

# 머리전달함수의 특성에 미치는 측정방법의 영향

## Effects of Measurement Methods on Head-Related Transfer Function(HRTF) Characteristics

안 태 수\* · 이 두 호†

Tae Soo Ahn and Dooho Lee

### 1. 서 론

머리전달함수 (Head-Related Transfer Function, HRTF)는 가상현실, 게임소프트웨어, 음향기기 및 디지털 방송장비 등의 멀티미디어 산업에서 삼차원의 입체음향을 구현하기 위하여 필수적인 정보로 사용되고 있다. 본 연구에서는 다양한 측정방법을 통해서 얻어진 HRTF를 비교 검토함으로써 각 실험방법의 장단점을 검토하는 것을 목적으로 한다.

### 2. HRTF의 측정

#### 2.1 머리관련 전달함수

소리의 인지에 사용되는 특성의 하나인 소리전달함수는 머리부분의 영향을 나타내는 머리관련 전달함수 (Head-related transfer function, HRTF)와 청각기관에 의한 전달함수의 합으로 표시될 수 있다. 머리관련 전달함수는 소음원으로부터 귀까지의 소리의 전달함수로 정의되고 음원과 고막 사이의 기하학적 형상 및 표면의 반사특성에 의하여 결정된다. 머리전달함수는 음원으로부터 이도 입구까지 소리가 전달되는 특성을 포함하고 있기 때문에 인간이 인지하는 소리의 자연스러운 재현을 위해서는 반드시 고려해야 하는 특성이다. 대표적인 사용되는 HRTF 정보는 MIT Media Lab에서 측정된 KEMAR (Knowles Electronics Mannequin for Acoustic Research) 더미헤드에 대한 데이터가 있으며 인터넷을 통하여 공유되고 있기 때문에 많은 음향장비가 이 데이터를 이용하여 입체음향을 구현하고 있지만 개인차가 커서 빠른 측정을 위한 여러 방법들이 도입되고 있다.

HRTF의 특성은 치환법(substitution method)을 이용

하여 두형더미가 없을 때의 응답인 기준 주파수응답함수 ( $P_r$ )와, 두형더미가 위치했을 때의 음향응답( $P_e$ )을 비교하면 소리전달 경로의 이득 값  $G$ 를 다음과 같은 간단한 식으로 계산할 수 있다.

$$G(dB) = 20\log\left(\frac{P_e}{P_r}\right) \quad (1)$$

#### 2.2 HRTF의 측정방법

머리관련 전달함수의 측정하는 데는 여러 가지 측정방법이 있으나 이 연구에서는 정현파 가진방법, 백색잡음 가진방법, 그리고 MLS(maximum length sequence)를 이용한 충격응답 측정방법을 사용하여 HRTF를 구하고 그 결과를 비교하였다.

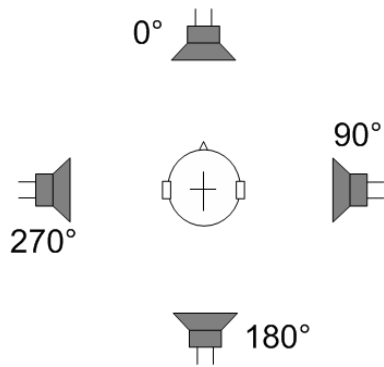
정현파 가진방법(sine sweep)은 CADA-X 소프트웨어와 SCADAS III frond-end를 이용하여 자유음장 상태에서 측정 위치의 음압을 일정하게 유지되도록 스피커 정현파 입력 신호를 제어한 후 두형더미를 설치하고 기록된 신호로 스피커를 가진할 때 이도입구에서의 음향응답을 기록하는 방법으로 HRTF를 구한다. 본 연구에서는 100~12kHz 주파수 영역대에 대해 로그스케일로 0.03%씩 주파수를 증가시키면서 총 958 주파수에 대한 응답을 측정하였다.

백색잡음(white noise) 가진방법은 B&K Sine/Noise 발생기를 이용하여 100~12kHz 주파수 영역대에 대해 백색잡음을 발생시켜 라우드스피커를 가진하고 음향응답을 측정하여 주파수 응답함수를 구하는 방법으로 HRTF를 구한다.

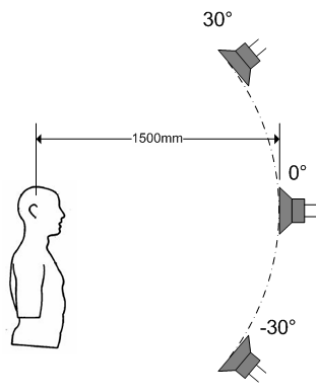
MLS를 이용한 방법은 우선 Sample Champion 소프트웨어를 이용하여 MLS 신호를 발생시키고 발생된 신호를 라우드스피커의 입력단에 연결하여 가진하고 입력신호와 두형더미의 음향응답과의 상호상관함수를 측정하여 충격응답함수를 구하는 방법으로 HRTF를 측정한다. 본 연구에서는 32 kHz의 샘플링을 사용하여 16384개의 데이터를 획득하여 충격응답을 구하였으며 구한 충격응답에서 512개의 데이터만을 추출한 후 푸리에변환을 통하여 HRTF를 구한 후 결과를 비교하였다.

† 교신저자; 정회원, 동의대학교 기계공학과  
E-mail : dooho@deu.ac.kr  
Tel : (051) 890-1658, Fax : (051) 890-2232

\* 동의대학교 대학원 기계공학과



(a) Azimuth



(b) Elevation

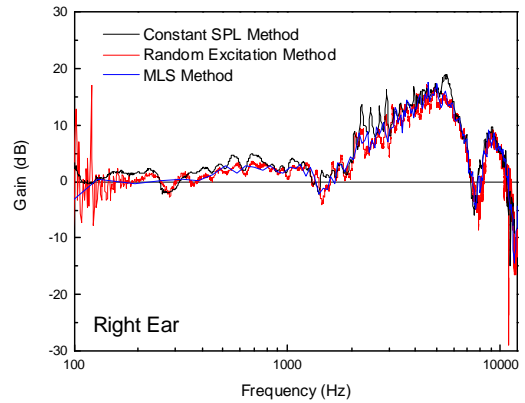
Fig.1 Sign conventions of azimuth and elevation

### 2.3 HRTF의 측정

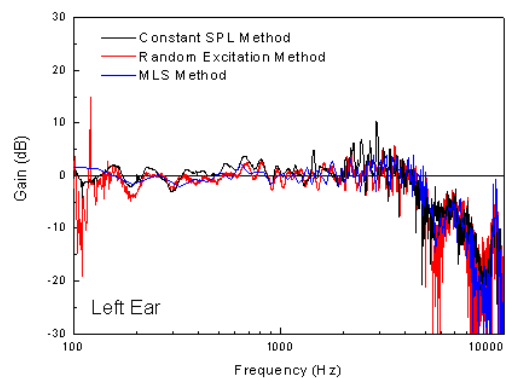
HRTF의 측정은 KEMAR 두형더미를 이용하여 측정하였으며 토르소와 G.R.A.S.사의 KB0060, 61로 이루어진 작은 귀(small ear)를 장착한 상태에서 수행되었다. 측정을 위하여 3.2m\*3.2m\*2.5m의 유효공간을 갖는 완전무향실에서 자유 음장을 구현하였으며, 싱글드라이브를 갖는 Bose Model 32SE 라우드스피커를 이용하여 가진 하였다. 응답측정을 위한 위치에 따른 규정은 Fig.1에서 보는 바와 같다

### 4. 실험결과 및 결론

Fig.2와 Fig.3은 세 가지 측정방법으로 측정한 HRTF의 결과를 비교하였다. 있다. 그림을 살펴보면 세 가지 방법에 따른 측정결과가 전체적으로 비슷한 정도를 보이고 있으나 정현과 가진방법이 주파수에 따라서 급변하는 응답을 잘 표현해주고 있으며 나머지 방법은 평균화하여 나타남을 볼 수 있고, MLS를 이용한 방법이 백색잡음에 의한 방법보다 잡음에 강한 특성을 보이고 있다. 그러나 정현과 가진방법은 HRTF의 측정에 많은 시간이 걸리며 MLS에 의한 방법은 MLS 신호를 발생시키기 위한 특별한 장치가 필요하다는 단점이 있어 HRTF 측정방법의 선택에는 측정환경과 비용에 대한 고려가 필요하다.



(a)azimuth 0°



(b)azimuth 90°

Fig.2 Comparison of measurements method of HRTFs (Left ear, elevation 0°)

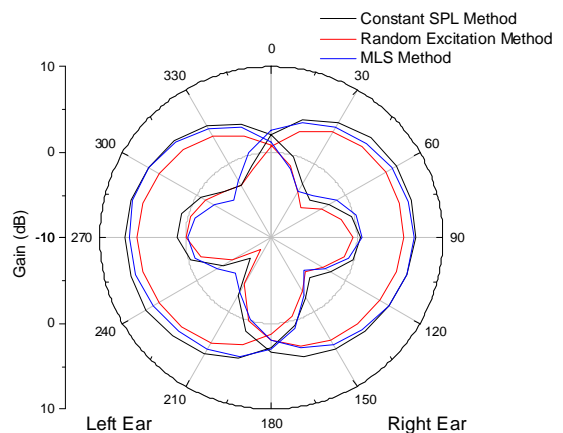


Fig.3 Comparison of measurements method of HRTFs (1kHz, elevation 0°)

### 후 기

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학 재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-10986-0).