

자율주행 시스템의 성능 측정 방법에 관한 고찰

박주희, 박수현, 한정희
한국항공대학교, 한국항공대학교, 한국항공대학교

gkrwngml0706@kau.kr, tngus000204@kau.kr, junghee@kau.ac.kr

A Study on the Performance Measurement Method of Autonomous Driving System

Park Ju Hui, Park Su Hyun, Han Jung Hee
Korea Aerospace Univ., Korea Aerospace Univ., Korea Aerospace Univ.

요 약

본 논문은 자율주행 차량의 성능 평가 방법론에 대해 다루었다. 서론에서는 자율주행 차량 기술의 발전과 그것의 운송, 안전, 환경에 미치는 긍정적인 영향을 강조하는 동시에 이 기술의 안전성과 신뢰성에 대한 중요한 문제들을 지적하였다. 본문에서는 디스인게이지먼트(disengagement) 빈도, 오토노미(autonomy), 그리고 평균 절대 오차(MAE)과 같은 다양한 성능 평가 메트릭스를 분석하고 한계를 논의한다. 또한, 실제 자율주행 차량의 사례를 통해 이러한 평가 방법의 유효성을 검토한다. 결론에서는 자율주행 차량의 성능 평가 방법론이 발전하고 있으나, 기존 메트릭스만으로는 불충분하다고 지적한다. 더 다양한 데이터 분석 기법을 통합하는 새로운 접근 방식을 제안하고, 특히 실도로에서의 평가 방법 개발의 필요성을 강조한다. 이러한 접근은 자율주행 차량의 성능을 보다 정확하게 평가하고, 기술의 안전한 적용을 촉진할 것으로 기대된다.

I. 서론

자율주행 차량 기술은 최근 몇 년간 눈부신 발전을 이루고 있다. 이 기술은 전통적인 운송 방식을 혁신적으로 변화시키고 있으며, 이는 교통 안전, 효율성, 그리고 환경 친화성에 긍정적인 영향을 미치고 있다. 또한, 자율주행 차량은 사고율을 낮추고, 교통 체증을 줄이며, 도시 계획 및 인프라에 새로운 접근 방식을 제시하고 있다. 이러한 기술의 발전은 자동차 산업과 관련 기술 분야에서 새로운 일자리 창출과 경제적 성장을 촉진하고 있다. 그러나 이러한 긍정적인 면에도 불구하고, 자율주행 차량의 안전성과 신뢰성은 여전히 중요한 문제로 남아 있다.

자율주행 차량의 정확한 성능 평가는 이 기술의 안전성과 효율성을 보장하는 데 필수적이다. 효과적인 성능 평가는 차량이 예상치 못한 상황에서 어떻게 반응하는지, 일상적인 운전 환경에서의 신뢰성을 어떻게 유지하는지를 이해하는 데 중요하다. 또한, 현재 사용되고 있는 평가 방법은 다양하지만, 여전히 개선의 여지가 있으며, 새로운 도전 과제들이 계속해서 나타나고 있다.

이 논문은 자율주행 차량의 성능 평가 방법론에 대한 새로운 시각과 접근 방법을 제안한다. 특히, 디스인게이지먼트 빈도와 같은 전통적인 평가 메트릭스를 넘어서, 실시간 데이터 분석과 고급 알고리즘을 활용하여 차량의 성능을 보다 정밀하게 평가하는 방법을 탐구한다. 이를 통해 자율주행 차량

기술의 발전을 촉진하고, 사용자와 일반 대중의 신뢰를 구축하는 데 기여하고자 한다.

II. 본론

II-I. 디스인게이지먼트 분석

디스인게이지먼트 지표는 자율주행 모드에서 인간운전자가 개입해야 하는 사건의 빈도를 측정한다. 이는 시스템의 불완전성이나 한계를 나타내는 중요한 지표로 간주된다. 자율주행 차량의 성능을 평가하는 데 있어서 디스인게이지먼트의 빈도와 상황은 기술의 신뢰성과 안전성을 평가하는 데 중요한 요소이다. 디스인게이지먼트 데이터를 수집하고 분석하는 방법에는 여러 가지가 있다. 가장 효과적인 접근 방법 중 하나는 실시간으로 데이터를 수집하고, 이를 통해 차량이 어떤 상황에서 가장 자주 제어를 잃는지, 그리고 그 원인이 무엇인지를 분석하는 것이다. 디스인게이지먼트는 중요한 메트릭스이지만, 모든 가능한 시나리오를 포괄하지는 않는다. 따라서, 이러한 데이터를 다른 메트릭스와 결합하여 보다 포괄적인 성능 평가를 수행하는 것이 필요하다.[1]

II-II. 오토노미 분석

오토노미는 자율주행 차량이 인간 운전자의 개입 없이 독립적으로 환경을 인식하고, 결정을 내리며, 조치를

취하는 능력을 말한다. 이는 자율주행 기술의 핵심 요소로, 차량의 안전성, 효율성 및 사용자 경험에 직접적인 영향을 미친다. 높은 수준의 오토노미는 운전자와 승객에게 더욱 편안하고 안전한 주행 환경을 제공하며, 교통 체계의 효율성을 개선한다. 오토노미를 평가하는 방법에는 시나리오 기반 테스트, 실시간 데이터 분석, 그리고 시뮬레이션을 활용한 테스트가 포함될 수 있다.[2] 현재 자율주행 차량은 다양한 오토노미 레벨로 분류된다.[3] 이 레벨의 분류 기준은 운전자의 개입이 필요한 정도와 차량의 독립적인 운행 능력을 기준으로 한다. 오토노미는 자율주행 자동차가 인간의 개입 없이 얼마나 오랜 시간 동안 운행할 수 있는지를 나타내는 지표이며, 이 지표를 참고하여 각 오토노미 레벨에 따른 차량의 성능과 안전성을 평가하고, 이를 기반으로 향후 자율주행 기술의 발전 방향을 제시한다.

II-III. 성능 메트릭스 평가

MAE (Mean Absolute Error)는 자율주행 차량이 계획한 경로와 실제 경로 사이의 평균 절대 오차를 측정한다. 이는 차량의 경로 추적 능력과 결정 시스템의 정확성을 평가하는 데 중요한 지표이다. MAE 를 효과적으로 계산하고 해석하기 위해서는, 다양한 주행 환경과 조건에서 수집된 데이터가 필요하다. 또한, LSTM 기반의 자율주행 모델은 MAE 를 기준으로 평가되었으며, 여러 기본 모델보다 우수한 성능을 보였다고 한다.[4] 이를 통해 차량의 성능이 어떻게 변화하는지, 그리고 어떤 상황에서 가장 큰 오차가 발생하는지를 다른 측정 방식에 비해 보다 더 정확하게 파악할 수 있다.

각 기업별 위의 지표가 어떻게 사용되었는지 정리한 표 [4], [5], [6]

기업명	성능 측정 방법
Nvidia	오토노미(NVIDIA DRIVE Sim), 성능 메트릭스 평가
Tesla	디스인게이지먼트 분석, 오토노미(Autopilot system), 성능 메트릭스 평가
Microsoft	오토노미(AirSim, 시나리오 기반 테스트), 성능 메트릭스 평가
Waymo(google)	디스인게이지먼트 분석, 오토노미(simulation city), 성능 메트릭스 평가
General Motors	디스인게이지먼트 분석, 오토노미(Ultifi)
현대자동차	오토노미(MORAI)
Uber ATG	디스인게이지먼트

국내외 자율주행차 테스트베드 현황 [7]

한국	K-City, Pangyo Zero City, Sangam 5G autonomous-driving Testbed, Experimental Facilities for Road PerformanceEvaluation of Weather Environment, KIAPI
유럽	Euro NCAP 안전 성능 평가 프로그램
미국	M-City
중국	Nice City
일본	J-town
스웨덴	AstaZero

III. 결론

디스인게이지먼트 같은 기존 메트릭스는 중요한 기초를 제공하지만, 이들만으로는 차량의 전체적인 성능과 안전성을 완벽히 평가하기에는 부족하다. 앞으로 이러한 기존 메트릭스와 더불어 오토노미 그리고 MAE 와 더 다양한 데이터와 고급 분석 기법을 통합하는 방법을 제안해야 한다. 또한, 시뮬레이션 및 주행시험장에서 수행하는 자율주행자동차 평가를 위한 시나리오, 평가 절차 및 방법 관련 연구는 본문에 정리되어 있는 표를 보면 활발하게 진행되고 있는 것을 알 수 있지만 실도로에서의 평가에 대한 방법 및 절차 등은 국제적으로 아직 초기 단계이다. 따라서, 향후 자율주행자동차의 상용화에 대비하여 실도로에서 자율주행자동차를 평가하는 것에 대한 연구가 진행될 필요가 있다.[8] 또한, 이러한 통합된 접근 방식은 자율주행 차량의 성능을 보다 정확하게 평가하고, 이 기술의 안전하고 신뢰할 수 있는 적용을 촉진하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구논문은 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2022R1A2C1009302)

참 고 문 헌

- [1] Analysis of Disengagement Reports for Autonomous Driving Submitted to U.S. California DMV
- [2] Machine Learning-based Test Selection for Simulation-based Testing of Self-driving Cars Software
- [3] A Survey on Simulators for Testinf Self-Driving Cars, pp.2
- [4] An LSTM-Based Autonomous Driving Model Using Waymo Open Dataset
- [5] <https://learn.microsoft.com/ko-kr/azure/architecture/industries/automotive/building-blocks-autonomous-driving-simulation-environments>
- [6] <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=202311151414107913>
- [7] crash and disengagement data of autonomous vehicles on public roads in california
- [8] 김예진 et al., 2021, “국내외 자율주행차 테스트베드 분석 기반 K-City 발전 전략 수립에 관한 연구”, 한국 ITS 학회논문지, Vol. 20, No. 4, pp.28~45
- [9] 실도로 기반 자율주행자동차 주행안전성 평가 방법론 개발 연구