

엣지 디바이스 인터워킹을 활용한 SDV 서비스 재구성 기법 연구

권태현, 성은산, 윤주상*

동의대학교

dhxk9513@gmail.com, ses0137112@naver.com, *jsyoun@deu.ac.kr

An Edge Device Interworking Method for SDV Service Reconfiguration

Taehyeon Kweon, Seong Eun San, Joosang Youn*

Dong-Eui Univ.

요 약

소프트웨어 정의 차량(Software-Defined Vehicle, SDV)은 서비스 지향 아키텍처(SOA)를 기반으로 하드웨어와 소프트웨어를 분리하며 고성능 연산 플랫폼 위에서 모듈화된 소프트웨어를 실행함으로써 다양한 기능을 재구성할 수 있다. 선행 연구에서 SDV 간 서비스 재구성을 지원하기 위한 네트워크 아키텍처를 제안하였으며 퍼블릭 및 프라이빗 마이크로서비스(Microservice, MS)를 구분하고 서비스 에이전트를 통한 탐색 및 데이터 흐름 제어를 통해 상호운용성과 확장성을 확보하였다. 그러나 최근 SDV에는 다중 센서 융합 기반 객체 인식과 주행 상황 예측 등과 같은 고성능 지능형 기능이 동시에 요구되며 이는 차량 내부 컴퓨팅 자원만으로는 한계가 존재한다. 이에 따라 본 논문에서는 이러한 한계를 해결하기 위해 SDV와 엣지 간 인터워킹을 통한 AI 서비스 재구성 기법을 제안한다. 각 에이전트는 외부의 에이전트와 토픽 정보를 공유하여 로컬 토픽을 글로벌 토픽으로 변환하고 데이터를 송수신 내부 MS와 연결된 로컬 토픽을 글로벌 토픽으로 변환해 외부와 데이터를 교환하며 엣지 디바이스에 배치된 AI 마이크로서비스가 이를 처리한 후 결과를 다시 글로벌 토픽으로 배포한다. 이를 통해 SDV는 하드웨어 변경 없이도 엣지의 AI를 활용하여 연산량이 큰 지능형 기능을 유연하게 재구성할 수 있으며 네트워크 상태 변화나 자원 제약 환경에서도 안정적인 서비스 제공이 가능하다.

I. 서 론

소프트웨어 정의 차량(Software-Defined Vehicle, SDV)은 서비스 지향 아키텍처(Service Oriented Architecture, SOA)를 기반으로 차량의 하드웨어와 소프트웨어를 분리하고 고성능 연산 플랫폼 위에서 모듈화된 소프트웨어를 실행함으로써 다양한 기능을 유연하게 재구성할 수 있다. 이로 인해 차량은 하드웨어의 변경 없이 OTA(Over-The-Air) 업데이트를 통해 지속적으로 새로운 기능을 추가하거나 개선할 수 있으며 이는 자율주행과 지능형 모빌리티 구현의 핵심 기술로 주목받고 있다[1].

선행 연구에서는 SDV 간 서비스 재구성을 지원하기 위한 네트워크 아키텍처를 제안하였다. 해당 아키텍처는 퍼블릭 서비스와 프라이빗 서비스를 구분하며 에이전트를 통해 서비스 탐색 및 데이터 흐름 제어를 수행함으로써 차량 내 외부의 다양한 마이크로서비스를 재구성할 수 있는 구조를 제시하였다.

그러나 차량 내에서 요구되는 서비스는 다중 센서 융합 기반 객체 인식, 보행자 위험 행동 분석, 자율주행 상황 예측 등 복합적인 AI 기반 기능으로 고도화되고 있으며 이로 인해 기존 서비스에 비해 많은 연산 자원을 필요로 한다. 이러한 경우 차량 내 HPC만으로는 연산 성능이 제한적이며 결국 더 고사양의 하드웨어를 도입하거나 업그레이드해야 하는 문제가 발생한다. 이는 제조 비용 증가와 유지보수 부담으로 이어져 SDV의 확장성을 저해할 수 있다[2].

이러한 한계를 극복하기 위해 본 논문에서는 기존의 에이전트를 엣지 디바이스의 연계하여 확장하는 방안을 제안한다. 이를 통해 SDV는 새로운

하드웨어 교체 없이도 엣지 자원을 활용하여 복잡한 지능형 서비스를 구성할 수 있으며 궁극적으로 하드웨어 의존도를 줄이면서 유연한 서비스 재구성이 가능하다.

II. 관련 연구

기존 SDV 서비스 재구성은 차량 내 서비스로 이루어진다. 이에 따라 선행 연구에서 SDV 간 서비스 재구성 기법을 제안했다. SDV 내 소프트웨어는 독립적인 기능 단위로 존재하며 이를 마이크로서비스(Microservice, MS)로 정의한다. MS를 외부 접근에 따라 프라이빗 MS와 퍼블릭 MS로 분리하고 MS의 유형에 따라 호스트 모드 네트워크, 브릿지 모드 네트워크 등 다르게 구성하였다. 또한 MS 간 동적인 연결을 지원하기 위해 프로시 기능과 메시지 브로커 기능을 포함한 에이전트를 구성하였다. 이를 통해 퍼블릭 및 프라이빗 서비스 간 통신을 중계하고 데이터 흐름을 효율적으로 설정할 수 있음을 보였다. 또한 서비스 레지스터를 구성하여 각 MS를 중앙에서 관리하고 등록 및 탐색 절차를 통해 SDV 간 상호 연결성을 확보하는 방안을 제시하였다[3]. 이러한 기법은 차량 내부의 컴퓨팅 자원을 통해 이루어지기 때문에 SDV가 점점 발전함에 따라 연산량이 큰 AI 기반 기능이 동시에 요구되는 상황에서는 성능 저하 및 하드웨어적 한계가 존재한다.

III. 본론

본 논문에서는 엣지와 인터워킹을 통한 SDV 서비스 재구성 기법을 제안한다. 기존에는 차량 내부에 AI MS를 구성했으며 이러한 서비스 수가 증가하는 경우 SDV 내 컴퓨팅으로는 한계가 존재한다. 이를 해결하기 위해 엣지 디바이스에 여러 AI MS를 구성하고 에이전트를 통해 SDV와 엣지 디바이스 간 서비스 재구성을 진행한다. 선행 연구로 SDV 간 서비스 재구성 기법에 대해 제시하였으며 본 연구에서는 에이전트 기반 SDV와 엣지 디바이스 간 인터워킹 중점으로 연구하였다.

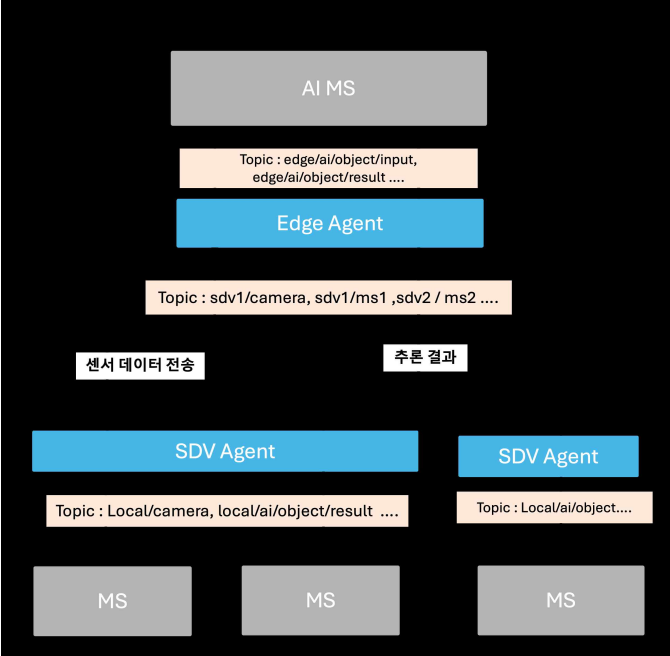


그림 1 SDV와 엣지 간 인터워킹 프레임워크

그림 1은 서비스 재구성 과정에서 SDV와 엣지 디바이스 간의 인터워킹 프레임워크를 도시한 것이다. 엣지 디바이스는 SDV와 동일한 구조를 가지며 각 에이전트는 내부 MS와 외부 간의 데이터 흐름을 중재하는 구조로 구성된다.

각 에이전트는 SDV 또는 엣지 내부의 MS와 연결되어 있으며 센서 데이터 및 처리 결과를 내부 MS와 통신은 로컬 토픽을 통해 이루어진다. 외부와의 데이터 교환이 필요한 경우 상대 에이전트와 토픽 정보를 공유하여 로컬 토픽을 글로벌 토픽으로 변환하고 데이터를 송수신한다. 이 과정에서 SDV 에이전트는 로컬 토픽을 통해 차량 내부의 카메라, LiDAR 등의 센서 데이터를 관리하는 MS로부터 전달받은 데이터를 글로벌 토픽을 통해 엣지 에이전트에 전달하고, 엣지 에이전트는 이를 로컬 토픽을 통해 AI MS에 전달하여 추론을 수행한다. 추론 결과는 다시 엣지 에이전트를 통해 글로벌 토픽으로 출판되며 이를 구독하고 있는 각 SDV 에이전트는 로컬 토픽을 통해 차량 내부의 관련 MS에 제공한다.

그 결과 모든 SDV는 엣지에 존재하는 AI MS가 산출한 결과를 공유하여 일관된 서비스를 실시간으로 제공할 수 있다. 이러한 구조는 각 에이전트가 메시지 브로커 역할을 수행하고 디스커버리 기능을 통해 필요한 MS를 탐색 및 연결함으로써 SDV와 엣지 간 고성능 기능을 가진 서비스 재구성을 동적으로 지원할 수 있다. 또한 엣지 디바이스에 복합적인 AI MS를 구성하여 연산을 수행함으로써 SDV의 제한된 컴퓨팅 자원만으로는 어려운 복잡한 서비스도 엣지와 협력하여 구현할 수 있다. 이는 SDV의 경량화를 가능하게 하며 보다 다양한 지능형 서비스를 확장하는 데에도 기여할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 SDV 간 여러 AI를 활용한 서비스 재구성을 함에 따라 연산 한계와 확장성 문제를 해결하기 위해 SDV와 엣지 간 인터워킹을 활용한 AI 서비스 재구성 기법을 제안하였다. 제안 기법은 SDV와 엣지 간 에이전트를 통해 로컬 및 글로벌 토픽을 변환 및 연계함으로써 엣지 AI MS의 추론 결과를 다수의 SDV에 실시간으로 분배할 수 있도록 하였다. 이를 통해 SDV는 하드웨어 변경없이 연산량이 큰 지능형 서비스 재구성할 수 있다. 향후 연구에서는 제안된 기법을 실제 SDV 테스트베드 환경에 구현하여 시나리오에 적용하여 성능을 정량적으로 검증할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 정보통신방송 표준개발지원사업(RS-2024-00398199)과 부산광역시 및 (재)부산테크노파크의 BB21plus 사업으로 지원된 연구임

참 고 문 헌

- [1] S. Halder, A. Ghosal, and M. Conti, "Secure OTA Software Updates in Connected Vehicles: A Survey," arXiv preprint arXiv:1904.00685, 2019.
- [2] X. Li, Y. Dang, and T. Chen, "Vehicular Edge Cloud Computing: Depressurize the Intelligent Vehicles Onboard Computational Power," arXiv preprint arXiv:1901.03761, 2019.
- [3] T. Kweon, J. Park, and J. Youn, "A Study on Techniques for Service Reconfiguration Between SDVs," Manuscript submitted for publication, 2025.