

다중 센서 기반 아키텍처의 차량 내부 네트워크 지연 분석

조민지, 최은민, 최지웅
대구경북과학기술원 전기전자컴퓨터공학과
{pminjiq, eunminchoi, jwchoi}@dgist.ac.kr

Analysis on In-Vehicle Network Latency for Multi-Sensor Based Architecture

Minji Cho, Eunmin Choi, and Ji-Woong Choi

Department of Electrical Engineering & Computer Science
Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology (DGIST)

요 약

자율주행기술 발전과 자율주행 레벨이 올라감에 따라 요구되는 센서의 수와 종류가 증가한다. 센서의 고도화와 수량 증가는 차량 내부 네트워크 트래픽의 혼잡을 유발한다. 이로 인해 데이터들을 전달하는데 지연을 야기시켜 자율주행의 안전성에 영향을 끼칠 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 미래의 차량 아키텍처로 고려되고 있는 이더넷 백본의 영역 기반 아키텍처를 구성하여 다양한 센서를 탑재한 차량 내부 네트워크의 지연을 분석하였다.

I. 서 론

자율주행기술이 발전함에 따라 다양한 기능을 수행하기 위해 카메라, 라이다, 레이더와 같은 다양한 센서들을 사용한다. [1]. 또한, 자율주행 레벨이 높아질수록 차량에 탑재되는 센서의 수와 데이터가 증가한다 [2]. 이로 인해 차량 내부 네트워크에서의 트래픽 혼잡과 지연이 증가하게 되고 이는 자율주행의 전체 지연을 증가시켜 자율주행 안전성에 영향을 미칠 수 있다 [3].

이런 자동차 기술의 개발 방향에 따라 차량 내부 네트워크도 변화되고 있다. 안전한 자율주행을 위해 데이터 전송의 실시간성이 보장되어야 하므로 자동차 업계에서는 높은 대역폭을 지원할 수 있는 차량용 이더넷을 주목하고 있다. 차량용 이더넷은 현재 최대 10Gbps의 전송 속도를 지원하고 있으며 25, 50Gbps 전송 속도에 대한 표준화가 진행 중이다 [4-5]. 그리고 미래형 아키텍처로 주목받고 있는 영역 (Zone) 기반 아키텍처는 위치를 기반으로 가까이 있는 ECU(Electronic Control Unit)와 센서들이 연결되는 방식으로 이전보다 배선의 복잡도가 줄어들고 들 효율적으로 관리할 수 있는 장점이 있다.

따라서, 본 논문에서는 미래형 아키텍처를 고려하여 다양한 센서를 탑재하고 이더넷 백본을 사용하는 영역 기반 아키텍처 시뮬레이션 구축하여 자율주행을 위한 차량 내부 네트워크의 지연을 분석하고자 한다.

II. 본론

자율주행을 수행하기 위해서는 먼저 센서에서 차량 주변의 데이터를 수집하고 VC(Vehicle Computer)에서는 센서로부터 데이터를 수신하여 차량 제어에 필요로 한 정보를 추출한다. 추출한 정보를 바탕으로 브레이크, 엑셀, MDPS(Motor Driven Power Steering)와 같은

액추에이터를 제어하여 안전한 주행이 가능하도록 한다. 즉, 차량 내부 네트워크를 통해 센서에서 생성된 센서 데이터는 VC로 전송되고 VC에서 생성된 제어 데이터는 액추에이터로 전송된다.

시뮬레이션은 OMNeT++과 CoRE4INET 오픈소스를 활용하였으며 그림 1과 같이 네트워크 아키텍처를 구축하였다. 이 아키텍처는 4개의 영역으로 구분하였으며 자율주행 레벨 5에서 요구되는 센서 수를 적용하여 카메라 10개, 레이더 20개, 라이다 6개를 포함한다 [2]. 주요 시뮬레이션 변수들은 표 1과 같이 설정하였다. 또한, 네트워크는 10Gbps의 이더넷과 125kbps, 500kbps의 CAN을 사용하였다.

각 데이터에 대한 시뮬레이션 결과는 표 2와 같다.

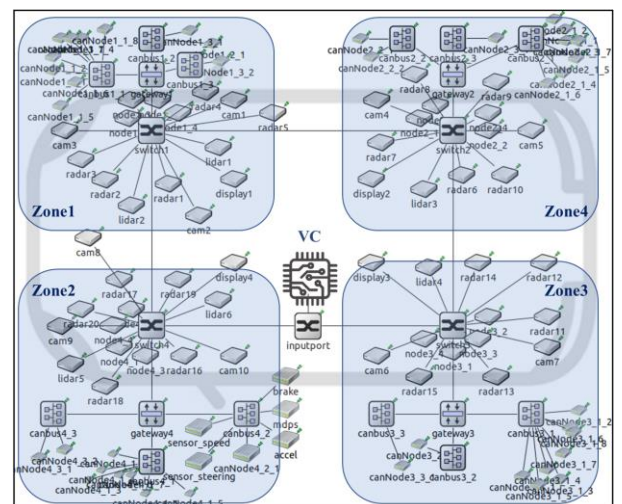


그림 1 네트워크 아키텍처

표 1 시뮬레이션을 위한 변수 설정

Data type	Source	Destination	Priority	Data size [bit]	Period [ms]
Sensor	Camera	VC	5	22M	33
	LiDAR	VC	5	1M	10
	Radar	VC	5	40k	50
	Steering angle	VC	5	64	10
	Speed	VC	5	64	10
Control	VC	MDPS	7	64	10
	VC	Brake	7	64	10
	VC	Accel	7	64	10

표 2 데이터의 지연 결과

Data type	Source	Destination	Latency [ms]	
			Min	Max
Sensor	Camera	VC	6.97	14.46
	LiDAR	VC	0.21	11.86
	Radar	VC	0.04	11.43
	Steering angle	VC	0.73	8.04
	Speed	VC	0.95	8.26
Control	VC	MDPS	1.11	1.11
	VC	Brake	0.89	0.89
	VC	Accel	1.33	1.33

센서 데이터의 경우, 센서마다 주기와 데이터 사이즈가 다르기 때문에 각각 다른 지연과 갭을 가진다. 또한, 각 센서 간의 데이터 사이즈 차이에 비해 최대 지연의 차는 크지 않다. 예를 들어, 레이더는 카메라에 비해 데이터 사이즈가 550 배 작지만 최대 지연은 약 1.3 배만큼만 작다. 이는 카메라의 데이터 사이즈가 다른 센서에 비해 매우 크기 때문에, 링크에 지배적으로 점유하고 있어 다른 센서들의 지연을 유발하기 때문이다. 동일한 이유로 카메라 데이터는 다른 센서에 의한 영향이 적어 최대와 최소 지연의 차이가 다른 센서에 비해 작다. 따라서, 데이터 사이즈가 작더라도 링크를 지배적으로 점유하고 있는 데이터 사이즈가 큰 센서에 의해 지연이 증가할 수 있으며, 최대 지연은 가장 점유율이 큰 데이터에 의해 의존적인 것을 알 수 있다.

제어 데이터의 경우 실시간성이 중요한 데이터이므로 다른 데이터에 비해 우선순위가 높기 때문에 다른 데이터에 의한 간섭이 적다. 이로 인해 지연의 갭이 거의 없으며 낮은 지연을 갖게 된다.

III. 결론

본 논문에서는 자율주행에 필요한 다양한 센서를 탑재하고 자율주행 레벨 5 에서 필요한 센서 수를 적용한 미래형 차량 내부 네트워크 시뮬레이션을 구축하였으며, 이를 통해 네트워크의 트래픽 혼잡 및 지연에 대해 분석하였다. 자율 주행 성능 향상을 위해 추가한 센서들은 오히려 다른 센서의 지연을 유발하며 자율주행 안정성에 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 자율주행 성능을 향상시키기 위해서는 컴퓨팅 알고리즘의 정확도뿐만 아니라 실시간성을 보장할 수 있는 적절한 네트워크 아키텍처 설계가 고려되어야 한다.

향후에는 자율주행을 위한 전체 지연을 분석하기 위해 VC 에서 소요되는 데이터 처리시간 및 다양한 토폴로지에서 지연을 고려한 연구를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2022 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원(No.2022-0-01053-001, 다중 통신기술 네트워크 로드밸런싱 기술 개발, 50%)과 한국연구재단의 지원(No.2021R1A2C2008415)을 받아 수행된 기초연구사업임.

참 고 문 헌

- [1] V. K. Kukkala., et al. "Advanced Driver-Assistance Systems: A Path Toward Autonomous Vehicles," *IEEE Consumer Electronics Magazine*, vol. 7, no. 5, pp. 18-25, Sept. 2018.
- [2] Vector Inc., "Advances towards A Compact In-vehicle Ethernet-, Camera-, Radar- & LIDAR-measurement for High-bandwidth Driver Assistance Systems," Jul. 2019, (https://cdn.vector.com/cms/content/events/2019/VH/VIC_2019/5_Advances_towards_a_compact_in-vehicle_Ethernet_Camera_Radar_LIDAR_.pdf).
- [3] H. Cha, W. Jeong, J. Kim, "Control-Scheduling Codesign Exploiting Trade-Off between Task Periods and Deadlines.," *Mobile Information Systems*, Apr. 2016.
- [4] IEEE Computer Society LAN/MAN Standards Committee, "802.3ch-2020 - IEEE Standard for Ethernet Amendment: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 2.5 Gb/s, 5 Gb/s, and 10 Gb/s Automotive Electrical Ethernet," *IEEE-SA*, Jun. 2020.
- [5] IEEE 802.3 Ethernet Working Group, "IEEE P802.3cy Greater than 10 Gb/s Electrical Automotive Ethernet Task Force," *IEEE 802.3 Ethernet Plenary and Interim Sessions*, Jan. 2021, (<http://www.ieee802.org/3/cy/index.html>).