

실도로 복합 교통상황에서의 자율주행 제어권 전환 판단 알고리즘 개발

배 기 석¹⁾ · 권 성 진^{*1)}

영남대학교 미래자동차공학과¹⁾

Development of a Control Takeover Decision Algorithm for Autonomous Vehicles in Real Complex Traffic Scenarios

Ki-Seok Bae¹⁾ · Seong-Jin Kwon^{*1)}

¹⁾Department of Automotive Engineering, Yeungnam University, Gyeongbuk 38541, Republic of Korea

Abstract : Accurate and efficient control takeover is essential for Level 3 autonomous vehicles in real complex traffic environments. This study proposes a decision-making algorithm that integrates driver, vehicle, and infrastructure data. Control takeover decision algorithm has been formulated as a mathematical function that analyzes vehicle fault and dynamic behavior information along with infrastructure information to determine the optimal driving mode. By analyzing autonomous driving scenarios in the Daegu autonomous vehicle pilot zone, we have developed the control takeover decision algorithm and validated it by using a digital twin based driving simulator for autonomous vehicles. Experimental results confirmed that emergency stops are effective in critical situations, while roadside stopping is appropriate for minimal risk maneuver operation. This study highlights the importance of driver, vehicle, and infrastructure data integration for reliable control takeover decision, with further improvements expected through real-road validation for autonomous vehicles.

Key words : Autonomous vehicles(자율주행차), Control take-over decision algorithm(제어권 전환 판단 알고리즘), Real-road test scenario(실도로 테스트 시나리오), 운전자 상태(Driver status), Simulation(시뮬레이션)

1. 서 론

현재 자율주행차(autonomous vehicles) 기술은 급속도로 발전하고 있으나 복잡하고 다변화하는 교통 환경에서 해결해야 할 주요한 문제가 여전히 존재한다. 특히 자율주행 레벨 3단계 차량은 예상치 못한 도로 환경, V2X 통신 불안정성과 같은 비정형적인 상황에서 운전자 개입이 필수적이며, 운전자의 운전준비도와 운전가용도에 따른 자율주행시스템의 제어권 전환 판단 알고리즘이 필요하다.

자율주행시스템의 운전 제어권과 관련한 다수의 연구가 수행되었지만, 자율주행시스템의 제어권 전

환 이후 운전자의 수동운전 주행 안정성과 더불어 자율주행 제어권 전환의 정확하고 효율적인 알고리즘 개발에 관한 연구가 추가로 필요하다. 이에 본 연구에서는 자율주행 레벨 3단계의 자율주행시스템이 복잡한 교통 환경에서 신뢰성 높은 제어권 전환을 수행할 수 있도록 운전자, 차량, 인프라 정보를 종합적으로 고려한 제어권 전환 통합 판단 알고리즘을 개발하고자 하였다.

2. 제어권 전환 통합 판단 알고리즘 개발

본 연구에서는 대구 자율주행 시범운행지구를 대상으로 난제적 교통상황을 분석 후 정형화하여 상황 분류표 및 주행 시나리오를 개발하였고, 이를 기

* 권성진, E-mail: sjkwon@yu.ac.kr

반으로 운전자, 차량, 인프라 정보를 종합적으로 고려한 Fig. 1과 같은 제어권 전환 통합 판단 알고리즘을 개발하였다. 운전자 정보는 운전준비도와 운전가용도로 분류하였고, 차량 정보는 고장 정보와 거동 정보 등으로 분류하였다. 추가로 도로 인프라 정보는 동적 오브젝트, 정적 오브젝트, 기상정보, V2X/통신 정보 등으로 분류하였다. 이를 바탕으로 식(1)과 같이 제어권 전환 인자함수와 제어권 전환 결정함수를 정의하여, 최종적으로 자율주행시스템의 주행모드를 판단하는 알고리즘을 제안하였다.

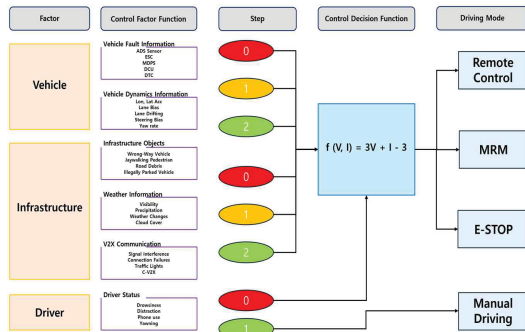


Fig. 1. Control takeover decision algorithm

$$f(V, I) = 3V + I - 3 \begin{cases} E-STOP, & M \leq 0 \\ MRM, & 0 < M \leq 3 \\ Remote Control, & M > 0 \end{cases} \quad (1)$$

여기서, V는 차량 정보 기반 제어권 인자함수의 3 단계를, I는 인프라 정보 기반 제어권 인자함수의 3 단계를 의미한다. M은 제어권 인자함수 기반 제어권 결정함수에 따른 자율주행시스템의 주행모드를 의미한다.

3. 제어권 전환 통합 판단 알고리즘 평가

본 연구에서의 제어권 전환 통합 판단 알고리즘의 평가는 자율주행 운전 시뮬레이터와 DSM(Driver Status Monitoring) 시스템을 사용하였고, 자율주행 시뮬레이션 SW와의 실시간 연동을 통해 제안한 알고리즘을 검증하였다. Fig. 2는 자율주행차량의 가속/조향 새시 제어기의 고장상황과 더불어 V2X 통신 불량 상황에 따른 자율주행 제어권 전환 판단 결과를 나타내며, 자율주행차량은 긴급 제동한 주

행 결과를 나타낸다. Fig. 3은 자율주행차량의 일부 고장은 있지만 거동은 정상적이고, V2X 통신이 불가능한 구간에서의 자율주행 제어권 전환 판단 결과를 나타내며, 자율주행차량은 MRM에 따른 갓길 주차 주행 결과를 나타낸다.

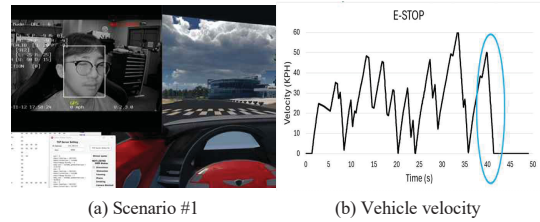


Fig. 2 Simulation results for E-Stop driving mode

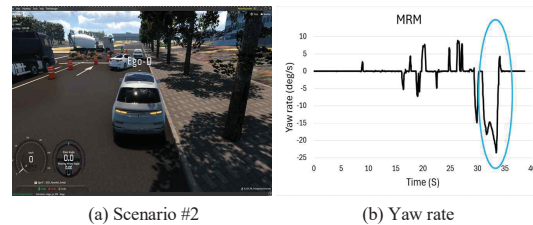


Fig. 3 Simulation results for MRM driving mode

4. 결론

본 연구에서는 자율주행 레벨 3단계 자율주행차량의 정확하고 효율적인 제어권 전환을 위해 운전자, 차량, 인프라 정보를 종합적으로 고려한 통합 판단 알고리즘을 개발하고 이를 검증하기 위한 시뮬레이션을 수행하였다. 실험 결과는 차량의 핵심 제어 시스템이 작동하지 않는 상황에서는 비상정지를, 통신 불안정과 열악한 도로 환경에서는 갓길 주차 전략을 적용하여 신뢰성 있는 제어권 전환을 수행할 수 있음을 확인하였다.

후 기

본 논문은 2025년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임. (과제번호 : No. 20024908, 과제명 : 운전자 맞춤형 Seamless 자율주행 제어권 통합관리 시스템 기술 개발)