

## 가상환경에서의 위치정보 제시를 위한 청각적 공간배열

# Auditory Spatial Arrangement of Object's Position in Virtual and Augmented Environment

이주환\*

Ju-Hwan Lee\*

### 요 약

본 연구는 공간적 정보의 청각적 제시 가능성을 확인하기 위해 머리전달함수(head-related transfer function: HRTF)를 통해 생성된 3D사운드를 가상공간상 대상 위치의 직각형태(orthogonal pattern), 혹은 대각 형태(diagonal pattern)의 조합으로 배열하여 투시장치(See-Through HMD)로 증강현실을 경험하고 있는 사용자 과제수행의 정확성과 반응시간을 측정하였다. 본 연구에서 실시한 실험들의 결과를 종합하면, 3D 사운드로 대상의 위치 정보를 제시할 때는 사용자로부터의 방향은 직각으로 위치시키는 정보 배열이 정확성을 확보할 수 있고, 또한 가상적 깊이를 이용하여 정보를 배열하는 것도 그 깊이를 구분할 수 있으나 정확성이 떨어짐을 확인하였다. 특히 보다 현실적인 과제 상황에서의 수행을 비교하기 위해 설계된 이중과제(dual task)를 하는 동안 제시된 청각자극 조건에서도 이러한 정확성과 반응시간의 차이가 마찬가지로 나타났다. 이런 결과를 통해 3D사운드로 대상의 위치와 같은 공간적 정보를 제시 가능한 최적의 배열 형태를 제안하는데, 이는 어떤 패턴으로 정보를 구조화하여 제시하느냐에 따라 청각적 위치 정보 제시의 성공 여부가 결정된다는 것을 의미한다.

### Abstract

In the present study, we measured the performance (accuracy and reaction time) of the user in the virtual environment with see-through Head-Mounted Display system that includes 3D sound generated through Head-Related Transfer Function (HRTF) to investigate the feasibility of auditory display for a certain object's spatial information. To sum up the results of two experiments, when presenting location information of the object with 3D sound, it is desirable that information arrangement from the user should be an orthogonal pattern which is located with right angle, not a diagonal pattern. Like these results propose that spatial information presentation with 3D sound make the optimal object arrangement of virtual environment possible.

Key words : Auditory Display, Virtual Environment, Augmented Reality, Ubiquitous, HRTF, Arrangement

### I. 서 론

최근 유비쿼터스(ubiquitous) 환경 구축을 위한 웨어러블 컴퓨팅(wearable computing) 기술 개발에 대한

관심이 커지고 있다. 이러한 시스템에서는 현실 세계의 작업수행과 함께 요구되는 정보를 가상공간에 적절히 제시하여 작업 효율성을 증대시키는 것을 기대하는데, 이것은 주로 증강현실(augmented reality) 시스템으로 구현될 수 있다. 특히 사용자의 지각적 특

\* 한독미디어대학원대학교 뉴미디어학부(Department of Newmedia, Korean German Institute of Technology)

· 투고일자 : 2011년 4월 8일

· 심사(수정)일자 : 2011년 4월 8일 (수정일자 : 2011년 4월 26일)

· 게재일자 : 2011년 4월 30일

성에 기반한 증강현실 시스템 구현을 위해서는 다중 감각 자원의 원리(principle of multisensory resources)에 따른 시각과 청각 양식으로 정보의 중복제시를 통한 이득이 필요하다. 이 가운데 증강현실에서의 청각적 정보제시는 주로 정보처리의 주의 단서(attentional cue)나 피드백(feedback)으로 사용할 수 있지만, 시각적 정보처리를 방해하지 않고도 정보의 입력을 표현할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 청각적 정보제시의 장점은 소리에 반응하는 우리의 감각이 공간에 제한되지 않는다는 데 근거를 두고 있다. 또한 일상생활 속에서 우리는 자신에게 필요한 정보에 주의를 기울이므로 기본적인 정보처리과정을 진행하며 살아갈 수 있게 된다. 이러한 주의를 적절한 정보를 선택적으로 처리하고, 다양한 감각들로부터의 정보 과부하를 피하기 위해 몇몇 다른 감각 양식들(sensory modalities)에 걸쳐 동시적으로 조정되어야 한다. 사람의 다양한 감각 양식들-시각, 청각, 촉각, 후각, 미각-에 따른 주의의 특성에 대한 연구들에 따르면, 각각의 개별적 감각 정보를 처리하는 것보다 이중감각적 연결(crossmodal link)에 의해 처리되는 것이 공간정보에 대한 주의처리를 용이하게 한다는 특성이 있다 [1]-[3]. 이러한 이중감각의 주의처리 용이성 효과는 서로 다른 감각양식으로 전해진 공간정보가 서로 동일한 공간을 표상하는 경우, 우리 뇌의 신경생리학적 기제에서 이를 통합적으로 처리하기 때문이라는 증거들이 있다[3]-[5].

그렇다면 이러한 청각적 정보제시의 공간적 주의 처리 효과는 다양한 시스템에 적용될 수 있는 가치가 있다. 특히 짧은 시간 내에 매우 중요한 공간적 판단을 요구하는 상황에서 이런 미세한 효과가 그 빛을 발할 수 있는데, 이것은 주로 고속으로 비행중인 전투기 조종상황에서의 적기 탐색이나 자동차 운전중의 장애물 신호에 대한 공간정보 제시와 관련될 수 있을 것이다. 즉 목표물에 대한 공간적 정보를 시각적으로 제시할 뿐 아니라 청각적으로도 제시하는 것의 효과를 예상할 수 있다. 이와 함께 증강현실에서의 현실 정보처리를 지원하거나 부가적 정보를 제공하는 가상적 정보제시 방법에서도 시각적 정보처리의 한계나 주의의 분산을 보완하는 이중감각적 정보제시가 유용할 것이다. 증강현실 장치를 착용하고 네

비게이션(navigation) 중이거나 여타 과제를 수행하고 있는 경우에는 일반적으로 통제해야 하는 정보들은 셀 수 없을 정도로 많고 복잡하다. 즉 시스템 사용자는 자신의 시스템의 기본적인 상태와 외부 환경의 변화에 대한 주의를 요구되는 고도의 정보처리과정을 거치게 된다. 이에 추가적으로 자신의 시야에 가상적 메뉴(virtual menu)와 같은 정보가 활성화된다면 그 정보에 대한 빠른 처리가 가장 긴급한 임무가 될 수도 있는데, 시각적으로 처리하기에는 이미 많은 주의가 다른 시각적 디스플레이들에 할당된 상태이기 때문에 빠른 주의자원의 집중이 어려울 수 있다. 이런 한계를 조금이라도 줄일 수 있는 것이 위에서 언급한 공간정보에 대한 청각적 제시를 동시에 제공하는 방법이다.

본 연구에서는 공간정보의 청각적 제시가 함께 제공되는 시각적 제시의 효과를 검증한 이전 연구[6]를 바탕으로, 증강현실 시스템 사용자로부터 정보 대상의 상대적인 위치와 거리 등 청각적 공간 정보 제시가 나타내는 배열의 효과를 검증하고자 하였다. 이것은 청각적 정보제시가 시각적 정보 대상의 공간적 주의에 이점이 있는 것이 상대적으로 어떤 배열에서 유리한 것인지에 대한 정보를 제공하는 의미를 지닌다. 이를 위해 머리전달함수(Head Related Transfer Function; HRTF)를 이용해 공간적 정보를 지닌 가상적 소리를 생성하는 방법을 통해 실험에 청각자극으로 사용하였다. 이것은 음원(sound source)의 위치에 따라 청취자의 양쪽 귀에 도달하는 소리의 시간차(Interaural Time Difference: ITD)와 소리의 세기차(Interaural Intensity Difference: IID), 그리고 각 개인의 머리전달계의 고유 특성에 의해서 두 귀에 입사한 두 신호 간에 발생하는 차이를 이용하여 입체화되지 않은 단순한 음에 공간적 정보를 부가한 입체음을 생성할 수 있는 방법이다. 머리전달함수는 각 개인마다 차이가 있지만 개인차를 반영하는 어려움을 줄이기 위해 본 연구에서는 일반화된 머리전달함수(generalized HRTF)를 사용하였다. 이러한 방법을 이용한 입체음 생성은 실제 시스템에서 공간 정보를 청각적으로 제공하기 위해 음원의 모든 가능한 위치에 스피커를 구축해야 하는 비용과 설치의 한계를 극복하면서 이미 사용하고 있는 헤드폰 같은 스테레오 장

비를 그대로 이용 가능한 이점이 있다.

실험1에서는 다양한 패턴의 시각적 정보대상들 가운데 청각 목표자극의 출현에 대한 빠르고 정확한 공간적 반응을 요구하는 과제로 시행되었다. 또한 실험 2에서는 이중과제(dual task)를 수행하여 가상현실 상황에서의 주의자원 소모와 인지적 정보처리 부담이 증가되는 상황을 가정하여, 청각자극의 출현을 예상하기 어려운 상황을 연출하여 실험1과 같이 반응하는 과제로 수행되었다. 두 실험들 모두에서 정보대상의 공간적 위치는 열 가지, 그리고 이들의 조합으로 이뤄진 배열 패턴은 여섯 가지 조건으로 구성되어 그 공간적 정확성과 반응시간을 비교 분석하였다.

II. 실험 1: 단순과제에서의 가상공간배열

실험1은 시각과 청각의 두 가지 감각양식으로 제시되는 정보대상의 공간적 위치를 청각 목표자극을 통해 판단하는 과제를 수행하여, 참가자로부터 상대적인 위치와 거리 등 배열 패턴에 따른 공간정보의 제시방식 가운데 어떤 것이 더 정확하고 빠른 주의처리에 용이한지를 검증하기 위해 수행되었다.

2-1 연구 방법

2-1-1 참가자

연세대학교에서 개설된 교양 과목을 수강하는 학생 15명(남성 12명, 여성 3명; 연령범위 19-26세, 평균 연령 21세)이 강좌에서 요구하는 이수조건으로 실험에 참가하였다. 참가자들 모두 정상 시력과 청력임을 확인한 후, 실험의 목적을 모르는 상태에서 실험에 참가하였다.



그림 1. 실험 장치를 갖추고 실험을 진행하는 모습  
Fig. 1. Scene of experiment with full equipments.

2-1-2 자극 및 장치

모든 실험 과정은 실험에 오염될 수 있는 시각적, 청각적 자극들을 차단하기 위해 어두운 소음실(soundproof booth)에서 수행되었다. 실험참가자는 가능한 편안한 자세로 의자에 앉아 HMD(Head-Mounted Display) 장치를 통해 화면을 제시 받았으며, 화면의 크기는 해상도 800x600의 모니터를 50cm앞에서 보는 정도였다. 청각적 목표자극은 머리에 착용하는 밀폐형 모니터링 헤드폰 AKG® K240 DF을 통해 제시되었다(그림 1).

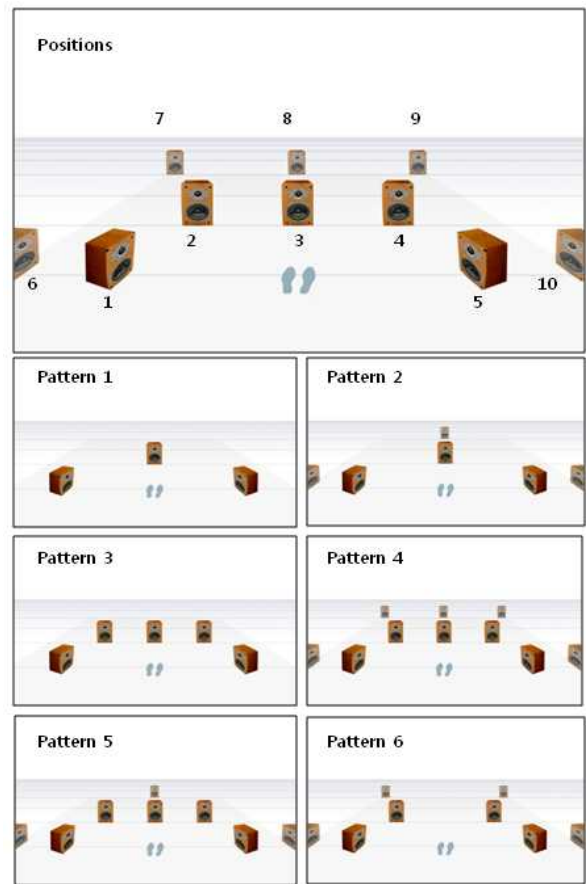


그림 2. 실험 1과 2에서 제시된 정보대상의 열 가지 공간적 위치와 그 조합으로 구성된 여섯 가지 배열의 패턴들

Fig. 2. Ten spatial positions and six patterns of arrangement combinations presented in Experiment 1 and 2.

실험에 사용된 자극은 참가자의 앞과 좌우를 신호하는 10가지 공간적 청각 목표자극으로 구성되었다. 참가자들에게 제시된 시각적 화면은 정보대상의 10

가지 위치들이 조합된 6가지 배열 패턴들로 제시되었다(그림2). 청각적 목표자극(auditory target)은 Csound에 의해 만들어진 정현파와 단음(sine wave tone; 496Hz, 500ms)을 HRTF 필터를 통해 변환하는 소프트웨어에서 10가지 방향의 소리(file type: 44,100Hz, 16-bit, Stereo, wave file)로 생성하였다.

2-1-3 설계 및 절차

실험1은 정보대상의 공간적 위치 조합에 따른 배열 요인이 여섯 수준인 단일 요인 반복측정을 세 블록 실행하는 것으로 설계되었고, 총 80회 시행을 세 블록 반복하여 240회 시행으로 구성되었다. 이것은 독립변인의 각각의 수준에서 목표 자극의 공간적 위치40가지가 두 번씩 제시되어 계산된 전체 시행이다.

실험1에 사용된 단일 시행의 절차는 먼저 컴퓨터 화면 하단 응시점(fixation point)을 중심으로 앞과 좌우 6가지 배열패턴 가운데 한 배열이 시각적으로 제시되고, 이어 그 배열 내 한 지점에 무선적으로 청각 목표자극이 제시되었다. 각 조건의 제시순서는 무선적으로 통제되었으며, 실험 참가자는 목표자극이 나타나면 가능한 빠르고 정확하게 그 위치를 판단하여 마우스로 해당하는 정보대상을 누르도록 지시 받았다. 마우스의 초기 위치를 통제하기 위해 매 시행에서 참가자의 가상적 위치인 발자국 그림에서 마우스가 출발하도록 프로그램되었다. 실험의 결과를 분석하기 위해 실험 참가자가 각 위치에 마우스를 클릭하는데 걸린 반응시간과 정확성을 종속측정치로 기록하였다.

2-2. 결과 및 논의

분석 절차는 정보대상의 공간적 위치 조합에 따른 배열 요인 여섯 수준으로 하는 단일요인 반복 측정 설계 방법에 의해 변량 분석(ANOVA)과 각 위치 요인 열 가지 수준을 같은 방식으로 따로 분리해서 분석되었다. 또한 배열 패턴의 정확성과 반응시간에 미치는 상대적 위치에 의해 발생하는 각도(angle) 요인을 직각(orthogonal)과 대각(diagonal) 수준으로 하여 추가 분석하였다.

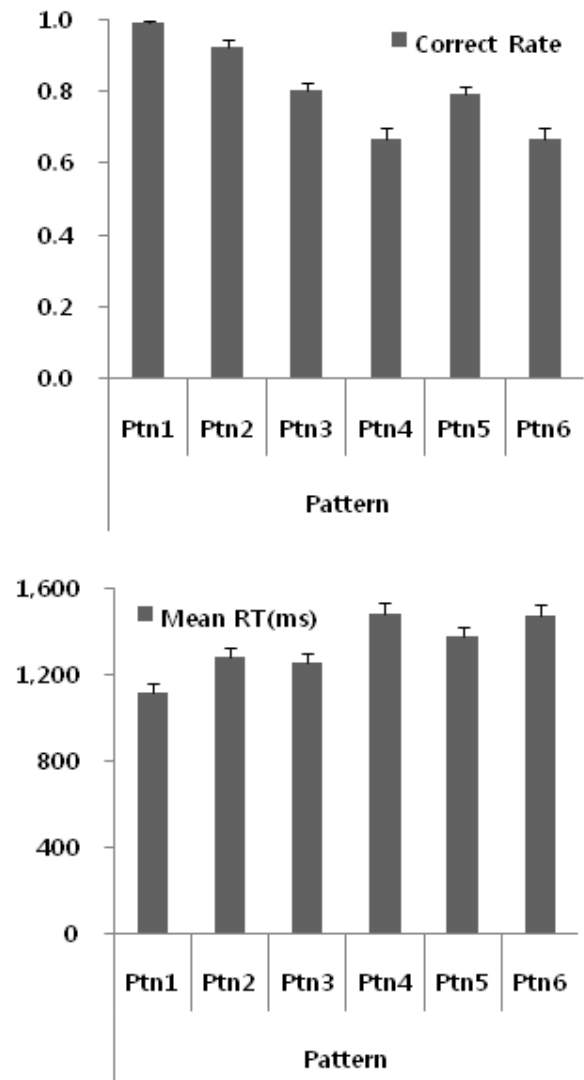


그림 3. 실험 1에서 제시된 여섯 가지 배열 패턴에 따른 청각자극 배열의 정확율과 반응시간(ms)  
 Fig. 3. Accuracy & Reaction Time according to Six Patterns of Virtual Arrangement in Exp.1.

그림 3에서 볼 수 있듯이, 전체적인 수행의 정확성에서는 배열 패턴 1 > 2 > 3 & 5 > 4 & 6 순으로 더 정확한 것으로 나타났다(pattern 1's Mean = .99, SD = .02; F(5, 70) = 53.38, MSe = .005, p < .01). 반응시간에서는 배열 패턴 1 > 2 & 3 > 5 > 4 & 6 순으로 더 빠른 반응이 나타났다(pattern 1's Mean = 1,113ms, SD = 170; F(5, 70) = 79.22, MSe = 3,810, p < .01). 그 다음, 각 대상 위치에 따른 수행의 정확성은 위치번호 1, 3, & 5 > 4, 6, 8, 9, & 10 > 2 & 7 순으로 더 정확한 것으로 나타났다(position 3's Mean = .960, SD = .069; F(9, 126) = 13.798, MSe = .016, p < .01). 각 위치에

대한 반응시간에서는 위치번호 1, 3, & 5 > 2, 4, & 6 > 7, 8, 9, & 10 순으로 더 빠른 반응이 나타났는데 (position 3's Mean = 1,077ms, SD = 158; F(9, 126) = 35.062, MSe = 16,323.123, p < .01), 이는 마우스 초기 위치로부터의 상대적 거리가 잘 반영된 반응시간의 차이로 해석할 수 있다(그림4).

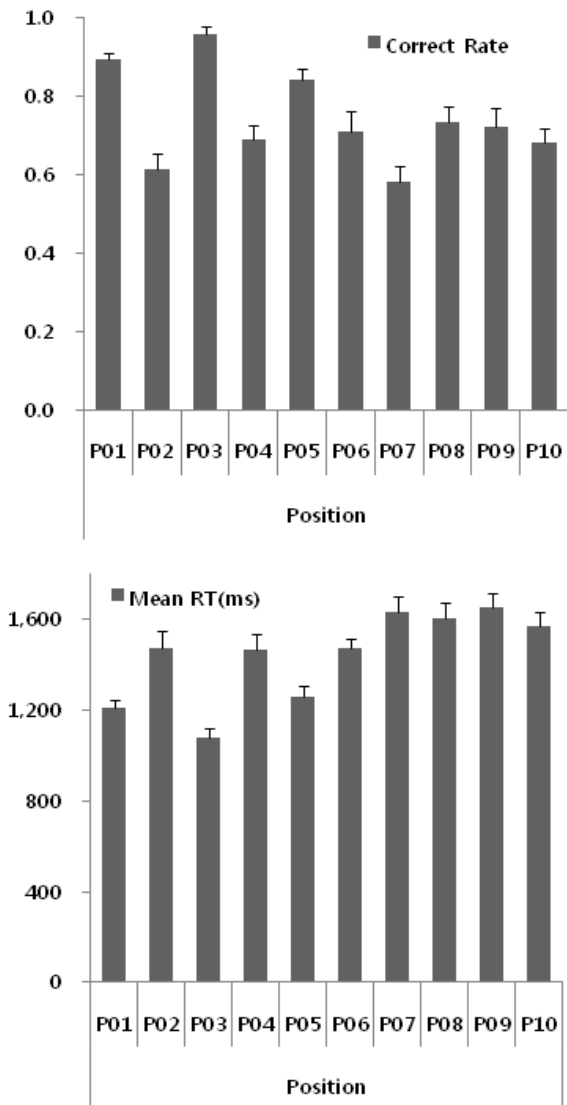


그림 4. 실험 1에서 제시된 열 가지 대상위치에 따른 청각자극 배열의 정확율과 반응시간(ms)  
 Fig. 4. Accuracy & Reaction Time according to Ten Positions of Virtual Arrangement in Exp.1.

또한 배열 패턴의 정확성에 미치는 상대적 위치에 의해 발생하는 각도(angle)의 효과는 직각(orthogonal)이 대각(diagonal) 수준에 비해 더 정확한 것으로 나타났다(직각 Mean = .804, SD = .079; 대각 Mean =

.653, SD = .122; t(14) = 5.360, p < .01), 반응시간에서도 마찬가지로 직각이 대각 수준보다 빠른 반응을 보였다(직각 Mean = 1,365ms, SD = 171; 대각 Mean = 1,556ms, SD = 229; t(14) = -8.589, p < .01)(그림5).

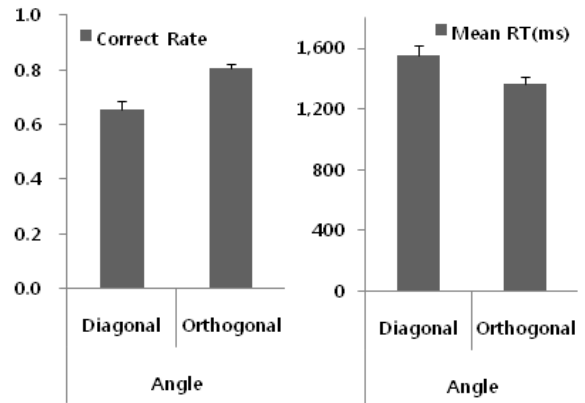


그림 5. 실험 1에서 제시된 상대적 각도(대각, 직각)에 따른 청각자극 배열의 정확율과 반응시간(ms)  
 Fig. 5. Accuracy & Reaction Time according to Six Patterns of Virtual Arrangement in Exp.1.

이상과 같은 결과들은 여섯 가지 공간정보 제시 배열 패턴에 따라 더 적은 수의 대상을 대각(diagonal) 방향보다는 가능한 직각(orthogonal) 방향으로 제시하는 경우가 가장 정확하고 빠른 반응을 이끌어 낼 수 있음을 의미하는 것으로, 특정 증강현실 시스템의 춘각을 다루는 상황에서는 주의를 효율적으로 사용할 수 있는 공간정보 제시방식을 결정할 때, 이런 배열 정보를 고려해야 한다는 결과이다.

### III. 실험2: 이중과제에서의 가상공간배열

실험2는 실험1에서처럼 청각 목표자극의 공간적 위치만 판단하여 반응하는 것이 아니라 증강현실의 현실적 상황을 가정하는 이중과제를 수행하는 가운데 무선적으로 제시되는 청각 목표자극에 반응하도록 하였다. 이것은 앞서 언급한 것처럼 집중적으로 예상하지 못하거나 주위가 분산된 상황에서의 수행을 검증하기 위한 것이다.

#### 3-1 연구 방법

### 3-1-1 참가자

연세대학교에서 개설된 교양 과목을 수강하는 학생 11명(남성 8명, 여성 3명; 연령범위 19-25세, 평균 연령 20세)이 강좌에서 요구하는 이수조건으로 실험에 참가하였다. 참가자들 모두 정상 시력과 청력임을 확인한 후, 실험의 목적을 모르는 상태에서 실험에 참가하였다. 실험2의 참가자는 실험1에는 참가한 경험이 없는 학생들로만 구성되었다.

### 3-1-2 자극 및 장치

실험에 사용된 모든 장치는 실험1과 동일한 조건에서 실시되었으며, 자극 또한 실험1과 동일한 청각 목표자극을 사용하였다.

### 3-1-3 설계 및 절차

실험2는 실험1과 기본적으로 동일한 설계와 절차로 진행되었다. 실험2에서는 실험1과 달리, 일차과제(primary task)를 추가함으로써 이중과제 상황에서 청각목표자극을 예상하기 어렵도록 하였다. 일차과제는 화면에 0부터 9까지의 숫자들 가운데 하나씩 무선적으로 제시되는 동안 시각적 목표자극인 문자 ‘T’가 몇 회 출현하였는지를 기억하여 회상 보고하는 것이었다. ‘T’는 출현하지 않거나 1회에서 3회까지 무선적으로 출현하였다. 또한 청각 목표자극의 출현 시점도 500ms 단위의 4수준에서 무선적으로 제시되었다. 참가자의 예상을 차단하고자 하였다.

### 3-2. 결과 및 논의

실험2의 결과 분석절차는 실험1과 마찬가지로, 정보대상의 공간적 위치 조합에 따른 배열 요인 6 수준으로 하는 단일요인 반복 측정 설계 방법에 의해 변량 분석(ANOVA)과 각 위치 요인 10 수준을 같은 방식으로 따로 분리해서 분석되었다. 또한 배열 패턴의 정확성과 반응시간에 미치는 상대적 위치에 의해 발생하는 각도(angle) 요인을 직각(orthogonal)과 대각(diagonal) 수준으로 하여 추가 분석하였다. 그림6에

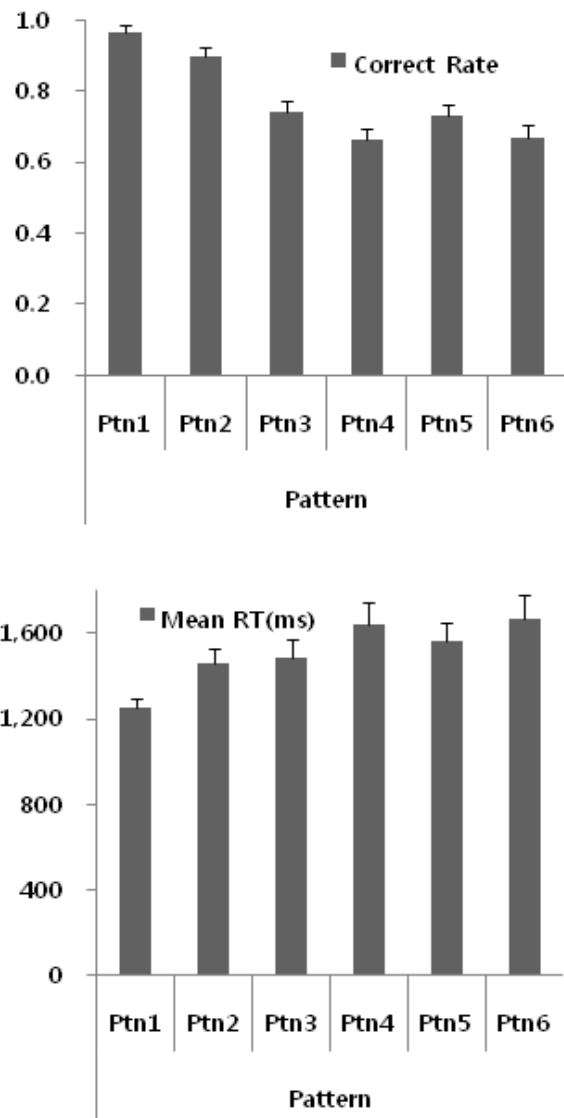


그림 6. 실험 2에서 제시된 여섯 가지 배열 패턴에 따른 청각자극 배열의 정확율과 반응시간(ms)  
Fig. 6. Accuracy & Reaction Time according to Six Patterns of Virtual Arrangement in Exp.2.

서 볼 수 있듯이, 전체적인 수행의 정확성에서는 배열 패턴 1 > 2 > 3 & 5 > 4 & 6 순으로 더 정확한 것으로 나타났는데(pattern 1's Mean = .965, SD = .066; F(5, 50) = 27.616, MSe = .006, p < .01), 이는 일차과제로 인해 약간의 수행이 저하되었으나 실험1과 동일한 결과이다. 반응시간에서는 배열 패턴 1 > 2 & 3 > 4, 5 & 6 순으로 더 빠른 반응이 나타났다(pattern 1's Mean = 1,252ms, SD = 131; F(5, 50) = 11.319, MSe = 22,220.866, p < .01). 한편, 각 대상 위치에 따른 수

행의 정확성은 위치번호 3 & 5 > 1, 2, 6, 7, 8, 9, & 10 > 4 순으로 더 정확한 것으로 나타났다(position 3's Mean = .958, SD = .078;  $F(9, 90) = 3.347$ ,  $MSe = .044$ ,  $p < .01$ ). 또한 각 위치에 대한 반응시간에서는 위치번호 1, 3, & 5 > 2 & 4 > 6, 7, 8, 9, & 10 순으로 더 빠른 반응이 나타났는데(position 3's Mean = 1,257ms, SD = 191;  $F(9, 81) = 11.023$ ,  $MSe = 49,789.351$ ,  $p < .01$ ; 자유도의 차이는 missing data로 인한 차이임), 이는 실험1에서와 같이 마우스 초기 위치로부터의 상대적 거리가 잘 반영된 반응시간의 차이로 해석할 수 있다(그림7). 정확성에 미치는 상대적 위치에 의해 발생하는 각도(angle)의 효과는 증강현실의 현실성을 증가시키고자 했던 상황에서도 마찬가지로 직각(orthogonal)이 대각(diagonal) 수준에 비해 더 정확한 경향성을 보였으며(직각 Mean = .776, SD = .076; 대각 Mean = .663, SD = .182;  $t(10) = 2.014$ ,  $p = .072$ ), 반응시간에서도 마찬가지로 직각이 대각 수준보다 빠른 반응을 보였다(직각 Mean = 1,575ms, SD = 260; 대각 Mean = 1,764ms, SD = 411;  $t(10) = -2.930$ ,  $p < .05$ )(그림8). 실험2에서는 전체적으로 수행의 저하를 보였는데, 이는 일차과제에 의한 주의 분산과 인지적 자원의 추가 소요에 따른 수행 저하로 해석할 수 있을 것이다. 또한 실험의 참가자들의 개인차가 비교적 심하게 나타난 결과로 실험1에 비해 확연한 차이가 나타나지 않은 것 같다. 그러나 여전히 유사한 패턴의 결과를 제시해주고 있음을 쉽게 알 수 있다.

실험2의 결과들은 실험1에 비해 주의 분산이나 인지적 부담이 존재하는 증강현실 상황에서도 여섯 가지 공간정보 제시 배열 패턴에 따라 더 적은 수의 대상을 대각(diagonal) 방향보다는 가능한 직각(orthogonal) 방향으로 제시하는 경우가 가장 정확하고 빠른 반응을 이끌어 낼 수 있음을 다시 확인하는 의미로 볼 수 있다.

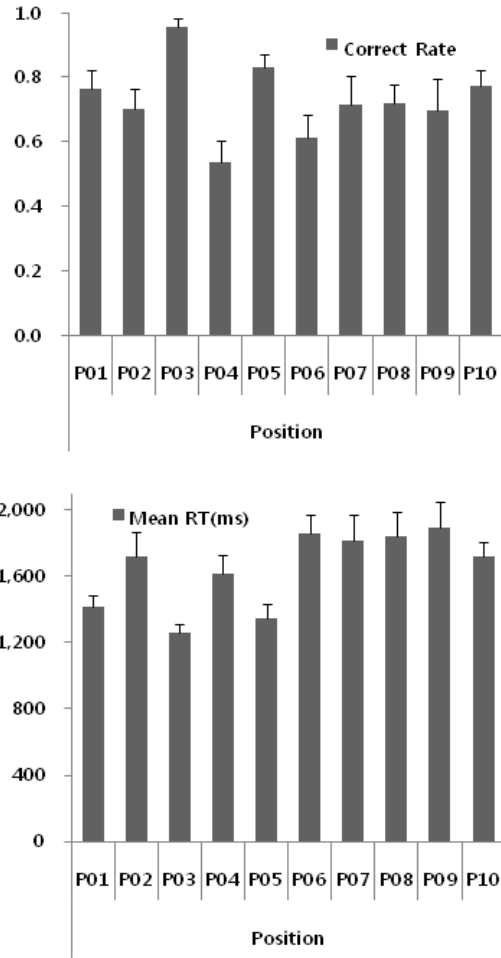


그림 7. 실험 2에서 제시된 열 가지 대상위치에 따른 청각자극 배열의 정확율과 반응시간(ms)  
Fig. 7. Accuracy & Reaction Time according to Ten Positions of Virtual Arrangement in Exp.2.

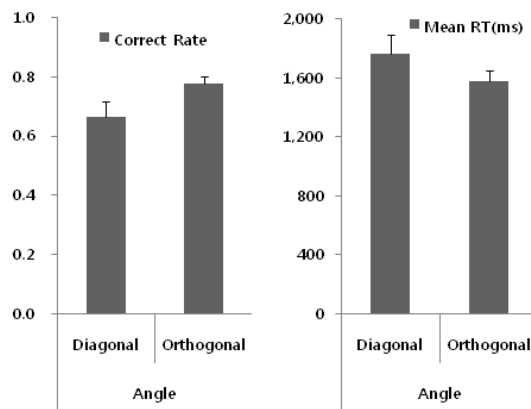


그림 8. 실험 2에서 제시된 상대적 각도(대각, 직각)에 따른 청각자극 배열의 정확율과 반응시간(ms)  
Fig. 8. Accuracy & RT(ms) according to Relative Angles of Virtual Arrangement in Exp.2.

## V. 종합 논의

본 연구에서 수행된 두 가지 실험들의 결과를 종합하여 고려해보면, 증강현실과 같은 현실적 정보처리와 가상적 정보처리가 서로 융합되는 상황에서의 선택적인 주의처리는 어려움을 더하는 경향이 있다. 이러한 상황에서 공간적 정보대상의 위치를 청각적으로 제시해주므로 이중감각의 상호작용이 공간적 정보를 빠르게 처리하는 과제들에서 효과를 보였으며, 이것은 이전의 연구들과 일치하는 결과이다. 또한 여러 정보대상의 위치들을 어떻게 조합하는 방식의 배열이 그 효과를 극대화할 수 있는지를 시사하고 있다. 이러한 청각적 공간정보 제시에서 적절한 배열이 중요하게 고려되어야 할 사항임을 지적하고, 그 효과를 적절히 시스템에 적용한다면 시스템 사용자의 지각과 직무수행에 도움을 줄 수 있을 것이라고 기대한다. 한편 본 연구에서 HRTF를 통해 생성되어 사용된 청각 목표자극의 기술적 한계와 자극의 특성에 따른 효과, 그리고 증강현실(augmented reality) 시스템의 사용 현실성 문제를 추후연구에서는 보완해야 할 것이다.

Ward, "Multisensory integration and crossmodal attention effects in the human brain," *Science*, vol. 292, pp. 1791, 2001.

- [6] 이주환, "항공 목표물 탐지과제 수행에서 머리전달 함수(HRTF)를 이용한 이중감각적 공간 디스플레이의 주의효과," *한국항공학회논문지*, 제14권, 제4호, pp. 571-577, 2010. 8.

### 이 주 환 (李周桓)



2003년 02월 : 연세대학교 심리학과 (인지공학석사)

2007년 08월 : 연세대학교 심리학과 (인지공학박사)

2007년 9월 ~ 2009년 5월 : 영국 University of Oxford, Crossmodal Research Laboratory, Post-Doc Researcher

2009년 6월 ~ 2010년 2월 : 성균관대학교 인터랙션사이언스학과 선임연구원

2010년 3월 ~ 현재 : 한독미디어대학원대학교(KGIT) 뉴미디어학부 조교수

관심분야: Human Factors, 인지공학, 다중감각 상호작용, Augmented Cognition 등

## 참 고 문 헌

- [1] C. Spence and J. Driver, "Covert spatial orienting in audition: exogenous and endogenous mechanisms," *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 20, pp. 555-574, 1994.
- [2] C. Spence and J. Driver, "Audiovisual links in endogenous covert spatial attention," *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 22, pp. 1005-1030, 1996.
- [3] C. Spence, "Crossmodal attention and multisensory integration," *Proceedings of the 18th International Congress on Acoustics*, April 2004.
- [4] E. Macaluso, C. D. Frith, and J. Driver, "Modulation of human visual cortex by crossmodal spatial attention," *Science*, vol. 289, pp. 1206-1208, 2000.
- [5] J. J. McDonald, W. A. Teder-Sälejärvi, and L. M.