



정밀전자지도를 활용한 디지털 도로 이벤트 관리 시스템

양인철·전우훈*

한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 도로관리통합센터

Digital road event management system using high-precision 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]

자율주행 시스템은 정확도 높은 자료를 바탕으로 기계가 직접 차량 제어를 수행함으로써 효율적이고 안전한 모빌리티 제공을 목표로 한다. 이를 위해서는 차량에 탑재된 센서의 고도화뿐만 아니라 통신을 통해 수집되는 자료의 고정밀화가 필수적이기 때문에 도로 이벤트 위치 정보를 보다 정확하게 작성하고 관리할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 도로에서 발생하는 다양한 도로 이벤트 정보를 차로 수준의 정확도로 입력하고 관리할 수 있는 시스템인 정밀전자지도를 이용한 디지털 도로 이벤트 관리 시스템(DREMS)을 개발하였다. DREMS의 개발을 위해 먼저 기존 문헌을 고찰하고 시스템의 요구사항을 분석한 후, 그에 따른 시스템 아키텍처 설계 및 사용자 환경 설계를 수행하였다. 그리고 세부 기능 설계를 통해 실제 시스템 소프트웨어 프로그램 시작품을 구현하였다. 텍스트 기반의 도로 공사 정보를 DREMS를 이용하여 디지털 도로 이벤트 정보로 생성하는 시스템 수행 검증을 수행한 결과, 이벤트 정보가 차로 수준으로 정확하게 생성되는 것을 확인할 수 있었다.

[Abstract]

A self-driving system aims to provide efficient and safe mobility to passengers by directly controlling the driving system based on the comprehensive data collected by its own sensors as well as by communication devices, which are utilized to receive data from other ITS (Intelligent Transport System) stations such as traffic management center. So it is imperative to create and manage more accurate location data of road events, and thus we developed a digital road event management system (DREMS) which is able to manage more accurate location information of various kinds of road events on the road using a high-precision digital map. Firstly system requirements are analyzed through literature review and expert interview based on which the system architecture and user interface were carefully designed, followed by developing the prototype of DREMS. The system working test was conducted to create the digital road event data of a road work zone showing that the lane-level accurate data was created.

색인어 : 디지털 도로 이벤트, 정밀전자지도, 정보 교환, 자율주행, C-ITS

Key word : Digital road event, High-precision map, Data Exchange, Self-driving vehicle, Cooperative ITS

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2018.19.11.2219>



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 October 2018; Revised 30 October 2018

Accepted 05 November 2018

*Corresponding Author; Woo Hoon Jeon

Tel: +82-31-910-0170

E-mail: cwmoon@kict.re.kr

I. 서론

도로에서는 수시로 이벤트가 발생한다. 사고, 고장차량, 공사, 폭우 또는 폭설과 같은 악기상, 행사와 집회 등의 이벤트는 일시적으로 도로의 전체 또는 부분에 대한 폐쇄를 야기하여 도로의 용량(capacity)을 감소시키고 극심한 교통 혼잡뿐만 아니라 교통안전에 심각한 영향을 미친다. 따라서 도로 이벤트의 신속한 검지와 정보 관리, 효율적인 후속 처리는 도로의 운영 관리 측면에서 매우 중요하다.

도로 이벤트의 신속한 검지는 교통 혼잡을 완화하고 교통안전을 향상하는데 있어서 매우 중요한 요소이다. 예를 들어 도로에 포트홀(pothole)이 발생하면 이를 빠른 시간 내에 검지하고 처리함으로써 이로 인한 교통 혼잡을 미연에 방지하고 더 나아가 잠재된 사고를 막을 수 있다. [1], [2], [3]과 같이 스마트폰 어플리케이션을 활용하여 이러한 목표를 달성하기 위한 연구개발이 진행 중이며, 영상이미지, GPS(Global Positioning System), GSM(Global System for Mobile Communications)과 같은 통신 기술 등을 이용한 사고 자동 감지 기술에 대한 연구개발도 활발하게 진행되고 있다[4], [5].

도로 이벤트는 검지되는 것에 머물지 않고 이를 필요로 하는 도로 이용자 또는 관리자에게 신속하게 전달되어야 한다. 즉, 이벤트 정보가 구조화 및 표준화되어 단거리/장거리 통신 기술을 활용하여 필요한 곳으로 전송되는 정보 교환 작업이 이루어져야 한다. 이를 위해 국토교통부에서는 센터 간 교통정보 교환 기술기준[6], 센터와 단말기간 교통정보 교환 기술기준[7], 무선통신기술을 이용한 교통정보 수집 및 제공 기술기준[8]을 마련하고 ITS(Intelligent Transport System) 기반의 도로 이벤트 정보 제공을 다양한 채널로 제공하고 있다.

그러나 이러한 노력은 기존의 인간이 운전하는 차량을 위한 것으로, 향후 미래 교통수단인 자율주행차의 요구사항을 충족하기엔 많이 부족하다. 최근 자율주행차와 C-ITS(Cooperative ITS) 기술 개발을 위해 요구되는 정보 교환 기술에 대한 다양한 연구개발이 진행되고 있으나[9], [10], 이는 자율주행에서 요구하는 정확도 수준에 적합한 도로 이벤트 정보가 이미 있음을 가정한 기술이다.

자율주행차는 기계가 모든 상황을 인지하고 판단하며 차량을 제어하는 구조이기 때문에 모든 수집되고 처리되는 정보에 대해 매우 높은 정확도를 요구한다. 차량이 센서를 이용하여 주변의 주행환경 정보를 스스로 인지할 뿐만 아니라 센서 인지 범위 밖에 존재하는 정보를 외부 통신을 통해 수집한다. 모든 정보는 일반적으로 차로의 구분이 가능한 수 cm 이내의 오차를 갖는 위치 정확도를 요구한다. 하지만 기존의 도로 이벤트 검지 기술은 인간 운전자를 대상으로 하기 때문에 수집되는 정보에 대해 도로 수준의 수 m 오차를 허용한다. 이는 앞으로 다가올 미래 교통수단에 적합하지 않음을 의미한다.

이에 본 연구에서는 정밀전자지도를 이용한 디지털 도로 이벤트 관리 시스템(DREMS, Digital Road Event Management

System)을 개발한다. 이는 도로에서 발생하는 다양한 도로 이벤트 정보를 차로 수준의 정확도로 입력하고 관리할 수 있는 시스템으로, 향후 자율주행 서비스에 활용이 가능하다. DREMS의 개발을 위해 먼저 시스템의 요구사항을 분석하고, 그에 따른 시스템 아키텍처 설계 및 사용자 환경 설계를 수행한다. 그리고 실제 시스템 소프트웨어 프로그램의 구축을 위해 세부 기능을 설계하고 프로그램 시작품을 개발한 후 시스템 수행 성능을 검증한다.

II. 시스템 개발

2-1 디지털 도로 이벤트 (Digital Road Event)

[6]에 따르면 도로 이벤트는 총 9개의 정보로 분류되는데, 이는 교통소통정보, 교통통제정보, 돌발상황발생정보, 돌발상황정보, 도로상태정보, 기상정보, 도로관리정보, 프로브정보, 차량검지정보이다. 이러한 정보는 세부 항목으로 구조화되어 디지털 도로 이벤트(DRE)로 저장 및 관리, 제공된다.

교통소통정보는 도로의 교통소통상황을 나타내는 지표로, 속도, 교통량, 밀도, 통행시간, 대기길이, 점유율의 세부항목으로 구성된다.

교통통제정보는 교통의 통제 상황을 나타내는 지표로, 위치, 통제 유형, 대상, 시간으로 구성된다. 통제 유형으로는 대규모 집회, 스포츠 행사, 페스티벌, 국민 방문, 단기/장기 공사, 도로 유지보수 등이 있다.

돌발상황발생정보는 센터로 제보되거나 구조요청을 통해 접수된 돌발상황의 위치 및 발생시기정보를 나타내는 지표로, 위치와 시각, 사상자수, 피해정도로 구성되고, 돌발상황정보는 돌발상황의 처리 상태를 각 센터 및 수집, 제공단에 제공하는 정보로, 관리기관, 상황 유형, 대상유형, 조치상태, 갱신상태로 구성된다. 이 중 돌발상황유형은 차량 관련 사고, 기상 관련 유고, 고장차량, 차량 화재, 낙하물, 위험물질 유출, 지진, 산사태, 홍수, 태풍, 불법 시위, 교통량 증가 등으로 세분하여 관리한다.

도로상태는 도로의 기상조건 및 돌발상황에 따른 도로의 상태 정보를 나타내며, 노면상태, 이용가능여부, 강우 또는 강설 수위, 표면온도로 구성된다. 노면상태를 나타내는 표현은 습윤, 빙판, 눈, 자갈, 기름, 잔해, 포장 파손, 화학물질 유출 등이 가능하다.

기상정보는 일반적인 기상상황을 나타내는 기상정보로, 기온, 날씨, 확률, 가시거리, 풍속, 풍향, 습도, 기압, 일출 및 일몰 시간으로 구성된다.

도로관리정보는 도로의 유지관리를 위한 기본 정보로, 위치, 관찰구역, 도로유형, 도로명, 길이, 포장유형, 운영조건, 중앙분리형태, 차선수, 노면폭으로 구성된다.

그리고 프로브 정보는 프로브 차량(Probe vehicle)을 이용하여 수집되는 기본교통정보로, 차량종류, 검지시간, 통행시간, 검지위치로 구성된다.

마지막으로 차량검지정보는 루프검지기 또는 AVI(Automatic Vehicle Identification)와 같은 검지기를 통해 수집된 기본교통정보를 나타내며, 검지위치를 제외한 나머지 구성은 교통소통정보와 동일하다.

국토교통부의 기본교통정보 교환 기술기준은 기존의 인간 운전자에 대한 도로 이벤트 정보 제공을 목적으로 제정되었기 때문에 정보의 정확도 수준이 매우 낮다. 하나의 예로 돌발상황의 위치를 나타내기 위해 표준ITS노드링크 체계와 영항 구간의 시작점과 끝점의 거리표지(distance label)를 이용하고 있다. 이는 교환되는 데이터가 수집 체계에서부터 도로 수준으로 관리되고 있기 때문이다. [9]와 같이 차로 수준의 교환 방식에 대한 연구가 진행되더라도 교환의 대상이 되는 데이터가 부재한 현 상황에서는 무용지물이라 할 수 있다. 따라서 차로 수준의 정확도를 갖는 디지털 도로 이벤트 정보를 관리할 수 있는 시스템의 연구가 요구된다.

2-2 시스템 요구사항

도로 이벤트는 도로 위에서 발생하며 이는 곧 모든 이벤트가 위치 정보를 가진다는 것을 의미한다. 교통정보 교환을 위해 표준ITS노드링크와 같은 지도가 필요한 이유도 이러한 사실 때문이다. 따라서 자율주행을 위한 디지털 도로 이벤트 관리시스템(DREMS)도 위치 정보를 위한 지도가 요구되며, 필요한 정확도 수준을 고려할 때 정밀전자지도를 활용하는 것이 바람직하다. 또한 다양한 지리적 형태도 고려될 필요가 있으며, 시간에 따라 변경되는 도로 이벤트의 속성도 반영할 수 있어야 한다.

이와 같은 전반적인 검토 내용과 전문가 의견을 바탕으로 다음과 같이 5 가지의 요구사항을 도출하였다.

- ① 높은 위치 정확도: 자율주행을 위한 디지털 도로 이벤트

의 위치 정보는 차로 수준으로 정밀하게 구분이 가능해야 한다.

- ② 다양한 지리적 형태 수용: 디지털 도로 이벤트는 점(point), 선(line), 면(area)의 형태를 가질 수 있다.
- ③ 시간 의존성(Time dependency): 도로 이벤트 중에는 시간에 따라 동적으로 변경되는 유형이 존재한다. 따라서 이러한 시간 의존적인 도로 이벤트 정보를 처리할 수 있어야 한다.
- ④ 정보의 가독성(Readability): 디지털 도로 이벤트 정보는 인간이 쉽게 이해할 수 있도록 텍스트 기반으로 저장되어야 한다.
- ⑤ 다중 관리: 다양한 도로 이벤트를 동시에 관리할 수 있어야 한다.

2-3 아키텍처

본 절에서는 시스템 요구사항에서 도출된 내용을 기반으로 시스템의 아키텍처를 설계하였다(그림 1). 시스템은 6개의 툴과 1개의 데이터베이스로 구성된다.

1) 주화면 툴(Main Display Tool)

첫 번째 툴은 지도와 이벤트 정보를 표출하는 주화면 툴(Main display tool)이다. DREMS의 주기능은 지도를 활용하여 도로 이벤트를 관리하는 것이고, 이를 위해 요구되는 다양한 지도를 중첩하여 툴을 구성한다.

주화면 툴은 총 5개의 레이어로 구성된다. 가장 하단에는 전자지도 레이어(Web Map Layer)가 위치한다. 전자지도는 주변에서 흔히 볼 수 있는 웹 기반의 전자지도로, 원하는 위치(도로 이벤트가 발생한 위치)로의 이동을 지원한다. 또한 시스템의

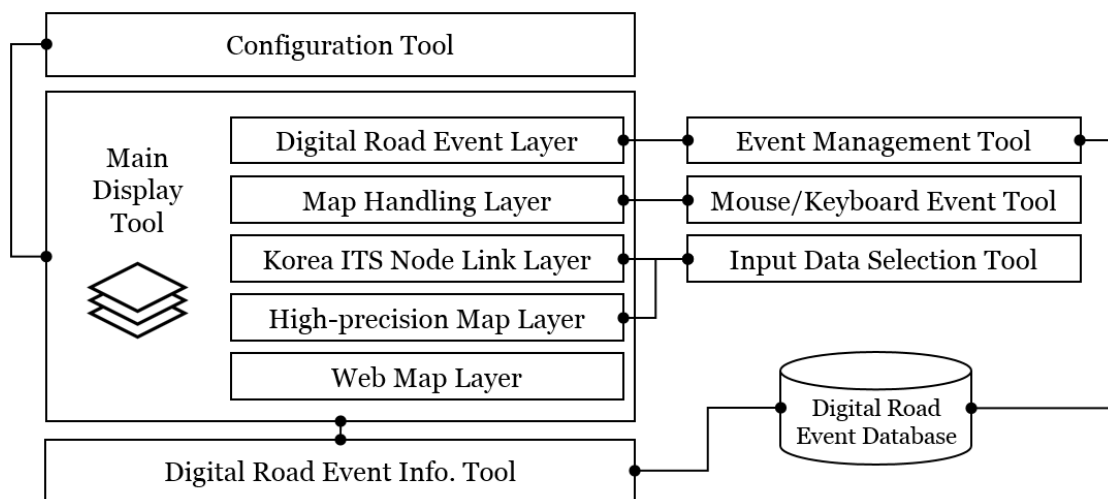


그림 1. 디지털 도로 이벤트 관리 시스템 아키텍처
 Fig. 1. The architecture of digital road events management system

내부적으로 표준화되어 사용되는 좌표체계를 관리하는 기능을 갖는다. 여기서 좌표체계 관리의 정밀전자지도, 표준ITS노드링크, 디지털 도로 이벤트 등이 다양한 좌표체계를 사용할 경우 서로 간의 좌표 변환 기능을 포함한다.

전자지도 레이어 위에는 정밀전자지도 레이어(High-precision Map Layer)가 위치한다. 정밀전자지도 레이어의 역할은 높은 위치 정확도를 확보하는 것으로, 여기서 사용되는 정밀전자지도의 위치 정확도는 25cm 이하이어야 한다. 정밀전자지도를 이용한 위치 결정은 종적 위치(Longitudinal location) 결정과 횡적 위치(Lateral location) 결정으로 구분된다. 정밀전자지도에 표현된 도로의 기하구조를 이용하여 종적 위치를 결정하는데, 이 때 주변의 POI(Point of Interest) 또는 랜드마크, 거리표지(Kilo-post), GPS 좌표 등을 함께 이용할 수 있다. 또한 정밀전자지도의 차로중심선을 이용하여 횡적 위치를 결정한다.

정밀전자지도 레이어 위에는 표준ITS노드링크 지도 레이어(Korea ITS Node Link Layer)가 위치한다. 이는 도로 수준의 위치 검색을 위한 목적으로, [6]에서와 같이 표준ITS 노드 또는 링크 아이디를 이용해서 도로 이벤트가 발생한 도로의 위치로 손쉽게 이동하기 위해 설치된다.

다음으로 지도 핸들링을 위한 레이어(Map Handling Layer)가 존재하는데, 이는 지도의 이동(Panning), 확대(Zoom in), 축소(Zoom out)를 위한 레이어이다. 마우스와 키보드 이벤트를 처리하고 그에 따른 적절한 동작을 수행한다.

마지막으로 디지털 도로 이벤트 레이어(Digital Road Event Layer)가 위치한다. 이는 도로 이벤트를 입력하고 조회하기 위한 레이어로, 이벤트 관리 툴(Event Management Tool)을 통해 내용이 처리된다.

2) 디지털 도로 이벤트 정보 툴 (DREIT, Digital Road Event Information Tool)

디지털 도로 이벤트 정보 툴은 정보를 텍스트 기반으로 표출하는 툴이다. 디지털 도로 이벤트 정보의 생성일, 갱신일, 유형, 도로 관련 정보 등을 표출하고, 새로운 정보의 생성, 기존 정보의 갱신 또는 삭제, 정보 저장, 불러오기 등의 기능을 갖는다. 요구사항에서 도출된 다중 관리 기능을 만족하기 위해 리스트 또는 트리 형태의 표출 구조가 적합하다.

DREIT은 디지털 도로 이벤트 데이터베이스와 연계가 되어 정보의 조회, 저장, 갱신이 가능해야 하고, 주화면 툴과의 연계를 통해 해당 이벤트의 위치로 이동하거나 이벤트를 강조하는 기능을 제공한다.

3) 이벤트 관리 툴 (Event Management Tool)

이벤트 관리 툴은 새로운 디지털 도로 이벤트 정보를 생성하는 기능을 갖는다. 주화면 툴의 디지털 도로 이벤트 레이어와의 연계를 통해 이벤트의 지리적 형태를 작성하고 이벤트 기간, 관

련 도로 정보 등의 자료를 입력할 수 있다. 또한 디지털 도로 이벤트 데이터베이스와 연계되어 자료를 생성 또는 갱신하는 기능을 갖는다.

4) 마우스/키보드 이벤트 툴 (Mouse/Keyboard Event Tool)

마우스/키보드 이벤트 툴은 주화면 툴의 지도 핸들링 레이어와 연계되어, 운영체제에서 전달되는 각종 마우스와 키보드의 이벤트 메시지를 처리하는 기능을 담당한다.

5) 입력 데이터 선택 툴 (Input Data Selection Tool)

입력 데이터 선택 툴은 정밀전자지도와 표준ITS노드링크 지도, 그리고 디지털 도로 이벤트 데이터베이스를 선택하는 기능을 제공한다.

6) 설정 툴(Configuration Tool)

설정 툴은 시스템 소프트웨어 프로그램 운영을 위해 요구되는 다양한 설정(configuration)을 수행하는 도구이다.

2-4 사용자 환경 설계

본 절에서는 아키텍처를 기반으로 DREMS의 사용자 환경을 설계하였다(그림 2). DREMS는 일반적인 윈도우즈 응용프로그램의 형태를 갖도록 설계되었다. 최상단에 메뉴바가 위치하고, 그 아래에 주화면 창을 두었다. 주화면 창은 웹 기반의 전자지도 표출을 포함한 다양한 지도 기능을 제공한다.

주화면 창 아래에는 디지털 도로 이벤트의 리스트 뷰어부(DRE List)와 이를 관리하는 버튼부(DRE List Operation)를 위치시켰다. DRE List는 사용자의 선호에 따라 주화면 창을 기준으로 좌/우/상/하로 이동할 수 있도록 구성하는 것도 가능하다.

DREMS는 3개의 대화상자(D-Box, Dialog Box)를 제공한다. 첫 번째는 각종 파라미터를 설정할 수 있는 설정 대화상자

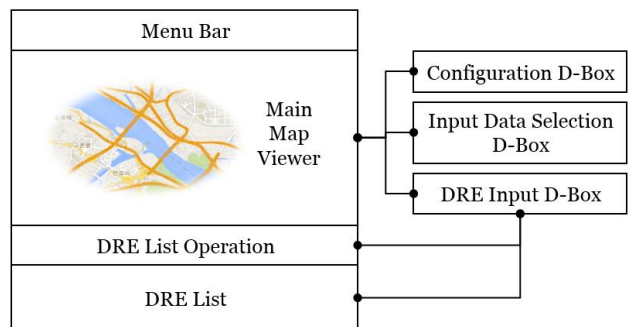


그림 2. 디지털 도로 이벤트 관리 시스템 사용자 환경 설계
 Fig. 2. The user interface of digital road events management system

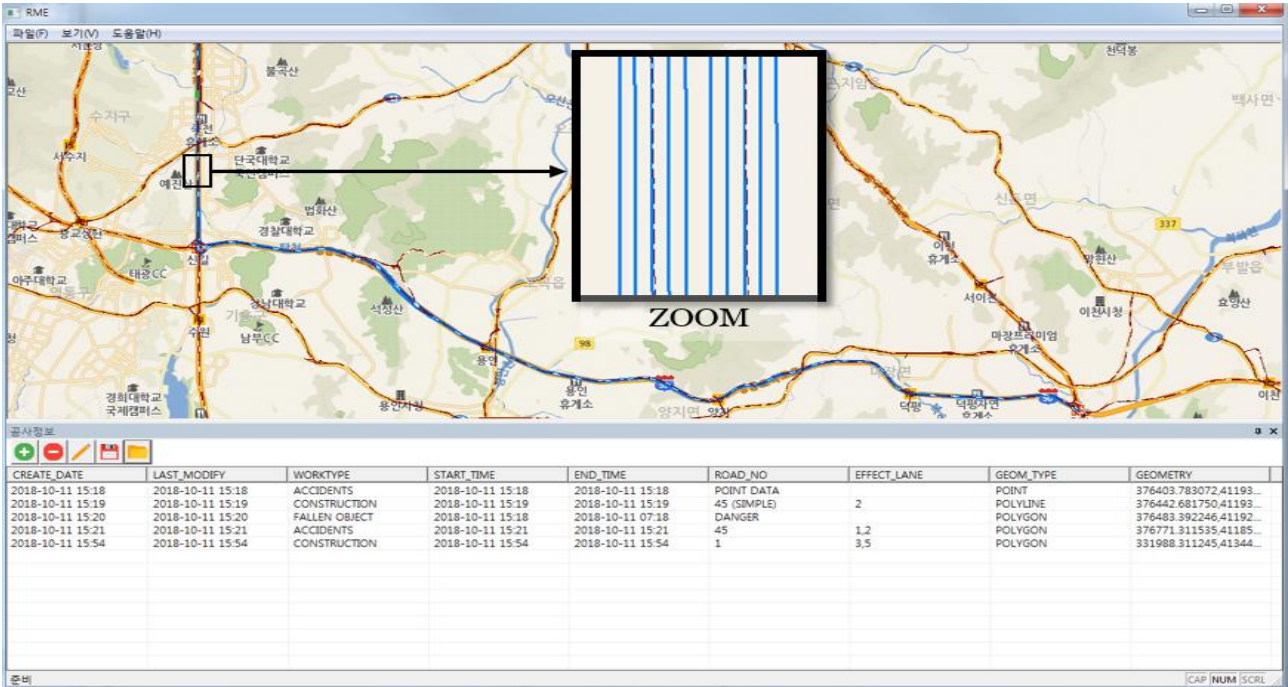


그림 3. 디지털 도로 이벤트 관리 시스템 시작품
 Fig. 3. The prototype of digital road events management system

(Configuration D-Box), 두 번째는 입력 데이터를 선택할 수 있는 입력 자료 선택 대화상자(Input Data Selection D-Box), 그리고 마지막은 DRE를 생성 또는 갱신하는 기능을 제공하는 디지털 도로 이벤트 정보 생성 및 갱신 대화상자(DRE Input D-Box)이다. DRE Input D-Box는 DRE List와 연계되어 호출되거나 자료의 추가 또는 갱신 역할을 수행한다.

III. 시스템 구현 및 검증

본 장에서는 앞서 제안된 아키텍처와 사용자 환경 설계에 따라 디지털 도로 이벤트 관리 시스템(DREMS)의 시작품을 구현하고 시스템의 수행 기능을 검증한다.

3-1 시스템 구현

C/C++ 언어를 이용해서 윈도우즈에서 구동되는 DREMS 시작품을 그림 3과 같이 구현하였다. 그림 3에서 볼 수 있듯이, 사용자 환경 설계에 따라 주화면 창에 웹 타일맵 지도를 표출하였고, 정밀전자지도(파란색 실선)와 표준ITS노드링크(검정색 점선)를 그 위에 중첩하여 표출하였다. 정밀전자지도는 [9]에서 사용한 지도 데이터를 사용하였는데, 경부고속도로(서울요금소~신갈JC)와 영동고속도로(신갈JC~호법JC)의 일부 구간을 대상으로 구축된 것이다.

DREMS의 최하단에는 디지털 도로 이벤트 정보를 텍스트 기반으로 표출하는 리스트 뷰어가 위치한다. 다중 이벤트 정보

를 동시에 표현할 수 있고, 각 행은 하나의 이벤트 정보를 표출하는 것으로, 정보의 생성일과 최종 갱신일, 정보의 유형, 이벤트 시작/종료 시각, 도로번호, 영향 차로 번호, 지리적 형상 유형, 그리고 좌표(열)를 보여준다. 그리고 이벤트의 행을 선택하면 주화면 창의 중심에 해당 이벤트를 표출하는 기능을 제공한다.

리스트 뷰어와 주화면 창 사이에는 디지털 도로 이벤트 정보를 제어할 수 있는 버튼이 위치하고 있다. 좌측부터 정보 생성 버튼, 정보 삭제 버튼, 정보 수정 버튼, 정보 리스트 저장 버튼, 정보 리스트 불러오기 버튼으로 구성된다.

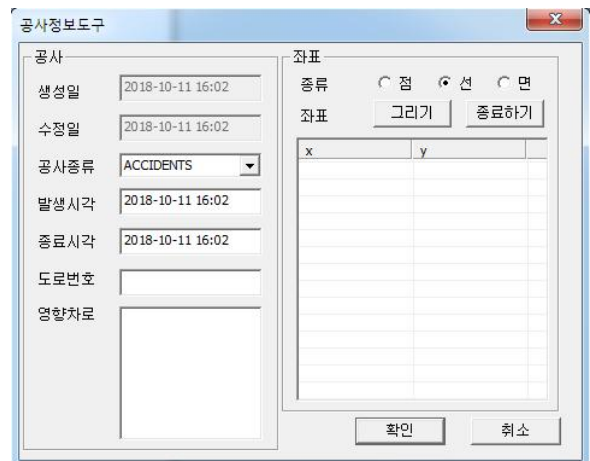


그림 4. 디지털 도로 이벤트 생성 및 수정 대화상자
 Fig. 4. The creation and update dialog box of digital road events

정보 생성 또는 수정 버튼을 누르면 그림 4에서 보는 바와 같이 디지털 도로 이벤트 생성 및 수정 대화상자가 활성화된다. 대화상자의 좌측에는 이벤트의 각종 정보를 입력 및 수정할 수 있는 컨트롤을 위치시켰고, 우측에는 지리적 형상을 입력할 수 있는 툴을 두었다. 대화상자는 주화면 창과 연계가 되어 있기 때문에 그리기 버튼을 누른 후 주화면 창에서 원하는 위치를 선택하면 자동으로 좌표가 입력된다. 그림 3의 ZOOM 영역에서 볼 수 있듯이 정밀전자지도는 각 차로의 중심선 선형 정보를 가지며, 위치 오차는 25cm 이하이기 때문에 이를 기준으로 디지털 도로 이벤트의 지리적 형상을 작성함으로써 차로 구분이 가능한 정보의 생성이 가능하다.

DREMS는 점, 선, 면의 세 가지 유형의 지리적 형상을 제공한다. 자율주행시스템에 제공되는 이벤트의 위치 정보의 핵심은 영향 차로를 구분하는 것이며, 그에 따라 자율주행시스템이 안전하게 주행할 수 있는 차로를 선택할 수 있도록 해야 한다. 면형 이벤트의 경우 영역 내에 존재하는 차로를 영향 차로로 지정하기 용이한 반면, 점 또는 선형 이벤트는 그렇지 않다. 따라서 점 또는 선형 이벤트의 경우 별도로 영향차로를 선택하는 기능을 추가하였다. 즉, 점 또는 선형 이벤트를 그린 후 대화상자 좌측의 영향차로 컨트롤에서 해당 이벤트로 인해 영향을 받는, 다시 말해 자율주행시스템이 해당 이벤트를 회피하는데 필요한 차로 정보(차단된 차로)를 제공할 수 있도록 하였다.

돌발적으로 발생하는 디지털 도로 이벤트 정보는 최초 이벤트의 검지 시점에 생성되고 상황 종료 시 삭제하는 수 밖에 없다. 그러나 도로 공사, 유지보수, 집회, 시위와 같이 사전에 계획된 이벤트의 경우 시작과 종료 시각 정보의 수집이 가능하기 때문에 이를 이벤트 정보 생성 시 입력함으로써 이벤트 종료 시 자동으로 삭제할 필요가 있다. 따라서 그림 4의 대화상자에서 볼 수 있듯이 발생/종료시각을 설정할 수 있도록 하였다.

그리고 디지털 도로 이벤트 데이터베이스의 가독성(readability)을 위해 디지털 도로 이벤트 정보의 저장 및 관리는 텍스트 기반의 XML(Extensible Markup Language)을 이용하였

```

<WORKLIST>
<WORK ID="0">
<CREATE_DATE>2018-10-11 15:18</CREATE_DATE>
<LAST_MODIFY>2018-10-11 15:18</LAST_MODIFY>
<WORKTYPE>ACCIDENTS</WORKTYPE>
<START_TIME>2018-10-11 15:18</START_TIME>
<END_TIME>2018-10-11 15:18</END_TIME>
<ROAD_NO>POINT DATA</ROAD_NO>
<EFFECT_LANE></EFFECT_LANE>
<GEOM_TYPE>POINT</GEOM_TYPE>
<GEOMETRY>376403.783072,
4119341.261026</GEOMETRY>
</WORK>
</WORKLIST>
    
```

그림 5. 디지털 도로 이벤트 XML 예제
 Fig. 5. The XML sample of digital road events

다(그림 5). XML은 자료 교환을 위해 널리 사용되는 방식이며, 가독성 측면에서 우수한 장점을 갖는다.

3-2 시스템 수행 검증

본 절에서는 고속도로 상에서 도로 유지보수 공사를 가정하고 DREMS를 이용해서 디지털 도로 이벤트로 생성하는 단순한 방법을 통해 DREMS 시작품이 제대로 작동하는지를 검증한다.

일반적으로 고속도로의 도로 공사(Work Zone)의 경우 한국 도로공사 Hi 유지관리 시스템을 이용해서 도로명(또는 도로번호)과 이점거리, 시간, 공사유형 정보를 입력한다. 이렇게 입력된 정보는 텍스트 기반으로 VMS(Variable Message Sign)에 표시되거나 유관 기관에 전달된다.

시스템 수행 검증에서는 다음과 같이 텍스트로 구성된 도로 공사 정보를 자율주행시스템이 인식할 수 있는 디지털 도로 이벤트로 생성하였다.

경부고속도로 부산 방향 “대전24.5km” 지점부터 약 100m에 걸친 도로 구간에 대해 3, 4, 5 차로를 대상으로 2018년 10월 13일 오후 1시부터 14일 오후 6시까지 도로 유지보수 공사 예정

위의 도로 공사 정보를 DREMS를 이용해서 디지털 도로 이벤트로 생성한 결과는 그림 6과 같다. 도로 공사는 도로에서 진행이 되므로 이벤트의 형상이 도로의 선형과 일치한다. 다만 모

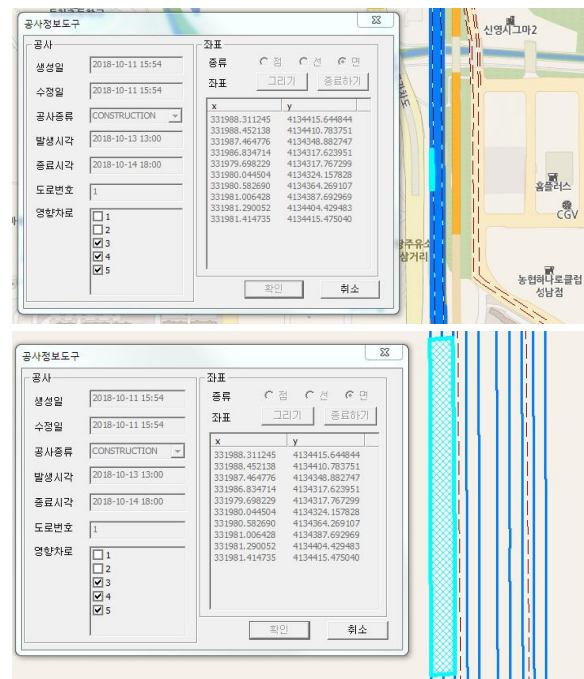


그림 6. 디지털 도로 이벤트 예제 (도로 공사 정보)
 Fig. 6. The sample of digital road events (Work zone)

든 차로를 차단하는 경우를 제외하면 일부 차로에 대해서만 공사가 수행되기 때문에 선형 이벤트로 시종점 연결선을 작성하고 영향차로를 선택하면 간단하게 디지털 공사 이벤트를 생성할 수 있다. 따라서 선형을 선택 후 정밀전자지도의 차로중심선을 활용하여 시작 지점부터 끝 지점까지의 선형을 그린 후 3~5 차로를 영향차로로 선택하여 구성하였다. 그림 6의 상단 그림과 같이 도로 공사가 발생하는 정확한 도로 구간이 선택되었고, 이를 확대한 하단 그림을 보면 정확하게 3~5차로를 포함하는 영역이 생성된 것을 확인할 수 있다. 또한 발생 및 종료시각도 정확하게 입력이 되었음을 확인할 수 있다. 단, 선형 이벤트에 영향차로를 선택하게 되면 결국에는 면형이 되기 때문에 형상의 종류는 면형으로 되어 있음을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 연구에서는 도로에서 발생하는 다양한 도로 이벤트 정보를 차로 수준의 정확도로 입력하고 관리할 수 있는 시스템인 정밀전자지도를 이용한 디지털 도로 이벤트 관리 시스템(DREMS)을 개발하였다. DREMS의 개발을 위해 먼저 기존 문헌을 고찰하고 시스템의 요구사항을 분석한 후, 그에 따른 시스템 아키텍처 설계 및 사용자 환경 설계를 수행하였다. 그리고 세부 기능 설계를 통해 실제 시스템 소프트웨어 프로그램을 구현하였다. 텍스트 기반의 도로 공사 정보를 DREMS를 이용하여 디지털 도로 이벤트 정보로 생성하는 시스템 수행 검증을 수행한 결과, 이벤트 정보가 차로 수준으로 정확하게 생성되는 것을 확인할 수 있었다.

DREMS는 자율주행 시스템용 정확도 높은 위치 정보 작성을 위한 소프트웨어 응용프로그램 시제품이다. 따라서 추후 보다 다양한 고려사항을 반영하여 사용하기 쉽고 좀 더 효율적인 시스템 기능 개선이 요구된다. 예를 들어 각종 도로의 이정거리 관리 시스템과의 연계를 통해 이정거리를 이용한 위치 검색을 비롯하여 각종 POI, 랜드마크, 도로시설물 검색 기능이 추가되면 보다 이용이 편리할 것이다. 또한 보다 많은 양의 다양한 도로 이벤트 자료에 대한 추가적인 성능 검증이 요구되고, 현재 운영 중인 돌발상황 정보를 정확도 높은 자료로 자동 변환하는 기술에 대한 연구가 진행되어야 한다.

감사의 글

본 연구는 2018년 한국건설기술연구원 주요사업(차량센서 기반 주행환경 관측·예측·안전운행 도로기술 개발, 과제번호: 20180007-001)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Jeon, W-H. & Yang, I., "Development of a location-based smartphone app reporting road problems with user participation," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 19, No. 9, 2018.
- [2] Zaldivar, J., Calafate, C. T., Cano, J. C., & Manzoni, P., "Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones," In *Local Computer Networks (LCN)*, 2011 IEEE 36th Conference on (pp. 813-819), IEEE, 2011.
- [3] White, J., Thompson, C., Turner, H., Dougherty, B., & Schmidt, D. C., "Wreckwatch: Automatic traffic accident detection and notification with smartphones," *Mobile Networks and Applications*, Vol. 16, No. 3, pp. 285-303, 2011.
- [4] Kamijo, S., Matsushita, Y., Ikeuchi, K., & Sakauchi, M., "Traffic monitoring and accident detection at intersections," *IEEE transactions on Intelligent transportation systems*, Vol.1, No. 2, pp. 108-118, 2000.
- [5] Amin, M. S., Jalil, J., & Reaz, M. B. I., "Accident detection and reporting system using GPS, GPRS and GSM technology," In *Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)*, 2012 International Conference on (pp. 640-643), IEEE, 2012.
- [6] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), "Technical specification for basic traffic information exchange," Notification 2016-206, MOLIT, 2016.
- [7] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), "Technical specification for basic traffic information exchange II," Notification 2016-207, MOLIT, 2016.
- [8] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), "Technical specification for basic traffic information exchange IV," Notification 2016-208, MOLIT, 2016.
- [9] Yang, I., & Jeon, W-H., "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, 2018.
- [10] Yang, I., Jeon, W. H., Lee, H. M., "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, 2017.



양인철(Inchul Yang)

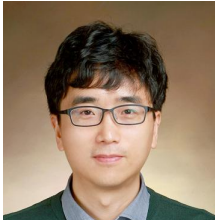
2011년: Ph.D. in Civil Engineering at Univ. of California, Irvine

2000년: 연세대학교 도시공학석사

1998년: 연세대학교 도시공학 학사

2011년~현 재: 한국건설기술연구원 수석연구원

※관심분야: 첨단교통, 자율주행, C-ITS, 도로안전, 도로시설



전우훈(Woo Hoon Jeon)

2016년: 서울대학교 도시계획학 박사

2001년: 한양대학교 교통공학 석사

1999년: 한양대학교 교통공학 학사

2001년~현 재: 한국건설기술연구원 수석연구원

※관심분야: 도로안전, 무동력 교통수단, 모바일 앱, 도로시설