

클라우드-네이티브 엣지 클러스터의 V2X 통신 데이터 수집을 위한 이동형 SmartX Pole 설계 및 구현

구동환, 박선, 김종원*
광주과학기술원 AI 대학원

{dhku, sunpark, *jongwon}@smartx.kr

Design and Implementation of Mobile SmartX Pole for V2X Communication Data Collection of Cloud-native Edge Cluster

DongHwan Ku, Sun Park, JongWon Kim*
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요약

SmartX Pole 은 여러 센서와 엣지 컴퓨터, V2X 통신 모듈을 통합하여 주변 차량 및 도로 인프라와 정보를 교환하는 지능화된 폴이다. 본 논문에서는 V2X 통신 데이터 수집을 위한 이동형 SmartX Pole 을 설계 및 구현하는 과정을 기술한다. 구현된 SmartX Pole 은 기 구축된 클라우드-네이티브 엣지 클러스터와 함께 자율주행 서비스의 사전 검증 환경을 제공한다. 총 3 대의 SmartX Pole 을 구현했으며, 여러 장소를 이동하며 V2X 통신 데이터를 수집할 수 있다.

I. 서론

최근 자율주행기술에 대한 관심이 커짐에 따라 유·무선 통신망을 이용하여 차량간, 또는 차량-인프라 간 정보를 공유하는 V2X(Vehicle to Everything) 기술을 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 V2X 통신 기술을 기반으로 하는 차세대 지능형 교통 시스템(C-ITS)은 자율주행 서비스를 위한 실시간 교통 정보를 파악하는 데에 쓰이며, 한국에서도 2030 년까지 자율주행 서비스 상용화를 목표로 교통 인프라를 점진적으로 구축해 나가고 있다[1].

한편, 개발 중인 초기 단계의 자율주행 서비스를 실제 교통 시스템에 적용하기에는 여러 위험이 존재한다. 따라서 실제 환경과 비슷한 시뮬레이션 환경에서의 사전 검증 과정이 필수적이다. 자율주행 서비스의 실시간성은 안전과 직결되는 문제이기 때문에 시뮬레이션 환경을 구축하는 데에 있어서 매우 중요한 고려 사항 중 하나다. 일례로, 적은 지연 시간을 보장하는 엣지 컴퓨팅을 활용하여 시뮬레이션 환경을 구축하려는 시도가 존재한다[2]. 본 연구팀 또한 자율주행 서비스의 검증을 위해 SiLS-ready 수준으로 클라우드-네이티브 엣지 클러스터를 구축한 바 있다[3].

기 구축한 엣지 클러스터는 드라이빙 시뮬레이터와 연계하여 가상의 주행 데이터를 수집하도록 설계되었다. 그러나 V2X 통신 데이터를 수집하는 개체의 부재로 V2X 통신을 활용하는 자율주행 서비스를 검증하는 데에 제약이 있다. SmartX Pole 은 카메라 등 여러 센서와 엣지 컴퓨터, V2X 통신 모듈을 통합하여 주변 차량 및 도로 인프라와 정보를 교환하는 지능화된 폴이다[4]. 본 논문에서는 이동 가능한 V2X 통신 데이터 수집 환경을 제공하기 위해, 이동형 SmartX Pole 을 설계 및 구현한 후, 기존 클라우드-네이티브 엣지 클러스터와 통합하는 과정을 기술한다.

II. 이동형 SmartX Pole 요구사항

본 절에서는 이동형 SmartX Pole 을 설계하기 전 고려해야 할 사항을 네 가지 항목으로 나누어 제시한다.

-폴 프레임: SmartX Pole 의 뼈대가 되는 폴 프레임은 컴퓨팅 장비를 비롯한 여러 장치들을 수납하는 동시에 이동 가능한 형태로 제작되어야 한다. 폴의 이동성이 요구되므로 무겁지 않은 프레임을 사용하며, 바퀴가 있는 형태로 설계하는 것이 바람직하다. 전자기기가 탑재된 폴은 야외에서의 여러 기후 변화에도 견뎌야 하므로 폴 프레임의 방수 및 환기 기능 또한 요구된다.

-엣지 박스: 폴 내부에서 자율주행 서비스를 제공하기 위한 엣지 박스(엣지 컴퓨팅 장비)가 필요하다. 엣지 연산을 수행하기 위한 해당 장비는 폴이 필요로 하는 데이터 수집, 처리 및 폴에 중속된 여러 장치를 관리하는 데에 쓰인다. 경우에 따라서는 각종 데이터가 클라우드로 넘어가기 전의 전처리 작업을 수행하기도 한다. 뿐만 아니라, SmartX Pole 을 기존의 엣지 클러스터와 상호연계하여 DevSecOps 타워에서 여러 개의 폴을 한번에 관제할 수 있도록 이들을 연결하는 역할을 한다.

-네트워크 장치: V2X 통신 모듈은 SmartX Pole 의 핵심 요소이다. 다른 폴 및 이동체와의 V2X 통신을 위해 해당 모듈이 필수적이며, 최종적으로 엣지 클러스터로 유의미한 V2X 통신 데이터를 전달할 수 있다. V2X 통신 모듈은 차량에 탑재되는 OBU(On-board Unit)와 인프라에 탑재되는 RSU(Road-side Unit)로 나뉘며, 폴에는 RSU 가 필요하다. 추가로, 엣지 박스의 클러스터 상호연계를 위한 유선 네트워크 연결도 고려해야 한다.

-전원 공급 장치: 전원을 공급하는 방식에는 배터리를 이용하는 방식과 전원 케이블을 이용하는 방식이 있다. 본 논문에서는 SmartX Pole 의 상시 사용을 위해 장거리 전원 케이블을 활용하도록 한다. 그 외에 V2X 통신 모듈과 엣지 박스 등의 전원 공급에 필요한 주변 장치와 함께 탑재되어야 한다.

III. 이동형 SmartX Pole 설계 및 구현

이동형 SmartX Pole 은 바퀴가 달린 긴 폴 프레임을 기준으로 상단에는 RSU 를 달고, 하단에는 방수 케이스가 그 외의 장비들을 보호하여 장착되는 형태로 설계했다. 아래 좌측 그림은 폴 프레임의 설계도이며, 우측 그림은 방수 케이스 내부의 하드웨어 구조이다.

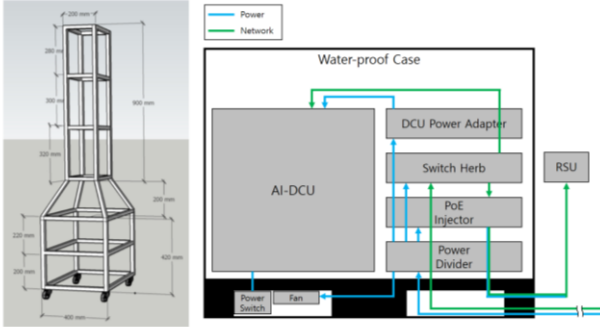


그림 1 이동형 SmartX Pole 하드웨어 설계

방수 케이스 내부에는 자율주행 서비스의 엣지 연산을 위한 AI-DCU(데이터 집중 장치)가 위치한다. AI-DCU 로는 ADLINK MVP-6100 시리즈 모델을 활용한다. 해당 모델은 IoT 작업에 특화된 컴퓨팅 하드웨어로, 대용량 스토리지 및 WIFI 를 비롯한 여러 네트워킹 연결을 지원한다. 또한 DC 전원을 입력 받도록 설계되어 장시간 서비스 제공에도 안정적으로 유지될 수 있다. AI-DCU 전원은 외부의 장거리 케이블을 통해 들어온 전력이 분배기와 어댑터를 거쳐 공급되는 구조이다. 케이스 우측에 위치한 스위치 허브는 외부의 엣지 클러스터 관리 스위치와 1G 네트워크로 연결되며, AI-DCU 및 RSU 를 유선으로 안전하게 연결함으로써 엣지 클러스터와의 상호 연결성을 제공한다. PoE 인젝터는 전원 분배기 및 스위치 허브와 연결되어, 폴 상단의 RSU 에 전원과 유선 네트워크를 공급하도록 한다. AI-DCU 하단에는 방수 케이스의 공기 순환을 위한 쿨링 팬이 장착되며, 모든 장치의 전원을 케이스 외부에서 컨트롤 할 수 있는 전원 스위치가 부착되도록 설계한다. 폴 프레임 상단에 위치할 V2X 통신 모듈은 에티포스사에서 개발한 Hybrid-V2X 통신이 가능한 RSU 모듈을 탑재하도록 한다. Hybrid-V2X 는 WAVE 및 5G 연결을 동시에 지원하여 유연한 V2X 통신 환경을 제공한다. 상기 하드웨어 설계를 바탕으로 구현한 이동형 SmartX Pole 의 실물은 아래의 그림 2 와 같다.



그림 2 이동형 SmartX Pole 구현

```

meta@b-center:~$ sudo docker ps
CONTAINER ID   IMAGE     COMMAND                  CREATED
STATUS        PORTS
NAMES
fa07df882f20   mongo:4.2   "docker-entrypoint.s..."  2 months ago
Up 22 hours   0.0.0.0:27017->27017/tcp, :::27017->27017/tcp
mongo0
322bb0fc4b94   mongo:4.2   "/usr/bin/mongod -k..."  2 months ago
Up 22 hours   0.0.0.0:27019->27017/tcp, :::27019->27017/tcp
mongo2
3e45681cb730   mongo:4.2   "/usr/bin/mongod -k..."  2 months ago
Up 22 hours   0.0.0.0:27018->27017/tcp, :::27018->27017/tcp
mongo1
c6da27acf158   wurstmeister/kafka:2.12-2.0.1   "start-kafka.sh"        2 months ago
Up 8 days     0.0.0.0:9092->9092/tcp, :::9092->9092/tcp
kafka
443004277c63   wurstmeister/zookeeper:3.4.6   "/bin/sh -c './usr/sb..."  2 months ago
Up 8 days     22/tcp, 2898/tcp, 3898/tcp, 0.0.0.0:2181->2181/tcp, :::2181->2181/tcp
zookeeper
    
```

그림 3 이동형 SmartX Pole 의 컨테이너 서비스 배포

총 3 대의 이동형 SmartX Pole 을 구현해냈으며, 그림 3 과 같이 클라우드-네이티브 방식으로 서비스를 배포하도록 기본 설정을 마친 상태이다. 현재 이동형 SmartX Pole 은 쿠버네티스 오케스트레이션으로 엣지 클러스터와 상호연결 되어 있으며, 엣지 클러스터의 관제탑 역할을 하는 DevSecOps 타워에서 다수의 폴을 한번에 관제할 수 있도록 구성하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 기 구축한 클라우드-네이티브 엣지 클러스터에서 V2X 통신 데이터를 수집하기 위해 이동형 SmartX Pole 을 설계 및 구현하였다. 구현된 SmartX Pole 은 클라우드-네이티브 방식으로 자율주행 서비스를 배포하여 유연하게 활용할 수 있으며, 엣지 클러스터에 연동되어 DevSecOps 타워에서 손쉽게 관제 가능하다. 이동형 SmartX Pole 은 고정된 한 장소에서 V2X 통신 데이터를 수집하는 것이 아닌, 다양한 환경을 이동하면서 V2X 통신 데이터를 수집할 수 있도록 구현되었다.

감사의 글

이 논문은 2023 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신산업진흥원의 지원(No. S0101-23-1002, 약천후 등 외부환경 대응 가능한 V2X 기반 connected 플랫폼 기술 개발)과 2023 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원(No. 2019-0-01842, 인공지능대학원지원(광주과학기술원))을 받아 수행된 연구임.

참고 문헌

- [1] 국토교통부, "2030 년 자율주행 서비스 일상화, 미래 모빌리티 선도국가 도약", 대한민국 정책브리핑. [Online Available] <https://www.korea.kr/briefing/pressReleaseView.do?newsId=156510842> (Accessed on Jan. 2024).
- [2] 김경진, 한혁, 강수용, "엣지 컴퓨팅 기반의 도로 교통 서비스를 위한 시뮬레이션 플랫폼의 개발", 정보과학회 컴퓨팅의 실제 논문지, Vol. 29, No. 9, pp. 438-443, 2023.
- [3] 구두환, 안발준, 유수포, 박선, 김중원, "드라이빙 시뮬레이터를 이용한 클라우드-네이티브 엣지 클러스터의 다중 데이터 융합 환경 설계", 2023 년도 한국통신학회 하계종합학술발표회 학술대회논문집, pp. 1614-1615, June 2023.
- [4] 정대연, 박선, 김중원, "V2X 플랫폼을 위한 SmartX Pole 설계 및 구현", 한국통신학회 학술대회논문집, 2022 년도 한국통신학회 하계종합학술발표회 학술대회논문집, pp. 1188-1189, June 2022.