

보청기술에 시간지연 빔형성을 적용하기 위한 최적의 마이크로폰 배치법 설계

Designing a proper arrangement of microphones applying delay-and-sum beamforming to a hearing-aid technique

노지인† · 조현* · 박영진** · 박윤식***

Jeein Noh, Hyun Jo, Youngjin Park and Youn-sik Park

1. 서 론

기존에 사용되는 보청기들은 기본적으로 귀 속에 장착하는 형식으로, 사용하는 마이크로폰의 개수가 적고 마이크로폰 사이 간격이 좁다는 문제가 있었다. 본 논문에서는 새로운 보청기술로 안경⁽¹⁾, 헤드폰 등에 마이크로폰 어레이를 배치 시켜, 길이의 제한이 주어졌을 때, 전방에서 오는 음성 신호를 증폭시키고 그 외의 방향에서 오는 소음을 감소시킬 수 있는 보청 기술에 대한 연구를 다루었다. 이렇게 마이크로폰 어레이를 이용하여 특정 방향 및 공간의 소리를 증폭시키기 위해서는 빔포밍 기술들이 사용된다. 많은 빔포밍 기술들 중에서 delay-and-sum 빔포밍이 가장 보편화 되어있고 가장 단순한 기법으로 본 논문에서는 이러한 가장 기초적인 delay-and-sum 빔포밍 기술을 채택하여 사용하기로 결정하였다^{(2),(3)}.

본 논문은 delay-and-sum 빔포밍을 이용하여 마이크로폰의 개수, 마이크로폰 어레이의 길이, 마이크로폰의 배치 등을 결정하여 최적의 성능을 낼 수 있는 보청기술을 제안하였다. 이를 위해 먼저, 자유공간이 아닌 구형 머리전달함수 가정 하에 머리 좌우에 대칭적으로 마이크로폰을 배치하여 시뮬레이션을 수행하였다⁽⁴⁾.

2. 마이크로폰 개수 및 어레이 길이의 결정

마이크로폰 간 간격은 목표 주파수 대역과 밀접한 관련이 있다. 두 개의 마이크로폰이 있고 신호가 오는 방향에 있는 마이크로폰에 시간지연을 주어 두 마이크로폰의 신호를 합하는 delay-and-sum 빔포밍 기술을 사용할 경우, 전방에서 오는 소리를 2배로 증폭시키고 후방에서 오는 소리를 상쇄시키기 위해서는 들어오는 신호의 1/4의 주기에 해당하는 시간지연을 주어야 한다.

우리가 목표로 하는 주파수 대역은 음성 신호의 주파수 대역으로 300Hz에서 3000Hz이며 최대, 최소 주파수에서 전방의 소리를 가장 효과적으로 증폭하기 위해서 필요한 마이크로폰 사이의 거리는 300Hz의 경우 28.6cm, 3000Hz의 경우 2.86cm이다. 마이크로폰 어레이를 사용할 경우, 가장 먼 두 마이크로폰 사이 거리는 마이크로폰 어레이의 전체 길이이고, 가장 작은 거리는 마이크로폰 개수와 배치에 의해 결정된다.

빔포밍 기술을 보청기에 적용하기 위해선 안경, 헤드폰 등의 장치들을 사용하게 되는데 이에 의해 길이의 제한이 생긴다. 이러한 길이의 제한은 일반적인 헤드폰과 안경의 크기를 생각했을 때 10cm 정도로 결정할 수 있다. 이렇게 마이크로폰의 크기가 10cm로 제한이 된다면, 최소 4개의 마이크로폰만 사용하면 2.86cm를 만들 수 있다. 따라서 마이크로폰의 개수는 4개, 마이크로폰 어레이의 길이는 10cm로 결정할 수 있다.

3. 마이크로폰 배치의 결정

† 교신저자; KAIST 기계공학과

E-mail : vjvlfjq@kaist.ac.kr

Tel : (042) 350-3076 , Fax : (042) 350-8220

* KAIST 기계공학과

** KAIST 기계공학과

*** KAIST 기계공학과

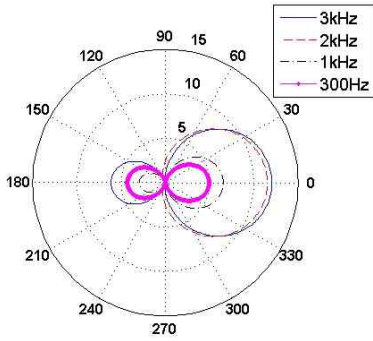


Figure 1 Directivity patterns due to frequencies

3.1 배치 최적화를 위한 지표 결정

마이크로폰 배치를 결정하기에 앞서 본 보청기술의 성능 평가하기 위한 중요 지표를 알 필요가 있다. 전방을 0도, 후방을 180도라고 생각했을 때, 1도 간격으로 전방의 소리를 증폭시키는 delay-and-sum 빔포밍 기술을 적용한 시뮬레이션을 수행한 결과, 이에 따른 directivity 패턴은 그림 1과 같이 나타났으며, 목표 주파수 대역에서 전후방이 아닌 사이드에서 들어오는 소리의 음압은 무시할 수 있을 만큼 매우 작게 나타났다. 따라서 전방과 후방에서 들어오는 신호의 음압 차이만을 고려해주어도 충분히 보청기술의 성능을 평가할 수 있다고 판단되었으며 이런 전후방의 음압차이를 이후 최적의 배치를 결정하기 위한 지표로 사용하였다.

3.2 최적의 마이크로폰 배치법 결정

2장에서 결정된 마이크로폰 어레이 길이 10cm와 마이크로폰 4개로 마이크로폰 배치를 결정하고자 할 때, 오른쪽과 왼쪽 끝의 마이크로폰의 위치는 10cm 간격을 갖으며 고정되어있다고 가정하고 가운데에 있는 두 개의 마이크로폰의 배치만을 결정해 주면 된다. 두 개의 마이크로폰을 0.5cm씩 움직여 가며 전후방의 음압차이가 최대가 되는 지점을 찾으면 그림 2와 같다. x축은 후방으로부터 두 번째 마이크로폰, y축은 세 번째 마이크로폰의 위치를 의미한다. 이에 따라 마이크로폰의 배치는 그림 3과 같이 결정된다.

4. 결 론

본 연구에서는 일정 길이의 제한을 갖는 헤드폰

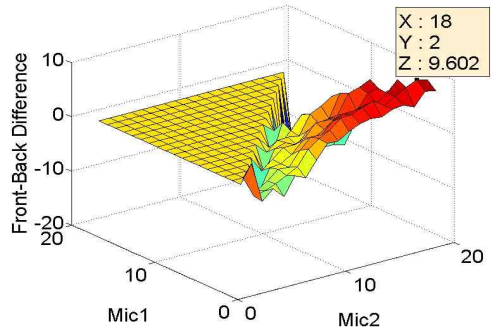


Figure 2 Find best position of mic1 and mic2 based on front-back difference.

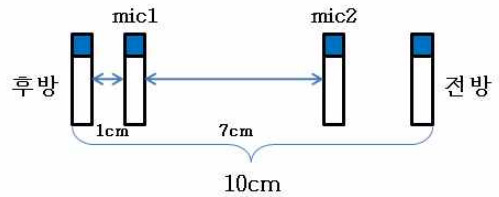


Figure 3 Final decision of an arrangement of microphone

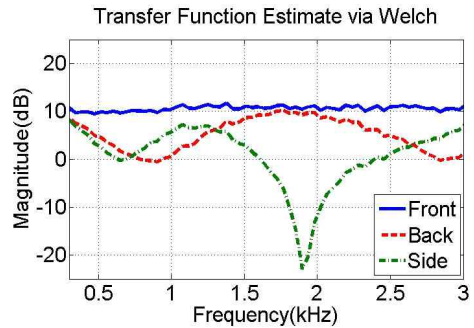


Figure 4 Sound pressure from front, back and side of final model

이나 안경 등에 마이크로폰 어레이를 장착하여 보청기를 개발할 때 필요한 최적의 마이크로폰의 개수와 배치 등을 delay-and-sum 빔포밍 기술과 구형 머리전달함수 가정 하에 한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 결정하였다. 최적의 배치법에 의한 결과에서, 그림 4와 같이, 전방의 소리가 후방에 비해 크게 증가하는 것을 확인할 수 있었고, overall sound pressure는 약 8.8dB 차이를 보였다. 음원 신호 처리에서도 역시 좋은 성능을 확인할 수 있었다.

후 기

이 논문은 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT핵심기술개발사업[2008-F-044-01, 전자파, 음향 및 건물 환경을 개선하는 지능형 건설 IT 융합 신기술 개발] 일환으로 수행하였음.

참 고 문 헌

(1) M. M. Boone, 2006, Directivity measurements on highly directive hearing aid: the hearing glasses, Proceedings of the 102th AES convention, Paris, France.

(2) M. Brandstein and D. Ward (eds), 2001, Microphone Arrays : signal processing techniques and applications, Springer, New York.

(3) D.H. Johnson and D.E. Dudgeon, 1993, Array Signal Processing: Concepts and Techniques, Prentice Hall, New Jersey, pp. 111-198.

(4) S. Kim, Y. Park, 2002, The effect of head movement on HRTF in 3D sound system: Sensitivity analysis on Sphere HRTF, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 353~358.