

V2X 기반 협력 인지 시스템의 확장성 향상에 관한 연구 동향

이제운, 박세웅

서울대학교 전기정보공학부 뉴미디어통신공동연구소
jwlee@netlab.snu.ac.kr, sbahk@snu.ac.kr

A Study on Improving the Scalability of V2X-Based Cooperative Perception Systems

Jewoon Lee and Saewoong Bahk

Department of Electrical and Computer Engineering, INMC, Seoul National University

요약

본 논문은 차량 간의 협력 인지 시스템의 기본 구조를 개괄하고, 데이터 공유 수준에 따른 통신 방식의 특성을 분석하며, 각 방식이 시스템 확장성에 미치는 영향을 비교한 논문이다.

I. 서론

자율주행 차량은 주변 환경을 정확하게 인식하기 위해 다양한 센싱 장치를 활용한다. 대표적인 센싱 도구로는 Radar, LiDAR, 그리고 Camera가 있다. 그러나 이러한 센싱 도구들은 시야(Line-of-sight)가 장애물에 의해 가려지거나, 객체가 원거리 위치에 존재하는 경우 주변 환경을 완벽하게 인식하는 데 한계를 가진다.

이러한 한계를 극복하기 위해, 다수의 차량이 서로 정보를 공유함으로써 인식 성능을 향상시키는 차량 간 협력 인지(cooperative vehicular perception) 시스템이 제안되었다. 협력 인지 시스템은 차량 간 직접 통신을 활용하는 V2V(Vehicle-to-Vehicle), 인프라를 경유하는 V2I(Vehicle-to-Infrastructure) 방식을 중심으로 발전해 왔다.

그러나 실제 도로 환경에는 차량의 이동성으로 인해 차량 간 및 차량-인프라 간 무선 통신 대역폭이 시간에 따라 크게 변동한다. 이러한 불안정한 통신 환경은 대량의 데이터 공유를 어렵게 하여 협력 인지 시스템의 확장성을 제한한다. 본 논문에서는 제한된 통신 자원 하에서 데이터 공유 수준(raw data-level, feature-level, result-level)에 따른 통신 방식의 차이를 분석하고, 각 방식이 협력 인지 시스템의 확장성에 미치는 영향을 비교·분석한다.

II. 본론

본 논문에서는 차량 간 협력 인지의 대표적인 두 가지 통신 구조인 V2V와 V2I를 설명하고, 데이터 공유 수준에 따른 협력 인지 방식을 정리한다.

II-1. 대표적인 차량 간 협력 인지 통신 구조

(1) V2V (Vehicle-to-Vehicle)

V2V 통신 기반 협력 인지 [1]은 차량 간 직접 무선 통신을 통해 정보를 공유하는 방식으로, 낮은 지연과 인프라 비의존성이 장점이다. 반면, 차량 수 증가에 따라 통신 간섭과 연결 관리 부담이 증가하여, 대규모 협력 인지 환경에서는 확장성에 한계를 가진다.

(2) V2I (Vehicle-to-Infrastructure)

V2I 통신 기반 협력 인지 [2]은 차량이 인프라와 연결되어 정보를 공유하는 방식으로 중앙 집중적인 데이터 처리와 계산 확장성이 장점이다. 반면, 도로 곳곳에 인프라를 설치해야 한다는 비용적 부담과, 차량 이동성으로 인한 무선 대역폭 변동, 업링크 병목은 확장성을 제한하는 요인이 된다.

II-2. 차량 간 대표적 데이터 공유 수준

(1) Raw data-level [3]

Local 차량이 센싱 장치를 통해 획득한 데이터를 전처리 없이 다른 차량과 공유하는 방식으로, 데이터 형식에 대한 제약이 적어 호환성이 뛰어나고 풍부한 정보를 제공한다. 반면, 센서 데이터에 포함된 객체 형상 및 위치 정보로 인해 개인정보 보호 측면에서 추가적인 고려가 필요하고, 전처리를 거치지 않기 때문에 데이터 공유 방식 중 가장 많은 통신 대역폭을 요구한다.

(2) Feature-level [4]

Local 차량의 주변 정보에서 추출한 특징을 다른 차량과 공유하는 방식으로, 전처리를 거치지 않은 raw-data에 비해 적은 통신 대역폭을 요구하며 result-level 방식보다 빠른 처리가 가능하다. 반면, 특징 추출기에 따라 생성되는 특징 표현이 달라 raw-data 방식에 비해 호환성이 떨어지며, 추출 과정에서 추가적인 처리 시간이 발생한다.

(3) Result-level [5]

Result-level 인지는 Local 차량에서 객체 검출과 같은 인지 모델을 수행한 후, 생성된 결과를 다른 차량과 공유하는 방식이다. 인지 결과만 전송하므로 세 가지 방식 중 가장 적은 통신 대역폭을 요구하며, 시스템 간 호환성도 비교적 높은 편이다. 그러나 Local 차량에서 인지 모델을 직접 수행해야 하므로 처리 시간이 상대적으로 길다는 한계를 가진다.

III. 결론

본 논문에서는 Local 차량의 센싱 한계를 극복하기 위한 차량 간 협력 인지 시스템을 대상으로, V2V 및 V2I

기본 통신 구조와 데이터 공유 수준에 따른 협력 인지 방식을 분석하였다. 특히 raw data-level, feature-level, result-level 방식의 특성을 확장성 관점에서 비교함으로써, 통신 환경과 시스템 요구 조건에 따라 적절한 데이터 공유 수준을 선택하는 것이 중요함을 논의하였다. 본 논문의 분석은 향후 확장 가능한 협력 인지 시스템 설계를 위한 기초적인 가이드라인을 제공한다.

참 고 문 헌

- [1] Hang Qiu, Po-Han Huang, Namo Asavisanu, Xiaochen Liu, Konstantinos Psounis, Ramesh Govindan. "AutoCast: Scalable Infrastructure-less Cooperative Perception for Distributed Collaborative Driving", Mobisys June. 2022.
- [2] Xumiao Zhang, Anlan Zhang, Jiachen Sun, Xiao Zhu. Y. Ethan Guo, Feng Qian, Z. Morley Mao. "EMP: Edge-assisted Multi-vehicle Perception", MobiCom Oct. 2021.
- [3] Qi Xie, Xiaobo Zhou, Chuanan Wang, Tie Qiu, Wenyu Qu. "KeyCoop: Communication-Efficient Raw-Level Cooperative Perception for Connected Autonomous Vehicles via Keypoints Extraction", SECON Dec. 2024.
- [4] Yue Hu, Shaoheng Fang, Zixing Lei, Yiqi Zhong, Siheng Chen. "Where2comm: Communication-Efficient Collaborative Perception via Spatial Confidence Maps", Neurips Nov. 2022
- [5] Moreno Ambrosin, Ignacio J Alvarez, Cornelius Buerkle, Lily L Yang, Fabian Oboril, Manoj R Sastry, Kathiravetpillai Sivanesan. "Object-level Perception Sharing Among Connected Vehicles", IEEE ITSC Oct. 2019