

## 정밀전자지도 기반의 차로 수준의 위치정보 교환 프레임워크 개발

양인철 · 전우훈\*

한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 도로관리통합센터

# Development of lane-level location data exchange framework based on high-precision digital map

Inchul Yang · Woo Hoon Jeon\*

Integraed Road Management Research Center, Dept. of Infrastructure Safety Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang-si, Gyeonggi-do, Korea

### [요 약]

최근 자율주행차와 같이 고정밀의 위치 정확도를 요구하는 기술이 개발됨에 따라 정확도가 높은 위치정보 교환 기술 또는 위치 참조방법 개발의 필요성이 대두되고 있다. 이에 본 연구는 정밀전자지도를 이용하는 차로 수준의 위치참조방법 프레임워크를 제안하고, 새로운 위치참조방법을 구현, 분석 및 평가할 수 있는 툴(tool)의 설계 및 개발을 목적으로 한다. 이를 위해 위치참조방법의 필요성과 정의, 그리고 정확도 높은 위치 정보의 교환을 위한 정밀전자지도의 기본 구조를 제안하고, 이를 기반으로 차로 수준의 위치참조방법을 위한 프레임워크를 제시하였다. 프레임워크의 실제 구현 및 테스트, 분석을 위해 필요한 분석 평가 툴을 개발하기 위해 기본 아키텍처 설계 및 그에 따른 실제 C/C++ 기반의 윈도우 응용 프로그램 개발을 수행하였다. 마지막으로 분석 평가 툴을 이용해서 이중 정밀전자지도 간의 위치 정보를 교환하는 테스트를 통해 그 실효성을 검증하였다.

### [Abstract]

It is necessary to develop a next generation location referencing method with higher accuracy as advanced technologies such as autonomous vehicles require higher accuracy of location data. Thus, we proposed a framework for a lane-level location referencing method (L-LRM) based on high-precision digital road network map, and developed a tool which is capable of analyzing and evaluating the proposed method. Firstly, the necessity and definition of location referencing method was presented, followed by the proposal of an L-LRM framework with a fundamental structure of high-precision digital road network map for the method. Secondly, an architecture of the analysis and evaluation tool was described and then the Windows application program was developed using C/C++ programming language. Finally, we demonstrated the performance of the proposed framework and the application program using two different high precision digital maps with randomly generated road event data.

색인어 : 위치참조, 이중지도, 위치기반서비스, 위치정보, 정밀전자지도

Key word : Location Reference, Different Digital Maps, Location Based Service, Location Data, High-Precision Digital Map

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2018.19.8.1617>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 10 August 2018; Revised 20 August 2018

Accepted 28 August 2018

\*Corresponding Author; Woo Hoon Jeon

Tel: +82-31-910-0170

E-mail: [cwhoon@kict.re.kr](mailto:cwhoon@kict.re.kr)

# I. 서론

차량용 내비게이션과 각종 지도 앱은 물론이고 최근에 출시되는 대부분의 웹 또는 앱 서비스는 위치 정보를 기반으로 하며, 이러한 서비스를 흔히 위치기반서비스(LBS; Location Based Service)라고 한다. 최근 각광받는 증강현실 응용 서비스 [1], [2]도 LBS의 접목을 통해 서비스의 현실성이 높아지고 있는 추세다. 이렇게 LBS의 인기가 높아진 이유는 스마트폰은 물론이고 다양한 모바일 기기에 장착되는 GPS(Global Positioning System)와 함께 전자지도에 대한 접근이 용이해졌기 때문이다.

LBS가 보편화되면서 많은 경우 서비스 간 위치정보의 교환 필요성이 대두되고 있으나 서비스를 이용하는 기기 간 전자지도가 상이할 경우 정보의 정확한 전달이 어려운 실정이다. 전자지도가 동일할 경우 객체의 고유 식별자(ID; Unique Identification), 노드 또는 링크 ID, 좌표 등을 이용해서 쉽게 위치를 공유할 수 있다. 예를 들어 도로의 공사 구간(work zone) 정보를 공유할 때 해당 도로의 링크 ID와 시작, 끝 지점의 좌표 정보만으로도 해당 위치를 적절하게 교환할 수 있다. 하지만 전자지도가 상이한 경우 이렇게 간단한 방법으로는 어려움이 많다. 왜냐하면 동일한 도로에 대해 지도 버전 또는 제작업체에 따라 링크 ID, 또는 링크의 모양, 링크의 길이 등이 서로 다르기 때문이다. 이러한 이유로 이종(異種) 전자지도를 갖는 기기 간 위치정보 교환을 빠르고 정확하게 처리할 수 있는 위치참조방법(LRM; Location Referencing Method)의 개발이 요구되어 왔으며, 유럽을 비롯한 미국, 일본 등에서는 1990년대부터 지속적으로 연구를 진행해 왔다[3]-[9].

더욱이 최근에는 자율주행차와 같이 고정밀의 위치 정확도를 요구하는 기술이 개발됨에 따라 정확도가 높은 위치참조방법 개발의 필요성이 대두되고 있다. 기존의 도로교통분야에서 개발된 위치참조방법은 대상 객체가 어느 도로에 위치하는지를 특정할 수 있는 정확도 수준을 갖는다. 이를 도로 수준의 위치참조방법(R-LRM; Road-level Location Referencing Method)이라고 하며, 이러한 방법을 이용하는 서비스의 경우 교통사고나 포트홀(Pothole), 낙하물 등의 도로 이벤트 위치를 도로 수준에서 공유하면 충분하다. 하지만 자율주행차의 구현을 위해서는 차로 수준의 위치참조방법(L-LRM; Lane-level Location Referencing Method)이 필요하다. 이제는 어느 도로인지 뿐만 아니라 해당 도로의 몇 차로에서 도로 이벤트가 발생했는지의 정보가 공유되어야 하는 것이다. 이에 본 연구는 기존의 전자지도보다 정확도가 높은 정밀전자지도를 이용하는 차로 수준의 위치참조방법 프레임워크를 제안하고, 새로운 위치참조방법을 구현, 분석 및 평가할 수 있는 툴(tool)의 설계 및 개발을 목적으로 한다.

1) 본 연구에서 “차로 수준”이라는 용어는 이벤트의 위치를 차로 단위로 정보 제공이 가능함을 의미하며, 정량적으로는 25cm 이하의 위치 오차를 의미한다.

# II. 위치참조방법 프레임워크

## 2-1 위치참조방법

### 1) 이종(異種) 전자지도

앞서 서론에서 이종 전자지도를 갖는 기기 간에 위치정보의 교환 문제로 인해 위치참조방법이 필요하다고 언급하였다. 그렇다면 현실에서 이러한 이종 전자지도가 왜 발생하는지 살펴보기로 하자. 본 연구에서는 그 원인을 세 가지로 구분하였다. 첫 번째는 지도 제작 목적의 차이, 두 번째는 제작 업체의 차이, 그리고 마지막은 지도 버전의 차이이다.

현실 세계의 건물과 도로, 하천 등을 디지털화하여 표현한 지도를 전자지도라 한다. 그렇기 때문에 누구에 의해 어떤 방법으로 만들어지더라도 전자지도는 같아야 한다고 생각하기 쉽지만 현실은 그렇지 않다. 전자지도는 생성 목적에 따라 내용과 표현 방식이 천차만별이다. 독자들의 이해를 돕기 위해 주변에서 쉽게 찾아볼 수 있는 전자지도 중 도로소통정보지도와 차량용 내비게이션 전자지도를 비교해 보자. 두 개 전자지도 모두 도로교통에 관련된 정보의 제공이라는 동일한 목적성을 공유하지만, 세부적인 목적에 있어서는 확연한 차이를 보인다. 전자지는 주요 도로의 소통정보를 간략하고 명확하게 표현하는 것을 목적으로 하는 반면, 후자는 보다 자세하고 정확한 도로와 주변 건물, 그리고 경로 정보의 제공을 목적으로 한다. 따라서 그림 1과 같이 전자지는 실제 도로의 선형과는 무관하게 단순화한 전자지도이고, 후자는 세부적인 내용을 사실적으로 표현한 전자지도이다.



그림 1. 도로소통정보지도와 차량용 내비게이션 지도  
Fig. 1. Traffic Map vs. Car Navigation Map

두 번째, 전자지도 제작 업체는 다양한 소스로부터 수집된 정보를 기반으로 자체적으로 지도를 구축하는 사양(specification)에 따라 전자지도를 만들기 때문에 서로 다른 전

자지도가 만들어진다. 예를 들어 동일한 100m 도로 구간에 대해서도 어떤 전자지도는 한 개의 링크로, 다른 전자지도는 두 개의 링크로 표현한다. 또한, 어떤 전자지도는 기하구조(geometry)를 표현하기 위해 10개의 점을 이용하고 다른 전자지도는 20개의 점을 이용한다.

마지막으로 동일 업체에서 동일한 목적에 따라 제작한 전자지도라 하더라도 이를 이용하는 모든 기기(device)가 동일한 버전의 지도를 이용하는 것은 아니기 때문에 이로 인한 이중 전자지도의 발생도 상당하다.

**2) 위치참조방법**

앞 절에서 언급한 바와 같이 전자지도가 상이한 현상은 다양한 원인으로 인해 필연적으로 발생한다. 따라서 이러한 현상을 인정할 때 이중 전자지도를 갖는 기기 간의 위치정보를 교환할 수 있는 방법의 개발이 필요하며, 이를 위해 개발된 방법을 위치참조방법(LRM)이라고 한다[8], [9].

위치참조방법은 그림 2에서 보는 바와 같이 송신자(transmitter/sender)가 교환의 대상이 되는 이벤트의 위치 정보를 확인하고 이를 전자지도를 이용해서 인코딩(encoding)하여 송신하면, 수신자(receiver)는 수신된 데이터를 전자지도를 이용해서 디코딩(decoding)하고 이벤트를 지도 상에 표현하는 방법을 말한다. 물론 수신자와 송신자는 서로 다른 전자지도를 보유한다. 또한 여기서 언급된 인코딩과 디코딩은 이벤트의 위치 정보를 디지털화하는데 필요한 규칙이며, 위치참조방법은 이러한 인코딩/디코딩 방법에 따라 두 가지로 구분된다. 첫 번째 방법은 모든 서비스 기기에 공유되는 데이터베이스를 이용해서 인코딩/디코딩을 하는 방법으로, 정적위치참조라고 부른다. 그리고 두 번째는 공유 데이터베이스 없이 위치 정보를 정해진 코딩 계획에 따라 인코딩/디코딩하여 보내는 방법으로, 동적위치참조라고 부른다[10].

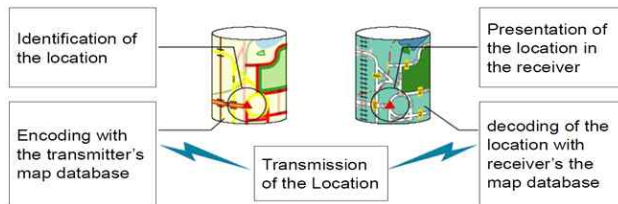


그림 2. 위치참조 개념 (Source: [11])  
Fig. 2. Concept of location referencing method

**2-2 정밀전자지도**

2) 국토교통부에서 도로소통정보 공유를 위해 유지 및 관리하는 표준ITS노드링크 방법이 정적위치참조에 해당한다.

차량용 내비게이션에서 활용되는 전자지도는 도로 수준에서 도로를 표현하는 반면, 정밀전자지도는 차로 수준에서 도로를 표현한다. 예를 들어, 단방향 4차로 도로를 표현할 경우 차량용 내비게이션 전자지도는 한 개의 선(line)으로 표현하는 반면, 정밀전자지도는 도로의 중심선을 비롯해서, 모든 차로의 중심선과 차선(lane mark)으로 표현한다. 따라서 정밀전자지도에서는 도로(road)와 차로(lane)를 구분하기 위해 도로의 중심선을 나타내는 링크를 도로링크, 차로의 중심선을 차로링크로 분류하여 정의하고 있다[12]. 또한 일반적으로 정밀전자지도 내 위치 데이터의 오차는 25cm 이하까지 허용하고 있는데, 일부 업체에서는 10cm 이하의 오차율을 기준으로 지도를 제작하기도 한다.

위치참조방법은 전자지도의 도로망(Road Network) 데이터를 사용하기 때문에 도로망에 대한 개념 모형이 필요하다. 이는 도로망 데이터의 최소요구사항 만족을 위한 구조를 설명하는 것으로, 본 연구에서 제안하는 차로 수준의 위치참조방법 프레임워크에서는 그림 3과 같은 UML<sup>3)</sup> 클래스 다이어그램을 제안하였다.

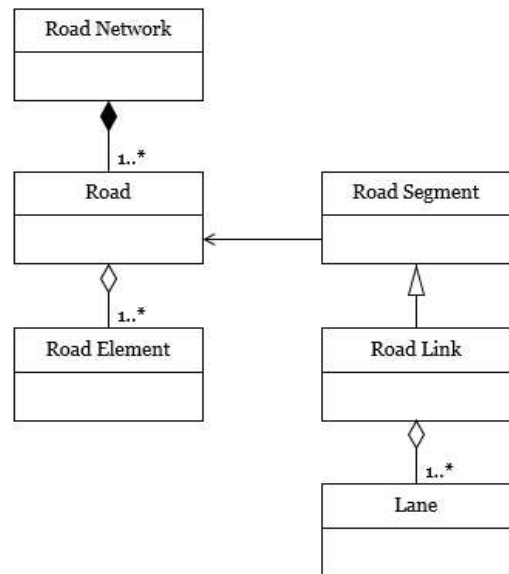


그림 3. 정밀전자도로망지도의 클래스 다이어그램  
Fig. 3. Class diagram for high-precision digital road network map

그림 3에서 볼 수 있듯이 도로망(Road Network)은 도로(Road)로 구성된다<sup>4)</sup>. 또한 도로는 여러 개의 도로구간(Road

3) UML(Unified Modeling Language)는 소프트웨어 공학에서 사용되는 표준화된 범용 모델링 언어로, 소프트웨어 프로그램 설계를 위해 개발되었다.

4) 도로망과 도로는 UML의 합성(Composition) 관계를 갖는데, 이는 도로가 없는 도로망은 존재하지 않는 것을 의미한다.

Segment)을 갖는데, 도로구간은 도로의 일부분을 나타내는 개념으로, 시작과 끝점을 갖는다.

도로링크(Road Link)는 도로구간을 상속(inheritance)하여 만들어진 객체이다. 여기서 상속이란 상위 객체의 속성을 하위 객체의 속성이 그대로 이어받는 것을 의미하며, 상위 객체인 도로구간이 갖는 도로명, 차로 개수 등의 속성을 하위 객체인 도로링크가 그대로 이어받음을 의미한다. 도로링크는 도로구간보다 물리적으로 짧게 정의되는데, 주로 교차로와 교차로 사이의 도로를 도로링크로 정의한다.

도로링크는 차로(Lane)의 집합을 속성으로 갖는다. 즉, 하나의 도로링크는 적어도 한 개 이상의 차로를 갖는다. 또한 도로는 도로요소의 집합(aggregation)을 속성으로 갖는다. 즉, 하나의 도로는 적어도 한 개 이상의 도로요소를 갖는다. 그리고 도로요소는 도로를 특징짓는 방법으로 사용되며, 이는 도로명, 도로번호 등을 포함한다.

**2-3 차로 수준의 위치참조방법 프레임워크**

AGORA-C[9]와 OpenLR<sup>5)</sup>과 같은 기존의 도로 수준의 위치참조방법(R-LRM)은 수 미터(meter)의 위치 오차를 갖는 도로 수준의 정확도로 위치를 참조한다. 이를 최대 25cm의 위치 오차를 갖도록 개선하는 차로 수준의 위치참조방법(L-LRM)의 프레임워크는 그림 4와 같다.

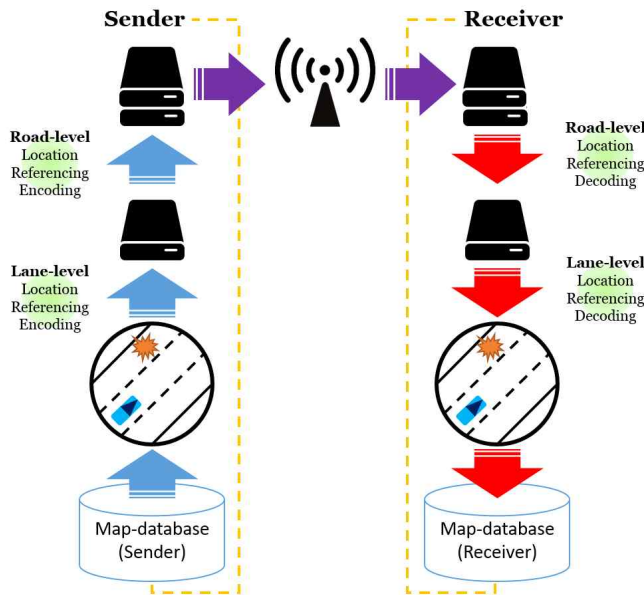


그림 4. 차로 수준의 위치참조방법 프레임워크  
 Fig. 4. Lane-level Location Referencing Method Framework

본 프레임워크에는 앞 절에서 설명한 도로망 개념 모형을 만

족하는 정밀전자지도가 사용된다. 송신자(Sender)와 수신자(Receiver)는 모두 정밀전자지도 갖고 있지만 구축 사양과 내용, 또는 버전이 다른, 즉 이중 정밀전자지도이다. 송신자는 정밀전자지도에 매핑된 이벤트의 위치와 속성 정보를 이용해서 차로 수준의 인코딩을 먼저 수행한다. 이때 인코딩을 위해서는 추가적인 절대 위치를 갖고 실시간으로 위치 정보가 갱신되는 참조시설물(Reference facility)이 이용되는데, 이는 지진과 같은 지각변동을 야기하는 이벤트로부터의 영향을 최소화하기 위한 방법이다. 즉, 지각변동으로 도로의 시설물이 수 cm에서 수 m 이동하더라도 참조시설물의 새로운 위치만 갱신함으로써 다양한 도로 이벤트의 위치를 차로 수준으로 참조할 수 있게 된다.

위치참조방법은 정확한 위치를 전달하는 것도 중요하지만, 쉽고 빠르게 정보를 전달하는 능력도 매우 중요하다. 따라서 최소의 정보를 이용함으로써 전달되는 데이터의 크기가 작아야 한다. 또한 인코딩 또는 디코딩 규칙이 지나치게 복잡하면 해당 프로세스에 소요되는 시간이 길어지기 때문에 좋은 위치참조 방법이라고 할 수 없다. 따라서 되도록 단순한 규칙을 이용하도록 해야 한다.

차로 수준의 인코딩이 완료되면 도로 수준의 인코딩을 수행하는데, 이는 새롭게 개발할 필요없이 기존 방법 중에 하나를 이용하면 된다. 이렇게 최종적으로 인코딩된 데이터를 수신자에게 전달하면 송신자의 역할은 종료된다.

수신자는 송신자 측 프로세스를 역으로 적용하여 위치 정보를 지도에 매핑한다. 먼저 도로 수준의 디코딩을 수행하여 해당하는 도로를 찾고, 차로 수준의 디코딩을 통해 해당하는 차로를 찾는다. 그리고 이를 정밀전자지도에 매핑함으로써 이벤트의 정확한 위치를 찾는다.

**III. L-LRM 분석 평가 틀 설계**

본 장에서는 앞서 제안된 L-LRM 프레임워크를 분석 평가하는 틀(tool)의 개발에 대해 기술한다. L-LRM의 인코딩/디코딩 알고리즘은 다양한 접근 방법을 통해 개발이 되기 때문에 많은 위치 데이터를 이용해서 테스트와 결과 분석을 수행하는 분석 평가 틀이 필수적이다.

L-LRM 분석 평가 틀의 아키텍처는 그림 5와 같다. 먼저 위치참조방법은 이중 전자지도 간의 위치 정보 교환이 목적이기 때문에 이중 전자지도 데이터베이스를 읽고 이를 화면에 그리려는 뷰어 기능이 필요하다. 그림에서와 같이 Map DAL(Data Access Library)은 두 개의 서로 다른 정밀전자지도 데이터베이스(HP Map A, HP Map B)를 읽는 기능을 갖고, 뷰어(Map Viewer)는 읽어들이는 정보를 이용해서 화면에서 표출하는 기능을 갖는다. 뷰어는 일반적인 지도 표출 프로그램이 갖는 Zoom In/Out과 Panning 기능, 그리고 특정 객체의 선택과 속성 확인 기능을 갖는다. 이에 더불어 두 개의 뷰어 간 위치 동기화(Location Synchronization) 기능을 추가하여 하나의 뷰어에서

5) <http://www.openlr.org>

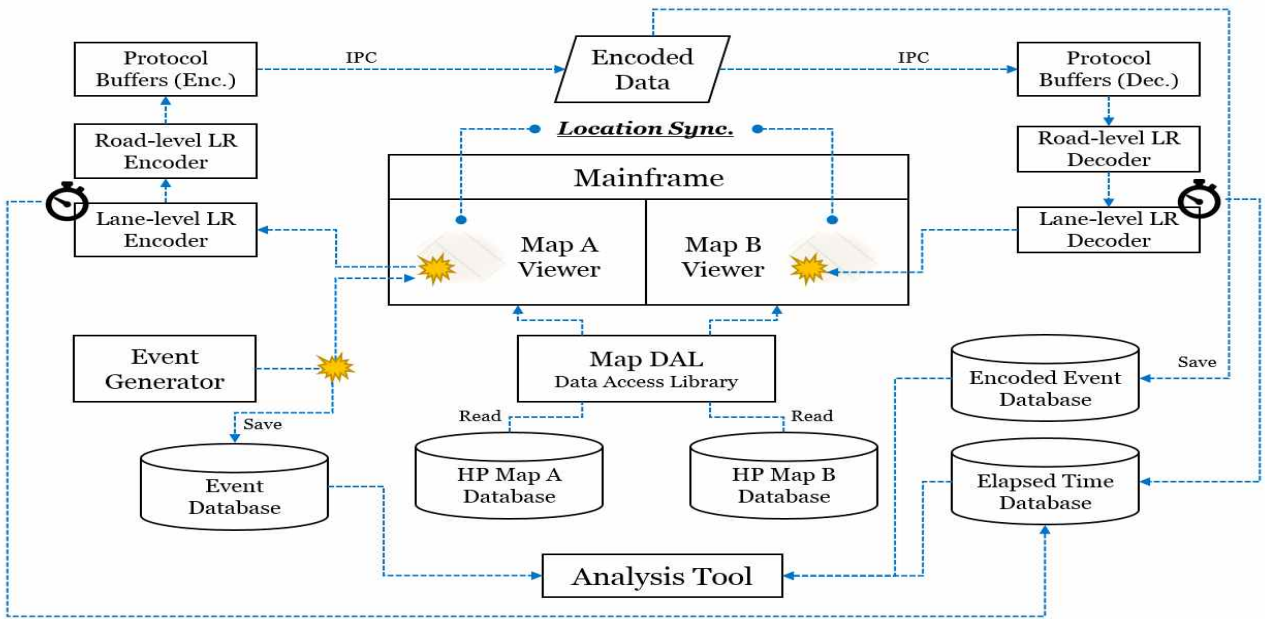


그림 5. 차로 수준의 위치참조방법(L-LRM) 분석 평가 툴의 아키텍처  
 Fig. 5. An architecture of an analysis and evaluation tool for lane-level location referencing methods

Zoom 또는 Panning을 했을 때 다른 뷰어에서도 동일하게 동작이 되도록 하였다.

다음으로 위치 정보 테스트를 위한 임의 이벤트 발생기(Event Generator)를 추가하였다. 이벤트 발생기는 도로 내 또는 도로 주변에 점, 선, 면으로 구성된 임의의 이벤트를 발생하는데, 발생되는 건수는 연구자가 설정할 수 있도록 하였다. 그리고 발생된 이벤트 정보는 이벤트 데이터베이스(Event Database)에 저장되어, 추후 특정 이벤트에 대한 결과 분석 시 활용할 수 있도록 하였다.

이벤트 발생기에 의해 원하는 개수만큼의 이벤트가 발생되면 개별 이벤트에 대해 인코딩 절차가 수행된다. 앞 장에서 설명한 바와 같이 먼저 차로 수준의 인코딩(Lane-level LR Encoder)이 수행되고, 다음으로 도로 수준의 인코딩(Road-level LR Encoder)이 수행된다. 그리고 프로토콜 버퍼(Protocol Buffers)를 이용해서 인코딩된 데이터를 직렬화(Serialization)<sup>6)</sup>한 후 이를 수신자 쪽으로 전송하도록 하였다. 이때 전송된 데이터는 별도의 데이터베이스(Encoded Event Database)에 저장하여 추후 데이터의 크기를 분석할 수 있도록 하였다.

수신자는 수신된 데이터를 다시 송신 프로세스를 역으로 하는 방법으로 위치 데이터화 한다. 먼저 프로토콜 버퍼를 이용해서 직렬화된 데이터를 구조화하고, 도로 수준의 디코딩(Road-level LR Decoder)과 차로 수준의 디코딩(Lane-level LR

Decoder)을 차례로 수행하여 이벤트의 위치 정보와 속성을 추출한 후, 마지막으로 추출된 정보를 지도 상에 표출한다.

위치참조방법은 정확한 위치 전달 뿐만 아니라 빠르게 정보를 교환할 수 있어야 한다. 따라서 인코딩/디코딩 알고리즘의 성능을 분석할 필요가 있으며, 성능 평가를 위해 주로 사용되는 인덱스가 소요 시간(Elapsed Time)이기 때문에 차로 수준의 인코딩/디코딩을 수행하는 모듈에는 타이머 기능을 추가하고, 매번 해당 데이터를 처리하는데 소요되는 시간을 소요 시간 데이터베이스(Elapsed Time Database)에 저장하도록 하였다.

마지막으로 저장된 이벤트 정보와 소요시간, 인코딩된 이벤트 정보 데이터베이스를 이용해서 그 결과를 검토하고 분석할 수 있는 툴(Analysis Tool)을 추가하였다. 이는 표 형태의 원도우 화면으로 구성되는데, 하나의 행(row)이 하나의 이벤트 정보를 나타내도록 하였다. 이때 이벤트 정보는 이벤트 유형(점, 선, 면), 첫 번째 좌표, 참조시설물 정보, 인코딩/디코딩 소요 시간 등을 포함함으로써 알고리즘의 성능을 분석하기에 적합하도록 설계하였다.

#### IV. L-LRM 분석 평가 툴 개발 및 분석

본 장에서는 제안된 차로 수준의 위치참조방법 분석 평가 툴을 실제로 개발한 결과와 임의의 이벤트 데이터를 이용해서 인코딩/디코딩 알고리즘의 성능을 분석한 결과에 대해 기술한다.

그림 6은 C/C++을 이용해서 윈도우 플랫폼에서 운영 가능하도록 개발한 차로 수준의 위치참조방법 분석 툴을 보여준다. 이는 아키텍처에 따라 두 개의 정밀전자지도를 표출하는 두 개의

6) 직렬화는 컴퓨터 과학의 데이터 스토리지 문맥에서 데이터 구조나 오브젝트 상태를 동일하거나 다른 컴퓨터 환경에 저장(이를테면 파일이나 메모리 버퍼에서, 또는 네트워크 연결 링크 간 전송)하고 나중에 재구성할 수 있는 포맷으로 변환하는 과정이다. (출처: <https://ko.wikipedia.org/wiki>)

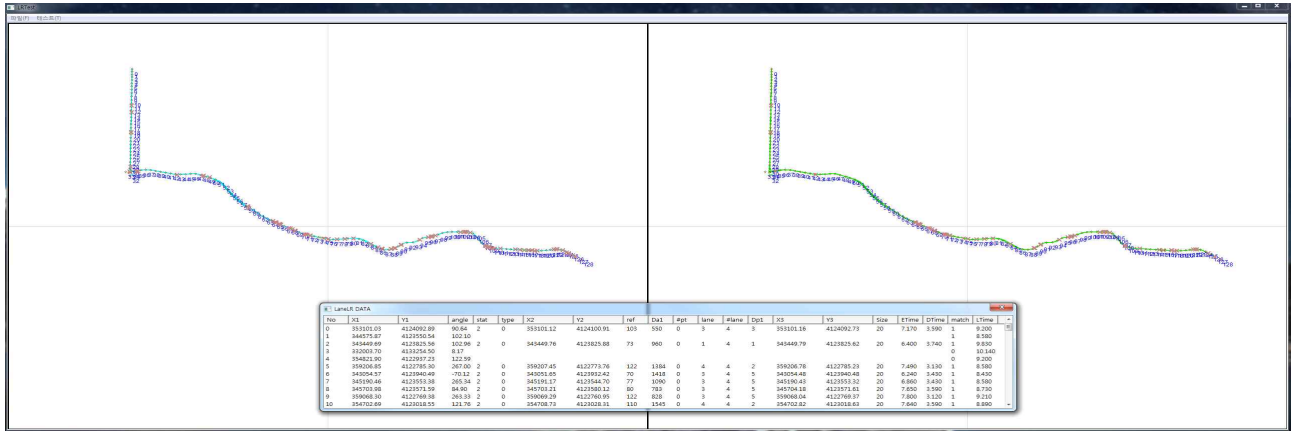


그림 6. 차로 수준의 위치참조방법(L-LRM) 분석 평가 툴  
 Fig. 6. The proposed analysis and evaluation tool for lane-level location referencing methods

뷰어를 갖고, 뷰어는 정밀전자도도망지도의 노드와 링크, 참조 시설물, 그리고 이벤트 정보를 표출한다. 그림의 가운데 아래쪽에 위치한 별도의 윈도우가 분석 툴(Analysis Tool)인데, 10개의 임의의 이벤트 정보를 보여주고 있다. 분석 툴에 표출되는 주요 정보는 표 1과 같다.

정밀전자지도의 경우 경부고속도로(서울요금소 ~ 신갈JC)와 영동고속도로(신갈JC ~ 호법JC)의 일부 구간을 대상으로 구축된 것으로, 좌측의 지도와 우측의 지도가 서로 다른 사양과 업체를 통해 구축이 되었다. 참조시설물로는 국내 모든 도로에 설치되어 있는 거리표(Kilo-post)를 이용하였는데, 고속도로에는 200m마다 거리표가 설치되어 있고 각 표지는 진행 방향의 최종목적지와 남은 거리를 표시하고 있다.

좌표 기반의 아주 단순한 인코딩/디코딩 알고리즘을 이용해서 테스트를 수행하였다. 그림 7은 덕평IC 부근의 도로를 보여주고 있는데, IC 연결로가 좌측 지도에는 있고, 우측에는 없는 것을 확인할 수 있으며, 이로 인해 4번 이벤트의 디코딩이 실패한 사례를 보여주고 있다. 4번 이벤트는 영동고속도로 강릉방향 덕평IC 진출로 부근에서 발생한 이벤트인데, 우측 지도에는 해당하는 도로가 없기 때문에 실패가 발생한 것이고, 이렇게 실패가 발생할 경우 분석 툴에서는 데이터 크기, 소요시간 등의 정보가 표출되지 않는다.

표 1. 분석 툴의 주요 표출 정보

Table 1. Information list of the analysis tool

Col. Name	Description
X1, Y1	Coordinates of the first point
stat	Status (Success(1) or fail(2))
type	Object type (Point(0), Line(1), Area(2))
X2, Y2	Projected coordinates
ref	Reference facility index
lane/#lane	Lane number/Total lane count
Size	Encoded event data size
ETime	Elapsed time for encoding
DTime	Elapsed time for decoding

V. 결론

본 연구에서는 자율주행과 같이 정확도가 높은 위치 정보를 요구하는 미래 기술에서 반드시 요구되는 차로 수준의 위치참조방법 프레임워크를 제안하고, 이를 분석 및 평가할 수 있는 툴의 설계 및 개발, 분석을 수행하였다. 이를 위해 먼저 위치참

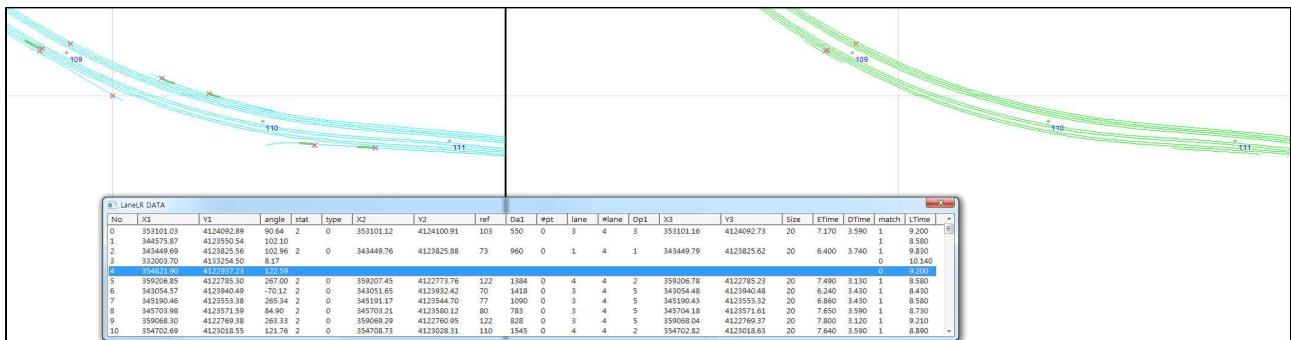


그림 7. 정밀전자지도 간 차이점과 위치참조방법 성공/실패 사례  
 Fig. 7. Examples of the differences between HP maps and the success/failure of the encoding/decoding algorithm

조방법의 필요성과 정의를 제시하고, 정확도 높은 위치 정보의 교환을 위한 정밀전자지도의 기본 구조를 제안했다. 그리고 차로 수준의 위치정보 교환 방법을 위한 프레임워크를 제안하였는데, 이는 기존의 도로 수준의 위치참조방법을 기반으로 차로 수준의 정보를 추가로 고려할 수 있도록 설계되었다. 프레임워크의 실제 구현 및 테스트, 분석을 위해 요구되는 분석 평가 틀의 개발을 위해 기본 아키텍처를 제안하고, 그에 따라 실제로 C/C++ 기반의 윈도우 응용 프로그램을 개발하였다. 마지막으로 분석 평가 틀을 이용해서 이중 정밀전자지도 간의 위치 정보를 교환하는 테스트를 통해 그 실효성을 검증하였다.

빠르고 정확도 높은 차로 수준의 위치참조방법은 차세대 위치기반서비스를 위해 반드시 필요한 기술이고, 정밀전자지도의 구축이 걸음마 단계인 지금이 그 개발에 있어서 최적의 시기라고 할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 중요 기술의 개발을 위한 기반이라고 할 수 있는 프레임워크 설계와 분석 평가 틀 개발을 수행하였다. 하지만 위치참조방법에 있어서 가장 중요한 것은 인코딩/디코딩 알고리즘이라고 할 수 있다. 따라서 향후 진행되는 연구에서는 다양한 접근법을 고려한 최적의 인코딩/디코딩 알고리즘의 개발이 필요하다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부 교통물류연구사업(18TLRP-B101406-04)의 세부과제인 "정밀전자지도 기반의 동적정보 시스템(LDM) 개발" 과제의 지원에 의해 수행되었으며, 틀의 설계 및 개발 부분에서 많은 도움을 주신 웨이즈원 김재희 이사님께 감사드립니다.

## 참고문헌

[1] Won, J.S, Choi, S.H. (2017), "The effects of AR(Augmented Reality) Contents on User's Learning; A Case Study of Car Manual Using Digital Contents," *Journal of Digital Contents Society*, Vol.18, No.1, pp.17-23.

[2] Lee, S.H. (2017) "Contruccion Management System using Mobile Augmented Reality," *Journal of Digital Contents Society*, Vol.18, No.5, pp.977-982.

[3] Vonderohe, A., Chou, C. L., Sun, F., & Adams, T. (1997), "A generic data model for linear referencing systems," *Research Results Digest 218*, National Cooperative Highway Research Program. Transportation Research Board.

[4] Pandazis, J.-C. (1999), Final Report. Version 2.0, EVIDENCE Consortium, Brussels, Belgium, July 7.

[5] Duckeck, R., V. Hiestermann, H. Milton, M. Sena, and K. Wevers. (1998), "Rules for Defining and Referencing an

Intersection Location (ILOC): Detailed Location Referencing (DLR) for ITS Based on ILOCs," Final Report (Version 1.0). European Road-Transport Telematics Implementation and Coordination Organisation Committee on Location Referencing, Brussels, Belgium, April 15.

[6] Koncz, N., & Adams, T. M. (2002), "A data model for multi-dimensional transportation location referencing systems," *URISA journal*, Vol. 14, No. 2, pp.27-41.

[7] Wevers, K., & Hendriks, T. (2006). "AGORA-C map-based location referencing," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 1972, pp.115-122.

[8] Schneebauer, C., & Wartenberg, M. (2007), "On-the-fly location referencing methods for establishing traffic information services," *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 22, no. 2, pp.14-21.

[9] Hiestermann, V. (2008), "Map-independent location matching certified by the AGORA-C standard," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 16, no. 3, pp.307-319.

[10] ISO. (2015), Intelligent transport systems (ITS) - Location referencing for geographic databases - Part 1: General requirements and conceptual model, International Standard.

[11] Pfeiffer, H-W. (2010), "ISO 17572 Geo-Referencing Standard and AGORA-C Patent Pool," Robert Bosch Car Multimedia GmbH 2010.

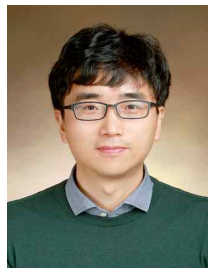
[12] Yang, I., Jeon, W. H., Lee, H. M. (2017), "A Study on Dynamic Map Data Provision System for Automated Vehicle," *Journal of Korea Institute of Intelligent Transport System*, Vol. 16, No.6, pp.208-218.

### 양인철(Inchul Yang)



1998년: 연세대학교 도시공학 학사  
 2000년: 연세대학교 도시공학석사  
 2011년: Ph.D. in Civil Engineering at Univ. of California, Irvine  
 현 재: 한국건설기술연구원 수석연구원

### 전우훈(Woo Hoon Jeon)



1999년: 한양대학교 교통공학 학사  
 2001년: 한양대학교 교통공학 석사  
 2016년: 서울대학교 도시계획학 박사  
 현 재: 한국건설기술연구원 수석연구원