

시각과 청각에 의한 공간적 지각에 관한 연구

A Study of the spatial perception by audio-visual information

이 채 봉*, 강 대 기**
Chai-Bong Lee*, Dae-Gee Kang**

요 약

본 연구에서는 시청각 자극의 공간적 차이가 지각 공간에 있어서 사물과 영상의 배치에 주는 영향을 조사하기 위해 심리적 실험을 하였다. 실험에서는 시각자극과 청각자극을 동시에 제시하고 두 개의 자극이 공간적으로 어느 정도 차이를 느끼는가를 판단하였다. 시각자극은 정면에 있는 스피커를 중심으로 -70°, -40°, -20°, 0°, 20°, 40°, 70°의 7방향, 청각자극은 시각자극을 중심으로 하여 -20°~20°까지 5° 간격으로 9방향을 제시하였다. 실험 참가자는 시각자극과 청각자극이 어느 정도 차이가 있다라고 느낀 것을 1에서 5까지 5단계 평가 척도를 이용하여 회답하였다. 그 결과 시각자극의 제시 각도가 0°의 경우는 청각자극의 제시 각도가 시각자극의 제시 각도에서 멀어짐에 따라 점차적으로 크게 나타났으며 제시 각도를 중심으로 좌우 대칭으로 나타났다. 정면에서 우측에 시각자극이 제시된 경우는 청각자극의 제시 각도가 시각자극의 제시 각도에서 멀어짐에 따라 평가치가 크게 되었다. 이것은 시각자극의 제시 각도가 0°의 경우와 같은 경향을 나타내었다. 반대로 좌측에 시각자극이 제시된 경우는 평가치가 작게 나타났다. 이것은 제시 각도가 멀어짐에도 불구하고 같은 방향에서 제시되고 있다는 것을 알 수 있으며 거리를 짧게 인식하는 경향이 나타났다.

ABSTRACT

Psychophysical experiment was performed to investigate how audio-visual spatial disparity affects on perceptual space in peripheral vision. In the experiment, participants were exposed to two stimuli of vision and sound which comes simultaneously from different directions, respectively. The visual stimulus was implemented by 7 white LEDs which were located at an equal distance with 7 different angles of -70°, -40°, -20°, 0°, 20°, 40°, and 70° from the right front. Those audial stimuli were also implemented by loudspeakers which were placed at 9 different directions equally spaced by 5° ranged from -20° to 20°. Each participant then evaluated spatial disparity between visual and audial stimuli with 5 levels of response, in which the higher level indicates the larger gap. When the visual stimulus is applied from the right, the results show that the response level gets higher for a larger angle between visual and auditory stimuli. A similar tendency for the visual stimulus with 0° orientation was also be observed. On the other hand, when the visual stimulus is applied from the left, the response level gets lower for the larger angle.

Keywords : Auditory driving, Ventriloquism effect, Peripheral visual field, Audio-visual interaction, Spatial disparity

I. 서론

일반적으로 공간영역에서는 시각을 중심으로 시청각의 통합이 이루어진다고 생각하고 있다. 청각자극과 시각자극이 다른 위치에서 제시되었을 경우에 청각자극이 시각자극의 영향을 받아 사실과 다른 위치에서 지각되어지는 복화술

효과(ventriloquism effect)가 예를 들 수 있다[1~7]. 이 현상은 청각정보가 시각정보와는 공간적으로 떨어진 위치에서 제시되는 것에도 불구하고 시각정보와 같은 위치에서 제시되는 것처럼 착각하는 현상으로 시각정보에 의해서 청각정보의 공간지각에 변동이 발생함을 의미한다. 이와 같이 인간의 지각계는 서로 다른 정보를 통합하려는 경향을 가지고 있다. 이러한 인간의 지각 현상을 밝혀내어 다양한 정보통신 시스템에 적용하게 된다면 인간의 지각계에 대응하는 최적의 시스템을 구축하는 것이 가능하다고 생각되어진다. 반면에 시간 영역에서는 반대로 청각이 시각에 영향을 미친다는 예가 보고되고 있다. 주기적으로 점멸하는 시

* 동서대학교 전자공학과 ** 동북대학 대학원
투고 일자 : 2010. 3. 9 수정완료일자 : 2010. 4. 22
게재확정일자 : 2010. 4. 29

각자극이 다른 주기로 점멸하는 청각자극과 동기하는 것처럼 지각되는 청각 드라이빙(auditory driving) 예를 들 수 있다[8]. 이러한 결과에서 판단 양식에는 각각 우선하는 영역이 있고 이것이 정보 통합에 있어서 방향을 규정하는 판단 양식 적절성 가설(modality appropriateness hypothesis)을 지지하고 있다[9]. 즉, 시각은 공간 분해 능력이 우수하기 때문에 공간영역에 있어서 시각이, 청각영역에서는 시간분해 능력이 우수하기 때문에 시간 영역에서는 청각의 영향력이 큰 판단 양식이 된다.

그러나 Alais와 Burr[10]는 시각자극의 공간 위치가 정위되지 않은 경우에는 청각자극의 정위 위치에서 시각자극이 제시되는 것처럼 지각되는 역복화술 효과라고 하는 현상이 생긴다고 보고하고 있다. 즉, 공간 영역에서는 시각이 항상 우선적이라고 할 수 없으며 상황에 따라 신뢰성이 높은 정보에 우선을 두는 적절한 통합이 이루어지고 있다고 생각되어진다. 그러나 현재까지 시청각 정보의 통합에 관한 연구는 중심 시각에 자극을 제시하는 방법으로 이루어져 왔다. 이러한 인간의 시청각 정보의 통합과정에 관한 연구는 기초 과학 측면 뿐만 아니라 공학적인 측면에서도 매우 중요하다고 생각되어진다. 본 연구에서는 시청각 통합이 공간의 위치에 따라 다르기 때문에 중심 시야에서 주변 시야까지 폭 넓은 공간적 위치에서 시각자극과 청각자극을 제시하는 조건으로 심리적 실험을 하였다.

II. 시청각 통합의 공간 특성

Lewald[11]는 실험 참가자의 정면에 설치된 LED(light emitting diode)에서 시각 자극을 좌우 20° 까지 5° 간격으로 설치한 스피커에서 청각자극을 제시하고 두 개의 자극이 주관적 같은 위치로 지각되는 범위를 조사하였다. 본 실험에서는 Lewald가 행한 실험과 같이 정면 방향만이 아니고 시야의 주변에 걸쳐 시청각 통합의 공간 특성을 조사하고 자극의 제시 방향에 따라 시청각의 공간통합에 있어서 차이가 생기게 하는가를 확인하였다.

2.1 실험 장치

실험은 빛이 완전히 차단되는 어두운 무향실에서 하였다. 실험 참가자는 시청각 자극 제시장치 중앙의 의자에 앉아 장착된 머리 고정장치를 사용하여 머리를 고정하였다. 시청각 자극 제시장치는 스피커 배열과 LED로 구축하였다. 스피커 배열에는 반경 1m의 원주상 ±90° 사이에 5° 간격으로 스피커(30 Φ)를 설치하였다. 시각자극은 정면에 있는 스피커를 중심으로 -70°, -40°, -20°, 0°, 20°, 40°, 70°에 설치된 스피커 위에 백색의 고휘도 LED(white, 5 Φ)를 설치하여 제시하였다(그림 1). 무향실내에 마이크를 1개 설치하여 실험자의 응답을 외부에서 모니터링하도록 하였다.

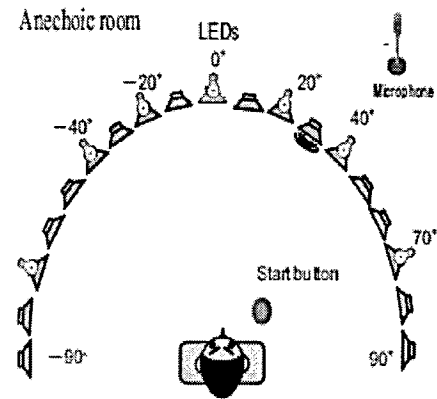


그림 1. 스피커의 배열

Fig.1. Array of loudspeakers and LEDs

2.2 자극 조건 및 실험 방법

청각자극은 주파수가 1kHz, 지속시간 20ms의 순음을 180ms의 무음 구간을 두어 5회 연속 제시하였다. 음압레벨은 실험에 사용한 자극과 같은 진폭을 가진 1kHz의 순음을 10초 간격 제시한 경우에 75dB 되도록 교정하였다. 시각자극은 청각자극과 같은 시간 구조를 가지고 5회 점멸하도록 하였다. 시각자극의 제시 각도는 -70°, -40°, -20°, 0°, 20°, 40°, 70°의 7가지 방향으로 하였다. 청각자극의 제시 각도는 각 시각자극을 중심으로 -20°에서 20°까지 5° 간격으로 9 방향으로 설정하였다. 따라서 전 자극 조건은 7조건(시각자극의 제시 각도)×9조건(청각자극의 제시 조건)=63 조건으로 하였다.

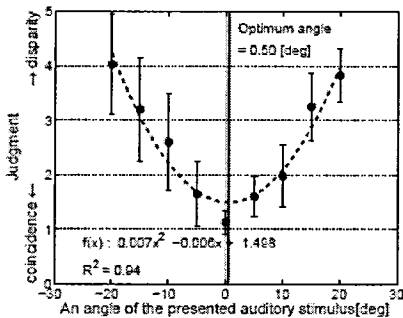
실험 참가자는 정상적인 시각·청각을 가진 10명(20~30대)으로 하였다. 실험 참가자는 스피커와 LED에서 동시에 제시된 청각자극과 시각자극의 주관적인 정위 각도가 어느 정도 떨어져 있는가를 5단계 평가 척도로 판단하도록 하였다. 특점은 시각자극과 청각자극이 같은 방향에서 제시되었다고 판단되면 1점, 매우 떨어진 방향에서 제시되었다고 느껴지면 5점으로 회답하였다. 회답은 무향실에 설치된 마이크로폰에 의해 녹음하였다. 한번 실험에서 63개의 전 자극 조건을 랜덤으로 제시하였다. 실험 참가자는 4번의 실험을 하였으며 한번 실험 후 충분한 휴식시간을 주었다. 4회분의 평가치를 평균한 값을 각 실험참가자의 대표치로 하여 분석을 하였다.

2.3 실험 결과

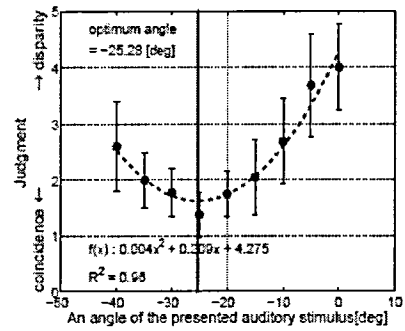
10명의 실험 참가자의 평균값을 시각자극의 제시 방향마다 나눠 그림 2에 나타내었다. 그림 중의 직선은 표준 편차를 나타내었으며 횡축은 제시된 청각자극의 각도를 종축은 판단값을 각각 나타내었다. 종축의 값이 1에 가까울수록 시각자극과 청각자극이 같은 방향임을 나타내고 5에 가까울수록 떨어진 방향으로 느끼는 것을 나타낸다. 그림 중에 점선은 2차의 다항식 근사를 이용한 근사 곡선을 나타내었다.

근사식과 결정계수는 각각 그림의 아래에 나타내었다. 그림에서 얇은 실선 종축은 시각자극이 제시된 위치를 나타내고 두꺼운 실선 종축은 근사 곡선의 값이 최소가 되는 각도를 나타내고 있다. 청각자극이 이 각도에 제시된 경우에 시각자극과 청각자극과의 주관적인 거리가 최소가 된다. 결국 두 개의 자극이 같은 방향에서 정위되고 있다고 생각되어진다. 이 각도를 최적 각도(optimum angle)라고 이름을 붙여 각 그래프에 나타내었다.

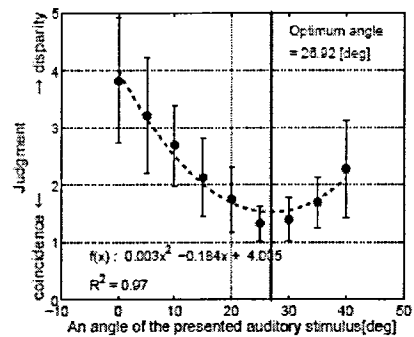
그림 2에서 시각자극의 제시 각도가 0°인 경우(그림 2(a)), 시각자극과 청각자극이 같은 위치에서 제시된 경우에 평가치와 분산도 아주 적게 되었다. 그리고 청각자극의 제시각도가 시각자극의 제시 각도에서 멀어짐에 따라 점차적으로 평가치가 크게 나타났다. 최적 각도도 0.5°이며 시각자극의 제시 각도 0°와 거의 일치하고 있다. 이것은 Lewald가 조사한 정면방향의 시청각의 공간통합에 있어서 최적상과 같은 형상이며 정면방향에 대해서는 지금까지의 연구와 같은 결과가 얻어졌다[11]. 이것은 본 실험에 있어서 얻어진 결과가 타당하다는 것을 나타내고 있다. 한편 정면방향에서 좌우방향으로 이동한 결과를 보면 명백하게 다른 결과가 나타났다. 실험 참가자의 정면에서 우측에서 시각자극을 제시한 결과(그림 2(c), (e), (g))를 보면 청각자극이 시각자극보다도 정면 방향에 제시된 경우에는 정면방향의 결과와 같이 청각자극의 제시 각도가 시각자극의 제시 각도에서 멀어짐에 따라 점차적으로 평가치가 크게 나타나고 있다. 반면에 청각자극이 시각자극보다도 후방에 제시된 경우(그림 2(b), (d), (f))에는 시각자극과 청각자극의 물리적인 제시 각도가 멀어짐에도 불구하고 실험 참가자의 평가치가 작게 나타났다. 이것은 같은 방향에 제시되고 있다고 느끼고 있다는 것을 나타낸다. 시각자극과 청각자극의 제시 각도가 20° 떨어져도 응답은 2.3 정도밖에 상승하지 않고 있다. 근사 곡선에 의해 구한 최적 각도도 26.92°이며 청각자극이 시각자극보다도 약 7° 외측에 있는 위치에서 시각자극과 청각자극이 같은 장소에서 제시되었다고 느끼는 것을 나타내고 있다. 이와 같은 경향은 시각자극의 제시 각도가 0° 이외의 조건에서 나타났다.



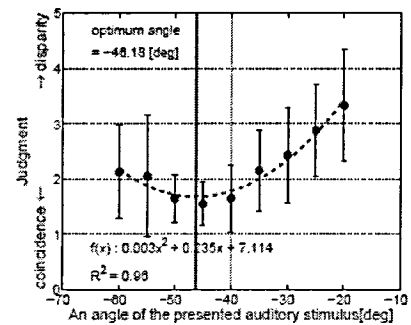
(a) 시각자극의 제시 방향(0°)
(a) Presented visual stimulus at 0°



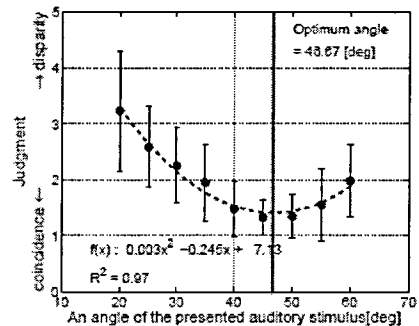
(b) 시각자극의 제시 방향(-20°)
(b) Presented visual stimulus at -20°



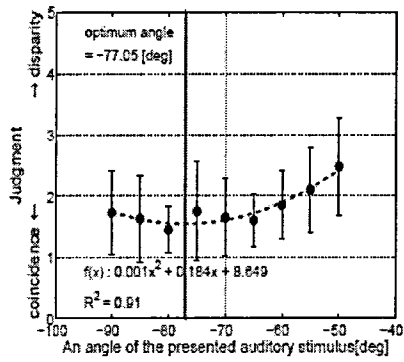
(c) 시각자극의 제시 방향(20°)
(c) Presented visual stimulus at 20°



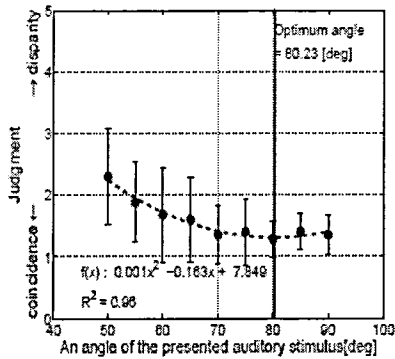
(d) 시각자극의 제시 방향(-40°)
(d) Presented visual stimulus at -40°



(e) 시각자극의 제시 방향(40°)
(e) Presented visual stimulus at 40°



(f) 시각자극의 제시 방향(-70°)
(f) Presented visual stimulus at -70°



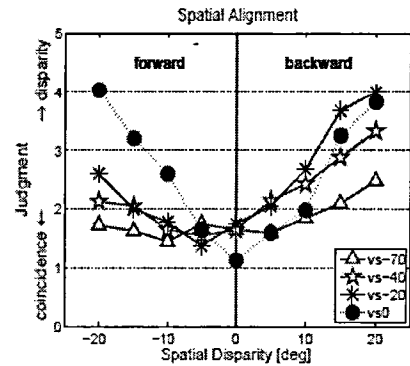
(g) 시각자극의 제시 방향(70°)
(g) Presented visual stimulus at 70°

그림 2. 시각자극의 제시 각도에 따른 평가 결과
Fig. 2. Evaluation result of visual stimulus by direction

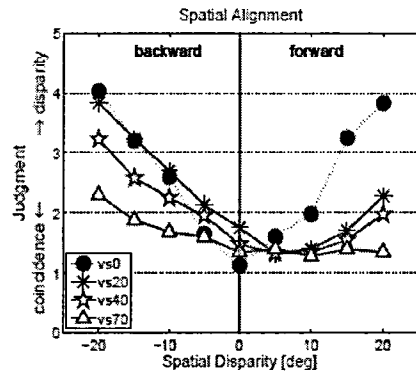
III. 고찰

시각자극의 제시 각도에 의해 시청각 지각공간의 왜곡에 관하여 상세히 고찰하기 위하여 시각자극의 제시 각도를 기준(0°)로 한 청각자극의 상대 제시 각도를 횡축으로 두고 각 시각자극의 제시 각도에 의한 결과를 그림 3에 나타내었다. 그림의 ●는 시각 자극의 제시 각도가 0°, *는 -20°과 20°, ☆는 -40°과 40°, △는 -70°와 70°의 결과를 각각 나타내었다.

청각자극이 시각자극에 대하여 전방에 제시된 경우의 결과를 보면 0°와 ±20°의 경사는 거의 같으며 시각자극의 제시 각도가 그것보다도 주변으로 감에 따라 경사가 작게 되는 경향이 보인다. 이것은 시각자극의 공간 해상도가 주변으로 감에 따라 거칠기 때문에 시각자극의 주관적인 정위 위치도 모호하게 되는 원인이라고 생각되어진다. ±70°가 되면 청각자극의 주관적인 정위 위치도 모호하게 되기 때문에 두 개의 제시 각도의 차이를 거의 판별하기 어렵다.



(a) 시각자극이 정면에서 좌측에 있는 경우
(a) In the case when the visual stimulus was presented left



(b) 시각자극이 정면에서 우측에 있는 경우
(b) In the case when the visual stimulus was presented right

그림 3. 제시 각도를 기준으로 한 시각자극의 평가 결과
Fig. 3. Evaluation result of visual stimulus by presented direction

청각자극이 시각자극에 대하여 후방에 제시된 경우의 결과(그림 3의 backward)를 보면 시각자극이 ±20° 주변에 제시되면 시청각 자극간의 차이를 지각 할 수 없게 되고 있다. 이 조건에 있어서 전방측의 결과는 0°의 결과와 거의 같게 되고 있으며 정면 방향과 같은 정도의 시청각 자극의 정위 위치를 정확하게 지각하고 있다고 생각된다. 주변에 있어서 시청각 사상의 공간 지각이 이와 같이 변용된 것은 시각자극과 청각자극의 제시 각도 관계가 시청각의 공간 통합에 큰 영향을 미친다는 것을 나타내고 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 주변 시야에서 시청각 통합을 조사하기 위하여 중심 시야에서 주변 시야까지 폭 넓은 공간적인 위치에 시각자극과 청각자극을 제시하여 심리 물리적 실험을 하였다. 그 결과 시청각의 공간적인 통합이 정면 방향과 주변

방향이 다르다는 것을 알 수 있었다. 다른 원인으로서는 시각과 청각에 있어서 지각 공간의 차이가 크게 영향을 미친다고 생각되어진다. 시각자극의 제시 각도가 0°의 경우는 청각자극과 시각자극의 물리적인 제시 각도가 멀어짐에 따라 주관적인 차이도 점점 증가하는 경향이 시각자극의 제시 각도를 중심으로 좌우 대칭으로 나타났다. 따라서 시각자극의 제시 각도가 0° 이외의 조건에서는 청각자극이 시각자극보다도 전방에 제시된 경우에는 0°의 경우와 같은 경향이 나타났으나 후방에 제시된 경우에는 물리적인 제시 각도의 차에 비해 주관적인 거리가 짧게 되는 경향이 나타났다. 본 연구에서 보고되는 현상이 복합적인 통합과정에 있어서 나타나는 흥미로운 현상이란 결론을 내리기 위해 시각과 청각에 대하여 각각의 지각 공간에 관한 정량적인 데이터를 측정할 필요가 있다고 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] Thomas, G. J., "Experimental study of the influence of vision on sound localization," *Journal of Experimental Psychology*, 28, pp. 167-17, 1941.
- [2] Jack, C. E., Thurlow, W. R., "Effects of degree of visual association and angle of displacement on the ventriloquism effect," *Perceptual and Motor Skills*, 37, pp. 967-979, 1973.
- [3] Slutsky, D. A., Recanzone, G. H., "Temporal and spatial dependency of the ventriloquism effect," *Neuro Report*, 12, pp. 7-10, 2001.
- [4] 신위재, 정래원, "실내 이동 로봇의 위치 인식 및 속도 제어에 관한 연구," *신호처리시스템학회 논문지*, 제11권 1호, pp. 88-91, 2010.
- [5] Radeau, D., Bertelson, P., "Adaptation to auditory-visual discordance and ventriloquism in semirealistic situations," *Perception and Psychophysics*, 6, pp. 137-146, 1977.
- [6] Lovelace, E. A., Anderson, D. M., "The role of vision in sound localization," *Perceptual and Motor Skills*, 14, pp. 721-727, 1985.
- [7] 구교식, 차형태, "개선된 머리전달함수를 이용한 3차원 입체음향 성능개선 연구," *한국음향학회지*, 제28권 제6호, pp. 557-565, 2009.
- [8] Shipley, T., "Auditory flutter-driving of visual flicker," *Science*, 145, pp. 1328-1330, 1964.
- [9] Welch, R. B., Warren, D. H., "Immediate perceptual response to intersensory discrepancy," *Psychologica Bulletin*, 88, pp. 638-667, 1980.
- [10] Alais, D., Burr, D., "The ventriloquist effect results from near-optimal bimodal integration," *Curr. Biol.*, 14(3), pp. 257-262, 2004.
- [11] Lewald, J., Guski, R., "Cross-modal perceptual integration of spatially and temporally disparate auditory and visual stimuli," *Cognitive Brain Research*, 16, pp. 468-478, 2003.



이 채 봉 (Chai-bong Lee)

1985년 동아대학교 전자공학 (공학사)
 1986년 일본 문부성 국비유학생
 1988년 일본 동북대학(TOHOKU) 전기 및
 통신공학 전공 석사
 1992년 일본 동북대학(TOHOKU) 전기 및
 통신공학 전공 박사

1993년 ~ 현재 동서대학교 정보시스템공학부 부교수
 관심분야: 디지털 신호처리, 음향공학



강 대 기 (Dae-gee Kang)

2003년 동서대학교 전자공학과 졸업
 2004년 ~ 일본 동북대학 대학원

관심분야: 디지털 신호처리, 음향공학, 청각심리