

# 머리전달함수의 그룹화를 이용한 이동음 효과 구현

\*서보국, 구교식, 한상일, 차형태  
송실대학교 정보통신전자공학부

e-mail : {sbk8941, senia2, raine}@mms.ssu.ac.kr, hcha@ssu.ac.kr

## Implementation of moving sound effect using grouped HRTF

\*Bo-Kug Seo, Kyo-Sik Ku, Sang-Il Han, Hyung-Tai Cha  
School of Electronic Engineering, SoongSil University

### Abstract

본 논문에서는 입체음향을 2채널로 재생할 때 이동음이 부드럽게 생성되도록 하는 방법에 대해 연구한다. 일반적으로 이동음 효과 생성을 위해 머리전달함수(Head Related Transfer Function : HRTF)의 주파수 영역에서의 보간을 사용한다. 하지만 특정 점에서 측정된 머리전달함수를 이용하여 이동하는 음을 생성하기 때문에 클릭음 발생, 보간 특성의 변화 등의 문제점이 발생하게 된다. 이 같은 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 이동음의 궤적 상에 있는 머리전달함수들을 그룹화하여 이동음의 구현에 사용한다. 위와 같은 방법으로 구현된 이동음의 성능 평가 결과 보다 자연스러운 이동음이 생성되는 것을 확인하였다.

### I. 서론

입체음향을 2채널로 구현하기 위해서는, 공간상의 특정 위치에 음원을 정위하는 위치음 효과와, 공간에서 궤적을 따라 음원이 움직이는 이동음 효과가 필수적이다[1]. 위치음 효과는 일반적으로 원음과 머리전달함수와의 바이노럴 필터링을 통해 단순히 구현할 수 있지만, 이동음 효과는 특정 점에서의 HRTF를 이용하여 이동하는 음을 구현해야 하기 때문에 위치음 효과에 비해 구현이 어렵다.

이동음 효과 구현을 위해 주로 주파수 및 시간 영역에서 HRTF의 보간을 이용하여 왔다. 하지만 클릭음 발생 및 보간 특성의 변화 등의 문제점이 생긴다. 또한 사용하는 HRTF는 더미헤드를 통해 측정된 값으로, 비개인화 된 측정값이다. 그러므로 이동을 구현에 있어 개개인에게 모두 최상의 이동음을 제공하는 것이 힘들다[2].

본 논문에서는 이러한 단점들을 보완하여 보다 자연

스러운 이동음 효과의 구현을 위해 HRTF를 그룹화하는 방법을 사용하였으며, 생성된 이동음의 청감 평가 결과를 제시한 후 결론을 맺는다.

### II. HRTF를 이용한 입체음향 생성

#### 2.1 머리전달함수(HRTF)

청취자가 음원에 대한 방향을 지각 할 수 있는 것은 머리 전달계의 고유특성에 의하여 두 귀에 입사하는 두 신호의 세기차(IID: Interaural Intensity Difference)와 시간차(ITD: Interaural Time Difference) 그리고 스펙트럼차(ISD: Interaural Spectrum Difference)가 발생하기 때문이다. 그밖에 입사파가 내이에 도달하기까지 몸통, 머리, 외의와의 상호 작용과 직접음의 반사와 회절에 의한 음의 스펙트럼 변화 등 다양한 요인들이 방향의 지각에 영향을 미친다. 이러한 특성을 가지고 있는 것을 HRTF라고 한다. 즉, HRTF는 공간에 정위된 음원으로부터 사람의 귀로 전달되는 음향적 과정을 나타낸다. 본 논문에서는 MIT Media Lab에서 KERMA 더미 헤드를 이용하여 측정된 HRTF DB를 사용하였다.

#### 2.2 HRTF를 이용한 이동음 효과의 구현

음원이 이동하는 이동음의 경우 소리가 이동하는 궤적 상에 해당하는 HRTF들을 음원과 연속적으로 컨벌루션을 수행함으로써 얻을 수 있다. 이때, 궤적 상에 존재하는 불연속 공간의 HRTF는 인접한 HRTF간의 보간을 통해서 구한다. 즉, 음원의 이동 속도에 맞는 시간 간격으로 궤적 상의 HRTF를 설정하고 중간 HRTF는 보간을 통해 얻어낸다.

하지만 비 개인화된 측정값인 HRTF를 사용함으로써 발생하는 이동음의 정위감 한계를 보완하기 위해 HRTF 그룹화하는 방법을 사용하여 이동음을 구현한다.

### III. 자연스러운 이동음 구현을 위한 HRTF 그룹화

#### 3.1 머리전달함수(HRTF)의 그룹화

본 논문에서는 HRTF를 그룹화 하여 생성된 새로운 HRTF를 사용하여 이동음을 구현한다. 새로운 HRTF를 얻기 위한 그룹화 작업은 고도 50°, 방위 48° 방향의 HRTF(L50e048a)을 기준으로 한다. 그리고 주변의 HRTF 8개를 선택하여 주변 HRTF 개수 2개, 3개, 4개, 5개, 9개의 경우에서 각각의 평균을 취하여 새로운 HRTF를 생성한다. 사용한 HRTF는 표 1과 같다.

위와 같은 방법으로 각 개수의 경우에서 HRTF를 그룹화 하여 이동음 효과의 개선을 위한 최적의 HRTF 개수, 그룹화의 방향 등을 찾는다.

표 1. 그룹화를 위해 사용하는 HRTF

L40e039a	L40e045a	L40e051a
L40e058a	L50e040a	L50e048a
L50e056a	L60e040a	L60e050a

#### 3.2 그룹화 된 HRTF를 이용한 이동음 구현

앞 절에서 제안한 HRTF의 그룹화 방법으로 생성된 새로운 HRTF를 사용하여 보간을 수행함으로써 이동음을 구현한다. 그림 1과 같이 음원이 청취자 기준 왼쪽 고도 50°, 방위 48°에서부터, 오른쪽 고도 50°, 방위 48°로 이동한다고 가정한다.

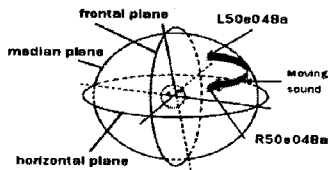


그림 1. 이동음의 궤적

그룹화를 위해 고도 40°, 50°, 60°의 HRTF를 사용하며, 그림 2에서와 같이 HRTF 3개를 그룹화하여 보간을 위한 새로운 HRTF를 생성한다.

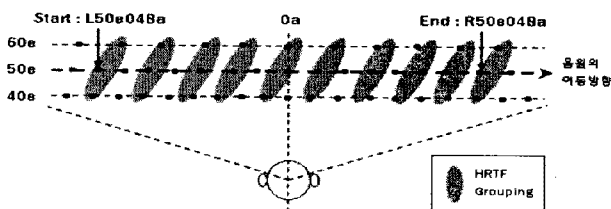


그림 2. 궤적상의 HRTF 그룹화

위와 같은 방법으로 얻은 HRTF를 직선 보간 (linear interpolation)을 이용하여 이동음을 구현한다. 보간 시, HRTF가 바뀌는 경계부분에서의 음의 변화를 보완하기 위해 Overlap-Add 방식을 사용하여 이동음을 구현한다.

### IV. 청감 평가 실험

구현하는 이동음은 메신저 프로그램의 일종인 네이 트온의 로그인 효과음을 원음으로 사용하였다. 청감 테스트에는 Sony사의 MDR-Z300 헤드폰을 사용하였으며, 비전문가 10명을 대상으로 실시 하였다.

표 2는 HRTF를 그룹화 하여 사용한 경우와 단일 HRTF를 사용한 경우, 정위감이 높게 평가된 결과이다. 청감 평가의 결과에서 HRTF를 그룹화하여 사용하는 것이 단일 HRTF를 사용하는 것보다 위치음 효과의 구현이 정확함을 알 수 있다.

표 2. 그룹화 된 HRTF청감 평가 결과 (단위: 명)

HRTF \ 그룹화수	Single	2	3	4	5	9
L50e048a	0	0	7	2	1	0

표 3은 위의 결과를 바탕으로 그룹화된 HRTF를 사용하여 이동음을 구현한 것과 단일 HRTF를 사용해 이동음을 구현 한 경우, 더 자연스러운 이동음을 선택한 결과이다. 그룹화된 HRTF를 사용하여 보간한 결과, 이동음 효과가 개선됨을 알 수 있다.

표 3. 그룹화된 HRTF와 단일 HRTF를 사용한 경우의 이동음 효과 비교 (단위: 명)

	Grouped HRTF	Single HRTF	구분불가
select	8	0	2

### V. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 보다 나은 이동음의 구현을 위해 HRTF를 그룹화 하는 방법을 제안하였다. 음원의 이동 궤적 주변의 HRTF들을 그룹화 하여 생성된 새로운 HRTF를 사용하여 생성된 이동음과, 단일 HRTF를 사용하여 구현한 이동음을 청감 테스트를 통해 비교하였다. 비교 결과 그룹화된 HRTF를 사용하는 경우가 더 자연스러운 이동음이 구현됨을 확인하였다. 향후에는 HRTF를 그룹화 하는 방법의 다양화를 통한 최적의 그룹화된 HRTF 생성에 대한 연구를 진행할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] 서보국, 차형태, “머리전달함수의 그룹화를 이용한 가상 스피커의 정위감 개선”, 한국 퍼지 및 지능시스템 학회 논문지, 제16권, 제7호, 2006
- [2] 명현, 김기홍, 김기호, 김용완, 김현빈, 김풍민, “입체음향 생성에 있어서 자연스러운 이동음 효과의 구현,” 정보과학회, 제28권, 제10호, 2001.