

# 인적요인 분석을 위한 ITCPS 통합 프레임워크

백영미<sup>o</sup>, 손상혁

대구경북과학기술원 정보통신융합전공

## An ITCPS Integration Framework for Human Factors

Youngmi Baek<sup>o</sup>, Sang Hyuk Son

Department of Information and Communication Engineering, DGIST

ymbaek@dgist.ac.kr

### 요 약

자율주행차량이 머지않은 미래에 현실화되었을 때 주행안전을 위협하는 주된 요인은 자율주행 차량과 공존하는 환경에서의 인간일 것이다. 인간의 주관적인 판단은 예측하기 어려운 주행환경을 더욱 복잡하고 불확실하게 만든다. 본 논문은 운전자 차량과 자율주행차량이 공존하는 환경에서 차량과 인간 간의 상호작용을 연구하기 위한 효율적인 CPS 기반의 통합 프레임워크를 제시한다. 이를 통해 공존 환경에서 발생할 수 있는 자율주행차량과 인간의 다양한 행태를 사전에 파악하고 이에 맞는 보완체계를 수립할 수 있는 기반을 제공할 것으로 기대한다.

### 1. 서론

사이버물리시스템(Cyber-Physical Systems, CPS)은 새로운 시스템 패러다임으로 이(異) 기종의 서브 시스템을 융합하여 구성된 복합 시스템(a system of systems)이다. CPS의 모든 구성요소들은 자율적으로 참여하는 피드백 루프를 통해, 안정적으로 진화하는 CPS 생태계(eco system)를 형성한다. 이 안에서 사이버 요소들은 물리적 요소들로부터 수집된 정보를 분석 및 처리하고 네트워크를 통해 실시간으로 제어한다. 융합으로 대변되는 CPS는 자동차, 교통시스템, 에너지, 헬스케어, 생산 및 제조 등의 우리 사회의 다양한 영역에 적용가능하며 높은 수준의 안전성과 효율성, 신뢰성, 보안성 및 강인성을 제공한다. 특히 협력적 지능형 교통시스템은 CPS의 대표적인 예이며, 사용자와 도로인프라 및 차량으로 구성된 복합 시스템(Intelligent Transportation CPS, ITCPS)이다. ITCPS의 도로에는 사이버 요소의 판단에 따라 한 치의 오차도 없이 주행하는 물리적 개체인 자율주행차량과 불확실성에 능동적으로 대처하는 물리적 개체인 인간이 공존한다. 2016년 2월에 발생한 Google의 자율주행차량과 버스와 충돌 사고에서 알 수 있듯이, ITCPS의 자율주행차량이 머지않은 미래에 현실화되었을 때 주행안전을 위협하는 가장 큰 요인은 자율주행차량과 공존하는 환경에서의 인간일 것이다 [1]. 교통사고유발원인은 교통사고의 94%를 차지하는 인적 요인(Human Factors)에서 기인한다 [2]. 기존의 연구들은 도로안전을 위협하는 비정상적인 상황에 대처하고 안전성을 확보하기 위해서 사례중심의 사후분석을 수행한다. 이는 현장에서 발생하는 사고 및 상황에 대한 주관적 진술을 바탕으로, 누적된 데이터들을 사용하

여 통계적 분석을 지향한다. 사례중심 사후분석은 분석하고자 하는 인적 요인에 따라서 특화된 결과가 도출되고, 결과 간의 연계성이 떨어져 다각적으로 분석·접근하기 어렵다 [5]. 또한 사후분석방법만으로는 자율주행차량이 존재하는 도로 환경에서 직면하게 될 다양한 상황에 대해서 인간의 운전행태에 영향을 끼치는 인자를 파악하고 자율주행차량의 자율성에 어떤 영향을 끼치는지 분석하기란 쉽지 않은 일이다. 그러므로 본 연구에서는 자율주행차량과 비 자율주행차량의 주행 공존으로 발생할 수 있는 문제점을 사전에 파악하고 차량과 인간 간의 긴밀한 상호작용을 연구할 수 있는 ITCPS를 위한 통합 프레임워크를 제시한다.

### 2. ITCPS를 위한 통합 프레임워크

자율주행차량과 비자율주행차량이 공존하는 환경을 구축하기 위해서는 ITCPS의 차량과 인간 및 교통체계를 실효성 있게 통합해야 한다. 먼저 현실적인 교통 트래픽 시나리오와 도로환경을 제공해야 하고 두 번째로, 운전자에게 실감나는 주행환경을 제공함과 동시에 운전자의 의도가 주행에 반영되어야 한다. 세 번째로 ITCP를 구성하는 요소들 간의 실시간 동기화는 통합에 있어 필수 조건이다. 따라서 ITCPS를 위한 통합 프레임워크를 그림 1과 같이 제안한다. 트래픽 시뮬레이터는 자율주행차량들의 생성(simulated autonomous car) 및 행동, 경로, 신호를 관리한다. 드라이빙 시뮬레이터는 3D 모델기반으로 실제주행과 동일한 상황을 랜더링(30Hz 혹은 60Hz)하여 몰입도를 높이고 실감나는 사용자 인터페이스를 제공한다. 트래픽 및 드라이빙 시뮬레이터는 가상의 차량(virtual car)들이 주행할 도로네트워크 및

건물, 나무, 보행자도로 등의 도로상 개체의 공유와 동기화가 필수적이므로 이를 위해 OSM(OpenStreet Map)을 활용한다. OSM 에서 가져온 특정 지역의 도로네트 워크를 사용하고 좌표계 및 좌표의 지역변환을 수행한다. 또한 2D 데이터를 3D 정보로 변환하여 동일 한 도로네트워크를 공유한다. 인간은 자신의 운전 의도(제동, 가속)를 반영하기 위해서 드라이빙 시뮬레이터의 가상의 차량을 직접 운전할 수 있도록 제작한 실차(physical car)를 운전한다. 각 구성요소의 연동은 다음과 같이 이루어진다. 운전자와 실차는 페달과 브레이크, 기어 및 스티어링 휠과 같은 물리적 장치를 사용하여 운전의도를 입력한다. 실차와 드라이빙 시뮬레이터는 실차에 입력된 운전자의 의도를 드라이빙 시뮬레이터의 가상 차에게 전달한다. 이때 운전자로부터 발생한 의도(제동, 가속 등의 정보)는 차량내부네트워크인 CAN(Controller Area Network)를 통해 드라이빙 시뮬레이터로 전달된다. 드라이빙 시뮬레이터의 가상 차와 가상 자율주행차량들은 도로에서 충돌 없이 안전하게 주행하기 위해서 주위의 가상차량들과 정보 교환이 필요하다. 이를 위해 도로상에 존재하는 모든 가상 차량의 실시간 정보 동기화는 SAE J2735 에서 제안된 BSM(Basic Safety Message)의 형태로 100 ms 마다 정보를 교환하여 이루어진다. V2V(Vehicle-to-Vehicle) 통신으로 이웃 하는 차량들은 서로 인식할 뿐만 아니라 운전자의 행태를 인지하고 반응(제동, 가속)할 수 있고 운전자는 변화하는 도로 상황을 실시간으로 인지할 수 있게 된다.

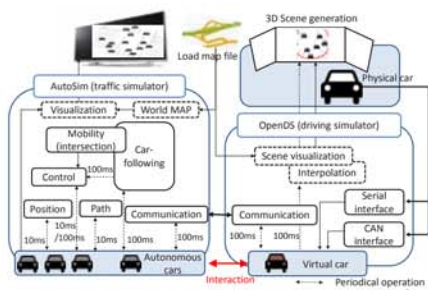


그림 1 ITCPS 를 위한 통합 프레임워크

### 3. ITCPS 를 위한 H2iLS

제안한 ITCPS 를 위한 통합 프레임워크를 실시간 요소와 폐루프(Closed-loop) 제어요소를 포함하는 H2iLS(Human and Hardware-in-the-Loop Simulation) 형태로 그림 2(a)와 같이 구현하였으며 AutoSim 트래픽 시뮬레이터와 OpenDS 드라이빙 시뮬레이터를 사용하였다 [3], [4]. H2iLS 구축에 사용된 미시적 교통 시뮬레이터는 생성한 차량의 행태를 독립적으로 모델링하기 때문에 동적인 차량흐름을 생성하는데 효율적이다. 하지만 높은 계산량을 요구하므로 개체들의 실시간 관리와 처리를 어렵게 한다. 그래서 본 연구에서는 구축한 H2iLS 가 도로의 교통량이 최대

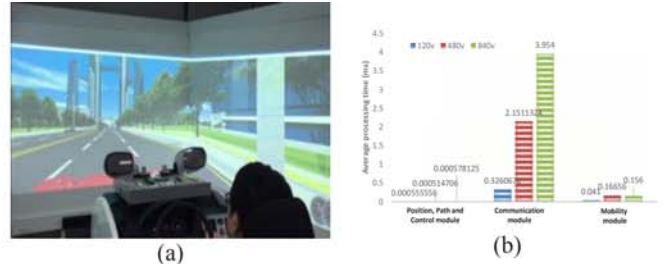


그림 2 ITCPS 를 위한 H2iLS

로 증가하는 상황에서도 견고성 및 실시간성 측면에서 비 기능적인 요구사항(non-functional requirements)을 만족하는지 실험하였다. 차량의 수에 비례하여 처리지연이 증가하는 점과 차량의 BSM 전송을 위한 제어채널에서 상주시간이 45 ms 인점에 착안하여 견고성과 실시간성의 지표로 최대처리지연시간을 45 ms 이내로 하였다. 구현한 H2iLS 의 도로조건을 반영하고 현실적인 트래픽 볼륨을 산정하여 최대 840 대까지 자율주행차량의 수를 증가시키면서 평균 처리 시간을 측정하였으며, 그림 2(b)과 같이 교통량이 증가하더라도 최대 5 ms 내의 평균처리지연을 가짐으로써 실시간성을 보장함을 증명하였다.

### 4. 결론 및 향후 연구

본 연구는 자율주행차량과 비자율주행차량이 공존하는 교통 환경에서 인간과 상호작용하는 방법을 연구하기 위한 효율적인 방법을 제안하였다. 이를 통해 차량 운행에 영향을 끼치는 교통상황, 도로환경, 운전자의 의도와 같은 인자들과 그 인자들 간의 유기적 관계를 효율적으로 분석할 수 있는 도구로써 제공할 수 있다. 추후에는 통합된 시스템에 무선 기술(WAVE/ DSRC 또는 연결된 차량용 셀룰러)을 적용하기 위해서 별도의 네트워크 시뮬레이터와 결합하여 V2V 통신에 현실감을 부여 하고자 한다.

### 5. 참고문헌

- [1] California DMV, *Report of Traffic Accident Involving an Autonomous Vehicle*, 2016.2.23.
- [2] National Highway Traffic Safety Administration, *Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey*, 2015.02.
- [3] Azimi, R., Bhatia, G., Rajkumar, R., & Mudalige, P., V2V-Intersection Management at Roundabouts (No. 2013-01-0722). SAE Technical Paper, 2013.//
- [4] Math, R., Mahr, A., Moniri, M. M., & Müller, C., "OpenDS:A New Open-source Driving Simulator for Research," in Proc. *GMM-Fachbericht-Automotive Meets Electronics*, 2013.
- [5] 이용희, "산업 사고에서 인적 오류의 재분석: 인적 오류는 사고의 원인인가 결과인가?," 대한인간공학회 학술대회는문집 (2010): 7-12.

### 6. 기타

본 연구는 DGIST CPS 글로벌센터 운영 및 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 글로벌연구실사업 연구임(2013K1A1A2A02078326).