

시청각 자극 및 인체 반응 계측 시스템 개발

유미*, 정선용, 박용균(전북대대학원 의용생체공학과),
이상민, 권대규, 홍철운, 김남균 (전북대 생체정보공학부)

Development of System of the Visuo-Auditory Stimulation and Human Responses Measurement

M. Yu*, S. Y. Jung, Y. J. Piao (Dept. of Biomedical Engineering, CBNU),
S. M. Lee, T. K. Kwon, C. U. Hong, N. G. Kim
(Division of Bionics and Bioinformatics, CBNU)

ABSTRACT

The purpose of this work is to study a process organization on space cognition by visio-auditory stimulation. We develop the system of visuo-auditory stimulation and Humans responses measurement to observe the relationship between the sensory and the motor system for the localization of visual and auditory target direction in the space. The experiments is performed in a soundproof chamber, 2163 red, green and yellow LED(Luminescent Diode, Brightness: 20cd/m² 1 degree apart each other)arrayed in front of half-circle panel were used and 57 Speaker(5 degree apart each other) arrayed in the hidden of half-circle panel. Physiological parameters such as EOG (Electro-Oculography), head movement and their synergic control are measured by BIOPAC system and Optotrak Certus. This result shows that the response latency time of the perception motion in the center is faster than the periphery of panel. These results can be used in the study of characterizing the spatial cognition.

Key Words : Visuo-auditory stimulation, Spacial cognition, Human response, Sensory-motor coordination

1. 서론

인간이 공간을 인식하기 위해서는 다양한 시각 정보 및 청각 정보가 중요한 역할을 하게 된다. 시야에 들어오는 도로, 건축물, 사람의 모습 등에 의하여 시각공간이 구성되고, 주변에서 들려오는 자동차소리, 바람소리, 음성 등에 의하여 청각공간이 구성된다. 즉, 인간의 공간인식에 있어서 시각과 청각은 중요한 역할을 한다¹. 지금까지 수행해 온 시각 및 청각에 의한 공간지각 형성과정에 대한 대표적인 연구로는 Strumann²에 의한 연구를 들 수 있다. 전기 안구 기록법(electro-oculography)을 이용하여 수평면상에서의 타겟에 대한 주시운동을 계측하고, 안구 운동이 자발적인 운동, 전정동안 반사(vestibulo-ocular reflex), 보정운동 및 완만한 운동 등의 조합에 의해 행하여지고 있는 것을 보여주고 있다. 또한 수의적인 주시운동 및 두부에 회전 부하를 가했을 때의 안구 및 두부 운동을 계측하여 안구 및 두부의 협조운동 모델을 제시하였다. 또한 주시운동과 지시운동의 관계에 대하여 Hepp³ 등은 시표 추적시의 안구, 두부 및 팔의 동작을 EOG,

EMG 및 접촉 검출장치를 이용하여 계측하고 그 결과로 신경의 명령이 안구, 두부 및 팔에 병렬로 도달하고 있다고 결론을 내렸다. 또한 자속밀도의 변화를 이용한 search coil 기술을 이용하여 중심방향 25° 이내의 시표 추적시의 안구, 두부 및 팔의 동작을 계측하였다.

이러한 연구들은 운동을 계측하는 단계에 머물러 있고, 지각과 운동의 통합에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 감각과 운동의 통합관계를 규명하기 위하여 시청각 자극 제시 및 인체반응 계측 시스템을 개발하고 감각-운동 협응의 하나인 지시운동에 주목하여 시각 및 청각에 의한 공간 지각을 연구하여 그 형성과정을 조사하고자 한다.

2. 시스템 구성

인체의 감각-운동 협응 연구를 위하여 시청각에 의한 인체반응의 특성 분석을 위한 시스템을 Fig. 1에서처럼 구성하였다. 방음 암실 내의 본 시스템에서는 크게 시각 자극장치인 판넬, 인체반응

측정 장치인 BIOPAC, 3차원 위치 측정기와 이를 제어하기 위한 컴퓨터로 구성하고, 세 라인의 반원형판과 이를 지지하는 위·아래의 지지대로 구성된 판넬에 $+90^\circ / -90^\circ$ 의 시야·가청 공간을 확보할 수 있는 시청각 자극 장치부, 3개의 반원형 판넬 위치 조절 가능하기 위한 모터 컨트롤러부 및 인체 반응을 계측부로 나누어 제작하였다.

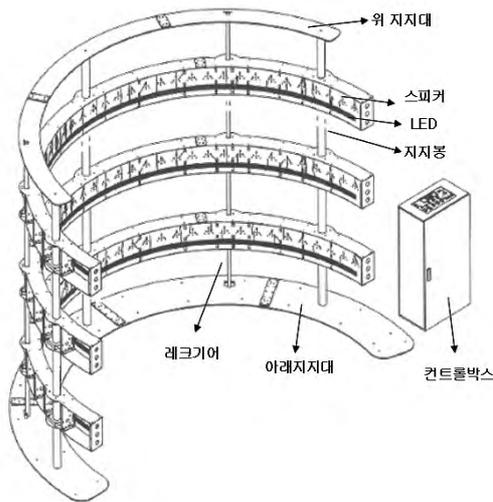


Fig. 1 System of the Visuo-Auditory Stimulation and Human Responses Measurement

2.1 시청각 자극 제시부

시각 자극 장치로 세 라인의 반원형 판의 전면부에 Red, Green, Yellow LED(1 ϕ , 소비전압 1.7-2.5V, 휘도 20cd/m²) LED를 한 색상에 한하여 한 라인 당 1 $^\circ$ 간격으로 357개, 상·중·하의 세 라인의 반원형 판에 총 2163개를 부착하였다. 청각 자극 장치로 세 라인의 반원형 판의 후면부에 Speaker(지름 5cm, 8 Ω ,)를 한 라인 당 1 $^\circ$ 간격으로 19개, 상·중·하의 세 라인의 반원형 판에 총 57개를 부착하였다.

LED와 Speaker 제어를 위한 PCB 제작하였다. 8 \times 6 Matrix를 응용하여 VCC와 접지부를 연결하고 demultiplexer 74138, 74139 소자를 이용한 회로도 구성하고 한 라인의 반원형 판넬에 7.5개의 PCB를 배열하였다.

2.2 모터 컨트롤러부

세 라인의 반원형 판의 간격을 조절하기 위하여 DC모터(DC motor KAMCO Co. 160kg/cm(torque), 12V)를 Fig. 2에서처럼 한 라인의 반원형 판에 각 2개씩 설치하여 간격을 제어하도록 설계하였는데, motor 2개 전원 투입을 하면 전류를 일정

하게 주어도 회전수가 틀려져서 potential meter (BOURNS, MEXICO Co., 2K $\Omega \pm 5\%$)가 모터의 좌우 회전수를 읽어 들여 반원형 판이 상·하로 이동할 때 좌·우의 기울기가 0 $^\circ$ 이 되도록 하였다.

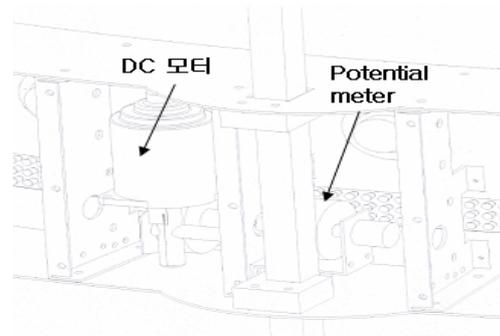
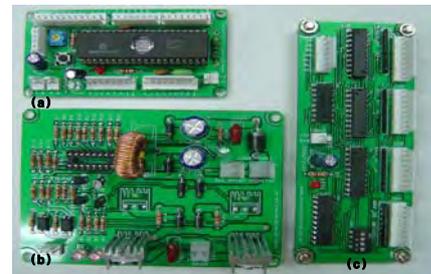


Fig. 2 Control PCB of LED and speaker

DC 모터를 제어하기 위하여 Fig. 3의 모터 컨트롤러부를 설계하였다. 3색의 LED, speaker로 구성된 상중하 반원형 판을 독립적으로 상하강 구동시키는 장치로 “수동모드”와 “자동모드”로 나누어 수동모드에서는 상,하강 버튼을 이용하여 높낮이를 설정하고, 자동모드에서는 상중하 반원형 판의 위치정보가 저장된 데이터 번지를 호출하여 반원형 판의 높낮이 설정하였다.



(a) Main controller (b) Motor driver
(c) Motor control input

Fig. 3 Control module to move the half-circle panel

2.3 인체 반응 계측부

생체신호 측정(EOG:안전도, ECG:심전도, EEG:뇌전도, ERP:사상관련전위 등)을 위한 BIOPAC 장비(BIOPAC System Inc., MP100 모듈)를 Fig. 4에서처럼 설치하였다. Sample rate는 측정 신호에 따라 임의 선택할 수 있으며 Main 컴퓨터에서 자체 제작한 제어 프로그램을 실행시키면 PCI Bus를 통하여 제어 신호를 출력하며 DIO 보드를 통하여

획득한 데이터를 저장한다. 모든 데이터는 외부 전원 및 노이즈로부터 보호하기 위하여 절연된 전선을 사용하고 모든 전원 장치는 피험자의 영향을 고려하여 암실밖에 설치하였다.



Fig. 4. Acquisition of the physiological signal of subject

시청각 반응에 대한 평가를 위한 인체의 움직임 감지용 3차원 위치 측정기 Optotrak Certus(Northern Digital Inc.)를 설치하였다. Fig. 5에서 처럼 부착된 Rigid body와 Marker strobe 센서로부터 short focus 카메라(적용범위: 1.5m내)로 측정하여 X, Y, Z의 세 축 값을 계산하였다.

인체생리신호와 3차원 위치 측정기의 데이터를 분석하기 위하여 자극을 내보내는 시점을 터미널 보드의 일부 채널을 통하여 디지털 신호(5V)로 DAQ 보드를 통하여 동기화된 트리거 신호를 획득하였다.

각 인체 반응 계측부로부터 저장된 데이터를 분석하기 위한 프로그램을 LabVIEW(NI Co.) 소프트웨어로 구현하였다.

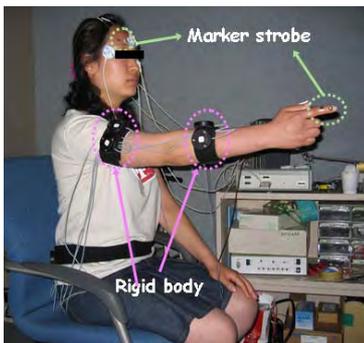


Fig. 5 The subject attached Rigid body & Marker strobe sensor

3. 실험방법

실험은 머리를 고정시키고 안구만 움직이는 주시운동(head fixed)과 머리와 안구를 같이 움직이는 주시

운동(head free)으로 나뉘며, 실험 절차는 한 Cycle의 실험이 끝나면 5초간 휴식 후 똑같은 패턴의 실험이 2번 반복 되고 이를 약 5분간 측정하였다.

실험 대상은 25~28세의 주로 우측 손을 사용하는 건강한 성인 남녀 5명을 대상으로 하여 주시 방향을 가능한 정확하게 주시할 수 있도록 하였다.

4. 결과

본 실험에 앞서 주시운동 시 LED의 위치에 따른 오차각도를 알아보았다. Fig. 6에서와 같이 시계야 주변부에 자극을 제시했던 경우, 중심부에 비해 주변부의 타겟에 대해 오차각도가 큰 것을 알 수 있었다.

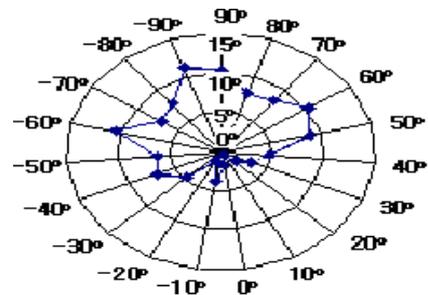


Fig. 6. Angle of error by the location of LED

1) 실험조건에 따른 안구 반응지연시간 비교

Fig. 7은 머리를 고정시키고 안구만 움직이는 주시운동과 머리와 안구를 같이 움직이는 주시운동으로 나타나는 안구 반응지연시간을 나타낸 것이다. 머리와 안구가 같이 움직였을 때보다 머리를 고정시켰을 때 안구 반응지연시간이 더 짧음을 확인할 수 있었다. 머리와 안구가 같이 움직였을 때의 안구 반응 지연시간의 평균치는 가장 빠른 값이 286ms, 가장 늦은 값이 917ms, 머리를 고정시켰을 때 안구 반응 지연시간의 평균치는 가장 빠른 값이 253ms, 가장 늦은 값이 853 ms이었다.

머리와 안구가 같이 움직였을 때보다 머리를 고정시켰을 때의 안구 반응지연시간이 더 짧은 이유는 안구의 움직임이 두부의 움직이는 속도에 맞춰져 느려지기 때문에 같은 위치의 시각 자극에 대하여 반응 지연시간의 차이가 있다고 판단된다.

2) 머리와 안구의 반응지연시간 비교

Fig. 8은 머리와 안구가 같이 움직였을 때의 두부와 안구의 반응지연시간을 나타낸 것이다. 시각 자극에 대하여 두부의 반응 속도보다 안구의 이동이

더 빠르게 반응하는 것을 확인할 수 있었다. 안구의 반응 지연시간의 평균치는 가장 빠른 값이 253ms, 가장 늦은 값이 853ms, 두부 운동의 반응 지연시간의 평균치는 가장 빠른 값이 268ms, 가장 늦은 값이 878ms이었다. 두부와 안구를 비교해 볼 때 두부의 부피가 안구에 비해 커서 자극에 반응하기까지 더 많은 시간이 요구된다고 판단된다.

3) 시각자극의 위치에 따른 반응지연시간 비교

Fig. 7과 8에서 안구와 머리의 반응지연시간은 주변보다 중심에서 더 빠르며, 우측 방향인 플러스 각도가 좌측 방향인 마이너스 각도보다 반응지연시간이 더 짧음을 확인할 수 있었다. 이것은 피험자가 평소 사용빈도가 높아 익숙해진 환경인 우측방향인 플러스 각도의 자극에 더 빨리 반응할 수 있는 것이 원인 중 하나라고 판단된다. 이 추론을 뒷받침하기 위해서 왼손을 사용하는 피험자도 테스트하여 서로 비교하는 것이 필요하다.

또한 각 좌우측의 $\pm 40 \sim \pm 60^\circ$ 의 시각 자극에 대해 급격한 반응 지연시간의 변화를 보였다. 이것은 피험자에게 $\pm 40 \sim \pm 60^\circ$ 의 범위가 중심과 주변으로 인식이 되는 중간 범위이기 때문이다. 즉, 이 범위에서 들어오는 시각 정보가 인간의 감각정보 처리과정의 어떤 원인에 의해서 피험자가 중심 혹은 주변이라고 판단하는 범위에서 정보처리 속도의 과도기 단계여서 반응지연시간의 급격한 변화를 보인다고 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 감각-운동 통합중에서 가장 단순하다고 생각할 수 있는 지시 운동에 주목하여, 운동계측을 수행하였다. 감각-운동 통합은 개인의 과거의 학습경험에 근거하여 공간지각과 운동의 대응이 행해지고 있다고 생각할 수 있다. 따라서 지시 운동 및 지시 운동을 계측함으로써 개인 고유의 감각 정보와 운동의 통합관계가 밝혀지고, 감각-운동계 시스템에서의 공간지각 및 정보처리 메커니즘의 일단을 규명할 수 있으리라 기대되며, 공학의 여러 분야에 응용할 수 있으리라 생각된다.

후기

본 연구는 산업자원부 주관, 노인 감각 및 운동기능 증진 기술개발 과제(2004-02812) 지원으로 이루어진 것임.

참고문헌

1. Kim, N.G. Ifukube T., "Audio-visual sense and indicating movement", J. of IEICE, Vol. 76 No. 11, pp. 1164-1170, 1993.
2. Straumann D., Haslwanter Th., Hepp. Reymond M.C., and Hepp K., " Listing's law for eye, head and arm movements and their synergistic control", Exp. Brain Res., Vol. 86, pp. 209-215, 1991.
3. Fuller H., "Head movements propensity", Exp. Brain Res., 92, pp. 152-164, 1992.

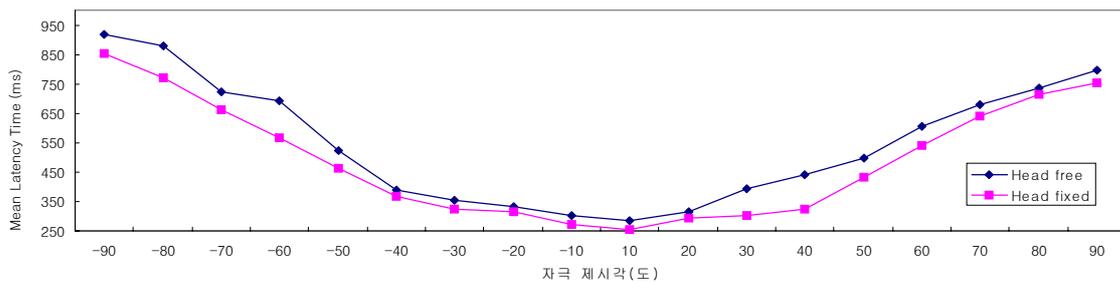


Fig 7. Latency time of eye movement for experiment condition

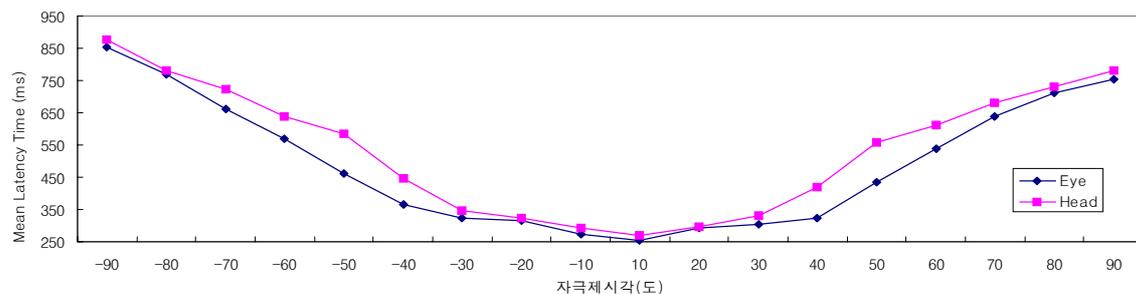


Fig 8. Latency time of eye and head movement while head is free