의 방향을 결정할 수 있다. 하지만, 대응해야 하는 음환경 내에는 소음원 및 다수의 관심 음원들이 존재할 수 있으며 따라서 다음원의 방향 검지에 대응가능한 기술을 개발할 필요성이 있다. 따라서 2.2장에서 음원방향검지지표인 ASDE (Acoustic Source Direction Estimator)에 기반한 방향검지기법을 제안한다.

2.2 Acoustic Source Direction Estimator

회전하는 각속도와 회전반경의 값이 크지 않기 때문에 회전에 의해 발생하는 도플러 영향은 무시할 수 있다고 가정한다. 회전각에 의존적인 TDDT는 측정된 두 신호로부터 생성가능한 PHAT(PHASE Transform) GCC 함수로부터 획득가능하며 식(1)과 같이 표현할 수 있다. 또한, ASDE는 식 (2)와 같이 정의된다.

$$R_{xy}(\theta_R, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{G_{xy}(\theta_R, f)}{|G_{xy}(\theta_R, f)|} e^{i2\pi f\tau} df \quad (1)$$

$$ASDE(\varphi_S, \theta_S) = \frac{\oint_{\theta_R} R_{xy}(\theta_R, \tau) d\theta_R}{\oint_{\theta_R} d\theta_R} \quad (2)$$

하나의 음원은 정면에 존재하고 또 음원이 $(\phi_S, \theta_S) = (30^\circ, 0^\circ)$ 에 존재할 때, 획득가능한 ASDE는 Figure 3과 같다. 이 때 사용된 음원은 white-noise를 사용하였으며 이는 시뮬레이션을 통해 얻어진 결

과이다. 이 때, 단일 음원의 방향 검지 성능은 SNR의 변화에 따라 Table 1에 나타난 바와 같이 변하는 것을 확인할 수 있다.

Table 1 SNR-dependent estimation performance

SNR (dB)	30	25	20	15	10	5
Mean* (S.D)	2.08 (1.28)	2.07 (1.28)	2.07 (1.28)	2.08 (1.28)	2.08 (1.29)	2.1 (1.31)

*Mean and S.D are measured by ATPDV(angle between true and perceived direction vectors) and their unit is degree.

3. 결 론

본 연구에서는 회전형 마이크로폰 어레이 시스템을 이용한 음원 방향 검지 기술을 제안하였다. 기존에 제안된 방향 검지 기법은 고정된 어레이를 기반으로 개발되었기 때문에 음원의 방향에 따라 일정한 방향 검지 cue가 생성되지만, 회전형 마이크로폰 어레이의 경우, 시간에 따라 변화하는 시간지연차이케적을 새로운 방향 검지 cue로 사용하였으며 이에 기반하여 새로운 음원방향검지지표(ASDE)를 제안하였다.

후 기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2012-2044692).