

# 음원위치 추정 시스템에서 속도향상을 위한 AMDF의 적용

송도훈\*, 차경환\*\*, 김천덕\*\*\*

\*부경대학교 대학원 전기공학과, \*\*동서대학교 전자기계공학부, \*\*\*부경대학교 전기공학과

## Application of AMDF for Improvement of algorithm in estimation system of speech source

Do-Hoon Song\*, Kyung-Hwan Cha\*\*, Chun-Duck Kim\*\*\*

\* Dept. of Electrical Eng. Graduate School Pukyong National Univ.

\*\* Faculty of Electronics and Mechanical Eng. Dongseo Univ.

\*\*\* Dept. of Electrical Eng. Pukyong National Univ.

### 요 약

원격시간 화상회의 시스템에서 화자의 위치에 따른 카메라 제어를 위해서는 마이크로폰 배열(Microphone Array)로 수용한 음성신호에 대해 각 마이크로폰간의 빠른 지연시간 추정이 요구된다. 본 연구에서는 음원위치 추정을 위한 지연시간(Time Delay) 계산을 위해 AMDF(Average Magnitude Difference Function)를 적용하여 연산시간을 단축시키는데 목적을 두고 있다. 기존의 상호상관함수(Cross-correlation)알고리즘과 본 연구에서 적용한 AMDF 알고리즘을 비교하기 위해 SNR 10dB와 20dB인 200Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz의 정현파 합성신호와 단음절 음성신호에 대해 시뮬레이션을 행하였다. 시뮬레이션 결과 AMDF 알고리즘의 정확한 지연시간 추정을 확인하였다.

### 1. 서 론

최근 멀티미디어 기술의 발전에 따라 실용화 되고 있는 TV회의나 PC를 이용한 Desk Top회의등 원격 화상회의 시스템에서 복수화자의 음성분리와 화자의 위치

추정 Camera제어를 위해서는 마이크로폰 배열로 측정된 음성신호의 빠른 실시간 처리가 요구된다.[1][2] 마이크로폰 배열을 이용한 음원위치추정 시스템에서 음원의 DOA(Direction Of Arrival)를 예측하기 위해 마이크로폰간의 정확한 지연시간(Time Delay)을 구해야 한다.[3] 지연시간 추정을 위한 기존의 상호상관함수 알고리즘에서는 고품연산을 해야한다. 따라서 실시간 신호처리를 목적으로 하는 경우에는 승산에 대한 고속 연산수행을 위해 DSP(digital signal processing) chip을 비롯한 특수 하드웨어를 필요로 함으로 범용 프로세서를 기반으로 하는 하드웨어의 구현에는 경제적인 제약이 따른다.

본 연구에서는 범용 콘트롤러 환경하에서 음원위치 추정 알고리즘의 연산 속도 향상을 위해 AMDF 알고리즘 적용을 제안한다.[4] 지연시간 추정을 위한 AMDF 알고리즘의 적용을 검증하기 위해 SNR 10dB, 20dB인 정현파 합성신호(200Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz)와 단음절 음성신호 '아'음에 대해 시뮬레이션을 한다.

## II. 센서 배열 모델

실제 음장에서 음성신호는 다양한 형태의 외부잡음 및 왜곡이 존재한다. 그 중 마이크로폰이나 전송선로 특성에 의한 채널왜곡을 무시한다면 대부분의 문제는 입력음성에 부가되는 외부잡음으로 설명할 수 있다. 이 경우 외부잡음을 고려한 음성신호는 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_i(t) = \alpha S(t - \tau_i) + n_i(t)$$

$$P_j(t) = \beta S(t - \tau_j) + n_j(t) \quad (1)$$

여기서 S(t)는 평면파로 가정한 음원신호,  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 거리에 따른 감쇄상수,  $n_i(t)$ ,  $n_j(t)$ 는 음원신호와 상관성이 없는 외부잡음을 나타낸다. 그림 1.의 마이크로폰 배열에서 (Mic\_1, Mic\_2) (Mic\_1, Mic\_3) (Mic\_2, Mic\_3) (Mic\_3, Mic\_4)간의 지연시간(식(2))을 각각 계산하면 식(3)에서 DOA를 예측할 수 있다.[1][3]

$$\tau_{ij} = (\tau_i - \tau_j) \quad (2)$$

$$\tau_{ij} = (d \cdot \sin \theta) / c \quad (3)$$

여기서 d는 마이크로폰간의 거리, c는 공기중의 음속이다.

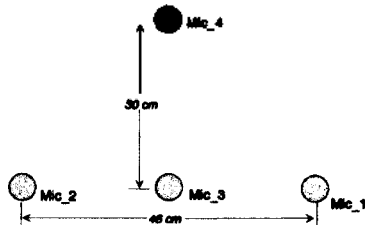


그림 1. 음원위치 추정을 위한 마이크로폰의 2차원 배열

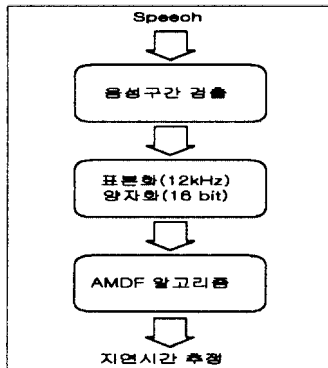


그림 2. 지연시간 추정 블록도

각 마이크로폰간의 지연시간을 정확히 추정하면 공간상 기하계산을 통한 음원위치 추정과 동기화산에 의한 높은 SNR 수용을 할 수 있다.

## III. AMDF 알고리즘과 상호상관함수 알고리즘의 비교

지연량 추정을 위해서 음성신호  $P_i(t)$ ,  $P_j(t)$ 에 대해 식(4)와 같이 상호상관함수  $R(\tau)$ 의 최대가 되는 지점 또는 식(5)와 같이 AMDF  $D(\tau)$ 의 최소가 되는 지점에 대응되는  $\tau_{ij}$ 가 음성신호의 시간지연이다.

$$R(\tau) = \sum_{n=0}^{N-1} P_i(n) \cdot P_j(n+\tau)$$

$$\tau_{ij} = \arg \max R(\tau) \quad (4)$$

$$D(\tau) = \sum_{n=0}^{N-1} |P_i(n) - P_j(n+\tau)|$$

$$\tau_{ij} = \arg \min D(\tau) \quad (5)$$

그림 2.에서 마이크로폰으로 수용한 신호에 대해 음성구간을 검출한 뒤 N-point 샘플링 하면 식(4)에서 표현된 상호상관함수 알고리즘은  $(2N-1) \cdot N$ 번의 승산과  $(2N-1) \cdot (N-1)$ 번의 가산을 해야 하지만 식(5)에서 표현된 AMDF 알고리즘은  $(2N-1) \cdot N$ 번의 감산과  $(2N-1) \cdot (N-1)$ 번의 가산만 하면 된다. 두 알고리즘에서 계산회수는 동일하지만 AMDF 알고리즘은 승산 대신 감산을 한다. 전용 DSP chip에는 고속 승산기가 내장되어 있어 1 머신 싸이클(machine cycle)에 승산이 실행되지만 마이크로프로세서로 승산을 하면 데이터수 N이 증가할수록 승산속도에는 큰 차이가 난다. 따라서 실시간 처리와 하드웨어의 경제적 구현을 위해서는 본 연구에서 제안된 AMDF 알고리즘이 적합하다. 데이터수 N을 2048개로 가정하여 상호상관함수 알고리즘과 AMDF 알고리즘의 승산, 가산, 감산 회수를 비교하면 표 1.과 같다.

표 1. 두 알고리즘의 연산 회수 비교

	AMDF	상호상관함수
승산	0	8386560
가산	8382465	8382465
감산	8386560	0
비교	승산을 감산으로 대체	

#### IV. 시뮬레이션 및 결과

본 연구에서 제안된 AMDF 알고리즘에 대한 지연시간 추정의 유용성을 검증하기 위해 정현파 합성신호와 단음절 음성신호에 대한 시뮬레이션을 행한다. 시뮬레이션 조건은 다음과 같다.

두 마이크로폰간 거리는 0.48m로 하고 샘플링 주파수는 12kHz, 샘플 데이터수(N)는 2048개이다. 평면파로 가정한 음원신호는 200Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz인 정현파 합성신호이고 마이크로폰 배열면의 법선방향을 기준으로 +62.5°에 위치한다고 가정한다. 음원신호와는 상관이 없는 외부잡음은 평균이 0, 분산이 1인 백색 가우시안 잡음이고 외부잡음이 있는 음의 환경을 고려하여 SNR 10dB, 20dB 각각에 대해 시뮬레이션을 하였다.

그림 3은 기존의 상호상관함수 알고리즘과 본 연구에서 제안된 AMDF 알고리즘의 시간지연 추정을 비교한 그림이다. 그림 3.(a)는 순음 정현파 합성신호, 그림 3.(b)는 12kHz로 샘플링하고 16bit로 양자화한 단음절 음성신호 '아'에 대한 비교로서 두 그림 모두 1.25ms 지점에서 피크점이 존재한다. 식(4)와 식(5)에서 상호상관 함수 알고리즘의 최대점과 AMDF 알고리즘의 최소점이 지연시간이 된다. 따라서 AMDF 알고리즘은 정확한 지연시간 추정을 한다.

그림 4는 외부잡음이 존재하는 실제 음장을 고려하여 SNR 10dB와 20dB인 정현파 합성신호에 대해 지연시간 추정 시뮬레이션을 행한 결과이다. SNR 10dB와 20dB 모두 AMDF 알고리즘을 통해 1.25ms지점에서 지연시간을 구할 수 있다.

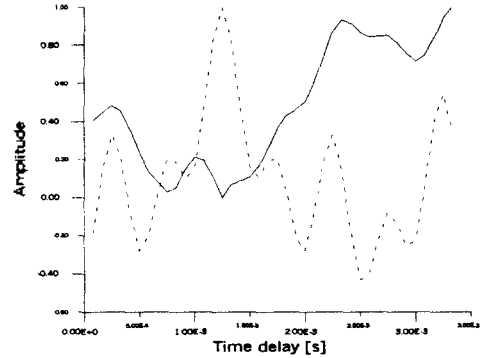
그림 3과 그림 4에서 TDE를 위해 AMDF 알고리즘의 작용이 유용함을 검증하였다.

#### VI. 결론

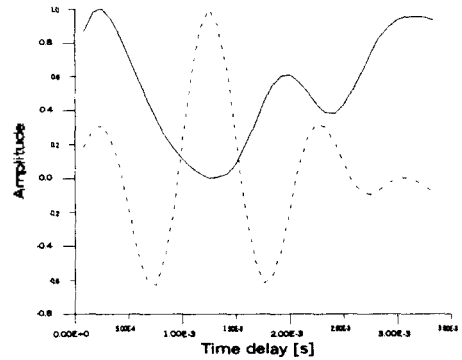
본 연구에서는 TDE에 기초한 음원위치 추정 시스템의 범용 콘트롤러 환경하에서 빠른 지연시간 계산을 위해 AMDF 알고리즘을 제안 하였다.

지연시간 계산을 위한 기존의 상호상관함수 알고리즘에 비해 AMDF 알고리즘은 승산 대신 감산을 수행하므로 경제적 하드웨어 구현이 용이하고, 정현파 합성신호와 단음절 음성신호 '아'에 대한 시뮬레이션 결과 정확한 지연시간 추정을 하였다.

차후에는 음원위치 추정을 위한 지연시간 계산을 위해 AMDF 알고리즘을 이용한 실시간 처리 시스템을 구성할 계획이다.



(a) 순음 정현파 합성신호 (200Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz)



(b) 단음절 음성신호 '아'

그림 3. AMDF와 Cross-correlation을 이용한 지연시간 추정 (실선 : AMDF, 점선 : Cross-correlation)

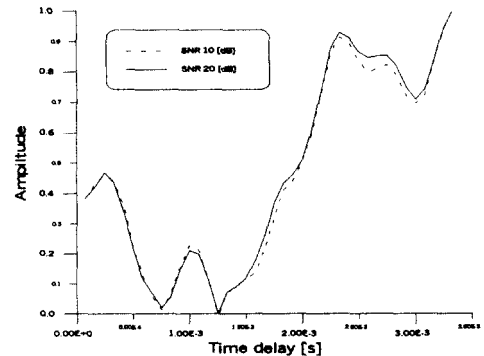


그림 4. SNR 10dB, 20dB인 정현파 합성신호 (200Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz)의 AMDF 알고리즘에 의한 지연시간 추정

## 참 고 문 헌

- [1] Hong Wang and Peter Chu, "Voice source localization for automatic camera pointing system in videoconferencing", In Proceeding of the ICASSP IEEE, p187-190, 1997.
- [2] 백승판, "음원위치 추정을 위한 마이크로폰 설계", 부경대학교 석사학위논문, 1998.
- [3] 박진남, 박규철, 홍우영, 김천덕, "MUSIC과 직선 마이크로폰에 의한 음원 방향 추정", 1995년도 한국음향학회 학술발표대회 논문집 Vol. 14, No. 1(s) p116-119, 1995.
- [4] L.R.Rabiner and R.W.Schafer, Digital processing of speech signals, Englewood Cliffs, Prentice Hall, New Jersey, 1978.
- [5] G.clifford carter, "Coherence and Time Delay Estimation", proceedings of the IEEE, Vol. 75, no. 2, p236-255, Feb. 1987.
- [6] C.H.Knapp and G.C.Carter, "The Generalized Correlation Method for Estimation of Time delay", IEEE Trance. on Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol 24. ASSP, August 1976.