

서라운드 패닝기법에서의 음색보정필터 설계기법에 대한 연구

서정훈, 이신렬, 성광모

서울대학교 전기, 컴퓨터 공학부 음향공학연구소

Sound color compensation filter for surround panning algorithm

Jeong-Hun Seo, Sin-Lyul Lee and Koeng-Mo Sung

Applied Acoustics Lab, School of Electrical Engineering and Computer Science,
Seoul National Univ.

pollini@acoustics.snu.ac.kr, sinlyul@acoustics.snu.ac.kr,

kmsung@acoustics.snu.ac.kr

* 본 논문은 (주) 삼성블루텍의 지원으로 이루어졌습니다.

요약

본 논문에서는 서라운드 패닝알고리즘에서의 음색보정필터 설계기법에 대한 것으로 기존 패닝알고리즘에 음색보정필터를 추가하여 가상음원의 음색왜곡을 보정하는 알고리즘을 제안한다. 가상음상과 실제 라우드 스피커의 머리전달함수 분석을 통해 기존 일정파워패닝알고리즘의 음색왜곡 문제점을 지적하고 이를 완화시키기 위한 새로운 패닝알고리즘을 제안한다.

1. 서론

음향 기기에서 패닝 기법은 녹음, 신호처리, 재생 등 광범위한 분야에서 사용되고 있다. 최근 들어 DVD 를 이용한 홈시어터 시스템이 일반 가정까지 보급되고, 공중파 디지털 방송이 시작되면서 다채널 음향 녹음 및 재생을 위한 패닝기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이처럼 다채널 서라운드 시스템의 등장

으로 360 도 모든 각도에 대한 음상 정위가 요구되면서 기존 스테레오 패닝기법의 문제점이 점차 부각되었고, 다채널 서라운드 패닝기법에 대한 연구가 활발히 진행되었다.

일정파워패닝기법을 사용할 경우 정면 음상 정위각은 30 도에서 음상정위 오차 및 음색 변형은 다른 각도에 비해 상대적으로 무시할 수 있다. 측면 음상정위의 경우 음상정위각이 80 도로 벌어져 음상정위 오차 및 음색 왜곡이 커지게 되고 전, 후에 배치된 라우드스피커를 이용하여 측면에 가상 음원을 정위시킬 경우 양귀 시간차 및 크기차를 크게 약화시켜 정확한 음상 정위가 어려워진다. 후면 음상 정위의 경우 음상정위각이 140 도로 더욱 크게 벌어져 음상정위 오차가 급격하게 증가하고 방향에 따른 머리전달함수 차이 또한 심해져 음색 왜곡이 더욱 증가한다. 이처럼 서라운드사운드시스템에서 음상정위각이 증가함에 따라 실 음원과

가상음원과의 음향경로 차에 증가하여 음색 왜곡을 일으킨다. 음색 왜곡은 음상 정위에도 영향을 미치게 되는데 대표적인 음상정위 오차가 가상음상의 양 라우드 스피커를 잇는 수평면 상이 아닌 고도 상에 정위되는 고도 정위 효과(elevation effect)이다.[1][2] 향상된 일정파워패닝 기법은 이러한 일정파워패닝 기법의 음상정위 오차를 개선시키기 위한 연구이다.[3]

음원의 주파수에 의존하는 특성을 가진 머리전달함수패닝은 대부분 G. Thiele 에 의해 밝혀진 심리음향학적 원리에 근거하여 설계되어왔다.[4][5] 기존의 머리전달함수 패닝은 표준 머리전달함수와 크로스트크 제거기를 사용하여 이상적인 청취 영역이 좁고 청취자 개인의 머리전달함수와 표준 머리전달함수의 차이에 따른 음색 왜곡이 심하여 한정된 분야에서만 사용되어 왔다.

이러한 문제점을 보완하기 위해서 본 논문에서는 일정파워패닝 기법과 머리전달함수 패닝 기법의 장점을 적용하고 두 개의 스피커를 이용한 패닝기법을 이용해 음색보정회로에 대한 알고리즘을 제안하려고 한다. 향상된 일정파워패닝 기법에 머리전달함수 분석을 이용하여 음색 왜곡을 저하시켰다.

2. 음색보정회로

일정파워패닝기법에서는 양귀 시간차나 레벨 차이는 전혀 고려하지 않기 때문에 일정한 청취영역을 벗어나게 되면 음질이 나빠지고 많은 음색 왜곡이 일어나게 된다. 이를 보정하기 위해 상대적인 머리전달함수 분석을 이용하기로 한다.

실 음원과 라우드스피커를 이용한 가상 음원 정위 시에 발생하는 음색 왜곡을 머리전달함수 분석을 통해 예측할 수 있다. 그림 1 은 실 음

원과 양 라우드스피커를 이용한 가상 음원과의 청취자 양귀까지의 음향경로를 나타낸다. g_L , g_R 은 향상된 일정 파워패닝기법을 통해 구해진 양 라우드스피커 계인을 나타내고 g_r 은 실 음원 계인이다.

좌, 우 대칭을 가정했을 때 라우드 스피커로부터 동측 귀까지의 머리전달함수를 H_i , 반대측 귀까지의 머리전달함수를 H_c 라고 할 때 양 라우드 스피커로부터 양귀까지의 음향경로를 식(1), 실 음원에서 양귀까지의 음향경로를 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

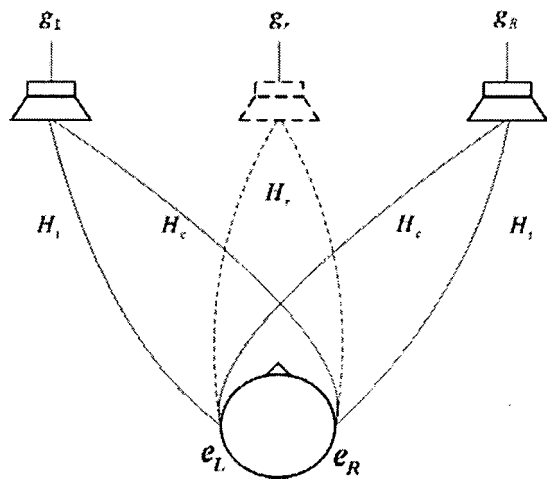


그림 1 실 음원과 가상 음원과의 청취자 양귀까지의 음향경로 비교

$$\begin{bmatrix} e_{L,phantom} \\ e_{R,phantom} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_i & H_c \\ H_c & H_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_L \\ g_R \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} e_{L,real} \\ e_{R,real} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_r & 0 \\ 0 & H_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_r \\ g_r \end{bmatrix} \quad (2)$$

식(1)과 식(2)에 나타난 바와 같이 두 음향경로는 동일하지 않아 음색 왜곡이 필연적으로 발생하게 된다. 이를 해결하기 위해서는 기준 라우드 스피커에 따른 정해진 구역 내의 모든 음상정위각도에 대해 이러한 음향경로 차이를

미리 구하고, 이에 대한 역 필터링 데이터를 이용하여 신호처리를 해 주면 음색 왜곡을 해결할 수 있다. 그림 2 는 전면 방향에서 실 음원과 $\pm 30^\circ$ 에 배치된 라우드스피커를 이용한 가상음원과의 주파수 크기 차이를 나타낸다.

각각의 머리전달함수는 개개인의 머리전달함수 차이에 따른 음색 왜곡을 막기 위해 1/3 옥타브 밴드 평균화하였고, 고주파수 범위를 10kHz 로 제한하였으며 좌, 우 대칭을 가정하여 양 라우드스피커 정 중앙까지만 나타내었다. 전면 방향에서 음색 왜곡은 크로스토크 성분이 최대가 되는 양 라우드스피커 정 중앙인 0 도에서 가장 크게 나타나며 2kHz 대역에서 가장 큰 차이를 나타냄을 확인할 수 있다.

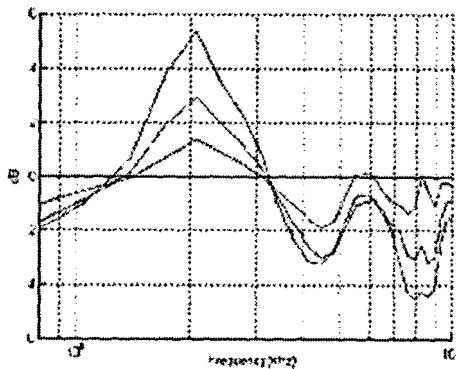


그림 2 실 음원과 가상 음원과의 주파수 크기차이(전면)

그림 3 은 후면 방향에서 실 음원과 110 도와 250 도에 배치된 라우드스피커를 이용한 가상 음원과의 주파수 크기 차이를 나타낸다. 후면 방향에서는 머리전달함수 변화량과 양 라우드스피커 벌립 각이 커 주파수 크기차가 급격히 증가됨을 확인할 수 있다. 무엇보다도 가상 음상정위 각도가 130 도에서 180 도로 이동함에 따라 6kHz 에서 9kHz 까지의 노치 주파수가 -6dB 에서 -18dB 로 급격히 증가됨을 확인할 수 있는데, 이는 서라운드 스피커를 이용하

여 후면에 가상음상을 정위 시킬 경우 정 후면으로 갈수록 고도 음상정위 효과가 커짐을 예측할 수 있으며, 이를 주관적 음상정위 평가 실험을 통해 발견할 수 있었다.

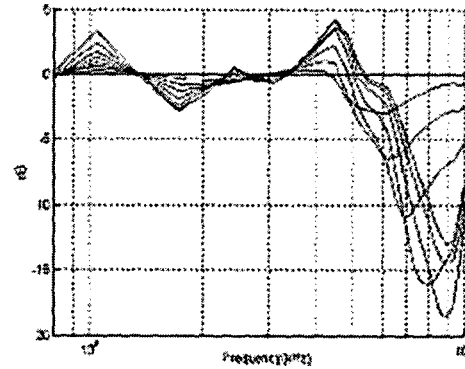


그림 3 실 음원과 가상 음원과의 주파수 크기차이(후면)

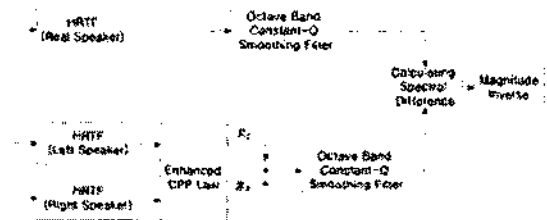


그림 4. 음색보정단 신호처리도

그림 4 는 실 음원과 가상 음원과의 주파수 크기 차이를 제거하기 위한 음색보정단의 신호처리도를 나타내었다. 우선 실음원의 머리전달함수를 1/3 옥타브 밴드 평균화를 시킨다. 좌, 우 라우드스피커 신호는 라우드스피커 위치에서의 머리전달함수를 향상된 일정과워패닝을 적용하여 각각의 계인을 구하고 이를 더한 다음 1/3 옥타브 밴드 평균화를 시킨다. 1/3 옥타브 밴드 평균화 처리된 각각의 데이터를 이용하여 주파수 크기 차이를 구하고 이를 매 입사각에 대해 메모리에 저장한다. 이 데이터를 역 필터링한 데이터를 이용해 음색보정필터를 설계하면 전체적인 음색보정회로의 구성이 완성된다.

3. 결론

본 논문에서는 서라운드 페닝기법에서 가상 음상을 정위시킬 때 발생하는 음색 변화를 보정할 수 있는 음색보정 알고리즘에 대해 제안하였다. 기존의 일정파워페닝 기법의 문제점이었던 음상정위 오차를 향상된 파워페닝기법을 이용해 최소화하였고, 머리전달함수 페닝기법에서 사용된 머리전달함수 분석을 이용해 두 가지 페닝 기법의 장점을 더하여 효과적인 음색 보정기법을 제안하였다.

4. 참고문헌

- [1] Carlos Avendano and V.R. Algazi, R. O. Duda, "A Head and Torso Model for Low-frequency Binaural Elevation Effects," Proc. 1999 *IEEE workshop on application of signal processing to audio and acoustics*, New Paltz, New York, Oct. 17-20, 1999
- [2] D. G. Malham. "Basic Ambisonics," University of York 1995.
- [3] Sin-Lyul Lee, Ki-Young Han, Seung-Rae Lee, Koeng-Mo Sung, "Reduction of Sound Localization Error for Surround Sound System Using Enhanced Constant Power Panning Law," *IEEE, Consumer Electronics*, vol. 46, pp.902-914, August, 2004
- [4] G. Theile, "On the Performance of Two-Channel and Multi-Channel Stereophony," *88th Convention of the Audio Eng. Soc.*, preprint 2887, 1990
- [5] G. Theile, "On the Naturalness of Two-Channel Stereo Sound," *J. Audio Eng. Soc.* vol 39, pp. 761-767, 1991