

머리전달함수의 그룹화를 이용한 음상의 정위감 개선

*서보국 **김종수 ***차형태

숭실대학교

*sbk8941@ssu.ac.kr

Improvement of sound image characteristic using grouped HRTF

*Seo, Bo-Kug **Kim, Jong-Su ***Cha, Hyung-Tae

Soongsil University

요약

입의 위치에 음상을 정위하는 방법으로, 머리전달함수(HRTF : Head Related Transfer Function)을 원음에 convolution 하는 기법이 사용된다. 하지만 더미헤드를 이용하여, 각각의 고도각과 방위각에서 측정된 HRTF는 사용자에게 따라 정위감을 저하시킬 수 있다. 또한 좌표로 표현되는 영상과는 달리, 소리는 들려오는 방향을 정확한 좌표로 표현하기가 힘들다. 이에 본 논문은 비개인화된 HRTF를 사용하여 음상을 정위하는 경우의 정위감 개선에 대한 방법을 제안한다. 정위감 개선을 위해 음상을 정위하려는 위치 주변의 HRTF를 그룹화하는 방법에 대해 연구하였으며, 그룹화된 HRTF를 이용하여 정위한 음상의 청감평가를 수행하였다.

1. 서론

입체음향(3D sound)란 음원이 발생한 공간에 직접 위치하지 않은 청취자가 재생된 음향을 들었을 때에 음향으로부터 방향감, 거리감 및 공간감 등과 같은 공간적 단서를 지각할 수 있는 음향을 말한다[1]. 최근, 입체음향에 대한 관심이 높아지면서 다채널 입체음향 시스템에 대한 지속적인 연구가 진행되고 있다. 다채널 입체음향을 생성하는 방법으로는 여러 대의 스피커를 사용하는 서라운드(surround) 타입 방식과 2대의 스피커를 사용하는 바이노럴(binaural) 타입 방식이 있다.

다채널 입체음향을 바이노럴 방식으로 구현하기 위해서는, 3차원 공간의 특정 위치에 음원을 정위하는 위치음 효과, 즉 음상정위가 필수적이다. 음상정위는 일반적으로 원음과 머리전달함수(Head Related Transfer Function : HRTF)와의 바이노럴 필터링을 통해 구현할 수 있다[2].

하지만, 공개되어있는 HRTF는 대부분 더미헤드를 통해 측정된 값으로, 비개인화 된 측정값이다. 그러므로 음상정위에 있어 개인에게 모두 최상의 정위감을 제공할 수가 없다.[3]. 또한 좌표를 갖고 표현되어 시각적으로 그 위치를 정확하게 인지할 수 있는 영상과는 달리, 소리는 청각을 통해 그 방향성을 인지하게 되며 영상과 같이 정확한 위치의 확인은 어렵다.

본 논문에서는 비개인화된 HRTF를 사용하여 발생하는 단점들을 보완하여 정위감을 개선하기 위해, 음원을 정위하려는 위치 주변의 HRTF를 그룹화하는 방법을 제안한다.

2. 머리전달함수를 이용한 음상의 정위

가. 머리전달함수(HRTF)

인간이 음원에 대한 방향을 지각할 수 있는 요소로는 두 귀에 입

사하는 두 신호의 세기차(ITD: Interaural Intensity Difference)와 시간차(ITD: Interaural Time Difference) 그리고 스펙트럼차(ISD: Interaural Spectrum Difference)가 있다. 그밖에 입사파가 내이에 도달하기까지 몸통, 머리, 외의와의 상호 작용과 직접음의 반사와 회절에 의한 음의 스펙트럼 변화 등 다양한 요인들이 방향의 지각에 영향을 미친다[4].

머리전달함수(이하 HRTF)는 이러한 특성을 포함하고 있다. 즉 HRTF는 음원으로부터 사람의 귀로 전달되는 음향적 과정을 나타낸다. HRTF는 인간의 청각 기관을 모델링한 더미헤드를 사용하여 -40° ~ 90°의 고도각(elevation)과, 각각의 고도각에 대해 360°의 방위각(azimuth)을 특정한 간격을 두고, 좌우 양쪽의 임펄스 응답인 HRIR(Head Related Impulse Response)의 형태로 제공된다[5]. 본 논문에서는 MIT Media Lab에서 공개하여 제공하고 있는 KERMA 더미 헤드를 이용하여 측정된 HRTF DB를 사용하였다. 다음 그림 1은 MIT에서 제공하는 HRTF DB에서 고도각 40°, 방위각 39° 그리고 고도각 60° 방위각 50° 방향에 대한 HRIR(sample 수 512개)이다.

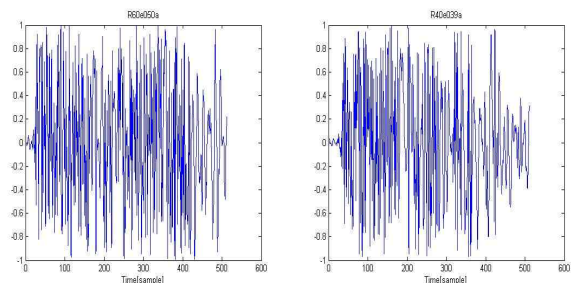


그림 1. MIT에서 제공하는 HRTF DB의 예

나. 머리전달함수를 이용한 음상의 정위 및 문제점

음원을 특정 위치에 정위하기 위한 과정은, 특정 방향에서 두 외이에 도달하는 물리적 단서로서 측정된 HRTF를 사용하여 구현된다. 다음 식 (1)은 원음과 HRIR과의 컨벌루션 과정을 나타낸 식이다.

$$y[n] = \sum_{m=0}^{M-1} x[m]h[n-m] \quad (1)$$

$x[n]$ 은 음원 샘플, $h[n]$ 은 HRIR, $y[n]$ 은 출력신호, M은 HRIR의 탭 개수이다. 그러나 위의 과정은 더미헤드에서 측정된 HRTF를 사용하기 때문에 청취자에게 적합한 정보를 제공하지 못하기 때문에 정위감이 저하된다.

3. 음상의 정위감 향상을 위한 HRTF의 그룹화

음상의 정위감 개선을 위해, 원하는 위치 주변의 HRTF를 그룹화하여 생성된 HRTF를 이용하여 음상을 정위한다.

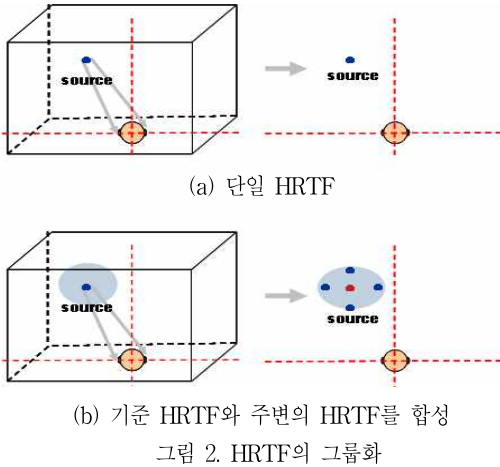


그림 2. HRTF의 그룹화

고도 50°, 좌측 방위 48°의 HRTF(L50e048a)을 기준 HRTF로 하였을 때, 기준 HRTF와 주변에 위치하는 HRTF간의 평균으로 그룹화된 HRTF를 구한다[5]. 본 논문에서는 연산량 및 음질 변화등을 고려하여 그룹화된 HRTF를 최적화하기 위해, 그룹화의 개수를 최소화하여 HRTF를 생성하였다. 그림 3과 같이, 기준이 되는 HRTF를 제외한 주변의 HRTF 두 개를 각 방향으로 그룹화 하여 HRTF를 생성하였다.

또한, 실험의 정확성을 위해 기준이 되는 HRTF의 방향을 L50e048a뿐만 아니라, R20e070a, L20e070a, R50e048a에 대해서도 위와 같은 실험을 하여 청감 테스트를 실시하였다.

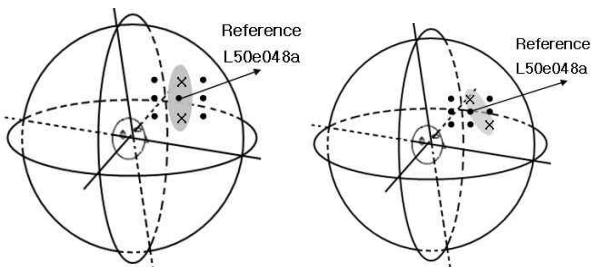


그림 3. 제안한 HRTF 그룹화의 예

4. 청감 평가 실험

제안한 방법으로 생성한 HRTF와 기존의 그룹화 방법을 통해 생성된 HRTF 그리고 단일 HRTF를 이용하여 정위한 음상간의 정위감 비교를 위해 청감 테스트를 하였다. 또한 청감 테스트의 결과를 분석하여 최적의 정위감을 얻을 수 있는 HRTF 그룹화 방향을 결정하였다.

각각의 방법으로 얻어진 음상을 임의의 순서로 들려준 후 정위감이 뚜렷한 음상을 선택하는 방법으로 청감 테스트를 수행하였다. 청감 테스트는 오디오 비전문가 10명을 대상으로 수행하였다. MS 윈도우 로그인 효과음을 원음으로 사용하였으며, Sony MDR-Z300 헤드폰을 사용하였다.

표 1. 청감평가 결과 (단위 : 명)

기준 HRTF	단일 HRTF	기존 그룹화 방법	제안한 그룹화 방법	기존 방법과 차이없음
L50e048a	x	2	6	2
L20e070a	x	4	6	0
R50e048a	x	2	7	1
R20e070a	x	3	6	1

표 1의 청감평가 결과에서 알 수 있듯이, 단일 HRTF를 적용했을 경우보다 정위감이 개선됨을 알 수 있다. 그리고 기존의 방법과의 비교에서도, 그룹화에 적은 수의 HRTF를 적용했음에도 성능이 개선되었다. 또한 기준 HRTF 주변의 HRTF 그룹화 시, 기존의 방법과 같이 기준 HRTF 상하의 HRTF를 그룹화했을 때, 정위감 개선 효과가 가장 큼을 확인할 수 있었다.

5. 결론

비개인화된 HRTF를 사용하는 경우 음상의 정위에 있어서 청취자에 따라 정위감이 저하될 수 있다. 이에 본 논문에서는 HRTF의 그룹화를 통해 만들어진 새로운 HRTF를 원음에 컨벌루션하는 기법을 사용하여 정위감을 개선하는 방법을 연구하였다.

효과적인 HRTF 그룹화를 위한 HRTF 방향을 실험을 통해 결정하였으며, 성능평가를 위한 청감 테스트 결과, 음상의 정위감이 개선됨을 확인할 수 있었다.

6. 참고문헌

- [1] 명현, 김기홍, 김기호, 김용완, 김현민, 김풍민, "입체음향 생성에 있어서 자연스러운 이동음 효과의 구현," 정보과학회, 제 28권, 제 10호, 2001.
- [2] 김해영, "확장된 음향적 시차 모델을 이용한 음상 거리정위의 모델화," 한국음향학회지, 제 23권, 제 1호, 2003.
- [3] 홍진우, 최범석, "입체음향(3D 오디오) 기술과 원리," 방송공학회지, 제 6권.
- [4] Claudia Carello, Jeffrey B. Wagman and M. T. Turvey. "Acoustic Specification of Object Properties". Ecological acoustics.
- [5] 서보국, 차형태. "머리전달함수의 그룹화를 이용한 가상 스피커의 정위감 개선", 한국 퍼지 및 지능시스템 학회. Vol.16, No.7, 2006.