

현실적인 3D 입체음향 구현을 위한 HRTF의 앞/뒤 음상정위 특성 개선

*구교식, 한상일, 서보국, 차형태
송실대학교 전자공학과

e-mail : (*senia2, raine, sbk8941)@mms.ssu.ac.kr, hcha@ssu.ac.kr

Improvement of sound localization for real 3D Sound

*Kyo-Sik Koo, Sang-Il Han, Bo-Kug Seo, Hyung-Tai Cha
School of Electronic Engineering
Soongsil University

Abstract

HRTF DB, including the information of the sounds which is arrived to our ears, is generally used to make a 3D sound. But it can decline some three-dimensional effects by the confusion between front and back directions due to the non-individual HRTF depending on each listener. In this paper, we propose a new method to use psychoacoustic theory that reduces the confusion of sound image localization. And we make use of an excitation energy by the sense of hearing. This method is brought HRTF spectrum characteristics into relief to draw out the energy ratio about the bark band and control low frequency band. Informal listening tests show that the proposed method improves the front-back sound localization characteristics much better than the conventional methods.

I. 서론

입체음향이란 원래의 음장을 확실히 재현하고 음의 고저, 음색뿐만 아니라 방향감이나 거리감까지도 재생하여 음장감을 가지게 하는 음향이다. 인간의 두 귀에

도달한 소리는 음원이 위치한 방향에 따라서 시간 및 레벨차이를 가지게 되며 신체 여러 부위의 특성에 따라서 회절, 굴절되어 두 귀에 도달하게 된다. 이처럼 음원의 각 방향에 따라 소리가 도달하는 정보를 나타낸 것을 머리전달함수 (Head Related Transfer Function)이라 하며 모노 음원과의 컨벌루션 처리를 통하여 원하는 방향에 음상을 정위시킬 수 있을 뿐만 아니라 음의 고저, 음색 및 거리감까지도 조절할 수 있게 된다. 그러나 두 귀와 음원 사이의 거리가 같아지는 혼돈 원추 상에서는 앞/뒤 또는 상/하 방향 지각에 혼돈을 주게 된다.

따라서 본 연구는 현실적인 입체음향 구현을 위하여 심리음향을 이용한 머리전달함수의 앞/뒤 음상정위감 개선을 목표로 한다.

II. 본론

2.1 머리전달함수

머리전달함수는 자유음장(Free Field)에서 일정한 입사각으로 사람의 외이도(Ear Canal)에 이르는 소리를 표현하는 전달함수를 말하며, 가상 현실 응용시스템이나 가청(Auralization) 시스템의 바이노럴(Binaural) 신호 합성에 이용된다. 소리가 사람의 두 귀에 전파되는 과정에서 특정한 방향에 대응하는 필터링을 거치게 되는데 이 필터링을 지각함으로써 청취자는 음원의 방향

을 지각할 수 있게 된다. 이 필터링은 사람의 몸통, 머리 그리고 귀바퀴로부터 반사와 회절에 기인하며 머리 전달함수에 의해 포괄적으로 설명된다.

III. 구현

3.1 제안한 알고리즘

우선 해당 방향의 스펙트럼 특성을 확인하기 위하여 정위시킬 방향 a의 HRTF_a(f)와 대칭인 HRTF_b(f)에 푸리에 변환을 수행한다. 이어서 각 임계 대역, z에서의 청각 자극 에너지, energy_a(z,i), energy_b(z,i)를 계산한다. 다음으로 식 (1)을 이용하여 음상을 정위시킬 방향 a와 대칭방향 b와의 청각 자극 에너지의 비율을 계산하여 가중치를 구한다.

$$rate_a(z, i) = \frac{energy_a(z, i)}{energy_b(z, i)} \quad (1)$$

이어서 계산된 가중치를 원 HRTFa 주파수 스펙트럼에 적용하여 각 방향에 따른 우세한 바크대역을 증폭시켜 준다.

$$HRTF'_a(f_z, i) = HRTF_a(f_z, i) \times rate_a(z, i) \quad (2)$$

$$0 \leq z \leq Z - 1$$

여기서 f_z는 각 임계 대역에 해당하는 주파수 범위를 의미한다.

최종적으로 앞 반구의 HRTF가 뒷 반구에 비해 저주파대역의 에너지가 세다는 사실을 고려하여 저주파대역을 증폭시켜 준다. 결과적으로 혼돈방향의 두 HRTF의 청각 자극에너지 차이가 부각되는 효과를 얻게 된다.

3.2 시뮬레이션 결과

본 논문은 HRTF를 이용하여 3D 입체 음향을 생성하는 과정에서 발생하는 앞/뒤 음상정위 특성에 대한 혼돈을 개선하기 위한 알고리즘을 제안한다.

실험에서 사용된 원 신호는 영화 DVD에서 추출된 44.1kHz, 16bits 오디오 신호를 사용하였다.

Source 1	비행기 엔진소리
Source 2	음성

표 1. 시뮬레이션에 사용된 음원

제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 0°/180°, 30°/150°, 45°/135°, 60°/120°의 네 경우에 대하여 MOS테스트를 진행하였다.

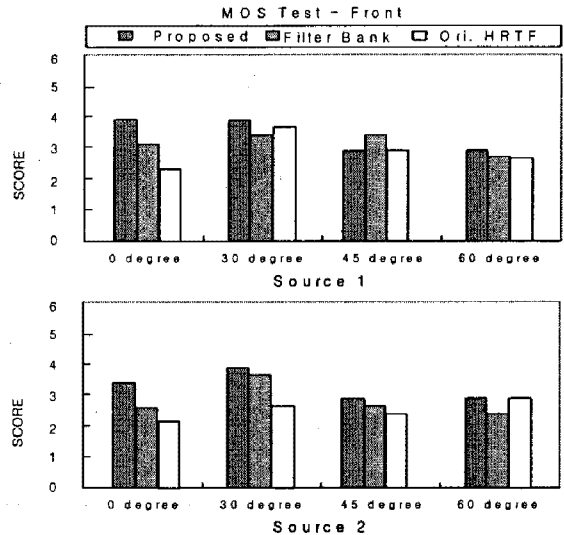


그림 1. 앞 방향 청각테스트 결과

결과에서 볼 수 있듯이 제안된 방법이 기존의 방법보다 앞/뒤 방향감을 확실하게 구별할 수 있음을 알 수 있다. 그 이유는 인간의 청각 에너지를 이용하여 HRTF가 인간의 귀에 미치는 영향을 조절할 수 있기 때문이다. 더불어 앞 반구의 저주파 영역을 제어함으로써 방향지각의 정확성을 증가시켰다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 HRTF를 이용한 3D 입체음향 생성과정에서 심리음향을 이용한 앞/뒤 방향의 음상정위 혼돈을 개선하기 위한 방법을 제안한다. 먼저 각 방향에 대한 HRTF의 임계대역 에너지를 계산한다. 이를 이용하여 기저막에서의 청각 자극 에너지를 계산한 후 대칭되는 방향의 청각 자극 에너지와의 비율을 계산하여 이를 토대로 HRTF를 수정하는 방식을 사용하였다. 개선 결과를 확인하기 위하여 청각테스트를 실시하였으며 기존의 방법에 비해서 앞/뒤 방향감의 혼돈 문제가 개선됨을 확인할 수 있었다. 따라서 제안한 방식을 이용할 경우 3D 입체음향 재생시스템에서 보다 현실적이고 개선된 음향을 구현할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 윤대희, "오디오 신호처리 기술 동향", 전자공학회지, 제31권 6호, 2004
- [2] 김경훈, 김시호, 배건성, 최송인, 박만호, "헤드폰 기반의 입체음향 생성에서 앞/뒤 음상정위 특성 개선", 한국통신학회 논문지 Vol.29 No.8c, 2004