한국심리학회지: 산업 및 조직
Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology
2002. Vol. 15, No. 1, 125 - 146

© 한국 산업 및 조직심리학회 2002

추돌 경고시스템의 정보 제공방식에 따른 운전자의 추돌 회피 행동 및 주관적 평가에 관한 연구*

이 재 식†

부산대학교 심리학과

본 연구는 운전자들이 운전 도중 도로상에서 경험하는 추돌 가능 상황을 운전 시뮬레이션 기법을 이용하여 재현한 후, 운전자의 추돌 회피에 가장 도움을 많이 줄 수 있는 추돌 경고 시스템의 설계 형태가 어떠한 것인지를 검토하는 것을 목적으로 수행되었다. 이를 위해 추돌 가능 상황을 시뮬레이션을 통해 인위적으로 재현한 후, 다섯 가지 유형의 추돌 경고 시스템 조건들과 통제 조건에서 관찰한 운전자의 추돌 회피 효율성 및 시스템에 대한 운전자들의 주관적 평가를 비교/분석하였다. 본 연구의 실험 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 추돌과 회피의 상대적 비율을 비교하여 보았을 때, 통제 집단에 비해 시스템의 유형에 상관없이 추돌 경고가 주어진 경우 대체적으로 추돌 회피의 빈도가 증가하는 경향이 관찰되었으며, 둘째, 음성과 같은 청각적 경고가 단독으로 제시되는 경우가 시각 경고가 포함된 다른 조건들에 비해 더 빠른 최초 회피 반응을 유도하였고, 선행 차량과 추돌하였을 때도 더 낮은 속도로 추돌하게 하였다. 셋째, 여러 유형의 추돌 경고 시스템에 대한 응답자들의 주관적 평가 자료를 분석한 결과, 음성 단독 조건에 대한 시간 압력 평가가 다른 조건들에 비해 가장 낮았다. 마지막으로 본 연구의 장단점 및 시사점들이 논의되었다.

주요어 : 운전시뮬레이션, 추돌경고 시스템, 추돌 회피, 추돌정보 제공방식

* 본 논문은 2000년도 한국학술진흥재단의 학술연구비(선도연구자 지원사업, 과제번호 KRF-2000-041-C00541)에 의하여 지원되었음. 도움을 준 부산대학교 심리학과 인간공학/공학심리 실험실의 최시환, 하회준, 이지영, 최원범, 김예리, 그리고 시뮬레이션 프로그램 작성에 도움을 준 변성민에게 감사드린다.

† 교신저자 : 이 재 식, 부산대학교 사회과학대학 심리학과, 051)510-2131, jslee100@pusan.ac.kr

지속적인 도로망 확충에도 불구하고 자동차로 인한 정체 현상은 날로 심각해져 가고 있다. 이에 따른 우리나라 연간 교통 혼잡 비용은 교통 혼잡에 따른 시간 낭비와 연료비 증가 등으로 크게 늘고 있는 것으로 나타났다. 교통개발연구원에 따르면 2000년 한 해 동안 전국 주요 지역간 도로와 서울 ,부산 등 7대 도시의 교통 혼잡 비용은 약 19조 5000억원으로 99년에 비해 13.6% 늘었고, 1991년 이래 매년 평균 17.5%씩 늘어 1991년의 4564억원에 비해 9년 만에 4.3배 늘었다. 또한 교통 사고로 인한 사상자도 매년 1만여명을 넘어서는 등 교통 문제는 사회의 주요한 문제가 된지 오래다.

자동차 사고 중 가장 빈번한 것은 차량 대 차량의 추돌 사고(front-to-rear-end collision)이다. 우리나라의 교통 사고 통계 자료를 보면 추돌 사고는 1990년에서 1995년의 기간 동안 전체 교통 사고의 22-28 % 정도를 차지하여 교통 사고 유형 중에서 가장 빈번한 것으로 나타나고 있다. 이러한 추돌 사고로 인한 사망자나 부상자의 수도 다른 교통 사고 유형에 비해 가장 많은데, 예를 들어 교통 사고로 인한 사망자 중 주행 중 추돌 사고에 의한 사망자는 전체의 20% 정도로, 정면 충돌 사고의 16% 보다 높으며, 진행 중 추돌 사고에 의한 부상자도 전체 교통 사고 관련 부상자의 26% 정도로, 다른 교통 사고 유형에 의한 부상자 수에 비해 월등히 높았다.

미국의 경우 전체 교통 사고의 25%가 추돌 사고이며, 특히 더 중요한 점은 교통 사고 때문에 발생하는 도로의 정체 시간 전체에 대해 약 32%의 정체 시간이 추돌 사고로 인한 것이라고 한다 (National Highway Traffic Safety Administration, 1995). 이러한 결과는 우리나라의 교통 사고 유형에도 적용될 수 있으며, 교통 사고에 의한 인명 손실 이외에도 교통 정체에 의한 시간적, 경제적 손실을 감안하면, 자동차의 추돌 사고의 비중이 매우 크다고 할 수 있다.

자동차내 추돌 경고 시스템(in-vehicle warning system)을 개발하는데 요구되는 기본적인 운전자들의 정보처리 특성이나 감성 특성을 파악하여 궁극적으로는 보다 효율적이고 안전한 경고 시스템을 개발하기 위해서는 추돌 사고를 유발하는 운전자의 특성뿐만 아니라, 다양한 형태의 추돌 경고 시스템이 갖는 물리적 특징들과 이들을 자동차내 경고 시스템에 구현시켰을 때 각 조건들에 따라 운전자의 실제적인 운전 수행과 감성적 측면들이 어떠한 양상으로 나타나는지를 살펴보아야 할 것이다.

구체적으로, 운전 시뮬레이션을 이용하여 추돌 상황을 현실감 있게 재현한 상태에서 차량내 추돌 경고 시스템에 제공되는 다양한 종류의 경고 정보 제공 양상들(예를 들어, 시각, 청각 혹은 이 두 가지의 복합적 형태)에 따라 운전자의 운전 수행 능력과 시스템의 사용성, 나아가 사용자의 선호도나 사용 용이성과 같은 감성적 요인에 대한 자료를 수집하여 가장 효율적이고 안전한 경고 장치의 구성 요소들이 파악되어야 할 것이다.

최근 자동차내 항법 시스템을 도입하고자 하는 노력이 증가하고 있고, 추돌 사고가 가장 흔한 교통 사고 중의 하나라는 점을 감안하면 차량내에 추돌 시스템과 같은 운전 보조 수단에 대한 요구도 증가할 것으로 기대된다. 그러나 정보 처리자로서 제한된 능력을 갖고 있는 운전자에 대한 추돌 경고는 안전하고 효율적이어야 한다는 전제 조건을 충족시켜주어야 하며, 따라서 안전한 운전을 위한 매우 중요한 정보 제공 수단이 될 수 있는 추돌 경고 장치의 설계에 정보처리 특성이나 감성 요인과 같은 인간 요인들이 고려되지 않으면 안될 것이다. 여기에서는 추돌 상황과 관련된 운전자들의 일반적 특징들을 개관한

후, 본 연구에 사용된 운전 시뮬레이션 기법의 장단점을 논의하고, 시스템과 관련된 사용자의 감성적 요인들에 대해 일반적 관점에서 기술하고자 한다.

추돌 사고의 원인

연구자들에 의해 제안된 추돌 사고의 원인, 특히 운전자와 관련된 원인들은 대체적으로 안전거리 미확보와 운전 부주의 등이다. 먼저 운전자들이 안전 거리를 충분히 확보하지 않고 운전하는 이유는 운전자들이 앞에서 달리는 차는 갑자기 정차하거나 서행하지 않을 것이라고 막연히 믿는 이유가 가장 크고, 이러한 믿음은 실제 운전자들의 경험을 통해서 강화되기 때문이라고 한다(Evans, 1991). 즉, 실제 운전에서 앞차가 갑자기 정지 혹은 서행하여 위험한 순간이 되는 빈도는 매우 적기 때문에 앞차와 근접해서 운전하는 것을 그렇게 위험한 것으로 생각하지 않는 것이다.

그러나 운전 중에 출현하는 장애물에 대처할 수 있는 시간적 여유가 운전자에게 필요하며, 운전자가 잠재적 위험상태의 변화에 적절히 대응할 수 있는 충분한 시거리(sight distance)를 운전자는 확보할 수 있어야 한다. 운전자가 예측하지 못한 장애물에 충돌하지 않을 수 있는 충분한 전방 시거리를 확보하기 위한 것이 제동 정지 시거리의 확보로 연결된다. 제동 정지 시거리의 결정은 운전자의 지각-반응 시간을 고려해야하며, 이것은 운전자가 위험물을 발견하고 브레이크를 걸기까지의 시간을 의미한다. 따라서 운전자가 앞의 장애물이 갑자기 출현한다거나, 앞차가 갑자기 정차하는 등의 위험한 상황에서 사고를 피하기 위해 어떠한 반응 양상을 보이는지 관찰할 필요가 있다.

두 번째 추돌 사고의 원인은 운전자의 부주의이다. 즉, 대부분의 운전자들은 앞 차량의 움직임을 항상 감시하면서 운전하지는 않는다. 예를 들어, 시각적 주의는 운전자가 운전 중에 처리하는 정보가 거의 대부분 시각 경로를 통해 획득된다는 점에서 가장 중요한 정보처리의 측면이지만 (Rockwell, 1972; McKnight & Adams, 1970), 이러한 시각적 주의의 중요성에도 불구하고 약 30-50%의 시각적 주의가 대부분의 상황에서 운전과 직접적으로 관련 없는 곳(예를 들어, 도로 상의 경치나 광고판 등)에 주어진다는 사실에 주목할 필요가 있다(Hughes & Cole, 1986).

또한 비록 시선을 도로 상에 두고 있다는 것과 도로 상에서 일어나는 변화에 대한 정보를 운전자들이 모두 처리한다는 것은 별개의 문제이다. 예를 들어, 운전자가 운전하고 있는 도로 위에 시선을 두고 있다 해도, 라디오를 듣거나 옆 사람과 대화하기 위하여 주의를 전환하는 상황에서처럼 반드시 도로 상에서 주어지는 정보가 모두 다 처리되는 것은 아니다. 이러한 상황에서 앞차가 갑자기 정차하는 경우는 완전한 주의가 주어진 상황에 비해 운전자의 반응시간이나 추돌 회피 행동이 매우 느려질 수 있다.

추돌 사고와 운전자 정보처리

추돌 사고와 관련한 인간 요인 중에서 운전자의 행동/수행과 안전(예컨대, 운전자가 긴박한 충돌 위험 상황을 적절하게 지각하고 반응하는 능력이 있는가에 관한 문제)에 대한 문제가 주된 물음거리였다(Clarke, Goodman, Perel, & Knipling, 1992). 이러한 관점에서 Mortimer(1988)는 많은 추돌 사고가 사고 차량의 운전자가 선행 차량을 보지 못했거나, 복잡한 지각적 요인으로 인해 발생한다고 보고하였다. 특히 지각적 요인의 측면에서 운전자는 자신의 차량 속도와 선행 차량의 상

대 속도에 대한 정보를 획득하는데 어려움을 겪는다고 보고하였다(Mortimer, 1990). 또한 Janssen (1989)은 사고차량 운전자의 판단 잘못으로 인해 추돌 사고가 발생한다고 하였고, Hirst와 Graham (1997)은 추돌 사고는 운전자가 초기 단계에서 다른 운전자나 물체를 탐지하는데 실패하거나, 장애물의 움직임을 잘못 판단하여 발생한다고 하였다.

따라서 운전자가 위험물을 발견하고 이에 대해 안전하고 효율적으로 대처하는 방법이 무엇인지는 운전자의 운전 기술 정도를 평가하는데 매우 중요한 측면이다. 예를 들어, 운전자들이 운전 중 도로상에서 갑자기 위험물이 나타난 경우 일반적으로 어떻게 반응하는가, 그리고 그 반응 패턴이 과연 효율적인가 하는 문제들은, 추돌 가능 상황에서 운전자들이 얼마나 효율적으로 추돌을 회피할 수 있는지를 결정하는 주요 요인들이 된다.

앞에서도 언급되었지만, 추돌 사고와 관련된 운전자 정보처리의 가장 중요한 특징은 운전자의 부주의 혹은 주의 분산이다. 예를 들어 미국의 경우, 전체 추돌 사고의 63%가 운전자의 부주의 때문이었다. 이러한 운전자의 주의 분산은, 본 연구가 추돌 경고 시스템의 설계에 초점을 두고 있고 이러한 시스템이 제공하는 정보를 처리하기 위해서는 불가피하게 운전자의 주의가 분산될 수도 있다는 점을 고려하면 특히 중요하게 다루어져야 하는 요인이다. 다시 말해, 추돌 가능성이 있는 상황에서 추돌 경고 시스템을 통해 어떠한 형태의 정보가 운전자들에게 제공된다면, 운전자들은 이 정보를 처리하기 위해 도로 전방으로부터 "어느 정도" 주의를 분산시켜 시스템을 응시하거나 청각적 메시지에 주의를 기울여야 하기 때문이다.

운전자의 주의는 운전자가 어떤 시점에서 어떤 지점을 주시하고 있는가와 관련된 문제이다. 운전자는 운전 중에 끊임없이 외부 환경을 주사(scanning)하며 이러한 것들이 때때로, 운전자로 하여금 도로에서 눈을 떼게 만들고 다른 자극들에 주의를 기울이게 한다(Dingus, McGehee, Manakkal, Jahns, Carney, & Hankey, 1997).

통계 자료에 의하면 만약 운전자들이 완전히 주의를 기울인다면 사고의 45%는 예방할 수 있을 것이라고 한다(Treat, Tumbas, McDonald, Shinar, Hume, Mayer, Stanisfer, & Castellan, 1977). 사고의 원인이 되는 이러한 주의 집중의 실패는 내적 자극(즉, 차량 내에 주의를 빼앗김) 혹은 외적 자극(차장 밖의 주변환경들에 주의를 빼앗김)이나, 운전과는 무관한 생각들에 의해 정지 신호나 표지판 탐지에 실패하는 것으로 인해 나타난다(Shinar, 1978).

경험이 많은 운전자들은 주의가 분산되는 상황에 매우 잘 적응하여 결과적으로 운전 과제에 더 적은 주의를 기울이고, 비운전 과제에 더 많은 주의를 기울인다고 생각되어져 왔다. 그러나 운전에 익숙한 운전자들이라도 효과적으로 주의를 분배하는 능력에는 개인에 따라 차이가 있는 것으로 보인다. Kahneman, Ben-Ishai, 및 Lotan(1973)은 경험 많은 이스라엘 버스 운전자를 대상으로 한 연구에서 사고율과 주의 과제 수행간의 정적인 상관을 보고하였다. 그들이 사용한 과제는 운전자들에게 두 귀에 서로 다른 메시지가 제시되는 헤드폰을 착용하도록 한 후, 청각 단서가 제시되면 운전자들의 주의를 한 귀에서 다른 귀의 메시지로 옮기도록 하는 것이었다. 실험 결과 사고율이 높을수록 운전자가 놓친 정보가 더 많고 선택주의 과제에서의 에러도 더 많았다. 미국 운송회사의 운전자들을 대상을 한 Mihal과 Barrett (1976)의 연구도 이와 유사하게 운전자의 사고빈도와 선택주의 과제에서의 수행 간에 통계적으로 유의미한 상관을 얻었다.

운전 중의 주의분산에 관한 Brown(1965)의 연구는 주의를 기울여야 할 부담이 적은 경우, 운전자들은 어떠한 일차과제 수행(즉, 운전수행)의 손상 없이도 부가적인 심적 과제들을 수행할 수 있음을 보였다. 그러나 부가적으로 주의를 기울여야할 이차과제가 운전자로 하여금 스트레스를 유발시킬 정도이면, 일차과제의 수행이 저하된다는 것이 관찰되었다.

본 실험에서는 일상적인 운전 상황에서 크게 벗어나지 않으면서 운전자들이 적절히 대처하지 않을 경우 선행 차량과 추돌할 가능성을 높임으로써 추돌 경고 시스템의 효과를 보다 민감하게 검증하고자 하였기 때문에, 운전자들의 주의를 인위적으로 분산시켰다. 본 실험에서 요구되는 주의 분산 과제는 시각적 주의 분산과제로 운전자의 시야가 도로에서 이탈하여 차내의 다른 곳을 주시하도록 요구된 것이었다.

이러한 과제 조건은 앞의 선행 연구에 대한 개관에서 소개된 비교적 인위적인 주위 분산 과제(예를 들어 운전 과제를 수행하면서 암산 과제를 수행하게 하거나 이원 청취를 하게 하는 것과 같은) 보다는 실제 운전 상황에서 보다 흔히 경험할 수 있는 주의 분산 과제를 모사 한다고 할 수 있다. 본 실험에 선택된 주위 분산 과제는 운전 중에 자동차의 실내등을 켜도록 요구하는 것이었다.

시스템에 대한 사용자의 주관적 평가

가장 좋은 측정치는 가장 객관적이면서 전혀 주관적이지 않은 것들이라는 믿음은 과학에서 오래된 전통이 되어왔다(예를 들어, Kosso, 1989). 여기서 주관적 측정치란 인간의 경험, 판단, 지각, 혹은 인지에 기반을 둔 측정치들을 말한다. 이런 요인들은 측정되는 현실을 왜곡하거나 좋지 않은 방향으로 변경시킨다고 가정되어진다. 예를 들어, 몇몇 연구자들은 정신 부하의 측정치로서 심장 박동률과 같은 "객관적"측정치들에 비해, 주관적 평정들에 대해서는 일반적으로 더 회의적이다.

객관적 혹은 주관적 측정치와 관련된 논쟁을 다룬 좋은 논문들이 발표되었다(예를 들어, Hennesey, 1990; Muckel, 1992). 이러한 문헌들의 내용을 종합적으로 평가해 보면, 객관적 측정치나 주관적 측정치 모두 각자의 유용성이 있다는 것이 분명하다. 예를 들어, 군인들의 스트레스 장애를 이끄는 요인에 관한 한 연구에서 Solomon, Mikulincer, 및 Hobfoll (1987)은 스트레스 정도나 사회적 지지에 대한 객관적 지표들과 주관적 지표들이 모두 전투 스트레스 반응과 외상 후 스트레스 장애에 매우 예언적인 지표임을 발견했을 뿐만 아니라, 특히, "둘 중에서 주관적 모수치들이 더 강한 예언자"임을 밝혔다(P.581).

다른 연구자들도 이와 유사한 결론, 즉 주관적 측정치들이 실제로 객관적 측정치들보다 더 우수하다는 것을 언급한 바 있다. 예들 들어, Hennesey(1990)는 때로 인간 수행에 대한 검증이나 평가는 과제들이 매우 다양하게 변하는 복잡한 실제 세계 환경에서 이루어진다는 것을 관찰하였다. 그러한 상황에서, 주관적 측정치들은 객관적 측정치에 비해 몇 가지 장점을 가질 수 있다. 그 중의 하나는 주관적 자료들이 거의 항상 좀더 빠르고, 쉽게 요약될 수 있다는 점이다.

추돌 경고 시스템의 효과성은 그 시스템과의 직접적인 상호작용을 통해 실제로 운전 수행상의 향상이 있었는가 뿐만 아니라, 시스템에 대한 운전자들의 주관적 평가 차원에서도 고려되어야 한다. 이러한 관점에서 각각의 추돌 경고 시스템에 대해 운전자들이 주관적으로 평가할 수 있는 기회를 주고(예를 들면, 그 시스템이 추돌을 회피

하는데 얼마나 도움이 되었다고 생각하는가, 혹은 각각의 시스템이 주는 정보를 처리하는데 얼마나 많은 인지적 노력을 기울였는가 등) 이를 비교 분석한다면, 시스템이 갖는 실제적 유용성(즉, 운전 수행의 향상)과 더불어 시스템의 개발과 관련된 중요한 측면 중의 하나인 사용자들의 시스템에 대한 수용성 측면도 함께 알아볼 수 있을 것이다. 따라서, 본 연구에서는 다양한 형태의 추돌 경고 시스템에 대해 사용자들이 그 시스템의 사용성(시스템이 제공하는 정보를 이해하기 쉬운가)이나 유용성(실제 운전 수행에 도움이 되었는가)에 대해 평가하게 함으로써, 시스템에 대한 주관적 평가에 대해서도 알아보고자 한다.

추돌 경고 시스템에 관한 선행 연구

역사적으로 볼 때, 자동차 안에서 운전자에게 주어지는 추돌 경고의 가장 기본적 형태는 불연속적인 "On-Off" 방식이었다(Dingus et al., 1997). 즉, 추돌 위험성의 정도와는 상관없이 어떤 특정 기준 안에 추돌 위험 가능성이 포착되면 특정 신호를 제시하는 형태였다. 그러나 일상적인 운전 상황에서는 추돌 위험성이 그 정도에서 다양하며, 이에 따라 운전자들에게 요구되는 추돌 회피 방법도 다양하다는 점을 고려하면, 이러한 경고 방식의 가장 큰 문제는 추돌 경고에 대한 운전자들의 비신뢰감일 것이다. 즉, 별로 심각하지 않은 상황에 대해서 매번 그리고 무엇보다도 동일한 수준의 경고가 제시되기 때문에 운전자들은 시스템을 신뢰하지 않게 되고 심한 경우에는 시스템을 꺼버리는 효과를 낳게 되었다.

사실 이러한 경향은 자동차내 추돌 경고 시스템보다는 민간 항공기에서 많이 사용된 충돌 경보 시스템(Traffic Collision Alerting System: TCAS-I)에서 먼저 관찰되었다. 이러한 경향은 궁극적으로 조종사들로 하여금(물론 자동차의 경우 운전자들에게도) 자극 신호에 대한 반응수준을 너무 "관대하게" 하도록 하여 실제 위험을 알리는 경고 신호 자체를 놓치도록 (miss)하는 효과를 갖는다.

이에 따라 추돌 경고를 제시할 때는 운전자들이 추돌 상황에 따라 반응의 적절히 강도를 조절하고, 추돌 상황을 보다 유연하게 인식할 수 있도록 하는 노력이 시도되었는데, 예를 들어 Lee, McGehee, Dingus, 및 Wilson(1998)은 추돌 가능 차량과의 차간 거리에 따라 시각 및 청각 경고의 수준을 달리한 추돌 경고 시스템을 운전자들에게 제시한 후 각각의 차간 거리에 따른 운전자의 추돌 회피 행동을 분석한 바 있다(본 연구도 이들이 사용한 시스템 알고리듬을 약간의 수정을 거쳐 사용하였다).

또한 Dingus 등(1997)은 다양한 추돌 경고 시스템 유형을 사용하여(예를 들어, 앞에서 언급된 "On-Off" 방식과 등급화된 경고 시스템을 시각 혹은 청각 양상으로 제시하는 방식을 모두 사용하였다) 추돌 가능 상황뿐만 아니라 운전자들이 선행 차량과의 차간 거리를 유지하는데, 경고 시스템이 어떠한 효과를 갖는지도 분석하였는데, 청각 경고보다는 시각 경고가 차간 거리의 유지에 유용한 정보로 사용된다는 것을 발견하였다.

본 실험은 운전자들이 운전 도중 도로상에서 경험하는 추돌 가능 상황을 운전 시뮬레이션 기법을 이용하여 현실감 있게 재현한 후에, 운전자의 추돌 회피에 가장 도움을 많이 줄 수 있는 추돌 경고 시스템의 설계 형태가 어떠한 것인지를 검토하는 것을 목적으로 수행되었다. 이를 위해 운전자들이 고속도로 상에서 흔히 경험할 수 있는 추돌 가능 상황(즉, 운전자의 주의가 도로에서 벗어나도록 유도한 후, 이때 운전자의 선행 차량이 갑자기 급정거함으로써, 운전자가 적절하

게 반응하지 않을 경우 추돌이 발생하도록 조작한 상황)을 시뮬레이션을 통해 인위적으로 재현하였다.

그리고 이러한 추돌 가능 상황에서 다섯 가지 유형의 추돌 경고 시스템 조건들(즉, 시각 단독, 음 단독, 음성 단독, 시각+음, 그리고 시각+음성 조건)과 아무런 추돌 경고 시스템이 주어지지 않은 통제 조건에서 관찰한 운전자의 추돌 회피 효율성 및 시스템에 대한 운전자들의 주관적 평가를 비교/분석함으로써, 운전자의 추돌 회피를 보조해 주는데 가장 효과적인 추돌 경고 시스템의 설계 형태가 무엇인지를 모색하였다. 구체적인 실험 방법은 아래와 같다.

방 법

실험 참가자

부산대학교 학부생 193명이 실험에 참가하였다. 이 중 남자는 131명, 그리고 여자는 56명이었으며, 이들의 평균 연령은 만 23.3세였다. 실험 참가자 전원은 유효한 운전 면허증을 소지하였다. 이들 중 69명은 면허 취득 후 운전 경험이 없었고, 117명은 실제로 운전한 경험이 있었다. 실험 참가자 193명 중 22명은 이전에 시뮬레이터를 이용한 실험에 참가한 경험이 있었다. 또한 실험 참가자 중 33명은 실제 교통 사고 경험이 있는 것으로 조사되었다.

시뮬레이터 및 기구

실험에 사용된 시뮬레이터는 고정형 시뮬레이터로 차체는 90년식 엑셀이었다. 운전 프로그램은 MS Visual C++로 구현되었고, 운전 장면에 대한 그래픽은 50×40도 크기의 화면을 지원하는 프로젝터(EIKI, KD 7000)에 의해 운전자 전방 1.5m에 있는 스크린(4×3m)에 투사되었다. 운전자의 차량(시뮬레이터) 제어 행동에 따라 즉각적으로 운전 환경을 변화시킴으로써 실제 운전상황과 유사한 환경을 제공하였으며, 엔진 소음과 추돌 경고 시스템에서 사용한 청각적 정보들은 차량의 앞쪽 좌우에 설치된 스피커 두 대를 통해 제시되었다.

운전 프로그램을 지원하고 데이터를 저장하는 주통제 컴퓨터는 Pentium Ⅲ-500MHz 급으로 그래픽 가속기(Voodoo 2)와 2분할 화면을 지원하는 Matrox G 450 chip set이 부착된 것을 사용하였다. 운전자의 행동은 실시간(1/25초 단위)으로 측정되어 데이터 베이스(Smart server 825X)에 저장되었다.

실시간으로 저장되는 데이터와 비교하기 위해 폐쇄회로 카메라에서 입력받은 네 개의 화면 즉, 운전자의 안구 움직임, 발의 움직임, 전체 스크린, 그리고 통제 모니터가 4화면 분할 모니터(Panasonic, WJ-420)를 통해 확인되었다. 안구 움직임과 발의 움직임은 보다 정밀한 초소형 폐쇄회로 카메라인 Panasonic GP- LM7TA를 이용하였고, 전체 스크린에 제시되는 운전 장면은 Commax CCM-43LN, 그리고 통제 모니터는 Commax CCM-53N을 통해 기록되었다.

추돌 경보 시스템

추돌 가능 상황에서 추돌 경고를 청각 양상으로 제공할 것인지(음성 단독 조건과 음 단독 조건), 시각 양상으로 제공할 것인지(시각 단독 조건), 아니면 두 가지 양상을 모두 사용하여 제공할 것인지의(시각+음 조건과 시각+음성 조건) 여부에 따라 모두 5가지 유형의 추돌 경고 시스

그림 1. 실제 운전 상황에서의 차량내 시각 추돌 경고 시스템

템이 설계되어 운전자들에게 제시되었다(각 시스템 유형에는 서로 다른 운전자들이 할당된 피험자간 조건이었다).

먼저 시각적 추돌 경고는 차량 대쉬보드 중앙 상단(운전자의 우측 상단)에 설치된 7인치 Pen Mount LCD 모니터를 통해 제공되었다(그림 1은 실제 운전 상황에서 차량내 추돌 경고 시스템의 화면을 통해 운전자에게 시각적 정보가 제시되고 있는 상황을 나타내 주고 있고, 그림 2는 LCD 디스플레이의 내용을 보다 자세히 보여주고 있다).

먼저 "시각 단독 조건"의 경우, 선행 차량과의 거리가 2.5초 이상이면 그림 2의 맨 위에 있는 녹색 막대만 제시된다(추돌 상황이 시작되는 최소 차간 거리를 2.5초로 정한 이유와 차간 거리가 두 차량 사이의 물리적 거리 대신 시간 단위로 표기되는 이유는 다음에 자세히 기술되어 있다). 그리고 차간 거리가 2.5-1.6초 사이가 되면 위에서부터 두 개의 녹색 막대가 제시되고, 1.6-1.1초 사이가 되면, 황색 막대까지 제시된다. 1.1-0.9초 사이의 차간 거리에서는 적색 막대까지 모두 제시되고, 0.9초 이하인 경우에는 모든 막대들이 4회/초의 속도로 깜박이게 된다.

이렇게 비교적 연속적인 형태의 정보가 제공되

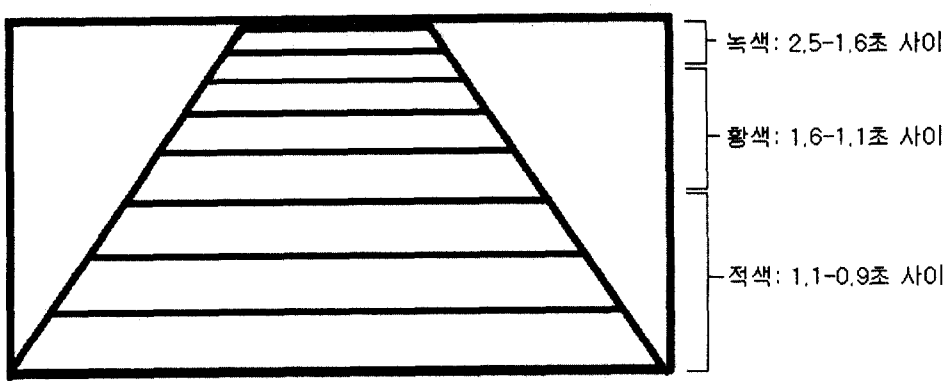

그림 2. 본 실험에 사용된 시각적 추돌 경고 시스템

는 시각 조건과는 달리 청각 조건은 단지 두 개의 수준으로 정보가 제시되었다. 청각적 추돌 경고 시스템은 추돌 위험 정도의 수준에 따라 음성(voice)만이 제공되는 "음성 단독 조건"과 무의미한 음(tone)만이 제공되는 "음 단독 조건"으로 구분되었다. 이 두 가지 방식은 제공되는 정보의 형태가 음성인지 아니면 무의미한 음인지의 여부로만 구분되었고, 정보가 제시되는 시점은 선행 차량과의 차간 거리를 기준으로 동일한 시점에서 제시되도록 하였다.

"음 단독 조건"인 경우, 선행 차량과의 차간 거리가 2.5초 이하로 근접하기 시작하면 "삡"하는 음이 1회/초의 빠르기로 제시되고, 1.1초 이하가 되면 4회/초의 속도로 제시된다. "음성 단독 조건"의 경우에는 선행 차량과의 차간 거리가 2.5초 이하로 근접하기 시작할 때, "전방 주시"라는 메시지가 1회/초의 빠르기로 제시되고, 1.1초 이하가 되면 "정지" 하는 메시지가 4회/초의 속도로 제시된다. "시각+음 조건"이나 "시각+음성 조건"은 "시각 조건"과 "음 조건" 혹은 "음성 조건"이 복합적으로 사용되었다고 보면 된다.

예를 들어, 선행 차량과의 거리가 2.5초 이상이면 디스플레이 맨 위의 녹색 막대만 제시되다가, 차간 거리가 2.5-1.6초 사이가 되면 위에서부터 두 개의 녹색 막대가 제시되고, 1.6-1.1초 사이가 되면 황색 막대까지 제시되는데, 2.5-1.1초 사이의 차간 거리에서는 1회/초 빠르기의 "삡"하는 음, 혹은 "전방 주시"라는 음성이 첨가된다. 1.1-0.9초 사이의 차간거리에서는 적색 막대까지 모두 제시되고, 0.9초 이하인 경우에는 모든 막대들이 4회/초의 속도로 깜박이면서 차간 거리가 1.1초 이하인 경우에는 시각 정보와 동시에 "삡"하는 음 혹은 "정지"라는 메시지가 4회/초의 속도로 제시된다.

본 연구에서 차간 거리는 운전자의 차량과 상대 차량의 물리적 거리를 시간 단위로 정의한 것이다. 즉, 운전자의 차량이 상대 차량과 얼마나 떨어져 있었는가에 대한 지표이다. 상대 차량과의 거리는 일반적으로 절대 거리를 기준으로 표기되기도 하지만, 차량 사이의 거리를 단순한 절대적 거리로만 표현할 경우, 두 차량의 상대적 속도 차이에 대한 정보를 얻기 어렵다는 단점이 있다. 다시 말해, 차량의 속도가 빠를수록 특정 지점에 도달하는 시간은 감소하지만 그 지점과 차량 사이의 물리적 절대 거리는 증가한다. 따라서 본 실험에서는 두 차량간의 상대적 거리를 시간 단위로 측정한 후 분석하였다.

그리고 본 실험에서 경고가 제시되기 시작하는 최소 차간 거리를 2.5초로 한 이유는, 기존의 연구 결과가 2.5초를 운전자가 제시되는 특정 대상에 적절히 반응할 수 있는 최소한의 시간으로 정의하였기 때문이다. 예를 들어, 기대하지 못했던 대상에 대해 반응하기까지 소요되는 시간은 지각-반응 시간이라고도 불리는데, 실제 운전 상황에서 측정한 결과에 의하면, 일반적인 운전자들이 보이는 지각-반응 시간은 대략 2-4초 정도(평균 2.5초)이다(AAHSTO, 1990; Dewar, 1993; Henderson, 1987; Summala, 1981; Triggs & Harris, 1982).

운전 시나리오 및 절차

실험 참가자들은 연습 시행을 한 후 본 시행을 수행하였고, 실험 후에는 간단한 인구학적 질문지와 경고 시스템의 사용성에 대한 질문지를 작성하였다. 실험 참가자들이 주행한 도로는 번화하지 않은 왕복 2차선의 고속 도로였으며, 운전 환경은 시야가 좋은 맑은 날씨였다. 실험 참가자는 운전 시뮬레이터에 탑승하여 운전에 대한 설명을 듣고 추돌 경고 시스템에 익숙할 수 있도록 연습 시행을 실시하였다.

연습 시행이 시작되기 전 실험 참가자들은 직선 도로를 주행 속도 100Km/h로 유지하면서 달리고 중앙선을 침범하여 다른 차선으로 넘어가지 않도록 지시 받았다. 또 실험 참가자들에게 운전을 시작하면 잠시 후 실험 참가자의 왼쪽에서 차량이 출현하여 실험 참가자의 속도보다 20Km/h 빠른 속도로 추월해서 실험 참가자의 전방에 위치하게 될 것이라는 것도 알려주었다.

실험 참가자가 선행 차량과의 거리를 일정하게 유지하게 되면(이 때의 차간 거리는 대략 2.5초 정도로, 이것은 시나리오를 통해 운전자의 운전 속도에 맞추어 선행 차량이 속도를 조절하도록 미리 프로그램 되었다), "스위치를 누르세요"라는 메시지가 차량내 스피커를 통해 제시되는데, 이 때 운전자들은 지시한 대로 차량의 실내등(차량의 중앙에 부착되어 있음)에 장착된 스위치로 시선을 돌려 스위치를 누르게 된다. 운전자들이 스위치를 누르면 약 2.5초의 차간 거리를 유지하던 선행 차량이 -0.85g의 속도(즉 중력 가속도 단위인 g에 대하여)로 갑자기 정지하게 됨으로써 추돌 가능 상황이 발생한다. 실험 시작 전 운전자들에게 가능하면 선행 차량과 충돌하지 않도록 차량을 제어할 것과 추돌 경고 시스템이 선행 차량과의 추돌 위험 정도를 단계적으로 알려주기 때문에 추돌이 일어나지 않도록 제공되는 시스템을 최대한 활용하라고 지시하였다.

종속 측정치

본 연구에서 운전자들에게 제공된 추돌 경고 시스템의 유형에 따라 운전자들이 보인 반응을 분석하기 위해 사용된 종속 측정치들은 크게 두 가지 측면으로 구분된다. 먼저, 무엇보다도 추돌 가능한 매우 위급한 상황에서 운전자들에게 제시된 다양한 추돌 경고 시스템들이 운전자들의 직접적인 추돌 회피 행동에 각각 어떠한 효과를 갖는지 살펴보았다. 구체적으로, 추돌 회피 시스템의 유형에 따른 운전자의 추돌 회피 행동을 (1) 실제적인 추돌과 회피의 상대적 비율, (2) 최초 추돌 회피 반응 개시 시간, (3) 추돌 회피를 위한 최대 반응 시간, 그리고 (4) 추돌을 했을 경우 앞 차와의 충돌 속도 등의 측면에서 분석되었다. 각각의 종속 측정치들에 대해서는 아래의 결과 부분에서 자세히 기술되어 있다.

추돌 경고 시스템의 유용성은 운전자들이 그러한 시스템과 상호작용한 결과 실제로 운전 수행상의 변화가 있었는가(예를 들어, 추돌 경고 시스템이 제공되지 않았을 때보다 제공되었을 때 추돌의 빈도가 감소하였는가) 뿐만 아니라, 그러한 시스템에 대해 운전자들이 주관적으로 느끼는 전반적 평가도 매우 중요한 측면이다. 예를 들어, 실제로 추돌 경고 시스템이 제공된 결과 객관적인 측면에서 운전 수행이 향상되었다고 해도, 운전자들이 주관적으로 평가하기에 그러한 시스템이 운전자의 정보 처리에 부담을 준다거나(혹은 더 나아가 운전자의 정보 처리를 더 방해한다거나), 시스템에 대한 운전자의 선호도가 낮다면, 그 시스템은 결국 사용자들에게 외면당할 수 있기 때문이다(실제로 몇 연구들은 이러한 가능성을 지지하는 결과를 보고한 바 있다).

결 과

본 실험의 결과를 분석하기 위하여 분석 목적에 따라 빈도 분석 및 변량 분석을 실시하였으며, 통계적 임계치는 5%로 정하였다. 그러나 필요하다고 판단될 경우 이 임계치를 초과하지는 못하였지만 임계치에 근접하였던 결과(10%의 임계치 이내)나 본 연구의 관점에서 중요하다고 생

각되어지는 발견들에 대해서는 통계적 기준과는 별개로 부분적으로 보고하고자 한다.

또한 본 연구의 중요한 목적 중의 하나가 추돌 가능한 상황에서 어떤 유형의 추돌 경고 시스템이 운전자들의 추돌 회피에 가장 효과적인지 살펴보는 것이기 때문에, 여러 추돌 경고 시스템 조건에서 측정된 종속치들 사이에 차이가 있는지의 여부에 대한 전반적 통계 분석뿐만 아니라, 시스템 유형 사이의 상대적 비교를 통해 좀더 우월한 추돌 경고 시스템 유형이 무엇인지도 살펴보고자 한다. 이를 위해 각각의 추돌 경고 시스템 조건에서 측정된 종속치들에 대한 전반적 변량 분석을 실시하였고, 시스템 조건에 따른 짝-비교를 통해 사후 검증도 실시하였다. 특히 이러한 짝-비교 사후 분석에는 Least Significant Difference(LSD) 기법이 사용되었으며, 이러한 분석은 전반적 통계 검증의 유의미성 여부와 상관없이 수행되었다.

그리고 결과의 분석을 통해 운전자의 운전 행동이 실험의 목적에 맞지 않았던 사례들(예를 들어, 교통 추돌 상황이 발생하기 전에 미리 정지하여 교통 갈등과 관련된 운전자의 행동에 대한 관찰이 어려운 경우)과 시뮬레이터의 운전자 반응 기록에 오류가 있었던 자료들은 제외하였으며, 이 때문에 통계 검증에서 자유도에 차이가 있음을 밝혀둔다. 어떠한 사례가 분석에서 제외되었는지는 각각의 종속 측정치에 대한 결과의 보고에서 좀더 구체적으로 언급될 것이다.

추돌과 회피의 상대적 비율

실제적인 추돌과 회피의 상대적 비율은 추돌 경고 시스템의 효과를 검증하는데 있어 가장 기본적이며 직접적인 측정치라 할 수 있다. 다시 말해, 추돌 경고 시스템의 궁극적 효과는 운전자들로 하여금 실제로 추돌을 회피할 수 있도록 해야 하며, 따라서 추돌 경고 시스템이 유용한 것일수록 동일한 추돌 가능 상황에서 회피의 빈도는 더 커질 것이다. 각각의 추돌 경보 시스템의 유형에 따른 추돌과 회피의 상대적 비율을 분석하는데, 추돌과 회피 여부를 판단하기 곤란한 경우의 몇 가지 사례들은 분석에서 제외하였다. 예를 들면, 운전자들이 차선을 변경하지 말라는 실험자의 지시와는 달리 추돌 상황에서 급격하게 핸들을 돌려 반대편 차선으로 차량을 이동시킨 경우는 비록 선행 차량과의 직접적 추돌은 없었

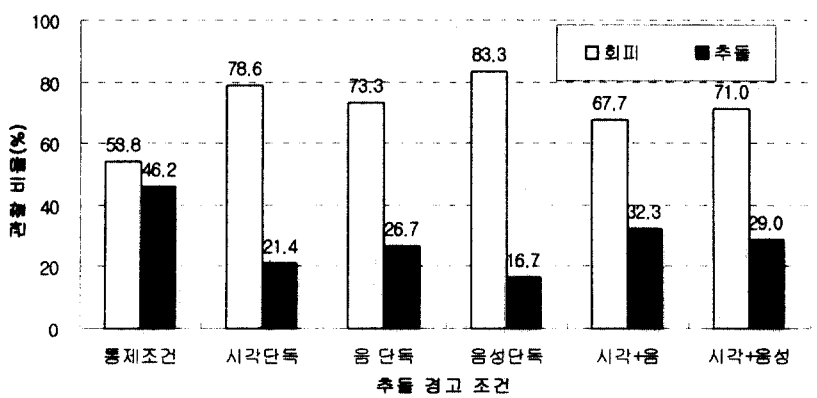

그림 3. 추돌 경보 시스템의 유형에 따른 추돌과 회피의 상대적 비율

다 할지라도 진정한 의미의 추돌 회피라고 보기 어렵기 때문에(즉, 반대편 차선으로 갑자기 넘어 갈 경우 반대편 차량과 정면 충돌할 가능성도 있다) 결과의 분석에서는 제외하였다.

각각의 추돌 경보 시스템의 유형에 따른 추돌과 회피의 상대적 비율은 그림 3에 제시되어 있다. 그림을 통해 알 수 있듯이, 추돌 가능성에 대한 경고가 주어지지 않았던 통제 집단에서는 추돌과 회피의 비율이 비교적 비슷하였으나, 추돌 경고가 주어진 경우에는 시스템의 유형에 상관없이 대체적으로 추돌 회피의 빈도가 증가하는 경향이 관찰되었다. 특히, 통제 조건과 각각의 추돌 경고 시스템 조건을 서로 비교하여 보았을 때, 시각 단독 조건과 음성 단독 조건에서의 회피 비율은 통제 조건에 비해 통계적으로도 유의미하였다(각각, $\chi^2(5, N = 180) = 4.70, p = 0.030$; $\chi^2(5, N = 180) = 6.09, p = 0.014$).

이러한 결과는 추돌 위험성에 대해 음성이나 시각적 자극을 통해 운전자들에게 경고를 제시해 줄 경우 추돌 회피의 가능성은 아무런 경고가 주어지지 않은 조건에 비해 대략 25-30% 정도 증가한다는 것을 시사한다. 요약하면, 추돌 위험성에 대해 아무런 경고가 주어지지 않은 조건에 비해 어떤 형태이든 추돌 경고가 주어질 경우, 운전자의 추돌 회피 가능성은 높아지며, 특히 이러한 경고가 시각과 청각 양상 모두를 통해 중복적으로 제시되는 조건들(예를 들어, 시각+음이나 시각+음성)에 비해 비교적 단순하면서, 명료한 형태의 경고가 추돌 회피에 유용함을 알 수 있다.

최초 추돌 회피 반응 개시 시간

최초 추돌 회피 반응 개시 시간은 추돌 가능 상황을 운전자들이 인지한 후 추돌을 회피하기 위해 수행한 반응이 최초로 언제 개시되었는지를 분석한 것으로, 추돌 회피 행동으로서는 최초 반응의 개시 시간이 짧을수록 더 우수한 것으로 평가된다. 본 연구에서 최초 추돌 회피 반응 시간은 운전자들이 추돌 상황을 인지하고 브레이크를 밟기 위해 액셀러레이터로부터 발을 떼기 시작할 때까지의 시간으로 정의되었다. 물론, 추돌 회피의 노력으로서 핸들을 순간적으로 돌리는 상황도 가정해 볼 수 있으나, 본 연구에서는 운전자들에게 가능한 차선을 넘지 말도록 지시하였기 때문에 핸들에 의한 추돌 회피 노력은 분석에서 제외되었다. 추돌 가능 상황에서 추돌을 회피하기 위해 보인 운전자들의 다양한 행동 특성(예를 들어 브레이크 입력과 핸들의 조작 특성)에 대해서는 이재식(2000)을 참조하기 바란다. 그리고 최초 반응 시간이 너무 빠르거나(300msec이하) 혹은 너무 느린 경우(5000msec 이상)도 분석에서 제외되었다.

그림 4는 각각의 실험 조건에 따른 최초의 추돌 회피 개시 시간을 보여주고 있다. 먼저 각각의 실험 조건에 따라 추돌 회피를 위한 최초의 반응 시간에 차이가 있는지 변량 분석한 결과, 10% 이내의 기각역 범위에서 주효과가 유의미하였다. [$F(5, 141) = 2.12, p = .067$]. 그림 4에서도 관찰할 수 있듯이 추돌 경고 시스템이 주어질 경우, 통제 조건에 비해 운전자들은 대략 60msec에서 900msec정도 더 빠르게 추돌을 회피하기 위한 최초의 노력을 개시하기 시작하였음을 알 수 있다.

특히 음성이나 음과 같은 청각적 경고가 제시되는 경우는 시각 경고가 포함된 다른 조건들에 비해 더 빠른 최초 회피 반응을 유도하였다. 예를 들어, 최초 반응 시간을 통제 조건을 포함한 모든 실험 조건별로 짝-비교하여 보았을 때, 음성 단독 조건(mean difference = 822msec, $p = 0.008$)과 음 단독 조건(mean difference = 883msec, $p = 0.004$)에서의 최초 반응 시간은 통제 조건에

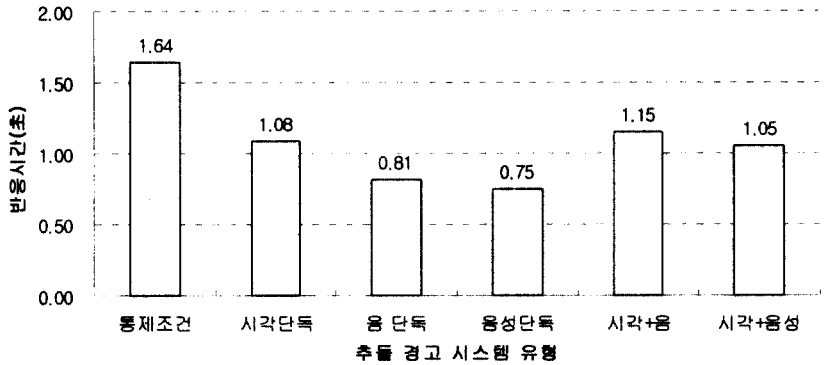

그림 4. 추돌 경보 시스템의 유형에 따른 최초 반응 개시 시간

서의 최초 반응 시간에 비해 유의미하게 더 빨랐다.

추돌 회피를 위한 최대 반응까지의 시간

추돌 가능한 상황이 발생하였을 때 운전자들이 보이는 최초의 반응과 더불어 운전자들이 추돌 회피 여부를 결정짓는 중요한 종속치 중의 하나는 운전자가 추돌을 회피하기 위해 보인 노력의 정도가 최대로 발휘되는 시점이다. 다시 말해, 회피 반응이 최대값에 이르는 시점(예를 들어, 추돌을 회피하기 위해 브레이크를 가장 강하게 밟은 시점)은 운전자들의 회피 노력이 최대로 발휘된 시점이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 운전자들이 추돌을 회피하기 위해 브레이크에 발을 올려놓은 순간부터 최대 브레이크의 입력에 소요된 시간을 측정하였는데, 최대 브레이크 입력값은 브레이크를 완전히 밟았을 때를 100%로 했을 때 브레이크 입력값이 85% 이상인 사례만 분석하였다.

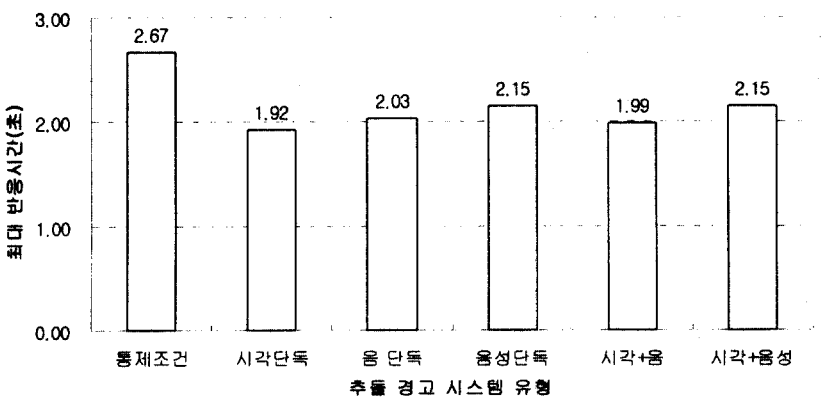

그림 5. 추돌 경보 시스템의 유형에 따른 최대 반응 표출까지의 시간

그림 5에 제시된 결과에서도 나타나듯이, 다른 종속 측정치들과 마찬가지로 추돌 위험성에 대해 어떤 형태이든 경고가 제시된 경우가 그렇지 않은 경우(통제 조건)에 비해 추돌 회피를 위한 최대의 노력이 대체적으로 더 빨리 표출되는 경향을 알 수 있으나, 이러한 경향에 대한 전반적인 변량분석 결과는 통계적으로 유의미하지 않았다. 다만, 각각의 조건끼리 서로 비교하여 보았을 때, 시각 단독 조건과 시각+음 조건에서는 추돌 회피를 위한 최대 반응까지의 시간이 통제 조건에 비해 통계적으로 유의미하게 더 빨랐다[통제 조건과 시각 단독 조건(mean difference = 750msec, p = 0.030); 통제 조건과 시각+음 조건(mean difference = 687msec, p = 0.042)]. 앞에서 살펴본 최초 반응 시간에 대한 결과와 최대 반응 시간까지의 시간에 대한 결과를 비교해 보면 몇 가지 흥미 있는 특징들이 발견된다. 우선 추돌 경고가 제시되었을 때 최초 반응은 경고가 청각 양상으로 제시되었을 때가 통제 조건에 비해 더 빨랐던 반면, 최대 반응이 표출되기까지의 시간은 주로 시각 양상으로 경고가 제시되었을 때가 통제 조건에 비해 더 빠른 경향이다.

이러한 경향은 최대 반응이 발휘되기까지의 시간이 갖는 특성과 청각적 혹은 시각적 정보 제공 양상이 갖는 특성을 동시에 고려해 본다면 어느 정도 해석 가능할 것이다. 최대의 회피 노력이 발휘되는 시간이 짧다는 것은 운전자들이 그만큼 더 급하게 차량을 제어하고자 했다는 것을 의미하고, 시각적 경고는 청각적 경고에 비해 운전자들이 선행 차량의 거동을 감시하는 것을 더 많이 방해할 것이라고 가정할 수 있다. 운전자들이 시각적으로 제시되는 경고를 눈으로 확인하는 동안 운전자들은 선행 차량이 운전자의 차량에 더 근접하는 것을 보지 못했을 것이고, 운전자의 시선이 다시 전방을 향할 때는 선행 차량이 이미 운전자의 차량과 추돌할 수 있는 거리에 근접해 있을 것이며, 이 때문에 운전자들은 경고가 제시되는 순간에도 계속적으로 선행 차량의 거동을 확인할 수 있었던 청각 조건들에 비해 최초 반응이 나오기까지의 시간은 더 늦은 반면 최대 노력이 발휘되는 시간은 더 빨랐을 것으로 생각된다..

선행 차량과의 추돌 속도

추돌 상황에서 추돌 경고 시스템의 유용성을 평가해 볼 수 있는 또 다른 측정치는 실제로 추돌이 발생했을 때 운전자의 차량이 선행 차량과 얼마나 빠른 속도로 추돌하였는지의 정도이다. 즉, 비록 추돌이 발생했다 하더라도 추돌 당시의 추돌 속도가 크지 않다면 운전자는 어느 정도 적절한 추돌 회피 반응을 보였다고 평가될 수 있기 때문이다. 특히 본 실험에서는 추돌 상황의 재현을 극대화하기 위해 운전자들이 적절하게 반응하지 않을 경우 추돌이 발생하도록 시나리오를 구성하였기 때문에(예를 들어, 본 실험에서 사용된 차간 거리 2.5초 조건은 운전자가 추돌을 회피하기 위한 최소한의 지각-반응 시간으로 간주되고 있다: 이순철, 1997; Lee, McGehee, Dingus, & Wilson, 1998), 추돌 당시의 추돌 속도는 추돌 경고 시스템의 유용성을 평가하는 중요한 측정치가 될 수 있다.

선행 차량과 추돌한 사례의 수들은 통제 조건이 12, 시각 단독 조건이 6, 음 단독 조건이 8, 음성 단독 조건이 5, 그리고 시각+음 조건과 시각+음성 조건이 각각 10으로 총 51개의 사례들이 분석되었다. 선행 차량과의 추돌 속도를 각각의 추돌 경고 시스템 조건별로 정리한 것이 그림 6이다. 그림에서 볼 수 있듯이 음성 단독 조건을 제외하면 통제 조건을 포함한 대부분의 조건에서 추돌 속도는 비교적 비슷하였고, 이에 대한 전반

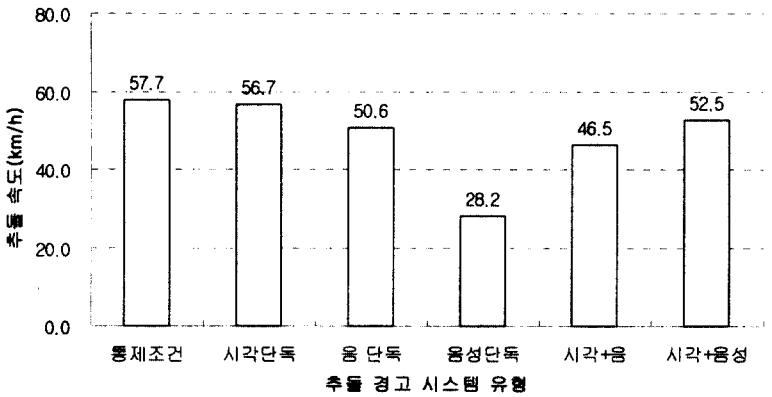

그림 6. 추돌 발생시 선행 차량과의 추돌 속도

적 변량 분석 결과 역시 통계적으로는 유의미하지 않았다. 그러나, 음성 단독 조건은 다른 조건들에 비해 추돌을 했을 경우라도 비교적 저속으로 추돌 하였으며, 이러한 추돌 속도는 통제 조건이나 시각 단독 조건과는 통계적으로도 유의미한 차이였다[통제 조건과 음성 단독 조건(mean difference = 29km/h, p = 0.019); 시각 단독 조건과 음성 조건(mean difference = 28km/h, p = 0.044].

시스템 유형에 따른 운전자의 주관적 평가

어떤 연구자들은 시스템에 대한 사용자의 주관적 평가 자료에 비교적 회의적인 관점을 보이는 경우도 있으나(예를 들어, Kosso, 1989), 시스템에 대한 사용자들의 만족도나 주관적으로 경험되는 작업 부하의 크기와 같은 감성적 측면들은 시스템 사용과 관련된 객관적 수행 측정치들에 비해 때로는 더 중요한 측정치가 될 수 있을 뿐만 아니라, 실제로 이들이 객관적 측정치들보다 더 우수하다는 것을 보고한 연구들도 많이 있다(예들들어, Hennesey, 1990). 따라서, 본 연구에서는 추돌 경고 시스템의 유용성을 객관적인 운전 수행의 측면뿐만 아니라, 추돌 경고 시스템에 대한 운전자들의 감성적 평가 측면도 고려함으로써 추돌 경고 시스템의 유용성에 대한 보다 광범위한 자료를 수집하고자 하였다. 이를 위해 각각의 추돌 경고 시스템의 여러 측면들에 대해 운전자들이 주관적으로 평가하도록 한 후 이를 비교/분석하였다.

본 연구에서는 현재 가장 일반적으로 사용되고 있는 다차원 평가 기법인 NASA-TLX(Task Load Index)를 이용하였다. NASA에서 개발한(Hart, Childress, & Bortolussi, 1981; Hart & Staveland, 1988) TLX는 심적 요구(mental demand), 신체적 요구(physical demand), 시간적 요구(temporal demand), 수행(performance), 노력(effort), 그리고 좌절 혹은 방해의 정도(frustration) 등의 여섯 가지 차원을 측정하는 것이다. 본 연구에서는 TLX의 각 차원을 기초로 하여 본 연구의 실제 실험 상황과 맞는 질문들을 새로 구성하였으며, 운전자들에게는 9점 척도로 평정하도록 하였다.

여러 유형의 추돌 경고 시스템에 대한 응답자들의 주관적 평가 자료를 분석한 결과(물론, 여기에서 통제 조건은 자료가 수집되지 않아 분석

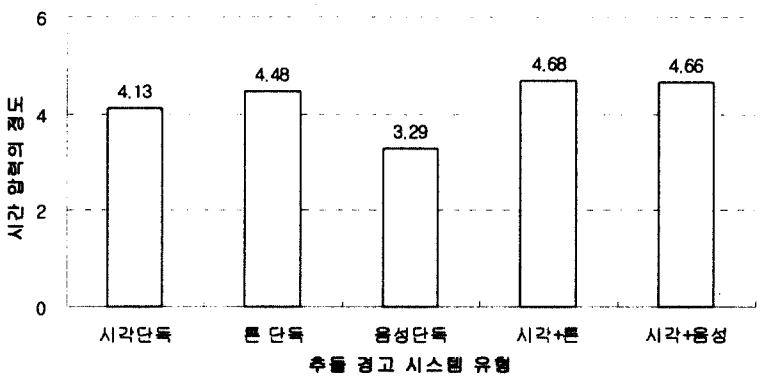

그림 7. 추돌 경고 시스템 사용의 시간 압력에 대한 운전자의 주관적 평가

에서 제외되었다), 시스템들 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 발견된 유일한 항목은 시간적 요구(즉, 시스템을 사용하는데 어는 정도의 시간적 압력(time pressure)을 경험했는지에 대한 평가)에 대한 것이었다.

그림 7에 제시되어 있듯이, 각각의 추돌 경고 시스템을 사용하는데 운전자들이 주관적으로 경험한 시간 압력(혹은 시간 스트레스)은 시스템 유형에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보였다, [$F(4, 151) = 2.41$, $p = .05$]. 특히, 음성 단독 조건에 대한 시간 압력 평가가 가장 낮았는데, 이 점수는 같은 청각 조건인 음 단독 조건이나, 두 가지 정보 제공 양상이 복합적으로 제시된 시각+음 조건 혹은 시각+음성 조건에 비해 통계적으로 유의미하게 낮은 점수였다[음 조건과 음성 단독 조건(mean difference = 1.19, $p = 0.025$); 시각+음 조건과 음성 단독 조건(mean difference = 1.39, $p = 0.009$); 시각+음성 조건과 음성 단독 조건(mean difference = 1.37, $p = 0.010$].

이러한 결과는 인간의 정보 처리 특성과 관련하여 몇 가지 시사하는 바가 있다. 우선, 청각 경고의 유형과는 상관없이 청각 경고가 시각 경고와 복합적으로 제시되면(즉, 시각+음 조건과 시각+음성 조건), 운전자들이 시스템을 사용할 때 경험하는 시간 압력은 비교적 높은 것으로 보인다. 이것은 청각 경고와 시각 경고가 복합적으로 제시될 경우, 청각 정보가 시각 정보와 동일한 내용의 추돌 정보를 제공할 수 있음에도 불구하고 운전자들은 시각 정보를 무시하지 못함을 의미한다. 운전 자체가 시각적인 과제이기 때문에 이러한 시각적 추돌 정보들을 처리하는데 운전자들이 경험하는 시간 압력은 운전자들이 시스템을 향하여 눈을 돌릴 필요가 없는 단순한 형태의 청각 경고들(특히 음성 단독 조건)에 비해 상대적으로 더 컸을 것이다.

보다 흥미 있는 결과는 같은 청각적 경고 조건임에도 불구하고 음성 단독 조건에 비해 음 단독 조건인 경우 운전자들은 시스템 사용과 관련하여 더 높은 시간 압력을 경험한다는 점이다. 이러한 결과는 비언어적 정보로서 음이 갖는 특성을 고려해 봄으로써 설명 가능할 것이다. 즉, 음은 그 자체로는 의미가 없고 운전자들이 음이 갖는 의미를 해석함으로써 그 기능을 발휘한다. 따라서 운전자들은 "전방 주시"나 "정지"와 같은 직접적인 언어 경고 명령에 비해 음 경고가 주는 의미의 해석에 어느 정도의 정보 처리 부담을 경험하

였을 수 있으며, 이에 따라 음 경고 시스템과의 상호작용에 대해서는 주관적으로 더 높은 시간 압력을 경험하였을 가능성이 있다.

논 의

본 연구는 운전자들이 운전 도중 도로상에서 경험하는 추돌 가능 상황을 운전 시뮬레이션 기법을 이용하여 재현한 후에, 운전자의 추돌 회피에 도움을 가장 많이 줄 수 있는 추돌 경고 시스템의 설계 형태가 어떠한 것인지를 검토할 목적으로 수행되었다. 이를 위해 운전자들이 도로상에서 흔히 경험할 수 있는 추돌 가능 상황(즉, 운전자의 주의가 도로에서 벗어나도록 유도한 후, 운전자의 선행 차량을 갑자기 급정거하도록 함으로써, 운전자가 적절하게 반응하지 않을 경우 추돌이 발생할 수 있는 상황)을 시뮬레이션을 통해 인위적으로 재현하였다.

그리고 이러한 추돌 가능 상황에서 다섯 가지 유형의 추돌 경고 시스템 조건들(즉, 시각 단독, 음 단독, 음성 단독, 시각+음, 그리고 시각+음성 조건)과 아무런 추돌 경고 시스템이 주어지지 않은 통제 조건에서 관찰한 운전자의 추돌 회피 효율성 및 시스템에 대한 운전자들의 주관적 평가를 비교/분석함으로써, 운전자의 추돌 회피를 보조해 주는데 가장 효과적인 추돌 경고 시스템의 설계 형태가 무엇인지를 모색하였다.

본 연구의 실험 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 각각의 추돌 경보 시스템의 유형에 따른 추돌과 회피의 상대적 비율을 비교하여 보았을 때, 추돌 가능성에 대한 경고가 주어지지 않았던 통제 집단에 비해 추돌 경고가 주어진 경우에는 시스템의 유형에 상관없이 대체적으로 추돌 회피의 빈도가 증가하는 경향이 관찰되었으며, 이 중에서도 시각 단독 조건과 음성 단독 조건에서의 회피 비율이 특히 높았다. 둘째, 추돌 경고 시스템이 주어질 경우, 통제 조건에 비해 운전자들은 추돌을 회피하기 위한 최초의 노력을 대체적으로 더 빠르게 개시하기 시작하였고, 특히 음성이나 음과 같은 청각적 경고가 제시되는 경우가 시각 경고가 포함된 다른 조건들에 비해 더 빠른 최초 회피 반응을 유도하였다. 셋째, 추돌 회피를 위한 최대의 노력은 다른 조건에 비해 시각 단독 조건과 시각+음 조건에서 더 빠르게 표출되는 경향이 관찰되었다. 넷째, 선행 차량과 실제로 추돌한 사례만으로 추돌 속도를 서로 비교해 보았을 때, 통제 조건을 포함한 대부분의 조건에서 추돌 속도는 비교적 비슷하였으나, 음성 단독 조건은 다른 조건들에 비해 추돌을 했을 경우라도 비교적 저속으로 추돌하는 경향이 관찰되었다. 마지막으로, 여러 유형의 추돌 경고 시스템에 대한 응답자들의 주관적 평가 자료를 분석한 결과, 시스템들 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 발견된 유일한 항목은 시간적 요구에 대한 것이었는데, 특히 음성 단독 조건에 대한 시간 압력 평가가 다른 조건들에 비해 가장 낮았다.

본 연구의 결과를 통해 몇 가지 고려해 보아야 할 측면들이 있다. 무엇보다도 먼저 추돌 가능성이 매우 높은 운전 상황에서 운전자들이 추돌을 회피할 수 있도록 도와주기 위해 추돌 경고 시스템은 어떤 형태가 되어야 하는지의 문제이다. 앞에서 기술한 결과들을 종합해 보면, 운전자의 추돌 회피를 가장 많이 도와줄 수 있는 추돌 경고 시스템의 형태는 비교적 단순한 형태의 청각적 음성 경고 시스템인 것으로 보인다. 특히, 음성 단독 조건의 경우에서는 추돌 회피의 빈도가 가장 많았을 뿐만 아니라, 추돌을 회피하기 위한 최초의 반응을 가장 빨리 유도하였고, 추돌을 하였다 하더라도 다른 조건에 비해 비교적 느린 속

도로 선행 차량과 추돌 하였으며, 운전자들의 주관적 평가도 다른 조건들에 비해 비교적 더 호의적이었기 때문이다.

이러한 결과는 일반적 사람들이 시각적 신호보다는 청각적 신호를 사람들이 더 잘 따르는 경향이 있다는 연구 결과(Wolgather, Kalsher, & Racicot, 1993)나, 운전과 관련된 정보가 시각적으로 제시된 조건보다 청각적으로 제시된 조건의 실험참가자들이 더 빨리 주행을 완료하였고, 교차로에서의 실수가 적었으며, 보다 안정적으로 차량을 통제하였고, 또한 청각 조건의 작업부하가 더 낮았으며, 실험참가자들은 청각 시스템을 더 안전한 것으로 평가하였다는 연구 결과(Labiale, 1990)와도 일치한다. 그리고 자동차내 항법 시스템 설계와 관련된 최근의 연구(Srinivasan & Jovanis, 1997)에서도 청각적 시스템이 부가적인 주의를 가장 적게 요구하는 시스템이라는 것이 시사되었다.

그러나 비록 음성 단독 조건이 운전자의 추돌을 방지하는데 가장 효과적이었다는 본 연구의 결과 및 이와 유사한 결론을 시사한 기존의 몇몇 연구 결과를 기초로 추돌 경고 시스템의 최적 형태로 청각 시스템(특히 본 연구의 경우는 음성 단독 청각 시스템)을 유일한 대안으로 선택하는 데는 몇 가지 고려해야 할 사항들이 있다. 무엇보다도 시스템 설계와 관련된 기존의 연구 결과들에 비추어 보면 어떤 정보가 제공될 때는 시각 양상이나 청각 양상으로 각각 전달되는 것보다, 두 가지(혹은 그 이상의) 양상들로 동시에 같은 내용의 정보가 제공되는 것이 더 효과적이다. 이러한 중복 이득(redundancy gain)은 경보 시스템의 설계에 유용하게 쓰일 수 있는 인간 수행의 근본적 원리일 뿐만 아니라(Selcon, Taylor, & Mckenna, 1995), 운전 상황을 포함한 대부분의 항행 과제 맥락을 위한 매우 바람직한 설계 방안이다 (Simpson & Williams, 1980).

또한 청각 정보는 그 특성상 (귀를 막지 않는 한) 운전자들이 그것을 무시하지 못하기 때문에 운전자의 성가심을 유발하여 궁극적으로 사용자가 그 시스템을 꺼버리도록 할 수도 있고(Stokes, Wickens, & Kite, 1990), 메시지가 길고 복잡할 경우 청각 메시지는 더 많은 항행 에러를 범하게 할 수 있기 때문에(Walker, Alicandri, Sedrey, 1990), 청각 정보는 가장 기본적인 수준(예를 들어, 매우 단순한 형태의 경보)으로만 제한되어야 한다는 연구 결과(i.e., Means, Carpenter, Szcublewski, Fleischman, Dingus, & Krage, 1993)도 있다.

특히 앞으로 자동차내 항행 시스템이 점차 많이 보급될 것으로 전망되고 있는데, 추돌 경고 시스템과 도로 지도 안내와 같은 항행 보조 시스템이 별개로 분리되어 장착될 가능성은 매우 희박하다(그리고 그렇게 되어서도 안될 것이다). 즉, 자동차내 항행 보조 시스템은 시각적 정보의 제공이 매우 중요한 특징이며, 이러한 시각적 시스템에 운전자들이 익숙해 질 경우, 단순한 형태의 청각 시스템이 대체적으로 우수한 수행을 보인 본 연구의 결과와는 다른 결과도 충분히 예상된다.

그리고 추돌 경고 시스템의 기능은 추돌의 위험성을 경고하는 것만으로 그쳐서는 안되고, 운전자들이 선행 차량과 안전한 거리를 유지하면서 운전할 수 있도록 하는 기능도 제공하는 것이 더 바람직할 것이다(예를 들어, Dingus, McGehee, Manakkal, Jahns, Carney, & Hankey, 1997; Lee, McGehee, Dingus, & Wilson, 1998). 이를 위해서는 "전방 주시" 혹은 "정지"와 같은 언어적, 비연속적, 그리고 범주적인 청각 정보의 형태보다는, 연속적인 아날로그로 시각 정보가 제시되는 것이 운전자들이 선행 차량과의 차간 거리를 유지하는 데 훨씬 더 유리할 것이다.

본 연구에서 실험에 참가한 운전자들은 모두 유효한 운전 면허를 갖고 있었지만, 현재 운전을 하지 않는 사람들도 포함되었다. 따라서, 운전의 경험 정도가 추돌 회피와 관련된 다양한 행동 측면에도 차이를 보이는지 분석해 볼 필요가 있었는데, 운전을 빈번하게 수행하는 집단과 그렇지 않은 집단에 대해 앞에서 언급한 다양한 운전 측면들을 분석해 보았을 때, 이 두 집단 사이에는 특별한 차이가 관찰되지 않았다. 그러나, 추돌 회피 기술이 다양한 운전 경험을 통해 습득되어질 수 있다는 점을 감안하면, 본 연구에 포함된 결과들이 실제로 운전을 빈번하게 수행하는 모든 운전자들에게 일반화되어 적용하는 것에는 다소의 문제가 있을 가능성도 있다. 예를 들어, 운전에 매우 익숙한 운전자들은 그렇지 않은 운전자들에 비해 시각적으로 제공되는 추돌 경고를 그렇게 어렵지 않게 파악할 수 있을 것이며, 이러한 측면을 고려해 볼 때 추후에는 운전 경험의 정도가 중요한 변인으로 측정되어야 할 것이다.

본 연구의 결과는 운전자들이 추돌 가능한 상황에 대해 매우 취약하지만, 어떤 형태이든 추돌 경고가 제공되면 운전자들은 비교적 우수한 추돌 회피 수행을 보일 수 있다는 것을 시사해 주고 있다. 이러한 관점에서 운전 중 운전자에게 추돌의 위험을 알려주거나 선행 차량의 거동을 신속하고 정확하게 파악할 수 있는 보조 수단을 개발하고 제공해 주어야 할 것이다. 외국에서는 운전자의 주의를 유도하여 추돌 사고를 감소시키는 방법들이 제안되어져 왔는데, 예를 들어 1985년 9월 1일 이후 만들어진 모든 미국 자동차에는 뒷유리 중앙에 설치된 정지등(Center High Mounted Stop Lamps)을 부착하도록 하기도 하였다. 이것은 추돌 사고가 발생했을 때의 사망자 수를 감소시켰을 뿐만 아니라(Digges, Nicholson, & Rouse, 1985), 추돌 사고가 50~60%까지 감소될 수 있음을 보여주었다(Kahane, 1989). 이러한 노력뿐만 아니라 좀더 적극적으로 운전자의 추돌 회피 행동을 도울 수 있는 시스템이 있는데, 차량내 추돌 방지 시스템(Front To Rear End Collision Avoidance System)이나 추돌 경고 시스템(Front To Rear End Collision Warning System)등이 여기에 해당한다.

우리나라에서도 최근에 자동차의 주요 생산 업체들이 차량의 디자인이나 연비의 효율성과 같은 기계적/물리적인 측면에 대한 연구뿐만 아니라 운전자에게 운전 상황에 대한 보다 많은 정보를 제공함으로써 운전자가 미리 운전 상황을 예측하여 운전할 수 있도록 하는 이른바 자동차내 항법 장치(In-Vehicle Navigation System)의 개발에 많은 투자를 하고 있다. 앞에서도 언급되었듯이, 이러한 항행 보조 시스템에는 추돌 경고 시스템도 함께 구현될 것이며, 그러한 시스템이 효율적으로 작동하기 위해서는 본 연구를 통해 제공된 시스템 설계 및 운전자 행동에 관한 정보들이 보다 나은 추돌 방지 시스템의 설계에 중요한 기초 데이터로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

교통개발연구원 (2001). 2000년 전국 교통혼잡비용.

이재식 (2000). 운전 시뮬레이션을 이용한 운전자의 추돌 회피 행동에 관한 연구, 한국심리학회지: 산업 및 조직, 13, 53-73

이순철 (1997). 운전자 행동의 심리학적 연구. 심리과학, 6, 11-26, 서울대학교 심리과학 연구소.

AAHSTO. (1990). *A policy on geometric design of highways and streets*. Washington DC: Author.

Brown, I. D. (1965). Effect of a car radio on driving

in traffic. *Ergonomics*, *8*, 475-479.

Clarke, R. M., Goodman, M. J., Perel, M., & Knipling, R. R. (1992). Driver performance and IVHS collision avoidance systems: A search for design relevant measurement protocols. *Proceedings 7th annual meeting of IVHS America*, 241-248.

Dewar, R. (1993). *Warning: Hazardous road sign ahead. Ergonomics in Design*, July, 26-31.

Digges, K. Nicholson, R., & Rouse, E. (1985). The technical base for center high mounted stop lamp. Report 851240, *SAE*. Annapolis, MD.

Dingus, T. A., McGehee, D. V., Manakkal, N., Jahns, S. K. Carney, C., & Hankey, J. M. (1997). Human factors field evaluation of automotive headway maintenance/collision warning devices. *Human Factors*, *39*, 216-229.

Evans, L. (1991). *Traffic Safety and Driver*. New York: Van Norstrand Reinhold.

Hart, S. G., Childress, M. E., & Bortolussi, M. (1981). Defining the subjective experience of workload. *Human Factors Society 25th Annual Meeting*. Santa Monica, CA: Human Factors Society.

Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX(Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & Meshkati (Eds.), *Human mental workload*. Amsterdam: North Holland.

Henderson, R. L. (1987). *Driver performance data book*. Washington DC: National Highway Traffic Safety and Administration.

Hennessy, R. T. (1990). Practical human performance testing and evaluation. In H. R. Booher(ed.), *MANPRINT: An approach to systems integration* (pp. 433-479). New York: Van Nostrand Reinhold.

Hirst, S., & Graham, R. (1997). The format and presentation of collision warnings. In Y. I. Noy(Ed.), *Ergonomics and safety of intelligent driver interface*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Hughes, P. K., & Cole, B. L. (1986). What attracts attention when driving? *Ergonomics*, *29*, 377-391.

Janssen, W. H. (1989). *The impact of collision avoidance systems on driver behavior and traffic safety* (Tech. Rep. Drive Project 1041). Traffic Research Centre, University of Groningen, the Netherlands.

Kahneman, D., Ben-Ishai, R., & Lotan, M. (1973). Relation of a test of attention to road accidents. *Journal of Applied Psychology*, *58*, 113-115.

Kahane, C. J. (1989). *An evaluation of center high mounted stop lamps on 1987 data*(DOT HS 807 442). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.

Kosso, P. (1989). Science and objectivity, *Journal of Philosophy*, *86*, 245-257.

Lee, J., McGehee, D. V., Dingus, T. A, & Wilson, T. (1998). Collision avoiding behavior of unalerted driver using a front-to-rear-end collision warning display on the Iowa driving simulator. *Transportation Research Record*, *1573*, 1-7.

McKnight A. J., & Adams, B. (1970). *Driver education task analysis: Vol 1. Task description*(DOT Tech. Report HS 800-367). Washington, DC: U. S. Department of Transportation.

Means, L., Carpenter, J. T., Szcublewski, F. E.,

Fleischman, R. N., Dingus, T. A., & Krage, M. K. (1993). Design of TravTek auditory interface. *Transportation Research Record, 1403*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC.

Mihal, W. L., & Barrett, G. V. (1976). Individual differences in perceptual information processing and their relation to automobile accident involvement. *Journal of Applied Psychology, 61*, 222-233.

Mortimer, R. G. (1988). *Rear-end collision. Automotive engineering and litigation*. New York: Gerland Law Publishers.

Mortimer, R. G. (1990). Perceptual factors in rear-end crashes. *In Proceedings of the Human factors and Ergonomics Society 34th Annual Meeting*, Santa Monica, CA, 591-594.

Muckler, F. A. (1992). Selecting performance measures: "Objective" versus "Subjective" measurement, *Human Factors, 34*, 441-155.

National Highway Traffic Safety Administration. (1995). *Examination of target vehicular crashes and potential ITS counterparts*. Synthesis report: U. S. DOT. Springfield, Virginia.

Rockwell, T. (1972). Skills, judgment, and information acquisition in driving. In T .W. Forbes (Ed.). *Human Factors in Highway Traffic Safety Research*. New York: Wiley Interscience.

Selcon, S. J. Taylor, R. M. & Mckenna, F. P. (1995). Integrating multiple information sources: Using redundancy in the design of warnings. *Ergonomics, 38*, 2632-2370.

Shinar, D. (1978). *Psychology on the road: The human factors in traffic safety*. New York: John Wiley & Sons.

Simpson, C. (1987). Speech controls and displays. In G. Salvendy(ed.), *Handbook of Human Factors*. New Your: Wiley.

Solomon, Z., Mikulincer, M., & Hobfoll, S. E. (1987). Objective versus subjective measurements of stress and social support: Combat-related reactions. *Journal of Counselling and Clinical Psychology, 55*, 577-583.

Srinivasan, R., & Jovanis, P. P. (1997). Effects of selected in-vehicle route guidance systems on driver reaction times. *Human Factors, 39*, 200-215.

Stokes, A., Wickens, C., & Kite, K. (1990). *Display Technology: human factors concept*. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers.

Summala, H. (1981). Driver/vehicle sterrring response latencies. *Human Factors, 23*, 683-692.

Treat, J. R., Tumbas, N. S., McDonald, S. T., Shinar, D., Hume, R. D., Mayer, R. E., Stansifer, R. L., & Castellan, N. J. (1977). *Tri-level study of the causes of traffic accidents*. Report No. DOT-HS-034-3-535-77(TAC), Indiana University.

Triggs, T., & Harris, W. G. (1982). *Reaction time of drivers to read stimuli*(Human Factors Report HFR-12). Clayton, Australia: Monash University.

Walker, J., Alicandri, E., Sedrey, C., & Roberts, K. (1990). *In-vehicle navigation devices: Effects on the safety of driving performance*(Tech. Rep. FHWA-RD-90-053). McLean, VA: Office of Safety & Traffic Operations, Federal Highway Administration.

Wolgather, M. S., Kalsher, M. J., & Racocot, B. M. (1993). Behavioral compliance with warnings: Effects of voice, context, and location, *Safety Science, 16*, 637-654

한국심리학회지: 산업 및 조직
Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology
2002. Vol. 15, No. 1, 125 - 146

© Korean Society of Industrial and Organizational Psychology 2002

Effects of In-Vehicle Collision Warning Types on Driver's Collision Avoidance Behavior and Subjective Rating

Jaesik Lee

Department of Psychology, Pusan National University

The purpose of the present study was conducted to determine the relative effectiveness of various front-to-rear-end collision warning systems(collision warnings were presented through the systems configured Visual Only, Tone Only, Voice Only, Visual+Tone, and Visual+Voice) based on drivers' driving performances(i.e., collision avoidance behavior) and their subjective evaluation on the systems. Driving simulation was employed to simulate front-to-rear-end collision situation and to measure the drivers' performance. The results of the experiment are as followings. First, compared with control condition, any type of collision warning system appeared to be helpful to avoid collision. Second, among the systems, Voice Only system induced better collision avoidance performances than other types. Third, drivers subjectively evaluated that the Voice Only system required less time to process the information provided by the system than other types. Finally, implications of the study was discussed.

Key Word : Driving Simulation In-Vehicle Collision Warning System, Collision Avoidance Behavior, Types of Collision Warning

1차원고접수 : 2002. 3. 1
수정원고접수 : 2002. 5. 5
최종게재결정 : 2002. 5. 17