

I. 서론

최근 자동차가 새로운 스마트 플랫폼으로 진화하고 있다. 이동통신의 고도화와 스마트폰 대중화로 상징되는 ICT (Information and Communication Technologies) 혁명의 흐름이 자동차 시장까지 영향을 미치면서, 통신 기반 서비스를 지원하는 커넥티드 카(connected car)를 둘러싸고 사업자들 간 경쟁이 점차 복잡하게 전개되는 모습이다. 커넥티드 카는 네트워크 접속 기능을 갖춘 자동차로서, 무선통신을 통해 차량과 내/외부 네트워크가 상호 연결되어 운전자의 편의성을 높일 수 있는 서비스를 제공한다. 개인화, 양방향 실시간 서비스를 제공하며 클라우드 등의 외부 인프라와도 연동 가능해 차량을 일종의 스마트 디바이스화 하고 있는 것이다.

하지만 운전자를 지원하는 시스템은 운전자에게 편의뿐만 아니라 운전자의 부적절한 주의행동이나 운전으로 인한 피로 및 추가 운전부하 등을 야기할 수 있음을 짐작할 수 있다. 실제로 운전자에게 운전편의를 제공하는 IVIS(In-Vehicle Information System), ADAS(Advance Driver Assistance System), ITS(Intelligent Transportation System)와 같은 운전자의 행동을 지원하는 시스템이 있음에도 불구하고 지난 2012년을 기준으로 볼 때, 우리나라에서 교통사고로 발생한 사회적 피해비용은 2012년 국내총생산(GDP)의 1.9%인 약 23조 5,900억 원이 도로교통사고로 인한 것으로 나타났다[1]. 도로교통사고의 발생은 도로조건, 교통안전시설과 자동차 조건에 의해 형성된 물리적인 교통 환경에서 교통참가자가 어떠한 행동을 했느냐에 의해 결정된다고 할 수 있다. 즉, 교통사고의 직접적인 원인은 인간의 교통행동에 의해 결정되는 것이며 운전자의 사소한 실수나 부적절한 운전행동이 위험 발견 시 잘못된 판단과 연결될 때 교통사고의 발생 가능성은 더욱 높아질 것이다.

본 연구에서는 자동차 사고예방을 위한 선행연구를 기반으로 하여 운전자의 운전부하를 측정하는 알고리즘을 구현하였다. 모바일 기기를 통하여 GPS, 마이크, 자이로 센서 정보를 수집하여 차량의

속도변화, 조향각 변화, 급정지 회수, 운행시간 등을 분석하여 운전부하를 측정하였고, 차량 내부에서 실제 테스트 가능하도록 애플리케이션을 구성하였으며, 운전자의 급가속, 급감속, 급커브 및 경사도로 등 사고위험지역의 실차 테스트를 통해 운전자의 행동변화에 따른 운전부하의 변화량을 분석하였다. 이러한 애플리케이션을 통해, 다양한 운전 환경에서 차량 및 운전자의 안전에 기여할 수 있을 것이다.

II. 연구방법

운전부하(Driving Workload)는 운전자가 보유한 용량이 실제 운전과제로부터 요구되는 용량의 수준에 미치지 못할 때 발생하며, 운전부하의 수준은 운전자가 기울여야 하는 과제의 난이도나 개수가 증가하는 경우 증가하게 된다.

운전행동(Driving Task)은 운행하면서 운전자가 수행하는 과제(Task)로 정의할 수 있으며 운행하면서 운전자가 겪을 수 있는 과제는 좌회전, 우회전, 유턴, 차선변경, 급가속, 급감속 등이 있을 수 있다.

운전자의 운전부하를 효과적으로 측정하고 관리할 수 있는 알고리즘 설계를 위하여 다음과 같은 연구 절차가 반드시 필요하다. 첫 번째로 개인화된 운전부하 산출을 위하여 운전자 및 차량에 대한 정보를 수집하여야 한다. 두 번째로 운행 중에 신뢰성 있는 센서 정보 수집을 위하여 각 플랫폼 버전 별 센서정보 특이사항을 확인하여야 한다. 예를 들어 센서정보 수급 방법의 경우 차량용 외부장치(On-Board Diagnostics)를 통한 블루투스 통신 방법과, 모바일 기기 내장 센서를 활용하는 방법이 있는데 여러 가지 버전에 따른 센싱 정보의 형식을 파악하여 보다 신뢰성 있는 운전부하 산출을 할 수 있다. 세 번째로 정확한 운전행동(diving task) 유추를 위한 알고리즘 구현이다.

운전자의 운전행동을 측정하고 안전운행을 위한 시스템의 설계에 대한 연구가 최근에 소개되고 있다. 운전자의 주행습관에 따라 안전운전을 위한 정보 획득 및 분석 장치를 구현하고, 안전운전 지원을

위하여 공격적 운전행동을 정의하고, 운전 중 행동을 인식할 수 있는 정보 획득 방법을 설계하고 구현하였다. 이러한 시스템을 통해 정보의 정확성을 높이고, 운전자의 평소 운전행동과 비교하여 이상 행동을 검출하여 경고할 수 있도록 시스템을 설계하기도 하였다[2]. 차량용 시뮬레이터를 통해, 주행 안정성을 분석하기도 했는데[3], 초보자는 운전기술의 부족과 심리적 문제 등으로 상대적으로 주행안정성이 낮은 것으로 분석되었다[4]. 초보자뿐만 아니라, 고령자에 대해서도 행동 분석에 다른 주행안정성 등을 연구하기도 하였다[5]. 특히 교차로 및 회전 교차로에서 안전을 위해 운전행동 측정 장치를 통한 부하요인 분석[6], 안전 시스템의 개발[7] 등이 최근에 많이 연구되고 있다.

이러한 연구들은 따로 측정을 위한 시스템을 개발하고 이를 이용하여 정보를 얻고, 경고 등을 통해 안전운전을 지원하는 시스템의 개발 혹은 연구이다. 하지만, 다양한 센서 기능을 내장한 고성능의 스마트폰의 보급으로 이러한 차량운행 행동 정보의 수집은 스마트 폰으로도 충분히 가능하게 되었다. 본 연구에서는 차량용 외부장치와 모바일 기기에 내장된 자이로 센서를 활용하여 정확한 운전행동을 유추할 수 있도록 하였고 과속 방지턱, 운전 중 소음 등과 같은 부적절한 운전행동을 야기할 수 있는 요인을 반영하여 세밀한 운전부하 산출이 가능하도록 하였다.

1. 운전자 특성 정보 수집 및 분석

운전부하를 산출하기 전에 입력된 운전자기본정보, 차량 기본정보, 운전성향 설문정보를 바탕으로 사용자에게 대한 기본적인 운전부하 가중치를 산출해야 한다. 기본 운전부하 가중치를 산출하기 위하여 운전자 정보획득 질문지, 운전행동 결정요인 질문지, 운전확신수준 질문지 등을 사용 하였으며, 각 세부항목은 <표 1>과 같다.

운전자의 기본적인 행동양식을 알아보기 위해 이들의 성별, 연령, 운전경력(년), 연간 평균 주행거리(km)를 묻는 질문들과 이들의 과거 3년 간 각종

법규위반 경험 및 교통사고 경험을 묻는 문항들로 운전자의 정보획득 질문지를 구성 하였다.

운전행동 결정요인은 운전행동에 영향을 미칠 것으로 여겨지는 일반적인 성격과 태도 등에 대한 내용으로 “관계적응성 부족”, “불안상황”, “위험감수성 부족”, “준법정신 부족”으로 구성되어 있으며 선행연구에 따르면 택시기사의 직무만족도가 운전행동에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 한 또 다른 연구에서는 운전행동 결정요인 가운데 위험 감수성과 준법정신이 부족할수록 택시운전자들이 과속운전이나 음주운전을 하고, 운전 중 관련 없는 주의 산만한 행동을 하며 그리고 운전 중 발생하는 피로에 대해 심각하지 않게 생각하여 별다른 대처를 하지 않는 것으로 나타났다.

<표 1> 운전자 정보 분석 내용
(Table 1) Analytical Contents of Driver's Information

Item	Sub Item
Basic Driving Information, Violated and Accident Record	Average age(age)
	Driving experience(year)
	Annual mileage(km)
	Fast driving violations(time)
	Drink and drive trials(time)
	Drink and drive violations(time)
	Other traffic violations(time)
	Perpetration of traffic accident in three years(time)
	Harmed traffic accident in three years(time)
Determining Element of Driving Behavior (0~5points)	Shortage of Relation Adaptability
	Nervous Conditions
	Shortage of risk sensitivity
	Shortage of law-abiding spirit
Level of Driving Confidence(0~5points)	Circumstance insensibility
	Unstable driving
	Careless
	Driving Confidence

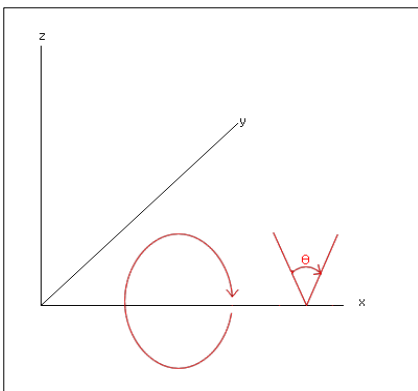
운전행동에 대한 운전자의 확신은 운전자마다 차이가 있으며, 이러한 차이는 운전행동에 여러 가지 영향을 주고 있다. 운전확신수준을 구성하는 요인은 “상황둔감성”, “불안한 운전”, “주의집중소홀”, “운전자신감”이다. 이와 같은 운전확신 수준을 이용하여 운전사고 다량 발생 집단인 초보운전자에 대한 운전확신 수준과 가해 교통사고의 경험의 관계에 대하여 확인하였다[8].

2. 센서 정보 수집

본 연구에서는 차량 내부에서 사용되는 모바일 애플리케이션으로 정확한 센서정보 수집을 위하여 차량용 거치대를 사용해야 한다. 차량용 거치대 설치 위치는 운전자의 우측 즉, 차량의 가운데 정면의 유리에 장착하여 운행을 진행하였다.

운행 중 소음(Decibel) 측정을 위해 모바일 기기에 내장된 마이크를 사용하여 소음을 산출 하였다. 소음의 경우 순간적인 소음과 지속적인 소음으로 분류하여 각 상황에 따른 운전부하 가중치를 부여하여 운전부하를 산출하였다.

또한 자이로 센서를 사용하여 차량의 방위의 변화를 유추하여 좌회전, 우회전, 유턴, 급가속, 급감속을 판별하고 과속방지턱, 경사 등과 같은 신체적으로 운전자에게 부담을 줄 수 있는 상황에 따른 운전부하의 가중치를 부여하였다.



〈그림 1〉 자이로 센서의 원리
 〈Fig. 1〉 Principle of the Gyro Sensor

```

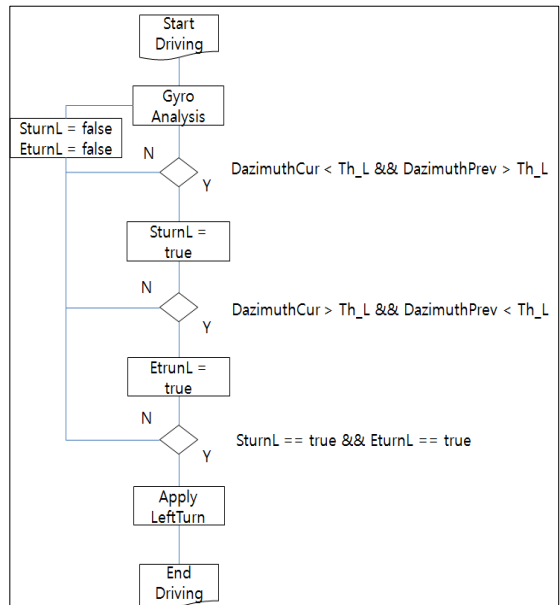
if(DazimuthCur < Th_L){
    if(DazimuthPrev > Th_L){
        //start Left Turn
        SturnL = true;
    }
}

If(DazimuthCur > Th_L){
    if(DazimuthPrev < Th_L){
        //end Left Turn
        EturnL = true;
    }
}

If(SturnL == true && EturnL == true){
    //Apply Left Turn
    turn_return = T_LEFT_TURN
}
    
```

〈그림 2〉 드라이빙 태스크 판별 (Left Turn)
 〈Fig. 2〉 Reasoning Driving Task (Left Turn)

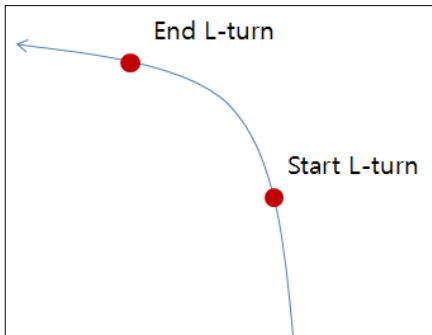
<그림 1>과 같이 자이로 센서는 각속도를 측정한다. 한 축을 기준으로 물체가 회전한 각도의 이동 속도 값을 획득할 수 있으며, 자이로 센서정보를 사용하여 차량의 회전상태를 모니터링 한다. 자이로



〈그림 3〉 드라이빙 태스크 판별 흐름도 (Left Turn)
 〈Fig. 3〉 Reasoning Driving Task Flow Chart (Left Turn)

센서 정보를 초당 10개씩 누적하고, 7초간의 자이로센서 정보의 차이를 누적한다. 운행 중 누적된 센서정보의 차이 값이 일정 임계치를 초과하면, 해당 운전행동으로 판단한다. 세부 판별방법은 아래 <그림 2>, <그림 3>, <그림 4>와 같다.

운행 중 변화되는 자이로센서 값의 변화량을 Dazimuth 배열에 저장하게 되는데, 차량의 회전이 심할수록 Dazimuth 값의 크기도 증가한다. 좌회전 판별 임계치인 Th_L을 두고, DazimuthCur의 값이 Th_L보다 작고, DazimuthPrev 값이 Th_L보다 클 경우, 좌회전을 시작했다고 판단한다. 반대로 DazimuthCur의 값이 Th_L보다 크고, DazimuthPrev의 값이 Th_L보다 작을 경우, 좌회전을 종료했다고 판단하고 좌회전 카운트를 증가시킨다. 이와 같이 누적된 자이로센서 값의 차이를 누적하고 차량 회전의 시작과 끝을 판별하여, 운행 중의 운전행동을 증가시킨다.



<그림 4> 드라이빙 태스크 시작과 종료 판별
<Fig. 4> Reasoning Driving Task (Start and Stop)

3. 운전 부하 측정

운전자 운전부하 측정 방법은 차량정보 센싱 장치를 통하여 운행정보를 수집하여 차량의 속도변화, 조향각 변화, 급정지 회수, 운행 시간 등을 분석하여 운전자의 운전부하를 측정하는 방법이다[9].

1) 운행시간에 따른 운전부하

운전자는 운행이 길어질수록 피로감을 느끼기

쉽고 이는 졸음운전을 유발할 수 있으므로 운행 시간에 따른 운전 부하 증가를 반영한다.

본 연구에서는 주행시간을 고려하여 운전부하를 적용하는 방식을 사용하였다. 운행시간이 30분 이상일 경우 시각(Visual), 청각(Auditory), 인지(Cognition), 신체(Physical)적인 운전부하를 증가시킨다. 운행 시간이 2시간 이상일 경우 운전자에게 휴식 알림을 제공하여 운전자의 휴식을 유도한다.

2) 운행속도에 따른 운전부하

차량의 운행속도에 따라 사고 위험은 증가한다. 속도에 따른 운전부하 반영은 최하 속도를 60km/h로 하고, 속도가 20km/h씩 증가 할 때마다 운전부하를 증가시킨다. 운전부하의 최하 속도를 60km/h로 설정한 이유는 사용자에게 정량적인 운전부하를 제공하고 직접적인 사고의 위험을 인지하도록 하기 위하여 일반도로 최저 과속단속 기준인 60km/h를 설정하였다.

3) 운전행동에 따른 운전부하

자이로 센서정보를 통하여 운전행동을 유추하고 발생할 수 있는 운전행동 결과를 운전부하에 반영한다. 선행 연구에 의한 운전 행동의 정의는 총 유턴, 추월, 차선변경, 좌회전, 우회전, 돌발 상황 및 출발로 되어 있다[9]. 하지만 본 연구는 모바일 어플리케이션이고 별도의 차량용 외부 OBD(On-Board Diagonosis)장치 없이 추월, 차선 변경은 판별이 어렵다고 판단하여 운전행동을 급가속, 급감속, 좌회전, 우회전, 유턴으로 반영하였다.

급가속, 급감속, 좌회전, 우회전, 유턴 등과 같은 운전행동은 운전자의 시각적인 부분과 주변 사물인지, 그리고 신체적인 부담을 줄 수 있기 때문에 4가지 항목 중 시각, 인지, 신체 운전부하를 증가시킨다.

4) 소음에 따른 운전부하

차량 경적 같은 돌발적인 소리는 운전자에게 청각적인 부담을 증가시키고 교통사고를 야기할 수 있으며, 운행 중 운전자가 음악을 청취하거나 통화

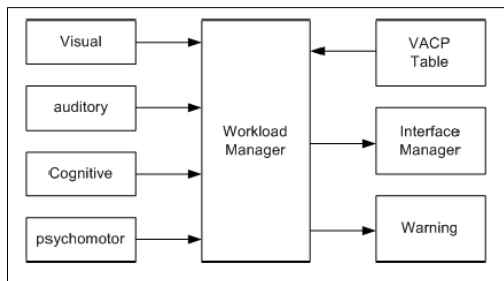
벨소리가 울리는 등 지속적으로 발생하는 소리 또한 운전자의 운행을 방해할 수 있는 요인이 될 수 있다.

본 연구에서는 운전자가 운행 중 접할 수 있는 소음의 데시벨을 측정하여 반영하였는데, 실험결과 차량의 속도가 10km/h 이하일 경우 평균 데시벨이 46.12db, 차량의 속도가 10km/h 이상일 경우 61.92db로 나타났다. 이에 따라 차량의 속도, 데시벨 임계치를 설정하고 주행 중 지속적으로 데시벨을 모니터링 하여 각 데시벨 단계에 따른 청각 운전부하를 증가시키도록 구성 하였다.

또한 소음측정에 사용되는 데시벨 정보는 안드로이드 API의 MicroPhone을 사용하여 데시벨 정보를 획득하였고 정확한 데시벨 판별 및 신뢰성을 확보하기 위하여 0.1초당 산출하여 1초단위로 평균을 구하는 식으로 알고리즘을 구성 하였다.

4. 운전 부하 관리

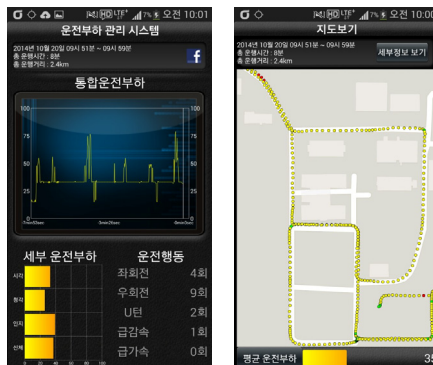
운전부하 측정은 <그림 5>와 같이 운전부하 관리 시스템(Workload Management System)으로 이루어진다[10]. 정확한 운전부하 측정을 위해서는 시각, 청각, 인지처리, 바디컨트롤에 대한 데이터를 수집하고 VACP(visual, auditory, cognition, physical) 테이블을 참조하여 각 채널에 로드된 부하를 측정할 수 있다. 측정된 운전부하는 경고를 통하여 사용자에게 경고를 제공하게 되며 별도의 플랫폼 전환이 필요 할 시에는 인터페이스 관리자를 사용한다.



<그림 5> 드라이빙 부하 관리 시스템
<Fig. 5> Driving Workload Management System

III. 연구 결과

설계된 알고리즘을 모바일 애플리케이션으로 개발하여 실차주행을 실시하였고 다양한 도로에서 발생될 수 있는 운전행동, 운전부하 정보에 신뢰성이 있는지에 대하여 <그림6>와 같이 테스트를 실시하였다.



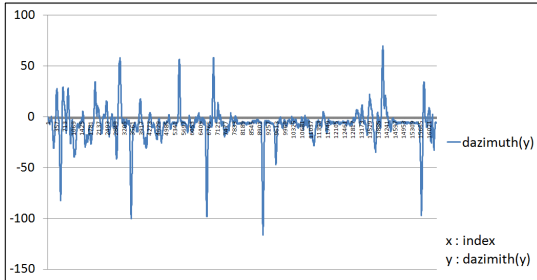
<그림 6> 운전부하 관리 응용
<Fig. 6> Driving Workload Management Application

실차 테스트는 맑은 날씨에 일반적인 시가지 기준도로 수행하였다. 차량은 중형 승용차를 사용하여 차량 운전자 우측 거치대에 스마트폰을 고정하여 진행하였다. 테스트 절차는 운행 경로를 정하여 차례대로 수행하는 방식으로 테스트를 진행하였으며 차량이 많지 않은 안전한 도로에서 급가속, 급감속을 집중적으로 테스트 하였다.

운전행동의 경우 좌회전, 우턴, 우회전은 자이로 센서를 사용하고 급가속과 급감 속은 GPS정보의 속도 정보를 사용 하였다. 그 결과 좌회전, 우턴, 우회전의 경우 차량 내부의 센서정보의 정확한 정보 수집을 기반으로 높은 성공률을 보였으나 급가속, 급감속의 경우 GPS정보의 특성상 음영지역이나 기 후조건에 영향을 받는 모습을 보이며 몇몇 구간에서는 잘못 증가되었다.

<그림 7>은 실차 운행을 통하여 산출된 자이로 센서 정보의 로그 그래프의 모습이다. 값이 Dazimuth 값이 40이상일 경우 우회전으로 판별되고, -40

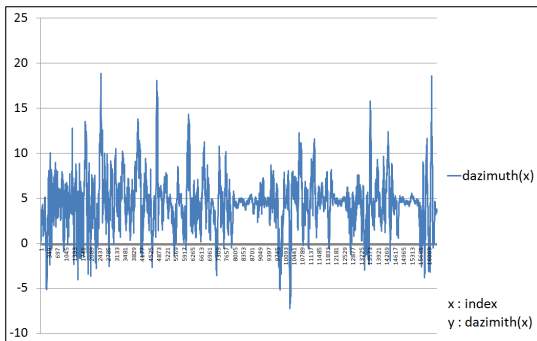
이하일 경우 좌회전으로 판별된다. 그리고 유턴의 경우 -140의 임계치를 사용한다.



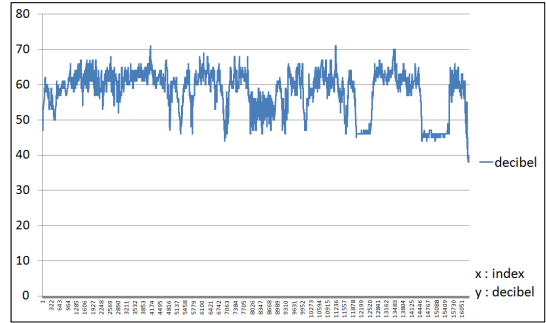
〈그림 7〉 자이로센서 측정 로그
〈Fig. 7〉 Gyro Sensor Measurement Log

〈그림 8〉은 과속 방지턱 같은 차량의 튀 현상, 도로의 경사정보를 운전부하에 반영하기 위한 자이로 센서의 x값의 로그이다. 과속방지턱의 경우 운전자의 안전운전을 위하여 설치된 것이지만 파손된 과속방지턱이나 운전자가 인지하지 못한 과속방지턱의 경우 순간적인 차량 흔들림으로 운전자에게 신체적으로 부담을 줄 수 있다.

〈그림 9〉은 운행 중 측정된 소음 정보이다. 측정 결과 차량의 엔진 소리로 인하여 기본적으로 증가되는 데시벨 있었으며 차량의 라디오 소리, 전화벨 소리, 내비게이션 등 상황에 따라 다양한 정보가 수집되었으며 이를 알고리즘에서 반영하였다.



〈그림 8〉 과속방지턱, 경사로 로그
〈Fig. 8〉 Log at Speed Bumps and Slope



〈그림 9〉 운행 중 소음 로그
〈Fig. 9〉 Noise Log at Driving Time

V. 결 론

본 연구에서는 선행된 연구 이론을 바탕으로 종합하여 알고리즘을 설계하고 모바일 애플리케이션을 구현하여 차량 내부에서 직접 테스트를 실시하였으며, 자이로 센서를 통한 운전행동 유추의 정확도 테스트 및 센서정보 변화 추이를 살펴보았다. 연구결과 자이로 센서를 통한 운전행동 판별은 오류 없이 정확했고 운전 중 소음, 차량 튀 현상 등 돌발적인 상황에 대한 운전부하 측정 또한 정확하게 판별하였다.

이와 같은 분석 결과는 다양한 도로를 주행하면서 얻은 것으로, 주목할 점은 실험결과 실제 교통사고 다발지역에서의 운전부하가 상당히 높게 측정되었다는 것이다. 이 점은 본 논문에서 제시한 측정 기법과 알고리즘이 실외에서 실제 상황을 반영하여 분석해 준다는 것으로 판단할 수 있다. 이러한 실험을 통해, 운전자의 운전부하를 정확하게 측정하여 운전자의 안전운전을 지원해줄 수 있을 것이다. 추후에는 많은 실험참가자를 통하여 다양한 상황(날씨, 야간, 혼잡도로 등)에 관한 테스트를 실시할 계획이다.

REFERENCES

- [1] Road Traffic Authority, *The Social Cost Trend Analysis Results of the Road Traffic Accident*, pp.3-4, Dec. 2012.
- [2] J.J. Ko and K.H. Choi, "The Design and Implementation of Driver Safety Assist System by Analysis of Driving Behavior Data", *Journal of Korean Navigation Institute*, vol. 17, no. 2, pp.165-170, Apr. 2013.
- [3] Ting, P., Hwang, J., Doong, j. and Jeng, M., "Driver Fatigue and Highway Driving: A Simulator Study", *Physiology & Behavior*, vol. 94, no. 3, 448-453, 2008.
- [4] S.R. Lee, J.H. Kim, N.Y. Lee and Y.S. Park, "The Potential Driving Behavior Analysis of Novice Driver using a Driving Simulator", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, vol. 33, no. 4, pp.1591-1601, Jun. 2013.
- [5] J.H. Bae, M.H. Kim and J.W. Son, "Development of the Simulator for Older Driver Behavior Analysis", *Proceeding of the 2007 Spring Conference of the Korean Society for Precision Engineering*, pp.339-340, 2007.
- [6] Im-Ki Seo, Je-Jin Park, Soo-Lyeon Sung and Nam-Gung Moon, "Drivers' Workloads through the Driving Vehicle Test at Intersections", *Journal of the Korean Intelligent Transportation System*, vol. 11, no. 3, pp.112-123, Jun. 2012.
- [7] M. Namgung, H.S. Sin, S.S. Lee, Y.G. Park and S.M. Lee, "Development of Measuring Instrument and Driver's Approaching Maneuver Experiment on the Roundabout", *Journal of the Korean Intelligent Transportation System*, vol. 12, no. 5, pp.73-86, Oct. 2013.
- [8] D.S. Yoon, Y.S. Hwang and H.S. Kim, "Evaluation of Self-reported Driving Workload Assessment", *Proceeding of the Conference of the Korean Human Computer Interaction (HCI)*, pp.299-301, 2010.
- [9] D.S. Yoon, Y.S. Hwang, H.S. Kim and K.H. Kim, "Driver Behavior Analysis for Driving Workload", *Proceeding of the Ergonomics Society of Korea 2010 Spring*, pp.275-279, 2010.
- [10] S.C. Lee, J.S. Oh, H.H. Song, D.S. Yoon and Y.S. Hwang, "The Effects of Driver Characteristics on Subjective Workload", *Journal of the Korean Society for Industry and Organizational Psychology*, vol. 23, no. 3, pp.445-469, Mar. 2010.

저자소개



최 형 길 (Choi, Hyung-Gil)

2011년 1월~현재 : 네이버시스템(주) 응용S/W개발팀 선임 연구원
2015년 8월 서울과학기술대학교 산업대학원 컴퓨터공학과 석사 (공학석사)
2011년 2월 천안대학교 정보보호학과 학사 (공학사)
e-mail : chkk29@naver.com



이 길 흥 (Lee, Kil-Hung)

2000년 5월~현재 : 서울과학기술대학교 컴퓨터공학과 교수
1991년 1월~1995년 2월 : LG정보통신 안양연구소 연구원
1999년 8월 연세대학교 대학원 전기컴퓨터공학과 박사 (공학박사)
1991년 2월 연세대학교 대학원 전자공학과 석사 (공학석사)
1989년 2월 연세대학교 전자공학과 학사 (공학사)
e-mail : khlee@seoultech.ac.kr