

시각적으로 결정된 음원의 거리와 음량 변화의 관계성

민 윤 기 · 서 창 원 · 신 수 길

세종대 디자인학과 · 충남대 심리학과 · 세종대 디자인학과

실제적·역동적 지각 공간에서 거리에서는 다르지만 같은 방향에 시각과 음향자극을 동시에 제시하였을 때 음원의 거리지각은 시각자극에 의해 변화하는 지를 확인하고, 변화된 음원의 지각된 거리가 그 음의 음량지각에도 영향을 미치는 지를 알아보고자 하였다. 실험 1에서는 피험자의 정면 중앙선을 기준으로 좌측 10°에 근거리(2m) 음원을, 그리고 우측 10°에 원거리 음원(5m)을 위치시켰다. 또한 근거리 음원과 시각적으로 동일한 방향에서 원거리 불빛(5m)을, 그리고 원거리 음원과 시각적으로 동일한 방향에 근거리 불빛(2m)이 놓여졌다. 통제조건에서 피험자에게 음만 제시되었으며, 실험조건에서는 시각적으로 동일한 방향에 위치해 있는 음원과 불빛이 동시에 제시되었다. 실험 2에서는 실험 1에서 사용된 불빛의 위치는 고정시켰으며, 대신에 세 개의 음원은 거리상 두 불빛 사이에 놓이도록 하였으며, 이들 음원은 중앙선, 중앙선의 좌·우측 15°에 위치되었으며 모두 피험자로부터 동일한 거리(3m)에 놓였다. 이들 두 실험을 통해 피험자들은 먼저 각 음원의 거리와 음량을 판단하였다. 두 실험의 결과는 음원만이 제시되는 통제조건과 시각과 음향자극이 동시에 제시되는 실험조건을 비교할 때 매우 극적으로 나타났다. 시각 자극이 없었을 때와 비교하여 실험조건에서 시각 자극은 방향적으로 인접해 있는 음향 자극의 거리 지각을 변화시켰으며, 이렇게 변화된 거리에 의해 각 음원의 음량 지각도 변화되는 것으로 나타났다. 즉 음원의 지각된 거리는 음량과 정적인 관계가 있는 것으로 밝혀졌으며, 이는 시각 이론에서 주로 적용되어왔던 지각적 항등성 이론에 의해 설명될 수 있었다. 이러한 결과는 음원의 물리적 음향속성을 변화시키지 않고도 음량의 지각이 달라질 수 있다는 것을 시사해준다.

전형적으로 많은 공간 지각 연구들은 하나의 고정된 관찰 지점에 자극을 위치시키고 자극의 물리적 속성을 변화시키거나 일관된 환경에 어떤 검사 자극을 제시하고 그것이 어떻게 지각되는가를 보고하는 실험 패러다임을

사용해 왔다. 그러나 우리의 일상적인 지각환경이 시각적인 것과 청각적인 것을 포함하여 역동적인 다중 대상을 포함하고 있다는 사실을 고려할 때 단지 하나의 고립된 자극이나 대상을 다룬 연구 결과는 실제 환경에서 발생

본 연구는 North Carolina State University 심리학과 음향실험실 연구비에 의해 수행된 것임. 논문을 읽고 적절한 비평과 조언을 해 주신 익명의 두 심사위원께 깊이 감사드립니다.

교신저자 주소: 민윤기, 대전광역시 유성구 궁동 충남대학교 심리학과, 〒 305-764

(e-mail: ykmin@hanbat.chungnam.ac.kr)

하는 지각을 설명하는데 한계가 있다.

자극이 고립되어 있을 때와 다른 자극과 함께 있을 때의 맥락에 따라 관찰자는 그 자극을 다르게 지각할 수 있다. 예컨대, 그림 1을 보면, 사각틀의 하변에 좌우로 움직이는 목표대상(T)을 위치시키고 동시에 좌·우변에 상하 교대로 움직이는 유도대상(I_1 과 I_2)를 두었을 때, 관찰자는 물리적으로 수평으로 움직이는 T의 운동을 마치 시계추 운동과 같이 지각한다. 이는 T가 좌로 움직일 때 I_1 과 인접하게 되고 우로 움직일 때는 I_2 와 인접하게 되어 T의 지각적 속성이 인접된 I_1 과 I_2 의 영향을 받아 수정된 것으로 설명될 수 있다. 이러한 현상을 Gogel (1972, 1974)은 '이웃성 원리(the adjacency principle)'라 불렀다. 이러한 현상은 음향 지각에서도 나타나는 것으로 증명됨으로써 이웃성 원리는 감각 모달리티와 관계없이 다양한 자극 특성에 대한 지각 과정을 설명해주는 일반적인 조직요인으로 고려될 수 있음이 밝혀졌다(Min, 1998).

본 연구는 여러 자극과 다른 자극 모달리티가 동시에 제시되는 다소 역동적인 상황에서

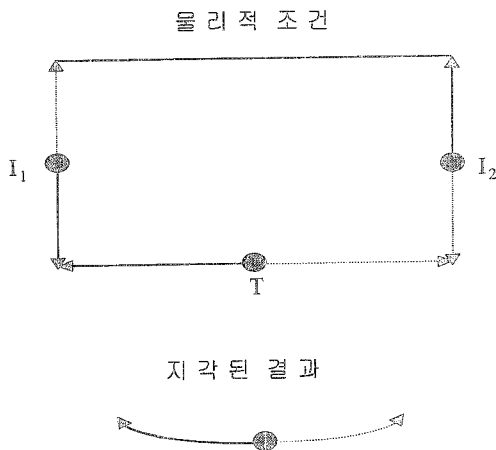


그림 1. 운동에 대한 상대적 단서의 효율성. T가 유도대상(I_1 과 I_2)에 교대로 접근할 때 이는 마치 시계추와 같은 운동을 하는 것으로 보인다[출처: Min(1998, p. 12)]

다중음원에 대한 거리지각이 시각 자극의 존재에 자극원간 그리고 모달리티간 상호작용을 밝히는 공간 지각 현상을 연구하고자 하였다. 특히 의해 어떤 식으로 변하며, 만일 거리 지각의 변화가 나타난다면 그에 따라 음원의 음량(loudness) 지각도 변할 것인가를 밝히는 것이 연구의 목적이다.

음원의 거리 지각

청자(listener)가 음을 듣고 그 음원이 머리 외부에 존재하는 것으로 지각할 때 음향 이미지가 '외재화(externalized)'된 것이며, 이와는 반대로 그 음원이 청자의 머리 내부에 존재하는 것으로 지각될 때 그 이미지는 '내재화(internalized)'되었다고 말한다(Plenge, 1974). 음은 머리의 외부 먼 곳, 머리의 내부와 외부의 경계선 근처, 혹은 머리의 내부에서 들리는 것처럼 지각될 수 있다. 따라서 외재화의 정도는 음원에 대한 주관적 거리를 추정하는 대략적인 척도가 될 수 있다.

음향 정위(sound localization) 연구는 크게 방향 정위와 거리 정위 연구로 분류된다. 음원의 방향 정위 단서인 두 귀 도달시간차(interaural time difference), 두 귀 도달음원 강도차(interaural intensity difference), 머리 움직임, 귓바퀴 반향(pinnae reflection) 등은 중요한 방향 정보를 제공하는 것으로 알려져 왔다(Begault, 1994; Loomis, Herbert, & Cicinelli, 1990; Rayleigh, 1907; Wallach, 1940). 방향 정위에 대한 연구와 비교하여 거리 정위에 대한 연구는 그리 많이 수행되지 않았다. 그러나 음향거리 또한 청자에 의해 신뢰롭게 판단될 수 있는 자연적인 경험 차원이라는 것을 인정한 몇몇 연구자들은 거리 정위에 대한 연구를 수행하였다(Coleman, 1963; Begault, 1994; Blauert, 1983; Mershon & Bowers, 1979).

정상적으로 음원의 물리적 거리가 증가함에

따라 그 음의 음 수준(sound-level)은 감소한다. [흔히 음의 크기는 초당 청각 장의 단위 면적을 통과하는 음 에너지 혹은 파워를 의미하는 강도로 표현된다(예, W/m^2). 그러나 파워 값의 범위가 너무 크기 때문에 편의상 두 음의 강도(기준 강도 I_0 와 관련된 다른 강도 I_1)의 비에 대한 대수 척도를 사용하여 음의 강도 측정치를 나타낸 것이 음 수준이며 그 단위는 dB이다]. 자유공간 혹은 방음 조건하에서 음원의 물리적 거리가 두 배로 늘어날 경우 음 수준은 6 dB 감소한다. 따라서 음 수준은 음의 거리 정위(sound distance localization)를 위한 하나의 단서로 작용한다. 즉 음원의 물리적 거리에서의 변화와 함께 청자의 귀에 도달되는 음 수준이 감소함에 따라 판단되는 음원의 거리는 감소한다(Gardner, 1968; Coleman, 1963). 음 수준이외에 대부분의 자연적인 음향 환경에서 발생하는 반사 에너지(reflected energy)의 존재는 음원의 거리 지각에 영향을 미친다. 직접 대 반사음의 비(ratio of direct to reverberant sound)는 거리의 증가와 함께 감소한다(Mershon, Ballenger, Little, McMurtry, & Buchanan, 1989; Mershon & King, 1975). 음의 주파수 구성 내용 또한 음원의 거리 정위 단서로 작용한다. 즉 고주파수 요소가 적은 음은 고주파수 요소가 많이 포함된 음원보다 일반적으로 더 멀리에서 들리는 것으로 지각된다(Coleman, 1963; Levy & Butler, 1978; Little, Mershon, & Cox, 1992).

흔히 음의 거리 판단은 직접측정과 간접측정으로 수행된다. 직접측정 방법은 피험자로 하여금 발생한 음원의 거리를 구두(m와 cm의 조합으로)로 보고하도록 하는 것이다. 흔히 이 방법은 비 시각적 요인에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 왔다. 예컨대, 청취자들은 실험실의 크기를 감안하여 그 크기를 넘지 않는 범위에서 음의 거리를 판단하는 인지적 편파를 보일 수 있다. 이러한 이유로 직접측정 방법을 통해 판단된 음의 지각된 거리는 진실한

시각적 변화를 반영하지 않을 수 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 간접측정 방법이 제안되었다. 간접측정 방법은 이와 같은 의식적(혹은 인지적) 수정에 의한 영향을 덜 받는다.

리모트 포인팅 기법에 의한 음원의 간접적 거리 측정은 Gogel(1990)의 현상학적 기하학(Phenomenal Geometry) 이론에 기초하여 Mershon(1997)에 의해 음향 거리 지각에 처음으로 적용되었다. 이 기법을 위해 피험자들은 각각의 목표음에 회전 지시막대의 끝을 일치시키도록 요청 받는다. Mershon이 사용한 리모트 포인팅 기구는 피험자의 우측 60 cm 떨어진 지점에 위치한 나무 상자 위에 설치된 둥근 지시 막대(길이 66 cm)가 회전되도록 하였고 막대에 연결된 전선은 다른 상자에 연결된 각도기의 바늘을 움직여 실험자가 각도를 읽을 수 있도록 한 것이었다. 따라서 피험자의 좌측 직선과 지시 막대가 목표 음을 가르킬 때 만들어지는 각도에 의거하여 피험자로부터 목표 음까지의 거리가 사인(sign)의 법칙을 통해 계산되도록 하였다(부록 1 참조). 본 연구에서는 직접방법과 간접방법 모두를 사용하여 음원의 거리를 측정하고자 하였다.

시각적으로 결정된 음원의 거리

많은 상황에서 어떤 사상에 대한 정보가 두 가지 이상의 모달리티에 의해 제공될 때 그 사상에 대한 지각은 모달리티간의 상호작용에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다(Mills, 1972). 이러한 사실은 흔히 정위 상황에서 시각과 청각이 동시에 제시될 때 발견되어 왔다. 말하자면 음향 자극에 대한 정위는 시각 자극의 존재에 의해 크게 영향을 받는 것으로 밝혀져 왔다(Gardner, 1968; Jackson, 1953; Warren, McCarthy, & Welch, 1983; Welch & Warren, 1980). 예컨대, TV 화면 속에 등장하는 배우를 생각해 보자. 실제로 배우가 하는

말은 TV의 양 측면에 붙어 있는 스피커를 통해 흘러나오지만 시청자들은 마치 그 말이 화면 속의 배우의 입에서 나는 것처럼 착각한다. 배우의 입 놀림(시각적 자극)은 실제로 배우가 말하는 대사(청각적 자극)를 포획하였다. 이를 “시각포획(visual capture)” 현상[예에서와 같은 특별한 상황은 또한 복화술(ventriloquism)이라 불리기도 한다]이라 부른다.

시각 포획현상에 대한 연구는 주로 방향 정위와 관련하여 연구되어 왔다. 즉 두 자극 모달리티를 피험자로부터 전방 동일 평면상에 제시하고 두 자극간 간격을 조작하여 시각 포획이 가장 잘 일어나는 자극간 간격의 정도가 결정되었다. 포획 효과는 자극들이 고정된 정적 조건이나 자극들이 움직이는 동적 상황 모두에서 증명되어왔다. 동적인 실험 상황으로 청각 자극은 고정되고 그것을 중심으로 빛을 움직였을 때 음원이 마치 움직이는 빛에서 발생되는 것으로 보이기도 하였다(Mateeff, Hohnsbein, & Noack, 1985; Thurlow & Kerr, 1970).

거리 정위와 관련하여 시각 포획의 효과성은 부분적으로 거리에 대한 시각과 청각 정보가 일치하는지 아니면 갈등하는지의 여부에 달려있다. Mershon, Desaulniers, Amerson 및 Kiefer(1980)는 실제 음이 상이한 거리에 위치해 있는 더미 스피커로부터 발생하는 것으로 보이는 경향성은 청각과 시각 거리단서간의 일치 정도에 의해서 영향을 받는다는 것을 밝혔다. 즉 포획 효과는 음원의 거리와 관련된 청각 정보와 더미 스피커의 거리에 대한 시각적 정보간의 불일치가 클 때 감소하였다. 분명히 시각자극과 음원간의 거리가 가까울수록 포획은 더 효과적으로 일어날 수 있다(Bermant & Welch, 1976). 포획 효과는 또한 두 자극 모달리티의 단위성(unity), 즉 두 가지 정보 출처가 하나의 사상으로 보일지 아니면 두 개의 독립적인 사상으로 보일지의 여부에 의해 영향을 받는다. 예컨대, 위에서 언급된 예에서 화면상의 배우 입놀림과 스피커로부터 흘러나

오는 대사가 서로 일치하지 않은 경우 이 두 가지 사상은 두 개의 독립적인 사상으로 지각되기 쉽다. 따라서 이러한 경우 포획현상은 약해질 것이다.

본 연구는 음원의 거리 지각에 의해 음량도 변하는 지를 밝히려는 목적으로 먼저 이러한 선행 연구 결과에 기초하여 음원의 거리 지각을 변화시키기 위한 효과적인 수단으로 시각 포획 현상을 이용하였다. 이를 위하여 피험자로부터 좌측 방향에는 시각 자극을 음원의 뒤에 위치시켰고, 우측 방향에서는 시각 자극을 음원의 앞에 제시함으로써 선행연구에서 다루지 않았던 음원과 시각 자극의 전후 위치가 시각 포획의 효과에 미치는 영향까지도 검토하고자 하였다.

지각된 거리와 음량간의 관계성

음 수준 상의 변화는 음량(loudness)의 변화와 관련될 수 있다. 흔히 ‘부드러운’에서 ‘큰’ 정도로 표현되어지는 음량은 음도(intensity)의 심리적 혹은 주관적인 반응이다. 따라서 음량과 음 수준(sound-level or intensity)은 같은 의미를 가진 용어가 아니다(Gulick, Gescheider, & Frisina, 1989). 비록 음 수준이 주관적인 감각 척도보다는 물리적 크기 척도와 관련되기는 하나 음 수준을 통해 여러 복합 음들의 음량을 비교할 수 있다. 예컨대, 특별한 주파수를 가진 음은 일반적으로 음 수준이 증가함에 따라 음량도 증가한다(Fletcher & Munson, 1933).

음량의 판단에는 인지적 편파가 영향을 미칠 수 있다. 즉, 청취자들은 가까이 있는 음들이 멀리 있는 음들보다 더 크게 들릴 것이라고 기대한다(Gamble, 1909; Warren, 1977). 항상성 현상에 따르면(Mershon & Bowers, 1979), 보다 복합적이며 친숙한 음(예, 대화)은 음 수준 상에서 큰 변화가 있을지라도 음량이 변하지 않은 것으로 경험되며, 다소 간단한 음에

대해서는 항상성이 덜 일어난다. 그러나, 음량 항상성(loudness constancy)은 음의 거리 지각의 실제성에 의해 영향을 받을 수 있다. 즉 음 수준에서의 변화가 없을 지라도 음의 거리 지각은 음량에 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다(Mershon & Bowers, 1979; Mershon, Desaulniers, Kiefer, Amerson, & Mills, 1981). 즉, 실제 음원의 물리적 위치나 음 자체에 대한 조작을 하지 않더라도 그 음원에 대한 거리 지각이 변화하는 경우, 음량에 대한 지각도 변한다는 실험적 결과가 보고되었다. 따라서 시각포획과 같은 현상에 의해 음원의 가현적 거리가 변하는 경우(음이 시각적 대상으로부터 발생된다고 보는 착각에 의해 유발되는 것으로), 그 음의 물리적 속성(예, 음도, 주파수, 실제 거리 등)은 변하지 않지만 그 음에 대한 음량 지각은 영향을 받게 된다.

한편, Warren(1977)은 음 수준을 조작함으로써 ‘반 음량(half-loudness)’ 함수를 구하는데 관심을 두었다. 반 음량 함수는 처음에 제시된 음의 반 음량을 가진 새로운 음을 생성하는데 요구되는 음 수준에서의 감소로 기술된다. 그러나 음 수준의 실험적 조작은 흔히 음의 가현적 거리에 영향을 미칠 수 있는 과외 변인들(따라서 반 음량 함수에 영향을 미치는)을 포함하는 상황에서 수행된다. 따라서, 그러한 상황에서는 음의 거리 지각에서의 변화가 음량에 영향을 미치지 않도록 항상성 거리 단서를 유지하는 것이 중요하다.

Mershon과 Bowers(1979)는 음의 거리 지각과 음량간에 정적인 관계성이 있다고 보고하였다. 그들의 실험에서 청취자들은 정면에서 각각 다른 거리(55 - 800 cm)에 위치한 5개의 라우드 스피커 가운데 한 스피커에서 제시되는 소음을 듣고 그 소음의 지각된 거리와 음량을 판단하였다. 실험 결과, 음의 지각된 거리는 음원 거리의 변화와 함께 체계적으로 변하며 청취자들은 음 수준에서의 어떤 전반적인 변화가 없는 상태에서 음의 거리 지각을

크게 함에 따라 음량도 큰 것으로 보고하는 경향이 있었다. 시각포획도 음의 물리적 변화를 일으키지 않으면서도 음량과 지각된 거리간의 관계성을 연구하는데 있어 가현적 거리를 변화시키는 효과적인 방법이 될 수 있다. Mershon 등(1981)은 지각된 거리와 음량간의 관계성을 심도 있게 연구하기 위해 시각포획을 사용하였다. 연구자들은 짧은 소음 자극의 가현적 음원 위치를 변화시키기 위해 ‘더미’ 라우드 스피커를 사용하였다. 이 때 먼 거리 혹은 가까운 거리에 위치시킨 진짜 음원을 피험자의 시야로부터 감추었고, 피험자들은 단지 더미 스피커만 볼 수 있었다. 실험은 무향실과 반 무향실에서 행해졌다. 각 조건에서 음량은 음 수준이 증가함에 따라 증가하였으며 보다 중요한 것은 더미 스피커의 거리(75, 225, 혹은 375 cm)가 음 수준과 관계없이 음량의 지각에 영향을 미쳤다는 것이다. 즉, 더미 스피커가 먼 거리(예, 375 cm)에 있을 때 이것이 가까운 거리(예, 75 cm)에 있을 때보다 지각된 음량은 더 크게 나타났다. 청취자들은 음원의 강도가 정상적으로 음원의 거리가 증가함에 따라 신속하게 감소한다는 사실을 교정하는 것처럼 보인다. 이들 자극들은 귀에서 일정하게 남아 있기 때문에 가현적 음량은 더미 스피커의 거리와 함께 증가하였다.

더 나아가 Mershon 등(1981)은 음량과 지각된 거리간의 관계성을 Gogel(1973)에 의해 제시된 지각 불변 관계성(a perceptual invariance relationship)으로 설명하였다. 즉, 이는 지각된 음량이 음 수준과 음의 지각된 거리 모두와 비례하여 증가한다고 제시한다. 따라서 음 수준과 지각된 음원의 거리 중 어느 한 요인(예, 물리적 거리에서의 변화에 기인한 음 수준의 변화)이 변할 때, 두 번째 요인(예, 지각된 거리)에서의 역 변화가 일어나 항등성을 초래하게 되며, 지각된 거리에서의 불충분한 변화는 과소 항등성을 초래한다는 것이다.

연구 내용

본 연구의 목적은 시각포획 현상으로 변화된 음원의 거리가 음량의 변화에 미치는 영향을 밝히고자 하는 것이었다. 이를 위해 시각 및 음향 자극이 다중적으로 변하는 실험환경을 모사 함으로써 인간의 공간 지각을 위한 일반적인 맥락을 사용하고자 하였다. 단일-자극원 제시 상황을 사용해온 이전의 연구 결과들은 일반적인 지각 조건에서 발생하는 변수간에 나타날 수 있는 상관(예, 자극 모달리티간 상호작용, 이웃성 효과 등)을 고려하지 않았다.

분명히 시각 자극은 음원의 거리 지각에 영향을 미칠 수 있으며, 변화된 음원의 거리는 음량 지각에도 영향을 미칠 것으로 기대된다. 시각포획은 청자에게 도달되는 음의 특성들을 변화시키지 않고서도 그 음원의 가현적 거리를 조작할 수 있다는 점에서 실험 목적에 매우 유용하다. 그러나 Mereshon 등의 지각된 거리와 음량간의 관계성에 대한 연구 결과는 기본적으로 음의 “시각포획(visual capture)” 현상이나 거리지각을 연구하는 가운데 부수적으로 얻어진 것이며, 하나의 자극을 제시하는 제한된 상황에서 얻어졌기 때문에 음량과 거리지각간의 관계성은 연구자 스스로 언급했듯이 잠정적인 것으로 결론을 내렸다.

따라서 본 연구는 이 관계성에 대한 확증을 얻기 위해 수행되었으며 한 번에 여러 개의 음원을 제시하는 다소 실제적인 상황에서 여러 음원들에 대한 공간 지각 현상을 연구하였다. 본 연구의 결과는 가상 공간 내의 여러 위치에서 실제적인 음량의 효과를 일으키기 위해 적용될 수 있으며 따라서 가상 환경(virtual environments)의 효과적인 창출을 위해 중요한 정보를 제공할 것이다.

연구의 내용을 요약하면 다음과 같다:

- (1) 시각 및 청각 자극을 동시에 제시함으로써 시각포획 현상을 확인한다.
- (2) 상대적 거리(깊이) 지각 상황에서도 시

각포획 현상이 효과적으로 발생하는지 밝힌다.

(3) 시각포획 현상에 의해 변화된 음원의 지각된 거리가 그 음원의 음량 지각의 변화를 일으키는 지 확인하고, 그 관계성에 대해 확증한다.

실험 1

실험 1에서는 먼저 다른 방향과 거리에서 발생하는 두 개의 음과 두 개의 시각 자극을 동시에 제시하는 상황에서 시각포획 현상을 확인하고 시각포획 현상에 의해 일어난 음원의 거리 지각의 변동이 그 음원들의 음량 지각에 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보려고 하였다. 실험 1의 자극 위치와 제시 조건은 그림 2에 제시되어 있다. 음원만이 제시되는 통제조건에서 자극들은 피험자의 정면 중앙선에서 각각 좌우 10° 방향에서 제시되었으며, 피험자로부터 좌측 10° 방향 2 m 지점에서 근거리 음원이, 그리고 우측 10° 방향 5 m 지점에서 원거리 음원이 제시되었다. 실험조건에서는 시각 자극으로 불빛이 추가되었다. 근거리 음원이 있는 좌측 10° 방향 5 m 지점(근거리 음원의 후방)에 원거리 불빛이, 그리고 원거리 음원이 있는 우측 10° 방향 2 m 지점에 근거리 불빛(원거리 음원의 전방)이 위치되었다. 같은 방향에 위치한 음원과 불빛은 동시에 피험자에게 제시되었다. 즉 근거리 음원이 제시될 때는 동시에 원거리 불빛이 제시되었고(근거리 음원-원거리 음원 짝), 원거리 음원이 제시될 때는 그와 동시에 근거리 불빛이 제시되었다(원거리 음원-근거리 불빛 짝). 피험자들은 두 조건 가운데 어느 한 조건에 무작위로 할당되었다.

실험 1은 먼저 시각 자극이 없는 조건에서 판단된 음원의 거리가 동일한 방향에 존재하는 시각 자극이 있을 때 그 음원의 거리가 유의하게 변할 것인지를 살펴보고, 거리가 변할 때 그 음원의 음량 또한 변하는 지를 검증하는데 그 목적이 있었다. 이를 위해 각 조건에

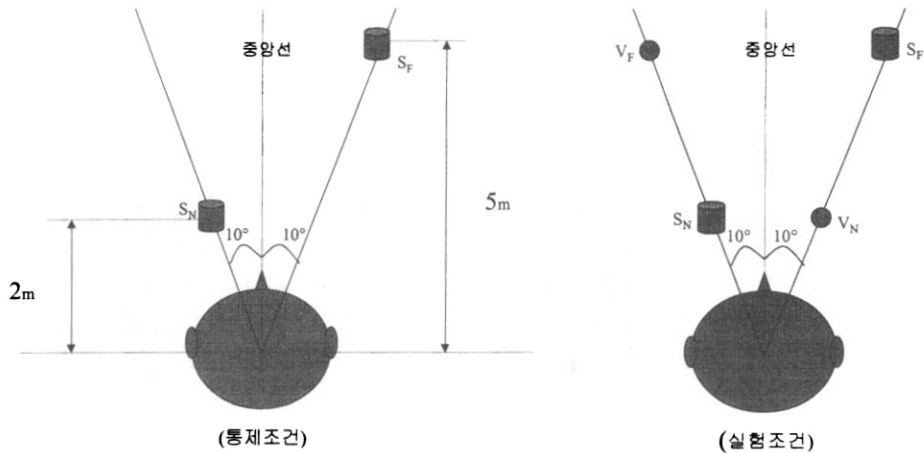


그림 2. 실험1의 통제조건 및 실험조건(\$S_N\$=근거리 음원, \$S_F\$=원거리 음원, \$V_F\$=원거리 불빛, \$V_N\$=근거리 불빛, 통제조건에서는 음원만 제시되며, 실험조건에서는 동일한 방향에 있는 \$S_N\$-\$V_F\$ 혹은 \$S_F\$-\$V_N\$이 동시에 제시됨).

할당된 피험자들은 우측 60 cm지점에 설치된 리모트 포인터(직접측정)와 구두(직접측정)로 음원의 거리를 판단하였다. 거리 판단이 완성되고 피험자들은 크기추정법(magnitude estimation method)에 의해 각 음원의 음량을 판단하였다(Stevens, 1956, 1971).

방법

피험자. 피험자는 North Carolina State University에서 심리학 개론을 수강하는 남녀 48명(평균연령: 19.7세)을 대상으로 하였으며, 실험 참가는 강의 충족조건이었다. 실험 요건상 정상적인 청력과 시력을 가진 피험자와 음원 거리에 대한 간접측정 기법의 사용을 위하여 오른손 사용자로 피험자를 한정시켰으며, 이 전에 이러한 종류의 실험에 참가한 경험이 없어야 했다.

실험설계. 두 개의 실험 조건(음향 자극제시 조건/음향+시각자극 제시조건) x 성(남/여) x 두 개의 제시순서(좌-우/우-좌)의 반복측정 요인설계를 사용하였다. 각 셀에 남녀 3명씩 6명

을 할당하였다.

실험환경. 실험실(7.3 x 7.3 x 3.6 m, 가로 x 세로 x 높이)은 반 무향실이었으며 반향시간(\$T_{60}\$)은 0.5-8 kHz 범위의 주파수에 대해 0.36 초였다. 실험실 한 면에 얇은 어두운 청색 천으로 막아 적당한 면적의 관찰실을 구성하였다. 관찰실에 위치한 피험자들은 둘러쳐진 천 때문에 실험장치를 볼 수 없었으며, 다만 불빛을 볼 수 있도록 관찰실 정면 천은 앉아 있는 피험자의 눈 높이에서 작은 직사각형 슬롯(1.5 x 5.1 cm)을 만들어 놓았다. 따라서 피험자는 스피커의 위치를 볼 수 없지만 불빛은 볼 수 있었다.

자극이 제시되기 전에 피험자들은 관찰실 안에 놓여진 높이조절이 가능한 의자에 앉아 턱 고정기구에 턱을 고정하고 작은 슬롯을 통하여 불빛이 보이도록 앉은 높이를 조정하도록 요청 받았다. 간접측정을 위한 포인터는 피험자의 우측 60 cm 떨어진 지점에 놓여있었고 턱을 고정한 채 단지 손가락의 촉각에 의해 포인터를 조정할 수 있도록 하였다(포인터 사용법은 대기실에서 사전 훈련을 받았다). 실험

자는 관찰실 내 피험자의 우측에 앉아 실험지시를 하였다. 실험실은 실험자가 자료를 기록하고 확인하기 위해 켜놓은 미등을 제외하고 컴컴한 상태를 유지하였다.

실험재료. 실험자극은 두 개의 음원과 두 개의 불빛이 사용되었다. 음원은 Cool Edit®을 이용하여 WAV 파일로 작성하였다. 음원을 위하여 비교적 광대역 주파수를 가진 단발형 소음을 사용하였으며, 거리에서의 지각적 차이를 유발시키기 위해 음향거리지각 단서를 사용하였다. 즉 근거리 음자극(S_N)을 위해 53 dBA (피험자의 귀 위치에서 Rion NA-61 사운드레벨 미터에 의해 측정된 A-가중치 음 수준, dB에 비해 dBA는 인간의 귀에서 측정되는 것과 매우 유사한 음압 측정치로 고려되며, 중간 주파수 대역은 dB와 별 차이가 없으나, 저주파나 고주파 대역에서의 음압은 차이가 있음), 그리고 원거리 음자극(S_F)을 위해 43 dBA 단발형 소음이 사용되었다. 두 자극의 음 수준의 차이는 예비 실험을 통해 피험자가 근거리 음원은 근거리에, 그리고 원거리 음원은 원거리에 있는 것으로 가장 잘 지각하면서 듣기에 짜증을 일으키지 않는 수준에서 결정된 것이다. 또한 두 자극 음에 대해 동일한 음이 사용되었기 때문에 피험자로 하여금 두 음을 보다 쉽게 구분할 수 있도록 진동율(pulse rate)을 변화시켰다. 즉, 근거리 음 자극을 위해 100 msec의 지속시간을 가진 단발형 소음 폭발음이 50 msec의 간격으로 5번 제시되도록 하였고(근거리 음원의 1회 제시시간은 700 msec), 원거리 자극 음을 위해 200 msec의 지속시간을 가진 단발형 소음 폭발음이 100 msec의 간격으로 3번 제시되도록 하였다(원거리 음원의 1회 제시시간은 800 msec). 이러한 짧은 시작/끝 소음 폭발음의 사용은 음원의 정위에 도움을 줄 수 있는 것으로 고려되었으며, 근거리와 원거리 음원을 위해 동일한 소음 폭발음이 사용되었기 때문에 제시시간과 간격을 변화시킴으로써 두 음의 변별을 유도하였다. 한편, 다

른 정위 단서로 주파수 대역의 차이를 이용하였다. 즉, 근거리 음에 대한 음 수준은 .63과 12.5 kHz 사이의 주파수 대역에서 대략 58에서 71 dBA로 지속적으로 증가하였으며, 원거리 자극의 경우는 같은 주파수 대역에서 56에서 71 dBA로 지속적으로 증가하였다. 시각 자극을 위해 5 mm 녹색 LED(Light-Emitting Diode)등이 사용되었다. 음 자극과 관련하여 음과 동일한 방향에 위치한 불빛이 그 음과 같은 진동율을 일으키도록 회로 설계를 하였다. 즉, 스피커에서 발생한 음향 전류는 설계된 회로를 거쳐 소형 증폭기(Radio shack model QC7A7)를 경유하여 적절히 증폭되었고, 증폭된 전류는 다시 LED 회로에 보내져 음 자극과 동일한 형태의 신호를 촉발하였다.

모든 자극들은 3.4 x 1 m (너비 x 높이)의 지지대 위에서 제시되었으며, LED는 스피커의 상단에서 5 cm 위에 설치되었다. WAV 파일로 저장된 음 자극들은 Visual C++에 의해 프로그램화된 순서에 의해 피험자들에게 제시되었다. 컴퓨터에서 나온 음 자극은 먼저 Vector Research 증폭기를 통하여 증폭되었고 증폭된 자극들은 관찰실 내에 위치한 스위치 상자를 경유하여 실험실내 지지대 위에 설치된 각각의 라우드 스피커(Art Audio speaker, model BAW-50)를 통해 발생되었다.

실험 절차. 실험은 모두 두 개의 세션으로 구성되었다. 한 개의 세션은 근거리 음원과 원거리 음원의 거리 판단을 위한 것이었고, 나머지 세션은 근거리와 원거리 음원의 음량 판단을 위한 것이었다.

대기실에서 일반적인 실험절차를 설명들은 피험자는 실험자의 인도 하에 실험실로 이동하였다. 이때 실험실은 컴컴하였고 관찰실은 커튼으로 막혀져 있었기 때문에 실험자는 피험자의 안전을 위해 작은 손전등으로 인도하였다. 따라서 피험자는 실험실의 크기를 전혀 알 수 없었다. 피험자가 관찰 위치에 앉고 나면 실험자는 자극에 대한 거리 판단과 관련하

여 몇 가지 주요한 실험절차를 다시 브리핑해 주었다. 즉 피험자에게 전면 직사각형 슬롯을 눈을 뜬 채 주시하도록 하였고 음이 제시되기 시작하면 먼저 우측에 설치된 포인터로 음원의 위치를 가르키도록 하였으며, 그 과제가 끝나면 구두로 그 음원의 거리를 판단하게 하였다. 이 때 피험자에게는 음원의 거리 정보에 대해서는 알려주지 않았다. 음향 제시는 근거리 음원(1회 폭발음의 지속시간 100 ms, 폭발음간 간격 50 ms)과 원거리 음원(1회 폭발음의 지속시간 200 ms, 폭발음간 간격은 100 ms)이 3번씩 교대로 제시되는 것을 하나의 제시 패턴으로 1.5초 후에 이 패턴이 다시 반복되었다(부록 2 참조). 피험자는 먼저 근거리 음원이나 원거리 음원 가운데 어느 한 음원의 거리를 판단하도록 하였다. 이러한 제시 패턴은 피험자가 거리 판단이 완료될 때까지 지속되었다. 한 음원에 대한 거리 판단이 끝나면 동일한 제시 패턴이 주어지고 다른 음원의 거리 판단을 하도록 하였다.

두 음원에 대한 거리 판단 세션이 끝나면 피험자는 약 1분에 걸쳐 음량 판단과제에 대해 설명을 들었다. 음량 판단 과제에서는 먼저 피험자로부터 정면 3m 지점에 설치된 스피커로부터 기준음이 1초간 제시되고 500ms 후에 거리 판단 세션에서 사용된 것과 동일한 자극음(혹은 비교음) 제시 절차가 반복되었다. 기준음은 근거리와 원거리 음수준의 중간 수준의 크기를 가진 소음 폭발음이었다. 피험자들에게 이 기준음의 음량을 100으로 하고 이 기준음과 비교해서 근거리 음과 원거리 음이 상대적으로 어느 정도의 음량을 가지는 가를 물었다. 즉, 근거리나 원거리 음이 기준음의 음량의 200% 정도라고 느끼면 200으로, 50% 정도 느끼면 50으로 보고하도록 하였다. 피험자는 거리 판단에서와 마찬가지로 먼저 근거리 음원이나 원거리 음원 가운데 한 음원의 음량을 판단하였고, 이것이 끝나면 나머지 음원의 음량을 판단하면 되었다. 음원의 제시는 피험

자가 각 음에 대한 음량 판단이 완성될 때까지 지속되었다. 따라서 모든 실험 세션이 완성되는 시간은 피험자마다 차이가 있을 수 있으나 평균적으로 20-30분 정도 소요되었다.

결과 및 논의

실험 자료에 대한 Kolmogrov-Smirnov 검증을 실시한 결과, 자료가 유의하게 정상 분포를 이루지 않았기 때문에($p < .01$) 표준분석기법 대신에 몇 가지 비모수치 검증과 순위-전환 ANOVA(Conover & Iman, 1981)가 적용되었다. 이를 위해 모든 반응은 순위로 전환되었다.

각 측정 방법에 따른 조건별 근거리와 원거리 음원에 대한 지각된 거리와 음량의 평균, 중앙값 및 표준편차는 표1에 제시되어 있다. 통제조건에서 물리적으로 2 m와 5 m의 거리에 위치해 있는 근거리와 원거리 음원은 두 거리 판단 과제 모두에서 과소평가 되었다. 그러나 통제 조건과 달리 실험조건에서는 극적인 역전 효과가 나타났다. 즉 근거리 음원은 과대평가 되었고, 원거리 음원은 과소평가 되었다. 조건별 각 음원의 지각된 거리의 중앙값을 비교한 결과를 그림 3에 제시하였다. 실험 조건에서 나타난 음원의 과대 평가는 시각 포획에 따른 결과로 볼 수 있다. 두 음원의 지각된 거리(순위로 전환된) 차에 대한 Kruskal-Wallis 일원 변량분석의 결과 또한 포인팅(근거리: $\chi^2 = 21.59, p < .01$; 원거리: $\chi^2 = 27.10, p < .01$)과 언어보고(근거리: $\chi^2 = 35.89, p < .01$; 원거리: $\chi^2 = 31.33, p < .01$)과제 모두에서 조건에 따라 유의한 것으로 나타났다.

각 조건에 대한 음원의 거리에 대한 유의한 차는 시각포획이 매우 잘 이루어지고 있다는 것을 나타내주고 있으며, 특히 주목할 점은 시각 자극이 음원의 뒤에 위치했을 때보다 시각 자극이 음원의 앞에 위치하였을 때 시각 포획이 더 효과적으로 발생하였다는 것이다. 이러한 결과는 지금까지의 시각 포획 연구에서 밝

표 1. 조건별 음원(근거리, 원거리)의 지각된 거리(D')와 음량(L')의 평균(s.d.)과 중앙값

(단위: m)

음원의 위치 (실제 거리)				통제조건		실험조건	
				포인팅과제	언어보고	포인팅과제	언어보고
지각된 거리(D')	근거리(2m)	평균	1.62(.96)	1.07(.64)	6.06(7.64)	3.53(1.90)	
		중앙값	1.40	.90	3.25	3.00	
	원거리(5m)	평균	2.18(.88)	1.88(.88)	2.81(2.54)	1.52(.93)	
		중앙값	2.13	1.65	2.15	1.20	
음량 (L')	근거리	평균	73.30(42.03)		135.83(52.14)		
		중앙값	70.00		110.00		
	원거리	평균	95.63(31.50)		95.00(34.86)		
		중앙값	100.00		100.00		

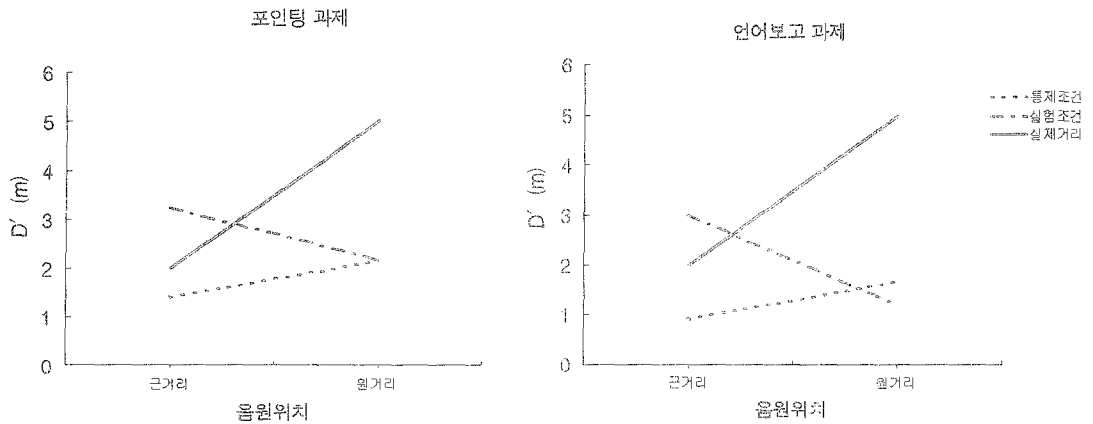


그림 3. 조건별 음원의 위치에 따른 거리지각(D')의 중앙값(흔히 이러한 종류의 실험에서는 표준편차가 크게 나타나기 때문에, 중앙값을 비교하게 된다)

혀지지 않았던 점으로 보다 체계적인 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

지각된 거리자료에 대한 2(조건) × 2(음원의 위치) × 2(성) × 2(제시순서) 반복 측정치 ANOVA가 두 과제에서 얻어진 지각된 거리 자료의 순위에 대해 실시되었다. 이 분석에 포함된 피험자-간 변인은 조건, 성 및 제시순서였고, 피험자-내 변인은 음원의 위치였다. 각 과제별로 분석된 ANOVA 결과, 조건[포인팅: $F(1, 40) = 7.62, p < .001$; 언어: $F(1, 40) =$

$7.41, p < .01$]에 대한 유의한 주 효과와 조건과 음원위치간의 유의한 상호작용[포인팅: $F(1, 40) = 27.47, p < .001$; 언어: $F(1, 40) = 55.23, p < .001$]이 나타났다. 조건에 대한 유의한 주 효과는 실험조건에서의 지각된 거리가 통제조건보다 크게 나타난 결과에 기인한다. 이를 제외한 다른 변인(성, 제시순서 및 음원의 위치)에 대해서는 유의하지 않은 것으로 나타났다.

한편, 각 조건별 음량의 중앙값을 비교한 결

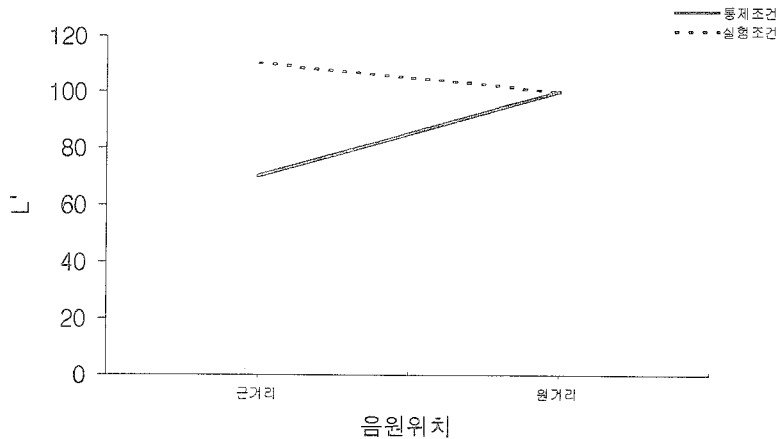


그림 4. 조건별 음원의 위치에 따른 음량지각(L')의 중앙값

과는 그림 4와 같다. 즉, 두 조건 모두에서 피험자들은 음원에 대한 거리를 크게 지각할수록 음량도 크게 지각하고 있음을 보여 주었다. 특히, 실험조건에서 그 관계성은 극적으로 확증되었다. 즉 실제로 근거리 음원의 음 수준은 원거리 음원의 음 수준보다 크지만 피험자들은 오히려 근거리 음원에 대한 음량이 원거리 음원에 대한 음량보다 더 작은 것으로 판단하였다. 이러한 결과는 시각포획 현상에 의해 변화된 음원의 거리 판단에 따른 결과임을 알 수 있다. 따라서 음 수준과 음량간의 관계에 대해서 연구한 지금까지의 연구 결과는 음 수준의 증가와 함께 지각된 음량도 증가하는 것으로 밝히고 있다. 실제로 일정한 지점으로부터 음이 멀어짐에 따라 그 음의 음 수준은 작아지며, 따라서 판단된 음량도 작아진다. 이와 관련하여 본 연구의 결과를 볼 때 음의 수준은 변하지 않은 채 지각된 거리만이 변화가 있었음에도 불구하고 음량 지각은 변한다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 Mershon과 Bowers (1979)의 연구에서 부수적으로 얻은 예비 결과를 확증해 주었다.

음량에 대한 순위 자료에 대한 반복측정치 ANOVA 결과, 조건 [$F(1, 40) = 5.83, p < .05$]에 대한 유의한 주 효과와 조건과 음원위치의

유의한 상호작용 [$F(1, 40) = 35.32, p < .001$]이 나타났다. 따라서 시각포획에 의한 음원의 거리변화는 또한 음량의 지각에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 이외의 다른 변인에 대해서는 유의한 효과가 나타나지 않았다.

실험 2

실험 1에서는 청각 자극과 시각적으로 동일한 방향에 시각 자극(청각 자극과 거리에서 다른)을 위치시켜 시각포획 현상을 유도하였고, 그에 따라 달라진 음원의 거리지각이 그 음원의 음량 지각에도 영향을 미치는지의 여부를 검토하였다. 그러나 시각포획 현상은 단일 시각 자극이 음원과 같은 방향이 아닐지라도 그 음원과 가까운 방향이나 거리에서 제시될 때도 또한 발생하는 것으로 알려져 왔다(Bermant & Welch, 1976; Jack & Thurlow, 1973; Jackson, 1953; Min, 1998). 실험 2에서는 음원들을 서로 다른 거리가 아닌 동일한 거리에 위치시켰을 때의 시각 포획현상을 확인하고, 이 경우에도 음원의 지각된 거리가 달라지 짐에 따라 음량의 변화가 나타나는가를 검토하는 것이 목적이었다. 따라서 실험 2에서

는 실험 1에서 제시된 것과 동일한 위치에 시각 자극을 고정시키고 이들 두 시각 자극과 방향적으로 인접한 위치에 두 개의 음원을 제시하였으며, 마지막 한 음원은 피험자의 중앙선에 위치시켰다(이 음원은 어느 시각 자극과도 인접해 있지 않은 음으로 사용되었다). 방향에서 다른 세 개의 음원은 피험자로부터 동일한 거리에서 제시되었다. 즉 그림 5에서 보여주는 것과 같이 3개의 음원은 피험자로부터 3 m 떨어진 지점에서 각각 피험자의 중앙선에서 15° 좌측(S_{M1})과 우측(S_{M3}), 그리고 중앙선(S_{M2})에서 제시되었다. 원거리 불빛(V_F)과 근거리 불빛(V_N)은 실험 1에서와 같이 피험자의 중앙선에서 좌·우측 10°에 위치됨에 따라 원거리 불빛과 S_{M1} , 그리고 근거리 불빛과 S_{M3} 는 방향적으로 이웃한 자극 상황을 구성하였다. 통제조건에서는 피험자에게 음원만을 제시하였다. 즉 세 개의 음원이 일정한 간격으로 제시되었다. 실험조건에서는 방향적으로 이웃한 시각 자극과 음향 자극이 동시에 제시되었다. 즉 S_{M1} 이 제시될 때는 그것과 방향적으로 이웃한 원거리 불빛(V_F)이 동시에 제시되었으며, S_{M3} 이 제시될 때는 또한 그것과 방향에서 이웃한 원거리 불빛(V_N)이 동시에 켜졌다. 그

러나 S_{M2} 가 제시될 때는 어느 불빛도 켜지지 않았다. 각 조건에서 피험자는 3개의 음원에 대해 실험 1과 동일한 방법으로 거리와 음량 판단을 하도록 요청 받았다.

방법

피험자. 또 다른 48명의 North Carolina State University에서 심리학 개론을 수강하는 남녀 학생(평균 연령: 19.2)을 대상으로 실험을 하였다. 실험 참가 요건은 실험 1과 동일하였다.

실험설계. 2(실험조건) × 2(남녀) 반복측정 요인설계로 각 셀에 남녀 12명씩 24명을 할당하였다.

실험자극과 제시. 세 개의 음원 중 S_{M1} 과 S_{M3} 은 각각 실험 1에서 사용된 근거리 음원과 원거리 음원과 동일한 음이 사용되었으며 단 다른 점은 시각자극 방향에서 외곽으로 5°씩 떨어진 지점에서 음원이 위치되었다는 것이다(예, S_{M1} 은 V_F 의 좌측 5° 지점, S_{M2} 는 V_N 의 우측 5° 지점에 위치되었다). 이외에 피험자의 중앙선에 세 번째 음원으로 S_{M2} (on-time: 500 msec, off-time: 500 msec)가 추가되었다. S_{M2} 는 단발형 소음(linear rise and fall time

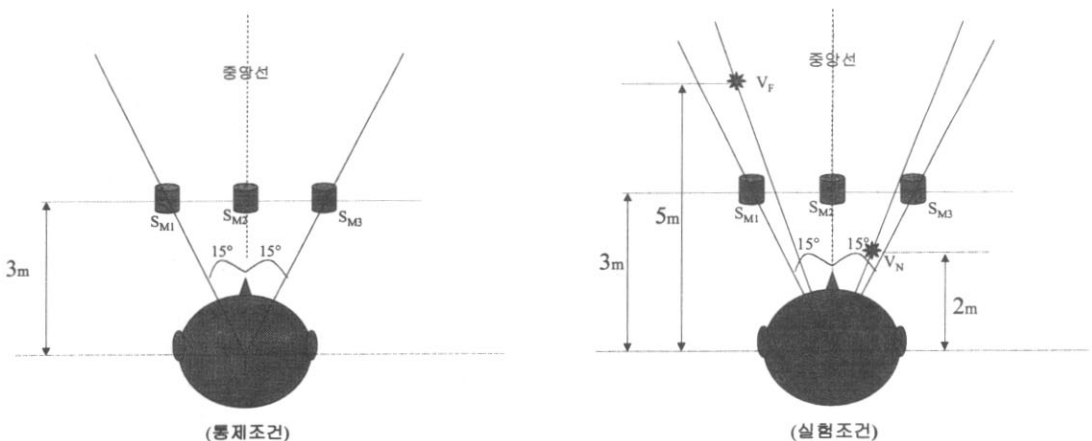


그림 5. 실험 2의 통제조건 및 실험조건($S_{M1,2}$ =음원, V_F =원거리 불빛, V_N =근거리 불빛, 통제조건에서는 음원만 제시되며, 실험조건에서는 인접한 방향에 있는 $S_{M1}-V_F$ 혹은 $S_{M3}-V_N$ 이 동시에 제시됨)

500 msec)으로 1.5초의 지속시간을 가진 음이 사용되었다(부록 2 참조). 이들 세 음원의 음 수준은 모두 피험자의 귀 위치에서 47 dBA이었다.

이들 음원은 실험1과 동일한 환경에서 피험자로부터 3 m 떨어진 세 지점에서 Jensen Cone 스피커(모델 J135FR)로 제시되었으며 자극 제시를 위한 실험장치와 프로그램은 실험1에서 사용된 것과 동일하였다.

실험은 두 개의 세션으로 구성되었다. 첫 세션에서 피험자는 세 개의 음원에 대한 거리를 판단하였고, 거리 판단이 완성되면, 두 번째 세션으로 각 음원의 음량을 판단하였다. 이러한 절차는 실험 1과 동일하게 진행되었다. 세 개의 음원은 6개의 제시 순서(S_{M1} , S_{M2} , S_{M3} 의 세 자극의 조합 순서)에 의해 무작위로 피험자들에게 제시되었으며, 먼저 3개 음원의 거리 판단을 위하여 세 개의 음원들은 150 msec의 간격으로 제시되는 것이 음 제시의 기본 패턴으로, 피험자가 각 자극에 대한 거리 판단이 완성될 때까지 이러한 제시 패턴이 1초 간격으로 반복되었다. 거리 판단이 끝나면, 음량 판단을 위한 세션이 실시되었다. 먼저 S_{M2} 와 동일한 음을 기준음(단 S_{M2} 보다 저 주파수 내용이 더 많이 포함된 음이었다)으로 제시하고 500 ms 후에 거리 판단에서 사용된 것과 동일한 제시 순서와 패턴이 반복되었다. 거리 판단과 마찬가지로 이런 순서는 피험자가 각 음원의 음량 판단이 완성될 때까지 지속되었다. 음량 판단 절차는 실험 1과 동일하였다.

결과 및 논의

각 조건에서 피험자로부터 물리적으로 동일한 거리에 위치한 세 개의 음원(S_{M1} , S_{M2} , S_{M3})에 대한 지각된 거리의 평균 및 중앙값과 음량 값이 표 2에 제시되어 있다. 실험 1의 결과와 같이 통제조건에서 세 개의 음원 모두에 대해 판단된 거리는 과소 평가되었다. 실험조

건에서는 이들 세 음원에 대한 지각된 거리가 극적으로 큰 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 시각 자극과 동일한 방향은 아니더라도 인접한 방향에 청각 자극이 있는 경우에 그 청각 자극의 거리 지각이 시각 자극에 의해 영향을 받는다는 것을 보여주었다. 이 또한 시각포획 현상이 나타났음을 알 수 있다. 이러한 결과를 그림 6에 제시하였다.

이러한 관계성에 대한 보다 구체적인 확증을 위하여, 지각된 거리 자료를 순위로 변환시키고 2(조건) \times 3(음원의 위치) \times 2(성) 반복 측정치 ANOVA를 실시하였다. 각 과제별로 분석된 ANOVA 결과는 포인팅 과제에서 피험자-내 변인인 조건에 대해 유의한 주 효과가 나타났다 [$F(1, 44) = 13.29, p < .001$]. 피험자-간 변인에 대해, 두 과제 모두에서 조건에 대한 주 효과가 나타났다 [포인팅: $F(1, 44) = 13.41, p < .001$; 언어: $F(1, 44) = 30.27, p < .001$]. 또한 두 과제 모두에서 조건과 위치의 유의한 상호작용이 나타났다 [포인팅: $F(1, 44) = 14.85, p < .001$; 언어: $F(1, 44) = 10.60, p < .002$]. 음량의 순위 자료에 대한 반복 측정 ANOVA 결과, 위치 [$F(1, 44) = 6.05, p < .05$]와 조건 [$F(1, 44) = 4.02, p < .05$]에서 주 효과가 나타났으며, 위치와 조건의 상호작용 또한 유의하게 나타났다 [$F(1, 44) = 7.53, p < .01$]. 이외의 변인에 대해서는 유의하지 않은 것으로 나타났다.

이러한 결과를 통해 세 음원은 비록 피험자로부터 모두 동일한 거리에 위치할지라도 음원과 이웃해 있는 시각 자극에 의해 지각된 거리가 영향을 받는 것으로 해석될 수 있다. 이는 Gogale이 제시한 이웃성의 원리가 다중 자극 모달리티가 존재하는 상황에서도 적용될 수 있음을 증명해 주고 있다. 즉 이웃하고 있는 자극이 비록 다른 자극 모달리티라 할지라도 목표 자극의 지각 특성을 변화시킨다는 것을 알 수 있다. 또한 흥미로운 점은 실험 1의 결과와는 달리 시각 자극과 방향적으로 이웃

표 2. 조건별 음원(S_{M1}, S_{M2}, S_{M3})의 지각된 거리(D')와 음량(L')의 평균(s.d.) 및 증양값

(단위: m)

음원의 위치		통제조건		실험조건		
		포인팅과제	언어보고	포인팅과제	언어보고	
S _M	평균	2.01(.88)	1.88(.67)	11.71(12.18)	4.47(2.14)	
	증양값	1.90	1.65	6.20	3.60	
S _M	평균	1.76(.81)	1.63(.70)	2.80(2.06)	2.18(.75)	
	증양값	1.55	1.50	2.20	2.40	
S _{M3}	평균	2.28(2.23)	1.73(.90)	2.19(1.32)	2.25(2.10)	
	증양값	1.60	1.50	1.85	2.10	
음량(L')	S _{M1}	평균	81.88(27.10)		116.46(38.80)	
		증양값	80.00		110.00	
	S _{M2}	평균	78.13(31.03)		81.88(28.20)	
		증양값	80.00		80.00	
	S _{M3}	평균	83.54(33.73)		86.04(80.00)	
		증양값	80.00		80.00	

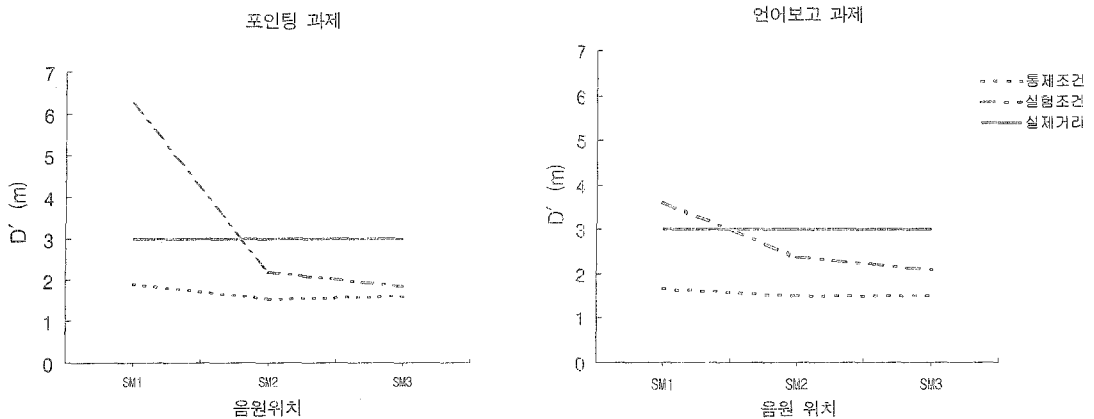


그림 6. 조건별 음원의 위치에 따른 거리지각(D')의 증양값

한 음원이 두 시각 자극의 중간 위치에 있을 때 시각 포획 현상이 매우 크게 나타났다는 사실이다. 즉 S_{M1}과 S_{M3}의 지각된 거리는 각각 원거리 불빛과 근거리 불빛의 실제 거리에서 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 실험 2의 결과는 음원의 시각 자극과의 상대적 거리 위치에 의해 시각 포획의 효과에 영향을 미칠 수 있다는 것이 매우 새로운 사실로 밝혀졌다.

한편 각 조건별 음원의 지각된 거리에 따른 음량의 변화(증양값)에 대한 비교를 그림 7에 제시하였다. 세 음원의 음량 판단은 통제 조건에서는 거의 차이가 나타나지 않고 있으나, 실험조건에서는 S_{M1}에 대한 음량이 다른 음원에 비해 매우 크게 지각되었다. 통제 조건에서 세 음원의 지각된 거리는 거의 차이가 없었고, 그에 따라 판단된 음량도 거의 유사하게 판단되

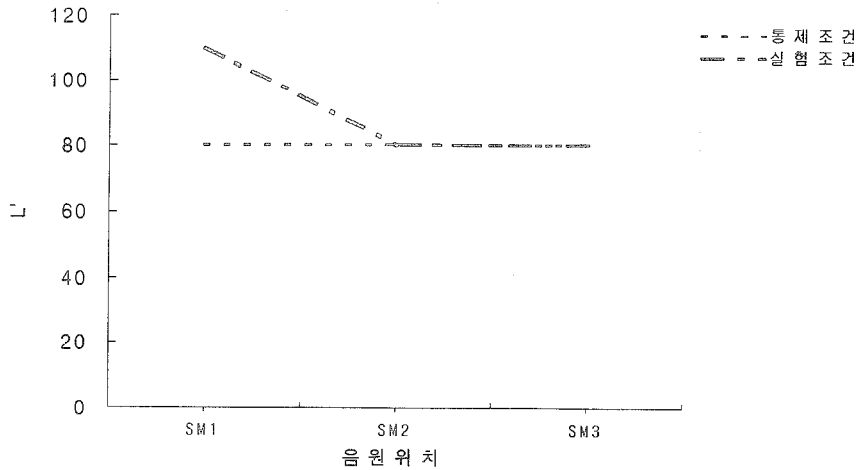


그림 7. 조건별 음원의 위치에 따른 음량지각(L')의 중앙값

었으나, 실험 조건에서 시각 포획으로 나타난 음원들의 유의한 지각된 거리 차는 음량지각에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 따라서 음원의 지각된 음량은 그 음원의 지각된 거리와 비례한다는 것을 알 수 있다.

종합 논의

시각포획 현상에 의해 유도된 음원의 지각된 거리가 음원의 음량 지각에도 영향을 미칠 것인지를 확인하는 것이 본 연구의 일차적인 목적이었다. 아울러 그 동안 시각과 청각 자극을 피험자로부터 동일한 거리에 제시하고 단지 방향적으로 달리하여 변화시킨 수평공간에서 밝혀진 시각 포획 현상이 시각 및 청각 자극들 간의 상대적 거리를 변화시키고 깊이 공간에서도 유사한 결과를 얻을 수 있는지를 밝히는 것도 본 연구의 부수적인 연구 목적이었다.

두 개의 실험을 통해 얻은 결과를 종합해 볼 때 시각 자극은 방향적으로 같지만 거리에서는 상대적으로 다른 위치에서 제시된 음원의 거리 지각을 효과적으로 포획한 것으로 나타났다. 즉 근거리 음원과 원거리 음원은 모두

그것과 인접해 있거나 동일한 방향에 있는 불빛의 위치 (대략적으로)에서 발생하는 것으로 지각되었다. 본 연구 결과는 음원과 연합된 시각 자극이 음향 정위에 영향을 미칠 수 있다고 밝힌 이전의 연구 결과와 일치하고 있다 (Mershon, Desaulniers, Amerson, & Kiefer, 1980; Min, 1998; Thurlow & Jack, 1973). 단 본 연구에서는 이러한 시각 포획 현상이 시각 자극과 음향 자극이 서로 상대적으로 좌우로 동일한 거리 상에서의 어느 정도 가까운가의 정도에 의해서 효과적으로 발생한다고 밝힌 이전의 연구와는 달리 전후의 거리가 다른 상황에서도 효과적으로 시각 포획이 발생하고 있다는 사실이 새롭게 밝혀졌다는 점에 의의가 있다.

또한 실험 1의 결과에서 알 수 있듯이 음향 자극이 시각 자극보다 후방에 위치할 때 이와 반대의 경우보다 시각 포획이 더 효과적으로 발생하였다는 사실과, 실험 2의 결과를 통해 음향 자극이 두 시각 자극의 중간 위치에 있을 때 보다 효과적으로 발생하였다는 사실은 시각 포획 현상과 관련하여 매우 시사하는 바가 크다. 즉 시각 포획 현상이 효과적으로 발생하기 위한 조건으로 두 자극 모달리티 간의

거리의 밀접함과 단위성이 제시되었는데, 본 연구 결과에 의해 두 자극 모달리티의 거리가 밀접하면서 시각 자극이 음향자극보다 전방에 위치할 때 더 효과적인 시각 포획이 발생한다고 하는 조건이 부가될 수 있다.

그러나 문제는 피험자가 음원 대신에 불빛에 대한 거리를 판단했을 가능성을 배제할 수는 없다는 것이다. 만일 피험자가 음원을 무시하고 불빛의 거리를 판단하고 보고하였다면 연구 결과는 시각포획 현상으로 볼 수 없을 것이다(Thurlow & Jack, 1973). 그러나 현재로서는 피험자가 불빛의 거리를 판단하였는지 아니면 음원의 거리를 판단하였는지를 확실하게 밝힐 수는 없다. 다만 실험이 실시되기 전과 각 실험 세션이 시작되기 전에 실험자는 피험자에게 불빛이 아닌 음원의 거리를 판단하도록 지시를 하였기 때문에 본 연구의 결과는 피험자가 음원에 대한 거리를 판단한 것으로 볼 수밖에 없다. 이러한 가능성을 배제하기 위해 몇 가지 방법을 고려해 볼 수 있다. 가령 실험이 다 끝나고 피험자에게 음원에 대한 거리를 판단하였는지, 아니면 불빛의 위치를 판단하였는지에 대해 확인 질문을 하는 것이 하나의 방법일 수 있다. 이외에 또 하나의 통제조건으로 시각 자극만 제시하여 그 거리를 판단하게 하여 실험 조건과 비교해 볼 수도 있을 것이다. 그러나 이 경우 청각 자극만 제시되는 통제 조건의 경우와 마찬가지로 거리에 대한 과소 평가가 일어날 것으로 예상되며, 따라서 시각 자극에 대한 거리 단서(예, 불빛의 크기, 밝기 등)를 고려하는 실험 조건을 구성하여야 할 것으로 사료된다. 이러한 내용은 후속 연구에서 좀 더 체계적으로 밝혀져야 할 것이다.

전반적으로 본 연구는 음원의 지각된 거리 변화에 따른 음량 변화를 밝히기 위한 조작으로 시각 포획이 효과적으로 조작된 것으로 나타났다. 즉 음원의 물리적 음향 속성을 변화시키지 않고도 시각 자극에 의해 각 음원의 거리지각이 효과적으로 변화되었다.

한편 실험 2의 결과에서 어느 불빛과도 인접해 있지 않으며, 방향적으로 두 불빛의 중간에 위치해 있는 S_{M2} 는 그것의 물리적 위치 근처에서 발생하는 것으로 지각되었다. 흥미롭게도 S_{M2} 에 대한 판단된 거리에 대해 통제조건과 실험조건을 비교해보면 통제조건에서는 거리의 과소판단이 나타나지만 불빛이 음과 동시에 제시되는 실험조건에서는 그것의 거리판단이 물리적 거리에 근접한다는 것을 알 수 있다. 이는 불빛이 S_{M2} 의 거리판단에 있어 기준점으로 작용한다는 것을 보여준다. 따라서 이러한 결과는 일상적인 환경에서 시각과 청각이 협동적인 상호작용을 한다는 음향-시각 기능화의 관점으로부터 해석되어야 한다(Castillo & Butterworth, 1981).

또한 불빛과 인접해 있는 S_{M1} 과 S_{M3} 와 달리 S_{M2} 는 그 중간에 위치해 있어 방향적으로 불빛과 떨어져 있기 때문에 이들 간의 거리에 대한 상대적 단서(exocentric cue)의 효율성은 나타나지 않는다. 이러한 현상은 Gogel(1972)의 시각지각 연구에서 밝힌 이웃성 원리에 의해 설명될 수 있다. 따라서 음향공간 지각에서 이웃성 원리가 작용한다는 증거를 제공해 주고 있으며, 이는 이미 Min(1998)의 연구에서 증명된 바 있다.

변화된 음원의 거리지각과 음량간의 관계성을 살펴보면, 실험 1의 실험조건에서 근거리 음원의 음량과 실험 2의 S_{M1} 에 대한 음량이 다른 조건과 비교하여 매우 크게 지각되었으며, 이 음량값이 통제조건과 실험조건간의 유의한 차이를 일으키는데 기여한 것으로 해석된다. 전반적으로 음원의 지각된 거리가 클수록 지각된 음량도 커진다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 이전의 연구 결과를 확증해 주고 있다(Mershon & Bowers, 1979; Mershon et al., 1981; Min, 1998). 이러한 관계성은 실험 2에서 사용된 세 개의 음원이 조건과 관계 없이 동일한 강도(47 dBA)를 가지고 동일한 거리에서 제시되었다는 사실을 감안할 때 매

우 흥미로운 결과임을 알 수 있다. 음량-지각된 거리 관계성에 대한 본 연구 결과는 Mershon 등(1981)이 음향 지각에 대한 개념적 틀로 사용한 Gogel (1973)의 지각 불변성(perceptual invariance relationship) 이론으로 해석될 수 있다:

$$L' = f(E, D')$$

여기서 L' = 지각된 음량, E = 음 수준, 그리고 D' = 지각된 거리

즉, L' 는 E 와 D' 의 함수관계에 있다. 즉 음량은 음 수준과 함수관계에 있거나 지각된 거리와 함수 관계에 있다. 실험 2의 조건과 관련하여 세 개의 음수준은 동일하기 때문에 여기서 E 는 함수가 되며, 따라서 D' 의 증가는 L' 의 함수적 증가를 일으키게 된다.

사실 Mershon 등의 음량-거리 관계성에 대한 연구는 음원의 거리 지각 단서에 대한 연구를 하는 가운데 부수적으로 얻어진 결과였기 때문에 본 연구 결과는 이러한 유보적인 결과를 확증해 주었다는데 의미가 있으며, 또한 다중 시각 자극과 다중 음향 자극을 동시에 사용한 비교적 실제 환경과 유사한 상황에서 얻어진 결과라는 점에서 시사하는 바가 크다고 볼 수 있다. 앞으로 이와 관련된 결과가 여러 다른 환경에서도 동일하게 나타날 지에 관한 연구가 필요할 것이다. 즉 실내 체육관, 일반 강의실 및 무향실 등과 같이 반향시간이 다른 환경에서 음원의 지각된 거리와 음량의 관계가 어떤 차이를 보일 지를 연구할 필요가 있을 것이다. 또한 음원의 사용에 있어서도 본 연구에서 사용한 소음 뿐 아니라 음성이나 기타 다른 순음 등을 사용했을 때의 차이는 어떻게 나타나는 가를 밝혀야 할 것이다.

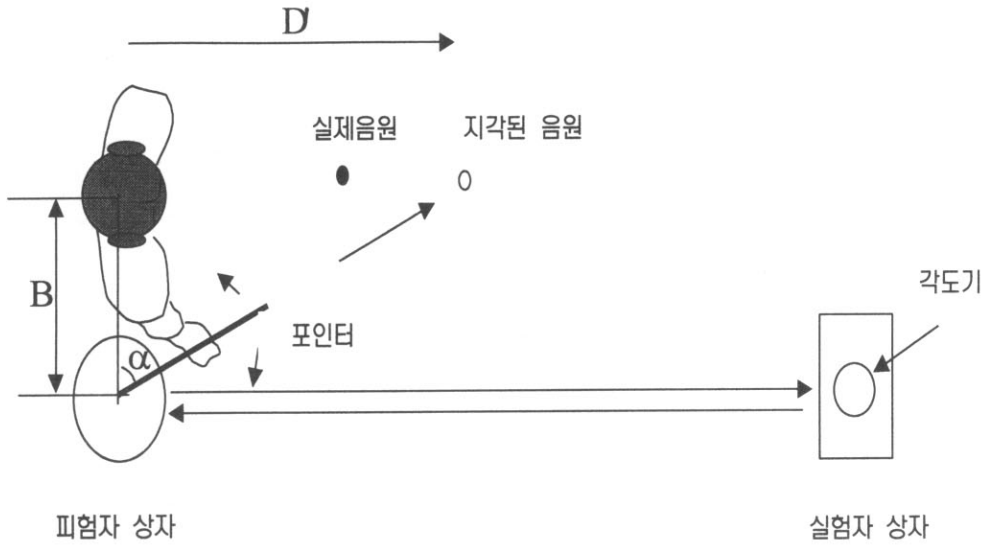
참 고 문 헌

- Begault, D. R. (1994). *3-D sound: For virtual reality and multimedia*. London: Academic Press.
- Bermant, R. I., & Welch, R. B. (1976). Effect of degree of separation of visual-auditory stimulus and eye position upon spatial interaction of vision and audition. *Perceptual and Motor Skills, 43*, 487-493.
- Blauert, J. (1983). *Spatial hearing*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Castillo, M., & Butterworth, G. (1981). Neonatal localisation of a sound in visual space. *Perception, 10*, 331-338.
- Coleman, P. D. (1963). An analysis of cues to auditory depth perception in free space. *Psychological Bulletin, 60*, 302-315.
- Conover, W. J., & Iman, R. L. (1981). Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics. *The American Statistician, 35*, 124-129.
- Fletcher, H., & Munson, W. A. (1933). Loudness, its definition, measurement and calculation. *Journal of the Acoustical Society of America, 5*, 82-108.
- Gamble, E. A. (1909). Intensity as a criterion in estimating the distance of sounds. *Psychological Review, 16*, 416-426.
- Gardner, M. B. (1968). Proximity image effect in sound localization. *Journal of the Acoustical Society of America, 43*, 163.
- Gardner, M. B. (1969). Distance estimation of 0° or apparent 0° - oriented speech signals in anechoic space. *Journal of the Acoustical Society of America, 53*, 400-408.
- Gogel, W. C. (1972). Depth adjacency and cue effectiveness. *Journal of Experimental Psychology, 92*, 176-181.
- Gogel, W. C. (1973). The organization of perceived space I: Perceptual interactions. *Psychologische Forschung, 36*, 195-221.
- Gogel, W. C. (1974). Relative motion and the adjacency principle. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 26*, 425-437.
- Gogel, W. C. (1990). A theory of phenomenal

- geometry and its applications. *Perception & Psychophysics*, 48, 105-123.
- Gulick, W. L., Gescheider, G. A., & Frisina, R. D. (1989). *Hearing: Physiological acoustics, neural coding, and psychoacoustics*. New York: Oxford University Press.
- Jack, C. E., & Thutlow, W. R. (1973). Effects of degree of visual association and angle of displacement on the 'ventriloquism' effect. *Perceptual and Motor Skills*, 37, 967-979.
- Jackson, C. V. (1953). Visual factors in auditory space perception. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 5, 52-65.
- Levy, E. T., & Butler, R. A. (1978). Stimulus factors which influence the perceived externalization of sound presented through headphones. *Journal of Auditory Research*, 18, 41-50.
- Little, A. D., Mershon, D. H., & Cox, P. H. (1992). Spectral content as a cue to perceived auditory distance. *Perception*, 21, 405-416.
- Loomis, J. M., Hebert, C., & Cicinelli, J. G. (1990). Active localization of virtual sounds. *Journal of the Acoustical Society of America*, 88, 1757-1764.
- Mateeff, S., Hohnsbein, J., & Noack, T. (1985). Dynamic visual capture: Apparent auditory motion induced by a moving visual target. *Perception*, 14, 721-727.
- Mershon, D. H. (1997). Phenomenal geometry and the measurement of perceived auditory distance. In R. H. Gilkey & T. R. Anderson (Eds.), *Binaural and spatial hearing in real and virtual environments*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mershon, D. H., Ballenger, W. L., Little, A. D., McMurtry, P. L., & Buchanan, J. L. (1989). Effects of room reflectance and background noise on perceived auditory distance. *Perception*, 18, 403-416.
- Mershon, D. H., & Bowers, J. N. (1979). Absolute and relative cues for the auditory perception of egocentric distance. *Perception*, 8, 311-322.
- Mershon, D. H., Desaulniers, D. H., Amerson, T. L., & Kiefer, S. A. (1980). Visual capture in auditory distance perception: Proximity image effect reconsidered. *Journal of Auditory Research*, 20, 129-136.
- Mershon, D. H., Desaulniers, D. H., Kiefer, S. A., Amerson, T. L., & Mills, J. T. (1981). Perceived loudness and visually-determined auditory distance. *Perception*, 10, 531-543.
- Mershon, D. H., & King, L. E. (1975). Intensity and reverberation as factors in the auditory perception of egocentric distance. *Perception & Psychophysics*, 18, 409-415.
- Mills, A. W. (1972). Auditory localization. In J. V. Tobias, *Foundations of modern auditory theory*. N.Y.: Academic Press.
- Min, Y-K. (1998). An adjacency effect in auditory space perception: The effectiveness of relative cues for exocentric distance. *Ph.D. Dissertation*, North Carolina State University.
- Plenge, G. (1974). On the differences between localization and lateralization. *Journal of the Acoustical Society of America*, 56, 944-951.
- Rayleigh, Lord. (1907). On our perception of sound direction. *Philosophical Magazine*, 13, 214-232.
- Stevens, S. S. (1956). The direct estimation of sensory magnitudes-loudness. *American Journal of Psychology*, 69, 1-25.
- Stevens, S. S. (1971). Issues in psychophysical measurement. *Psychological Review*, 78, 426-450.
- Thurlow, W. R., & Jack, C. E. (1973). Certain determinants of the 'ventriloquism effect.' *Perception & Psychophysics*, 9, 35-39.
- Thurlow, W. R., & Kerr, T. P. (1970). Effect of a moving visual environment on localization. *Perception & Psychophysics*, 9, 35-39.
- Wallach, H. (1940). The role of head movements and vestibular and visual cues in sound localization. *Journal of Experimental Psychology*, 27, 339-368.
- Warren, D. H., Welch, R., & McCarthy, T. J.

- (1981). The role of visual-auditory "compellingness" in the ventriloquism effect: Implications for transivity among the spatial senses. *Perception & Psychophysics*, *30*, 557-564.
- Warren, R. M. (1977). Subjective loudness and its physical correlate. *Acoustica*, *37*, 334-346.
- Welch, R. B., & Warren, D. H. (1980). Immediate perceptual response to intersensory discrepancy. *Psychological Bulletin*, *88*, 638-667.

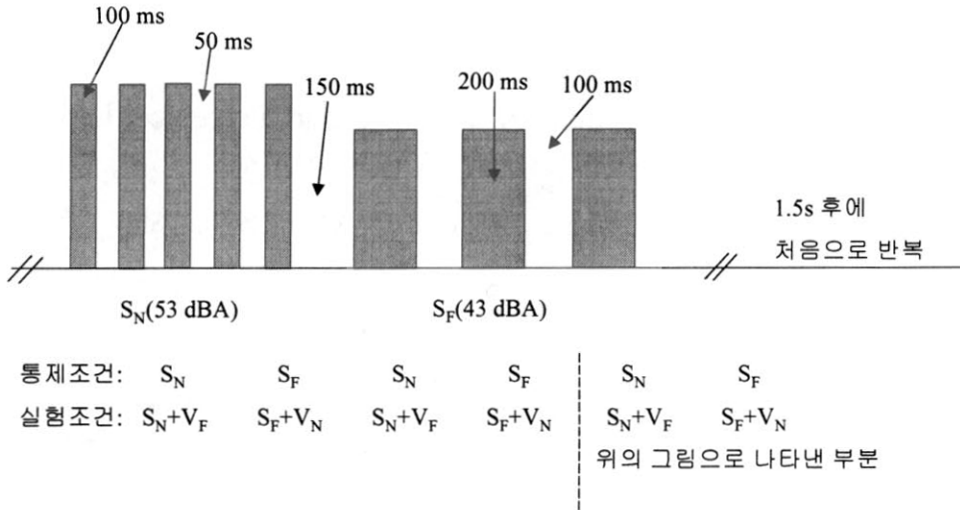
부록 1. 음의 간접거리 측정을 위한 리모트 포인팅 기법



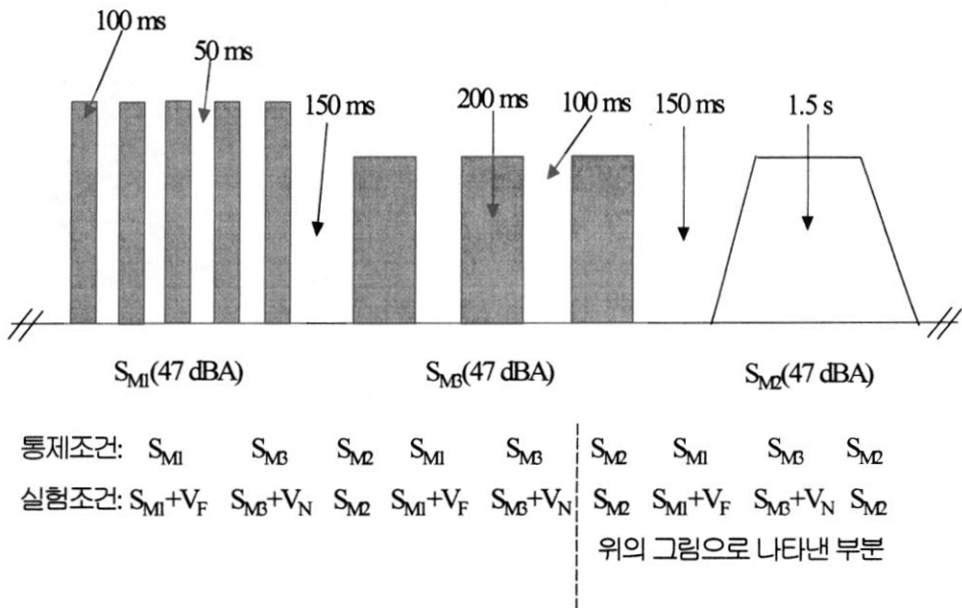
음원이 중앙선에 위치한 경우:

지각된 거리 $D' = B(\tan \alpha)$ ($B = 60 \text{ cm}$)

부록 2. 자극 제시 절차



A) 실험 1의 $S_N \rightarrow S_F$ 제시순서를 위해 사용된 자극의 지속시간 및 자극간 간격(S_N : 근거리 음원, S_F : 원거리 음원, V_N : 근거리 불빛, V_F : 원거리 불빛)



B) 실험 2의 $S_{M1} \rightarrow S_{M3} \rightarrow S_{M2}$ 의 제시순서를 위해 사용된 자극의 지속시간 및 자극간 간격(S_{M1} : 좌측 15° 중거리 음원, S_{M3} : 우측 15° 중거리 음원, S_{M2} : 중앙 중거리 음원)

Visually-Determined Auditory Distance and Perceived Loudness

Yoon-Ki Min, Chang-Won Seo & Soo-Khil Shin

Sejong University Chungnam Nat'l University Sejong University

This study investigated the relationship between perceived distance and loudness. The phenomenon of visual capture was used to manipulate the apparent location of certain sound sources in an environment which included multiple visual and auditory sources varying in direction and distance. In experiment 1, a Near sound source was located 10° to the left of the listener's midline at a distance of 2m; a Far source was located 10° to the right, at a distance of 5m. In experiment 2, three auditory sources were located 15° to the left and right, and at the midline, all at a distance of 3m. Three auditory distance cues (sound-level, frequency spectrum and reverberation) were available to determine the perceived depth of the test sounds. The perceived distances of all sources were effectively modified in experimental conditions by presentation of some of the visual stimuli. The results indicated a tendency for the perceived loudness of the sounds to be positively associated with their perceived distance, despite the absence of any physical change in the sounds.