

## 정중면과 시상면에서의 머리전달함수 특성 분석

### Comparison of Head-Related Impulse Responses between the median and sagittal plane

손대혁† · 박영진\* · 박윤식\*\* · 장세진\*\*\*

Daehyuk Son, Youngjin Park, Yoonsik Park and Sei-jin Jang

#### 1. 서 론

3차원 입체 음향을 구현하거나 그에 대한 연구를 하기 위해서는 머리전달함수(Head-Related Transfer Function) 데이터베이스의 구축이 필요하다. 이론적으로는 3차원 공간 모든 위치에서 측정된 머리전달함수가 필요하지만 이는 현실적으로 불가능하다. 이를 해결하기 위해 많은 연구자들은 정중면의 머리전달함수를 측정하여 양이간 시간차와 양이간 레벨차만을 고려하여 시상면의 데이터를 만들어내는 연구들을 수행하였다. 선행 연구를 통하여 3차원 공간에서 조밀한 공간 분해능으로 머리전달함수를 측정할 수 있는 장치를 개발하였고, 이를 이용하여 머리전달함수 측정이 가능함을 보였다. 따라서 본 연구에서는 기존의 연구들에서 사용한 방식의 가능성과 실효성을 검증하기 위하여 정중면과 시상면에서 측정된 머리전달함수의 특성을 비교 분석한다. 방위각이 큰 시상면에서는 머리전달함수의 특성이 정중면에서와 다를 수 있는 가능성을 확인하였다.

#### 2. 정중면과 시상면에서의 머리전달함수 특성 분석

정중면과 시상면에서의 머리전달함수를 비교하기 위하여 주성분 분석법을 사용하였다. 주성분 분석법을 사용하면 머리전달함수 데이터를 크게 줄일 수 있고, 또한 주성분 가중치의 비교를 통하여 주성분

분석을 위해 반드시 필요한 전처리 작업이 정확하게 이루어졌는지 확인할 수 있기 때문이다. 10명의 머리전달함수 데이터를 분석에 사용하였다. 정중면의 데이터로부터 얻은 주성분을 이용하여 방위각 10°에서 80°까지의 시상면의 모델링하여 비교하였다. 모델링 오차는 다음 식 (1)과 같이 정의하였다.

$$\% \text{ error}(k) = \frac{\|X_{\text{sagittal}} - \tilde{X}_{\text{sagittal}}(k)\|_F^2}{\|X_{\text{sagittal}}\|_F^2} \times 100(\%), \quad (1)$$

사용한 주성분의 개수에 따른 각 평면에서의 모델링 오차를 정중면의 경우와 비교하면 Fig. 1과 같다. 그래프를 보면 방위각 10~40°를 가지는 시상면의 경우보다 방위각 50~80° 시상면에서 모델링 오차가 현저히 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

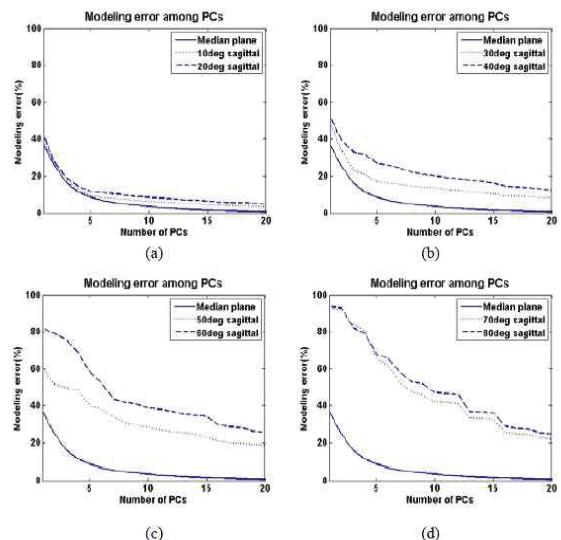


Fig. 1 시상면과 정중면 사이의 모델링 오차 비교

(a):10,20°, (b):30,40°, (c):50,60°, (d):70,80°

모든 평면에 대하여 같은 기저 함수, 즉 주성분을 사용하였기 때문에, 주성분 가중치에 대한 연관성

† 교신저자; KAIST 기계공학과

E-mail : infinitude@kaist.ac.kr

Tel : (042) 350-3060, Fax : (042) 350-8220

\* KAIST 기계공학과

\*\* KAIST 기계공학과

\*\*\* KETI 디지털미디어센터

비교를 통해 각각의 평면을 비교, 분석하였다. 연관성은 스피어만의 연관성 계수의 관점에서 비교하였다. 계수가 1에 가까울수록 두 데이터사이의 연관성이 크다고 할 수 있다. 주성분 가중치 1~4까지를 각 평면에 대하여 비교하면 다음 표 1과 같다.

**Table 1** 각 평면 사이의 주성분 가중치 연관성 계수

시상면의 방위각(°)	주성분 가중치 1	주성분 가중치 2	주성분 가중치 3	주성분 가중치 4
10	0.97	0.92	0.89	0.84
20	0.97	0.89	0.85	0.88
30	0.97	0.89	0.83	0.80
40	0.97	0.87	0.80	0.79
50	0.85	0.77	0.67	0.78
60	0.83	0.74	0.69	0.53
70	0.86	0.70	0.57	0.51
80	0.89	0.59	0.49	0.46

표에서 확인할 수 있듯이, 앞의 모델링 오차 관점과 같은 결과를 나타낸다. 방위각이 큰 시상면에서는 같은 주성분을 이용하여 데이터를 표현하였을 때 비교 척도가 되는 주성분 가중치의 연관성이 정중면과 큰 차이를 보인다.

마지막으로, 이를 실제적으로 비교하기 위해 정중면과 시상면에서의 머리전달함수를 주파수 영역에서 비교하였다. 같은 고도각  $0^\circ$ 를 갖는 측정점에 대하여 비교하였으며, 그 결과는 다음 Fig. 2와 같다.

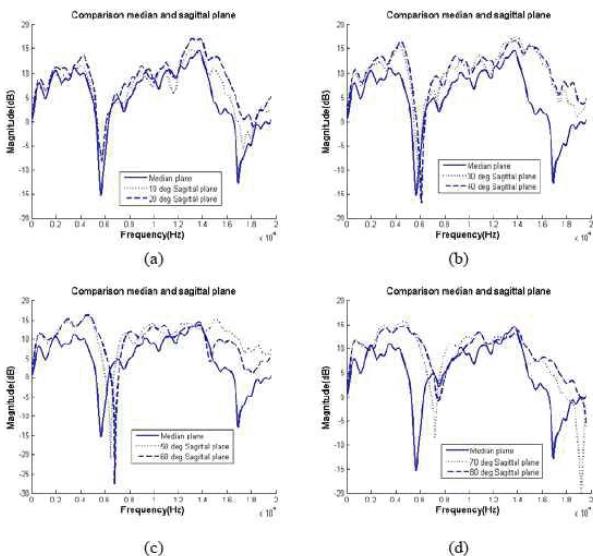


Fig. 2 각 평면에 대한 주파수 영역에서의 머리전달함수 비교

(a):10,20°, (b):30,40°, (c):50,60°, (d):70,80°

그림 2를 보면, 머리전달함수의 주파수 영역에서

의 피크와 노치 주파수를 확인할 수 있다. 일반적으로 사람이 고도각을 인지하는데에 사용되는 단서는 피크와 노치 패턴으로 알려져 있다. 따라서, 피크와 노치 주파수가 다르다는 것은 고도각 인지 관점에서 차이를 불러 올 수 있음을 의미한다. 앞선 결과에서 주성분을 이용한 모델링 오차와 주성분 가중치의 연관성 계수를 비교하였을 때 나타난 차이를 조금 더 정확하게 확인할 수 있다. 그러므로, 기준의 연구들과 같이 정중면의 머리전달함수 만을 측정하여 시상면의 데이터를 생성해 줄 경우 방위각  $50\sim80^\circ$ 를 갖는 시상면에서는 고도감이 정확하게 느껴지지 않을 가능성이 존재한다고 할 수 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 정중면과 시상면에서의 머리전달함수 특성을 비교하였다. 이는 기준의 연구들이 정중면의 머리전달함수에 양이간 시간차와 양이간 레벨차를 고려하여 시상면의 데이터를 만들어준 방법에 대한 검증을 위함이다. 정중면의 주성분을 이용해 시상면의 데이터를 모델링하였을 경우, 방위각  $10\sim40^\circ$  시상면은 작은 모델링 오차를 나타냈다. 또한, 각각의 평면에 대한 주성분 가중치를 스피어만의 연관성 계수의 관점에서 비교하였을 때에도 같은 결과를 확인할 수 있었다. 마지막으로, 주파수 영역에서의 머리전달함수를 비교하였을 때, 고도각을 인지하는데에 가장 중요한 단서로 알려져 있는 피크와 노치 주파수가 방위각  $10\sim40^\circ$  시상면에서는 정중면과 비슷한 값을 갖는 것을 알 수 있었다. 따라서, 기준의 방법을 사용했을 때, 특정 방위각 이상의 시상면에서는 고도각 인지 관점에서 차이를 나타낼 가능성이 존재한다. 향후 과제를 통해 실제 실험으로 이를 비교할 것이다.

### 후 기

이 논문은 2010년도 정부(지식경제부)의 재원으로 산업융합기반구축사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 10037244).