

# 자율주행을 위한 동적지도정보 제공에 관한 연구

## A Study on Dynamic Map Data Provision System for Automated Vehicle

양인철\* · 전우훈\*\* · 이항미\*\*\*

\* 주저자 : 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원

\*\* 교신저자 : 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원

\*\*\* 공저자 : 한국건설기술연구원 도로연구소 전임연구원

Inchul Yang\* · Woo Hoon Jeon\*\* · Hyang Mi Lee\*\*\*

\* Highway and Transportation Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

\*\* Highway and Transportation Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

\*\*\* Highway and Transportation Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

† Corresponding author : Woo Hoon Jeon, cwmoon@kict.re.kr

Vol.16 No.6(2017)

December, 2017

pp.208~218

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

<https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.6.208>

2017.16.6.208

Received 14 September 2017

Revised 11 October 2017

Accepted 26 October 2017

© 2017. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

### 요약

본 연구는 기존에 정의된 LDM(Local Dynamic Map)에 동적지도 정보 제공 기능을 확장한 차량LDM(V-LDM) 기술의 설계 및 개발, 성능 검증을 목적으로 한다. 이를 위해 LDM과 동적지도 정보 제공 관련 국제표준 및 관련 기술을 참고하여 차량LDM 시스템 구성을 설계하였다. 또한 자율주행을 위한 차로 수준의 정보를 갖는 정밀전자지도의 기본 구성을 제안하였고, 차량 전방의 주행 환경 정보(정적+동적 정보) 전달을 위한 메시지인 Dynamic Map (DM) 프로토콜의 기본 구조를 정의하였다. 경부고속도로의 기본구간을 대상으로 제안된 정밀전자지도와 DM프로토콜 전달 기능의 성능을 검증한 결과, 데이터 크기와 처리 수행 시간 모두 전방거리에 선형적으로 비례함을 확인하였고, 10Hz의 갱신 주기를 갖기 위해 전방 최대 250m에 해당하는 정보를 제공하는 것을 적절한 대안으로 제시하였다.

핵심어 : 자율주행, Local Dynamic Map, 정밀전자지도, ADASIS, DM protocol

### ABSTRACT

This study aims to develop the Vehicle Local Dynamic Map (V-LDM) and demonstrate its performance for providing dynamic map data efficiently to the vehicle control module. Firstly, the concept of the in-vehicle LDM has been established and then the system has been carefully designed according to the international standards. The high-precision digital map embedded in LDM has been designed to incorporate the lane-level information of road network, and the Dynamic Map protocol (DM protocol) which is a message protocol including the road data with dynamic traffic event data has been defined. The performance test of the proposed system has been conducted in the uninterrupted road section of Kyungbu expressway, showing that both of the data size and the elapsed time to finish the process are almost linearly proportional to the length of target road. Finally, it is recommended that the length of target road for DM protocol be less than 250m.

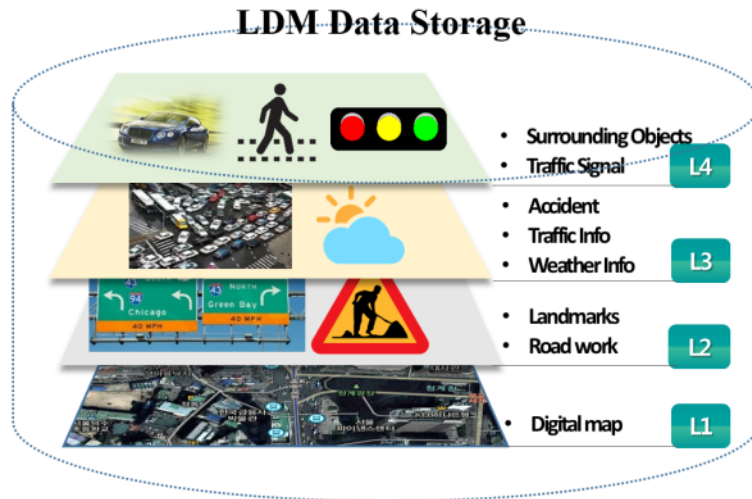
Key words : automated vehicle, local dynamic map, high-precision digital map, ADASIS, DM protocol

# I. 서 론

## 1. 개 요

자율주행차는 주행 환경 인식을 위해 카메라, 레이더, 라이다 등의 센서를 다수 탑재하고 이로부터 수집되는 많은 정보를 처리한다. 또한 통신을 통해서 대량의 데이터를 수신하고 이를 가공 및 분석함으로써 인식 환경의 시공간적 범위를 확장한다. 이때 핵심적으로 요구되는 기술이 다양한 데이터의 빠르고 정확한 처리 기술이고, 이를 위해서는 중앙 집중화된 데이터베이스와 표준화된 인터페이스 기술이 필수적이다. 유럽과 미국, 일본에서는 차량에서 처리되는 다양한 데이터의 처리 프로세스를 일원화하는 Local Dynamic Map (LDM) 기술에 대한 개념적인 표준화 작업이 완료되었고 관련된 기술 개발이 진행 중이다(ISO, 2015; ETSI, 2011).

표준에서는 주변 차량, 보행자, 도로시설물, 이벤트 등의 차량 주행 환경을 LDM객체로 정의하며, 정확도 높은 시공간 정보를 갖도록 요구한다(ISO, 2015). 이러한 LDM객체는 <Fig. 1>과 같이 네 개의 레이어로 구성된 LDM 저장소 또는 데이터베이스에 저장되어 관리된다. 1번 레이어에는 정밀전자지도(High-precision Digital Map)와 같은 영구 정적 정보를, 2번 레이어에는 도로공사정보, 랜드마크와 같은 일시적인(transient) 정적 정보를, 3번 레이어에는 교통 및 날씨, 사고와 같은 일시적인 동적 정보를, 마지막으로 4번 레이어에는 주변 차량, 보행자와 같이 동적인 정보를 관리한다. 여기서 정밀전자지도는 모든 지도 상 객체가 10~25cm 이하의 위치 오차를 가지며 도로의 경우 차로와 차선의 구분이 가능한 수준의 정확도를 갖는 지도를 의미한다.



<Fig. 1> LDM Data Storage Concept (source: Yang, 2017)

자율주행차는 센서와 통신을 통해 취득된 LDM객체 정보를 이용하여 스스로 주행을 하기 때문에 정확하고 빠르게 해당 정보가 판단 및 제어 모듈에 전달되어야 하며, 이를 위해서는 자차 주변에 존재하는 LDM객체 정보가 정밀전자지도와의 매핑 과정을 통해 동적지도(Dynamic Map)로 변환되어 자율주행차의 판단 및 제어 모듈에 제공되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 확장된 LDM 시스템, 즉, 기존 LDM에 동적지도 정보 제공 기능이 추가된 시스템을 “차량LDM”이라 정의하고, 이러한 동적지도 정보를 효율적으로 제공하기 위한 차량LDM의 설계 및 개발과 그 성능의 검증을 목적으로 한다. 이를 위해 관련 표준과 기술, 연구에 대

한 이론적 고찰을 수행하고, 차량LDM 시스템 구성의 설계, 차량LDM을 위한 정밀전자지도의 기본 구성 설계, 동적지도 정보 전달을 위한 메시지의 기본 구조를 정의하고, 마지막으로 제안된 차량LDM의 성능 검증을 수행하였다.

## II. 이론적 고찰

### 1. LDM

#### 1) 표준

LDM은 협력형 ITS 기술 개발을 위해 ITS 기지국 간에 교환되는 방대한 양의 데이터를 신속하고 정확하게 처리하기 위해 유럽에서 제안된 기술로서, 국제표준화기구(ISO)과 유럽전기통신표준협회(ETSI) 등에서 개념 표준이 제정된 상태이다(ISO, 2015; ETSI, 2011). ETSI 기술보고서 TS 102 863은 LDM에 대한 일반적인 개념에 대해 기술하였고, 이 표준을 기반으로 ISO에서 기술규격서 IS18750을 출판하였다. IS18750에는 ETSI TS 102 863에서 정의한 LDM 내용에 다중 ITS 기지국(Station)으로의 확장, 추가 인터페이스 규격 정의, LDM 확장 어플리케이션 등의 내용이 추가되었다. 참고로 ITS 기지국은 도로교통의 한 부분 또는 그에 영향을 미치는 객체로 정의되는데, 차량, 인프라(노변시설물), 교통/도로 센터, 모바일 기기 등이 이에 포함된다. 본 연구에서는 이 중 차량 ITS 기지국만을 연구 대상으로 한다.

ITS 기지국 간에는 통신을 통해 데이터를 송수신하며, 이 때 모든 데이터는 메시지(message)로 정의되어 전송된다. 미국의 경우 국제자동차기술자협회(SAE)에서 J2735(SAE, 2016)라는 이름으로 DSRC 메시지 사전을 출판하였는데, 돌발상황 정보를 전달하는 RSA(Road Side Alert) 메시지, 여행자 정보를 전달하는 TIM(Traveler Information Message) 등의 내용을 포함하고 있다. 유럽에서는 차량의 주행 기본 정보를 담아 전달하는 CAM(Cooperative Awareness Message) 메시지, 이벤트 정보를 전달하는 DEMN(Event Driven Message) 메시지 등에 대한 내용을 담아 ETSI EN 302 637 표준을 제정하였다.

#### 2) 설계 및 개발

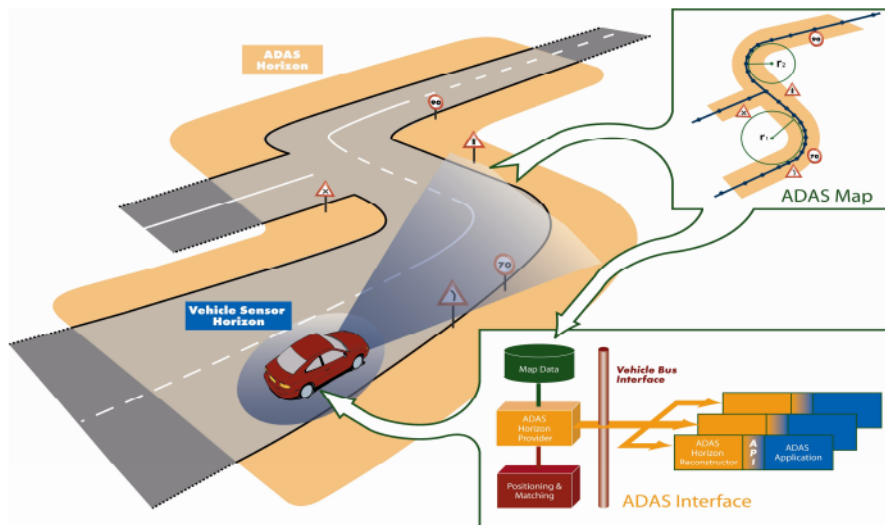
Vivo(2010)는 차량에서 구동되는 두 가지 버전(윈도우즈와 리눅스)의 LDM을 개발하고 각각 PG-LDM과 NT-LDM이라고 명명하였다. PG-LDM은 관계형 DBMS인 PostgreSQL을 기반으로 PostGIS 플러그인을 활용하여 개발되었다. NT-LDM은 안드로이드 플랫폼에 기본 탑재된 SQLite DBMS를 활용하여 개발되었으며, 전자지도 데이터는 MMF라는 물리저장포맷으로 저장되어 별도 파일로 관리된다.

Sato et al.(2012)는 LDM 내 저장되는 데이터의 특성에 따라 다른 처리 방식을 채택하였다. 센서로부터 수집되는 데이터는 스트림(Stream) 형태의 짧은 갱신 주기를 갖기 때문에 DSMS(Data Stream Management System)를 활용하여 처리하고, 그 외의 데이터는 관계형 DBMS를 활용하는 하이브리드 시스템을 개발하였다. DSMS는 모든 데이터를 컴퓨터 메모리에 저장하기 때문에 해당 정보를 필요로 하는 어플리케이션에 빠르게 제공될 수 있으며, 주로 금융시장 시스템, 통신네트워크 패킷 관리, 감시카메라 영상 데이터 처리 등에 활용된다.

Koenders et al.(2014)는 상용화된 지도 데이터 또는 소프트웨어 모듈에 독립적이고, 컴퓨팅 자원 사용을 최소화하는 동시에 공개 표준을 따르는 Open LDM을 개발하였다. Open LDM은 메모리에 상주하며 모든 작업을 처리하기 때문에 빠른 속도를 장점으로 갖는 반면 대규모 메모리 저장소를 요구하는 단점을 갖는다.

## 2. 동적지도 정보 전달

ADASIS(Advanced Driver-Assistance System Interface Specification)는 전자지도를 활용하여 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)의 기능을 향상시키기 위해 정의된 전자지도 관리 모듈과 ADAS 어플리케이션 간 통신 인터페이스로, 버전 2(ADASIS v2)까지는 내비게이션과 ADAS용 전자지도 정보를 CAN통신으로 전달하는 내용이었으나 버전 3에서는 자율주행 지원을 위해 정밀전자지도 정보를 Ethernet통신으로 전달하는 내용을 담기 위해 연구가 진행 중에 있다 (Ress et al., 2008; ADASIS Forum, 2017). <Fig. 2>에서와 같이 자차의 위치를 기준으로 주변의 지도 데이터를 나타내는 데이터 모델과 구조를 ADAS Horizon(주황색 영역)이라 정의하며, 표준화된 인터페이스를 제공함으로써 ADAS 어플리케이션이 ADAS Horizon 데이터에 접근하여 자차 및 주변 환경과 관련된 정보를 취득할 수 있도록 한다.



(Fig. 2) ADAS Horizon Overview (source: ADASIS Forum)

## 3. 시사점

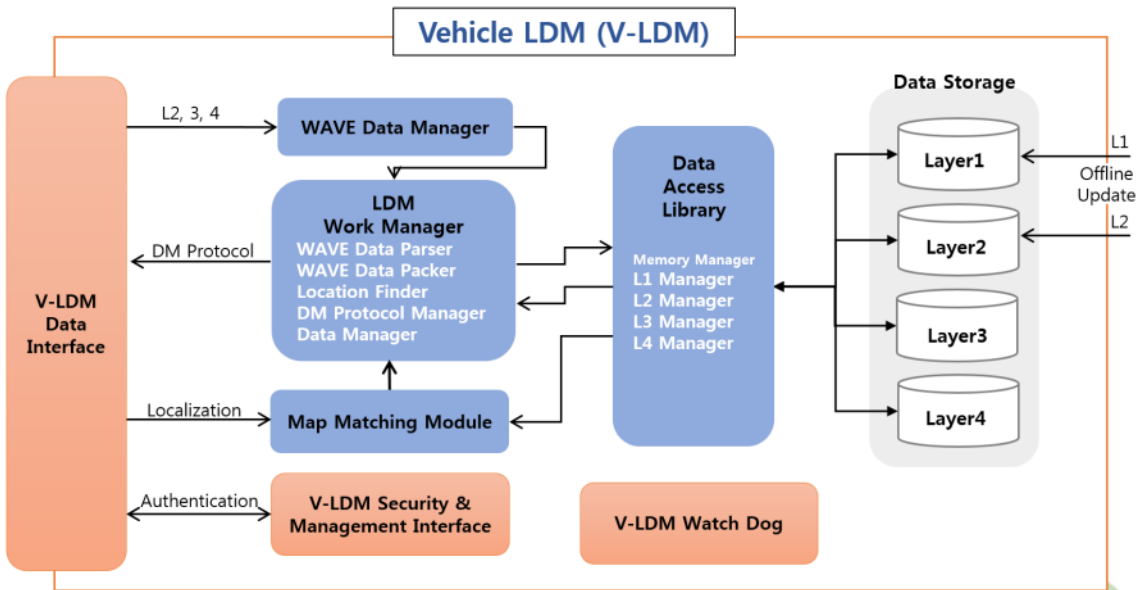
기존의 연구에서는 DBMS, DSMS 등 LDM의 데이터 저장 방식에 따른 성능 분석이 주로 수행되었으나, LDM에서 필수적으로 요구되는 정밀전자지도와 이를 기반으로 하는 동적지도 정보 전달 메시지에 대한 연구는 부족한 것으로 파악되며, 특히 차로 수준의 정밀전자지도 확장에 대한 연구가 취약한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 자율주행을 위한 효율적인 정밀전자지도 구성과 동적정보 전달 메시지 구조에 대해 설계 및 개발하고, 실제 데이터를 활용하여 그 성능을 분석한다.

## Ⅲ. 설계 및 개발

본 장에서는 자율주행을 위한 차량LDM 개념 및 설계, 개발 방법에 대해 기술하고, 차량LDM에서 활용되는 정밀전자지도의 기본 구조 설계와 이를 차량 제어 시스템에 제공하는 동적지도 정보 전달 메시지 기본 구조에 대해 기술한다.

## 1. 차량LDM

차량LDM은 물리적으로 차량 내에 위치하며, 해당 차량 주위(local)의 특정 지리적 영역 내에 존재하는 차량 또는 인프라와 관련된 위치, 지형, 시간, 상태(동적/정적) 정보를 처리한다. LDM객체와 서비스, 인터페이스의 세 가지 객체로 구성되는데, LDM객체는 도로교통망에 위치하는 객체, 즉 차량, 보행자, 톨게이트, 사고, 도로 공사, 안개 등의 현실 객체에 대한 표현으로 정의되며, 위치와 시간, 유형 정보를 반드시 포함하고 있어야 한다. LDM서비스는 LDM을 이용하는 외부 어플리케이션(ITS station application)의 등록, 해제, 철회 기능을 갖는다. 예를 들어, 자율주행차의 차로변경 제어 모듈이 LDM을 이용할 경우 LDM서비스를 이용해서 등록을 먼저 해야 하고, 등록이 정상적으로 되었을 경우 지속적으로 데이터를 수신 또는 조회할 수 있다. 마지막으로, LDM인터페이스는 LDM객체 데이터의 추가, 갱신, 삭제 뿐만 아니라 LDM서비스와 외부 어플리케이션 간의 통신 기능을 제공하며, 외부로부터의 모든 불법적인 접근을 차단하는 보안 기능을 갖는다. 이러한 개념을 기본으로 <Fig. 3>와 같이 차량LDM(Vehicle LDM, V-LDM)의 구조를 설계하였다.



<Fig. 3> Vehicle LDM Structure

차량LDM은 인터페이스(V-LDM Data Interface)를 통해 외부와의 모든 통신을 수행한다. 센터LDM으로부터 WAVE/LTE 통신을 통해 수신된 데이터는 WAVE 데이터 관리자(Data Manager)를 거쳐 LDM 작업 관리자(Work Manager)에 전달되고 디코딩 작업을 거쳐 저장소에 저장되며, 이때 저장소의 Layer1에 존재하는 정밀 전자지도와의 매핑 정보가 생성된다. 레이어1과 2에 저장되는 정보는 정밀지도와 랜드마크와 같은 정적 정보로서, 그 데이터 크기의 방대함으로 인해 통신을 통한 입력 또는 갱신 시 비용 문제가 발생할 수 있기 때문에 해당 정보의 갱신은 오프라인으로 처리하도록 하였다. 반면에 레이어2 내용 중 도로공사(Work zone)와 같이 수시로 변경되는 것과 레이어3, 4 정보는 통신을 통해 갱신하도록 하였다. 또한 인터페이스를 통한 모든 통신은 V-LDM Security 모듈로부터 인증을 받도록 하는 보안 체계를 구축하였다.

차량LDM의 가장 중요한 기능은 자차의 현 위치를 기준으로 전방의 동적지도(Dynamic Map) 정보를 차량

제어 모듈에 전달하는 것이다. 이를 위해 인터페이스를 통해 GPS와 같은 측위 모듈로부터 자차의 위치를 수신하고, 수신된 위치를 이용하여 정밀전자지도 상에서 자차의 정확한 위치를 판단한다(Map Matching Module). 그리고 현 위치를 기준으로 전방의 동적지도 정보 메시지(이하 DM프로토콜)를 생성한 후 인터페이스를 통해 차량 제어 모듈에 이를 전달한다.

마지막으로, 차량LDM 내 모든 모듈의 운영 효율성과 안정성 확보를 위한 감시 체계인 Watch Dog을 추가하였다. Watch Dog은 실시간으로 모듈 운영 상태를 점검하고 문제 발생 시 해당 모듈의 재기동 및 로그 저장 기능을 갖는다.

## 2. 정밀전자지도

차량용 내비게이션에서 활용되는 전자지도는 도로 수준에서 도로를 표현하는 반면, 정밀전자지도는 차로 수준에서 도로를 표현한다. 예를 들어, 단방향 4차로 도로를 표현할 경우 차량용 내비게이션용 전자지도는 한 개의 선(line)과 그 속성(4차로)으로 표현한다. 하지만 정밀전자지도는 도로의 중심선을 비롯해서, 모든 차로의 중심선, 차선(도로경계선 포함)과 그 속성(차로번호 등)으로 표현한다.

정밀전자지도에서는 도로와 차로를 구분하기 위해 도로의 중심선을 나타내는 링크를 도로링크(Road Link), 차로의 중심선을 차로링크(Lane Link)로 정의한다. 이러한 구분은 정밀전자지도 관련 국제표준(ISO, 2016)에서 제시한 방법과도 일치하며, 특히 도로 객체와 섹션, 요소 등을 상위개념으로, 차로중심선과 노드를 하위개념으로 하는 차로 모델링 방법론에 부합한다(Kim et al., 2017).

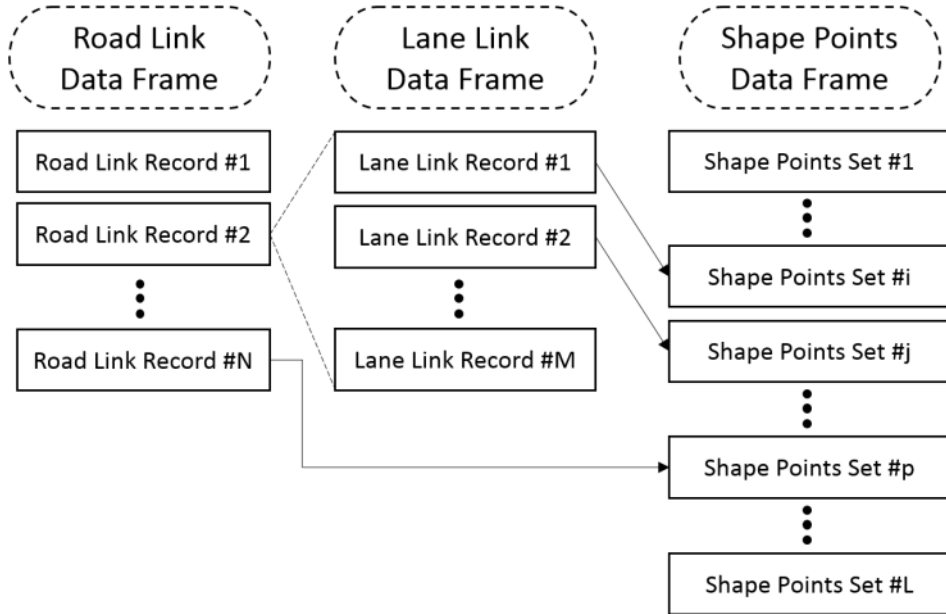
정밀전자지도는 차로의 중심선과 차선 정보를 모두 포함하기 때문에 두 가지 정보를 차로선(Lane Line)이라는 개념으로 관리한다. 즉, 차로선은 도로에 존재하는 모든 차로의 중심선과 차선, 도로 안팎의 경계선을 포함하는 개념이다. 종방향으로 서로 연결되는 차로선은 차로의 속성이 변경되는 부분에 발생하는 차로노드(Lane Node)를 이용하여 그 연결 관계를 정의하며, 차로 속성 변경은 제한 속도 변경, 차로 수 변경, 차로폭 변경 등이 있을 경우 발생한다. 그리고 차로링크는 1개 또는 2개의 차로선 정보를 갖는데, 일반적으로는 주행 방향의 좌측 차선 정보를 가지나 최우측 차로의 경우는 예외적으로 우측 차선 정보도 함께 갖는다.

도로링크는 다수의 차로링크로 구성되기 때문에 차로링크는 자신을 포함하는 도로링크의 정보를 갖는다. 즉 도로링크는 도로에 대한 정보만을, 차로링크는 차로에 대한 정보만을 저장하고, 서로 관련된 도로링크와 차로링크는 1:N의 연결관계를 갖도록 설계하였다. 이는 도로에 대한 정보를 차로별로 가질 때 발생하는 데이터 크기 증가 및 그에 따른 속도 저하를 방지하기 위함이다. 따라서 도로 번호, 등급, 유형, 휴게소, 졸음쉼터 등의 도로 정보는 도로 링크에 한 번만 저장되고, 노변 표시, 곡률, 경사 등과 같이 차로별로 고유한 속성은 차로링크에 저장된다.

정밀전자지도는 <Fig. 4>에서 볼 수 있듯이 도로링크(Road Link), 차로링크(Lane Link)와 더불어 차로선의 선형 정보를 갖는 형상점(Shape Point) 데이터 프레임으로 구성된다. 하나의 도로링크는 차로 개수에 해당하는 차로링크 데이터 레코드를 갖고, 각각의 차로링크는 개별 선형을 정보를 담고 있는 형상점 레코드와의 연결 관계를 갖는다. 물론 도로링크도 도로중심선의 선형 정보를 갖는 형상점 레코드와의 1:1 연결 관계를 갖는다. 형상점 데이터 프레임을 독립적으로 배치하고 도로링크와 차로링크 레코드에 연결정보(offset)를 두는 것은 데이터 저장소의 효율적인 사용과 데이터의 빠른 접근을 위한 목적이며, 이는 네트워크 표현 방법 중 가장 효율적인 forward star representation을 응용한 것이다(Ahuja et al., 1993).

참고로, 국내에서는 일부 도로에 대해 국토정보지리원에서 정밀전자지도를 구축하여 제공하고 있으나, 제공된 데이터가 지리 정보 교환을 위한 파일포맷인 shapefile 형태로 되어 있기 때문에 차량용 어플리케이션과

같이 빠른 속도를 필요로 하는 경우에는 적합하지 않다. 따라서 본 연구에서는 차량용 어플리케이션에 최적화된 정밀전자지도 데이터를 구축하기 위해 <Fig 4>와 같은 바이너리(binary) 파일 구조를 제안하였고, 성능 분석 시 국토정보지리원 데이터를 제안된 파일포맷으로 변환하여 사용하였다.



<Fig. 4> High-precision Digital Map Structure

### 3. 동적정보 제공 메시지 (DM프로토콜)

ADASIS v2는 차량 전방의 도로 네트워크를 ADAS Horizon으로 설정하고, 기하구조를 포함하는 도로 정보 (정적정보)와 각종 도로 상에서 발생하는 이벤트 정보, 교통 및 기상 정보 등의 동적정보를 메시지로 작성하여 전파(broadcasting)하는 방법을 정의한다(Ress, 2008). 그러나 ADASIS v2는 내비게이션과 ADAS 수준의 데이터만을 다루기 때문에 자율주행에서 요구하는 차로 수준의 데이터를 제공하지는 못한다. 이에 본 연구에서는 ADASIS v2의 기본 개념을 기반으로 이를 차로 수준의 정밀전자지도도를 수용할 수 있도록 확장한 DM(Dynamic Map)프로토콜을 제안하고 그 기본 구조 설계 방법을 제안하였다.

DM프로토콜은 차량 전방의 일정 구간의 도로 네트워크를 공간적인 범위로 하여, 정밀전자지도와 그에 매핑된 각종 동적 정보를 제공하는 메시지 규격이다. <Fig. 5>에서 볼 수 있듯이 메시지는 위치(Position)와 정적정보(Static Information), 동적정보(Dynamic Information)로 구분된다.

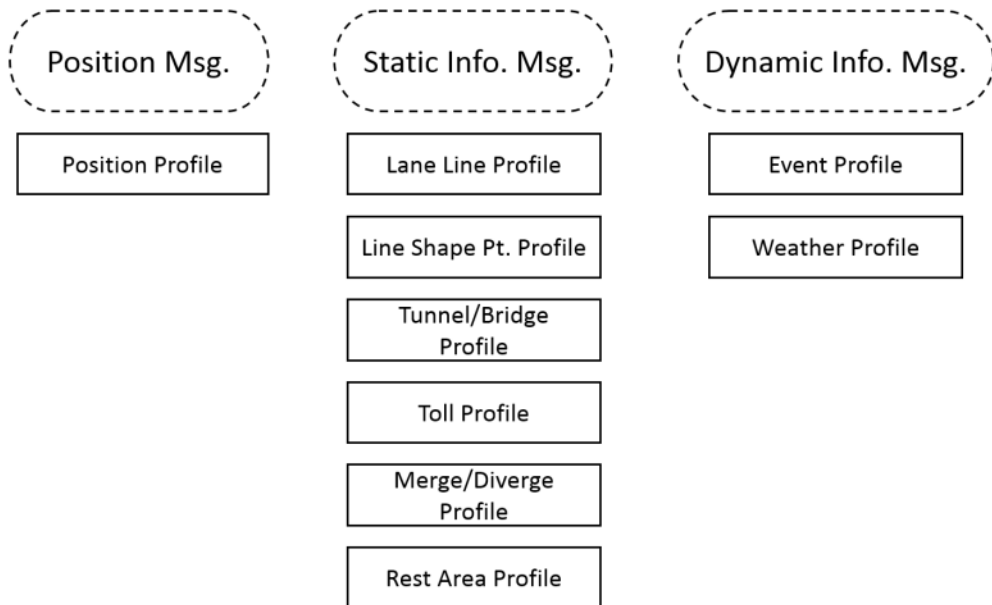
위치 메시지는 측위와 관련된 센서모듈로부터 수신된 차차의 위치와 시각, 정확도 정보의 전달을 목적으로 한다. 차량에 측위를 위한 센서모듈이 다수 개 설치되고, 각각의 센서에서 수집된 위치값과 그 정확도가 다르다. 차량LDM은 이러한 정보를 다수의 관련 모듈에 전달(Broadcasting)함으로써 수신측에서 필요한 정보를 취사선택할 수 있도록 한다.

정적정보 메시지는 정밀전자지도 정보의 전달을 목적으로 한다. 차로중심선(Lane Center Line)과 차선(Lane Marking)의 선형 정보와 차로 간의 관계 정보를 기반으로 터널, 교량, 틀게이트, 합류부, 분류부, 휴게소 등의 정보를 전달한다. 차로선(Lane Line) 프로파일은 차로 1개를 표현하며, 차로의 중심선과 좌우 차선에 대한 정

보를 갖는다. 이때 차로중심선과 차선의 선형 정보는 차선형상점(Line Shape Point) 프로파일을 통해 전달되는데, 형상점 1개당 1개의 메시지가 패킷으로 작성되어 전달된다. 차로와 그 형상점은 차로에 부여된 유일한 ID를 이용하여 그 연결 관계를 가지며, 오프셋 값을 이용하여 형상점 간 순서 관계를 정의한다.

동적정보 메시지는 도로 상에서 발생하는 돌발상황(Event)과 기상 정보의 전달을 목적으로 하며, 돌발상황 정보는 사고, 낙하물, 혼잡 등의 정보를, 기상 정보는 안개, 국지성 호우, 바람 등의 정보를 포함한다.

DM프로토콜에서 하나의 메시지는 하나의 객체에 대한 정보를 갖는 패킷 프레임으로 구성된다. 예를 들어, 위치 메시지는 현재 차량의 위치에 대한 정보, 즉 속도와 헤딩, 차로번호, 좌표 등의 정보를 포함하여 하나의 패킷으로 외부 모듈에 전송된다. 또한 전방에 터널이 존재할 경우 터널 정보가 하나의 독립된 패킷으로 외부 모듈에 전송된다. 다시 말하자면, 위치 정보와 터널 정보가 동시에 하나의 패킷으로 전송되지는 않는다. 이는 외부 모듈에서 필요한 정보만을 취사선택할 수 있도록 하기 위한 설계이다. 그렇지 않을 경우 외부 모듈에서는 쓸데없는 정보를 추가로 수신해야 하며, 이는 곧 효율성 저하로 이어지기 때문이다.



<Fig. 5> Dynamic Map (DM) Protocol Structure

#### IV. 성능 분석

본 장에서는 제안된 차량LDM의 성능 분석을 수행하였다. 차량LDM은 센서 또는 통신을 통해 수집된 LDM객체를 정밀전자지도에 중첩하여 DM프로토콜 데이터를 생성하고 이를 자율주행차의 판단 및 제어 모듈에 제공하는 역할을 수행한다. 이때 생산되는 DM프로토콜 데이터의 크기는 대상이 되는 전방도로 구간의 길이에 따라 증가하며 이를 처리하기 위한 시간 또한 증가한다. 따라서 차량LDM이 가장 효율적으로 작동할 수 있는 적정 대상 구간 길이 산정이 필요하며 이를 위해 성능 분석을 수행하였다.

대상구간의 공간적 범위는 <Fig. 6>에서 보는 바와 같이 경부고속도로이다. '0m'로 표시된 기준 지점에 현재 자차가 위치하고 있음을 가정한 후 전방 150m, 250m, 500m, 750m, 1000m에 대한 위치와 정적 정보 메시



지를 제공할 때 발생하는 데이터 크기(Data Size)와 소요되는 시간(Elapsed Time)을 관측하였다. DM프로토콜의 데이터 크기를 살펴보면 동적정보 데이터 크기는 위치와 정적정보에 비해 무시할 수 있는 수준이기 때문에 본 연구에서는 위치와 정적정보만을 테스트 대상으로 삼았으며, 모든 실험은 각각의 거리에 대해 30회 실시하고 그 평균값을 이용하였다. 또한 정밀전자지도는 국토정보지리원에서 작성된 정밀전자지도를 기반으로 변환작업을 수행하여 제작하였다. 그리고 성능 분석에 사용된 차량LDM 하드웨어는 ARM Cortex A-9 QUAD 프로세서, 2GB DDR3L SDRAM, 32G eMMC로 구성되며, 외부 PC에서 네트워크 연결을 통해 제어가 가능하다. 실험은 차량 내 환경을 모사한 실험 환경을 구축하여 수행하였는데, 측위 및 제어 모듈 역할을 수행하는 PC를 차량LDM 하드웨어에 연결하고, PC에서 차량LDM으로 위치 정보를 송신한 시각과 DM프로토콜 데이터를 수신한 시각 간의 차이를 측정함으로써 소요 시간을 관측하였다. 데이터 크기는 수신된 DM프로토콜 데이터의 크기를 관측하여 기록하였다.



(Fig. 6) Area of Interest for performance test (source: Naver map)

<Table 1> Performance test result

Distance (m)	Data Size (byte)	Elapsed Time (msec)
150	15,433	158.0
250	25,457	207.5
500	52,422	341.8
750	76,012	445.9
1000	100,251	582.5

<Table 1>은 성능 테스트 결과를 나타낸다. 전방 거리가 증가함에 따라 데이터 크기의 증가가 뚜렷하며, 선형 관계를 갖는다는 것을 확인할 수 있다. 거리와 데이터 크기 간에 선형관계가 나타난 것은 대상구간이 직선이고 기본구간이기 때문인 것으로 판단되며, 곡선구간 또는 IC/JC구간에서는 다른 결과가 발생할 것으로 기대된다. 향후 해당 구간의 정밀전자지도가 준비되면 추가 테스트가 필요하다. 소요시간도 데이터 크기와 마찬가지로 거리가 증가함에 따라 증가하며, 회귀분석을 수행한 결과 다음과 같은 선형 관계(결정계수는 99.9)를 갖는 것으로 나타났다.

$$(Elapsed Time) = 99.95 \times (Distance) + 941.39 \tag{1}$$

자율주행 전문가들에 의하면 자차 내 위치 데이터가 평균 10Hz(1초에 10회)의 주기로 생성되기 때문에

DM프로토콜 처리는 1건당 0.2초 내에 완료되어야 한다. 이러한 조건을 만족하기 위해서는 <Table 1>에서와 같이 차차 전방 최대 250m까지의 데이터를 처리하도록 시스템을 설계하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 하지만 LDM은 DM프로토콜 작업 이외에도 조회/삭제/추가 등의 작업을 수행하므로 시스템의 전산 자원 상태를 고려하여 대상 구간 길이를 동적으로 처리할 수 있는 시스템의 설계가 필요할 것으로 판단된다.

## V. 결 론

본 연구에서는 동적지도 정보의 효율적인 제공을 위해 차량LDM의 설계, LDM을 위한 정밀전자지도 설계, 동적지도 정보 전달을 위한 메시지 규격 정의, 그리고 동적지도 정보 전달 기능의 성능 검증을 수행하였다. 국제표준 활동과 개발이 활발하게 이루어지고 있는 LDM과 ADASIS 내용을 참고하여 차량LDM을 설계하였고, 정밀전자지도와 동적지도 정보 메시지의 기본 구조에 대한 방안을 제시하였다. 마지막으로 성능 분석을 통해 전방 주행 정보의 적정한 정량적 수준을 최대 250m로 제안하였다. 하지만 이 부분에 있어서는 여전히 기술적 논의가 필요한 것으로 보인다. 본 연구에서는 다수의 전문가 의견에 따라 1초에 10회 정보 제공을 만족하는 조건 하에 적정 정보 대상 구간 거리를 제시하였으나, 자율주행의 다양한 기능들, 특히 안전과 관련된 기능을 추가적으로 고려할 때도 유효한 지에 대해서는 추가적인 검증이 필요가 있다. 또한 자료의 한계로 인해 고속도로 기본구간(직선구간)에 대해서만 성능 검증을 하였으나 향후 시스템의 실용화 가능성 점검을 위해서는 연속류의 곡선 구간과 IC/JC 구간, 그리고 단속류 구간에서의 성능 검증이 필요하며, 또한 사고와 같이 본 연구에서 고려하지 못한 동적정보가 추가되었을 때 발생하는 문제점에 대한 연구도 필요하다.

## ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 국토교통부 교통물류연구사업(17TLRP-B101406-03)의 세부과제인 "정밀전자지도 기반의 동적정보 시스템(LDM) 개발" 과제의 지원에 의해 수행되었으며, 성능 분석 부분에서 도움을 주신 현대엠엔소프트 전병필 책임연구원께 감사드립니다.

## REFERENCES

- ADASIS Forum, <http://adasis.org>, 2017.09.11.
- Ahuja R. K., Magnanti T. L. and Orlin J. B.(1993), *Network Flows: Theory, Algorithms and Applications*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- ETSI(2011), *Local Dynamic Map (LDM); Rationale for and guidance on standardization*, ETSI/TR 102 863.
- ISO(2015), *Definition of a global concept for LDM*, ISO/TS 18750.
- ISO(2016), *Extension of Map Database Specifications for Application of C-ITS*, IS 14296.
- Kim B., Kang B., Park Y. and Kwon J.(2017), "A Study on the Improvement Method of Precise Map for Cooperative Automated Driving based on ISO 14296," *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 16, no. 1, pp.131-146.
- Koenders E., Oort D. and Rozema K.(2014), *An Open Local Dynamic Map*, 10<sup>th</sup> ITS European Congress, Helsinki.

- Ress, C., Balzer, D., Bracht, A., Durekovic, S., and Lowenau, J.(2008), Adasis protocol for advanced in-vehicle applications, *15<sup>th</sup> World Congress on Intelligent Transport Systems*.
- Sato, K., Shimada, H., Katsunuma, S., Yamaguchi, A., Yamada, M., Honda, Sh., and Takada, H.(2012), “Stream LDM: Local Dynamic Map (LDM) with Stream Processing Technology,” *The Science and Engineering Review of Doshisha University*, vol. 53. no. 3, p.28.
- Vivo, G.(2010), *LDM API and Usage Reference*, SAFESPOT Integrated Project.
- Yang(2017), Local Dynamic Map (LDM), KICTzine, January+February.