

개선된 머리전달함수를 이용한 이동음 효과 구현

*서보국 **한의환 ***차형태

숭실대학교 정보통신전자공학부

*sbk8941@mms.ssu.ac.kr

Implementation of moving sound effect using modified HRTF

*Seo, Bo-Kug **Han, Eui-Hwan ***Moon, Nam-Mee

School of Electronic Engineering, Soongsil Univ.

요약

임의의 위치에 음상을 정위하는 기본적인 방법으로, 머리전달함수(HRTF : Head Related Transfer Function)을 원음에 convolution하는 기법이 사용된다. 또한 머리전달함수의 주파수 영역에서의 보간을 이용하여 이동음 효과를 생성할 수 있다. 하지만 더미헤드를 이용하여, 각각의 고도각과 방위각에서 측정된 머리전달함수는 사용자에게 따라 정위감을 저하시킬 수 있으며, 클릭음 발생, 보간 특성의 변화 등의 문제점이 발생하게 된다. 또한 좌표로 표현되는 영상과는 달리, 소리는 들려오는 방향을 정확한 좌표로 표현하기가 힘들다.

이에 본 논문에서는, 이동음 궤적상의 머리전달함수와 그 주변의 머리전달함수를 선형 보간법으로 그룹화하여 생성된 새로운 머리전달함수를 이용하여 이동음을 구현하는 방법을 제안한다. 또한, 생성된 머리전달함수를 이용하여 구현한 이동음의 청감평가를 수행하여 개선 효과를 확인하였다.

1. 서론

최근 각종 미디어 및 음향 기술의 발달과 함께 입체음향에 대한 관심이 높아지면서 5.1채널, 7.1채널 등과 같은 다채널 입체음향 시스템에 대한 지속적인 연구가 진행되고 있다[1]. 다채널 입체음향을 생성하는 방법으로는 여러 대의 스피커를 사용하는 서라운드 타입 방식과 2대의 스피커를 사용하는 바이노럴(binaural) 타입의 생성 방식이 있다. 바이노럴 방식의 입체음향은 공간적, 비음적 측면에서 서라운드 타입의 방식보다 제약이 적다. 그렇기 때문에 일반 오디오 기기, 휴대폰, 협소한 장소에서의 입체 음향 생성 및 재생 등에 유용하게 사용되고 있다.

다채널 입체음향을 2채널로 구현하기 위해서는, 3차원 공간상의 특정 위치에 음원을 정위하는 음상정위 효과와 궤적을 따라 음원이 움직이는 이동음 효과가 필수적이다. 이동음 효과를 구현하기 위해 주로 주파수 및 시간 영역에서 머리전달함수(Head Related Transfer Function : HRTF)의 보간을 이용하여 왔다. 하지만 클릭음 발생 및 보간 특성의 변화 등의 문제점이 생긴다. 또한 사용되는 HRTF는 더미헤드를 통해 측정된 값으로, 비개인화된 측정값이다. 이러한 이유로 HRTF를 이용한 이동음 구현에 있어 개인인 모두에게 최상의 이동음을 제공하는 것은 힘들다[2].

본 논문에서는 이러한 단점들을 보완하여 자연스러운 이동음을 구현하기 위해 선형보간법을 이용하여 HRTF를 그룹화하는 방법을 제안한다. 그룹화를 통해 생성된 HRTF를 이용하여 이동음을 구현하고 청감테스트를 통해 그 성능을 확인하였다.

2. 머리전달함수를 이용한 입체음향

2-1. 머리전달함수

음원의 방향을 지각할 수 있는 요소로는, 두 귀에 입사하는 두 신호의 세기차(IID: 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].

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[3]. 본 논문에서는 MIT Media Lab에서 공개하여 제공하고 있는 KERMA 더미헤드를 이용하여 측정된 HRTF DB를 사용하였다.

2-2. 머리전달함수를 이용한 이동음의 구현

음원이 이동하는 경우, 소리가 이동하는 궤적 상에 해당하는 HRTF들을 음원과 연속적으로 컨벌루션을 수행함으로써 구현할 수 있다. 궤적 상에 존재하는 불연속 공간의 HRTF는 인접한 HRTF간의 보간을 통하여 구현한다. 하지만 이동음의 궤적이 곡선인 경우, 보간 방법에 따라 다각형의 궤적을 갖게 되며, 음원이 빠르게 이동하는 경우 HRTF 간의 거리가 멀어지게 되어 부드럽지 못한 이동음이 생성된다.

3. 제안하는 방법

좌표로 표현되어 시각적으로 그 위치를 정확하게 확인할 수 있는 영상과 달리, 소리는 음원의 발생 위치를 대략적으로 인지할 수 있지만 정확한 위치를 판별하기는 어렵다. 아래 그림 1.에서와 같이 특정 위치에 음원을 발생 시키면, (b)의 하단과 같이 음원의 대략적인 위치를 인지할 수 있지만, (b)의 상단 그림과 같이 정확한 위치를 파악하기는 어렵다.

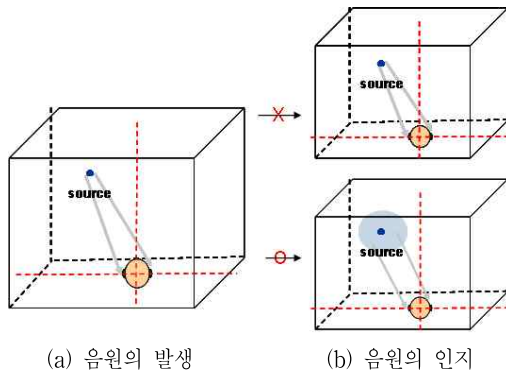


그림 1. 음원의 방향 인지

본 논문에서는 음원이 이동하는 궤적상의 HRTF들을 선형보간법을 이용하여 그룹화하여 이동을 구현에 사용한다. 아래 식 (1)은 선형보간법의 기본 방정식이며, 그림 2에서 식의 결과를 볼 수 있다.

$$f(x) = \frac{f(x_{i+1}) - f(x_i)}{x_{i+1} - x_i} (x - x_i) + f(x_i) \quad (1)$$

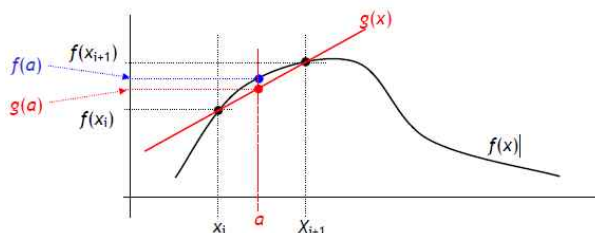


그림 2. 선형 보간법의 원리

기존의 연구에서, 기준위치의 HRTF 상하에 위치하는 HRTF를 그룹화하는 것이 정위감 개선에 효과적임을 알 수 있다. 이에 본 논문에서도 $f(\alpha)$ 를 기준위치의 HRTF로, $f(x_i), f(x_{i+1})$ 을 상하에 위치한 HRTF로 하여 선형 보간으로 $g(\alpha)$ 를 구하였다. 마지막으로, $g(\alpha)$ 와 $f(\alpha)$ 와의 선형 보간을 통해 그룹화된 HRTF $\hat{g}(\alpha)$ 를 생성하였다.

고도 40°, 50°, 60°의 HRTF를 사용하며, 그림 3에서와 같이 이동음 구현을 위한 새로운 HRTF를 생성한다. 위와 같은 방법으로 얻은 HRTF를 이용하여 이동음을 구현한다. 이동음 구현 시, HRTF가 바뀌는 경계부분에서 음의 변화를 보완하기 위해 Overlap-add 방식을 사용하였다.

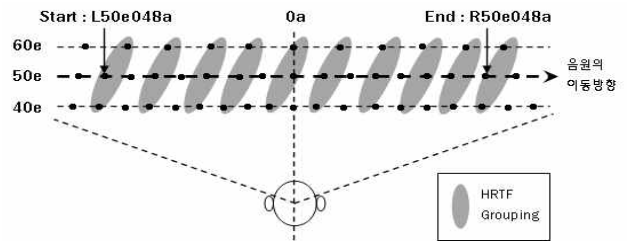


그림 3. 궤적상의 HRTF 그룹화

4. 결과

구현하는 이동음은 메신저 프로그램인 네이트온의 로그인 효과음을 사용하였다. 청감 평가는 Logitech사의 speaker system Z520 스피커를 사용하였으며, 비 전문가 10명을 대상으로 실시하였다.

아래 표 1은 개선된 HRTF를 이용하여 이동음을 구현한 경우와 단일 HRTF를 사용한 경우 이동음이 자연스러운 경우를 선택한 표이다. 청감 평가 결과 그룹화를 통해 생성된 HRTF를 이용하여 구현한 이동음이 단일 HRTF를 이용한 기존의 방법에 비해 자연스럽게 구현되었음을 알 수 있다.

	Grouped HRTF	Single HRTF	구분 불가
Select	9	0	1

표 1. 개선된 HRTF와 단일 HRTF를 사용한 경우의 이동음 효과 비교

5. 결론

입체음향은 음원이 발생한 공간에 직접 위치하지 않은 청취자가 재현된 음향을 들었을 때에 음향으로부터 방향감, 거리감 및 공간감 등과 같은 단서를 지각할 수 있는 음향을 말한다. 본 논문에서는 이러한 입체음향 중에서 보다 나은 이동음의 구현을 위해, 음원의 이동 궤적 주변의 HRTF들을 선형보간법으로 그룹화 하여 생성된 새로운 HRTF를 사용하여 생성된 이동음과, 단일 HRTF를 사용하여 구현한 이동음을 청감 테스트를 통해 비교하였다. 비교 결과 그룹화된 HRTF를 사용하는 경우가 단일 HRTF를 사용하는 경우보다 더 자연스러운 이동음이 구현됨을 확인하였다. 향후 과제로는 HRTF를 그룹화 하는 방법의 다양화를 통한 최적의 그룹화된 HRTF를 생성하는 것과, 그룹화된 HRTF의 적용 시 발생하는 음질의 변화의 보완에 대한 연구를 진행할 것이다.

6. 참고문헌

- [1] 서보국, 차형태, "머리전달함수의 그룹화를 이용한 가상 스피커의 정위감 개선", 한국 퍼지 및 지능시스템 학회 논문지, 제16권, 제7호, 2006
- [2] 김시호, 김경훈, 배건성, 최승인, 박만호, "HRTF를 이용한 헤드폰 기반의 다채널 입체음향 생성", 전자공학회 논문지, 제42권, 제1호, 2005
- [3] 명현, 김기홍, 김기호, 김용완, 김현빈, 김풍민, "입 체음향 생성에 있어서 자연스러운 이동음 효과의 구현", 정보과학회, 제28권, 제10호, 2001.