

# 자율주행 컴퓨팅플랫폼을 위한 End-to-End Latency 분석에 관한 연구

임현주, 배성원, 박지훈\*

\*한국자동차연구원 빅데이터SW기술부문

hjlim@katech.re.kr, swbae@katech.re.kr, \*parkjh@katech.re.kr

## A Study on the Analysis of the End-to-End Latency for Automated Computing Platform systems

Hyun Joo Lim, Sung Won Bae, Jee Hun Park\*

\*Korea Automotive TECHnology institute

### 요 약

본 논문은 최근 활발하게 연구되고 있는 자율주행시스템을 구성하는 여러 가지 요소(자율주행 센서, 고성능 컴퓨팅제어기, 액추에이터 등)를 통합하기 위해서 개별 요소간의 지연(Latency)에 대한 분석을 목적으로 하고 있다. 현재까지 차량에서 개발되고 있는 운전지원시스템(ADAS)은 1~2개의 센서와 ECU 제어를 통해서 시스템을 구성하고 있으나, 자율주행 레벨의 고도화에 따라서 과거와는 비교할 수 없을 정도로 많은 센서(카메라, 라이다, 레이더 등)를 사용하고 있고, C-V2X와 같은 외부와의 통신까지 확장되면서 차량 내에서의 데이터 트래픽 증가와 함께 각각의 데이터의 지연도 점차 증가하고 있다. 특히, 차량 내 네트워크를 통해서 전달받은 센서의 원시데이터를 처리하는 알고리즘에 딜레이 등 고성능의 컴퓨팅이 필요한 경우에도 연산량이 급격히 증가함에 따라서 자율주행 시스템을 안전하게 운용하기 위해서 센서의 입력에서부터 이를 처리하는 컴퓨팅플랫폼을 거쳐 최종 액추에이터까지의 전달에 이르는 전체 과정의 지연에 대한 분석과 최적화가 점차 중요해지고 있다. 본 논문은 차량 내부 네트워크의 트래픽과 함께 컴퓨팅플랫폼 내부에서의 소프트웨어 모듈 간의 지연을 포함한 End-to-End Latency에 대한 분석에 대해 연구하였다.

### I. 서 론

자율주행은 자동차산업의 새로운 먹거리로 자리매김하여 최근 10여년간 연구개발이 매우 활발하게 진행되고 있다. 자율주행에 대한 높은 관심으로 인해서 연구개발 초기에는 자율주행의 기능구현의 관점에서 많은 연구가 진행되었으나, SAE에서 자율주행시스템의 레벨을 정의한 이후로 현재 전 세계적으로 자동차산업은 SAE Lv.3의 상용화를 시작하고 있고 향후 미래시장의 기술경쟁력을 확보하기 위해서 SAE Lv.4에 대한 선행연구들도 활발하게 진행되고 있다[1]

현재 자율주행 시스템의 고도화를 위해서 그림 1에서 나타낸 것과 같이 외부의 환경을 인지하는 각종 서라운드센서(카메라, 라이다, 레이더 등)의 사용은 Lv.3에서 20~25개 수준, Lv.4에서는 25~30개의 센서가 사용될 것으로 전망되고 있고[2], 이에 따라서 차량 내의 데이터 트래픽도 크게 증가하고 있다. 자동차산업에서는 증가하고 있는 센서데이터를 효율적으로 전달하기 위해서 기존 500Kbps~2Mbps 수준의 통신방식을 벗어나 1Gbps 이상 멀티 Gbps급의 Ethernet 기술을 적극적으로 도입하기 위한 연구도 병행되고 있다[3].



그림 1 Lv.4수준 자율주행 시스템의 구성(예)

소프트웨어의 관점에서 살펴보면 이미 많은 연구를 통해서 알려진 것과 같이 현재의 차량에는 1억 라인이상의 소프트웨어가 사용[4]되고 있고 이는 향후에 더욱 크게 증가할 것으로 예상하고 있다. 크게 증가하고 있는 소프트웨어를 효율적으로 관리하기 위해서 자동차산업에서는 AUTOSAR와 같은 모듈형 소프트웨어 플랫폼을 적용하여 복잡도(Complexity)를 관리하기 위한 노력을 기울이고 있다. 그러나 모듈형 소프트웨어는 복잡도와 소프트웨어 관리, 유지보수에는 효율적인 반면에 소프트웨어의 통합의 관점에서는 각각의 데이터를 교환하기 위해서 제어기 내부 인터페이스를 통합으로 인해서 추가적인 지연요소가 발생하게 된다. 본 논문에서는 자율주행을 위한 컴퓨팅플랫폼의 성능을 확보하기 위해서 기능관점으로 End-to-End Latency를 분석하는 방법을 연구하였다.

### II. 본론

다양한 운전지원시스템 중 차간 거리를 유지하는 ACC 시스템은 전방의 장거리레이더를 통해서 인지된 장애물과의 거리와 전방 카메라를 통해서 확정된 차선 내 존재 및 종류의 정보를 바탕으로 제어가 차간거리를 연산하여 차량의 가속속도를 산출하고 있다. 일반적으로 전방의 레이더는

약 20Hz로 전방물체와의 거리를 감지하고 있고, 카메라는 15Hz~30Hz의 주기로 정보를 갱신하게 된다. 반면에 차량의 가감속도는 50Hz~100Hz의 주기로 정보를 갱신하고 있다. 현재의 구성에서는 소프트웨어가 모듈화되어 있지 않고 하나의 제어기로 구성되어 있어서 제어기에서의 입력과 출력을 분석하면 명확하게 소프트웨어의 처리시간을 알 수 있으며 제어기 내부의 지연은 마이크로컨트롤러의 성능과 instruction의 분석을 통해서 간단하게 해석할 수 있다. 반면에 다종의 센서정보를 융합하고, 딥러닝 등의 고성능의 컴퓨팅리소스를 활용하며 POSIX의 운영체제가 탑재되는 현재의 자율주행 컴퓨팅플랫폼에서는 모듈화된 소프트웨어를 통한 지연을 분석하는 것이 간단하지 않은 일이 된다. 특히 딥러닝을 적용한 시스템의 경우에는 과거의 연구를 통해서 분석된 결과를 살펴보면 약 42.4TOPS의 컴퓨팅성능을 제공하는 시스템에서 ResNet-50의 추론시간은 약 103.58ms, ResNet-101의 추론시간은 약 156.44ms로 측정되어 센서의 입력에서부터 출력까지를 의미하는 End-to-End Latency의 분석은 더욱 전체시스템의 성능에 큰 영향을 미치게 된다.

그림 2는 일반적으로 센서의 입력에서부터 출력까지의 지연 요소를 도식적으로 나타낸 것이다. 그림에서 나타낸 것과 같이 기본적으로 모든 지연 요소는 queuing delay, processing delay, transmission delay를 포함하게 된다. 다만, 최신의 Ethernet 기술이 데이터간의 충돌을 방지하는 Switched Ethernet을 기반을 하고 있어 대부분 수 us정도의 delay로 그 영향은 미미하다고 할 수 있다. 다음으로 processing delay는 소프트웨어로 구성되는 각종 로직, 알고리즘 등이 구동되는 고성능 프로세서에서의 소프트웨어 모듈간의 인터페이스와 연산성능에 크게 관련이 있다.

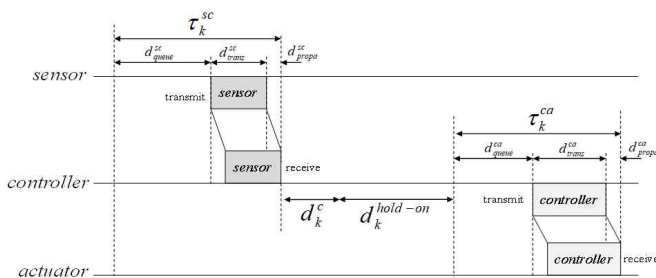


그림 2 End-to-End Latency 다이어그램

표 1은 어플리케이션 프로세서를 사용하는 고성능 컴퓨팅플랫폼에서 사용할 수 있는 내부인터페이스를 정리한 것이다. 여러 가지 종류 중 단방향 통신에만 사용하는 인터페이스를 제외하고 Shared Memory 방식, Memory Map 방식 및 Socket 방식이 주로 사용된다. 이 중에서 Shared Memory와 Memory Map 방식은 상대적으로 고속으로 통신이 가능한 반면에 동시에 메모리를 접근할 때 발생하는 자원충돌의 문제를 해결하기

	PIPE	Named PIPE	Message Queue	Shared Memory	Memory Map	Socket
사용시기	부모 자식 간 단방향 통신시	다른 프로세스와 단 방향 통신 시	다른 프로세스와 단 방향 통신 시	다른 프로세스와 양 방향 통신 시	다른 프로세스와 양 방향 통신 시	다른시스템 간 양방향 통신 시
공유매개체	파일	파일	메모리	메모리	파일+메모리	소켓
통신단위	Stream	Stream	구조체	구조체	페이지	Stream
통신방향	단 방향	단 방향	단 방향	양 방향	양 방향	양 방향
통신범위	동일 시스템	동일 시스템	동일 시스템	동일 시스템	동일 시스템	동일+외부 시스템

표 1 Internal Interface의 종류 및 특징

위한 소프트웨어 기술이 요구되며 외부 제어기와의 인터페이스에는 사용할 수 없는 단점이 있다. 반면에 Socket 방식은 내부/외부 인터페이스를 공용으로 사용할 수 있는 장점이 있는 반면에 공유메모리에 비해서 상대적으로 속도가 느린 단점이 있다. 참고로 현재의 차량용 소프트웨어 플랫폼인 AUTOSAR의 표준 인터페이스인 ARA::COM에서는 공유메모리 방식과 프로토콜을 적용한 Socket 방식을 주로 활용하고 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 자율주행 시스템을 구성하는 자율주행컴퓨팅 플랫폼의 성능을 분석하는 것을 목표로 센서의 입력부터 액추에이터의 입력을 통한 시스템의 출력까지 전 과정에 대한 지연분석에 대해 연구하였다. 특히, 고성능 프로세서 내부에서의 인터페이스 종류를 살펴보고 장단점에 대해서도 고찰하였다. 추가적으로 최적화된 End-to-End Latency를 통해서 특정 응용서비스에서의 상태를 관찰하는 연구를 진행하고 있다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20014490)

### 참 고 문 헌

- [1] 이청화, 옥기수, 신승륜, 홍성수, "자율주행 단계 4+ 자율주행차를 위한 옛지 기반 Fallback 기법," 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 805-806, 2021
- [2] Telematics Wire, "Autonomous Vehicles to Boost Memory Requirement," 2001,
- [3] 박미룡, 한태만, 김동원, "차량 Ethernet 환경에서 제어기용 타이밍 해석 지원," 한국통신학회 학술대회논문집 pp. 497-498, 2014.
- [4] 강대현, 김동재, 장태환, 유지훈, 이상주, "ABS(Anti-lock Braking System) 기능의 자동차 AUTOSAR ECU Software," 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 45-46, 2016.