

Edge RSU 을 통한 V2I 통신시스템 구현 및 최적경로 탐색

201802719 이유진, 201802919 이채영

1. 소개

1.1 목적 및 배경

》 글로벌 자율주행 자동차 시장규모 전망

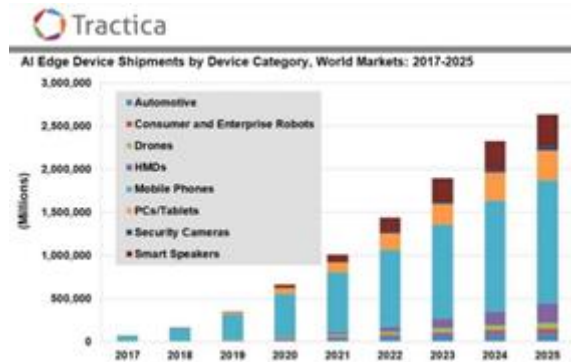


Figure 1 (좌) 글로벌 자율주행 자동차 시장규모 전망 / (우) 인공지능 Edge 기기별 출하량(출처 : Tractica)

최근 자율주행 자동차 시장규모가 커지고 있고, 국내외적으로 자동차 및 IT 업체들이 자율주행 자동차 개발에 막대한 투자를 아끼지 않고 있다. 현재의 발전속도를 감안하면 5 년 안에 자율주행의 대중화가 시작될 것으로 예상된다. 도로를 주행하는 차량은 앞으로 점점 더 많은 인근 차량, 주변 인프라와 통신을 필요로 하게 된다. 이처럼 도로를 주행하는 차량이 주변 모든 것과의 통신을 통해 신속하고 안전한 운행 환경을 유지할 수 있는 것을 V2X(Vehicle to Everything) 통신 이라 한다. V2X 통신을 통해 다양한 IoT 디바이스에서 수집되는 데이터를 빠르게 분석하기 위해서는 Edge Computing 기술이 필수적이다. 본 연구에서는 V2X 기술 중 차량과 인프라 간의 통신을 의미하는 V2I(Vehicle to Infra)에 초점을 맞춘다. Edge, RSU(노변기지국, Road Side Unit)가 실시간으로 교통정보와 도로 위 이상현상을 수집, 분석하여 자율주행 차량에게 안전하고 편리한 교통 서비스를 제공하는데 목적을 둔다.

1.2 제공 기능 및 기대효과

1.2.1 제공 기능

- 도로에 설치 된 CCTV 를 통해 영상 데이터를 획득함으로써 딥러닝 모델을 이용하여 차량 정체 의 정도를 확인한다. 차량 정체 시 RSU 가 경로를 재 탐색하여 최적 경로를 제공할 것이다.
- 도로에 설치 된 CCTV 를 통해 영상 데이터를 획득함으로써 딥러닝 모델을 이용하여 도로 위의 사고 상황, 포트 홀, 공사 중 등 2 차 사고가 날 수 있는 위험 상황을 발견한다.
- CCTV 는 RSU 에게 상황 정보를 전송하며 RSU 는 경로 재 탐색 후 OBU 에게 위험 상황 정보와 OBU 가 가야 하는 최적 경로 링크를 전달한다.
- 경량화한 딥러닝 모델을 사용하여 차량 정체, 차량 사고, 차량 손상을 감지한다. 경량화를 함으로써 이상 현상 서비스는 저전력으로 빠르게 가능하다.

- Edge 서버에서 차량의 경로를 실시간으로 이상현상 감지 시 재 탐색 및 최적 경로를 제공한다. Edge 컴퓨팅 장점을 이용하여 불필요한 정보를 블러 처리함으로써 개인정보 보호가 가능하다.

1.2.2 기대효과

본 연구는 자율주행 레벨 4 단계가 이루어졌다는 가정을 기반으로 진행한다. 모든 도로의 차량의 경로는 도로 곳곳에 설치 되어있는 RSU 들에게 전달되어 있기 때문에 전반적인 도로 상황을 통제가 가능하다. 이상현상 발생에 대비하여 개발된 최적 경로 알고리즘을 이용하여 차량에 탑승한 이용자들은 교통 정체 없이 이동이 가능할 것으로 기대한다. 또한, Edge 컴퓨팅 장점 중 Offloading, Scalability, Privacy, Masking 4 가지를 모두 사용함으로써, 더욱 더 빠르고 이용자가 신뢰할 수 있는 서비스를 제공할 것이다.

2. 관련 기술 동향 및 분석

2.1 기반 기술

Table 1 기반기술

V2I(Vehicle to Infrastructure)	<ul style="list-style-type: none"> ● V2X(Vehicle to Everything) 중 하나로 차량과 인프라가 주고받는 방식 ● OBU 와 RSU 를 도로변에 설치하여 차량으로부터 주행 정보들을 수집하고, 이를 중앙 서버에서 분석하여 교통상황 및 대처 방법 등을 후속 차량에 제공하는 것이 가능[1]
WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)	<ul style="list-style-type: none"> ● 차량이 고속 이동환경에서 차량과 차량 또는 차량과 인프라 간의 통신을 짧은 시간 내에 주고받는 무선통신 기술 ● IEEE 802.11a/g 무선랜 기술을 차량환경에 맞도록 개량한 통신 기술[1]
MQTT(Message Queuing Telemetry Transport)	<ul style="list-style-type: none"> ● ISO 표준 발행-구독 기반의 메시지 송수신 프로토콜. ● 네트워크 대역폭이 제한되는 원격 통신 혹은 대규모 트래픽 전송을 위해 만들어진 프로토콜. [2]
Cloud Computing	<ul style="list-style-type: none"> ● Cloud에서 서버, 스토리지, 소프트웨어 등 필요한 IT 자원을 제공 받아 사용하는 컴퓨팅 환경 ● 이용자가 필요한 IT 자원을 인터넷을 통해 제공받음으로써 소유와 관리 기능을 분리한 방식[3] ● Cloud 란 각각의 고유한 기능을 가진 서버의 글로벌 네트워크를 의미[3]
Edge Computing	<ul style="list-style-type: none"> ● 응답 시간을 개선하고 대역폭을 절약하기 위해 필요한 곳에 연산

	<p>과 데이터 스토리지를 도입하는 분산 컴퓨팅 패러다임[4]</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Edge Computing을 이용하여 Offloading, Scalability, Privacy, Masking이 가능 	
알고리즘	Dijkstra	<ul style="list-style-type: none"> ● 양의 가중치를 갖는 Edge 로 이루어진 방향 그래프에 대해 단일 출발 노드부터 다른 모든 노드들까지의 최단 경로를 찾는 알고리즘[5].
	A*(A star)	<ul style="list-style-type: none"> ● Dijkstra 와 같이 가장 최소의 비용으로 찾아가지만 시작 노드와 목적지 노드를 분명하게 지정해 이 두 노드 간의 최단경로 파악이 가능한 알고리즘[6] ● 휴리스틱 추정 값 값의 순서로 꼭짓점을 방문
	JPS(Jump Point Search)	<ul style="list-style-type: none"> ● A*에 기반을 둔 출발지와 목적지 간의 최단 경로 탐색 알고리즘 ● A*와 달리 특정 노드를 선택적으로 탐색해 나가기 때문에 최단 경로를 찾는 과정에서 비용 절약 가능[7] ● 가중치가 있는 그래프에서 적용 불가
	WJPA*(Weighted Jump Point A*)	<ul style="list-style-type: none"> ● A* 와 JPS 알고리즘을 결합한 알고리즘 ● JPS 와 달리 가중치가 있는 그래프에 적용 가능

2.2 경쟁기술

연구 1) Son, S.-R., Lee, B.-K., Sim, S.-K., & Jeong, Y.-N. (2020). RSU 통신 및 딥러닝 기반 최적화 차량 라우팅 시스템 설계. 한국정보전자통신기술학회논문지, 13(2), 129–137.

Table 2 경쟁기술(1)

연구 1	<ul style="list-style-type: none"> ● RSU 와의 통신으로 교차로 여부, 주변 차량 정보, 기온, 신호등 개수 등을 분석 후 도로의 위험성 예측. ● 예측결과를 통해 안전한 경로 설정
본 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 교차로 여부, 주변 차량 정보, 기온, 신호등 개수 등으로 도로의 위험성을 예측하는 것이 아닌 CCTV 가 실제 도로 상황을 RSU 에게 전송 ● 실제 도로 정보를 바탕으로 RSU 가 최적의 경로를 탐색하므로 성능이 더욱 좋을 것으로 예상됨

연구 2) Jiyeong SEO, Seonha LEE, Maria Sharlene L, INSIGNE, Seounggu KANG, DoGyun KIM. (2020). Equilibrium Assignment 에 기반한 자율주행차량의 Dynamic Route Guidance System 구축방안. 대한교통학회지, 38(1), 26-41.

Table 3 경쟁기술(2)

연구 2	<ul style="list-style-type: none"> ● Equilibrium Assignment 를 기반으로 자율주행차량의 차량특성 및 교통정보 등과 같은 교통 데이터를 활용하여 최적경로탐색 파라미터 선정 ● 수집한 교통 데이터를 바탕으로 전체 경로 탐색
본 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 교차로 여부, 주변 차량 정보, 기온, 신호등 갯수 등으로 도로의 위험성을 예측하는 것이 아닌 CCTV 가 실제 도로 상황을 RSU 에게 전송. ● 실제 도로 정보를 바탕으로 RSU 가 최적의 경로를 탐색하므로 성능이 더욱 좋을 것으로 예상됨.

3. 시스템 구성

3.2 전체 아키텍처 구조

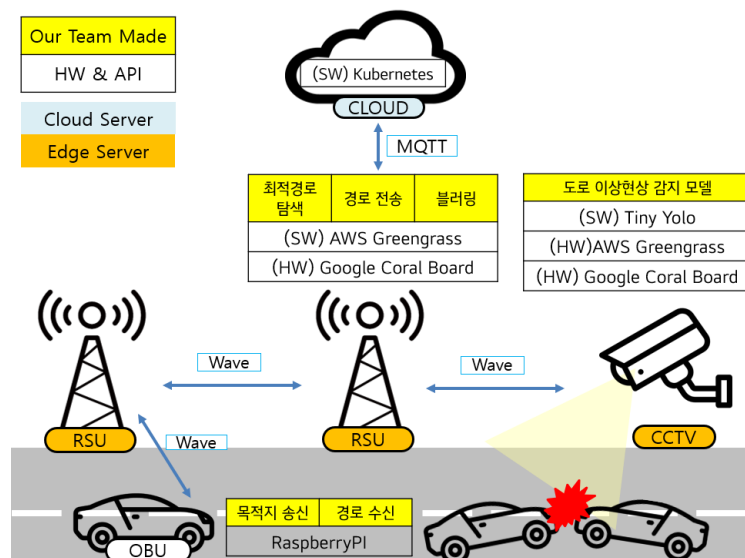


Figure 2 전체 아키텍처 구조

Figure 2 는 본 연구에서 개발하고자 하는 서비스의 개요도를 보여준다.

3.2.1 시스템

Table 4 개발 시스템

RSU(Road Side Unit)	<ul style="list-style-type: none"> ● CCTV 에서 도로 위 이상현상 감지 시 이상현상이 발생된 도로 정보와 감지 된 이미지를 수신함. ● 수신한 이미지에서 민감한 정보는 블러링 하여 Cloud 및 해당 RSU 에 등록 되어있는 차량에게 이미지 전송. ● 해당 RSU 에 등록 되어있는 차량에게 실시간 도로 상황을 반영하여 계산한 최적경로 전송(다음에 진입할 도로). ● AWS Greengrass 를 통해 Edge 와 Cloud 간 보안연결을
---------------------	--

	제공.
CCTV	<ul style="list-style-type: none"> ● Tiny - Yolo4 를 사용한 차량 정체, 도로 사고, 도로 손상에 대한 딥러닝 모델이 저장. ● AWS Greengrass 를 통해 Edge 와 Cloud 간 보안연결을 제공.
OBU(On Board Unit)	<ul style="list-style-type: none"> ● RSU 에게 다음 링크를 전달 받았을 시 T map API 를 이용하여 전달 받은 링크를 Display 화면에 보여줌. ● RSU 에게 블러처리된 이미지를 전달 받았을 경우 Display 화면에 이미지를 보여줌.
Cloud	<ul style="list-style-type: none"> ● RSU 로 부터 수신한 블러처리 된 이미지를 모아두고, 이상현상 감지 및 도로 막힘 감지모델을 업데이트.

3.2.2 시스템 간 통신

Table 5 개발 시스템 간 통신

RSU - CCTV	CCTV 에서 이상현상 감지 시 링크에 대한 정보와 감지가 된 이미지를 전송.
RSU - OBU	<ul style="list-style-type: none"> ● OBU -> RSU : 현재 위치에서 가장 가까운 RSU 에 목적지와 차량의 ip 정보를 전송 ● RSU -> OBU: OBU 가 다음에 갈 링크 정보와 전송해야 하는 블러처리 된 이미지가 있다면 함께 전송
RSU - Cloud	RSU 가 CCTV 로부터 이상현상 발생 시 수신한 블러처리 된 이미지를 Cloud 에게 MQTT 통신을 사용하여 전송
RSU - RSU	현재 도로의 RSU 에 등록된 차량이 진입할 다음 도로의 RSU 에게 해당 차량 정보를 WAVE 통신을 사용하여 전송

3.3 시연 시나리오



Figure 3 경로 재설정 시나리오

Figure 3 은 CCTV 에서 이상 현상 감지 시 RSU 에게 정보를 전달한 후 RSU 에 올려진 이동 경로 데이터베이스에 근거하여 최적 경로에 대한 새로운 링크를 OBU 에게 전달해주는 시나리오이다.

3.3.1 Use Case Diagram

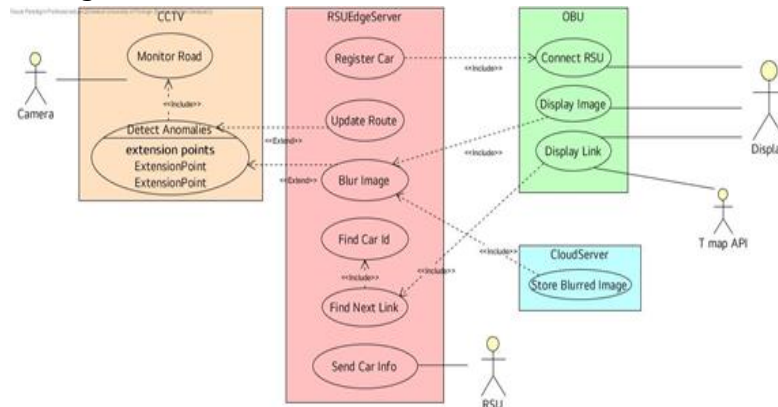


Figure 4 Use case Diagram

Figure 4 는 전체적인 서비스의 Use case Diagram 을 보여준다.

3.3.2 시나리오 Description

Table 6 경로 재설정 시나리오 Description

Use case name	Find the optimal path
Participating actors	Camera, T map API, Display
Flow of events	<ol style="list-style-type: none"> 1. CCTV 가 Camera 을 통해 이상현상 감지한다. 2. CCTV 가 이상현상 감지 시 RSUEdgeServer 에게 이상현상이 발생된 도로 정보와 감지 된 이미지를 전송한다. 3. RSUEdgeServer 는 받은 도로 정보를 이용하여 이동 경로 데이터 베이스 업데이트한다. 4. RSUEdgeServer 는 감지된 이미지를 블러 처리한다. 5. RSUEdgeServer 가 이동경로 데이터베이스를 이용해 등록 된 차량의 다음 경로를 탐색한다.

	6. RSUEdgeServer 가 등록된 모든 차량의 OBU 에 다음 경로 전송한다. 7. RSUEdgeServer 는 이상현상 발생 시 블러링 된 이미지를 등록된 모든 차량의 OBU 에 전송한다. 8. OBU 는 Display 에 수신 된 다음경로와 블러링 된 이미지를 T map API 을 이용해서 보여준다. 9. RSUEdgeServer 가 블러링 된 이미지와 이미지 타입을 CloudServer 로 전송한다.
Entry condition	OBU 가 RSUEdgeServer 에게 차량 정보를 전송하여 등록한다.
Exit condition	OBU 가 RSUEdgeServer 에게 다음 경로를 전송 받는다.
Quality requirement	OBU 에게 다음 링크가 100ms 안으로 전송되어야 한다.

3.3.3 Sequence Diagram

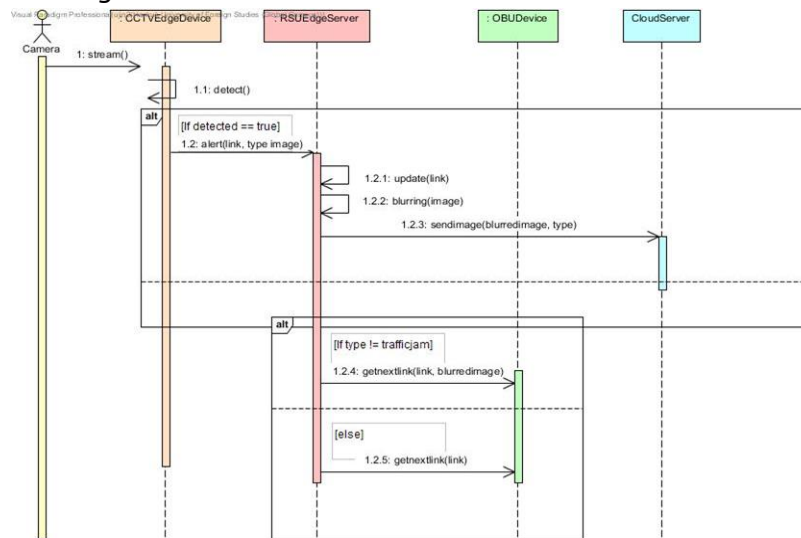


Figure 5 경로 재설정 Sequence Diagram

Figure 5 는 Table 8 시나리오 Description 에 해당하는 경로 재설정 부분을 Sequence Diagram 으로 보여준다.

4. 참고문헌

1. IoT 보안얼라이언스, 교통 분야 ICT 융합 제품·서비스의 보안 내재화를 위한 스마트교통 사이버보안 가이드 (한국인터넷진흥원:호정씨앤피, 2018), 84
2. 위키백과, "MQTT", <https://ko.wikipedia.org/wiki/MQTT> (2021.03.23)
3. 보안연구부, 클라우드 컴퓨팅 개념과 산업동향 (2016)
4. 위키백과, "에지 컴퓨팅", https://ko.wikipedia.org/wiki/에지_컴퓨팅. (2021.03.20)
5. Oh-Seong Kwon†, Hyung-Ju Cho. (2017). 방향성이 있는 동적인 도로에서 실시간 최단 경로 탐색 시스템의 설계와 구현. 멀티미디어학회논문지, 20(4), 649-659

6. 위키백과, "A* 알고리즘", https://ko.wikipedia.org/wiki/A*_알고리즘 (2021.03.18)
7. 티스토리 블로그(이얏호응), Jump Point Search(JPS) 알고리즘
8. 임태호, 자율주행과 V2X 통신 기술 동향, 정보통신기술진흥센터 주간기술동향(2017.11.1)
9. 삼성 KPMG 경제연구원은 삼성 Insight 제 69 호(2020.02.13)