

신호등에서의 팬텀현상과 인지반응시간의 관련성

(Relations between the Perception-Reaction Time
and the Phantom Phenomena on Signal Light)

김용주* · 한종성** · 김 훈***

(Yong-Ju Kim · Jong-Sung Han · Hoon Kim)

요 약

신호등에서 발생하는 Phantom 현상을 관찰하고, 이에 의해 관찰자의 인지반응시간이 변화하는 정도를 측정하였다. Phantom 현상이 발생하면 운전자의 신호등 인지반응시간이 길어지며, 그 정도는 운전에 장애를 줄 수 있는 정도이었다. 인지반응시간의 길이는 점등된 신호등과 소등된 신호등 사이의 휘도 대비에 의해 영향을 받는 것으로 밝혀졌다. 측정 결과를 바탕으로 Phantom 현상을 방지하기 위한 방법들을 제안하였다.

Abstract

Phantom phenomena on the signal light was observed and change of perception-reaction time of the observer was measured. If phantom phenomena occurs, signal light perception-reaction time by the drivers is prolonged, the extent of which may disturb driving. Length of the perception-reaction time is affected by the luminance contrast between the turned-on and turned-off signals. Based on the measured results, several methods to prevent phantom phenomena were suggested.

1. 서 론

우리 나라의 도로망은 날로 확충되고 있으나 여객, 특히 물자의 수송량은 크게 증대하고 교통량은 과밀화되어 있다. 증대하는 교통량을 제어하는 수단으로서 교통 신호등이 있다.

교통신호등은 운전자나 보행자가 과거에 경험한 것을 토대로 유사한 교통통제 상황에 대하여 적절히

반응할 수 있도록 크기, 색상, 형태 등이 일관성 있게 설치, 운용되어야 하며 그의 유지, 관리를 엄격히 하여야 한다[1].

도로교통법 시행규칙 제6조 3항에는 교통신호등에 대하여 “태양광선 그 밖의 주위의 다른 빛에 의하여 헛갈리지 아니하도록 할 것” 이라고 명시되어 있다. 실제로 태양광선이 신호등의 렌즈 정면으로 입사하면, 이 빛이 신호등의 반사판에서 다시 반사하여, 점등되지 않았음에도 불구하고 적색, 황색, 녹색의 신호등이 모두 점등하고 있는 것 같이 보이는 경우가 있다. 이 경우 어느 신호등이 정말로 점등되고 있는지 운전자에게 혼란과 불안감을 주는 등 신호표

*정회원 : 상공회의소

**정회원 : 영월공과대학 전기과 전임강사

***정회원 : 강원대학교 전기전자공학부 교수

접수일자 : 1998년 12월 28일

시의 기능을 많이 저하시키게 되며, 이러한 현상을 Phantom 현상이라 한다[2].

본 연구에서는 Phantom 현상의 발생요인을 조사하고, Phantom 현상이 발생할 경우 신호지시를 정확히 판정하는지의 여부와 신호를 인지하고 이에 반응할 때 까지 걸리는 시간을 측정하였다.

2. 관련 이론

2.1 정보의 전달 및 반응

인간은 소위 오감 즉, 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각에 의해 외계에서 정보를 얻어, 근육, 관절 등에 정보를 보내 신체를 조종하고 외계에 반응하며 살아가고 있다. 사람은 이중에서도 거의 시각과 청각정보에 의지하여 생활하고 있으며, 자동차 운전에서 이용하는 정보 중의 약 90 [%] 를 눈으로부터의 정보에 의지하고 있다[3, 4].

외부 자극에 대한 인간의 신체적 반응은 다음과 같은 4가지의 과정을 통하여 이루어진다.[5]

- ① 인지(perception) - 통제기기, 경고표지판이나 도로상의 방해물을 느낀다.
- ② 식별(identification/intellection) - 운전자가 방해물이나 통제기기를 식별하고 이해한다.
- ③ 행동판단(emotion/judgement) - 적절한 행동을 결심한다.
- ④ 행동 및 브레이크 반응(reaction) - 행동의 실행 및 이에 따른 차량의 작동이 시작된다.

이와 같은 일련의 과정을 PIEV 과정이라 하며 이때 소요되는 시간을 PIEV 시간 또는 인지반응시간(perception-reaction time)이라 한다. 실험에 의하면 이 시간은 0.2~1.5초 정도이나 개인별로 다양하고, 동일인의 경우에도 사실상 다양하게 나타난다. 시각 반응시간의 변화는 주어진 상황의 복잡성, 환경여건, 연령, 피로의 정도, 약물이나 알코올의 영향, 자극의 정도에 따라 각기 다르다.

2.2 Phantom 현상에 대한 CIE 규정

CIE 출판물 107에 의하면 Phantom 현상은 교통 신호등 정면으로 태양광이 직접 입사해서 반사판에 의해 반사되는 빛에 의해 발생하는 허신호로 규정되어 있다.[2,6] 이 현상은 소등되어 있는 광원이 마치

점등되어 있는 것처럼 보이게 한다. 그러므로 실제로 점등상태인 광원의 광도가 허신호의 광도보다 충분히 크지 않을 경우 운전자에게 혼돈을 야기하게 된다. 실신호와 허신호에 실제 적용할 광도비는 원형 광원의 경우 적어도 15 : 1의 비율을 지켜야 하고, 심벌 광원의 경우 18 : 1의 비율을 지켜야 하는 것으로 CIE에서는 제안하고 있다.

3. 측정

3.1 측정방법의 고안

측정 대상으로 한 교통 신호등은 S전자(주)의 것으로 렌즈 직경 300 [mm] 의 적색, 황색, 녹색 3색 등이다. 피험자는 색각 정상자인 20대의 남자 5명으로 인지반응시간을 측정하기 위하여 다음과 같은 절차를 수행하였다.

- 1) 신호등을 주어진 높이와 거리에 설치한다.
- 2) 피험자들은 신호등과의 거리를 일정하게 유지하고 책상에 앉아서 기록지를 보고 있도록 한다.
- 3) 시험자가 적, 황, 녹색 중 임의의 1색을 점등시킨다.
- 4) 3초 후에 부저가 울리며 Stop Watch가 동작된다.
- 5) 피험자는 고개를 들어 신호등을 보고 점등된 신호등을 판정함과 동시에 앞에 있는 판정버튼을 누른다.
- 6) Stop Watch가 정지하고 그때까지의 시간을 기록한다.

위와 같은 절차가 되도록 P.L.C를 이용한 측정장치를 제작하였다.

3.2 측정 수법

1차 측정은 1998년 5월 1일 15시부터 16시까지 건물의 복도에서 신호등과 피험자의 거리를 40 [m], 30 [m], 20 [m] 로 바꾸면서 측정 절차에 따라 실시하였고, 2차 측정은 동년 5월 3일 14시부터 18시까지 옥외에서 실시하였다. 2차 측정시 날씨는 쾌청하였으며, 신호등과 피험자의 거리는 20 [m] 로 유지하고 신호등은 태양 방향으로 정면을 향하게 하였다.

3차 측정은 동년 9월 17일 15시부터 18시 30분까지 야외에서 실시하였으며 신호등과 피험자의 거리

신호등에서의 팬텀현상과 인지반응시간의 관련성

를 50m로, 신호등의 높이를 바다에서 5 [m] 로 한 외에 다른 조건은 2차 측정과 동일하다.

피험자들은 태양의 방향을 등지고 신호등은 태양과 피험자를 마주보도록 위치를 이동하였고, 매시간마다 적색, 황색, 녹색을 무작위로 점등하여 30회씩 반복 측정하였다. 한편, 측정 때마다 신호등의 수직면 조도, 휘도, 태양의 고도 등도 함께 측정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 실내 측정 (1차 측정)

고안된 측정방법의 정밀도와 유효성을 검증하고, 인지반응시간의 기준치를 찾아내기 위하여 실내에서의 측정을 행하였다. 그림 1은 실내에서 측정거리를 40 [m], 30 [m], 20 [m] 로 바꾸어가며 측정한 결과로써 각각의 색에 대한 인지반응시간의 평균값을 나타낸 것이다.

거리가 가까워지면서 인지반응시간이 빨라짐을 알 수 있으나 그 차이는 0.04초 정도로서 무시할 수 있을 정도로 작기 때문에 거리가 인지반응시간에 상당한 영향을 준다고는 하기 어렵다. 즉, 주위에 신호등의 인식을 방해하는 다른 빛이 없을 경우에는 거리의 변화에 따른 인지반응시간의 변동은 거의 없다.

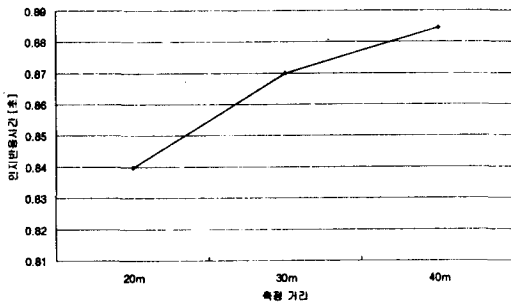


그림 1. 거리 변화에 따른 인지반응시간
Fig. 1. Perception-reaction time for change of observing distance

4.2 실외 측정 (2차 측정)

Phantom현상이 발생하였을 경우 인지반응시간의 변화를 파악하기 위하여 실외에서의 측정을 행하였다. 그림 2는 2차 측정시 태양의 고도변화에 따른

매시간 인지반응시간의 변화를 나타냈다. 표 1에 나타내고 있는 것과 같이 시간이 경과함에 따라 태양의 고도는 점점 낮아져서 신호등 렌즈 하단에서부터 태양광을 받는 면적이 넓어지고 있다.

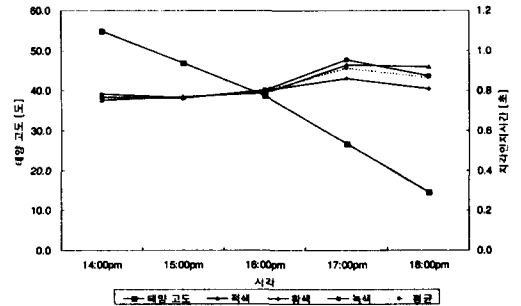


그림 2. 태양고도와 인지반응시간 변화 (측정거리 20m)

Fig. 2. Perception-reaction time for change of sun's altitude (measuring distance 20m)

이에 따라 14시에 0.767초이던 평균 인지반응시간은 태양 고도가 낮아지면서 약간씩 증가하며 17시에 0.914초로 가장 길게 나타났다. 17시 이전에는 Visor가 태양의 입사광을 얼마만큼 가리지만 17시에는 태양의 고도가 약 26.8°이며 Visor의 길이는 240 [m] 이므로 이때부터 태양광이 렌즈 중앙 위쪽까지 입사해 Phantom 현상이 일어나기 때문이다.

표 1. 태양고도와 렌즈에 태양광이 입사하는 면적 변화

Table 1. Change of sun's altitude and area of direct sunlight on lens

시간	태양고도	입사면적	평균인지반응시간
14시	54.9°	0 %	0.767
15시	46.9°	14 %	0.765
16시	38.8°	36 %	0.798
17시	26.8°	60 %	0.914
18시	14.6°	99 %	0.867

이때 각각의 렌즈에 반사판에 의한 휘점과 켜진 전구에 의해 맺히는 휘점 각 2개가 나타났는데, 신호등을 바라볼 때의 거리와 각도에 따라 두 휘점이 하나로 합쳐져 보이면 적색, 황색, 녹색의 모든 등기가

점등되고 있는 것으로 착각할 가능성이 높아 판별이 곤란하고 인지반응시간이 더욱 느려질 것으로 예상된다. 18시 때에는 태양의 고도가 더 낮아져 렌즈 전체가 태양광을 받고 있으나 태양광의 조도가 낮아서 17시보다 약간 빠른 반응시간이 나타났다.

그림 3은 소등된 신호등과 점등된 신호등과의 대비(contrast)와 인지반응시간의 관계를 나타낸 것이다. 대비가 증가할수록 인지반응시간이 감소하며, 황색이 다른 신호등에 비하여 대비는 좋으나, 같은 대비에서는 적색과 녹색보다 인지반응시간이 느린 것으로 나타났다. 전반적으로 인지반응시간은 점등, 또는 소등된 신호등의 휘도 보다는 대비에 의해 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

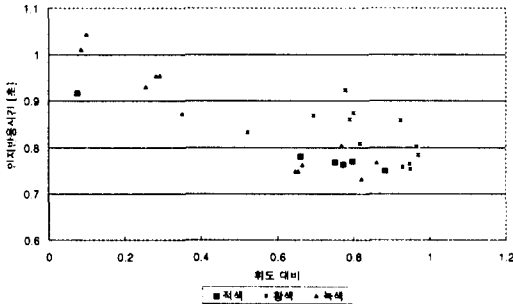


그림 3. 휘도대비와 인지반응시간의 관계
Fig. 3. Relationship of the luminance contrast and perception-reaction time

4.3 실외측정 (3차측정)

보다 현장과 유사한 환경에서 phantom 현상을 관찰하기 위하여 신호등의 높이를 5m로 하고, 피험자의 거리를 50 [m] 로 유지한 3차 실험을 행하였다. 이는 2차 실험의 결과 피험자가 신호등을 오인하는 경우가 거의 없었고, 이는 신호등에 내장된 램프에 의한 휘점과 태양광에 의한 휘점이 분명히 구분되는 가까운 거리에서 시험하였기 때문인 것으로 판단하였기 때문이다.

측정 결과를 그림 4에 보였다. 15시경의 평균인 지반응시간은 0.80초로서 2차 측정 때와 별 차이가 없으나 시간이 갈수록 증가하여 17시 30분의 측정치는 평균 1.14초에 이르렀다. 특히 적색 신호등의 인지반응시간은 1.31초에 이르러 일반적인 반응시간보

다 거의 0.5초나 증가하였으며, 이는 운전행위에 심각한 장애가 될 것으로 예상된다.

그러나 판독시간에 제한을 두지 않음으로써 피험자가 신호를 오판하는 경우는 거의 없었다. 실제 운전행위시에는 신호등을 단시간에 판별하여야 한다는 심리적, 물리적 제한이 있으므로 이러한 제한조건을 부여한다면 신호 오판의 비율이 높아질 것으로 예상된다.

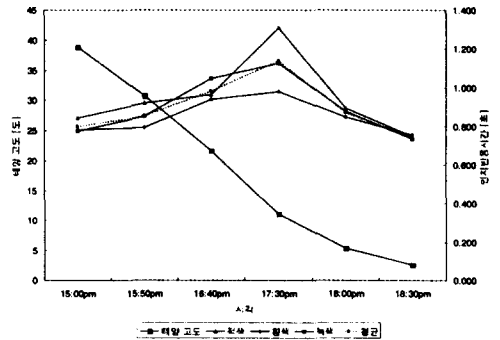


그림 4. 태양고도와 인지반응시간 변화 (측정거리 50m)
Fig. 4. Perception-reaction time for change of sun's altitude (measuring distance 50m)

4.4 Phantom 현상에 관한 대책

Phantom 현상은 300mm의 원형 렌즈의 경우 하단에서부터 50%이상의 면적이 태양광을 받으면 발생하는 것으로 판단된다. 그러므로 Phantom 현상 방지를 위해서 첫째로 동서 방향으로 위치하고 있는 신호등은 Visor의 길이를 현재 사용하고 있는 240mm 보다 더 길게 하는 것을 추천할 수 있다. 16시 때의 태양고도는 38.8° 이고 이때 렌즈가 태양광을 받는 면적은 35.7%이었으나 인지반응시간의 변화에는 거의 영향을 주지 못하였으므로 17시에도 이 정도만 태양광이 입사하도록 하려면 Visor의 길이는 대략 450mm정도로, 지금의 크기보다 약 2배정도 길게 하면 된다. 하지만 신호등의 무게 및 바람에 의한 영향 등으로 실효성에 의문이 있다. 이 경우 신호등의 크기를 줄이고 비례하여 Visor의 길이도 줄이면 된다.

둘째로는 반사된 빛에 의한 휘점이 렌즈에 맞지 않도록 반사판 및 렌즈의 설계를 개선하는 것이다.

셋째로 신호등은 적절한 자리에 정확한 방향을 향해 설치하는 것이 중요하므로 신호등의 전면이 정확히 목표하는 방향을 향하여 설치되고 지지되도록 수평면과 수직면의 방향을 동시에 고려하여 여러 차례 조정 후 설치해야 할 것이다.

5. 결 론

본 연구에서는 Phantom 현상 발생시 인지반응시간을 측정하여 아래와 같은 사실을 밝혀냈다.

(1) 실내 환경에서 신호등의 인지반응시간을 측정한 결과 거리가 가까워지면서 인지반응시간이 빨라졌으나 그 차이는 무시할 정도로 작기 때문에 좋은 조명환경에서는 거리가 인지반응시간에 영향을 주지는 않는다는 것을 알 수 있었다.

(2) Phantom 현상은 신호등 렌즈의 하단에서부터 50 [%] 이상의 면적에 태양광이 입사하면 발생하였으며 Phantom 현상시 인지반응시간이 증가하였다. 증가시간은 0.1~0.3초 정도로서 운전의 상당한 영향을 줄 수 있는 정도이다. 거리가 멀면 인지반응시간이 길어지고 어느 등화가 점등되었는지 판정하기도 어려워진다.

(3) 점등된 신호등과 소등된 신호등과의 대비(contrast)가 Phantom 현상에 가장 큰 영향을 주며, 황색은 대비가 좋으나 같은 대비에서는 적색과 녹색보다 인지반응시간이 느리게 나타났다.

(4) 소등된 신호등은 Phantom 현상 발생시에 휘도가 상당히 증가한다. 이는 렌즈로 입사한 태양광이 반사판에서 반사하여 휘점을 만들기 때문이며 황색의 휘도가 가장 높다.

(5) 역광시에는 별로 문제가 없으나 신호등 바로 뒤에 태양이 있을 때에는 문제가 있을 것이 예상된다.

금후의 과제로는 Visor의 구조개선과 렌즈와 반사판의 설계개선을 위한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 警察廳, "交通安全施設實務便覽" 1996, pp. 62-63
- [2] CIE Technical Report, "Review of the official recommendations of the CIE for the colours of signal lights", Pub. No. 107, 1994
- [3] E. Hartman, "Driver vision requirements", Society of Automotive Engineers, Technical Paper Series, 700392, PP.629-630
- [4] J. B. de Boer, et al., "Public Lighting", Philips Technical Library, 1967, pp. 13
- [5] 朴秉皓, "交通工學", 普成文化社, 1977, pp. 58-59
- [6] CIE Technical Report, "A Guide for the design of road traffic lights", Pub. No. 79, 1988

◇ 저자소개 ◇

김용주(金容周)

1963년 2월 27일생. 1989년 인하대학교 전기공학과 졸. 1998년 강원대학교 산업대학원 전기공학과 졸(석사). 현재 대한상공회의소 직업교육 훈련사업단 근무.

한종성(韓鐘聲)

1960년 6월 27일생. 1988년 강원대학교 전기공학과 졸업. 1993년 강원대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 강원대학교 대학원 전기공학과 박사과정 수료. 현재 영월공과대학 전기과 전임강사.

김 훈(金 燾)

1958년 8월 6일생. 1981년 서울대 공대 전기공학과 졸. 1983년 서울대 대학원 전기공학과 졸(석사). 1988년 서울대 대학원 전기공학과 졸(박사). 1988년 - 현재 강원대학교 전기전자공학부 교수. 1993년 호주 ANU Plasma Research Laboratory 방문연구. 당학회 편수이사.