

A Study on Dangerous Situation Awareness and Warning while Driving

Byoung-Jun Park, Changrak Yoon, Yoonsook Hwang, Kyong-Ho Kim

IT Convergence Technology Research Laboratory, ETRI, Daejeon, 305-700

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to investigate dangerous situation awareness and warning while driving for a vehicle augmented reality information system which overlays relevant information about environment around the vehicle.

Background: Car manufacturers have been pointing to augmented reality (AR) as a next-generation visualization technology for in-car driving displays. Such in-vehicle AR-based display systems are helpful in reducing driver distractions, thereby increasing driver safety, and provide intelligent interactions for enhancing driver convenience. However, most in-vehicle AR-based display systems display very simple traffic signs. **Method:** In this paper, we introduce the dangerous situation awareness and warning system for offering danger information based on a vehicle AR information system prototype while driving. The proposed system consists of several sub-modules such as sensor, recognition, vehicle state information, driving information, time to collision (TTC), threat assessment, warning strategy and display modules.

Results: We have defined the threat degree and the presentation of AR information based on TTC values and driver's preference throughout experiments. The proposed system have been installed to a test vehicle with a vehicle AR information system prototype and carried out in the real road environments. **Conclusion:** The proposed system demonstrates to offer intuitively danger information according to the presentation rules to a driver on real road though it is still under development. **Application:** The dangerous situation awareness and warning system with a vehicle AR information system is expected to significantly reduce the driver distraction and mental workload for safe driving.

Keywords: Augmented Reality, Situation Awareness, Time to Collision, Warning Strategy, Safe Driving

1. Introduction

현대 사회에서 자동차는 매우 유용한 운송수단으로 IT 기술과의 접목을 통해 향상된 안전성 및 편의성 등을 제공하고 있다. 최근 전세계의 자동차 제조사는 자동차의 고급화 전략에 따라 HUD (Head-Up Display) 기술을 상용화하고 있는 중이며, HUD를 통해 운전자에게 속도, 주행 방향, 경고 메시지 등 안전 운행을 위한 다양한 정보를 제공하기 위해 기술을 개발 하고 있다 (Charissis and Papanastasiou, 2010 & Park and Kim, 2012). 정보 제공을 위한 대표적인 기술로 차량 인식 및 보행자 인식 기술이 있다. 주행 중인 차량의 전방에 위치한 차 또는 보행자를 검출 및 인식하고 이에 대한 경고 정보를 운전자에게 제공한다. (Bonnin

et al., 2014 & Park et al., 2013). 그러나 현재 차량에 장착되는 HUD 시스템은 실 세계와 가상의 안전 운행 정보 사이에 중첩 정보를 제공하지 못하고 단순한 그래픽 정보를 제공한다. 뿐만 아니라 정보의 특성에 따른 효과적인 정보표현 및 운전자에게 필요한 정보의 판단 등에 관한 부분은 아직 미흡한 실정이다 (Park and Kim, 2013).

본 논문에서는 차량의 안전정보를 실 세계와 정합하여 증강현실 정보를 제공하기 위한 위험 상황 인식 및 경고 방법에 관하여 논의하고, 실차 테스트를 통한 효용성을 검증하고자 한다. 이를 위하여 센서 모듈, 인식 모듈, 차량 상태 정보 모듈, 운행 정보 모듈, TTC 모듈, 위험단계 결정 모듈, 경고 전략 모듈, 디스플레이 모듈로 구성된 위험 상황 인식 및 경고 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 전방에서 주행 중인 차량의 상태

와 자 차의 운행 상태 등의 정보로부터 주행 중 위험 상황을 인지하고 위험 단계에 따른 경고를 운전자에게 제공한다. 뿐만 아니라 차량용 증강현실 정보시스템 프로토타입을 실 차에 장착하고 위험 정보를 실 세계에 증첩하여 투명 디스플레이 장치에 투영함으로써 증강현실을 구현하고 증강현실 기술을 통한 운전자 안전성 향상의 가능성을 모색한다.

2. Method

차량용 증강현실 정보 시스템은 그림 1과 같이 운전자의 안전 및 편의를 위하여 차량정보, 안전정보, 경로정보 등을 실 세계와 융합하여 운전자 시야에 맞추어 제공하는 것이다 (Park et al., 2013).



Figure 1. Concept of Vehicle AR Information System

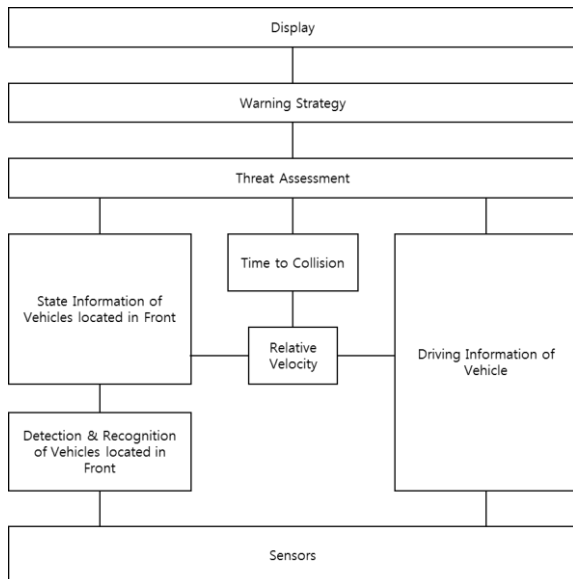


Figure 2. Dangerous Situation Awareness and Warning System

운전자는 차량용 증강현실 정보 시스템을 통해 운전 중에 속도, RPM, 연료상태 등 차량 정보를 제공 받을 수 있을 뿐만 아니라 차선 변경, 전방 주행 차와의 추돌 위험 정보 등을 제공 받을 수 있다. 본 논문에서는 차량용 증강현실 정보 시스템을 통해 제공될 정보로 주행 중 전방 주행을 인식하고 인식된 차량과 자 차와의 관계를 인지함으로써 추돌 위험 상태 정보를 위험 단계에 따라 제공하고자 한다.

그림 2는 전방 주행 차에 대한 위험 상태 판단을 위한 시스템 구성도이다. 주행 상황을 인지하기 위하여 센서 모듈에서는 이미지 센서 및 속도 센서로부터 전방 주행 상황과 주행 차의 상태를 수집한다. 수집된 영상으로부터 주행 차의 전방에서 운행하고 있는 차량을 검출 및 인식하며 (Park et al., 2013), 인식된 차량에 대하여 주행 차와의 거리, 위치 및 차선변경 여부에 대한 정보를 차량 상태 정보 (State Information of Vehicles) 모듈에서 추출한다. 운행 정보 (Driving Information of Vehicle) 모듈에서는 센서 모듈에서 수집된 주행 차의 속도를 기반으로 안전거리와 제동거리를 계산하고 운행 정보를 수집한다.

$$\begin{cases} SD = \left(\frac{V}{10}\right)^2 = \frac{V^2}{100} & V \geq 50 \text{ km/h} \\ D_s = \frac{V}{2} & \text{others} \end{cases} \quad (1)$$

$$BD = \frac{V^2}{2\mu g} [m] \quad (2)$$

여기서, SD (Safe Distance)는 안전거리, BD (Braking Distance)는 제동거리를 나타내며, μ 는 마찰계수 (Coefficient friction), g 는 중력가속이다. 마찰계수는 일반적으로 0.7을 사용한다.

상대속도 추출 (Relative Velocity) 모듈에서는 주행 차와 인식 된 차량과의 거리로부터 다음과 같이 상대 속도를 구한다.

$$RV = \frac{\Delta D}{\Delta t} = \frac{D_{t2} - D_{t1}}{t2 - t1} [m/s] \quad (3)$$

여기서, RV (Relative Velocity)는 상대속도, D (Distance)는 주행 차와 인식 된 전방 차량과의 차간 거리, D_{t2} 는 현재시간의 차간거리, D_{t1} 은 이전시간의 차간거리, $t2$ 는 현재시간, $t1$ 은 이전시간을 나타낸다. $RV > 0$ 이면, 주행 중인 자 차가 감속을 하거나 전방 주행 차가 가속 하는 상태를 나타내고, $RV < 0$ 는 전방 차가 감속을 하거나 자 차가 가속을 하는 경우이다. $RV = 0$ 는 전방 차와 자 차가 같은 속도로 주행하고 있음을 의미한다. TTC (Time to Collision) 모듈에서는 상대속도를 기반으로 앞차와의 추돌 시간을 계산한다.

$$TTC = \frac{D}{|RV|} [s], \quad (RV \neq 0) \quad (4)$$

위험단계 결정 (Threat Assessment) 모듈에서는 TTC와 주행 차의 운행정보(속도, 안전거리, 제동거리 등) 및 전방에서 주행하고 있는 차량 상태 정보(거리, 위치, 상대속도, 차선 변경 여부 등)를 기반으로 위험도를 평가하고, 평가된 위험 단계에 따라 운전자에게 어떻게 경고를 제공할 것인가를 경고 전략 (Warning Strategy) 모듈에서 결정하게 된다. 결정된 경고 방법에 대하여 증강현실을 통해 운전자에게 경고 정보를 제공한다.

3. Results

위험 단계 결정을 위하여 TTC 임계치 설정을 위한 실험을 진행하였다. 임계치 추출을 위한 DB는 약 18시간의 데이터로, 약 500여대의 차량을 포함하고, 차속은 60km/h 이하, 대상과의 거리는 100이하에 대하여 고속도로와 일반도로에서 데이터를 수집하였다. 표 1은 수집된 데이터에 대하여 운전자를 대상으로 추출한 TTC 임계치를 보여준다.

Table 1. Relation with TTC and Threat Degree

Threat Degree	TTC
Degree 1 : Risk	0.0 ~ 1.08
Degree 2 : Warning	1.08 ~ 2.52
Degree 3 : Note	2.52 ~ 5.0

TTC 임계치와 제동거리 및 안전거리와의 관계를 분석해 보면 위험 (Risk)은 주행 차의 차속에 대하여 제동거리 도달 시간 그리고 경고 (Warning)는 안전거리에서 제동거리까지 도달하는 시간과 유사하다. 따라서 본 논문에서는 이를 기준으로 표 2와 같이 위험 단계를 수립하였다.

Table 2. Threat Assessment

Threat Degree	Threat Assessment
Degree 1 : Risk	$D \leq BD$
Degree 2 : Warning	$TTC < 3$
Degree 3 : Note	Others
Degree 4 : Safe	$D \geq SD$

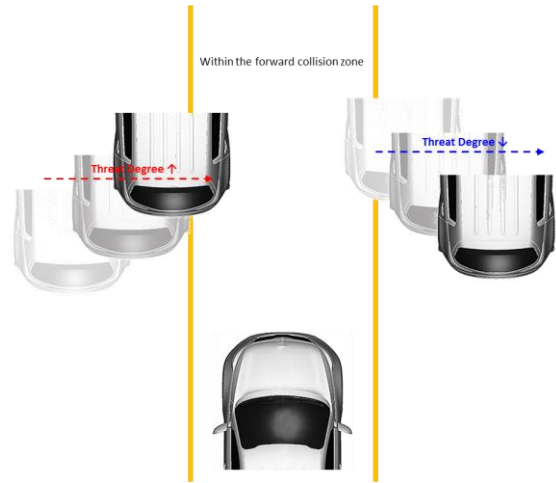


Figure 3. Threat Assessment According to Vehicle State Information

Table 3. Illustration of AR Information

Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Application
5m	13m	36m	NONE	

위험 단계 결정은 그림 3과 같이 전방 차의 위치 및 차선 변경 유무에 대하여도 고려하였다. 즉 전방 차의 위치가 주행 차의 주행 차로가 아닌 경우 또는 차선 변경으로 인하여 주행 차로를 벗어난 경우에는 앞서 결정된 위험 단계에 대하여 위험 단계를 낮추고, 만약 차선 변경으로 주행 차로에 진입하는 경우에는 위험 단계를 높여 줌으로써 운전자로 하여금 충돌 위험에 대하여 인지할 수 있도록 정보를 제공한다.

경고 전략 모듈에서는 위험도 분석 결과에 대하여 각 단계별로 증강현실 정보를 표현한다. 전방 차량과의 충돌 방지를 위해 증강현실 정보로 운전자에게 정보를 제공할 때, 운전자가 쉽고 빠르게 전달 정보를 인지할 수 있도록 표현 방법을 선택하여야 한다. 본 논문에서는 형태, 색상, 선두께 등을 각 단계의 의미를 가장 잘 나타낼 수 있도록 선행연구 결과와 기존에 정해진 규칙에 준수하여 표현하였다. 표 3은 본 개발 시스템에서 사용되고 있는 표현 방법을 보여준다.

그림 4는 테스트 차량에 개발 중인 차량용 증강현실 정보 시스템 프로토타입을 장착하고 일반도로 주행 중 전방 차량을 인식하고 앞서 정의된

위험 단계별 경고 방법에 따라 운전자의 시야에 증강현실로 표현한 결과이다. 증강현실 정보는 센서로부터 취득한 영상의 영상 좌표계에서 운전자 시야를 중심으로 한 3차원 가상 좌표계로 실시간 변환하고 운전자의 시야전면에 위치한 투명 디스플레이 장치에 투영하여 나타난 결과로, 운전자가 바라보는 실 세계에 중첩하여 표현된다.



Figure 4. Display for Warning Strategy on Real Road

4. Conclusion

본 논문에서는 주행 중 추돌 위험에 대한 증강현실 정보를 제공하기 위하여 위험 상황 인식 및 경고 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 시스템을 구성하는 각 모듈을 통해 전방에서 주행 중인 차량의 상태와 자 차의 운행 상태 정보를 분석 및 판단하여 위험 상황을 인지하고 위험 단계에 따른 경고를 운전자에게 제공하였다. 또한 실 도로 주행을 통하여 위험 정보를 운전자 시야에 맞추어 증강현실로 제공함으로써 운전자의 주의 분산을 경감하고 직관적인 상황인지를 향상시킬 수 있음을 확인 하였다.

제안된 시스템은 위험정보를 증강현실로 표현하기 위한 기본 구조를 구현한 결과이며 향후 위험 정보 판단에 대한 성능 개선과 인간공학적인 정보 표현에 대한 추가 연구를 진행할 예정이다.

Acknowledgements

This work was funded by the Industrial Strategic Technology Development Program of MOTIE [10040927, Driver-oriented vehicle augmented reality system based on head up display for the driving safety and convenience]

References

- Charissis, V. and Papanastasiou, S., "Human-Machine Collaboration through Vehicle Head Up Display Interface," *Int. J. Cognition, Technol.*, 12 (pp. 41-50), 2010.
- Park, H.S. and Kim, K.H., "Driver-View based Augmented-Reality HUD System: Concept and Background", *19th ITS World Congress*, 2012
- Bonnin, Sarah, Weisswange, T.H., Kummert, Franz, and Schmuедderich, Jens, "Pedestrian Crossing Prediction using Multiple Context-based Models", *IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems* (pp. 378-385), 2014.
- Park, M.W., Won, K.H. and Jung, S.K., "Vehicle Detection and Tracking Using Billboard Sweep Stereo Matching Algorithm", *Korea J. KMMS*, 16 (pp. 764-781), 2013.
- Park, H.S. and Kim, K.H., "Efficient Information Representation Method for Driver-centered AR-HUD System", *HCI-International conference*, 2013
- Park, H.S., Park, M.W., Won, K.H., Kim, K.H., and Jung, S.K., "In-Vehicle AR-HUD System to Provide Driving-Safety Information", *ETRI Journal*, 35 (pp. 1038-1047), 2013.

Author listings

Byoung-Jun Park: bj_park@etri.re.kr

Highest degree: PhD, Electrical Engineering, Wonkwang University

Position title: Senior Researcher, Vehicle Interaction Research Section, ETRI

Areas of interest: Vehicle Augmented Reality, Computational Intelligence

Changrak Yoon: cryoon @ etri.re.kr

Highest degree: Master, Department of Computer Engineering, Kyungpook National University

Position title: Principal Researcher, Vehicle Interaction Research Section, ETRI

Areas of interest: Head-Up Display, Augmented Reality Applications

Yoonsook Hwang: hanulai403@etri.re.kr

Highest degree: Master of psychology, Traffic Psychology Laboratory, Chungbuk National University

Position title: Researcher, Vehicle Interaction Research Section, ETRI

Areas of interest: Traffic Psychology

Kyong-Ho Kim: kkh@etri.re.kr

Highest degree: PhD, Computer Science, KAIST

Position title: Principal Researcher, Director, Vehicle Interaction Research Section, ETRI

Areas of interest: Intelligent Vehicles, Human-Computer Interaction, Head-Up Display, Augmented Reality Applications in the vehicle.