

마이크로폰 어레이 최적화에 의한 일반화된 부엽 제거 기법의 노이즈 및 간섭신호 제거 향상

Improvement of Noise and InterferenceSuppressions by Optimizing Microphone Arrays in the Generalized Sidelobe Canceller Algorithm

신용호* · 김대성** · 김기현** · 왕세명†

Yongho shin*, Daesung Kim**, Kihyun Kim** and Semyung Wang†

1. 서 론

1D 선형 어레이를 구성하는 개별 마이크로폰에 대한 위치최적설계는 지향성을 개선시킴으로서 공간적인 필터링을 위한 알고리즘(Beamforming)의 노이즈 제거성능을 향상시킨다. 일반화된 부엽 제거 기법(GSC)[1]은 신호에 독립적인 빔 형성 기법의 출력 신호에 존재하는 부엽신호를 적응적으로 제거함으로써 목적 신호에 대한 지향성을 향상시킨다. 일반적으로 마이크로폰사이의 간격은 등간격으로 배치되며 이때의 간격을 d 라 하면, $d = \lambda/2$ 가 되도록 함으로서 공간적인 엘리어싱(Aliasing)을 방지한다. 하지만 어레이에 대한 공간적인 응답(spatial response)은 어레이의 중심을 기준으로 같은 거리에 위치하는 좌우 두개의 마이크로폰 한쌍에 의해 나타나는 개별 응답들의 합으로 나타나기 때문에 좌우 대칭구조를 이루는 어레이의 사이 간격은 지향성 및 노이즈 제거 성능 향상을 위해 매우 중요한 인자가 된다.[3]

본 논문에서는 Levenberg Marquardt method[5]에 의해 위치 최적설계가 수행된 1D 선형 어레이와 등간격으로 배치된 어레이를 일반화된 부엽 제거 기법에 적용하여 간섭신호 및 노이즈 제거의 향상된 성능을 보이고 이를 바탕으로 마이크로폰의 위치 최적설계 수행의 타당성을 보이도록 하겠다.

2. 본 론

2.1 절 마이크로폰 간격과 어레이의 응답

빔 형성 기법에 있어서의 마이크로폰의 간격은 어레이에 대한 목적신호의 위치(Angle)에 따라 각 채널별 크기 변화 및 시간지연(delay)을 갖는다.[3] 빔

형성 기법은 이러한 각 채널별 크기 및 위상을 보정함으로써 어레이 신호에서 목적신호를 추출하게 된다. 즉, 어레이 신호에 대한 빔 형성 기법의 응답은 중간에 위치한 마이크로폰을 중심으로 좌우 같은 위치의 마이크로폰에 의해 나타나는 응답의 합으로 나타낼 수 있다. 다시말해, 어레이의 응답을 b 라 하면

$$b(\theta, \omega) = \vec{w}_F^H \vec{a}(\theta, \omega) = \sum_{n=-(N+1)/2}^{(N+1)/2} (w_F)_n^* a_n(\theta, \omega) \quad (1)$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{n=-(N+1)/2}^{(N+1)/2} e^{-j p_n k (\sin \varphi - \sin \theta)}$$

이며, $\vec{a}(\theta, \omega)$ 는 어레이 신호를 나타내고 \vec{w}_F 는 신호에 독립적인 빔 형성 기법의 계수를 나타낸다. 중간에 위치한 마이크로폰에 대한 좌우 마이크로폰 한쌍에 대한 응답을 하나의 개별 응답으로 볼 때 5개의 마이크로폰에 대한 3개의 개별 응답은 그림 1(a)와 같으며 전체 응답은 각 개별 응답을 모두 더한 것으로 그림 1(b)와 같다.

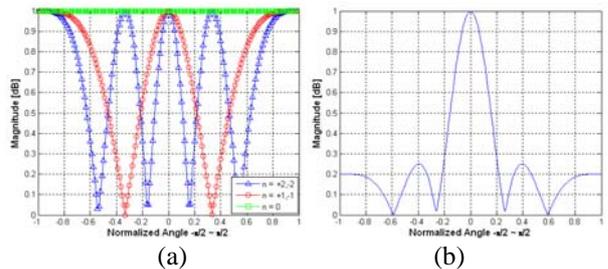


그림1. 빔 형성기의 주파수 응답(파장 : 고정, 지향각(φ) : 0°) (a) 개별 응답 (b) 어레이 응답

위의 그림 1은 전체 응답에서 주엽의 폭을 좁히거나 부엽의 크기를 줄이기 위해서는 개별 응답의 상호 상쇄 및 보강이 잘 이루어 지도록 마이크로폰을 배치해야 한다는 것을 보여주고 있으며 이로부터 어레이를 구성하는 마이크로폰의 위치에 대한 최적설계가 필요함을 알 수 있다.

† 교신저자; 광주과학기술원 정보기전공학부
E-mail : smwang@gist.ac.kr
Tel : (062) 715-2390, Fax : (062) 715-2384
* LG Electronics HA 연구소
** 광주과학기술원 정보기전공학부

2.2 절 어레이의 위치 최적설계

(1) 최적설계 문제 정의

7 개의 마이크로폰으로 구성된 어레이에 대해 지향성을 향상시키기 위한 최적설계 문제 정의는 아래와 같다.[4][5]

$$\text{Min}_{p_n} F(p_n) = \sum_j^{2\pi} \left| \vec{B}(\theta_j, \omega) - \vec{W}^H(\varphi, \omega) \vec{a}(\theta_j, \omega) \right|^2 \quad (2)$$

위 식(2)는 이상적인 어레이의 응답 $\vec{B}(\theta, \omega)$ 에서 신호에 독립적인 빔형성 기법, Delay and Sum Beamformer, 을 위한 계수 $\vec{W}(\varphi, \omega)$ 와 신호의 위치별 어레이 응답을 나타내는 $\vec{a}(\theta, \omega)$ 의 곱을 빼 값을 오차로 하고 이를 최소로 하는 Levenberg Marquardt method 로 정의된다. 본 논문에서는 주어진 개수의 마이크로폰으로부터 최적의 지향성을 갖는 distribution 을 얻기 위해 어레이의 전체 길이는 제한하지 않으며 284~4488Hz 의 주파수 대역에 대해 최적화가 수행된다.

(2) 수행 결과

최적설계의 수행결과를 어레이에 대한 Directivity Index 측면에서 비교해보면 아래 그림 2 와 같다.[6]

$$DI(e^{j\omega}) = 10 \log_{10} \left(\frac{|H(e^{j\omega}, \varphi_0, \theta_0)|}{\frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} |H(e^{j\omega}, \varphi, \theta)| \sin(\theta) d\varphi d\theta} \right) \quad (3)$$

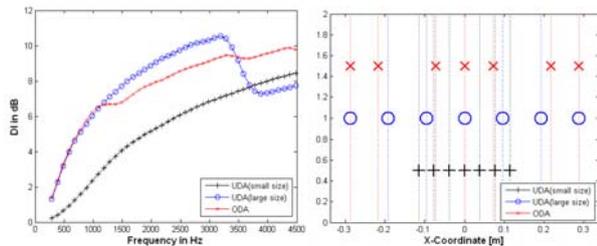


그림 2. 최적화된 어레이의 위치 및 지향성
(a) 지향성 (b) 어레이 위치 값

'X'로 나타나는 최적화된 어레이의 DI가 등간격의 DI 보다 좋은 특성을 나타내는 것을 볼 수 있다.

2.3 절 최적화된 어레이가 적용된 빔 형성기법의 실험적 고찰 및 결과

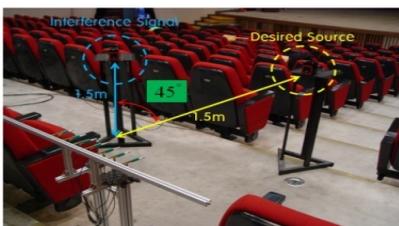


그림 3. 실험 환경 (대강당)

대강당에서 두가지의 어레이에 대한 실험 데이터를 가지고 스펙트럼을 정량적으로 평가한 결과는 아래 표 1 과 같이 나타난다.[6][7]

Array Type	Normalized Distortion quantity, D	Normalized Interference Suppression quantity, S _I	Normalized Noise Suppression quantity, S _N
Uniform Array	-70.6579	-12.8150	-10.1241
Optimal Array	-67.6220	-18.0469	-13.0579

표 1. 일반화된 부엽 제거기법 수행결과 (dB)

3. 결 론

본 논문은 소음 및 잡음신호 제거의 향상을 위해 일반화된 부엽 제거기법에 위치 최적화된 마이크로폰의 어레이 구조를 적용할 것을 제안하였으며, 실험적으로 잡음 및 간섭신호에 대한 제거 성능이 향상됨을 검증하였다. 즉, 주변 잡음 및 간섭신호에 대한 영향을 덜 받도록 하는 공간적 필터링을 위해서는 구조적인 지향성 향상 방법 또한 고려되어야 할 요소라는 것을 본 논문으로 부터 알 수 있었다.

후 기

본 연구는 2009 년도 광주과학기술원 교수기본연구에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

References

- [1] Kevin M. Buckley, "Broad-Band Beamforming and the Generalized Sidelobe Canceller", IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal processing, Vol. ASSP-34, No. 5, Oct 1986
- [2] Bary D. Van Veen, Kevin M. Buckley, "Beamforming : A versatile Approach to Spatial Filtering", IEEE ASSP Magazine April, 1988
- [3] Victor M. Alvarado, Harvey F. Silverman, "Experimental results showing the effects of optimal spacing between elements of a linear microphone array", IEEE, ICASSP-90, pp 837-840, Vol. 2, 3-6 Apr 1990
- [4] Goodwin, M.M.; Elko, G.W., "Constant beamwidth beamforming", IEEE, ICASSP-93, pp 169-172, Vol. 1, 27-30 April 1993
- [5] D. Marquardt, "An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters", SIAM J. Appl. Math., Vol. 11, pp 431-441, 1963
- [6] M. Brandstein, D. Ward, "Microphone Arrays Signal processing Techniques and Applications", Springer,
- [7] 2001Martie M. Goulding, John S. Bird, "Speech Enhancement for Mobile Telephony", IEEE Transactions on Vehicular Technology, pp 316-326, Vol 39. No 4, Nov 1990