



정상운전과 피로운전에 따른 차량조정능력 및 PERCLOS 분석

Analysis of Car controls and Perclos by Normal and Fatigue driving

오 주 택* 이 상 용** 김 영 삼***
Ju-taek, Oh Sang-yong, Lee Young-sam, Kim

Abstract

Vehicles have recently become one of the main factors affecting our quality of life, and the needs of vehicles are still increasing. As a result, the growth of vehicles generate more crashes every year. One main factor for vehicle crashes is uncareful driving behaviors. Especially, drowsy or fatigue driving behaviors explain about 10-20% of the crashes, and they cause serious results because of the delay of response time and the decrease of object-recognition. Therefore, this research conducted real time image processing tests in order to study how cellular phone usages and drowsy(or fatigue) drives affect driving behaviors. A vehicle simulator was used for this research, and the faceLAB 4.5 of Seeing Machines for eye image tracking tests using a small camera was installed in the front of the simulator, and normal and drowsy(or fatigue) driving patterns were analyzed.

Keywords : *traffic crashes, dangerous driving, simulator, eye detector*

요 지

현대 사회에서 자동차는 생활에 필수적인 요소로 자리잡고 있으며, 현대 생활의 편의성을 제공하는 자동차의 증가로 인하여 그에 따른 교통사고 또한 매년 증가하고 있다. 교통사고의 주요 발생요인은 운전부주의로써, 이 중 특히 피로운전은 일반 교통사고의 10~20%와 관련되어 있으며, 사물감지능력 저하 및 반응시간 지연으로 치명적 사고피해를 야기한다. 이에 본 연구는 운전 중 휴대전화 사용 및 피로상태의 운전상황이 운전수행에 어떠한 결과를 미치는지 알아보고자 실시간 영상처리 방법을 이용하여 실험을 진행하였다. 실험을 진행하기 위하여 차량 시뮬레이터를 이용하였으며, 운전자의 눈꺼풀 움직임 추적방식에 대한 실험을 진행하기 위하여 Seeing Machines의 faceLAB 4.5를 차량 시뮬레이터의 전면부에 장착하여 운전자 눈꺼풀 상태를 정상상태와 피로상태로 나누어 비교·분석하였다.

핵심용어: *교통사고, 위험운전, 시뮬레이터, 눈동자 추적*

* 정회원 · 한국교통연구원 책임연구원 · 주저자
** 비회원 · 한국교통연구원 연구원 · 공저자
*** 비회원 · (주) 이노시뮬레이션 팀장 · 공저자



1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

현대 사회에서 자동차는 생활에 필수적인 요소로 자리잡고 있으며, 현대 생활의 편의성을 제공하는 자동차의 증가로 인하여 그에 따른 교통사고 또한 매년 증가하고 있다. 교통사고의 주요 요인 중 하나가 바로 졸음운전이다. 2006년 교통사고 발생건수 중 졸음운전으로 인한 발생건수를 살펴보면 전체 사고건수 213,771건 중 2,892건으로 약 1.4%를 차지하고 있다.

미국의 경우 경찰에 접수된 졸음운전 사고는 한해 약 60,000건으로 이 중 약 33%인 20,000건이 사망사고로서 직결되고 있다(NHTSA, 2002). 또한 졸음운전은 사물감지능력 저하 및 반응시간 지연으로 치명적 사고피해를 야기한다. 미국 노스캐롤라이나 주의 졸음운전 치사율은 일반교통사고 치사율 0.5%에 비해 약 3배가량 높은 1.4%이며, 독일의 치명적 사고 중 25%가 운전자의 졸음/피로에 의한 사고이다.^[1] 세계적으로 졸음운전의 피해를 감소시키기 위하여 화상처리, 심리적 상태 등 많은 연구를 진행하고 있다. 운전자 졸음 감지를 위한 방법으로는 생체 신호의 변화를 측정하여 판단하는 방식, 핸들 조작 패턴 분석 방식, 소형 카메라를 이용한 눈꺼풀 움직임 추적방식이 있다.^[2-5] 첫 번째 방식은 뇌파 및 심전도 등의 생체신호를 분석하여 졸음을 판단하는 방식으로 정확성이 높으나 전극을 운전자에 부착하기 때문에 실용성이 낮다. 두 번째 방식은 위험순간이나 졸음 등으로 인해 정상적인 운전이 불가능한 운전자에게서 나타나는 방식으로 일반화하기 어렵고 추출 시간이 사고순간 전후이기 때문에 실제 졸음 감지 적용에 문제가 있다. 세 번째 방법은 실시간 영상처리 방법으로 운전자가 각성상태에서 졸음상태로 진행하게 되면서 나타나는 행동적 변화, 즉 눈꺼풀의 움직임을 추적, 분석하여 졸음을 감지하는 비접촉 방식으로 실용성이 가장 높다.^[6]

이에 본 연구에서는 선행연구 중 실용성이 가장 높은 것으로 알려져 있는 실시간 영상처리 방법을 이용하여 실험을 진행하였다. 실험을 진행하기 위하여 차량 시뮬레이터를 이용하였으며, 또한 소형 카메라를 이용한 운전자의 눈꺼풀 움직임 추적방식에 대한 실험을 진행하기 위하여 Seeing Machines사의 faceLAB 4.5를 시뮬레이터의 전면부에 장착하여 운전자 눈꺼풀 상태를 정상상태와 피로상태로 나누어 비교·분석하였다.

1.2 관련 문헌조사

눈꺼풀의 움직임은 졸음상태를 반영하는 신뢰할 만한 시각정보중 하나이다. 눈꺼풀의 움직임을 하나의 특징으로써 사용하기 위한 방법으로 PERCLOS (Percentage of Eye Closure Over Time), AECS(Average Eye Closure Speed) 등이 있다. PERCLOS는 졸음 상태를 파악하는데 가장 신뢰도가 높은 방법으로 이미 검증되었다.^[7] 일반적인 눈 감박임을 위한 시간을 제외한 일정시간동안 눈을 감고 있는 축적된 기간은 PERCLOS를 계산하는데 사용된다. 이러한 특징에 관한 좀 더 신뢰할 수 있는 정보를 얻기 위하여 일정 시간동안 추적된 결과의 평균 빈도수를 사용한다. 예를 들어, PERCLOS의 평균 빈도수를 얻기 위해서 프로그램은 지속적으로 사람의 동공모양과 눈꺼풀 움직임을 추적하고 매 시간마다 눈의 감긴 상태를 감시한다. 일정시간동안 이같은 두개의 파라메타를 계산하고 실시간으로 그것들을 분석하여 운전자의 각성상태를 파악하는데 사용할 수 있다. 또한 AECS라 불리는 눈을 감고 뜨는 속도를 이용한 졸음 상태파악도 좋은 특징이 되며 완전히 눈을 감는데 필요한 시간 또는 완전히 눈을 뜨는데 필요한 시간과 같이 정의될 수 있다. 졸음상태의 사람이 눈을 감는 속도는 지각상태의 사람과 확연히 구별된다.^[8] 눈을 뜨고 있는 상태의 정도는 동공의 모양에 의해서 구별되어진다. 예를 들어 눈을 감고 있는 상태 즉, 눈꺼풀에 의해서 가려진 동공상태를 시



작점으로 동공의 모양은 점차 타원모양으로 변화된다. 따라서 눈을 뜨고 있는 상태의 정도는 타원의 각축의 비율을 사용할 수 있다.

운전 중 휴대전화의 사용이 운전행동에 미치는 요인은 크게 신체적 행태와 정신적 요인으로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 휴대전화 사용은 신체적 동작을 수반하기 때문에 운전행동에 물리적 방해물을 준다. 운전 중 휴대전화의 사용과 관련하여 핵심적으로 논의되는 문제는 통화로 인해 운전자의 주의력이 현저하게 낮아진다는 점이다. 운전 중 주의력 분산은 운전자의 지각 및 조작행위를 지연시키거나 방해함으로써 긴급상황시 적절히 대응하지 못하도록 하여 사고로 이어지게 된다.⁽⁹⁾

운전자들의 안전운전 불이행 행동중의 하나인 휴대전화 사용이 교통사고의 가장 큰 원인인 것으로 나타났다. 보험개발원 자동차기술연구소가 최근 운전 중 운전자의 주의력을 흐리게 해 사고를 일으킬 수 있는 행동유형과 이로 인한 사고위험성을 조사한 결과 여러 가지 유형중에서도 휴대전화 사용이 가장 위험한 것으로 나타났다. 실험결과에 따르면 운전 중 휴대전화의 전화번호를 누르는데 걸리는 시간은 약 5초로 이는 차가 시속 96km로 주행할 경우 140m 정도를 무방비 상태로 주행하는 것과 같다.

담뱃불 붙이기(3초, 80m), 라디오 켜기(3초, 80m), 음료수 마시기(4초, 110m), 선글라스 착용하기(4초, 110m), 도로안내 지도보기(4초, 110m) 등과 비교해서도 그 위험성이 가장 높은 것으로 조사되었다.⁽¹⁰⁾

졸음운전의 주요원인 중 하나인 피로운전의 상황을 삼성교통안전문화연구소의 2004년 조사결과에서 살펴보면, 전국자동차노동조합 소속 조합원 1,620명 중 59%가 피로축적상태에서 근무하고 있으며, 직업운전자 350명 중 화물차 운전자 54.2%, 버스운전자 40.9%가 피로로 인한 운전거부감 상태에서 운전한다고 응답하였다고 한다.

이러한 사업용 운전자들의 만성적인 피로상황을 반영이나 한 듯이 경찰청 통계에 따르면 사업용자동

차의 경우가 사업용자동차보다 교통사고 점유율은 3배가량 높지만, 자동차 1대당 사고발생 빈도는 6배가량 높은 것으로 나타났으며, 2007년 경찰청의 우리나라 졸음운전 사고현황은 표 1과 같다.

표 1. 졸음운전 사고현황

구분	구분	전체사고		졸음사고	
		발생(건)	사망자(명)	발생/점유비	사망자/점유비
2006년 (잠정통계)	합계	213,771	6,262	2,892건/1.4	168명/2.7
	고속도로	3,972	464	267건/6.7	42/9.1
	일반도로	209,799	5,798	2/625건/1.3	126/2.2
2005년	합계	214,171	6,376	3,490건/1.6	237/3.7
	고속도로	4,113	402	280건/6.8	54/13.4
	일반도로	210,058	5,974	3,210건/1.5	183/3.1

영국 교통부 산하기관인 싱크(Think)의 2006년 12월 도로안전 캠페인의 통계자료와 메트로 신문(2006. 5. 31)에 따르면, 교통사고 사망자 중 20% 이상은 과로로 인한 졸음운전 사고에 의한 것이라고 한다.

또한 고속도로와 주요간선도로에서 30세 이하의 성인 남성운전자가 졸음운전을 가장 많이 하는 연령대라는 통계결과와 더불어, 과로로 인한 졸음운전이 원인이 되어 교통충돌사고를 발생시키는 주요 그룹으로 장거리 여행자나 사업용자동차 운전자들이라는 통계 결과도 제시되었다.⁽¹¹⁾

2. 연구방법

2.1 실험참가자

○ 시나리오 1

총 5명의 실험참가자(20대 남성 1명, 여성 1명, 30대 남성 2명, 여성 1명)가 지원하여 실험에 참여하였으며, 실험참가자의 평균연령은 30.4세, 평균운전경력 6.8년이다.



○ 시나리오 2

총 12명의 실험참가자(20대 남성 5명, 여성 2명, 30대 남성 3명, 여성 1명, 40대 남성 1명)가 지원하여 실험에 참여하였으며, 실험참가자의 평균연령은 30.7세, 평균운전경력은 8.4년이다.

2.2 실험 환경

○ 시나리오 1

시나리오 1의 가상 주행 환경은 직선 구간과 곡선 구간이 반복 혼합된 편도 2차로의 시외지역으로 설정하였다.

임의의 구간에 일반적인 교통 흐름을 재현하기 위해서 인공지능적으로 주행되어지는 배경차량을 양방향으로 무작위로 발생하도록 설정하였지만, 이러한 배경차량들은 피험자가 운전하는 차량에 방해하지 않는 상황 즉, 서비스수준 A의 상태가 유지될 수 있도록 가상의 주행환경을 설정하여 피험자가 시뮬레이터의 운전에만 집중할 수 있는 주행환경을 제공하였다.

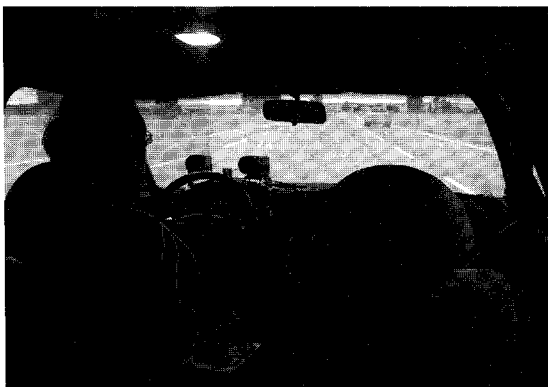


그림 1. 주행환경(시나리오 1)

○ 시나리오 2

시나리오 2의 가상주행환경은 도시부 도로, 도시부 간선도로로 설정하였으며, 임의의 구간에 일반적인 교통 흐름을 재현하기 위한 배경차량을 프로그램에 삽입하였다.

시나리오 1에서의 배경차량은 피험자의 운전에 전혀 방해가 되지 않게 프로그램화하였지만 시나리오 2의 배경차량은 좀 더 현실에 가깝게 프로그램화하여 피험자의 운전 방해 줄 수 있는 상황 즉, 서비스수준 C~D의 주행환경이 발생할 수 있도록 프로그램화하여 피험자의 주의가 필요한 시나리오이다.

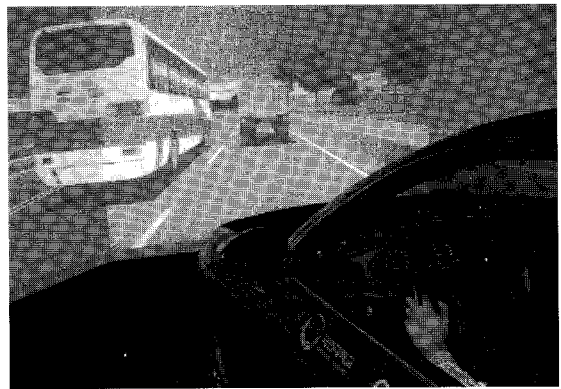


그림 2. 주행환경(시나리오 2)

2.3 실험 시나리오

○ 시나리오 1

실험은 정상상태와 피로상태의 주행실험을 실시하여 피험자가 다양한 주행속도에서 차로 중앙유지 능력과 주행속도 유지능력을 평가하기 위한 실험으로 구성하였다. 시나리오 1은 배경차량이 피험자에게 어떠한 영향도 미치지 않는 즉, 피험자가 운전에만 집중할 수 있는 환경을 제공하여 피험자들의 피로상태 운전이 정상상태운전과 비교하여 주행능력에 얼마나 많은 악영향을 미치고 있는지를 분석하기 위한 실험이다.

피험자 운전행태 분석을 위해서 24시간 수면을 박탈한 상태와 정상적인 수면을 취한 동일한 피험자에게 차속을 40km/h, 60km/h, 80km/h와 100km/h로 유지하면서 각각 주행차로의 중앙차로를 유지하도록 요구하였다. 각각의 차속에 대한 주행시간은 약 1분 내외에서 마칠 수 있도록 설정하였다. 또한 휴대전화



조작 및 통화에 따른 운전행태분석을 위해서 휴대전화 수신조작, 발신조작, 휴대전화 통화로 구분하여 실험을 진행하였으며, 정상상태와 24시간 수면박탈 상태의 Perclos를 측정하여 피로도가 운전행동에 미치는 영향을 분석하였다.

특히 휴대전화 통화 주행실험은 운영자와 피험자 간 일상적인 대화보다는 피험자들에게 더 많은 인지적 부담을 줄 수 있는 구구단을 묻고 답하는 형식으로 진행되었으며, 표 2는 피험자 1인이 주행해야 하는 모든 시나리오를 보이고 있다.

표 2. 실험절차(시나리오 1)

구 분	실험 절차	소요시간	비 고
정상주행	차속 40km/h 정속주행	1분	피로주행실험과 동일
	차속 60km/h 정속주행	1분	
	차속 80km/h 정속주행	1분	
	차속 100km/h 정속주행	1분	
휴대전화 발신조작	차속 40km/h 정속주행	1분	피로주행실험과 동일
	차속 60km/h 정속주행	1분	
	차속 80km/h 정속주행	1분	
	차속 100km/h 정속주행	1분	
휴대전화 수신조작/통화	차속 40km/h 정속주행	1분	피로주행실험과 동일
	차속 60km/h 정속주행	1분	
	차속 80km/h 정속주행	1분	
	차속 100km/h 정속주행	1분	

○ 시나리오 2

본 실험에서 사용된 시나리오 2의 24시간 수면 박탈한 상태와 정상적인 수면을 취한 동일한 피험자가 가상 주행환경이 설정된 도로를 주행하는 것은 시나리오 1과 같다. 그러나 시나리오 2에서는 차속에 대한 제한조건이 없으며, 1회 주행시간이 약 20분(약 20km)간이라는 점에서 시나리오 1과 큰 차이를 보인다. 시나리오 2의 실험에서는 현실에 가장 가까운 도로상황에서 피험자의 정상상태 운전 시와 24시간 수면박탈상태 시 피험자의 Perclos와 Yaw rate, 횡가속도 데이터를 비교하기 위한 실험으로

구성하여 시나리오 1과는 차별화된 실험으로 진행하였다.

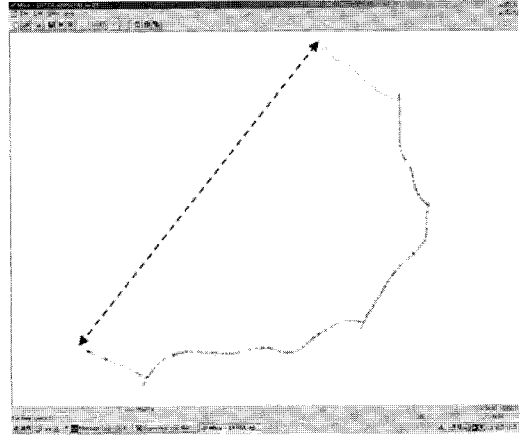


그림 3. 주행 시나리오 2

표 3은 주행 시나리오 1과 2의 주요 차이점을 설명하고 있다.

표 3. 시나리오 1과 2의 주요 차이점

구 분	속도 제한	주행 시간	휴대전화	주변차량 방해	서비스 수준
시나리오 1	있음	총16분(각1분)	사용	없음	A
시나리오 2	없음	총20분	미사용	있음	C~D

2.4 실험 절차

실험을 진행하기에 앞서 실험참가자에게 차량 시뮬레이터와 실험진행방법 등에 대해 자세한 소개를 하였으며, 차량 시뮬레이터의 가상주행환경에 적응하기 위한 연습주행을 실시하였다. 그 후 약간의 휴식을 취한 후 운전자 눈동자 및 머리추적 장치인 faceLAB 4.5의 안면모델을 생성하였다(그림 4).

○ 시나리오 1

본 실험에서는 객관성을 높이기 위해 실험은 동일

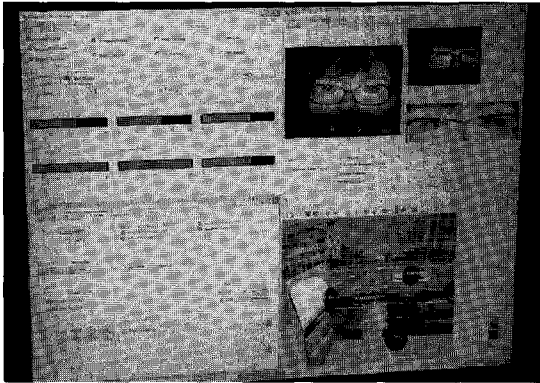


그림 4. 인체 모델 설정

한 주행환경에서 12가지 주행 시나리오를 무작위의 순서로 진행하였다. 휴대전화 발신조작의 경우 일정 차속에 도달하였을 때 피험자에게 지시를 주어 자신의 휴대전화 주소에서 특정인을 찾아 휴대전화를 조작하도록 지시하였고, 그때의 시간을 기록하였다. 또한 휴대전화 수신조작 및 통화주행실험도 일정요구 속도에 도달하면 지시를 주어 피험자에게 전화를 걸어 피험자가 휴대전화를 찾아 받은 후 상대방에서 구구단을 물어보면 답하면서 주행하도록 하였다.

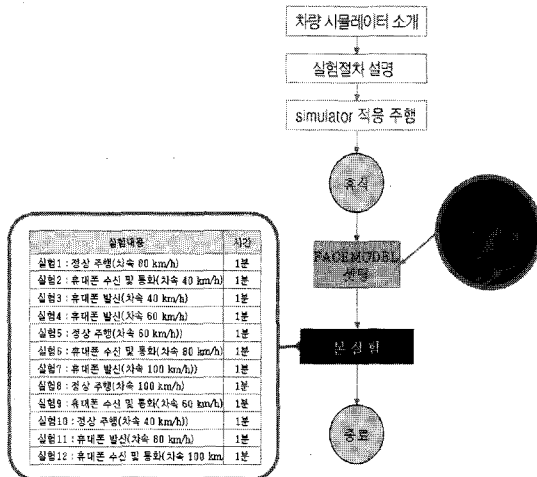


그림 5. 실험 절차(시나리오 1)

○ 시나리오 2

본 실험은 운전자의 정상상태와 피로상태가 운전

행태에 미치는 영향을 알아보기 위하여 차량의 정보 (Yaw rate, 횡가속도)와 운전자 정보(Perclos)를 비교·분석하기 위한 실험이다.

본 실험을 진행하기 위하여 모든 피험자는 표 4와 같은 실험절차를 거쳐 실험이 진행되었다.

표 4. 실험 절차(시나리오 2)

순서	실험절차	내 용
1	사전교육	실험 절차, 목적
2	연습주행	차량환경 적응을 위한 연습주행
3	운전자 모델링	눈동자 및 머리 추적을 위한 운전자 모델 설정 및 Calibration
4	주행실험	주행실험

차량 시뮬레이터를 위한 가상주행환경 시나리오를 편집 툴을 이용하여 배경 차량들을 제어하고, 운전 중 차량의 정보 즉 차속, RPM, 가속도, 조향각, 가속 페달, 브레이크 페달, 차로 치우침 등 모든 차량 및 운전자 조작정보를 파일로 저장하기 위하여 그림 6과 같이 시나리오 스크립트를 이용할 수 있다. 차량의 모든 데이터는 Export 채널로 전송되며, 전송된 데이터는 Ethernet UDP 통신을 통해 모니터링 및 데이터 로깅 프로그램을 이용하여 파일로 저장된다.

저장된 파일은 Excel이나 기타 응용프로그램을 이용하여 운전자 행태에 대한 분석을 진행할 수 있다.

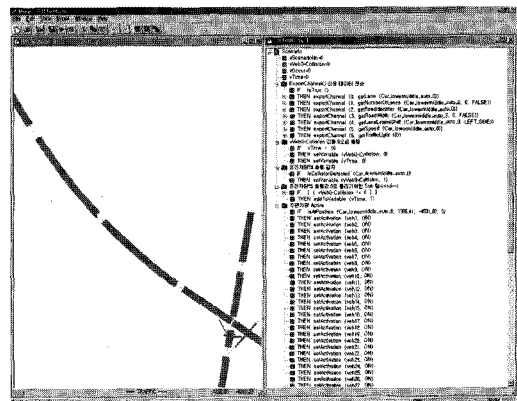


그림 6. 시나리오 스크립트



2.5 실험장비

1) 차량 시뮬레이터

차량 시뮬레이터의 제어 힘 로딩 시스템을 이용하여 운전자가 시뮬레이터를 운전하는 동안 수행하는 조향 휠 조작, 가/감속 페달 조작 등 운전자의 운전 조작행위를 정확히 검출하여 차량조작을 통해 야기 되는 차량의 운동을 실시간 시뮬레이션을 수행해 그 결과를 예측하여 운동, 시각, 음향 및 촉각 큐를 통해 운전자에게 피드백 할 수 있다. 또한 부가적으로 실제차량을 운전하는 듯한 실제감을 느끼게하기 위하여 계기판에 차량의 주행상태 정보를 적절히 표시하며, 각종 운전조작부가 실제차량과 같은 느낌이 들도록 운전자에게 반력 및 반토크를 재현하여 준다. 이렇듯 차량 시뮬레이터는 시뮬레이터에 탑승한 운전자가 실제로 자동차를 운전하고 있다는 느낌을 갖게 하는 가상현실 장비이다. 또한 차량 시뮬레이터는 안전한 실험실 공간내에서 위급상황까지 포함하는 자동차의 다양한 주행상황 및 조건을 충실하게 재현함으로써 지능형차량개발 및 평가, 지능형 교통 시스템 개발 및 사용성 평가, 교통안전 연구, 운전자 인자 연구 등의 다양한 분야에 활발하게 응용되고 있다.

그림 7은 본 연구에서 사용된 국민대학교 자동차 공학전문대학원 차량제어실험실에서 개발한 차량 시뮬레이터이다. 전방 3채널 후방 1채널의 영상 시스템을 갖추어 130×35도, 60×40도의 넓은 시야범위를 확보하여 현실감 높은 가상환경을 제공하고 있다. 또한 고응답, 저소음의 전기식 운동시스템을 갖추고 물, 피치, 히브의 3자유도운동을 생성하여 차량의 다양한 거동을 운전자에게 피드백 함으로써 높은 현실감을 제공하고 있다.^[12]

그림 8은 차량 시뮬레이터 내부에 장착되어 있는 제어 힘 로딩 시스템을 보이고 있다.

2) faceLAB 4.5

차량 시뮬레이터에 탑승한 운전자의 머리 및 시각



그림 7. 국민대학교 차량 시뮬레이터

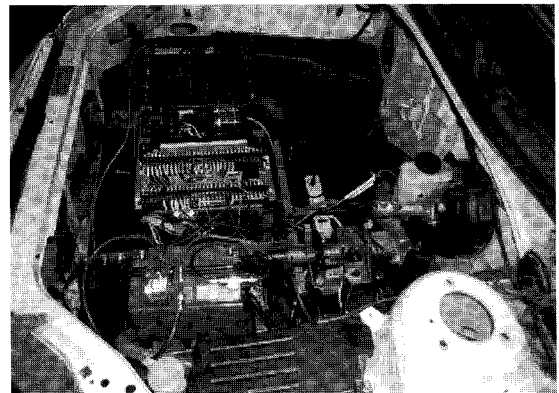


그림 8. 제어 힘 로딩 시스템

정보를 검출하기 위해서 faceLAB 4.5(Seeing Machines, 호주)를 사용하여 운전자 인지검출장치를 구현하였다.

faceLAB 4.5는 사람의 머리에 대한 공간상의 자유도정보를 회전각도 및 좌표로 측정할 뿐만 아니라, 시선의 방향과 눈감박임을 측정할 수 있으며, 이를 통하여 운전자가 전방에 위치한 임의의 물체에 시선을 고정하고 있는지 여부와 PERCLOS를 통한 피로도, 눈감박임 속도 및 지속시간 등의 측정이 가능하다. 또한 두 대의 흑백 카메라가 장착되어 있는 Stereohead, 운전자 인지검출 컴퓨터, Image Grabber, 운전자 인지검출 알고리즘이 포함된 운영 소프트웨어로 구성되어 있다.

일반적인 머리 및 시선추적장치는 피험자가 착용



하거나 안구에 적외선을 반사시켜 사용하는 것이 일반적이거나, faceLAB 4.5는 이미지 추적과 적외선 감지를 동시에 사용하므로 조명, 피험자의 움직임, 얼굴형상, 안경 착용유무, 선글라스 착용유무, 콘택트렌즈 착용유무 등에 제약이 거의 없다는 장점이 있다. 또한 faceLAB 4.5의 측정은 초당 60frame의 속도로 이루어지며, 측정된 데이터는 하드디스크로 바로 저장되거나, TCP/IP 프로토콜을 통하여 원격지에 저장하도록 구성되었다.

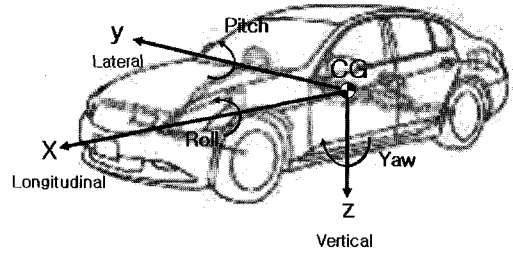


그림 10. 차량 좌표 정의

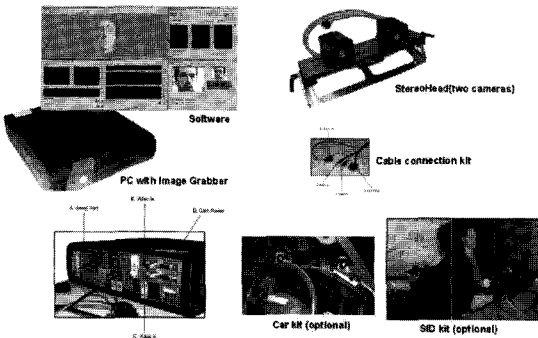


그림 9. faceLAB 4.5 구성

표 5. 좌표 정의

구 분	수식	속도 및 각속도	가속도 및 각가속도
Longitudinal	x	v_x or \dot{x}	a_x or \ddot{x}
Lateral	y	v_y or \dot{y}	a_y or \ddot{y}
Vertical	z	v_z or \dot{z}	a_z or \ddot{z}
Roll	ϕ	$\dot{\phi}$ or p	$\ddot{\phi}$ or \dot{p}
Pitch	θ	$\dot{\theta}$ or q	$\ddot{\theta}$ or \dot{q}
Yaw	Ψ	$\dot{\Psi}$ or r	$\ddot{\Psi}$ or \dot{r}

치에 따른 차량속도 및 각 속도벡터이며, Lateral은 차량의 좌우방향에 따른 가속도 및 각속도벡터, Vertical은 차량의 상하방향에 따른 가속도 및 각속도벡터, Roll은 차량 전후방향축에 대한 회전가속도 및 각속도벡터, Pitch는 차량 좌우방향축에 대한 회전가속도 및 각속도벡터, Yaw는 차량의 진행방향 중 시간에 따라 차량 앞부분이 변화하는 가속도 및 각속도벡터 데이터 값을 나타낸다. 이러한 차량좌표의 변화량을 이용하여 차량의 속도나 위치정보를 실시간으로 분석할 수 있다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 실험결과

실험결과는 차량 시뮬레이터의 조정능력을 평가할 수 있는 차량 시뮬레이터의 조정능력 데이터와 운전자의 눈꺼풀을 측정할 수 있는 faceLAB 4.5의 Perclos 데이터로 구분하여 기술하였다.

1) 차량조정능력

차량 시뮬레이터의 x , y , z 좌표와 Pitch, Roll, Yaw를 이용하여 차량의 거동 데이터를 취득할 수 있다.

차량좌표 중 Longitudinal은 차량의 전후방향 위

○ 시나리오 1

차로 치우침은 차량의 중심으로부터 차량 좌·우측으로 이동한 거리를 검지(차량좌표 데이터 중 Lateral과 Pitch이용)하여 차량운전자의 차량조정능력을 평가하는 항목으로서 본 연구에서는 정상운전상태에서의 정상운전과 휴대전화 사용에 따른 차로 유지능력 및 24시간 수면박탈상태에서의 정상운



전과 휴대전화 사용에 따른 차로 유지능력을 비교 분석하였다.

정상상태와 수면박탈상태에서의 휴대전화 사용에 따른 차로 치우침 표준편차 분석결과 그림 11과 같이 정상상태보다는 24시간 수면박탈상태에서의 차로 치우침 현상이 큰 것으로 분석되었으며, 정상상태, 24시간 수면박탈상태 모두 정상운전에 비하여 휴대폰 사용에 따른 차로치우침이 큰 것으로 분석되었다.

정상상태의 정상운전과 24시간 수면박탈상태의 휴대폰 발신상태에서의 차로 치우침에 대한 통계검증을 위하여 unpaired t-test를 실시하였다. 검정통계량은 자유도가 4인 t분포를 따른다. 따라서 기각역은 $R: t)_{t_{0.05}(4)} = 2.132$ 가 된다. 본 연구의 $t=6.089$ 로 기각역에 포함되므로 유의수준 0.05일 때, 24시간 수면박탈상태에서의 휴대전화 발신이 정상상태의 정상운전보다 차로 치우침이 크다고 말할 수 있다.

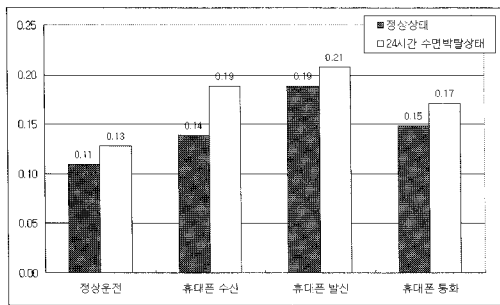


그림 11. 차로 치우침(m)

속도유지 변산성(차량 좌표데이터 중 Longitudinal 이용)분석결과 또한 차로 치우침 결과와 마찬가지로 24시간 수면박탈상태에서의 속도유지 표준오차가 큰 것으로 분석되었다.

위의 결과를 증명하기 위하여 속도편차 또한 차로치우침과 같이 unpaired t-test를 실시하였다. 정상상태의 정상운전과 24시간 수면박탈상태의 휴대폰 발신에 대한 검정통계량은 자유도가 4인 t분포를 따르며, 기각역은 차량치우침과 같은 $R: t)_{t_{0.05}(4)} = 2.132$ 이다. 본 연구의 $t=2.539$ 로 기각역에 포함되므로 유의

수준 0.05일 때, 24시간 수면박탈상태에서의 휴대전화 발신이 정상상태의 정상운전보다 속도편차가 크다고 말할 수 있다.

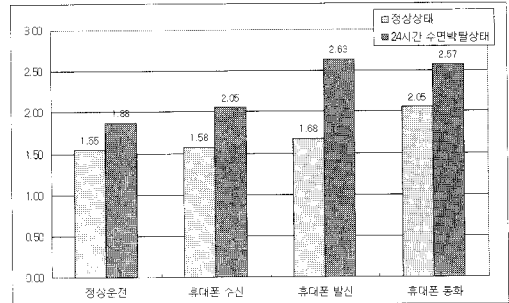


그림 12. 속도편차(km/h)

시나리오 1의 실험환경은 서비스수준 A의 상태에서 배경차량이 피험자에게 어떠한 영향도 미치지 않는 상태에서 실험이 진행되어진 조건으로 피로운전과 휴대폰 사용에 따른 차량조정능력에 대하여 중점적으로 이루어진 실험이다.

위의 두 실험결과에서 나타났듯이 24시간 수면박탈상태인 피로상태에서의 운전은 정상상태에서의 운전보다 차량조정능력이 떨어지는 것을 알 수 있다. 또한 운전 중 휴대전화 사용은 정상상태와 24시간 수면박탈상태 모두 휴대전화 사용이 휴대전화를 사용하지 않은 정상운전보다 차량제어에 있어 매우 어렵다는 분석결과가 도출되었다.

○ 시나리오 2

Yaw rate는 시간에 따라 차량의 헤드부분이 변화하는 값을 나타내는 것으로서 Yaw rate값이 크다는 것은 차량의 진행방향이 직선이 아니라는 것을 의미하며, 이는 곧 주변차량과의 관계에서 잦은 접촉이 발생할 수 있었다는 것을 의미한다. 시나리오 2에서는 정상상태와 24시간 수면박탈 상태에서의 Yaw rate 데이터를 검출하여 분석한 결과 그림 13과 같이 정상상태 운전일 경우 1.45deg/sec, 24시간 수면박탈상태인 피로운전의 경우 1.92deg/sec로 분석되어 시간당 차량 헤드부분의 변화량이 더욱 크다는 것을 알 수 있다.

횡가속도는 차량의 좌표 중 Lateral을 이용하여

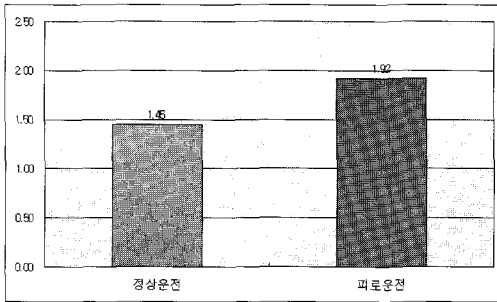


그림 13. Yaw rate

분석할 수 있으며, Yaw rate와 함께 이용되어 차량의 좌우 이동성에 대한 분석이 가능하다. Yaw rate와 횡가속도는 차량의 헤드부분이 향하는 각과 속도를 측정하여 운전자의 차선변화 벡터를 분석하여 그 위험성을 측정할 수 있다. 그림 14와 같이 정상운전상태와 24시간 수면박탈상태인 피로운전상태의 횡가속도를 분석한 결과 정상운전의 경우 횡가속도 변화량이 평균 0.04G, 피로운전의 경우 횡가속도의 변화량이 0.06G로 분석된 것을 알 수 있다.

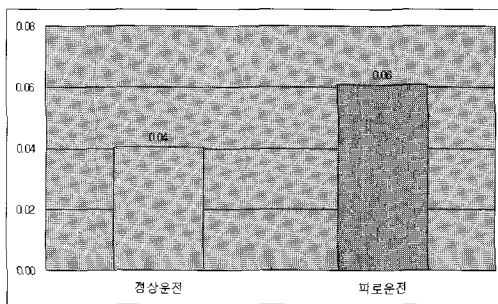


그림 14. 횡가속도

정상상태의 정상운전과 24시간 수면박탈상태에서의 차량의 좌우측 이동성 즉, Yaw rate와 횡가속도에 대한 통계검증을 위하여 unpaired t-test를 실시하였다. 검정통계량은 자유도가 11인 t분포를 따르며 기각역은 $R:t) t_{0.05}(11) = 1.796$ 이며, $R:t) t_{0.1}(11) = 1.363$ 이 된다. 본 연구의 Yaw rate $t = 1.425$, 횡가속도 $t = 1.395$ 로 분석되어 유의수준 0.05일 때의 기각역에는 포함되지 않으나 유의수준 0.1에는 기각역에 포함되므로 유의수준 0.1일 때, 24시간 수면박탈상태에서의

운전상태가 정상상태의 정상운전상태보다 차량의 좌우측 이동에 대한 차량 동역학 데이터가 크다는 것이 증명되었다.

2) PERCLOS

본 연구에서 평가되는 졸음상태 탐지측정과 기술에서 'PERCLOS'라고 명명된 측정방법은 운전자의 경보의식수준 결정에 가장 신뢰성이 높고 확실하다고 평가되고 있다.⁽¹³⁾ faceLAB 4.5에서 측정되는 PERCLOS는 일정 추적 시간 동안 눈을 감고 있는 시간의 누적을 퍼센트로 나타낸 것이다.⁽¹⁴⁾

$$PERCLOS(\%) = \frac{\text{눈감은 시간의 누적}}{\text{누적을 위한 일정추적기간}} \times 100$$

PERCLOS의 단위는 0.0~1.0으로 구분되며, 0.0은 완전히 눈을 뜬 상태를 의미하며, 1.0은 눈을 완전히 감은 상태를 의미하고, 0.8 이상일 경우 졸음운전으로 판단한다.

본 연구의 PERCLOS의 분석결과 운전자에게 주행속도에 대한 제한 및 피험자가 운전을 시행하는데 배경차량의 방해가 되지 않는 서비스수준 A 조건에서 실험이 진행된 시나리오 1의 경우 정상상태운전 중 정상운전 0.18, 24시간 수면박탈상태의 정상운전이 0.40으로 분석되었으며, 피험자의 운전시행에 배경차량이 방해를 줄 수 있는 서비스 수준 C~D 조건에서 실험을 진행한 시나리오 2의 결과 정상상태운전이 0.17, 24시간 수면박탈상태운전이 0.35로 분석되어 피로운전시의 눈꺼풀이 정상운전시 보다 좀더 감겨져 있었다는 것이 실험 시나리오 1, 2를 통하여 분석되었다.

본 연구에서는 정상상태의 정상운전과 24시간 수면박탈상태에 대한 통계검증을 실시하기 위하여 unpaired t-test를 실시하였다.

시나리오 1의 정상상태의 정상운전과 24시간 수면박탈상태의 정상운전에 대한 Perclos의 검정통계량은 자유도가 4인 t분포를 따른다. 따라서 기각역은



$R:t)t_{0.05}(4) = 2.132$ 이며, 본 연구의 $t=4.178$ 으로 기각역에 포함되므로 유의수준 0.05일 때, 24시간 수면박탈상태에서의 정상운전이 정상상태의 정상운전보다 피로한 상태라고 말할 수 있다. 또한 시나리오 2의 정상운전과 24시간 수면박탈상태의 피로운전에 대한 Perclos의 검정통계량은 자유도가 11인 t 분포를 따르며, 기각역은 $R:t)t_{0.05}(11) = 1.796$ 이다. 본 연구의 $t=2.884$ 로 기각역에 포함되므로 유의수준 0.05일 때 피로운전이 정상운전보다 피로한 상태라고 말할 수 있다.

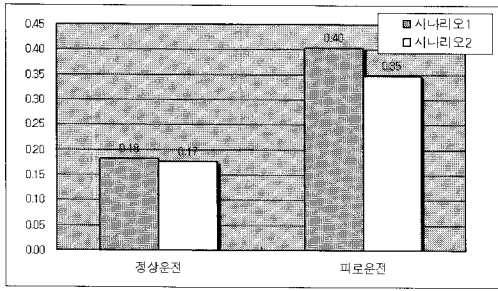


그림 15. Perclos

4. 결론

4.1 연구결과

본 연구는 운전 중 휴대전화 사용 및 피로상태의 운전상황이 운전수행에 어떠한 결과를 미치는지 알아보고자 한 실험으로서 도로의 교통량이나 보행자 등과 같은 실제 도로상황은 제시되지 않았지만, 현실에 가장 가까운 실험환경을 구축하기 위하여 국민대학교 자동차공학대학원의 차량 시뮬레이터를 사용하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

○ 차량조정능력

차량조정능력을 평가하기 위하여 본 연구에서는 40km/h, 60km/h, 80km/h, 100km/h의 주행속도라는 제한조건 및 배경차량의 방해 받지 않는 상태에

서 실험을 실시한 시나리오 1과 주행속도에 아무런 제한조건이 없으며, 실제 도로상황과 가장 유사한 서비스 수준 C~D사이의 배경차량이 프로그램화 되어 있는 시나리오 2를 이용하여 실험을 진행하였다.

시나리오 1에서는 차량조정능력을 평가하기 위한 방법으로 운전 중 휴대전화 사용에 따른 실험이 진행되었다. 운전 중 휴대전화 사용에 따른 연구항목으로는 휴대전화 수신, 휴대전화 발신, 휴대전화 통화로 구분할 수 있으며, 이 중 정상상태의 정상운전과 24시간 수면박탈상태인 피로상태운전과 비교하여 가장 위험한 휴대전화 사용상황은 본 연구의 분석결과인 그림 11, 12에서 나타나듯이 운전 중 휴대전화 발신으로 분석되었으며, 정상상태의 정상운전과 피로상태의 휴대폰 발신에 대한 통계검정을 통하여 통계적 유의성을 분석하였다. 휴대전화 발신의 경우 휴대전화 조작에 따른 여파로 인하여 차량 치우침과 속도유지 능력이 정상운전에 비하여 매우 떨어지는 것으로 분석되었으며, 통계검정을 통하여 이를 증명하였다.

시나리오 2의 차량 좌우방향 벡터인 Yaw rate와 횡가속도 분석결과 또한 24시간 피로상태 운전이 정상상태 운전보다 차량 좌우편차가 큰 것으로 분석되었다.

○ PERCOLS

시나리오 1과 2의 정상운전상태와 24시간 수면 박탈상태의 Perclos를 비교한 결과 정상운전상태의 Perclos보다 24시간 수면 박탈 상태의 Perclos가 1에 가까운 것이 실험결과를 통하여 도출되었으며, unpaired t-test를 이용하여 이를 증명하였다.

4.2 향후 연구과제

본 연구에서는 휴대전화 사용에 따른 위험성을 경고하기 위하여 운전 중 휴대전화의 대화내용에 있어 운전자에게 좀 더 혼란을 줄 수 있는 구구단법을 사용하였다. 이 실험방법은 휴대전화 사용에 따른 시뮬레이터 실험 시 가장 많이 이용되고 있으나, 일반적



인 운전 중 상황으로 보기에는 여러 가지 문제점을 포함하고 있다.

또한 차량 시뮬레이터의 시나리오 역시 실제 교통 상황을 모두 반영하였다고 하기에는 다소 무리가 따른다고 판단된다. 따라서 향후 연구과제에서는 이러한 문제점을 보완하여 좀 더 현실적이며, 구체적인 시나리오를 작성하여 보다 현실성 있는 연구가 진행 되어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업(06교통핵심C01)의 연구비지원에 의해 수행하였습니다.

참고문헌

- [1] 한국운수산업연구원, 졸음운전 교통사고 방지대책, KRITI 정책연구, 2007
- [2] 김남균, 정경호, 김법중, 졸음운전의 자동검출 및 각성 시스템 개발에 관한 연구, 의공학지, Vol. 18, NO. 3, 1997, pp. 315-324
- [3] Masayuki Kaneda et al, Development of a Drowsiness Warning System, *Nissan Technical Report*, Vol.34, NO.12, 1993, pp. 85-91
- [4] Karel Brookhuis, Driver impairment monitoring by physiological measures, *Fatigue & Driving*, Taylor & Francis, 1995, pp. 181-188
- [5] Niels Galley, *Traffic Relevant Behavior Monitored by the Electro-Oculogram(EOG) as a Psychophysical Measuring Instrument*, Vision in Vehicles-IV, 1993, pp. 315-324
- [6] 김남균, 김법중, 박상수, 유충기, 영상처리를 이용한 졸음운전 감시 시스템, 의공학회지, Vol. 19, NO. 6, 1998, pp. 577-584
- [7] Takchito, H., Katsuya, M., Kazunori, S and Yuji, M, "Detecting Drowsiness while Driving by Measuring Eye Movement - A Polot Study", *International Conference on Intelligent Transportation Systems*, IEEE, 3-6 September 2002.
- [8] Dixon, C., "Unobtrusive eyelid closure and visual of regard measurement system", *Conference on ocular measures of driver alertness*, vol. April, 1999.
- [9] 설재훈, 운전 중 휴대전화 사용에 대한 법적규제의 타당성, 2000
- [10] 한인숙, 휴대전화 사용에 따른 조작상 실수가 안전 운전 에 미치는 영향, 도로교통안전관리공단, 교수연구논문집, 2005
- [11] 박상권, 졸음 운전으로 인한 교통사고 예방 대책 - 영국의 시사보도자료를 중심으로-, 교통안전공단, 안전을 위한 약속, 2007.03
- [12] 송준영, 성동현, 이동성, 이운성, 차량 시뮬레이터를 이용한 차선이탈 경고시스템 평가, 국민대학자동차공학전문대학원
- [13] David F. Dinges, Ph.D., PERCLOS: A Valid Psychophysiological Measure of Alertness As Assessed by Psychomotor Vigilance, *FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, OFFICE OF MOTOR CARRIERS*, 1998
- [14] 박일권, 김광수, 박상철, 변혜란, 조명에 강인한 눈꺼풀 움직임 측정기반 운전자 감시시스템, 정보과학회논문지, 소프트웨어 및 응용, vol 34, NO 3, 2007, pp. 255-265

접 수 일: 2008. 6. 11
 심 사 일: 2008. 7. 8
 심사완료일: 2008. 9. 23