

자이로센서를 이용한 사행운전 검지 및 경고정보 제공 알고리즘 개발

Detection of Unsafe Zigzag Driving Maneuvers using a Gyro Sensor

임 희 섭*

(Hee-Sub Rim)

정 은 비**

(Eun-Bi Jeong)

오 철***

(Cheol Oh)

강 경 표****

(Kyeong-Pyo Kang)

요 약

교통사고는 인적요인, 도로 기하구조, 교통류, 환경적요인 등 복합적인 요인에 의해 발생하며, 그 중 운전자의 특성과 운전행태는 교통사고에 큰 영향을 미치고 있다. 특히 졸음운전 및 음주운전으로 인한 사행운전은 사고발생 확률이 높고, 사고 발생 시 심각도가 높다. 따라서 본 연구에서는 사행운전을 검지하는 알고리즘을 개발하고, 알고리즘을 통해 사행운전을 검지하여 운전자 및 후방차량에 경고정보를 제공하는 적용방안에 대한 방법론을 제시하였다. 본 연구에서는 사행운전을 위험도에 따라 1차로 사행운전과 2차로 사행운전으로 구분하여 정의하였으며, 사행운전 시 관찰되는 횡방향 각속도 변화의 특성을 분석하였고, 통계적 분석을 통해 정상주행과 사행운전을 분류하기 위한 임계값과 1차로 사행운전과 2차로 사행운전을 분류하기 위한 임계값을 설정하였다. 설정된 임계값을 이용하여 사행운전 검지 및 위험운전 판단 알고리즘을 평가하였다. 평가결과 제안된 사행운전 검지 알고리즘은 현장적용 시 높은 신뢰도를 가지는 정보를 제공 가능한 것으로 분석되었다. 본 연구에서 제시한 방법론은 교통안전성 증진에 기여할 뿐만 아니라, 자이로센서와 무선통신이 가능한 장비만 있으면 적용 가능한 방법론으로 스마트폰에도 적용 가능할 것으로 판단되어 도래하는 유비쿼터스 교통서비스의 새로운 콘텐츠로 활용될 것으로 기대된다.

Abstract

This study presented an algorithm to detect zigzag driving maneuver that is highly associated with vehicle crash occurrence. In general, the zigzag driving results from the driver's inattention including drowsy driving and driving while intoxicated. Therefore, the technology to detect such unsafe driving maneuver will provide us with a valuable opportunity to prevent crash in the road. The proposed detection algorithm used angular velocity data obtained from a gyro sensor. Performance evaluations of the algorithm presented promising results for the actual implementation in practice. The outcome of this study can be used as novel information contents under the ubiquitous transportation systems environment.

Key words : 사행운전, 졸음운전, 음주운전, 위험운전, 경고정보, 자이로센서, drowsy driving, zigzag driving, drunk driving, unsafe driving, smart phone

† 본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비 지원(06-교통핵심-A01-01)에 의해 수행되었습니다.

* 주저자 : 한양대학교 교통시스템공학과 석사과정

** 공저자 : 한양대학교 교통시스템공학과 석사과정

*** 공저자 및 교신저자 : 한양대학교 교통시스템공학과 교수

**** 공저자 : 한국교통연구원 도로교통안전연구본부 부연구위원

† 논문접수일 : 2010년 12월 7일

† 논문심사일 : 2011년 1월 11일(1차), 2011년 3월 28일(2차)

† 게재확정일 : 2011년 3월 29일

I. 서 론

교통시스템과 이용자, 교통안전은 유기적인 관계를 가지고 서로 상호작용하고 있다. 운전자가 보다 안전하게 교통시스템을 이용할 수 있도록 하기 위해 여러 가지 정책적인 노력과 관련 연구가 수행되었다. 교통공학적인 측면에서 이용자의 안전성을 높이기 위한 노력으로는 도로 기하구조의 개선, 교통류 관리전략 수립, 경고정보 제공 등이 있다.

교통사고는 인적요인, 도로 기하구조, 교통류, 환경적요인 등 복합적인 요인에 의해 발생된다. 인적 요인에는 운전자의 특성과 운전행태가 포함되며 교통사고에 가장 큰 영향을 미치는 요인이다. 특히 졸음운전 및 음주운전 등은 사고발생 확률이 높고, 사고 발생 시 심각도가 높다. 따라서 음주운전 및 졸음운전에 대한 대응책이 요구되고 있다. 사행운전(蛇行運轉, Zigzag driving)은 차량 진행방향에 대해 단시간동안 좌우 반복적으로 이동하며 주행하는 운전형태로 음주운전, 졸음운전의 행태를 대표한다. 따라서 본 연구에서는 사행운전을 검지하는 알고리즘을 개발하고, 알고리즘을 통해 사행운전을 검지하여 운전자 및 후방차량에 경고정보를 제공하는 적용방안에 대한 방법론을 제시하였다.

본 연구에서는 사행운전의 주행특성인 차량의 좌우 움직임을 정밀하게 측정하기 위해 자이로센서를 이용하여 자료를 수집하였다. 자이로센서를 이용하여 수집할 수 있는 자료에는 3축의 각속도 자료가 있다. 횡방향 각속도는 차량의 좌우 움직임을 반영하는 변수로써 본 연구에서 제시한 사행운전 검지 알고리즘의 주요 변수이다.

본 연구에서는 사행운전을 위험도에 따라 1차로 사행운전과 2차로 사행운전으로 구분하여 정의하였으며, 사행운전 시 관찰되는 횡방향 각속도 변화의 특성을 분석하였고, 통계적 분석을 통해 정상주행과 사행운전을 분류하기 위한 임계값과 1차로 사행운전과 2차로 사행운전을 분류하기 위한 임계값을 설정하였다. 설정된 임계값을 이용하여 사행운전 검지 및 위험운전 판단 알고리즘을 평가하였다.

최근 일반 휴대전화 보다는 스마트폰을 이용하는

이용자들의 수가 늘고 있으며, 일부 스마트폰에는 관성센서가 장착되어 있다. 본 연구에서 제시한 사행운전 검지 및 위험운전이벤트 판단 알고리즘을 스마트폰에 적용하여 교통서비스를 제공한다면 보다 효과적으로 경고정보를 제공할 수 있으며 보다 많은 수의 운전자들이 이용 가능할 것으로 판단된다. 본 연구에서 제시한 방법론은 전방 혹은 측면 차량의 사행운전으로 인한 측면충돌, 후미추돌 사고 예방에 기여를 하며, 별도의 장비 장착 없이 다수의 운전자가 이용 가능한 서비스를 제공할 수 있다는데 의의가 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무선통신, 경고정보제공, 관성센서와 관련된 기존 문헌을 고찰하였고, 3장에서는 경고정보제공 시스템에 대하여 소개하였다. 4장에서는 사행운전 검지 및 위험운전이벤트를 판단하는 알고리즘을 제시하였으며, 5장에서는 연구 수행을 위한 자료수집과정에 관한 내용을 서술하였다. 6장에서는 실험자료 분석을 통해 본 논문에서 제시한 알고리즘을 평가하였고, 7장에는 결론을 제시하였다.

II. 기존연구 고찰

본 연구에서는 경고정보 제공관련 연구와 사행운전 검지관련 연구, 자이로센서를 이용한 위험운전 검지관련 연구내용을 위주로 기존연구 고찰을 수행하였다.

1. 경고정보제공 관련연구

Kimura(1997)는 인간공학적인 요소를 고려하여 정보를 제공하는 단말기 및 시설물 등에 대한 위치와 제공시간, 제공 정보 등에 대해 연구하였다[1]. Boyle(2004)는 기상악화나 돌발상황 발생시 경고정보 콘텐츠 유형에 따른 운전자의 반응을 시뮬레이션으로 비교하여 효과적인 속도제어에 대해 연구하였다[2]. Campbell(2004)은 차량 내 단말기에서 제공되는 정보에 대한 구성요소 및 고려사항 등에 대해 가이드라인을 제시하였으며, 정보제공 전략수립 시 판독성과, 인지성, 이해성을 고려하여 설계해야 한다고 제시하였다[3]. Chang(2008)은 차량 내 단말기

를 이용하여 청각적 경고음을 제공 시 운전자의 인지 능력을 분석하였다[4]. Zhang(2009)은 낮은 시인성에 의해 교통사고가 자주 일어나는 아치형 교차로에 접근하는 운전자가 가·감속 시 제공하는 차량 내 경고정보의 효과를 평가하였다. 동적정보는 정적정보보다 효과가 높으며, 음성 경고정보와 음성+이미지 경고정보는 비슷한 효과를 보이는 것으로 분석되었다[5]. 송태진(2009)은 교통사고 예방을 위해 운전자에게 안전운전을 유도할 수 있는 경고정보를 효과적으로 제공하기 위한 연구를 수행하였다. In-Vehicle 기반 경고정보제공 전략과 관련한 선호도 조사에서는 네비게이터로 정보를 제공받기를 원했으며, 지도와 음성방송이 동시에 경고정보를 제공하는 방식으로 선호하였으며, 속도제한정보의 내용을 제공받기를 원하는 것으로 분석되었다[6]. 오철(2009)은 실시간 주행환경에서 교통사고를 유발할 수 있는 위험한 교통상황을 검지하고 경고정보를 운전자에게 제공하여 운전자의 회피 행동을 효율적으로 유도할 수 있는 경고정보시스템을 제안하고, 교통사고 개연성을 계량화해서 나타낼 수 있는 Surrogate Safety Measure(SSM)를 도출하여 제안한 시스템의 구현을 위한 정보처리 및 가공기법을 개발하였다[7].

2. 사행운전검지 관련연구

Eriksson(2001)은 운전자의 피로도를 검지하기 위해 운전자의 눈동자를 추적하는 시스템을 개발하였다. 운전자의 눈동자 깜빡임을 감지하며, 운전자의 머리가 좌우로 흔들리면 졸음운전으로 검지하는 시스템을 개발하였다[8]. Ji(2004)는 눈꺼풀의 움직임, 운전자의 시선, 머리의 움직임, 표정을 독립변수로 하여 운전자의 피로도를 실시간으로 예측하는 확률모형을 개발하여 운전자의 피로도를 모니터링하는 시제품을 개발하였다[9]. 민지홍(2005)은 운전자의 얼굴과 눈의 영역을 자동으로 검출하고 눈동자를 추적하여 운전자의 졸음여부를 판단하는 시스템 구현방법을 제안하였다[10]. Wu(2008)은 퍼지로지 이미지 프로세싱을 이용하여 차량의 대시보드 위에 설치한 카메라로 운전자의 얼굴을 인식하고 분석하

여 운전자의 졸음 또는 부주의를 검지하여 경고정보를 제공하는 시스템을 개발하였다[11]. 주영훈(2008)은 영상처리 기술을 기반으로 얼굴 영상분석과 퍼지 이론을 이용하여 운전자의 피로도를 측정하여 졸음운전을 판단하는 실시간 비전 시스템을 제안하였다[12]. Wang(2010)은 다양한 센서로부터 수집되는 차량관련 파라미터, 운전자의 생체적인 자료, 운전자의 행동특성을 입력자료로 사용하여 통계적인 모델링을 통해 운전 위험을 예측함으로써 실시간 운전 위험도를 예측하는 시스템을 개발하였다[13]. Sharma(2010)은 운전자의 얼굴영상과, 눈의 움직임 분석하여 졸음운전을 검지하는 방법과 기술을 소개하였다[14]. Zhe(2010)은 운전 시물레이션을 통해 졸음운전 시 조향각의 변화를 분석하여 졸음운전 시 운전자의 행태를 분석하였다[15].

3. 관성센서 관련연구

Ryu(2002)는 GPS(Global Positioning System)와 INS(Inertial Navigation System)센서를 이용하여 차량의 상태를 추정하는 방법을 제안하였다. 그 결과 차량의 미끄러짐, 횡방향가속도의 예측값을 도출하였다[16]. 한인환(2007)은 차량용 블랙박스를 활용하여 주행데이터 특성 분석과 위험운전 인지 체계 구축을 목적으로 위험운전 인지 알고리즘을 구성하였다[17]. 오주택(2008)은 운전자로부터 발생할 수 있는 위험운전 유형을 7가지의 대분류와 이를 좀 더 구체화한 16가지의 소분류로 재정의 하였으며, 정의된 위험운전 유형에 대한 분석을 위하여 차량거동상태에 따른 모든 차량데이터를 취득·분석할 수 있는 Data-logger를 개발하였다[18]. 오주택(2009)은 디지털 주행기록계, 차량용 블랙박스 등의 안전운전관리 시스템의 업그레이드가 가능할 뿐만 아니라, 운전자의 위험운전 정도를 분석할 수 있는 임계값을 개발하였다[19]. 최진승(2009)은 가속도계를 이용하여 보행 이벤트를 자동으로 검출하는 알고리즘을 개발하고 검증하였다[20]. Boonmee(2009)는 2축 가속도센서를 이용하여 출발, 정지, 회전 등의 이벤트를 검지하는 위험운전 검지 시스템을 개발하였다[21].

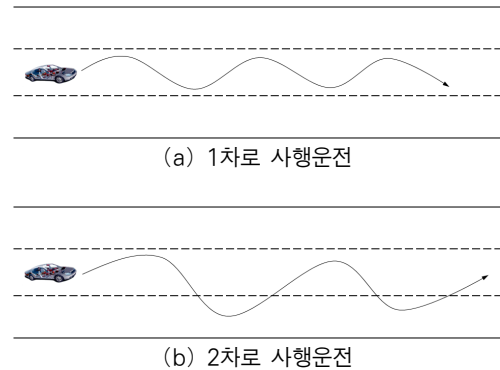
4. 기존 연구와의 차별성

기존 연구에서는 이용자 선호도에 따른 경고정보 제공 방법, 경고정보제공 효과에 대한 연구를 주로 수행하였다. 또한 기존 연구에서는 경고정보를 제공함에 있어 개별차량 기반이 아닌 다수의 운전자를 대상으로 제공하는 경고정보를 대상으로 하기 때문에 각 개별 운전자들의 주행 특성을 반영하거나 개별 운전자들의 요구에 대응하는데 한계가 존재하지만, 본 연구에서는 차량 간 무선통신을 통해 경고정보를 제공하는 방법론 개발을 통해 실시간으로 위험운전 이벤트를 감지하고 개별차량기반으로 경고정보를 제공하는 방안을 제시하였다. 또한 기존의 연구에서는 영상기반, 눈동자 추적을 이용하여 졸음운전 등을 감지하였으며, 이력자료를 이용하여 위험운전 이벤트를 감지하고 분석하였다. 본 연구에서는 기존 연구에서 위험운전이벤트로 다루지 않았던 사행운전을 중심으로 위험운전이벤트 감지 알고리즘을 개발하였으며, 설치가 간단하고 저렴한 장비인 자이로센서를 이용하여 자료를 수집하고 가공하는 과정을 실시간으로 처리함으로써 보다 안전하고 신속하게 교통류 상황의 반영이 가능하도록 하였다. 본 연구에서 제시한 위험운전이벤트 감지 및 경고정보제공 알고리즘은 보다 안전한 교통류 생성에 도움이 될 것으로 판단된다.

Ⅲ. 경고정보제공 시스템 소개

1. 사행운전 정의

사행운전은 차량 진행방향에 대해 단시간동안 좌우 반복적으로 이동하며 주행하는 운전형태로, 운전자의 의도적인 차로 변경이 아닌 차량의 좌우 움직임이며 운전자가 음주운전 및 졸음운전을 할 경우 발생하는 주행행태이다. 이러한 운전 행태는 후방차량에 대한 급 감속, 인접차량에 대한 측면 충돌 등의 위험상황을 유발한다. 본 연구에서는 사행운전의 심각도에 따라 ‘1차로 사행운전’과 ‘2차로 사행운전’으로 분류하였으며 <그림 1>에 제시하였다. 1차로 사행운전은 한 차로 내에서 차량의 진행

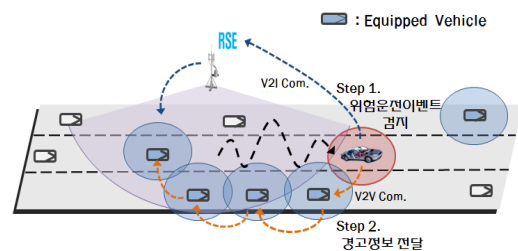


〈그림 1〉 사행운전의 정의
(Fig. 1) Definition of zigzag driving

방향이 좌우로 이동하는 것으로 정의하였고, 2차로 사행운전은 한 차로 범위를 벗어나 인접 차로까지 침범하여 사행운전을 하는 것으로 정의하였다.

2. 무선통신기반 경고정보 제공 시스템

본 연구에서 제안한 무선통신 기반 경고정보 제공 시스템을 <그림 2>에 제시하였다. 시스템 구성요소에는 AOBU(Advanced On-Board Unit)가 장착된 차량, 차량-인프라 간 무선통신이 가능한 도로변 장치(RSE: Roadside Equipment)가 있다. AOBU가 장착된 차량에서는 차량-차량 간, 차량-인프라 간 통신이 가능하고, 자이로센서에서 수집되는 각속도 자료를 이용하여 위험운전이벤트를 감지 할 수 있다. <그림 2>와 같이 위험운전이벤트가 감지 될 경우 차량-차량 간 통신을 이용하여 후방차량에게 경고정보가 전달된다. 본 연구에서 제시한 경고정보 전달 방법론은 기본적으로 차량-차량 간 통신을 이용하지만 차량-차



〈그림 2〉 무선통신기반 경고정보 제공 시스템
(Fig. 2) Inter-vehicle safety warning information system

량 간 통신이 두절되는 경우나 통신반경 내에 후방 차량이 존재 하지 않을 경우에는 차량-인프라 간 통신을 이용하여 후방차량에게 경고정보를 전달한다.

IV. 사행운전 검지 및 위험도 판단 알고리즘

사행운전 검지 및 위험도를 판단하는 알고리즘은 크게 3가지 단계로 분류된다. 사행운전 검지 및 위험도를 판단하는 과정을 <그림 3>에 제시하였다. 첫 번째 단계는 사행운전을 검지하는 단계로 <그림 3>의 Step.1에 제시하였다. Step.1에서는 임계값 이상의 횡방향 각속도 변화패턴을 검지하는 알고리즘이 수행된다. 두 번째 단계는 위험운전이벤트를 판단하는 단계로 <그림 3>의 Step.2에 제시하였다. Step.2에서는 일시적인 사행운전과 연속적인 사행운전을 분류 및 판단하는 알고리즘이 적용되며, 일정 횟수 이상 사행운전이 반복되면 위험운전이벤트로 판단하는 과정이다. 세 번째 단계는 사행운전의 심각도를 판단하는 단계로 <그림 3>의 Step.3에 제시하였다. Step.3에서는 사행운전으로 인한 위험운전이벤트가 검지 될 경우 수집된 각속도의 최대/최소값을 분석하여 사행운전의 심각도를 결정하고 경고정보를 생성하는 알고리즘이 적용된다.

1. 사행운전 판단 파라미터

본 연구에서는 차량의 진행방향이 변화하는 특

Step. 1 사행운전 검지 단계

- 임계 값 이상의 횡방향 각속도 변화패턴을 검지하여 사행운전을 검지 단계

Step. 2 위험운전이벤트 판단 단계

- 일정 횟수 이상 사행운전이 연속적으로 검지될 경우 위험상황으로 판단하는 단계

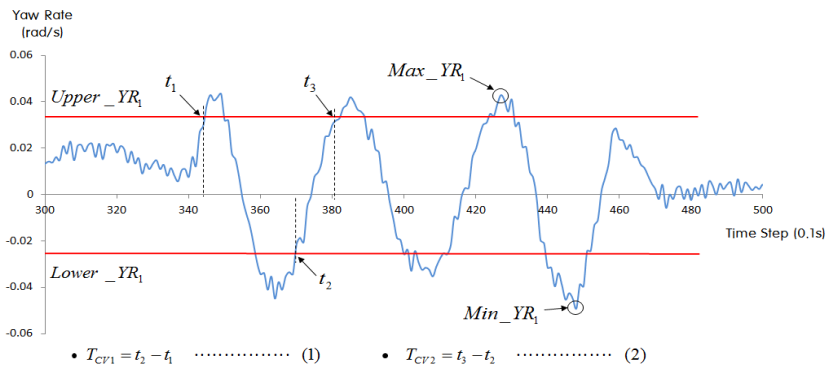
Step. 3 사행운전 심각도 판단 단계

- 수집된 각속도 값의 최대/최소 값을 분석하여 사행운전의 심각도를 결정하는 단계

<그림 3> 사행운전 검지 및 위험도 판단 흐름도

<Fig. 3> Process for detecting zigzag driving and risk severity

징을 검지하기 위한 주요 판단변수로 횡방향 각속도를 사용하였다. 각속도란 원운동처럼 물체의 운동을 하나의 기준점에서 관측할 때 기준점에 대하여 물체가 회전하는 속도를 측정한 물리량으로, 단위시간 동안 물체의 동경 변화량을 벡터량으로 표현한 값이다. x축 각속도는 차량의 기울기(Roll), y축 각속도는 차량의 상하운동(Pitch), z축 각속도는 차량의 좌우운동(Yaw)을 나타낸다. 본 연구에서 정의한 사행운전은 차량 진행방향에 대해 단시간동안 좌우 반복적으로 이동하며 주행하는 운전형태를 의미하므로 3축 각속도 중 좌우운동을 나타내는 z축 각속도(Yaw rate)를 주요 판단 파라미터로 사용하여 자료수집 및 분석을 수행하였다. 사행운전 시 나타나는 각속도의 변화패턴을 <그림 4>에 제시하였고,



<그림 4> 사행운전 시 각속도 패턴 및 판단 파라미터

<Fig. 4> Angular velocity pattern of zigzag driving

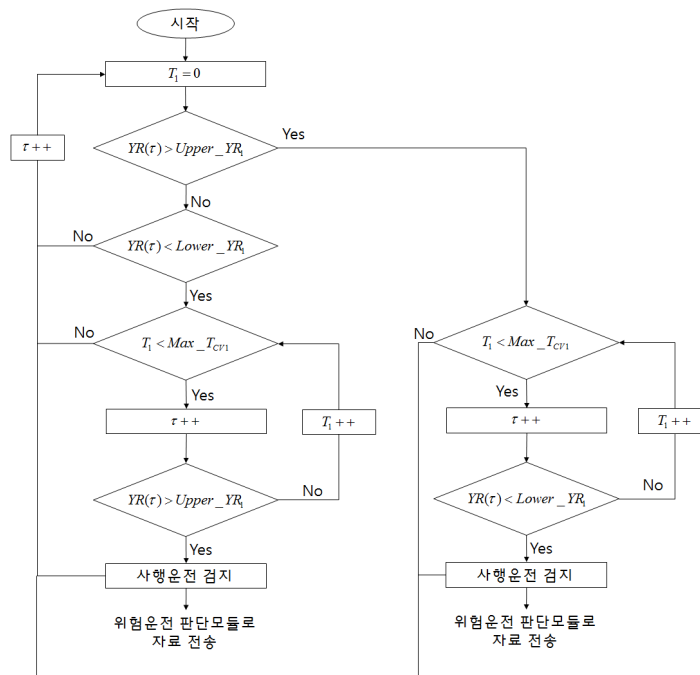
실제 수집된 각속도 자료에서 각 판단변수가 의미하는 값을 제시하였다. 또한 사행운전 및 사행운전으로 인한 위험운전이벤트를 검지하기 위한 판단변수의 의미를 <표 1>에 제시하였다.

사행운전 시에는 <그림 4>과 같이 횡방향 각속도 값이 진동하게 된다. 사행운전을 검지하기 위한 횡방향 각속도의 상한값과 하한값을 $Upper_YR_1$, $Lower_YR_1$ 로 정의 하였다. T_{CV1} 은 사행운전 패턴주기를 나타내며 식 (1)에 제시한 바와 같이 횡방향 각속도가 $Upper_YR_1$ 을 넘어선 시점(t_1)과 $Lower_YR_1$ 를 넘어선 시점(t_2)의 시간 차이를 의미한다. 사행운전 패턴으로 판단하기 위한 최대 T_{CV1} 값을 Max_T_{CV1} 으로 정의하였다. T_{CV2} 는 사행운전 패턴이 검지되고 다음 사행운전 패턴이 나타나는 시간차이로 식(2)에 제시하였다. 연속적인 사행운전으로 판단하기 위한 T_{CV2} 의 최대값을 Max_T_{CV2} 로 정의하였다. 또

〈표 1〉 사행운전 판단 파라미터
(Table 1) Description of parameters

파라미터	파라미터 설명
$Upper_YR_1$	사행운전 판단을 위한 횡방향 각속도의 상한 값
$Lower_YR_1$	사행운전 판단을 위한 횡방향 각속도의 하한 값
$Upper_YR_2$	1차로 사행운전 2차로 사행운전을 구분하기 위한 상한값
$Lower_YR_2$	1차로 사행운전 2차로 사행운전을 구분하기 위한 하한값
Max_T_{CV1}	사행운전패턴 주기의 최대값
Max_T_{CV2}	연속적인 사행운전 판단주기의 최대값

한 사행운전의 심각도를 판단하기 위해 1차로 사행운전과 2차로 사행운전을 구분하는 임계 각속도의 상한값과 하한값을 $Upper_YR_2$, $Lower_YR_2$ 로 정의 하였다.



τ : 각속도자료 수집 간격, $YR(\tau)$: 시간 τ 에 수집된 각속도
 T_1 : 처음 상한값($Upper_YR_1$) 혹은 하한값($Lower_YR_1$)을 넘어선 시점부터 경과된 시간

〈그림 5〉 사행운전 검지 알고리즘
(Fig. 5) Algorithm for detecting zigzag driving

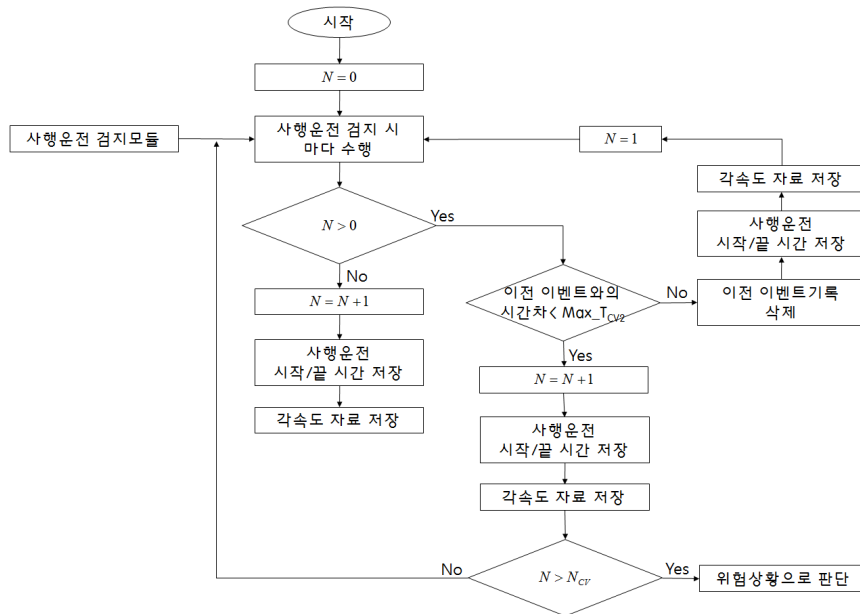
2. 사행운전 검지 알고리즘

사행운전 검지 알고리즘을 <그림 5>에 제시하였다. 사행운전 검지 알고리즘은 두 가지 패턴을 검지하는 부분으로 구분된다. 첫 번째 패턴은 미리 설정된 상한값(Upper_YR_i) 이상의 각속도 값이 검지되고 최대 사행운전 패턴주기(Max_T_{CV1}) 안에 하한값(Lower_YR_i)이 검지되는 패턴이다. 두 번째 패턴은 첫 번째 패턴과 반대로 미리 설정된 하한값 이하의 각속도가 검지되고 최대 사행운전 주기 안에 상한값이 검지되는 패턴이다. 사행운전 검지 알고리즘은 T₁을 0으로 초기화 하면서 시작된다. 다음 단계로 각속도 자료 수집(본 연구에서는 0.1초) 간격으로 상한값 또는 하한값이 검지되는지 검사하게 된다. 만약 상한값이 검지 될 경우에는 매 0.1초 마다 T₁을 증가시키면서 T₁이 최대 사행운전 패턴주기(Max_T_{CV1})를 넘지 않을 때 까지 하한값 이하의 각속도 값이 검지되는지 검사하게 된다. 하한값이 검지될 경우에는 사행운전패턴으로 판단하고 위험운전판단 알고리즘

으로 자료를 전송하게 되고 사행운전 검지 알고리즘은 시작단계 돌아가게 된다. 최대 사행운전 패턴주기에 하한값이 검지되지 않을 경우에는 사행운전 검지 알고리즘의 시작단계로 돌아가 T₁을 0으로 초기화하여 알고리즘을 새로 시작하게 된다.

3. 위험운전이벤트 판단 알고리즘

위험운전이벤트 판단 알고리즘을 <그림 6>에 제시하였다. 위험운전이벤트 판단 알고리즘은 사행운전 검지 알고리즘에서 검지된 개별적인 사행운전이벤트의 연속성을 판단하여 위험상황으로 판단하기 위한 연속된 사행운전 검지횟수 보다 많이 검지 될 경우 위험상황으로 판단하여 위험운전 심각도 판단 알고리즘으로 정보를 전송하게 된다. 위험운전이벤트 판단 알고리즘은 사행운전이 검지 될 때 마다 수행되며, 사행운전이 검지될 경우 이전에 검지된 사행운전이벤트와의 시간차이를 계산해 연속성을 판단한다. 이전 사행운전 이벤트와 시간차이가 연



N : 사행운전 검지 횟수

N_{CV} : 위험상황으로 판단하기위한 연속된 사행운전 검지 횟수

<그림 6> 위험운전이벤트 판단 알고리즘

<Fig. 6> Algorithm for identifying unsafe driving event

속적인 사행운전 판단주기(Max_T_{CV2}) 보다 작을 경우에는 연속된 사행운전으로 판단하고 사행운전 감지횟수(N)을 증가시킨다. 만약 이전 사행운전이벤트와 시간차이가 연속적인 사행운전 판단주기 보다 클 경우 이전 사행운전이벤트의 기록을 삭제하고 최근 감지된 사행운전이벤트를 첫 번째 사행운전이벤트로 저장한다. 사행운전이벤트 저장 시에는 사행운전이벤트의 시작 시간, 끝 시간과 각속도 자료를 저장하게 된다. 저장된 각속도 자료는 위험운전 심각도를 판단하는 자료로 이용된다.

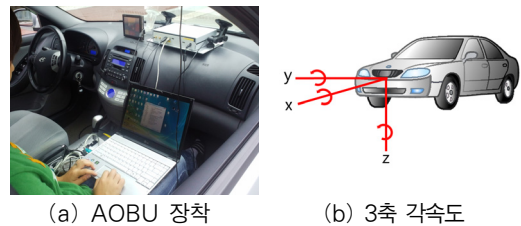
4. 위험운전 심각도 판단 알고리즘

위험운전 심각도 판단 알고리즘을 <그림 7>에 제시하였다. 위험운전 심각도 판단 알고리즘은 위험운전으로 판단된 사행운전의 심각도를 결정하는 단계이다. 위험운전으로 판단된 시간대의 각속도 자료 중 최대값과 최소값을 분석하여 1차로 사행운전과 2차로 사행운전을 구분하기 위한 임계 각속도의 최대값(Upper_YR_2)과 최소값(Lower_YR_2)을 초과하는 경우에는 2차로 사행운전으로 판단하고 초과하지 않는 경우에는 1차로 사행운전으로 판단하여 경고정보를 생성하게 된다.

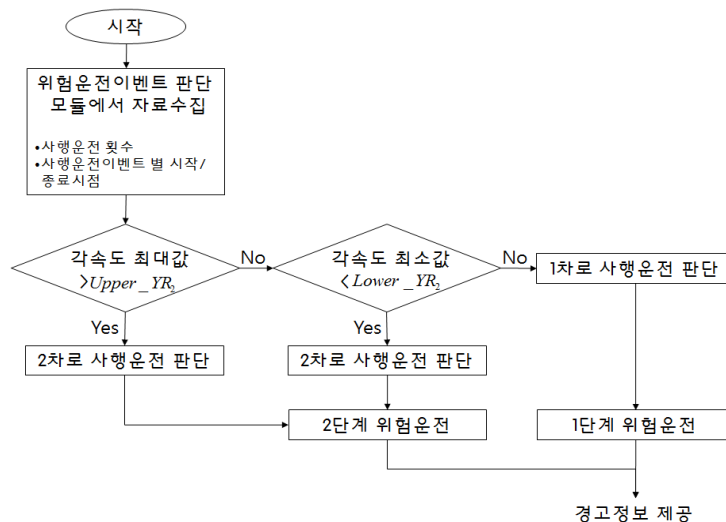
V. 자료수집 및 가공과정

1. 관성센서

본 연구에서는 사행운전이벤트 감지 및 분석을 위해 GPS 수신기와 관성 측정 장치(Inertial Measurement Unit, IMU)가 탑재되어 있는 AOBU(Advanced On Board Unit)를 차량에 장착하여 자료를 수집하였다. AOBU는 차량의 움직임을 최대한 정확하게 감지하기 위하여 차량의 대시보드 위에 장착하였으며 AOBU로부터 실시간으로 자료를 수집하기 위하여 <그림 8>(a)와 같이 커넥터를 이용하여 컴퓨터와 연결하였다. AOBU는 1/10초 간격으로 GPS 수신기를 이용한 위도, 경도, 속도와 자이로센서를 이용한 가속도, 각속도 자료를 수집한다. 가속도, 각속도 자료는 <그림 8>(b)와 같이 3개의 축을 기준으로 수집된다.



<그림 8> 자이로센서
<Fig. 8> Gyro sensor



<그림 7> 위험운전 심각도 판단 알고리즘
<Fig. 7> Algorithm for identifying unsafe driving severity

2. 자료수집 시나리오

본 연구에서는 졸음운전 및 음주운전으로 인해 나타나는 사행운전을 중심으로 위험운전이벤트 자료를 수집하였으며, 사행운전은 1차로 사행운전과 2차로 사행운전으로 구분하여 자료를 수집하였다. AOBU를 장착한 차량을 이용하여 일반적인 운전 시 나타나는 주행패턴 자료와 사행운전 시 나타나는 주행패턴 자료를 비교하기 위하여 정상적인 운전, 1차로 사행운전, 2차로 사행운전의 3가지 패턴으로 자료를 수집하였으며, 속도별 위험 정도를 비교하기 위하여 50kph, 70kph, 90kph의 속도로 자료를 수집하였다. <표 2>에 정리된 시나리오 항목 별로 20대 성인남성 3명이 5회씩 총 135개의 자료를 수집하였다.

본 연구를 위한 공간적인 자료 수집범위는 경기도 안산시 상록구 일대에 있는 갈대습지공원 인근 왕복 6차선 미 개통 도로 약 1km구간이며, 자료수집 구간을 <그림 9>과 같이 지도로 표시 하였다. <그림 9>에 표시되어 있는 구간에서 파선으로 표시되어있

는 부분은 가속구간이며 실선으로 표시되어 있는 직선 구간에서 사행운전 주행 자료를 수집하였다.

3. 입력자료 가공

수집된 개별차량 주행계측 자료의 원시자료에는 위도, 경도, 고도, 3축 각속도가 존재한다. 자이로센서로부터 수집되는 각속도 자료는 전기적 신호이므로 위험운전이벤트 검지 알고리즘에 적용하기 위해 각속도 자료를 실제 사용할 수 있는 값으로 전환해 주는 작업을 수행 하였다. 원시자료에 식 (3)을 적용하여 각속도 자료를 전환 하여 위험운전이벤트 검지 알고리즘에 적용하였다. 전환된 각속도의 단위는 rad/s 이다.

$$yaw\ rate = (raw.yaw\ rate) / 36.590375 * (\pi / 180) \quad (3)$$

VI. 실험자료 분석

1. 임계값 설정

본 연구에서는 정상주행과 사행운전을 구분하기 위한 임계값과 1차로 사행운전과 2차로 사행운전을 구분하기 위한 임계값을 도출하였다. 임계값을 결정하기 위해 속도별로 수집된 자료의 기술통계량을 분석하였으며 <표 3>에 제시하였다. <표 3>에서 제시한바와 같이 각속도의 경우에는 차량의 주행속도의 영향을 받지 않으므로 주행속도의 구분 없이 분석을 수행하였다.

<표 4>에 제시한 평균과 표준편차는 총 45회의 실험에서 얻어진 정상주행, 1차로 사행운전, 2차로 사행운전 각속도자료의 통계량이다. 평균과 표준편차를 이용하여 정규분포 함수를 추정하였으며 <그림 10>에 제시하였다. 두 가지 이상의 분포곡선이 교차할 경우에 교차점을 기준으로 분류기준점을 설

<표 2> 자료수집 시나리오
<Table 2> Experiment scenarios

주행방법	수집자료	자료수집 횟수
기본자료	50kph 정속주행	각 15회
	70kph 정속주행	
	90kph 정속주행	
1차로 사행운전	50kph 1차로 사행운전	
	70kph 1차로 사행운전	
	90kph 1차로 사행운전	
2차로 사행운전	50kph 2차로 사행운전	
	70kph 2차로 사행운전	
	90kph 2차로 사행운전	



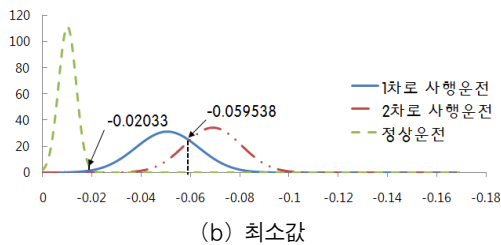
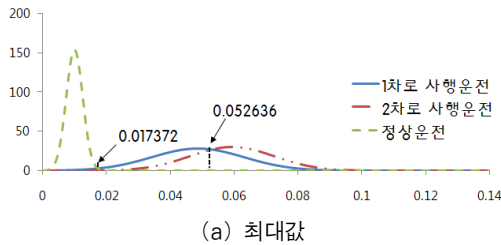
<그림 9> 자료수집 구간
<Fig. 9> Roadway section for field experiment

<표 3> 수집된 각속도의 기술통계량
<Table 3> Descriptive statistics

각속도(rad/s)		50kph	70kph	90kph
1차로 사행운전	최대값평균	0.039917	0.034979	0.039327
	최소값평균	-0.04677	-0.04341	-0.04151
2차로 사행운전	최대값평균	0.055034	0.049257	0.050269
	최소값평균	-0.07662	-0.06541	-0.06252

〈표 4〉 수집된 각속도의 기술통계량
〈Table 4〉 Descriptive statistics

각속도(rad/s)		평균	표준편차
정상주행	최대값	0.010004	0.002594
	최소값	-0.01012	0.003579
1차로 사행운전	최대값	0.048645	0.014540
	최소값	-0.05065	0.012859
2차로 사행운전	최대값	0.059351	0.013288
	최소값	-0.06917	0.011577



〈그림 10〉 정규분포 곡선
〈Fig. 10〉 Distribution comparison

정하여 교차 면적을 최소화 할 수 있다. 교차면적을 최소로 설정할 경우 오분류(Misclassification)률을 최소화 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 정규분포 곡선이 교차하는 지점의 각속도 값을 임계값으로 설정하였으며, 도출된 임계값을 <표 5>에 제시하였다. 정상주행과 1차로 사행운전을 구분하기 위한 임

〈표 5〉 임계값

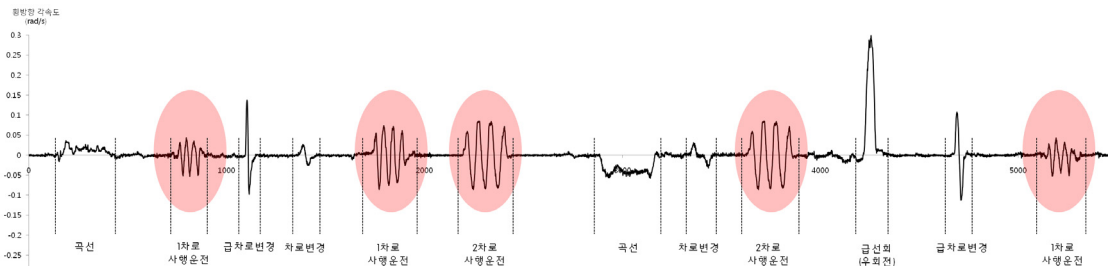
〈Table 5〉 Upper and lower bounds for thresholds

	상한값	하한값
정상주행	0.017372	-0.020330
/1차로 사행운전 구분	(rad/s)	(rad/s)
2차로 사행운전	0.052636	-0.059538
/1차로 사행운전 구분	(rad/s)	(rad/s)

계값으로 상한값(Upper_YR1)은 0.017372(rad/s), 하한값(Lower_YR1)은 -0.020330(rad/s)를 제시하였다. 1차로 사행운전과 2차로 사행운전을 구분하기 위한 임계값으로 상한값(Upper_YR2)은 0.052636(rad/s), 하한값(Lower_YR2)은 -0.059538(rad/s)를 제시하였다.

2. Test Dataset 구성

본 연구의 알고리즘이 위험운전이벤트를 올바르게 감지하는지 검토하기 위해 Test Dataset을 구성하였다. 본 연구에서는 위험운전이벤트를 다루고 있기 때문에 실제 도로에서 Test Dataset을 수집하는 것은 위험하다고 판단하여 도로 상에서 발생할 수 있는 여러 가지 이벤트자료를 개별적으로 수집하였다. 50kph, 70kph, 90kph의 속도별로 사행운전, 차로변경, 곡선 주행, 직선 주행, 좌회전, 우회전 등의 자료를 수집하여 무작위로 조합하여 <그림 11>과 같이 Test Dataset을 작성하였다. 곡선주행, 1차로 사행운전, 차로변경, 차로변경, 1차로 사행운전, 2차로 사행운전, 곡선주행, 차로변경, 2차로 사행운전, 우회전, 차로변경, 1차로 사행운전 순으로 조합하여 3가지 속도별로 Test Dataset을 작성 하였으며, 위험운전이벤트 감지 알고리즘에 적용하여 위험운전이벤트가 정확하게 감지되는지 평가 하였다.



〈그림 11〉 Test Dataset
〈Fig. 11〉 Test Dataset

3. 알고리즘 평가

본 연구에서는 MATLAB 프로그램을 이용하여 알고리즘을 코딩하고 평가하였다. 알고리즘 평가에 사용된 판단 파라미터 값을 <표 6>에 제시하였다. 각 주행속도별 Test Dataset을 알고리즘에 적용시킨 결과를 <표 7>에 제시하였다. 각 속도 별 Test Dataset에는 총 12개의 주행패턴이 삽입되어 있으며, 3번의 1차로 사행운전과 2번의 2차로 사행운전이 포함되어 있다. 알고리즘 적용결과 50kph Test Dataset의 경우에는 1차로 사행운전을 2차로 사행운전으로 검지한 오류가 1번 발생하였다. 나머지 11번의 주행패턴에서는 오류 없이 정확한 검지가 되었다. 70kph Test Dataset의 경우에는 2번의 2차로 사행운전을 1차로 사행운전으로 판단하는 오류가 발생하였다. 나머지 10개의 주행패턴은 올바르게 검지하였다. 90kph Test Dataset의 경우에는 2차로 사행운전을 1차로 사행운전으로 검지하는 오류가 발생하였고 나머지 11개의 주행패턴은 올바르게 검지되었다.

3가지 속도의 Test Dataset을 평가한 결과 사행운전으로 인한 위험운전이벤트를 정확히 검지할 확률은 100%로 분석되었으나 사행운전의 심각도를 결정하는 단계에서 4번의 오류가 발생하여 심각도 분류 정확도는 약 73%로 분석되었다.

VII. 결 론

본 연구에서는 사행운전을 중심으로 하여 위험운전이벤트를 검지하고 경고정보를 제공하는 방법론을 제시하였다. 위험운전이벤트를 검지하는 방법론은 크게 3가지 알고리즘으로 분류된다. 첫 번째

<표 6> 사행운전 판단 파라미터 설정 값
<Table 6> Threshold values for parameters

변수명	변수 값
$Upper_YR_1$	0.017372 (rad/s)
$Lower_YR_1$	-0.020330 (rad/s)
$Upper_YR_2$	0.052636 (rad/s)
$Lower_YR_2$	-0.059538 (rad/s)
Max_T_{CV1}	6 (s)
Max_T_{CV2}	5 (s)

<표 7> 알고리즘 성능평가
<Table 7> Performance evaluation

사행운전 심각도 판단		추정		
		1차로 사행운전	2차로 사행운전	계
실 제	1차로 사행운전	8회 (88.90%)	1회 (1.11%)	9회
	2차로 사행운전	3 (50.00%)	3 (50.00%)	6회
	계	11회	4회	11/15회 (73.33%)

알고리즘은 사행운전 패턴을 검지하는 부분이다. 차량 내에 장착된 자이로센서에서 수집되는 횡방향 각속도를 이용하여 사행운전 패턴을 검지하는 알고리즘을 제시하였다. 두 번째 알고리즘은 연속적인 사행운전 패턴을 검지하여 위험운전이벤트 발생을 검지하는 알고리즘이다. 세 번째 알고리즘은 위험운전 이벤트의 심각도를 판단하는 알고리즘으로 1차로 사행운전과 2차로 사행운전을 분류하는 알고리즘이다. 사행운전으로 인한 위험운전이벤트를 검지하기 위해 사용되는 판단변수에는 사행운전 판단을 위한 각속도의 상한값과 하한값, 사행운전 패턴 주기, 1차로 사행운전과 2차로 사행운전을 구분하기 위한 각속도의 상한값과 하한값, 연속적인 사행운전으로 판단하기 위한 주기가 있다.

본 연구에서는 각 판단변수의 임계값을 제시하고, Test Dataset을 이용하여 알고리즘을 평가하였다. 평가결과 제안된 사행운전 검지 알고리즘은 현장 적용 시 높은 신뢰도를 가지는 정보를 제공 가능한 것으로 분석되었다.

본 연구에서 나타난 한계점을 보완하고, 보다 정확한 위험운전이벤트(사행운전)를 검지하기 위해서는 보다 많은 자료 수집을 통한 임계값 설정, 다양한 주행환경을 고려한 알고리즘 보완이 필요하다. 알고리즘 작성 및 임계값 설정에 사용된 자료는 3명의 운전자가 수집한 자료로 다수의 운전자들의 주행특성을 반영하기에는 한계점이 존재한다. 또한 본 연구에서는 직선 구간에서의 사행운전 검지를 중심으로 하고 있어 곡선부에서의 사행운전 검지성능검증이 필요하다.

본 연구에서 제시한 방법론은 각 개별차량에서 위

험운전 이벤트를 검지하여 운전자에게 경고정보를 제공하고, 후방의 차량들에게 경고정보를 전달하여 사고를 방지하는 방법론으로 교통안전성 증진에 기여할 것이다. 또한 본 방법론은 관성센서와 무선통신이 가능한 장비만 있으면 적용 가능한 방법론으로 현재 다수의 운전자가 사용하는 스마트폰에 적용가능할 것으로 판단되어 도래하는 유비쿼터스 교통서비스의 새로운 콘텐츠로 활용될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] K. Kimura, K. Marunaka and S. Sugiura, "Human factor considerations for automotive navigation systems-legibility, comprehension, and voice guidance," In: Noy, N.I.(Ed), *Ergonomics and safety of intelligent Driver Interfaces*, 1997.
- [2] L. N. Boyle and F. Mannering, "Impact of traveler advisory systems on driving speed: some new evidence," *Transportation Research Part C12*, vol.12, pp.57~72, February 2004.
- [3] J. L. Campbell, J. B. Richman, C. Carney and J. D. Lee, "In-vehicle display icons and other information elements volume1: guidelines," *FHWA-RD-03-065*, 2004.
- [4] S. H. Chang, C. Y. Lin, C. P. Fung, J. R. Hwang and J. L. Doong, "Driving performance assessment: Effect of traffic accident location and alarm content," *Accident Analysis and Prevention*, vol.40, 2008.
- [5] J. Zhang, K. Suto and A. Fujiwara, "Effects of in-vehicle warning information on drivers' decelerating and accelerating behaviors near an arch-shaped intersection," *Accident Analysis & Prevention*, vol.41, pp.948~958, May 2009.
- [6] 송태진, 오철, 오주택, "실시간 교통안전 경고 정보 제공을 위한 이용자 선호도 분석 연구," *대한교통학회지*, 제27권, 제4호, 대한교통학회, pp.7~16, 2009. 8.
- [7] 오철, 오주택, 송태진, 박재홍, 김태진, "Surrogate Safety Measures(SSM)기반 고속도로 교통안전 경고정보 처리 및 가공기법," *대한교통학회지*, 제27권, 제3호, 대한교통학회 pp.59~70, 2009. 6.
- [8] M. Eriksson and N. P. Papanikolopoulos, "Driver fatigue: a vision-based approach to automatic diagnosis," *Transportation Research Part C9*, vol.9, pp.399~413, December 2001
- [9] Q. Ji, Z. zhu and P. Lan, "Real time and non-intrusive driver fatigue monitoring," In *7th IEEE Transactions on Vehicular Technology* 4, 1052 - 1068, 2004.
- [10] 민지홍, 김정철, 홍기천, "눈 검출 및 눈동자 추적 기반을 통한 졸음운전 경보시스템 구현," *Proceedings of KFIS Autumn Conference 2005*, vol.15, no.2, 2005.
- [11] J. D. Wu and T. R. Chen, "Development of a drowsiness warning system based on the fuzzy logic images analysis," *Expert Systems with Applications*, vol.34, pp.1556~1561, February 2008.
- [12] 주영훈, 김진규, 나인호, "지능형 졸음운전 경고 시스템," *한국지능시스템학회 논문지*, vol.18, no.2, pp.223~229, 2008. 4.
- [13] J. Wang, W. Xu and Y. Gong, "Real-time driving danger-level prediction," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol.23, pp.1247~1254, December 2010.
- [14] N. Sharma and V. K. Banga, "Drowsiness warning system using artificial intelligence," *World Academy of Science, Engineering and Technology* 67, pp.850~852, 2010.
- [15] M. Zhe and H. Deqi, "Analysis of steering angle under driving fatigue," *Education Technoloty and Computer Science(ETCS)*, 2010 Second International Workshop On 3, 2010.
- [16] J. Ryu, E. J. Rossetter and J. C. Gerdes, "Vehicle Sideslip and Roll Parameter Estimation Using GPS," *AVEC 2002 6th Int. Symposium on Advanced Vehicle Control*, Hiroshima, Japan, 2002.
- [17] 한인환, 양경수, "차량용 블랙박스를 활용한

- 위험운전인지,” *대한교통학회지*, 제25권, 제5호, 대한교통학회, pp.149~160, 2007. 10.
- [18] 오주택, 조준희, 이상용, 김영삼, “위험운전 유형 분류 및 데이터 로거 개발,” *한국ITS학회 논문지*, 제7권, 제3호, 한국ITS학회, pp.15~28, 2008. 6.
- [19] 오주택, 조준희, 이상용, 김영삼, “위험운전 유형에 따른 임계값 개발,” *한국도로학회 논문집*, 제11권, 제1호, 한국도로학회, pp.69~83, 2009. 3.
- [20] 최진승, 강동원, 문경률, 방윤환, 탁계래, “가속도계를 이용한 보행 시점 검출 알고리즘 개발,” *한국운동역학회지*, 제19권, 제1호, pp.159~166, 2009. 3.
- [21] S. Boonmee and P. Tangamchit, “Portable reckless driving detection system,” *Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*, ECTI-CON 2009. 6th International Conference on 01, 2009.

저자소개



임 희 섭 (Rim, Hee-Sub)

2006년 3월 ~ 2009년 8월 : 한양대학교 교통시스템공학과 공학사
2009년 8월 ~ 현 재 : 한양대학교 대학원 교통공학과 석사과정



정 은 비 (Jeong, Eun-Bi)

2007년 3월 ~ 2010년 8월 : 한양대학교 교통시스템공학과 공학사
2010년 8월 ~ 현 재 : 한양대학교 대학원 교통공학과 석사과정



오 철 (Oh, Cheol)

1989년 3월 ~ 1993년 2월 : 한양대학교 교통공학과 공학사
1993년 3월 ~ 1997년 8월 : 한양대학교 대학원 교통공학과 석사
1999년 9월 ~ 2003년 12월 : University of California, Irvine, 토목환경공학과공학박사
(교통시스템전공)
1998년 9월 ~ 1999년 8월 : 한국건설기술연구원 도로연구부 연구원
2004년 1월 ~ 2004년 3월 : Post-Doctorate Researcher, Institute of Transportation Studies, University of California, Irvine, CA, USA
2004년 4월 ~ 2006년 2월 : 한국교통연구원 첨단교통기술연구실 책임연구원
2006년 3월 ~ 현 재 : 한양대학교 교통시스템공학과 교수



강 경 표 (Kang, Kyeong-Pyo)

1989년 3월 ~ 1996년 2월 : 한양대학교 교통공학과 공학사
1996년 ~ 1997년 : 도로설계 삼보기술단 근무
1997년 ~ 1998년 : 서울대 환경대학원 교통관리 석사
1998년 ~ 2001년 : 서울시정개발연구원 근무
2002년 ~ 2006년 : 메릴랜드 주립대 교통공학 박사
2006년 : 서울시정개발연구원 근무
2006년 ~ 현 재 : 한국교통연구원 첨단교통연구실 책임연구원