

다채널 음향 시스템 패닝기법 연구

이신렬, 성광모

서울대학교 전기, 컴퓨터공학부 음향공학연구소

Panning Algorithm for Multi-channel Sound Systems

Sin-Lyul Lee, Koeng-Mo Sung

Applied Acoustics Lab, School Of Electrical Engineering and Computer Science

Seoul National Univ.

sinlyul@acoustics.snu.ac.kr

kmsung@acoustics.snu.ac.kr

* 본 논문은 ㈜ 삼성블루텍의 지원으로 이루어졌습니다.

요약

본 논문에서는 다채널 음향 시스템에서 라우드 스피커 이외의 위치에 가상음상을 정위시킬 때 발생하는 음상정위 오차 및 음색왜곡을 최소화시키는 패닝기법을 제안한다. 기존 패닝기법의 음상정위 성능을 평가하기 위해 방향심리인자를 도입하고[1], 음색왜곡을 평가하기 위해 머리전달함수를 이용하여 실제 음원과 가상 음원과의 주파수특성 차이를 분석하였다. 이러한 객관적 성능분석을 통해 음상정위 오차 및 음색왜곡을 줄일 수 있는 새로운 패닝기법을 제안한다. 향상된 다채널패닝기법은 스테레오 및 서라운드 믹싱 콘솔, 음향 편집 프로그램, 음장 재생기, 가상 서라운드 디코더 등 녹음 및 재생 전 분야에 걸쳐 사용될 수 있다.

1. 서론

음향기기에서 패닝기법은 녹음, 신호처리, 재생 등 광범위한 분야에서 사용되고 있다. 최근 들어 DVD를 이용한 홈시어터 시스템이 일반 가정까지 보급되고, 공중파 디지털방송이

시작되면서 다채널 음향 녹음 및 재생을 위한 패닝기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존 패닝기법 중 가장 널리 쓰이고 있는 일정파워패닝은 양 스피커 사잇각이 커질수록 음상정위 오차 및 음색 왜곡이 커지는 문제점을 갖고[2], 기존 앰비소닉패닝은 하나의 가상음원을 만들어내기 위해 모든 라우드 스피커가 동시에 음을 재생함으로써 인해 채널간의 분리도가 낮아져 음상정위 품질이 떨어지는 문제점이 있으며, 기존 머리전달함수 패닝의 경우 이상적인 청취영역이 좁아지고 음질이 저하되는 문제점을 확인할 수 있다.

이러한 기존 패닝기법의 문제점을 보완하기 위해 본 논문에서는 간략화된 가상 음상정위 알고리즘을 이용한 향상된 다채널 패닝기법을 제안한다. 향상된 다채널패닝기법은 2채널 패닝을 기반으로 하여 기존 앰비소닉 패닝에서의 낮은 채널분리도와 좁은 청취영역의 문제점을 극복하고, 향상된 일정파워패닝 기법을 적용하여 기존 일정파워패닝기법의 음상정위 오차를 최소화하며, 머리전달함수를 이용한

음색보정을 통해 음색왜곡을 저하시키고 이상적인 청취영역을 확대시켰다.

2. 시스템 구현

모든 가청 주파수대역에서 벨로시티벡터방향, 에너지벡터방향을 패닝각도와 일치시키기 위해 저 주파수 및 고 주파수 대역에 따라서 다른 향상된 일정파워패닝을 적용시킨 하이브리드 모델을 그림1에 나타내었다.[3]

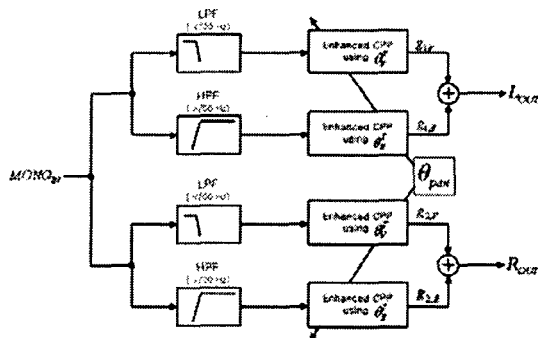


그림1. 하이브리드 모델

모노 입력신호는 양 라우드스피커로 나뉘지고 각각의 라우드스피커는 700Hz 기준의 저 주파수 및 고 주파수 통과필터를 통해 다시 분해된다. 저 주파수통과필터를 통해 고 주파수 성분이 제거된 신호는 패닝각도와 벨로시티 벡터방향을 일치시키기 위해 양 라우드스피커 게인을 $g_{1,r}$, $g_{2,r}$ 로 분배한다. 고 주파수 통과필터를 통해 저 주파수 성분이 제거된 신호는 패닝각도와 벨로시티벡터방향을 일치시키기 위해 양 라우드스피커 게인을 $g_{1,l}$, $g_{2,l}$ 로 분배한다. 주파수 대역에 따라 각기 다른 게인이 적용된 입력신호는 다시 더해져서 양 라우드스피커를 통해 내보내게 된다.

그림2는 하이브리드 모델에 음색보정단을 부가한 향상된 가상음상정위 알고리즘을 나타낸다. 패닝각도에 따라 향상된 일정파워패닝 알고리즘을 먼저 적용시키고 상대적

머리전달함수를 이용하여 메모리에 저장시킨 음색보정필터를 사용하여 신호처리 시킨 후 양 라우드스피커로 각각 내보낸다.[4]

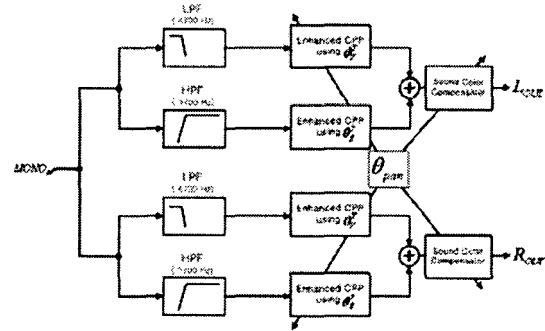


그림2. 향상된 가상음상정위 알고리즘

가상음상정위를 위해 모든 주파수대역이 동일한 중요성을 가지지 않는데 이는 인간의 외이 및 중이의 감도가 모든 주파수에 대해 동일하지 않고 저 주파수는 중이에 의해 심하게 감소되고 3kHz 중심 주파수대역 에너지는 외이에 의해 크게 증폭되기 때문이다.[5] 그림3은 외이 및 중이를 통해 전달되는 에너지량을 나타내었다. 그림을 통해 알 수 있듯이 700Hz ~ 4kHz 대역에서 최대 에너지가 전달되기 때문에 음상정위에 있어서도 가장 중요한 주파수대역이 된다.

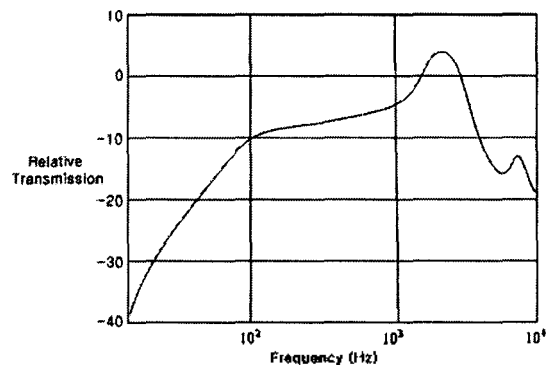


그림3. 외부 음장으로부터 외이 및 중이까지의 상대적 전송 에너지량 이러한 인간의 음상정위 특성을 이용하여

가상음상정위 알고리즘을 간략화시키기 위해 하이브리드모델 대신 에너지벡터 최적화 기법과 음색보정단만을 결합시킨 간략화된 가상음상정위알고리즘을 적용시켰으며 이를 그림4에 나타내었다.

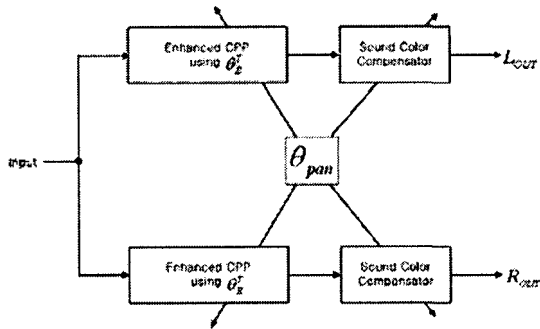


그림4. 간략화된 가상음상정위 알고리즘

3. 적용 분야

다채널 음장 재생기는 가정용 극장 시스템 (홈시어터) 음향 재생에 중요한 부분을 차지하고 있다. 가정용 극장 시스템에서 음장 재생기의 목적은 음악 공연장과 영화관의 음장을 가정의 청취실로 옮겨놓음으로써 음악 및 영화의 현장감을 향상시키는데 있으며 이러한 음장 재생기는 공연장의 음장 정보를 유지하면서 입력 음원의 잔향 특성을 왜곡시키지 않는 고도의 음장처리방법이 요구된다. 우선 직접음 이후 100ms 이내의 초기반사음 속에 음악 공연장 크기 및 형상에 대한 대부분의 정보를 포함되어 있으므로 이를 효과적으로 이용한다. 이를 위해서는 각 음원에서 청취자까지의 수평면상의 초기 반사음을 측정할 수 있는 마이크론이 요구되는데 이를 위해 3채널 마이크론 어레이를 이용한다. 그림5는 3채널 마이크론 어레이를 이용한 음악 공연장에서의 초기반사음 수음 예를 나타낸다.

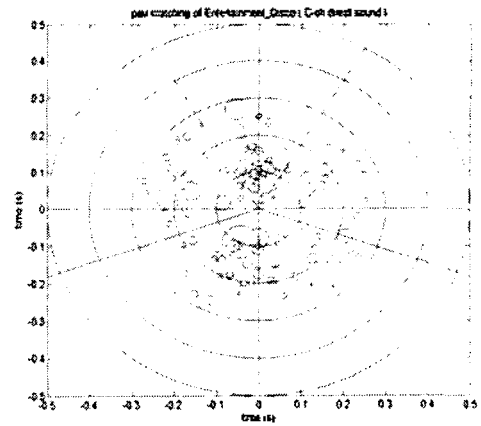


그림5. 3채널 마이크론 어레이를 이용한 초기반사음 수음

그림 6은 좌, 우, 중앙 및 무대 후면 좌, 우로부터 관객석 중앙 청취자까지의 초기 반사음 도달시간, 방위각, 음의 세기 데이터와 간략화된가상음상정위알고리즘을 이용한 임펄스 추출 과정을 나타낸다. 여기서 L, C, R, LS, RS 테이블은 3채널 마이크론 어레이를 이용하여 측정된 초기반사음 데이터를 나타내고, c1 ~ rs5는 간략화된가상음상정위알고리즘을 통해 생성된 충격응답을 나타낸다.

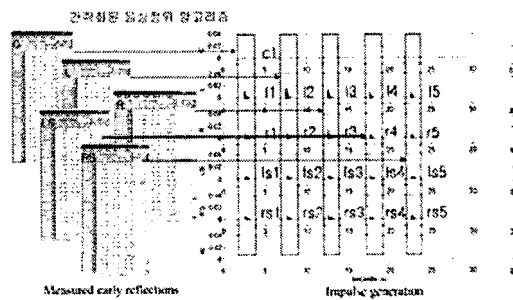


그림6. 측정 초기 반사음 데이터를 이용한 충격응답 추출

추출된 충격응답을 통해 모든 수평면 상에 초기 반사음을 정위시킬 수 있으며, 이러한 수평면상의 초기 반사음들은 전면 좌(FL),

우(FR) 및 후면 좌(LS), 우(RS)의 4개의 라우드스피커를 이용하여 가상음상을 정위시킨다. 각 라우드스피커 출력은 추출된 충격응답과 다채널 오디오 출력신호와의 컨볼루션(convolution)연산을 통해 구할 수 있으며, 총 21번의 컨볼루션이 요구된다.

$$\begin{cases} C_{spk} = C \cdot c1 \\ L_{spk} = C \cdot l1 + L \cdot l2 + R \cdot l3 + LS \cdot l4 + RS \cdot l5 \\ R_{spk} = C \cdot r1 + L \cdot r2 + R \cdot r3 + LS \cdot r4 + RS \cdot r5 \\ LS_{spk} = C \cdot ls1 + L \cdot ls2 + R \cdot ls3 + LS \cdot ls4 + RS \cdot ls5 \\ RS_{spk} = C \cdot rs1 + L \cdot rs2 + R \cdot rs3 + LS \cdot rs4 + RS \cdot rs5 \end{cases} \quad (3.1)$$

식(3.1)에서 L, C, R, LS, RS는 다채널 오디오 출력신호를 나타내고 C_{spk} , L_{spk} , R_{spk} , LS_{spk} , RS_{spk} 는 각각의 라우드스피커 출력을 나타낸다. 실제 음악공연장 및 영화관에서 초기 반사음을 정위시키기 위해 간략화된가상음상정위 알고리즘을 이용한 음장 재생은 일정파워패닝을 사용한 기존 방식에 비해 음상정위 오차 및 음색왜곡을 줄일 수 있어 보다 현장감 있는 음장 재생이 가능하다.

4. 결론

본 논문에서는 다채널 음향시스템에서 라우드스피커 이외의 위치에 가상 음상을 정위시킬때 발생하는 음상정위 오차 및 음색 왜곡을 최소화시키는 패닝기법을 제안하였다. 제안된 간략화된가상음상정위알고리즘을 이용한 향상된 다채널 패닝기법은 2채널 패닝을 기반의 향상된 일정파워패닝기법을 적용하여 기존 일정 파워패닝기법의 음상정위 오차를 최소화하였고, 머리전달함수를 이용한 음색 보정을 통해 음색왜곡을 저하시키고 이상적인 청취영역을 확대시켰다. 제안된 간략화된가상음상정위 알고리즘은 스테레오 및 서라운드 믹싱콘솔, 음향편집프로그램, 음장 재생기, 가상 서라운드

디코더 등 녹음 및 재생 전 분야에 사용될 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] Michael A. Gerzon, "General metatheory of auditory localization", *92nd Convention of the Audio Engineering Society, J. Audio Eng. Soc.*, preprint 3306, May. 1992.
- [2] West, J.R., "Five-Channel Panning Laws: An Analytical and Experimental Comparison" Master's Thesis, Music Engineering, University of Miami, 1988.
- [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 Trans. Consumer Electronics*, vol. 46, pp. 902-914, August 2004.
- [4] 이신렬, "3 채널 더미헤드를 이용한 입체음향 녹음 및 합성기법 연구," 공학석사학위논문, 서울대학교, 2002.
- [5] B. C. Moore, B. R. Glasberg, T. Baer, "A model for the prediction of thresholds, loudness and partial loudness," *J. Audio Eng. Soc.*, vol.45, pp. 224-240, 1997.