

동적지도정보 기반 자율주행 정보의 시공간적 활성화 구간 산정 프레임워크

강찬모* · 정연식** · 박재형***

Kang, Chanmo*, Chung, Younshik**, Park, Jaehyung***

A Framework for Calculating the Spatiotemporal Activation Section of LDM-Based Autonomous Driving Information

ABSTRACT

Basically, autonomous vehicles drive using road and traffic information collected by various sensors. However, it is known that there is a limitation to realizing fully autonomous driving with only such technologies and information. In recent, various efforts are being made to overcome the limitations of sensor-based autonomous driving, and efforts are also underway to utilize more specific and accurate road and traffic information, called local dynamic map (LDM). However, LDM-related data standards and specifications have not yet been sufficiently verified, and research on the spatiotemporal scope of LDM during autonomous driving is extremely limited. Based on this background, the purpose of this study is to identify these limitations through an analysis of previous LDM-related studies and to present a framework for calculating the spatiotemporal activation section of LDM-based road and traffic information.

Key words : Autonomous driving, Traffic information, Local dynamic map (LDM), ADAS horizon

초록

자율주행 자동차는 기본적으로 차량과 도로에 설치된 센서를 활용해 수집된 도로·교통 정보를 통해 자율주행 기능을 수행한다. 그러나 이러한 기술과 정보만으로는 완전한 자율주행을 구현하는 것에 한계가 있음을 인정하고 있다. 최근에는 센서 기반 자율주행 기술의 한계를 극복하기 위해 다양한 방면에서 노력을 하고 있으며, 동적지도정보(local dynamic map: LDM)라 불리는 보다 구체적이고 정확한 도로 및 교통정보를 활용하는 노력도 진행 중이다. 그러나 LDM 관련 데이터 표준 및 데이터 세부항목 등이 아직 충분히 검증되지 않았으며, 자율주행 중 LDM의 시공간적 제공 범위에 대한 연구는 극히 제한적이다. 이러한 배경 하에, 본 연구의 목적은 기존 LDM 관련 연구 사례를 통해 기존 연구의 한계를 도출하고, 나아가 LDM 기반 도로·교통정보의 시공간적 활성화 구간 산정 프레임워크를 제시하는 것이다.

검색어 : 자율주행, 교통정보, 동적지도정보, 도로·교통 정보 활성화 구간

* 정희원 · 영남대학교 도시공학과 박사과정 (Yeungnam University · iaenmoo@ynu.ac.kr)

** 종신회원 · 교신저자 · 영남대학교 도시공학과 부교수 (Corresponding Author · Yeungnam University · tpgist@yu.ac.kr)

*** 메타빌드(주) SW연구본부 본부장 (Metabuild Co. Ltd. · jhpark@metabuild.co.kr)

Received February 24, 2022/ revised March 19, 2022/ accepted April 22, 2022

1. 서론

자율주행 자동차는 차량 센서를 통해 수집되는 자료와 이를 해석하는 기술을 통해 구현 가능할 것으로 추진되어 왔다. 첨단 운전자 지원 시스템(Advanced Driving Assistant System: ADAS)와 GNSS (Global Navigation Satellite System), 카메라, 레이더 등의 센서 기술 및 이를 통합하는 기술은 차량 기반 자율주행 기술의 대표적 사례가 된다(Na et al., 2020). 그러나 이러한 차량 센서 기반 자율주행 기술에는 한계가 있음에 대한 인식이 증가하면서(Kim et al., 2017a), 도로·교통 인프라 기술, 차량과 도로·교통 인프라 간 통신 기술, 데이터 송·수신 및 저장·분석 기술 등의 협력이 보다 안전하고 현실적인 자율주행(cooperative connected autonomous vehicles: CAV)이 가능함을 인정하고 있다. 이러한 결과로 도로·교통 인프라에 대한 관리와 운영을 담당하는 국토교통부(Ministry of Land, Infrastructure and Transport: MOLIT)에서는 2022년 레벨3 자율주행 자동차 사용화 로드맵을 수립하는 등 자율주행 기술 개발에 적극적 가담하고 있다(MOLIT, 2021).

결과적으로, 자율주행 자동차의 주행 안전성을 높이기 위해서는 차량 및 도로 인프라에 설치된 센서로부터 수집된 정보와 이들 센서로 수집되지 않는 정보를 활용할 필요가 있다. 특히, 레벨3 이상의 자율주행 기술은 자율주행 자동차가 스스로 주행 제어를 하게 됨으로 센서들의 측정 가능한 시공간적 범위를 넘어서는 자율주행 정보의 수집 및 활용이 필요하다. 즉, 자율주행 차량의 주행 경로 상에 지형정보, 위치정보, 교통정보 등 자율주행에 필요한 정적 및 동적 정보를 구성하고 공유하는 것으로 정의되는 동적지도 정보(local dynamic map: LDM)가 필요하다. 센서 기반 자율주행 기술의 한계를 보완하기 위해 LDM 분야 연구가 일부 수행되었지만 (Blervaque et al., 2006; Horita and Schwartz, 2015; Shimada et al., 2015; Yang et al., 2017), 정보의 시공간적 활성화 구간 산정, 즉, 도로의 유형별, 차량의 속도별 정보의 시공간적 활성화 구간에 대한 연구는 매우 제한적이다. 따라서 본 연구의 목적은 우선 LDM 데이터 속성을 검토하고, 이와 관련된 LDM 연구를 분석·검토하여 LDM 관련 연구의 한계 및 시사점을 도출하며, 이를 기반으로 LDM 기반 도로·교통정보의 시공간적 활성화 구간 산정 프레임워크를 제시하고자 한다.

2. LDM 정의 및 개념

LDM이란 ITS-station에 내재되고, 지형, 위치, 상태 정보와 관련된 ITS-station 정보를 포함하는 개념적 데이터 저장소를 말하며, 실시간 도로·교통 정보에 대한 수집·저장·관리·제공과 ITS-Station간 정보 공유, C-ITS 및 자율협력주행 서비스 구현을 가능하게 하는

기술이다. LDM 데이터는 4개의 레이어(layer)로 구성되며, 영구 정적정보(permanent static data), 일시적 정적정보(transient static data), 일시적 동적정보(transient dynamic data), 완전 동적정보(highly dynamic data)로 나뉜다(Fig. 1 참조). LDM 관련 표준으로는 ETSI TR 102 863(2011), ETSI EN 302 895(2014), ISO 18750 등이 있지만 본 연구에서는 LDM 데이터 속성에 대한 정의 및 설명이 잘되어 있는 ETSI TR 102 863을 참고하였다.

ETSI TR 102 863은 ITS 표준에 근거한 LDM 가이던스를 제공하고, LDM 요소를 특정하거나 정의한다. 한편, LDM 아키텍처는 ETSI EN 302 895를 참조한다. LDM 아키텍처는 LDM 관리 시스템(LDM Management)와 데이터 저장소(Data Store)로 나뉘며(Fig. 2 참조), ITS 어플리케이션은 LDM 운영관리 시스템을 통해 자율주행 자동차가 필요한 도로·교통 정보를 전달한다. 본 연구에서는 ITS 어플리케이션을 중심으로 검토하였으며, Table 1은 ITS 어플리케이션의 데이터 속성 측면을 정리한 것이다. 이 표는 국내에서 최근 수행된 LDM 관련 연구로, 정밀전자지도 기반의 LDM 개발을 위해 LDM 개념 및 아키텍처, LDM 기능의 요구사항 등을 정의하였다(ITS-K, 2020). 연구진은 LDM 데이터 속성 및 데이터 송·수신 등에 대한 인터페이스 정의를 위해 ITS-Station 어플리케이션 정의가 우선되어야 한다고 주장했으며, LDM 데이터를 네 가지 속성으로 구분하였다(Table 1 참조).

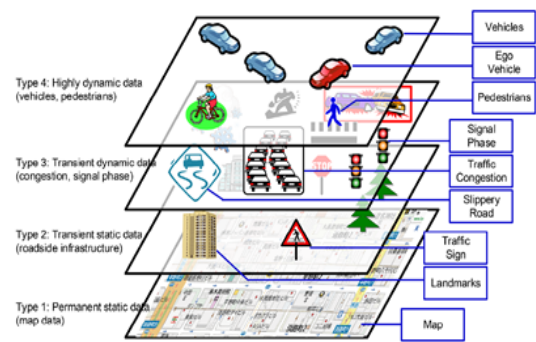


Fig. 1. Concept of the LDM Layer (Shimada et al., 2015)

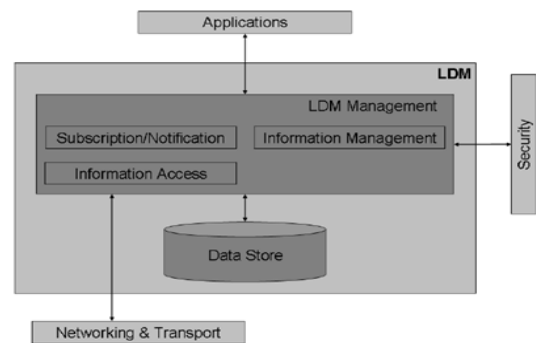


Fig. 2. LDM Architecture

Table 1. Classification by ITS Application Information Elements (ITS-K, 2020)

Type of LDM data	Category	Details
Permanent static data	Local road topography	
	Lane precise local road topography	
	Positions of permanent local point of interest (POI) and services (including public car parks)	Name, Type, Location information, Total number of parking spaces, Park & Walk or Park & Ride
	Positions of local toll collection points	Name, Location information, Direction
	Statutory speed limit descriptor	Location information, Direction, Speed
Transient static data	Traffic signals and traffic signs	Location information of signals and signs
	Positions and meaning of new signs not in the pre-loaded map data	Location information of road sign, Type, Sign parameters
	Positions of new POI and services (including public car parks)	Name, Type, Location information, Total number of parking spaces, Park & Walk or Park & Ride
	Toll charge for each collection point	
Transient dynamic data	Locations and dimensions of road works	Location information, Direction affected, Speed limitations
	Temporary speed limit descriptor, Current status of traffic signals	Location information, Direction, Speed
	Current status of traffic signals	Phase currently facing host vehicle
	Locations and dimensions of hazard (including stationary vehicle and weather conditions)	Location information of hazard
	-	Identity of lane affected, Hazard type, Propagation range of hazard report, Propagation direction of hazard report, Current status of hazard
	Temporary changes in lane or road direction restrictions	Lane identifier, Restriction type, Direction of traffic flow, Speed limitation, Location information
	Designed progression speed through linked traffic signals	Location information of linked signals, Direction of traffic flow, Progression speed
	Positions of temporary points of interest (including public car parks)	Name, Type, Location information, Total number of parking spaces, Park & Walk or Park & Ride
	Current status of all permanent and temporary local parking facilities	Open/Closed status, Number of free spaces/percentage full
	Position and meaning of temporary signs not in the preloaded map data	Location information of road sign, Type, Sign parameters
Highly dynamic data	Current speed, position and direction of all ITS Stations within range of the host	Pseudonym, Vehicle Type, Current status, Speed, Direction, Location information, Lane occupied

국내의 LDM 데이터 속성에 대한 대표적인 연구 사례를 검토한 결과, LDM 데이터는 일반적으로 4가지로 구분할 수 있으며, 레이 어별 속성 정보에 대해서는 차이가 있는 것으로 나타났다. ETSI TR 102 863의 경우, Layer 1에 해당하는 지도 정보를 간략하게 표현하였지만, ITS-K의 경우, 차선정보, 정지선정보, 노드정보, 링크정보 등 개별적으로 정의하였다. 또한 ITS-K는 노면표지정보나 교통안전표지정보, 신호등 위치정보 등이 Layer 1로 정의되어 있으나 ETSI TR 102 863은 Layer 2로 정의된 것으로 나타났다. 그러나 Layer 3, 4에 데이터 속성 정보는 비교적 유사한 것으로 나타났다.

결과적으로, LDM 관련 국내연구 및 국제표준을 검토한 결과, LDM 데이터 속성의 정의는 데이터 활용 목적에 따라 달라질 수 있다. 또한 LDM 표준은 현재에도 연구되고 있으며, 기술과 환경의 변화에 따라 지속적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

3. 선행연구 검토

LDM 데이터 속성을 정의하거나 LDM 데이터를 활용하는 방안은 다양하지만, 관련 표준이 아직 완성되지 않았으며, 특히 자율주행 차량이 이동하는 도로의 유형별 혹은 차량의 속도에 따른 시공간적

정보의 활성화 구간에 대한 연구는 충분히 검증되지 못한 상태다. 따라서 본 연구에서는 ITS 데이터의 관점에서 기존 연구를 검토하였으며 지도 데이터 변환관련 연구, 기존 LDM 데이터를 활용한 새로운 교통정보 생성 연구, LDM 데이터 활용 연구, 자율주행 실험으로 구분하여 선행연구를 정리하고자 하였다.

3.1 지도 데이터 변환

Horita and Schwartz(2015)는 자율주행을 위한 ADAS 어플리케이션의 필요 데이터 량을 낮추는 한편, 자율주행이 가능하도록 충분한 데이터 제공의 최적점을 찾기 위해 ADASIS (advanced driver assistance systems interface specification) v2 및 LDM의 개념을 확장하고자 하였다. 결과적으로 MPP (most probable path) 개념 기반 설정된 경로를 거시적 관점의 path map과 미시적 관점의 spatial map을 유동적으로 사용하는 하이브리드 형태의 데이터 모델을 구축하였다. 이를 활용하여 실험한 결과, 30 km/h 수준의 자율주행 테스트에 성공하였으며, 차선 변경 및 교차로 운행이 가능한 것으로 나타났다. 또한 링크 수가 많은 구간의 경우, 데이터 감소율이 최대 80 %까지 나타나 자율주행 환경에서의 데이터 사용량 감소 측면에 많은 이점이 있는 것으로 판단된다. Yang et al.(2017)은 LDM 데이터의 빠르고 정확한 송·수신 효율을 높이기 위해 국토정보지리원의 정밀전자지도 데이터 구조의 변환과 LDM의 자체적인 DM (dynamic map) 프로토콜을 제안하였다. 결과적으로 전방의 데이터 활성화 구간이 넓어질수록 데이터의 크기와 데이터 처리 소요시간이 증가하는 것으로 나타났으며, 이를 바탕으로, 0.2 s 기준 최대 250 m의 데이터 구간에 대한 데이터 처리 기준을 제시하였다.

3.2 교통정보 생성

Yang and Jeon(2018a)은 자율주행 환경에 높은 정확도의 위치 정보가 필요하며, 다양한 지도 정보 간의 위치정보를 교환하는 방법론 개발이 필요하다고 언급하였다. 이를 위해 지도 간 공유 데이터베이스 없이 위치정보의 교환이 가능한 동적위치참조 방법을 개발하였다. 인코딩/디코딩의 과정을 통해 오차 25 cm 미만의 정확도를 가지는 L-LRM (lane-level location referencing method) 프레임워크를 설계하였으며, 구축된 평가 틀을 활용하여 방법론을 평가하였다. 더 나아가 지도 정보뿐 아니라 도로 위 이벤트 정보에 대한 차로 수준의 위치 파악이 가능한 동적위치참조방법을 개발하였으며, 이벤트 동적정보의 활용이 가능한 디지털 도로 이벤트 관리 시스템을 개발하였다(Yang and Jeon, 2018b; Yang and Jeon, 2018c).

3.3 어플리케이션 개발

Blervaque et al.(2006)은 센서 정보 기반의 ADAS를 디지털 지도와 차량 위치 정보를 활용하여 전방 도로·교통 상황을 파악하여 그 기능을 확대하고자 하였다. 또한, ADAS 어플리케이션 지원이 가능한 지도 데이터의 표준 인터페이스를 개발하고 평가하였다. 결과적으로 지도 데이터의 ADAS 어플리케이션 접근은 가능하였으며, 통신 대역폭 요구 사항은 버스 용량 0.1 ~ 1.5 %로 나타났다. 또한 백그라운드 트래픽에 부과되는 대기시간은 최대 0.53 ms로 나타났으며, 지도-ADAS간 데이터 스트림 대기시간은 최대 1 ms로 나타났다. Shimada et al.(2015)은 C-ITS 관점에서 차량 제어 메커니즘 연구를 수행하였으며, 충돌 감지 어플리케이션 기반 LDM을 구현하고 평가하였다. 차로, 차량속도 데이터를 활용하여 정지거리 산출, 정지거리 알고리즘(stopping distance algorithm: SDA) 적용한 추돌 위험 경고(longitudinal collision risk warning: LCRW) 어플리케이션에 대한 실험을 진행하였다. LCRW 산출 주기는 100 ms, 500 ms이며, 차량정보는 50 ms마다 갱신하였다. 결과적으로 컴퓨터 성능에 따라 데이터 응답시간이 6 ~ 15 ms로 큰 시간 차이를 보였으며, 차량 대수가 증가함에 따라 LDM 내부 연산 부하가 높아지는 것으로 나타났다. 성능이 낮은 컴퓨터의 경우, 차량 정보 산출이 되지 않는 경우도 발생하는 것으로 나타났다.

3.4 자율주행 실험

Kim et al.(2017b)은 DGPS (differential global positioning system), 3D LiDAR 정보 없이 정밀도로지도 정보만 활용하여 자율주행이 가능한 시스템을 개발하였다. LiDAR, RADAR, GPS 정보와 정밀 도로지도를 비교하며 필요 데이터의 정확성을 높였으며, 자차 위치정보 및 노드·링크 정보 기반 경로를 생성하였다. 결과적으로 40 km/h 이하 속도에서 자율주행이 가능한 것으로 나타났다. Jung et al.(2021)은 고정밀 지도를 기반으로 차선정보 및 차량 주변 정보를 활용하여 자율주행 환경에 맞는 경로 정보를 생성하는 연구를 진행하였으며, 목적지까지 주행 중 경로 위에 있는 장애물 회피를 목적으로 경로 생성 알고리즘을 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 경로 생성 알고리즘의 효과를 측정하였으며, 결과적으로 경로의 길이가 늘어날수록, 장애물의 개수가 늘어날수록 연산량은 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 도출된 알고리즘은 DWA (dynamic window approach)의 한계점을 보완하며, 프레넷 좌표 경로의 장점을 어느 정도 가질 수 있는 효과적인 알고리즘으로 판단된다.

3.5 요약 및 시사점

기존 LDM 관련 연구를 검토한 결과, 연구 주제별 특징을 도출할 수 있었다. 먼저, 데이터 표준과 관련된 연구의 경우, ISO 18750,

ESTI TR 102 863, OpenDRIVE 등 다양한 표준을 비교하며, 보완점을 찾아가려는 시도가 주를 이루었다. 지도 데이터 변환과 관련된 연구에서는 지도 데이터 활용에 대한 효율성에 유의미한 연구 결과가 나타났다. 하지만 LDM layer를 중심으로 연구된 사례는 미흡하였으며, 대부분 정밀도로지도 데이터 중심의 표준 연구가 진행된 것으로 나타났다. 최근 Vehicle LDM. RSU (road side unit) LDM 데이터에 처리속도에 대한 요구사항을 제시하거나 (Roh, 2020), ISO 22726-1이 새로 표준화되고 있으며, 'Belt'와 같은 새로운 형식의 정밀도로지도가 적용되고 있는 만큼 표준 정립에 대한 다양한 연구사례가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 보인다.

다양한 LDM 데이터를 기반으로 다른 도로·교통정보를 생성하여 도로 운영에 활용하거나(Yang and Jeon, 2018a; Yang and Jeon, 2018b; Yang and Jeon, 2018c), 자율주행 자동차가 주행 중 필요한 정보(SDA, LCRW 등)를 생성하여 주행 안전성을 높이는 것이 가능한 것으로 나타났다. Joung et al.(2021)에서는 LDM 데이터 전송거리 증가 및 전송주기 감소에 관한 연구가 진행되기도 하였다. 하지만 LDM 데이터를 활용한 자율주행 실험은 매우 제한적인 데이터만을 활용하여 진행되었으며, 실험결과는 제한적으로만 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

차량 센서만 의존한 자율주행에는 한계가 존재하며, 센서로 수집하지 못하는 공간에 대한 교통상황을 대처하기 위해 더 넓은 공간에 대한 정보 수집이 필요하다. 그러나 기존 연구들의 경우, LDM 데이터 속성 정의, LDM 데이터 활용성 및 효율성 중점의 연구 등 데이터 측면에서의 연구가 주류를 이루었으며, 주행 중 활용해야 할 LDM 데이터의 시공간적 제공범위에 대한 고려는 이루어지지 않은 것으로 나타났다. 따라서 완전한 자율주행을 위해서는 LDM 데이터의 시공간적 활성화(ADAS horizon) 전략에

대한 연구가 필요하다.

4. 도로·교통정보 활성화 구간 선정 프레임워크

4.1 도로·교통정보 활성화 구간 특성

자율주행을 위해서는 수많은 자동차 및 도로 인프라 센서로부터 수집되는 빅데이터를 수집, 분석, 활용하는 것이 필요하다. 그러나 교통상황이나 도로상황, 차량 상태를 고려하지 않은 무분별한 도로·교통정보 수집은 비효율적이며 자율주행 자동차의 데이터 연산에 부하가 주어질 수 있다. 따라서 운전자가 주행 중 교통정보를 선별하여 활용하듯 자율주행 자동차도 스스로 주행에 필요한 정보를 선별하여 주행할 필요가 있다. 즉, 도로·교통정보 활성화 구간 산정을 위한 프레임워크도 동일한 방식으로 진행될 수 있으며, 정보의 활성화 산정을 위해서는 몇 가지 가정이 필요하다.

자율주행 자동차는 목적지가 정해지면 추천 경로로 주행하게 된다. 이때 자율주행 자동차의 도로·교통정보 활성화 구간은 주행 경로 상 전방도로구간에 설정되며, 도로·교통정보 활성화 구간 내 존재하는 링크에 대한 정보 수집이 가능한 것으로 가정하였다. Fig. 3은 도로·교통정보 활성화 구간 내 존재하는 링크 구간에 따라 교통정보 수집 범위를 나타낸 그림이다.

다음으로 자율주행 자동차가 경로 상 링크를 통과할 때마다 새로운 추천 경로를 탐색하는 것을 가정하였다. Fig. 3는 전방에 돌발 상황 위치 및 차량 위치에 따라 자율주행 자동차의 주행 경로 선택 상황을 보여준다. Case1의 경우 자율주행 자동차가 전방 돌발 상황에 대한 대처가 불가능한 상황이다. Case2의 경우 다행히도 목적지까지의 원활한 주행이 가능한 상황이지만 도로상황에 따라 Case3처럼 주행 경로 상에서 크게 벗어나야 할 경우가 발생하기도 한다. 반면, Fig. 4에서와 같이 전방 돌발 상황 정보를

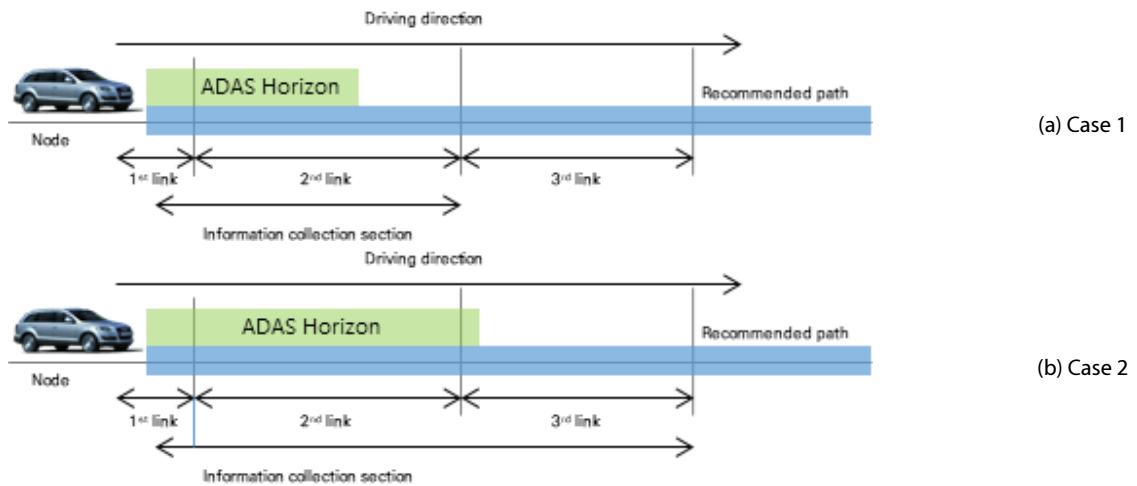


Fig. 3. Relationship Between the ADAS Horizon and Information Collection Section

미리 수집할 수 있다며, Fig. 4의 Case3과 같은 상황에서도 다른 경로 선택을 통해 안정적인 주행을 할 수 있다.

마지막으로 자율주행 환경에서 자율주행 자동차가 처리해야 할 도로·교통 정보는 방대하며, 주행에 필요한 데이터를 구별하여 수집·활용하며, 상황별로 유연하게 적용가능 해야 한다. 예를 들어, 시내부 도로의 경우, 주행하는 경로 주변에 도로 및 교차로가 밀집되어 있기 때문에, 도로·교통 정보의 양은 증가하게 된다. 그러나 차량의 속도는 고속도로 대비 상대적으로 낮기 때문에 광범위한 공간에 대한 정보를 수집할 필요는 없다. 반면, 고속도로의 경우, 완전 분리된 시설이기 때문에 분기점(junction: JC)과 나들목(interchange: IC)을 제외한 인근 도로와 교차로에 대한 정보를 수집할 필요는 없다. 그러나 차량의 속도는 상대적으로 높기 때문에 상대적으로 긴 주행 경로에 대한 정보가 미리 수집되어야 한다. 이와 같은 개념을 적용하여, 도로 상황별 도로·교통 정보 수집 구간이 유연하게 변화될 수 있는 도로·교통정보 활성화 구간 산정 프레임워크를 제안하고자 한다.

4.2 도로·교통정보 활성화 구간 산정 프레임워크 설계 방향

자율주행 자동차는 전방 돌발 상황에 대한 대처가 가능해야 하며, 주행 경로 변경 시 추천 경로에서 크게 벗어나지 않기 위해

현재 위치한 링크와 연결된 두 개 링크 구간에 대한 도로 교통 정보가 수집되어야 한다. 즉, 현재 주행 중인 링크를 제외한 전방 두 개 링크 및 이를 연결하는 두 개 노드에 대한 도로·교통 정보가 수집되어야 하며, 도로·교통정보 활성화 구간 내 노드·링크 수가 충분하지 않을 경우 도로·교통정보 활성화 구간을 점진적으로 늘려 나가는 메커니즘이 포함되어야 한다.

한편, 도로·교통정보 활성화 구간이 늘어남에 따라 자율주행 자동차가 처리해야할 데이터 크기도 늘어나게 된다. 자율주행 자동차가 실시간으로 수집되는 데이터 크기를 판단하여 활용해야할 데이터 크기를 조절할 일련의 과정이 필요하다. 주행 중 필요한 데이터의 크기를 줄이거나 우선순위가 떨어지는 데이터를 수집·활용하지 않는 방법 등을 통해 데이터의 지연성을 줄이고 주행 안정성을 높일 필요가 있다.

마지막으로 해당 시내부도로 혹은 고속국도와 같은 서로 다른 도로·교통 상황에 따라 유연한 적용이 가능하여야 하며, 이는 도로·교통정보 활성화 구간과 정보 수집이 가능한 링크들의 길이 합 정보를 통해 구분할 수 있을 것으로 판단된다. Fig. 5은 이러한 개념을 적용하여 설계해본 도로·교통정보 활성화 산정 프레임워크이며, 이러한 개념을 활용한다면, 자율주행 자동차가 목표 경로상 도로·교통정보 활성화 구간을 최적으로 설정하고 설정된 범위 내의

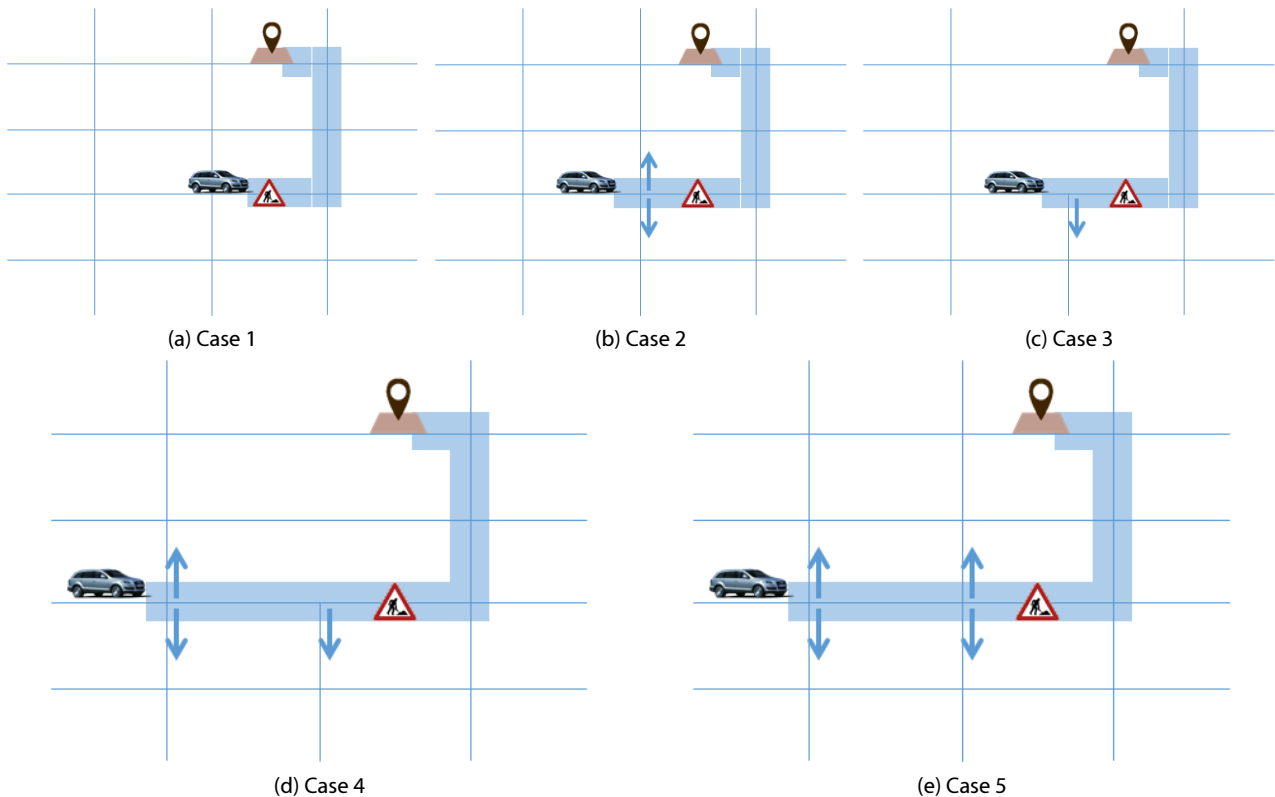


Fig. 4. Selection of a Driving Path for Each Case

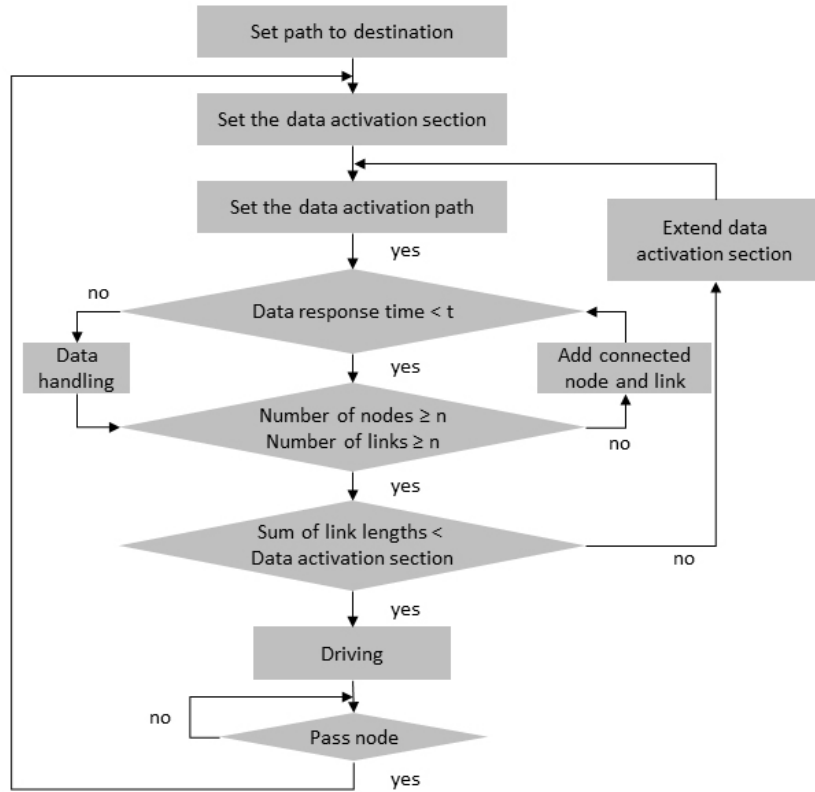


Fig. 5. Framework for Calculating Road and Traffic Information Activation Section

도로·교통 정보만을 수집함으로 데이터 송·수신 및 처리 속도 향상을 기대할 수 있다. Fig. 5에 제시된 각 단계에 대한 설명은 다음과 같다.

- ① 자율주행 자동차가 주행을 시작하면 목적지에 대한 경로 선택
- ② 초기 도로·교통정보 활성화 범위 설정
- ③ 선택된 경로 위, 활성화 범위 내 도로 데이터 정보 활성화
- ④ 활성화된 도로 데이터 정보를 처리하는데 소요되는 시간 파악 및 시간 별 활성화 데이터 크기 조절
- ⑤ 활성화 범위 내 포함되는 노드와 링크 수를 파악하고 그 수에 따라 활성화 범위 조절
- ⑥ 활성화 범위 내 노드 및 링크의 수와 데이터 크기가 적절할 경우, 해당 활성화 기준을 가지고 주행하며, 노드를 지날 때마다 프로세스 반복

5. 결론

본 연구는 자율주행 자동차가 활용해야 할 LDM 데이터와 관련 표준, LDM 데이터를 활용한 연구사례를 검토하여, 기존 연구의

한계를 진단하였다. 또한, LDM 데이터를 활용하는 자율주행 환경에서 자율주행 자동차가 처리해야 할 데이터 양을 효율적으로 고려하기 위하여 LDM 정보의 사공간적 활성화 구간에 대한 프레임워크를 제시하였다. 제시된 프레임워크는 도로의 유형별 혹은 차량의 운행 속도에 따른 LDM의 사공간적 활성화 구간을 차별화하여 효율적인 정보의 운영 전략으로 구성된 것이다.

LDM 데이터가 활용되는 자율주행 환경에서는 자율주행 자동차가 처리해야 할 데이터 량은 매우 크기 때문에 효율적인 데이터 처리는 필수불가결하다. 본 연구에서 제시된 프레임워크는 이러한 효율성에 기반을 두고 있지만, 실제 실험이나 시뮬레이션을 통한 검증이 이루어지지 않았다는 한계가 존재한다. 따라서 V2X가 가능한 도로 인프라와 자율주행 자동차를 활용한 현장실험, 혹은 교통시뮬레이터와 통신시뮬레이터를 결합한 시뮬레이션 환경에서의 실험을 통해 제시된 프레임워크의 검증이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 클라우드 소싱 기반의 디지털 도로·교통 인프라 융합 플랫폼 기술 개발 과제(21AMDP-C161924-01)의 지원을 받아 수행되었음.

References

- Blervaque, V., Mezger, K., Beuk, L. and Loewenau, J. (2006). "ADAS horizon - How digital maps can contribute to road safety." *Advanced Microsystems for Automotive Applications*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 427-436.
- ETSI EN 302 895 (2014). Intelligent transport systems (ITS); Vehicular communications; basic set of applications; Local dynamic map (LDM), European Telecommunications Standards Institute, pp. 5-9.
- ETSI TR 102 863 (2011). Intelligent transport systems (ITS); Vehicular communications; Basic set of applications; Local dynamic map (LDM); Rationale for and guidance on standardization, European Telecommunications Standards Institute, pp. 8-29.
- Horita, Y. and Schwartz, R. S. (2015). "Extended electronic horizon for automated driving." *In: Proceedings of the 2015 14th International Conference on ITS Telecommunications (ITST)*, Copenhagen, Denmark, pp. 32-36.
- Intelligent Transport Society of Korea (ITS-K) (2020). *Development of local dynamic map with high-definition digital map*, Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (in Korean).
- Joung, G. S., Jung, C. K. and Mun, C. (2021). "Distributed congestion control exploiting local congestion information for cellular vehicle-to-everything." *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, Vol. 32, No. 2, pp. 101-109 (in Korean).
- Jung, E. G., Song, W. H. and Myung, H. (2021). "High-definition map-based local path planning for dynamic and static obstacle avoidance." *Journal of Korea Robotics Society*, Vol. 16, No. 2, pp. 112-121 (in Korean).
- Kim, B. J., Kang, B. J., Park, Y. K. and Kwou, J. H. (2017a). "A study on the improvement method of precise map for cooperative automated driving based on ISO 14296." *Journal of Korea Institute of Intelligent Transport System*, Vol. 16, No. 1, pp. 131-132 (in Korean).
- Kim, B. K., Lee, C. H., Kwon, S. R., Jung, C. Y., Chun, C. H., Park, M. W. and Na, Y. C. (2017b). "A development of the autonomous driving system based on a precise digital map." *Journal of Auto-Vehicle Safety Association*, Vol. 9, No. 2, pp. 6-12 (in Korean).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2021). Available at: http://www.molit.go.kr/usr/bord0201/m_36397/DTL.jsp?mode=view&idx=24521/ (Accessed: May 27, 2021).
- Na, Y. S., Kim, S. K., Kim, Y. S., Park, J. Y., Jeong, J. M., Jo, K. C., Lee, S. J., Cho, S. J., Sunwoo, M. H. and Oh, J. M. (2020). "HD map usability verification for autonomous car." *Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers*, Vol. 28, No. 11, pp. 797-808 (in Korean).
- Roh, C. G. (2020). "Configuration and evaluation of local dynamic map platform for connected automated driving in urban roads." *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 38, No. 1, pp. 42-57 (in Korean).
- Shimada, H., Yamaguchi, A., Takada, H. and Sato, K. (2015). "Implementation and evaluation of local dynamic map in safety driving systems." *Journal of Transportation Technologies*, Vol. 5, No. 2, pp. 102-112.
- Yang, I. C. and Jeon, W. H. (2018a). "Development of lane-level location data exchange framework based on high-precision digital map." *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 19, No. 8, pp. 1617-1623 (in Korean).
- Yang, I. C. and Jeon, W. H. (2018b). "Development of lane-level dynamic location referencing method." *The Korea Institute of Intelligent Transport System*, Vol. 17, No. 5, pp. 188-199 (in Korean).
- Yang, I. C. and Jeon, W. H. (2018c). "Digital road event management system using high-precision map." *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 19, No. 11, pp. 2219-2226 (in Korean).
- Yang, I. C., Jeon, W. H. and Lee, H. M. (2017). "A study on dynamic map data provision system for automated vehicle." *The Korea Institute of Intelligent Transport System*, Vol. 16, No. 6, pp. 208-218 (in Korean).