

Multi-agent 주행 시뮬레이션을 이용한 운전자 주행패턴을 반영한 공격운전 검지기법 개발

김윤종¹ · 오철^{1*} · 최병호² · 최새로나² · 김기용²

¹한양대학교 교통물류공학과, ²한국교통안전공단 교통안전연구개발원

Development of a Methodology for Detecting Intentional Aggressive Driving Events Using Multi-agent Driving Simulations

KIM, Yunjong¹ · OH, Cheol^{1*} · CHOE, Byongho² · CHOI, Saerona² · KIM, Kiyong²

¹Transportation and Logistics Engineering, Hanyang University, Ansan 15588, Korea

²Transportation Safety Research & Development Institute, Korea Transportation Safety Authority, Gimcheon 39660, Korea

*Corresponding author: cheolo@hanyang.ac.kr

Abstract

Intentional aggressive driving (IAD) is defined as a hazardous driving event that the aggressive driver intentionally threatens neighbor drivers with abrupt longitudinal and lateral maneuvering. This study developed a methodology for detecting IAD events based on the analysis of interactions between aggressive driver and normal driver. Three major aggressive events including rear-close following, side-close driving, and sudden deceleration were analyzed to develop the algorithm. Then, driving simulation experiments were conducted using a multi-agent driving simulator to obtain data to be used for the development of the detection algorithm. In order to detect the driver's intention to attack, a relative evaluation index (Erratic Driving Index, EDI) reflecting the driving pattern was derived. The derived IAD event detection algorithm utilizes both the existing absolute detection method and the relative detection method. It is expected that the proposed methodology can be effectively used for detecting IAD events in support of in-vehicle data recorder technology in practice.

Keywords: driving pattern, driving simulation, EDI, intentional aggressive driving, multi-agent

초록

공격운전은 밀착주행과 급감속과 같은 행위로 상대 운전자를 위협하는 고의적인 행동으로 교통사고 발생 가능성이 높은 위험운전이벤트이다. 본 연구에서는 Multi-agent 주행 시뮬레이션 실험을 통해 공격운전 가해자와 피해자의 상호작용을 차량거동형태를 분석하였다. 운전자의 고의적인 공격의지 검지를 위해 주행패턴을 효과적으로 상대 평가할 수 있는 지표(Eratic Driving Index, EDI)를 도출하였다. 기존의 상용차의 디지털운행기록계 자료를 활용한 위험운전 검지기법과 본 연구에서 도출한 EDI를 연계한 공격운전 검지 방법론을 새롭게 개발하였고 활용성을 평가하였다. 공격운전을 억제하고 운전자의 안전운전을 유도하는 운전자 행태 관리를 위해 본 연구의 결과물이 효과적으로 사용될 것으로 기대된다.

J. Korean Soc. Transp.
Vol.36, No.1, pp.51-65, February 2018
<https://doi.org/10.7470/jkst.2018.36.1.051>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

Received: 7 December 2017

Revised: 3 January 2018

Accepted: 21 February 2018

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

주요어: 공격운전, 상대적 검지기법, 주행패턴, 주행시물레이션, multi-agent

서론

공격운전은 안전한 주행행태의 범위를 초과하는 것으로 다른 운전자를 위협하는 운전행태를 의미한다.(NHTSA, 2009) 또한 교통사고 발생 개연성이 높고 발생지점이 특정화되어 있지 않아 검지 및 통제가 매우 어렵다. 국내 법·제도 상 공격운전 관련 운전행태는 난폭운전과 보복운전이 있으며, 난폭운전은 둘 이상의 위험행위를 연달아 하거나, 하나의 위험행위를 지속 또는 반복하여 다른 운전자에게 위협을 가하는 운전행태라고 도로교통법(제 46조의 3)에 정의되어 있으며, 보복운전은 의도적·고의적으로 특정인을 위협하는 행위인 보복운전으로 형법(특수폭행, 협박, 재물손괴, 상해)에서 정의되어 있다. 이처럼 국내에서 ‘공격운전’이라는 운전행태에 대한 정의는 나타나있지 않으며 공격운전을 효과적으로 예방하기 위한 검지기법 및 안전관리 방안이 전무한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 공격운전에 대해 정의하고 공격운전의 주행특성을 파악하여 공격운전을 체계적으로 검지할 수 있는 검지기법을 개발하는 것이다.

본 연구에서는 공격운전(Intentional Aggressive Driving, IAD)을 위험운전행동 중에서도 난폭운전과 보복운전을 포함하여 운전자의 공격의도가 반영되어 특정 대상을 위협하는 운전행태라고 정의하였다. 공격운전의 주행특성을 파악하기 위해 20대 운전자를 피실험자로 설정하여 Multi-agent 주행 시물레이션 실험을 수행하였다. 공격운전 가해자와 피해자가 동일한 연속류 도로에서 동시에 주행하며 일반운전 시나리오와 공격운전 시나리오를 주행하였다. 시나리오 내에서는 3개의 구간이 구성되어 있으며 선행차량을 추종하는 추종 구간, 추종 이후 차로 변경하여 선행차량을 앞지르는 앞지르기 구간, 선행차량을 앞지른 후 주행하는 추월 후 구간으로 순서대로 진행되었다. 또한 본 연구의 목적인 공격운전 검지를 위해 현실적으로 주행 시물레이션을 이용하여 검지 가능할 것으로 판단되는 공격운전 유형으로 급차로변경, 급감속, 급가속을 선정하였으며 일련의 과정을 분석구간으로 설정하였다.

공격운전은 운전자의 평소 운전행태에 비해 과격한 주행패턴을 보이는데 기존의 검지기법의 경우 운행기록분석 시스템(eTAS)의 위험운전행동 기준과 같이 사전에 정의된 임계 절대값을 이용하여 모든 운전자를 동일한 기준으로 검지하는 절대적 검지기법을 주로 사용하여 개별 운전자의 주행패턴이 반영된 신뢰성 있는 공격운전의 검지가 어렵다는 한계가 있다. 예를 들어 버스와 택시의 경우 차량규모, 운행특성이 다르기 때문에 차량거동의 민감도는 상이하게 나타나지만, 위험운전행동은 차량 규모, 운행특성, 중량 등을 고려하지 않고 사업용자동차에 대해 일괄적인 판단 기준을 적용하고 있다(Korea transportation safety authority, 2013). 따라서 본 연구에서는 개별 운전자의 주행행태를 반영하기 위해서 운전자의 주행패턴을 반영한 차별화된 기준을 설정하여 임계값을 초과할 시 검지되는 상대적 검지기법인 EDI(Eratic Driving Index)을 제시하였다. 공격운전 검지는 단계별로 수행하였으며, 기존의 절대적 검지기법을 통해 위험운전 상황을 우선적으로 추출하였다. 또한 개발된 검지기법을 이용하여 공격운전 의지에 대한 특징벡터를 산출한 후 최종적으로 분류기(Classifier)를 통해 공격운전 검지를 하는 체계적인 공격운전 검지 알고리즘을 도출하였다.

기존 연구 고찰

본 연구는 공격운전의 주행특성을 파악하고, 검지기법을 개발하기 위해 수행하였으므로, 논문 작성을 위한 기존 문헌 조사는 두 개의 파트로 나누어 공격운전 관련 연구사례와 위험운전 검지방안 관련 연구를 대상으로 실시하였다.

1. 국내·외 공격운전 관련 연구

Shin et al.(2007)은 난폭운전에 의해 운전자 자신은 물론 주변의 다른 운전자와 동승자 및 보행자 모두의 생명을 위협하고, 막대한 사회·경제적 손실을 입히게 되는 매우 위험한 운전행태라고 나타났으며, 주행 시물레이터를 이용

하여 난폭운전 의도가 시간압박 수준에 따라 피실험자의 실제 운전행동에 영향을 미치는지 알아보았다.

Kim et al.(2016)은 난폭운전과 보복운전의 발생 메커니즘을 운전행동 결정요인(대인분노, 공격성)과 위험운전 행동요인(난폭운전행동, 과속위험행동, 음주행동, 주의산만, 대처미숙 등)을 통해 분석하였다. 분석 결과, 난폭운전과 보복운전에는 위험운전 행동요인이 운전행동 결정요인보다 약 15% 높은 관련성이 있는 것으로 나타났다.

AAAFoundation(2009)의 연구 보고서에 따르면 공격적인 주행의 개념은 정의가 모호하며, 공격운전이 교통안전에 미치는 전반적인 영향력을 정량화하는 것은 매우 어렵다고 제시되었다. 기존 연구의 공격운전에 대한 정의를 통해 Figure 1과 같이 8개의 대표적인 공격운전 행동 유형을 정리하였다.



Figure 1. Aggressive driving types

NHTSA(2009)의 연구 보고서에서 공격적인 운전은 일반적으로 안전 운전 행동 규범을 현저히 뛰어 넘으며 다른 운전자에게 불필요한 위험에 처하게 함으로써 직접적인 영향력을 행사하는 운전 행위를 의미한다고 나타났다. 또한 과속, 급앞지르기 등의 위험운전유형 중에 하나의 유형을 수행하였을 때는 운전자가 공격운전을 의도하였는지 확실히 파악하기 힘들지만, 두 가지 유형을 동시에 수행할 경우 운전자가 의도적으로 공격적인 운전을 했을 확률이 더 높아진다고 제시하였다.

2. 위험운전 검지방안 관련 연구

Lim et al.(2011)은 도로 기하구조와 환경으로 인한 운전자의 불안정한 주행을 줄이기 위해 주행실험을 통하여 운전자의 주행특성을 분석하였다. 주행실험을 통해 음주운전, 졸음운전 등 운전자 자체의 실수로 발생한 사고가 아닌 기하구조와 환경의 영향으로 나타난 운전자의 안전하지 못한 주행의 기준을 마련하였다. 곡선부 위험운전을 평가하기 위해 횡가속도와 yaw rate 값의 평균값을 기준값으로 사용하였다.

Rim et al.(2011)은 자이로센서를 이용하여 사행운전을 검지하는 알고리즘을 개발하고, 알고리즘을 통해 사행운전을 검지하여 운전자 및 후방차량에 경고정보를 제공하는 적용방안에 대한 방법론을 제시하였다. 사행운전 시 관찰되는 횡방향 각속도 변화의 특성을 분석하였고, 통계적 분석을 통해 정상주행과 사행운전을 분류하기 위한 임계값과 1차로 사행운전과 2차로 사행운전을 분류하기 위한 임계값을 설정하였다. 임계값은 정상주행, 1차로 사행운전, 2차로 사행운전의 각 최대값과 최소값의 정규분포 곡선이 교차하는 지점으로 설정하였다.

Korea transportation safety authority(2013)의 연구보고서에서는 운행기록분석시스템(eTAS)의 정의 및 활용방안을 제시하였다. 운행기록분석시스템에서 도출되는 DTG 데이터는 운전자 행태를 기록하여 운전자의 위험운전 행동을 분석할 수 있는 유용한 데이터이다. 연구에서는 또한 eTAS에서 정의되고 있는 10대 위험운전행동의 정의와 운영상의 문제점을 도출하였다. Table 1에서 10대 위험운전행동의 정의를 제시하였다.

Table 1. eTAS dangerous driving standards

Dangerous driving type	Contents
Speeding	Driving more than 20 kph exceeding speed limit
Long-term speeding	Driving for longer than 3 minutes with more than 20 kph exceeding speed limit
Sudden acceleration	Acceleration of more than 8 km/h at a speed of 6.0 km/h or more
Sudden start	Starting at 5.0 km/h or less and accelerating more than 10 m/h per second
Sudden deceleration	Decelerating more than 14 km/h per second and driving at 6.0 km/h or more
Sudden stop	Decelerating more than 14 km/h per second and driving at 5.0 km/h or less
Abrupt Left / Right turn	When the speed is 30 km/h or more and the vehicle turns to the left/right (cumulative rotation angle is ranged from 60 to 120 degrees) within 3 seconds
Abrupt U turn	When the speed is 25 km/h or more and the vehicle turns to the left/right (rotation angle is ranged from 160 to 180 degrees) within 6 seconds
Sudden path change	When all of the following conditions are satisfied: when the speed is 30 km/h or more, and the vehicle changes lane with 10 degree/second, and the cumulated angle is less than ± 2 degree/second during 5 seconds, and acceleration/deceleration is more than 2 km/h per second
Sudden passing	When all of the following conditions are satisfied: when the speed is 30 km/h or more, and the vehicle changes lane with 10 degree/second, and the cumulated angle is less than ± 2 degree/second during 5 seconds, and acceleration/deceleration is more than 3 km/h per second

Moghaddam et al.(2014)은 운전자의 특성과 비정상적인 주행거동, 사고간의 관계를 조사하여 운전자 위험도 지표를 도출하였다. 운전자 위험도 지표는 운전자의 특성과 특성에 따른 운전자의 위험도를 평가할 수 있다고 나타났다. 향후 운전자 위험도 지표를 통해 위험도 점수가 높은 운전자를 대상으로 교통안전예방 프로그램을 실시하는 등으로 활용 가능하다고 제시하였다.

Eboli et al.(2016)은 운전자가 안전한 주행을 하는지 여부를 판단하기 위한 변수로 구간길이, 속도, 측방향 가속도로 설정하여 주행 거동을 분석하는 방법론을 제시하였다. 이탈리아의 2차선 지방도로에서 실제 테스트를 실시하여 스마트폰 앱을 통해 속도 및 가속도 등의 데이터를 추출하였다. 추출한 데이터를 통해 dynamic equilibrium 이론을 이용하여 속도와 가속도간의 관계를 통해 안전운전, 위험운전을 판단하였다.

Takahashi et al.(2017)은 운전자의 위험 인식 능력을 평가하기 위하여 주행 시뮬레이션 실험을 실시하였다. 주행 시뮬레이션 데이터에서 운전자의 손바닥 발한 반응, 피부 반응, steering, 가속기 및 브레이크 작동 능력 등을 추출하고, 이를 이용하여 운전자 위험인식 능력을 평가하였다. 분석 결과, 위험한 상황에서 감정적 변화로 인하여 손바닥 발한과 피부 반응이 높게 나타났다. 피부 반응의 경우, 제동 반응보다 빠르게 나타나 운전자의 위험인식 능력을 평가하는데 적절한 지표로 제시되었다.

3. 연구의 차별성

공격운전 관련 연구에서는 공격운전의 정의, 공격운전 행동 유형 등이 제시되었고, 설문조사, 주행 시뮬레이션, 기존문헌 고찰 등 다양한 방법론을 통해 공격적인 운전을 유발할 수 있는 요인 등을 분석하였다. 또한 위험운전 감지 방안 연구에서는 현장실험, 기존문헌 고찰, 주행 시뮬레이션 등을 이용하여 위험운전에 대한 평가 및 감지방안을 도출하였다. 대부분의 연구에서 운전자 위험도 지표, 위험운전행동 기준, 주행 시뮬레이션 데이터 값 등이 모든 운전자에게 동일하게 적용되며 일정 기준치를 초과하면 위험운전이라고 판단하였다.

다양한 연구사례를 통해 본 연구에서는 공격운전을 위험운전행동 중에서도 운전자의 의지가 반영되어 특정 대상을 위협하는 운전행태라고 정의한다. 기존 논문 조사를 통해 공격운전 시나리오를 수립하여 일반운전과 공격운전의 주행행태의 비교·분석이 필요하다. 또한, 분석 시 공격운전은 운전자의 평소 주행행태와 큰 차이를 보이는 운전행태이기 때문에 기존의 모든 운전자에 대해 동일한 기준을 적용하는 절대적 감지기법이 아닌 운전자의 개별 주행패턴을 고려한 상대적 감지기법이 필요하다.

방법론

1. 연구 흐름도

단계별 공격운전 검지기법을 제시하여 최종적으로 공격운전 검지 알고리즘을 도출하였다. 또한 공격운전과 일반 운전 시나리오를 설계하여 주행 시뮬레이션 실험을 수행하였다. 분석결과 장에서는 분석구간에서의 데이터의 측정값을 통해 본 연구에서 제시한 상대적 검지 지표인 EDI를 산출하여 독립변수로 설정한 이항 로지스틱 회귀분석을 통해 공격운전 검지 시 유의한 변수를 도출하였다. 마지막으로 연구 결과를 종합한 결론을 제시하였다. 본 연구의 수행 과정은 Figure 2에 제시한 바와 같이 4단계로 나누어 수행하였다.

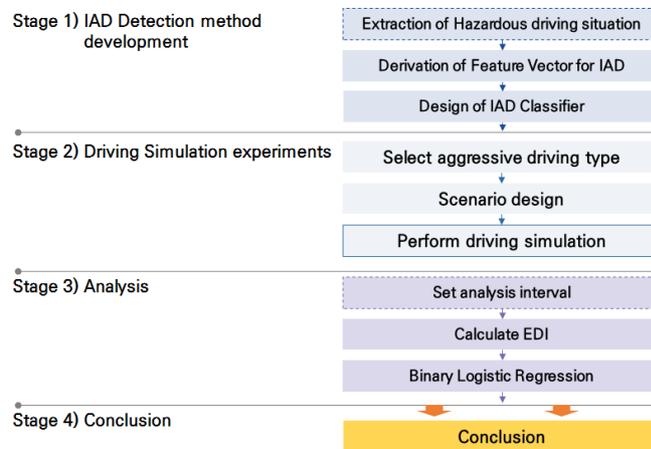


Figure 2. Research procedure

2. EDI 도출

기존문헌 조사를 통해 기존의 작업부하 평가지표 등의 운전자 주행특성 평가 방법론은 단순히 차량의 오프셋이나 steering 등 평가척도의 급격한 변화폭을 통해 운전자의 주행특성을 파악하는 절대적 평가기법이 대부분인 것을 확인하였다. 대표적인 절대적 검지기법인 운행기록분석시스템의 위험운전행동 기준은 모든 운전자에게 동일한 기준을 적용하여 운전자 개인의 인적특성, 평소 운전습관 및 개별특성 등이 반영되지 않는 한계가 있다. 따라서 개별운전자가 위험운전을 하는지, 작업부하에 영향을 받는지에 대해 정확히 파악하기 위해서는 개별 운전자의 주행행태 특성 및 운전습관 등을 반영한 상대적 평가기법이 필요하다. 특히 공격운전의 경우 평소의 주행행태를 벗어나는 주행행태이기 때문에 특히 운전자 개별의 주행패턴을 고려하여 검지의 신뢰성을 높일 필요성이 있다. 본 연구에서는 개별 운전자의 주행패턴을 반영하기 위해 속도, 가속도, 각속도 steering, 오프셋의 변수에 대해서 임계값을 설정하고 분석시간동안 임계값을 초과하는 면적의 총합을 산출하여 총 주행시간을 나누어 EDI (Erratic Driving Index)를 도출하였다. EDI 도출 시 임계값은 변수의 중앙값, 평균, 85 percentile 등 여러 가지 설정 방안이 있을 수 있지만 본 연구에서는 변수의 절대값의 평균을 임계값으로 설정하였다. 그러나 절대값의 평균을 임계값으로 설정하는 경우 운전자의 공격성향과 관계없이 운전자가 주행하는 도로기하구조에 따라 임계값의 변동이 발생할 수 있다는 한계점이 있다. 따라서 임계값을 설정하는 방안에 대해서는 추가적인 연구를 통해 적정 임계값 도출이 필요할 것으로 판단된다. EDI의 산출식은 Equation 1에 제시하였으며, EDI 산출 개념도는 Figure 3과 같다. Figure 3에서 제시한 EDI 산출 개념도는 Steering을 변수로 설정한 예시이며, 피실험자의 Steering 절대값의 평균을 임계값으로 설정하였으며 실선으로 표시하였으며 임계값을 초과하는 범위를 짚게 표시하였다. 실선으로 표시한 임계값을 초과하는 범위 면적의 총합을 총 주행시간으로 나누어서 EDI를 도출한다.

$$EDI = \frac{A}{T}$$

$$\left(\text{If } V(i) > \text{critical value, } \sum_{i=1}^n \frac{|V(i) - \text{critical value}|}{t_{i+1} - t_i} = A \right) \quad (1)$$

V(n) : Measurement at time step n A : Total area
 T : Total driven time

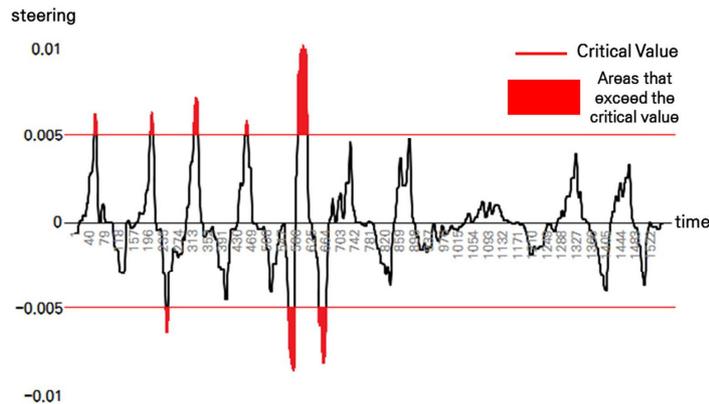


Figure 3. Conceptual illustration of EDI computation

3. 공격운전 검지 알고리즘 개발

공격운전은 일반운전과 비교하여 매우 과격한 주행패턴을 보이기 때문에 이를 체계적으로 검지하기 위해서는 우선적으로 기존에 활용되는 절대적 검지기법인 운행기록시스템의 위험운전행동 기준을 활용하여 위험운전 상황을 추출한다. 추출된 위험운전 상황에서 운전자가 공격운전 의지를 가지고 있는지를 파악하기 위해 본 연구에서 제시한 상대적 검지기법을 이용하여 공격운전 의지 특징벡터를 산출한다. 마지막으로 산출된 공격운전 의지 특징벡터를 공격운전 검지 분류기에 입력하여 공격운전을 검지하는 총 3단계의 공격운전 검지과정을 거친다.

Step 1) 위험운전 상황 추출

운전자 주행행태는 일반운전을 가장 큰 카테고리로 설정한다면 일반운전 내에서 과속, 급감속, 급가속 등과 같이 위험한 주행행태를 보이는 위험운전이 포함되어 있다. 그리고 위험운전 중에서도 평소 운전자 별 운전습관 및 주행패턴을 고려했을 때 운전자가 공격 의지를 가지고 더 공격적이고 과격한 주행행태를 보이는 공격운전이 포함될 수 있다. 공격운전 검지의 정확성을 높이기 위해서는 체계적인 검지 단계를 거쳐야 하는데 우선적으로 기존의 절대적 검지기법을 통해 일반운전에서 위험운전 상황을 추출하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 운행기록분석시스템 위험운전행동 10개(Korea transportation safety authority, 2013)를 위험운전 세부 이벤트로 정의하였다. 이 위험운전 세부 이벤트 중에서 현실적으로 주행 시물레이션으로 검지 가능할 것으로 판단되는 유형을 급차로변경, 급감속, 급가속으로 설정하였으며, 각 위험운전 세부 이벤트 검지 시 운행기록시스템의 위험운전행동 기준을 활용하여 임계값 설정이 가능하다. 또한 설정된 세 가지 위험운전 세부 이벤트가 일련의 과정으로 연속하여 발생하는 경우를 위험운전 상황이라고 정의하였다. 위험운전 상황을 정의하기 위해서는 두 가지 분석시간의 설정이 필요하며 두 가지 조건을 모두 충족하여야 위험운전 상황으로 검지되어 추출이 가능하다. 설정이 필요한 분석시간은 위험운전 세부 이벤트 발생시간 간격(t_i)과 위험운전 상황 지속시간(T)이다. 예를 들어 급차로변경 이후에 설정된 t_1 이내에 급감속이 발생하고, 급감속 이후 t_2 이내에 급가속이 발생한 경우, 이 일련의 과정의

지속시간이 설정된 위험운전 상황 지속시간 T 이내일 경우 위험운전 상황으로 추출할 수 있다. 공격운전 세부 이벤트 발생시간 간격과 위험운전 상황 지속시간을 적정한 분석시간으로 설정하기 위해서는 고려해야할 사항이 매우 많으며 향후 연구를 통해 적정 시간을 도출할 필요가 있다. 위험운전 상황 추출에 대한 개념도는 Figure 4에 제시하였다.

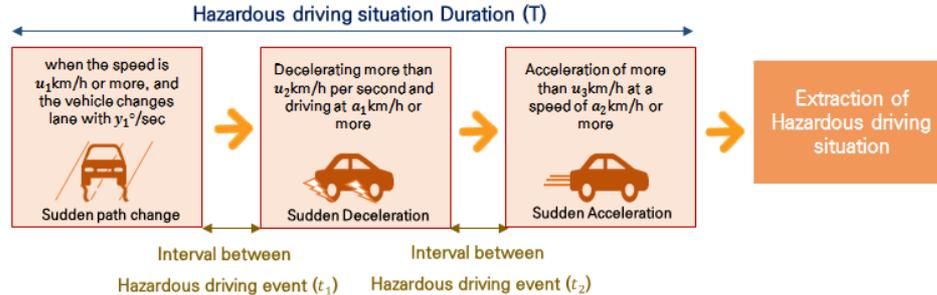


Figure 4. Extraction of hazardous driving event

Step 2) 공격운전 의지 특징벡터 산출

공격운전 검지는 공격운전 가해자의 공격 의지와 공격운전 가해자-피해자간 상호작용이 중요한 이슈이기 때문에 이를 고려하기 위해서 운전자 별 과거 주행 이력자료를 고려한 EDI를 도출하였다. 도출된 EDI를 공격운전 검지를 위한 특징벡터라고 정의하였다. Step1 위험운전 상황 추출을 통하여 본 연구에서 설정한 위험운전 상황에 대한 추출이 완료되면 추출된 위험운전 상황 지속시간 T_i 에서의 EDI를 산출한다. 이 때 EDI의 임계값은 위험운전 상황 지속시간에서의 측정값의 평균이 아닌 운전자의 과거 주행 이력자료 전체에서 평균값을 산출하여 적용한다. 공격운전 의지 특징벡터 산출에 대한 개념도는 Figure 5에서 제시하였다. Figure 5는 후방 밀착주행, 측방 밀착주행 및 급앞지르기, 급감속이 순차적으로 발생할 때의 속도, steering, 오프셋에 대한 프로파일 예시이다. 후방 밀착주행 시

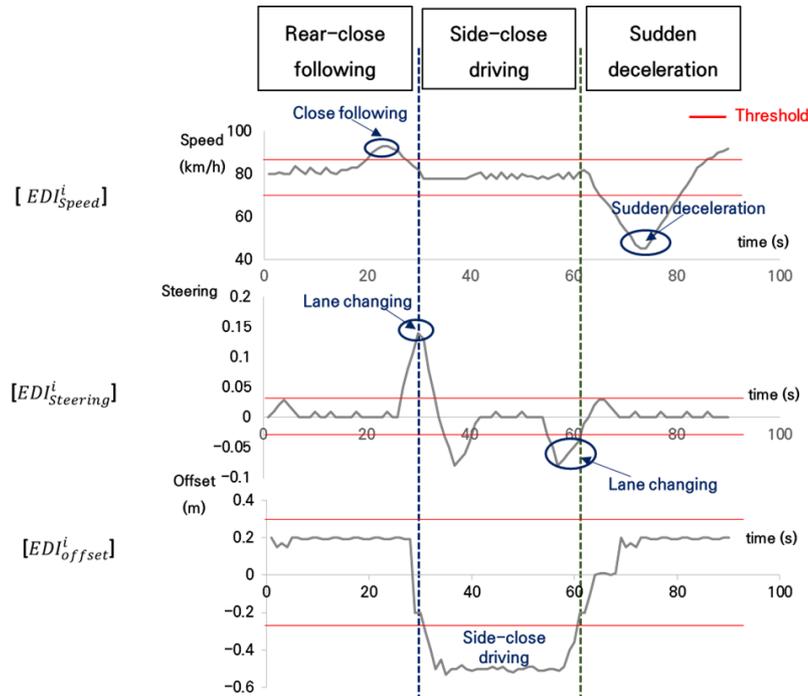


Figure 5. Derivation of IAD feature vector

행차량에 밀착하기 위해 주행속도가 증가하며, 이에 따라 속도 임계값을 초과하여 EDI_{Speed} 가 발생한다. 급차로변경을 수행할 경우 steering이 평소 주행패턴을 벗어나 $EDI_{steering}$ 이 발생하게 되며, 측방밀착 시 차량이 차로중심에서 멀어지기 때문에 EDI_{offset} 이 발생하게 된다. 또한 선행차량 추월 후 급감속을 수행할 경우 평소 주행속도 패턴을 초과하여 EDI_{Speed} 가 발생할 수 있다. 주행속도, steering, 오프셋뿐만 아니라 가속도, 각속도 등의 EDI를 산출하여 평소 주행패턴을 벗어날 경우 발생하는 공격운전 의지 특징벡터 산출이 가능하다.

Step 3) 분류기를 통한 공격운전 검지

Step2에서는 추출된 위험운전 상황에서 주행 데이터를 이용하여 주행속도, 가속도, 각속도, steering 오프셋 등의 EDI를 도출한다. 도출된 EDI를 통해 공격운전 검지를 위한 특징벡터로 정의하고 산출하였다. 위험운전 상황에서 산출된 특징벡터를 분류기에 입력하여 일반 위험운전인지 공격의지를 지닌 공격운전인지에 대한 분류를 하여 최종적으로 공격운전을 검지한다. 본 연구에서는 주행 시뮬레이션 데이터를 분석하여 도출된 이항 로지스틱 회귀모형을 공격운전 분류기로 사용하였다. 이항 로지스틱 회귀모형의 목적이 공격운전인지 아닌지를 분류하는 것이기 때문에 모형의 종속변수는 공격운전 유무로 Binary classification하였으며, 독립변수는 Step2에서 산출된 공격운전 의지 특징벡터로 설정할 수 있다. 이와 같이 종속변수와 독립변수를 설정하여 이항 로지스틱 회귀모형의 기본식에 입력하여 공격운전 유무 판단이 가능하다. Step3에 대한 개념도는 Figure 6에 제시하였다.

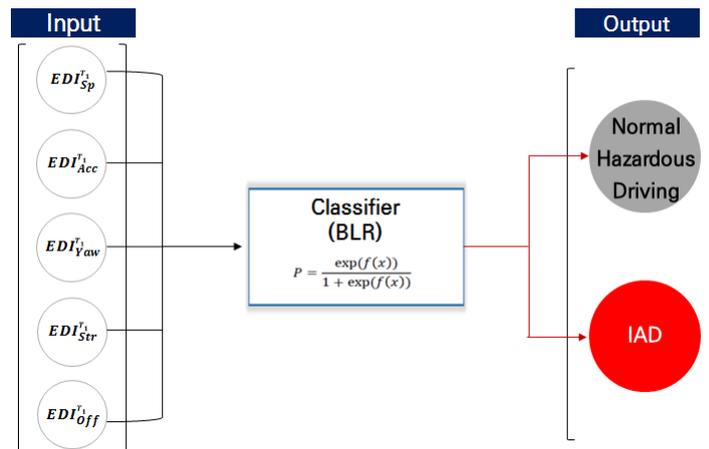


Figure 6. Detection of IAD event by classifier

4) 공격운전 검지 알고리즘

공격운전 검지를 위해 본 연구에서는 위험운전 상황 추출, 공격운전 의지 특징벡터 산출, 분류기를 통한 공격운전 검지 총 3단계의 공격운전 검지기법을 제시하였다. 공격운전 알고리즘은 기존에 활용되고 있는 절대적 검지기법인 운행기록시스템의 위험운전행동 기준과 본 연구에서 제시하는 상대적 검지기법인 EDI를 모두 활용하여 공격운전을 검지한다. 따라서 기존의 절대적 검지기법과 본 연구를 통해 도출된 상대적 검지지표를 모두 활용한 방법론을 구축하여 공격운전 검지의 신뢰성을 높일 수 있다. 그러나 향후 운수회사의 협조를 얻어 실제 DTG 데이터에 공격운전 검지 방법론을 적용한 실증연구를 수행하여 본 연구에서 개발한 방법론의 적용 가능성을 검증할 필요가 있다. 공격운전 검지 Step을 알고리즘 형태로 도출하여 공격운전 검지 알고리즘을 Figure 7에서 제시하였다.

공격운전 검지를 위해 본 연구에서는 위험운전 상황 추출, 공격운전 의지 특징벡터 산출, 분류기를 통한 공격운전 검지 총 3단계의 공격운전 검지기법을 제시하였다. 공격운전 알고리즘은 기존에 활용되고 있는 절대적 검지기법인

운행기록시스템의 위험운전행동 기준과 본 연구에서 제시하는 상대적 검지기법인 EDI를 모두 활용하여 공격운전을 검지한다. 따라서 본 연구에서 제시한 공격운전 검지 알고리즘은 기존의 절대적 검지기법과 상대적 검지기법을 모두 활용하여 공격운전 검지의 신뢰성을 높일 수 있는 방법론이라고 판단하였다. 주행 시뮬레이션 데이터를 이용하여 EDI를 산출하고, 산출된 EDI를 통해 이항 로지스틱 회귀분석을 실시하여 공격운전과 일반운전의 분류정확성을 나타냈다. 이항 로지스틱 회귀분석 결과를 통해 본 연구에서 개발한 공격운전 검지 방법론의 적용 가능성을 제시하였다. 그러나 주행 시뮬레이션 실험의 경우 실험 준비 및 수행에 많은 시간이 소요되고, 자료처리의 노력이 요구된다는 한계가 있다. 따라서 향후 운수회사 협조를 통해 실제 DTG 데이터에 공격운전 검지 방법론을 적용하는 실증 연구를 수행하여 본 연구에서 개발한 방법론의 검증이 필요하다. 공격운전 검지 Step을 알고리즘 형태로 도출하여 공격운전 검지 알고리즘을 Figure 7에서 제시하였다.

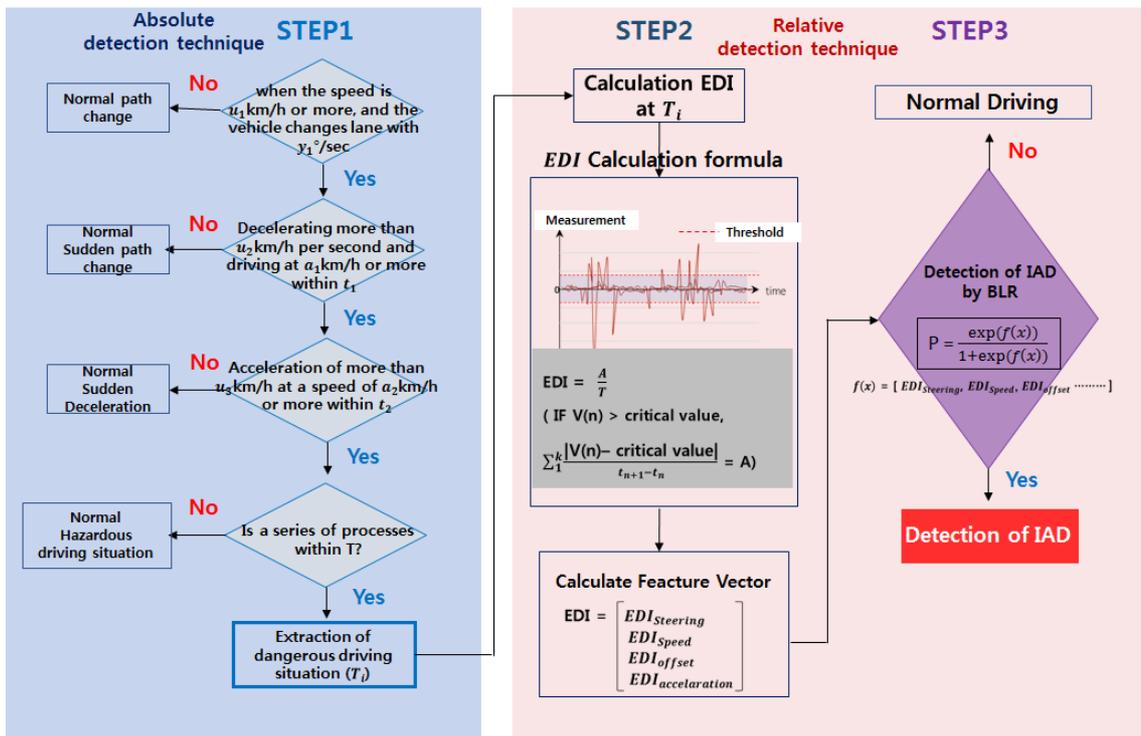


Figure 7. IAD event detection algorithm

주행 시뮬레이션 실험

1. 주행 시뮬레이션 실험 환경 구축

본 연구에서는 주행 시뮬레이터 소프트웨어 UC-win/Road를 이용하여 3차원의 가상 네트워크를 구현하였다. 또한 Multi-agent 소프트웨어를 통해 2대의 주행 시뮬레이터를 연결하여 동기화된 동일한 공간 내에서 주행 시뮬레이션이 가능한 네트워크 멀티 드라이버 환경을 구축하였다. 일반운전 시나리오와 공격운전 시나리오의 주행행태를 비교·분석하였으며, 주행 시뮬레이션 실험을 통해 수집된 주행속도, 가속도, 각속도, Steering, 오프셋 등을 이용하여 분석을 실시하였다.

주행 시뮬레이션 실험은 2017년 8월 14일부터 2017년 8월 18일까지 실시하였으며, 운전 경력 1년 이상의 고속도로 주행경험이 있는 20대 운전자 32명을 대상으로 실험시간 1명당 약 30분 가량 진행하였다. Multi-agent 주행 시뮬

레이션을 통해 공격운전 가해자와 공격운전 피해자가 동일한 네트워크에서 동시에 주행하여 공격운전 가해자 16명, 공격운전 피해자 16명의 데이터를 축적하였다. Figure 8에 실험환경에 대한 도면 예시를 제시하였다. 좌측 주행 시뮬레이터의 피실험자가 공격운전 가해자, 우측 주행 시뮬레이터의 피실험자가 공격운전 피해자가 주행을 수행하였다.

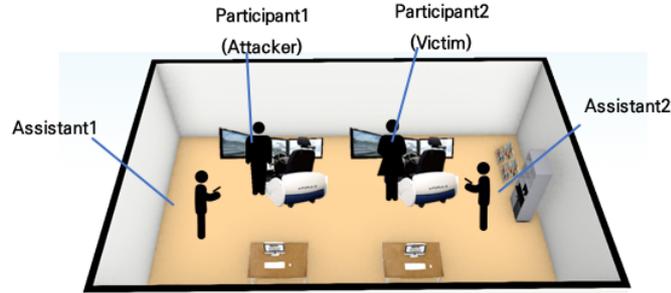


Figure 8. Experiment environment

주행 시뮬레이션 시나리오는 크게 2가지로 일반운전 시나리오와 공격운전 시나리오로 구성되어 있으며, 시나리오 모두 동일한 3차로 연속류 2 km 구간을 구현하였다. 일반운전 시나리오의 경우 피실험자2는 2차로에서 주행을 시작하여 차로변경 없이 80 km/h로 정속주행을 하도록 지시를 하였다. 피실험자1은 피실험자2의 200 m 후방에서 주행을 시작하여 1 km 지점까지 안전거리를 확보하여 선행차량을 추종하다가 1 km 지점에서 실험 보조자가 차로변경을 지시하면 급차로변경이 아닌 자유의지에 의해 차로변경하여 선행차량을 안전하게 추월하여 주행하도록 지시하였다.

공격운전 시나리오의 경우 피실험자2(공격운전 피해자)는 일반운전 시나리오와 마찬가지로 2차로에서 주행을 시작하여 차로변경 없이 80 km/h로 정속주행을 하도록 지시를 하였다. 피실험자1(공격운전 가해자)은 피실험자2의 200 m 후방에서 주행을 시작하여 1 km 지점까지 선행차량을 후방에서 밀착주행하여 전방의 운전자를 위협하다가, 실험 보조자가 1 km 지점에서 차로변경을 지시하면 급차로변경하여 공격운전 피해자의 차량을 측방에서 최대한 밀착 주행하여 정신적 압박감을 준 후, 급알리르기를 통해 추월하도록 지시하였다. 마지막으로 추월 후 후방의 차량의 분노를 유도하기 위해 급감속을 수행한 후 다시 주행하도록 지시하였다.

2. 분석 범위 설정

본 연구에서는 운행기록분석시스템 위험운전행동 10개 중에서 현실적으로 주행 시뮬레이션으로 검지 가능할 것으로 판단되는 유형을 급차로변경, 급감속, 급가속으로 설정하였다. 또한 세 가지 위험운전 세부 이벤트가 일련의 과정으로 연속하여 발생하는 것을 대표적인 위험운전 상황이라고 정의하였다. 급차로변경의 경우 공격운전 가해자가 차로변경하여 측방 차로의 공격운전 피해자와 동일선상에 위치한 경우를 급차로변경 시점으로 설정하고, 2차로로 다시 차로변경하여 공격운전 가해자의 앞바퀴가 2차로 중심을 통과할 때를 차로변경 종점이라 정의하였다. 급차로변경 시점과 종점까지를 급차로변경 분석 구간으로 설정한다. 급감속 구간의 경우 공격운전 시나리오에서는 급차로변경 종점 이후 공격운전 가해자가 Brake 페달을 밟는 행위를 종료할 때까지를 분석 구간으로 설정하며, 일반운전 시나리오에서는 급감속을 수행하지 않기 때문에 공격운전 시나리오에서의 급감속 구간 분석 시간의 평균인 6.04 초로 설정하였다. 또한, 급가속 구간의 경우 공격운전 시나리오에서는 운전자 별 급감속 시간과 동일하게 설정하고, 일반운전 시나리오에서는 급감속 시간 평균인 6.04초를 동일하게 설정하였다. 설정한 급차로변경, 급감속, 급가속 구간 전체를 위험운전 상황에 대한 분석 구간으로 설정하였다. 시나리오 별 분석시간 설정에 대한 개념도는 Figure 9에 제시하였다.

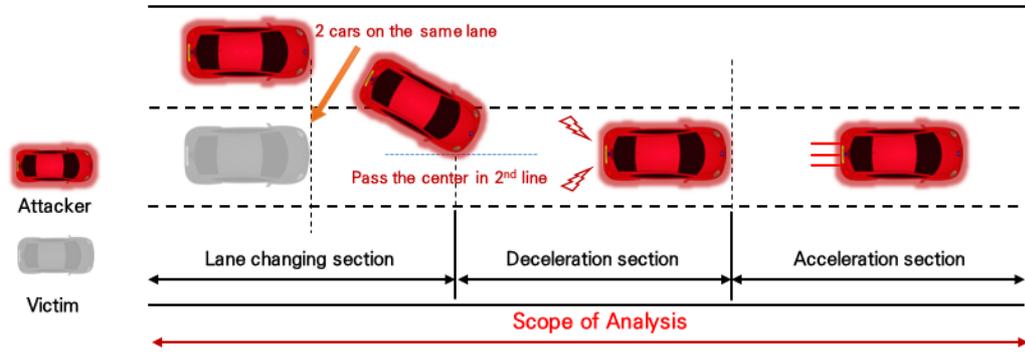


Figure 9. Scop of analysis

분석결과

1. 구간 별 주행행태 분석

주행 시뮬레이션 실험은 모든 시나리오에서 추종 구간, 앞지르기 구간, 추월 후 구간으로 진행되었다. 추종구간은 피실험자가 주행을 시작하여 1 km 지점까지 선행차량 후방에서 추종하는 구간이며, 앞지르기 구간의 경우 방향지시등을 켜 시점부터 선행차량을 앞지른 후 2차로의 중심선을 통과하는 종점으로 정의된다. 또한 추월 후 구간은 앞지르기 이후의 주행 구간이다. 주행 시뮬레이션에서 추출되는 측정값인 주행속도, 가속도, 각속도, steering, 오프셋 5개를 이용하여 본 연구에서 제시한 상대적 검지지표인 EDI를 적용하여 분석하였다. 각 구간에서의 공격운전 가해자 별 데이터의 EDI의 평균과 표준편차를 산출하여 구간 별 주행행태를 분석하였다. 구간 별 주행행태 분석 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Analysis result of EDI according to section

Measurement	Following section		Lane changing section		After passing section		
	Normal Driving	IAD	Normal Driving	IAD	Normal Driving	IAD	
EDI_{SP} (Speed)	Avg	0.0967	0.2081	0.0203	0.0532	0.0864	0.7241
	Std	0.1105	0.5084	0.0277	0.0606	0.0766	0.9184
EDI_{ACC} (Acceleration)	Avg	0.0864	0.1300	0.0097	0.0739	0.0218	1.1907
	Std	0.2069	0.2349	0.0141	0.1631	0.1081	2.4917
EDI_{YAW} (Yaw)	Avg	0.0000	0.0001	0.0006	0.0015	0.0002	0.0011
	Std	0.0000	0.0002	0.0006	0.0014	0.0002	0.0031
EDI_{STR} (Steering)	Avg	0.0000	0.0001	0.0005	0.0017	0.0003	0.0013
	Std	0.0000	0.0001	0.0003	0.0015	0.0003	0.0038
EDI_{OFF} (Offset)	Avg	0.0021	0	0.2364	0.2967	0.0329	0.0239
	Std	0.0000	0	0.2508	0.2445	0.0350	0.0264

분석 결과, 추종구간에서는 공격운전 가해자는 공격운전 시나리오에서 선행차량인 공격운전 피해자에게 후방 밀착주행을 수행하기 때문에 밀착하기 위한 가속이 발생하고, 밀착 후 선행차량과 충돌하지 않고 거리를 유지하기 위해 가속과 감속을 반복하게 된다. 이에 따라 일반운전 시나리오 대비 공격운전 시나리오의 오프셋을 제외한 모든 EDI의 평균 및 표준편차가 높게 나타났다. 오프셋의 경우 공격운전 시나리오에서 EDI의 평균 및 표준편차가 0으로 나타났는데, 이는 선행차량에 대해 후방 밀착을 수행으로 인해 차량간 간격이 좁아 횡방향 거동이 어렵기 때문인 것으로 보인다.

앞지르기 구간은 공격운전 가해자는 공격운전 시나리오에서 공격운전 피해자에게 측방 밀착 및 급앞지르기를 수

행한다. 공격운전 시 급앞지르기를 위한 급차로변경으로 인해의 평균 및 표준편차가 크게 나타나고, 측방 밀착을 위해 공격운전 피해차량의 속도를 유지하기 위해 감속과 가속을 반복하다 급앞지르기 시 가속이 발생한다. 이에 따라 공격운전 시 운전자의 평소 주행행태를 벗어나기 때문에 모든 EDI에서 평균이 높게 나타났다. 특히 차로변경 이벤트가 발생하기 때문에 추종구간에 비해 각속도와 steering EDI의 평균 및 표준편차가 다른 구간에 비해 높게 나타났다.

추월 후 구간의 경우 공격운전 시나리오에서 공격운전 가해자는 공격운전 피해자에게 위협을 가하기 위해 급감속을 수행한다. 공격운전 시 급감속으로 인해 주행속도의 평균이 매우 낮아진다. 또한 공격운전 시 급앞지르기로 인해 일반운전 시에 비해 차로의 중심을 잡기 위해 더 많은 핸들의 조작이 필요하다. 따라서 대부분의 EDI의 평균 및 표준편차가 공격운전 시 일반운전과 비교하여 매우 높게 나타났다. 특히 급감속 이벤트로 인해 속도와 가속도가 평소 주행패턴을 벗어나는 범위가 크기 때문에 일반운전 시나리오에 비해 공격운전 시나리오의 주행속도와 가속도의 EDI가 매우 큰 것으로 나타났다. 구간 별 주행행태 분석 결과 모든 구간에서 공격운전 시나리오와 일반운전 시나리오의 주행행태의 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 공격운전 시 평소 운전자의 주행패턴을 벗어나기 때문에 EDI의 평균 및 표준편차가 크게 나타나는 경향을 보였다.

2. 위험운전 상황 분석시간 설정

본 연구에서는 위험운전 세부 이벤트 중에서 주행 시뮬레이션으로 검지 가능할 것으로 판단되는 유형으로 급차로변경, 급감속, 급가속을 설정하였다. 이 세 가지 위험운전 세부 이벤트가 일련의 과정으로 연속적으로 발생하는 경우 위험운전 상황이라고 정의하였으며, 위험운전 상황을 정의하기 위해서는 위험운전 세부 이벤트 발생시간 간격(t_i)과 위험운전 상황 지속시간(T)의 설정이 필요하다. 주행 시뮬레이션을 이용하여 공격운전 시나리오에 대한 데이터를 추출하여 급차로변경과 급감속의 발생시간 간격, 급감속과 급가속의 발생시간 간격, 위험운전 상황 지속시간에 대한 기술통계값을 각각 산출하여 Table 3에 제시하였다. 분석을 통해 산출된 각 분석시간의 최대값을 위험운전 상황 추출 시 적용 가능하며 위험운전 상황 지속시간은 최대값인 약 45초로 설정하고, t_1 은 약 9.5초, t_2 는 약 2.5초로 설정 가능하다. 급차로변경, 급감속, 급가속이 연속적으로 발생하며, 위험운전 상황 지속시간과 위험운전 세부 이벤트 발생시간 간격을 모두 만족하는 경우 위험운전 상황으로 추출할 수 있다.

Table 3. Hazardous driving situation analysis time

Analysis time	Avg	Std	Min	Max
Hazardous driving situation duration T	18.17	10.22	4.23	44.18
Interval between hazardous driving event t_1 (sudden path change-sudden deceleration)	4.04	2.70	0.37	9.47
Interval between hazardous driving event t_2 (sudden deceleration-sudden acceleration)	0.59	0.45	0.17	2.02

3. BLR을 이용한 분류기 설계

본 연구에서 분석 범위로 설정한 급차로변경, 급감속, 급가속이 연속적으로 발생할 때, 분석결과를 통해 도출된 위험운전 상황 지속시간과 위험운전 세부 이벤트 발생시간 간격을 모두 만족하는 경우 위험운전 상황으로 추출된다. 추출된 위험운전 상황에 대해 일반운전인지 공격운전인지를 분류할 수 있는 변수를 알아보기 위해 이항 로지스틱 회귀분석(BLR)을 실시하였다. 이항 로지스틱 회귀모형은 선형 회귀모형의 단점을 극복하기 위해 도출된 모형으로써 확률에 대한 로지스틱 변환을 고려하여 분석하는 방법이다. 즉, 어떤 사건의 발생여부를 직접적으로 예측하는 것이 아니라 사건이 발생할 확률 자체를 예측하는 분석기법이다. 또한, 이항 로지스틱 회귀분석에 사용되는 종속변수는 연속형 변수가 아닌 이분형 변수이면서 범주형 변수로써 설정이 되어야 한다.

공격운전 검지를 위해 이항 로지스틱 회귀분석을 실시하기 위해서는 종속변수와 독립변수를 설정하여야 한다. 모형의 목적이 데이터를 통해 공격운전인지 아닌지를 분류하는 것이기 때문에 모형의 종속변수는 공격운전 시나리오를 1, 일반운전 시나리오를 0으로 설정하여 Binary classification하였으며, 통계분석 시 주로 이용되는 SPSS를 분석 툴로 이용하여 이항 로지스틱 회귀분석을 실시하였다.

독립변수의 경우 피실험자의 속도, 가속도, 각속도, steering, 오프셋에 대한 EDI를 산출하고 각 EDI의 평균을 독립변수로 설정하였다. 이항 로지스틱 회귀분석 시 설정한 변수는 Table 4에서 제시하였다.

Table 4. Binary logistic regression variable

Variable	Variable name	Coding
Dependent variable	Scenario	IAD: 1 Normal driving: 0
Independent variable <i>EDI_{Measurement}</i>	<i>EDI_{SP}</i> (Speed)	Continuos type
	<i>EDI_{ACC}</i> (Acceleration)	Continuos type
	<i>EDI_{YAW}</i> (Yaw)	Continuos type
	<i>EDI_{STR}</i> (Steering)	Continuos type
	<i>EDI_{OFF}</i> (Offset)	Continuos type

이항 로지스틱 회귀분석 결과는 Table 5에 제시하였으며, 일반운전 시나리오 32 케이스 중에서 30 케이스가 정확하게 분류되었고, 공격운전 시나리오의 경우 32 케이스 중에서 26개가 정확하게 분류되어 공격운전 유무에 대한 전체 분류 정확도는 87.5%로 높게 나타났다. Nagelkerke R^2 은 독립변수들이 종속변수를 설명하는 정도를 나타내며, 0.763으로 도출된 회귀식의 설명력이 대략 76.3%로 나타났다. 또한 Hosmer와 Lemeshow 적합도 검정에서는 유의 확률이 0.05보다 크면 모형이 적합하다는 귀무가설을 기각하지 못하므로 모형이 적합하다고 할 수 있는데, 검정 결과 유의확률이 0.889로 0.05보다 훨씬 크게 나타났으므로 모형은 적합한 것으로 나타났다. 공격운전 검지 시 신뢰수준 90%에서 유의한 영향을 미치는 변수로 *EDI_{SP}*, *EDI_{ACC}*가 도출되었다. 이는 급차로변경, 급감속으로 평균 주행속도가 낮아지고 급차로변경, 급감속, 급가속 수행 시 모두 가속과 감속이 반복적으로 나타나기 때문에 가속도의 크기가 커져 평소 주행행태와 다른 주행행태를 보이기 때문인 것으로 보인다.

Table 5. Binary logistic regression result

	B	S.E	Wals	p
<i>EDI_{SP}</i>	-5.077	2.784	3.326	0.068
<i>EDI_{ACC}</i>	38.202	12.827	8.870	0.003
Constant	-1.936	0.611	10.045	0.002

Classification result				Number of observation: 32
Observed	Scenario	Predicted		Nagelkerke R^2 : 0.763
		Normal Driving	IAD	Percentage Correct
Scenario	Normal Driving	30	2	93.8
	IAD	6	26	81.3
Overall percentage				87.5

Hosmer-Lemeshow Sig.: 0.889

결론

공격운전은 정상적인 주행행태의 범위를 넘는 것으로 다른 운전자를 불필요한 위험에 처하게 하는 운전행태를 의미한다. 본 연구에서는 공격운전을 위험운전행동 중에서도 운전자의 공격 의지가 반영되어 특정 대상에게 보복 및

난폭운전을 하는 매우 위험한 운전행태라고 정의하였다. 그러나 기존 문헌조사를 실시한 결과, 공격운전을 효과적으로 예방하기 위한 검지기법 및 안전관리 방안이 전문한 실정인 것을 파악하였다. 또한 기존에는 운전자 주행특성 평가 시 운행기록시스템의 위험운전행동 기준 등 운전자의 평소 주행패턴을 고려하지 않고 모든 운전자에게 동일한 기준을 적용한 절대적 검지기법을 사용하고 있다. 공격운전의 경우 운전자의 평소 주행행태의 범위를 벗어나는 운전행태이기 때문에 기존의 절대적 검지기법이 아닌 운전자 개별의 주행패턴을 반영한 상대적 검지기법이 필요하다고 판단하였다. 따라서 본 연구를 통해 운전자 주행패턴을 반영한 공격운전 검지표인 EDI를 제시하였다.

Multi-agent 주행 시뮬레이션 실험을 통해 공격운전 가해자와 공격운전 피해자를 동일한 네트워크에서 동시에 주행을 실시하였고, 일반운전 시나리오와 공격운전 시나리오를 수행하였다. 시나리오 별 주행행태 분석을 통해 추종 구간, 앞지르기 구간, 추월 후 구간에서 모두 공격운전 시 과격한 주행행태로 인해 평소 주행패턴을 벗어나기 때문에 대부분의 EDI의 평균 및 표준편차가 높게 나타나 공격운전과 일반운전의 주행행태가 차이가 있는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 주행 시뮬레이션을 통해 검지 가능할 것으로 판단되는 위험운전 이벤트로 급차로변경, 급감속, 급가속을 설정하고, 3개의 위험운전 이벤트가 일련의 연속된 과정으로 발생하는 상황을 위험운전 상황이라 정의하여 분석구간으로 설정하였다. 주행 시뮬레이션 실험을 통해 추출된 데이터를 이용하여 분석 구간의 속도, 가속도, 각속도, steering, 오프셋에 대한 EDI를 산출하였다. 공격운전 검지를 위한 모형을 도출하기 위해 종속변수를 공격운전 유무로 설정하고, 독립변수를 각 측정값을 통해 산출한 EDI로 설정하여 이항 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 분석 결과, EDI_{sp} , EDI_{ACC} 가 공격운전 시 영향을 미치는 유의한 변수로 도출되었다. 이는 급차로변경, 급감속으로 인해 평균 주행속도가 낮아지고, 급차로변경, 급감속, 급가속 모두 가속 및 감속을 수행하기 때문에 가속도의 크기가 커지기 때문인 것으로 보인다.

본 연구를 통해 공격운전 검지 Step을 제시하였으며, 위험운전 상황 추출, 공격운전 의지 특징벡터 산출, 분류기를 통한 공격운전 검지 순의 공격운전 검지 알고리즘을 최종적으로 도출하였다. 공격운전 알고리즘은 공격운전 검지를 단계별로 체계적으로 수행하며, 절대적 검지와 상대적 검지 모두를 활용하여 공격운전 검지 정확도를 높일 수 있다. 공격운전 알고리즘은 기존의 운행기록시스템 위험운전행동 기준이 활용 가능하다는 장점이 있다. 본 연구는 주행 시뮬레이션을 통해 도출된 데이터 분석 결과이기 때문에 DTG 데이터에 그대로 적용이 어렵지만, 실제 도로환경에서의 주행 실험을 실시하여 본 연구를 통해 도출된 공격운전 특성 및 공격운전 검지기법 방법론을 적용하는 연구를 수행할 수 있다. 또한 본 연구에서 제시한 공격운전 검지 방법론을 DTG 데이터에 적용이 가능하며, 공격운전자 종합 평가지표 등을 산출하여 운전자 별 맞춤형 공격운전 예방 대책 수립이 가능한 운전자 주행행태 평가체계를 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 한계점으로는 주행시뮬레이션은 실제 상황과 완전히 같다고 볼 수 없기 때문에 분석 결과를 실제 데이터에 그대로 적용하기 어렵다. 따라서 실제 도로환경에서의 주행 실험을 통하여 추출한 데이터를 활용하여 본 연구에서 제시한 공격운전 검지기법 방법론을 적용하는 추가 연구가 필요하다. 또한 본 연구에서 제시한 공격운전 검지 알고리즘의 정확성을 검증하는 추가 연구가 필요하다. 본 연구에서는 3개의 공격운전 유형에 대해서 분석 및 검지하였는데, 그 외에 추가적인 공격운전 유형에 대한 분석이 필요하다. 또한, 단속류 상황, 교통 혼잡 상황 등을 고려한 시나리오에 대한 분석 역시 필요하다. 본 연구의 주행 시뮬레이션 실험은 20대 운전자 32명을 모집하여 진행하였으며, 샘플이 부족하다는 한계가 있다. 따라서 20대 운전자뿐만 아니라 피실험자의 연령대와 성별을 다양하게 모집하여 추가 분석이 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENT

It was supported by the National Research Foundation of Korea grant funded by the Korea Government (MSIP) (NRF-2017R1A2B4005835).

REFERENCES

- American Automobile Association (2009), *Aggressive Driving: Research Update*, American Automobile Association Foundation for Traffic Safety, 5-6.
- Eboli L., Mazzulla G., Pungillo G. (2016), Combining Speed and Acceleration to Define Car Users' Safe or Unsafe Driving Behaviour, *Transportation Research Part C, Emerging Technologies*, 68, 113-125.
- Kim S. J., Jung C. S., Jang S. Y. (2016), A Study on Preparing Measures for Reducing Aggressive Driving and Road Rage by Analysing Mechanism of How the Driving Behavior Determinants and Dangerous Driving Behavior Factors Affect Aggressive Driving and Road Rage: Targeting Traffic Law Violator and Assaulter of a Traffic Accident, *J. Korean Soc. Transp.*, 34(1), Korean Society of Transportation, 15-28.
- Korea Transportation Safety Authority (2013), *Establishment of Dangerous Driving Behavior Management System of eTAS - Focusing on Characteristic and Type Analysis*, 14.
- Lim J. B., Lee S. B., Park J. T., Park J. H. (2011), A Basic Study on Road Safety Assessment through an Analysis of Drivers' Driving Characteristics, *Journal of the Korean Society of Safety*, 26(5), 136-140.
- National Highway Traffic Safety Administration (2009), *Aggressive Driving Enforcement, Strategies for Implementing Best Practices*, 6.
- Rim H. S., Jeong E. B., Oh C., Kang K. P. (2011), Detection of Unsafe Zigzag Driving Maneuvers Using a Gyro Sensor, *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 10(2), 42-54.
- Shin Y. G., Ryu J. B., Gang S. C. (2007), Predicting Aggressive Driver Behavior Using a Driving Simulator (RTSA-DS), *J. Korean Soc. Transp.*, 25(3), Korean Society of Transportation, 45-54.
- Shin Y. K., Kang S. C., Ryu J. B. (2007), Main Psychological Factors Contributing to Aggressive Driving, *J. Korean Soc. Transp.*, 25(4), Korean Society of Transportation, 89-98.
- Takahashi R., Kobayashi M., Sasaki T., Yokokawa Y., Momose H., Ohhashi T. (2017), Driving Simulation Test for Evaluating Hazard Perception: Elderly Driver Response Characteristics, *Transportation Research Part F, Traffic Psychology and Behaviour*, 49, 257-270.