

우리나라 정밀도로지도의 갱신체계에 관한 연구*

설재혁¹ · 이원종^{1*} · 최윤수¹ · 정인훈²

A Study On the Renewal System of Domestic High Definition Maps*

Jae-Hyuk SEOL¹ · Won-Jong LEE^{1*} · Yun-Soo CHOI¹ · In-Hun JEONG²

요 약

우리나라 미래 핵심과제 중 하나인 자율주행자동차를 지원하는 정밀도로지도에 대한 구축과 연구가 민간, 국가 차원에서 빠른 실용화를 목표로 적극적으로 추진되고 있다. 이러한 상황에서 정밀도로지도의 변화정보의 최신성 확보 및 갱신에 대한 방법이 핵심과제로 부각되고 있다. 따라서 이 연구에서는 정밀도로지도의 효율적인 갱신체계 정립 방안을 마련하기 위하여 도로의 종류, 도로변화의 원인과 연간 변화율 등의 현황과 정밀도로지도 관련 시스템과 정밀도로지도 갱신체계 구축을 위한 고려사항을 분석하였다. 이러한 현황분석을 토대로 정밀도로지도의 전각문자, 내용, 지역 등을 고려하여 도로변화 정보의 수집·탐지 방법과 정밀도로지도의 갱신체계를 단계적 방안과 중장기적 방안으로 제시하였다. 현재는 기술적, 시스템적 제한으로 인해 단계적 갱신체계를 적용해야 할 것으로 판단되었으며 향후에는 기술개발과 업무협조 체계 구축 등 시스템적 개선을 통해 중장기 갱신체계 방안을 조속히 도입해 효율적이고 실시간적인 정밀도로지도 갱신체계를 구축해야 할 것으로 판단된다.

주요어 : 자율주행자동차, 정밀도로지도, 도로변화 정보, 갱신체계

ABSTRACT

Building and researching high definition maps that support autonomous vehicles, one of Korea's key challenges for the future, are being actively propelled in both private and government sectors with the goal of fast commercialization. Under this perspective, update methods that secure up-to-date information are emerging as key tasks. To provide a plan for establishing efficient renewal systems for high definition maps, we

2019년 09월 11일 접수 Received on September 11, 2019 / 2019년 09월 25일 수정 Revised on September 25, 2019 / 2019년 09월 25일 심사완료 Accepted on September 25, 2019

* 본 연구는 국토교통부/국토과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 19NSIP-B145070-02)

1 서울시립대학교 공간정보공학과 / Dept. of Geoinformatics, University of Seoul

2 충북보건과학대학교 건설정보부사관과 / Dept. of National Defense Construction

※ Corresponding Author E-mail : wonjong2@uos.ac.kr

analyzed the present condition of road types, causes of road changes and its annual change rates, and examined where and how such road change information is managed. Furthermore, the method of collection and detection of road change information and the renewal system of high definition maps are defined based on the current study. At the end of the paper, a step-by-step renewal system is proposed through the examination of renewal cycles, contents, and region of high definition maps.

KEYWORDS : *Autonomous vehicles, High definition map, Road change information, Renewal system*

서론

현재 우리나라에서는 미래 핵심과제로 자율주행자동차에 대한 연구와 산업화를 적극적으로 추진하고 있으며, 이를 위한 핵심 인프라 중 하나는 정밀도로지도라고 할 수 있다. 현재 정밀도로지도는 국토지리정보원을 중심으로 국가 차원의 정밀도로지도 구축 및 기술개발이 진행되고 있으며, 국가연구개발사업으로 정밀도로지도에 대한 실시간 정보수집 및 갱신에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 또한, 국외에서는 Google, Apple과 같은 IT 기업을 필두로 Amazon, Uber, 기존 자동차 업체들까지 정밀도로지도의 기술력 향상을 위해 인수합병 및 많은 투자가 이루어지고 있다(Keerthi, M. 2011). 국내에서도 현대 엠엔소프트와 같은 민간기업들이 정밀도로지도 구축과 상용화에 적극적인 투자를 하고 있으며 국토교통과학기술진흥원에서는 자율협력주행을 위한 도로변화 신속탐지 갱신기술 개발 및 실증에 대한 연구를 추진하고 있다.

실효성 있는 최신의 도로변화 정보를 자율주행자동차에 제공하기 위해서는 정밀도로지도에 대한 신속하고 품질이 보장된 갱신정보를 구축, 제공하는 것이 핵심이라 할 수 있다. 따라서 정밀도로지도의 구축, 갱신, 제공 및 활용을 위해서는 신속한 도로변화 정보의 반영이 무엇보다 중요하다. 도로는 실시간으로 변화하고 중·장기적인 계획에 의해 많은 변화가 발생한다. 그러므로 도로변화 정보를 신속하게 수집·탐지하고 정밀도로지도의 갱신에 활용하기 위해서는

도로종류 별 도로관리 기관과의 긴밀한 정보공유가 필수적이다.

이에 본 연구에서는 정밀도로지도의 효율적인 갱신체계 방안을 제시하기 위해 도로의 종류, 도로변화의 원인과 연간 변화율 등의 현황과 정밀도로지도 관련 시스템과 정밀도로지도 갱신체계 구축을 위한 고려사항에 대하여 분석하였다. 이러한 현황분석을 토대로 정밀도로지도의 갱신주기, 내용, 지역 등을 고려하여 도로변화 정보의 수집·탐지 방법과 정밀도로지도의 갱신체계를 정립하였다.

정밀도로지도 관련 현황 분석

1. 도로의 종류 및 관리기관

도로란 차도, 보도, 자전거도로, 측도, 터널, 교량, 육교 등 대통령령으로 정하는 시설로 구성된 것으로써 우리나라는 10년 단위의 국가도로종합계획을 국토교통부에서 수립하고 각 도로관리청은 5년 단위의 도로건설·관리계획을 수립하고 있다. 현재 우리나라의 도로는 「도로법」 제3장제10조에 의거 도로의 종류를 고속국도, 일반국도, 특별·광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도 7가지로 구분하고 있으며, 이 도로들을 대상으로 자동차들이 운행되고 있다. 따라서 이러한 도로의 변화정보를 신속하게 탐지하고 수집, 정밀도로지도의 갱신에 활용하기 위해서는 도로종류별 도로관리기관과 긴밀한 정보공유가 필수적이다. 이에 도로종류별 도로관리기관과 행정구역별 현황을 살펴보면 다음 표 1과 같이 도로종류별로 각각의 기관마다 관리하고 있음을 알 수 있다.

TABLE 1. Office of management by road types

Kind of road	Road Management Office	Responsible Department	
		Construction Management Corporation	Management
Highway	MOLIT	MOLIT	MOLIT
General Route	MOLIT	MOLIT	MOLIT
Special Metropolitan City Road	Special Metropolitan Mayor, Metropolitan City Mayor	Special Metropolitan Mayor, Metropolitan City Mayor	Special Metropolitan Mayor, Metropolitan City Mayor
Local Road	Governor	Governor	Governor
City Road	Mayor	Mayor	Mayor
District Road	County Governor	County Governor	County Governor
Borough Road	Alderman	Alderman	Alderman

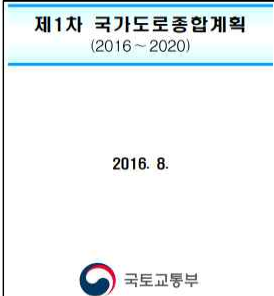

2. 도로변화의 원인 분석

안전하고 효율적인 자율주행의 운영을 위해 도로 및 교통시설 등의 도로변화 정보를 수집하여 정밀도로지도에 반영해야 한다. 도로의 정보는 시간, 사건·사고 발생 등에 따라 변화하기 때문에 이를 수집하고 갱신하여야 의미 있는 정보체계의 유지가 가능하며, 자율주행에 있어 이러한 도로변화정보는 실시간적인 정보(교통량, 사고정보 등)와 더불어 중요한 요소가 된다.

다음 표 2처럼 도로변화의 요인은 크게 국가 계획에 따른 도로변화, 재난·재해 발생에 따른 도로변화 등으로 구분되며 그 항목은 도로 차선의 신설과 확장 또는 도로시설물의 신규 생성 및 노후화로 인한 교체, 재난과 자연재해에 의해 도로의 파손과 시설물의 훼손으로 인한 변화가 대표적인 예이다.

- 1) 국가 계획에 따른 도로변화
도로는 사회 인프라망으로 사업비가 크고 공

TABLE 2. Road change factor

Sortation	Category	Contents
Road change according to national plan 	Road construction and expansion work Road maintenance Changes in the road according to environmental change and future demand	<ul style="list-style-type: none"> · New construction according to the national road transportation operation policy, including the National Highway Planning · Road expansion/reconstruction · Maintaining and managing roads · Emergency recovery and inspection of road facilities · Preparing for future needs and environmental changes such as population structure change, urban structure change, natural environment change, science and technology development
Road fluctuation due to disasters and accidents 	Relating to disaster Relating to natural disasters	<ul style="list-style-type: none"> · Traffic accident, road drop, sinkhole, road damage, etc. · Road damage and deformation due to heavy snow, heavy rain, earthquakes, etc.

사 기간이 길기 때문에 국가의 철저한 계획에 따라 건설되고 있다. 또한 도로 관련 법·제도를 제정하여 도로를 운영하고 있으며 환경변화와 미래수요에 대비하기 위한 여러 정책을 수립하여 대응하고 있다. 이처럼 국가 계획에 따른 도로변화 요인으로는 도로의 신설 및 확장 공사, 도로의 유지·관리 등이 있으며 경제성장, 국토 균형발전 및 토지이용 활성화 등 국가교통체계의 효율화를 높이기 위해 지속적으로 국가도로망을 구축하고 정비하는 과정에서 도로의 변화가 발생한다.

2) 도로 유지·관리

도로관리행위에는 크게 유지와 보수로 나뉘며 유지보수 기본체계는 노면잡물 등 장애물 제거, 교통사고현장 안전관리 및 사고잔재 처리, 우기시 응급복구(표지판, 수목전도처리, 비닐덮기, 마대쌓기 등) 및 안전조치, 강설시 긴급 제설작업, 기타 지사장 판단 긴급작업사항 등이 있다. 그리고 유지보수 작업기능으로는 도공, 일반 구조물 보수, 아스콘 포장보수, 콘크리트 포장보수, 교량보수, 부대시설보수, 시설물 도장, 터널 보수 등이 있다.

이처럼 도로의 상태를 일상, 정기, 특별점검을 통하여 계속 점검하면서 조치를 취하기 때문에 도로의 변화가 발생한다.

3. 도로별 연간 변화량 분석

각급 도로관리청은 매 익년 초 고속국도, 일반국도, 특별·광역시도, 지방도, 시도 등의 전

국도로현황을 조사한다. 다음 표 3을 보면 모든 도로에 대해서 매년 총 연장길이가 증가하고 있다(MOLIT, 2019). 이처럼 도로의 연장길이가 증가함에 따라 차선변화, 도로시설물의 설치, 도로표지 신설 및 변경 등의 도로변화가 발생하므로 이러한 도로변화 정보를 정밀도로지도에 반영해야 한다.

1) 차선변화에 대한 도로변화

도로 위의 많은 정보 중 차선은 주행 시 가장 중요한 정보로 이용된다. 차선에는 규제선, 도로경계선, 정지선, 차로중심선 등이 있으며 이러한 차선은 흰색, 노란색, 파란색과 같이 색을 이용하거나 실선, 점선, 이중 실선, 지그재그 선 등 형태를 이용하여 각각 다른 의미를 부여하고 있다. 이러한 차선의 변화는 매우 중요하기 때문에 변화를 감지하여 신속하게 정밀도로지도에 반영해야 한다.

2) 도로시설물 관련 변화정보

도로가 연장됨에 따라 새로운 요금소, 분기점 및 나들목(인터체인지), 졸음쉼터 등의 시설물 설치로 도로의 변화가 발생한다. 특히 고속도로 본선 상에 위치한 요금소의 경우에는 기존 주행노선보다 노선의 개수가 급격하게 증가하는 특징이 있으므로 이를 신속하게 정밀도로지도에 반영해야 한다.

3) 도로표지 관련 도로변화

안전하고 원활한 도로교통을 위해 필요한 장소, 즉 도로 위쪽이나 도로 옆쪽에 설치한 표지

TABLE 3. Annual change rate of extended length by road

	(Unit: km)			
Classification	2015	2016	2017	2018
Highway	4,193	4,437	4,717	4,767
General Route	13,947	13,976	13,983	13,983
Special Metropolitan City Road	4,726	4,761	4,886	4,905
Local Road	18,087	18,121	18,055	18,075
City Road	28,348	28,867	29,441	30,028
District Road	22,636	22,795	22,989	22,786
Borough Road	15,586	15,819	16,020	16,170

판으로서 여러 가지 도로의 상황들과 상황별 운전조건을 알려주는 중요한 역할을 수행하며 크게 교통안전표지, 노면표시, 신호기로 구분할 수 있다. 자율주행자동차의 기술적 구현을 위해서는 도로표지, 전방의 보행자와 차량, 정지선과 신호등, 차량 주변에 존재하는 객체에 대한 정보수집이 필요하므로 이러한 도로표지와 관련된 변화 정보 수집 및 관리의 중요성이 부각되고 있다.

4. 도로변화 관련 시스템 운용현황

도로변화와 관련한 교통정보 제공 기관은 국토교통부, 국토지리정보원, 한국도로공사, 경찰청 등에서 여러 가지 플랫폼 등을 활용하여 도로의 변화정보를 제공하고 있다. 도로변화 정보의 예로는 공사, 사고, 재난·재해로 인한 도로변화 등에 대한 정보를 실시간 또는 누적 주기를 통해 기관별로 상이하게 국민들에게 제공하고 있다. 모든 정보는 시간에 따라 변화하기 때문에 이를 수집하고 갱신하여야 의미 있는 정보체계의 유지가 가능하며 자율주행에 있어 이러한 도로변화정보의 갱신체계는 실시간적인 정보(교통량, 사고정보 등)와 더불어 중요한 요소가 된다.

1) 국토교통부(토지이용규제정보시스템, Land Use Regulation Information System)

국토교통부에서 제공하는 토지이용규제정보시스템(LURIS)을 활용하여 토지이용계획 열람, 지역·지구별 행위 제한, 규제안내서 열람, 지형도면 고시 열람을 할 수 있다. 또한, 국토교통부 산하 기관인 국토지리정보원에서는 국토정보플랫폼의 공간정보 받기에서 국토변화정보에 변화신고 및 변동정보를 개인 및 기관에서 신고할 수 있도록 플랫폼이 구축되어 있다. 따라서, 시스템상 변동되는 문서를 참고하여 변화정보를 파악하고 이를 활용하여 정밀도로지도 갱신에 활용할 수 있다고 판단된다.

2) 한국도로공사(도로통합관리시스템, Highway Management System)

한국도로공사에서는 도로에 대한 공사 및 유지보수 작업을 안전하게 수행하기 위해서 도로차단을 수행하며 도로 공사장 교통관리지침(국토교통부), 고속도로 공사장 안전관리기준(한국도로공사)에 따라 진행한다(NGII, 2018). 고속도로에 대해 이러한 도로차단의 관리는 한국도로공사 및 관할 고속도로순찰대(경찰청)에서 수행하고 있다. 도로차단정보는 도로통합관리시스템을 구축하여 도로차단의 예정된 일정에 따라 진행하고 차단정보를 한국도로공사 고속도로 공공데이터 포털에서 제공하고 있다. 따라서, 향후 도로차단정보의 갱신주기를 고려하여 해당 구간의 차단정보를 받아 그 구간에 대한 변화정보를 토대로 정밀도로지도의 갱신 대상구역을 선정할 수 있다고 판단된다.

3) 소관청 및 도로관리 기관(도로포장관리시스템, Pavement Management System)

도로의 포장상태를 포장의 균열 정도, 종단 평탄성, 횡단 소성변형 3개의 요소를 분석하여 현시점에 보수해야 할 공사 우선순위를 제공하고 미래의 포장상태를 예측하는 관리시스템으로써 도로포장유지관리 업무를 효율적으로 지원하는 교통 서비스 시스템이다. 향후 정밀도로지도의 정확한 갱신을 위해 표준자료와 3차원 정보를 가진 정밀도로지도 데이터의 수치를 활용하여 도로면의 종단 평탄성, 횡단 소성변형을 산출하고 영상자료를 활용하여 포장면의 균열, 포트홀, 패칭 등 정도를 확인하여 포장상태를 분석하여 정밀도로지도의 차선 및 링크, 정지선, 외측선 등의 레이어 구축 등에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

4) 서울시청(도로표지안내시스템, Road Sign Management System)

시민들의 편리한 도로 이용을 돕기 위해 ‘도로표지안내시스템’을 운영하고 있으며 도로표지안내시스템에서는 길 찾기, 표지판 검색/통계 등의 정보를 제공하고 있다. 정밀도로지도의 구축 레이어 중 도로 표지판에 대한 위치정확도를

확인할 수 있는 시스템이며 도로표지관리시스템 상의 시설물 위치와 정밀도로지도의 갱신구간에 시설물의 위치 비교하여 갱신할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 현 정밀도로지도의 갱신체계

현재 정밀도로지도의 갱신은 구축지역에 대한 MMS(Mobile Mapping System) 측량을 수행하여 점군데이터와 기구축 데이터를 비교하여 변화지역을 탐지하여 정밀도로지도를 수정, 갱신하고 있다. 또한, 기구축 성과의 위치정확도, 속성 등 품질을 전면 검토하여 오류 사항을 발견하여 수정, 갱신하고 있다. 따라서 본 연구에서는 향후 갱신체계 도입을 위해 현재 정밀도로지도 갱신체계에 대하여 크게 5가지로 정밀도로지도 관련 제도, 업무환경, 갱신 내용, 주기 및 지역으로 나누어 분석을 수행하였다.

그리고 정밀도로지도의 구축에 대해서는 3차원 정밀지도 작업규정(안)에 의해서 수행되고 있으며, 갱신에 대한 내용 및 절차는 규정되어 있지 않아 정밀도로지도의 구축 및 갱신에 대한 구체적이고 세부적인 사항이 정의된 업무 매뉴얼이 필수적으로 요구된다. 아직 정밀도로지도의 사양이 완벽하게 정의된 상황이 아니기 때문에 현 시점을 기준으로 업무 매뉴얼을 구축하고 지속적인 보완이 필요할 것으로 판단된다.

그림 1은 현재 정밀도로지도의 갱신 절차를 나타낸 그림(NGII, 2019)으로 갱신 절차는 계획을 수립한 뒤 작업 구간에 대한 MMS 측량을 수행하고 측량을 통해 수집한 데이터를 활용하여 기구축된 성과와 비교한 뒤 변화한 객체를

추출하고 추출한 갱신 대상을 새로 측량한 데이터로 갱신하는 순서를 나타내고 있다.

1) 정밀도로지도 관련 제도

우선 국토정보지리원의 「공간정보 제공에 관한 규정」 제12조를 살펴보면 국토지리정보원에서 생산 및 관리하는 공간정보에 대하여 한국도로공사는 투자금이 상쇄될 때까지 무상으로 제공하며 정밀도로지도 정보는 온라인 및 오프라인에서 누구나 무료로 취득할 수 있다. 그리고 정밀도로지도의 구축은 3차원 정밀지도 작업규정(안)에 의해서 진행되고 있으며 이를 국토지리정보원에서 총괄하여 관리하고 있다.

다음으로 「도로법」을 살펴보면 제23조에 도로종류별 도로관리기관을 지정하였다. 한국도로공사는 제112조에 의거하여 고속국도에 대한 건설, 유지관리 및 운영 등의 대형 사업을 수행하고 있으며 도로관리청은 31조에 의거하여 일반국도 설계·공사 및 운영관리, 민자도로 건설·운영관리, 건설공사 품질관리 및 시설물안전관리 등을 수행하고 있다. 그리고 「도로교통법」 제69조를 살펴보면 도로관리청 또는 공사시행청의 명령에 따라 도로를 파거나 뚫는 등 공사를 하려는 사람은 공사시행 3일 전에 그 일시, 공사구간, 공사기간 및 시행방법, 그 밖에 필요한 사항을 관할 경찰서장에게 신고하여야 한다고 명시되어 있다.

이처럼 도로변화정보를 신속하게 탐지하고 수집, 정밀도로지도의 갱신에 활용하기 위해서는 도로종류별 도로관리기관과 긴밀한 정보공유와 직접적인 연계가 무엇보다 중요하다. 왜냐하면

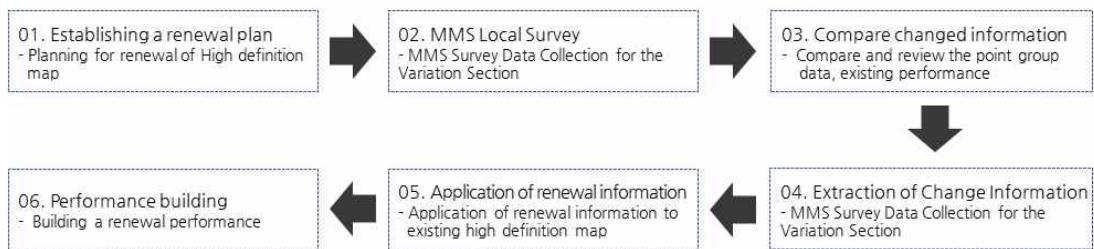


FIGURE 1. Current high definition maps renewal system

도로의 운영주체가 정밀도로지도를 구축하고 갱신하는 국토지리정보원이 아니라 종류별 도로관리 기관이기 때문에 국토지리정보원에서 독자적으로 정밀도로지도 구축 및 갱신을 수행하기에는 한계가 있다. 따라서 2017년부터 국토지리정보원과 한국도로공사가 업무협약을 체결하고 상호간 적극적인 연계방안을 마련하고 있다. 향후 정밀도로지도의 구축범위가 확대되면 전국의 모든 도로관리기관, 지자체 등과 긴밀한 연계 및 활용체계를 통한 공사계획 등에 따른 정보 수집체계가 필요하다.

또한, 법적인 도로관리기관과 함께 국토교통부의 업무대행을 수행하고 있는 각종 유관기관과 변화정보의 연계를 통해 실질적인 도로관리 업무와 변화정보를 실시간적으로 수집, 반영할 수 있는 체계를 마련해야 한다.

2) 정밀도로지도 관련 업무환경

정밀도로지도 관련 업무환경을 국토정보지리원 내부와 외부로 나누어 분석하였다. 내부의 관점에서 살펴보면 국토정보지리원에서 구축 및 갱신하고 있는 항공사진, 국가기본도, 수치지도 등을 이용하여 정밀도로지도의 갱신에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

국토지리정보원에서는 수치지도의 원활한 갱신 등을 위해 건설공사의 준공도면을 활용하기 위해 2008년 2월 27일, 건설교통부고시 제 2008-146호로 ‘수치지도 수정용 건설공사 준공도면 작성에 관한 지침’을 제정한 바 있다. 이후 수차례 개정을 거쳐 현재는 국토지리정보원 고시 제2016-429호(2016.2.12)로 개정되어 시행 중이다. 다만 이러한 지침은 정밀도로지도가 아닌 기존 수치지도의 수정에 활용하기 위해 제정되었기 때문에 정밀도로지도의 갱신에 활용할 수 있는지 검토하였다. 그 결과 현재의 지침 상에서는 정밀도로지도의 갱신과 관련한 준공도면을 정의하기 어려운 것으로 파악되었다. 따라서 정밀도로지도의 구성 항목에 대한 갱신내용을 포함하는 건설도면의 작성과 이를 활용하기 위해서는 정밀도로지도와 관련한 내용을 추가하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

그리고 도로관리대장은 도로법 상에 영구적으로 작성/보관하도록 명시된 도로관리용 도면 및 조서이다. 도로가 신설되면 준공도면과는 별개로 도로관리대장을 작성하고 도로시설의 변경이 발생하는 경우, 도로관리대장을 갱신하도록 하고 있다. 따라서 동일한 변화에 대해 정밀도로지도와 도로관리대장은 선별적으로 조사 및 구축을 수행하여야 하므로 변화정보에 대한 공유 및 변화정보 수집주기의 동일성만 확보된다면 일반국도에 대한 도로변화정보 수집이 가능할 것으로 판단된다.

마지막으로 갱신에 대한 업무는 측량 주체와 갱신 주체 중 누가 수행할지에 대해서도 고려해 볼 필요가 있다. 다시 말해 측량을 수행한 기관에서 정밀도로지도의 갱신도 함께 수행할 것인지 아니면 관리하는 기관에서 측량정보를 이관받아 갱신을 수행할 것인지에 대해 검토가 필요하다. 또한 현재는 수작업으로 검색, 변화 사항 취득하고 있어 도로변화 사항을 실시간으로 제공받는 것은 불가능한 것으로 파악되었으며 도로변화 사항에 대해 시스템적으로 관리가 되지 않아 효율적인 정밀도로지도의 갱신을 위해 여러 가지 관점에서의 개선과 검토가 필요하다고 판단된다.

3) 정밀도로지도 갱신 내용

국토교통부 공고 제2017-343호에서 3차원 정밀지도 작업규정(안)을 고시하였고 그 내용을 살펴보면 장애물정보 제작을 위한 작업방법 및 절차, 정밀도로지도 제작을 위한 작업방법 및 절차, 구축하기 위한 필수적인 요소 등을 기술하고 있어 이를 참고하여 정밀도로지도 갱신 내용을 도출하였다.

다음 표 4와 같이 정밀도로지도 갱신 내용은 크게 차선, 도로시설, 표지시설로 나뉘며 차선은 차량운행의 기본정보인 규제선, 정지선, 차로중심선 등을 포함하며 도로시설정보는 중앙분리대, 터널, 교량, 지하도로 등을 포함하고 표지시설정보는 교통안전표지와 노면표시 등을 포함해야 한다. 그리고 자율주행의 상용화를 위해 조명, 전력주, 통신주, 탑, 가로수, 표지, 신호등

TABLE 4. Precision road map update

Division		Content
Traffic lane	Lane marking	Regulating line, stopping line, center line of road, linearity of lane, directional information, width of road, directional information, etc.
Road facilities	Road facilities	Median strip, tunnel, bridge, underground road, etc.
	Obstacle Information	lighting, electric power, communication, tower, street water, signs, lights, etc
Covering facility	Covering facility	Traffic safety signs, road markings, text and symbols on signs, etc.
	Restrictions and protected areas	Military installations, control protection zones, roadblocks, etc.

등과 같이 무인이동장치의 자동항법 및 자율주행에 장애가 될 수 있는 정보를 정밀도로지도에 반영해야 하는 중요한 정보들 중 하나로 판단하였다. 장애물 정보는 총 205가지로 구분되며 이러한 정보는 정밀도로지도 구축에 있어 필수 요소로써 반드시 갱신되어야 하는 내용이다.

그리고 현재 백터데이터와 점군데이터를 파일 형태로 관리하고 있으나, 향후 이를 공간데이터 베이스화 해서 관리할 수 있도록 고도화 시켜야 한다. 파일단위 관리의 경우 파일만을 가지고 위치나 형태를 구분할 수 없고, 정확한 지역의 데이터를 추출할 수 없으며, 갱신의 경우에도 매우 불리한 구조를 가지고 있어 향후 점차적인 개선이 필요할 것으로 판단된다.

4) 정밀도로지도 주기

그림 2를 보면 현재 정밀도로지도의 갱신은 LDM Type 1과 LDM Type 2의 일부를 지원 하는 것으로 계획되어 있다(NGII, 2017). LDM Type 1의 갱신주기는 1개월 이내로써 도

로표지판, VMS와 같은 도로시설물, 가변차로와 같은 도로통제정보, 휴게소 등 건물정보 등으로 변화의 주기가 비교적 긴 정보를 포함한다. 이는 현재의 변화정보 수집 및 갱신체계로도 충분히 지원이 가능한 수준이다. 다만 현재는 고속도로와 일부 지방국토관리청과의 협력관계만 구축되어 있어 변화정보의 수집 범위가 제한되어 있기 때문에 변화정보 수집을 위한 협력 관계의 확대가 필요하다.

LDM Type 2 수준의 갱신주기는 1시간 이내의 갱신을 목표로 하고 있어 향후 전국도로를 실시간적으로 갱신하기 위해서는 데이터 획득과 갱신체계를 고도화하여 변화정보 획득과 동시에 작업 계획이 수립되어야 한다. 데이터를 획득하고 갱신할 수 있도록 하여 MMS나 LiDAR 등의 장비를 투입하거나 해당 지역을 주행한 자율주행자동차의 센싱정보(LIDAR 정보, 영상 정보 등 센서 획득정보)를 확보하고, 확보된 데이터를 실시간으로 처리하여 데이터를 갱신할 수 있는 기술개발이 필요할 것이다. 그리고 점진적으

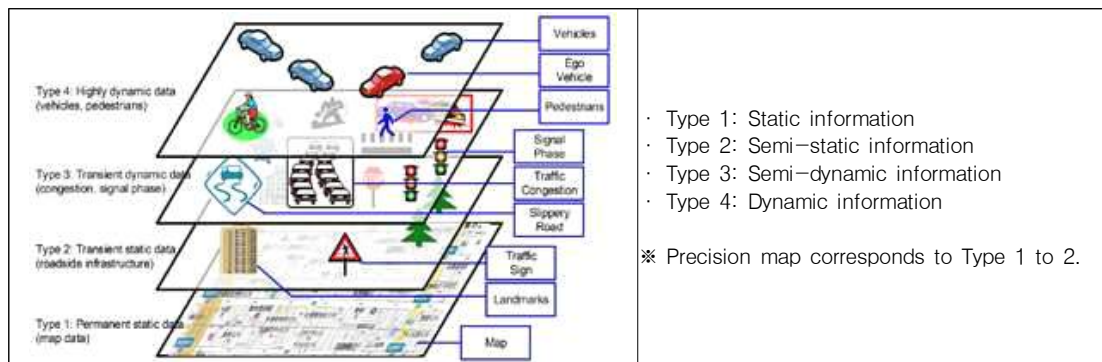


FIGURE 2. LDM Composition and concept

로 교통사고나 도로파손 등 도로의 실시간적 변화가 일어나면 그 즉시 정보를 획득하고 처리하여 데이터를 갱신할 수 있는 시스템을 개발하고 전체 도로관리청과의 협력 체계를 구축하여 실시간적인 정밀도로지도의 갱신이 반영되어야 할 것이다.

5) 정밀도로지도 갱신 지역

2016년 8월 31일 고시된 ‘제1차 2016~20년 국가도로종합계획’에 따르면 2018년부터 C-ITS 본 사업의 일환으로 경부선 등 주요 노선부터 C-ITS를 단계적으로 구축하여 2020년까지 전국 모든 고속도로에 C-ITS가 구축될 계획을 수립하였고 이후 2030년까지 전체 도로의 C-ITS 구축율을 30%까지 끌어올릴 목표(고속도로 100%, 국도 67%, 도심부 17%)로 시범사업을 추진 중에 있다. 국토지리정보원은 2018년까지 분기별 갱신을 통해 총 4회에 걸쳐 기구축지역 중 변화지역을 갱신하였으며, 현재 월 단위 갱신을 통해 변화지역을 갱신하고 있다. 정밀도로지도의 갱신 지역은 자율주행 자동차를 위해서 차량의 운행이 가능한 모든 도로가 갱신 대상이며 계획에 따라 구역을 설정하여 순환 갱신하는 방안과 도로변화가 발생한 지역에 대해 수시갱신하는 방안으로 나눌 수 있다. 하지만 순환 갱신하는 방안의 경우 도로변화는 불특정 다수의 변화정보를 갱신할 수 없기에 안전한 자율주행을 지원하는 정밀도로지도 갱신방안으로 적절하지 못하므로 도로변화가 발생한 지역에 대해서 변화정보를 취득하고 수시갱신하는 방안을 고려해야 한다. 또한, 국토교통부에 추진 중인 “자율주행 지원을 위한 도로변화 신속탐지 갱신기술 개발 및 실증” 연구과제를 통해 2022년 정밀도로지도의 실시간 갱신체계를 도입하므로 2021년까지 각 도로담당기관과 연계하여 도로변화 정보를 공유하여 기구축지역에 대한 도로변화 정보를 수집하여 갱신하고 2022년부터는 실시간 갱신체계를 도입하여 정밀도로지도를 갱신해야 한다. 하지만 향후 2차선 이상의 모든 도로에 대해 정밀도로지도를 구축하려면 시간적·경제적 수요가 많아지므로 효율적인 데이터

구축·관리·활용을 지원하는 기술이 요구되며 방대한 정보를 저장해야 하므로 대용량 공간정보의 효율적 서비스를 위한 공간정보 클라우드 플랫폼, 데이터, 서비스 기술 등이 필요할 것으로 판단된다. 그리고 정밀도로지도는 기존의 국가기본도에 비해 정확도가 10배 이상 향상(오차범위 25cm 이내)된 지도이기 때문에 구축보다 변화된 현황을 갱신하는데 더 많은 시간과 비용이 소요될 것으로 예상되므로 정밀도로지도의 갱신 신속성과 효율성을 높일 수 있는 기술 개발이 필요할 것으로 판단된다.

정밀도로지도 갱신체계(안)

1. 정밀도로지도 단기 갱신체계(안)

정밀도로지도의 현황 분석을 통해 갱신체계의 단기적 방안을 다음과 같이 도출하였다. 현재는 기술 또는 제도적인 이유로 인해 실시간 갱신을 할 수 없고 여러 가지 변화정보 수집탐지 방안을 조사·분석한 결과 단기적으로는 기구축지역에 대한 MMS 측량을 수행하여 점군데이터와 기구축 데이터를 비교하여 변화지역을 탐지하여 정밀도로지도를 수정, 갱신하는 방안이 가장 적합할 것으로 판단하였다. 다만 모든 기구축지역에 대해 MMS 측량을 수행하는 것은 시간적, 경제적으로 손실이 발생하므로 도로시설과 교통시설의 관리 및 운영기관인 한국도로공사, 지자체, 지방국도관리청, 경찰청 등과 업무협조를 통해 도로의 변화정보 및 계획을 사전에 받아 정밀도로지도의 갱신 계획을 세워 운용해야 할 것이다.

이러한 갱신체계에서 고려할 사항으로는 공사계획이나 차단계획 등의 일정업무, 전각문자, 수행기관 및 비용, 도로변화 갱신 이력 등이 있다. 먼저 일정업무를 살펴보면 도로는 사회 인프라망으로 사업비가 크고 공사기간이 길기 때문에 국가의 철저한 계획에 따라 건설되기 때문에 년 단위의 계획 또는 주 단위의 계획을 수립하여 운용하고 있다. 따라서 이러한 공사계획에 맞게 완공 후 수일 이내에 MMS 측량을 수행하여 정밀도로지도 갱신이 이루어질 수 있도록 계획을

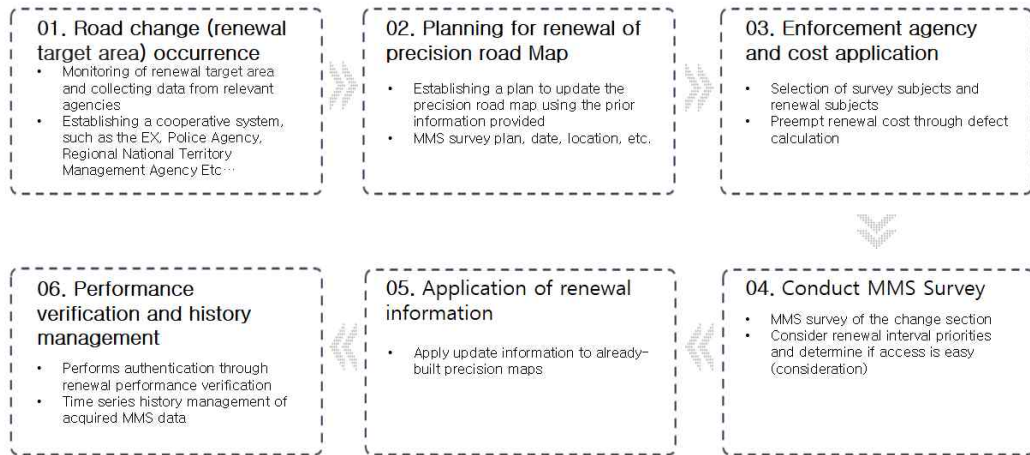


FIGURE 3. Precision road map short term renewal system

수립해야 한다.

그리고 정밀도로지도의 전각문자를 고려해야 하는데 정밀도로지도의 구축현황과 도로변화 정보의 수집을 위한 체계 및 갱신 기술을 고려하여 현재의 갱신주기는 월 단위면 충분하다고 판단하였다. 그 이유는 도로시설물, 가변차로와 같은 도로통제정보, 휴게소 등 건물정보 등은 변화의 주기가 비교적 긴 편이며 현재 모든 지역에 대해 정밀도로지도의 구축이 완료되지 않아 우선은 갱신보다 구축에 중점을 두었기 때문이다.

다음으로 정밀도로지도의 갱신 비용과 수행기관을 고려해야 하는데 현 시점에서는 지금과 같이 국토정보지리원에서 물량을 산정하여 갱신 계획을 수립하여 갱신 비용을 산정하고 수행하는 것이 효율적일 것으로 판단하였다.

마지막으로 도로변화 갱신 이력관리로 측량정보의 시계열 관리를 통한 측량 및 갱신 이력을 관리해야 한다. 이는 지속적인 갱신을 통한 정밀도로지도의 효율적인 관리를 위해서 중요한 사항이며 갱신데이터에 대한 체계적인 관리, 공간데이터베이스화를 통한 갱신관리, 타 기관의 구축데이터에 대한 갱신관리 등이 함께 이루어져야 하고 변화지역을 자동으로 탐지하고 자동으로 도화 및 갱신이 이루어질 수 있도록 기술 개발을 꾸준히 진행해야 한다. 이와 같은 고려

사항들을 종합하여 도출한 단기적인 정밀도로지도 갱신체계는 다음 그림 3과 같이 갱신할 대상이 발생하였을 때 갱신 계획을 수립하고 변화구간에 대한 MMS 측량을 수행한 뒤 기구축된 정밀도로지도에 갱신성과를 반영하고 갱신 이력을 관리하는 체계이다.

2. 정밀도로지도 중장기 갱신체계(안)

현재 운영중인 갱신체계와 단기적 관점에서 제시한 갱신체계(안)은 변화가 일어난 지역에 대한 실시간 갱신이 아닌 MMS 포인트클라우드 데이터를 이용하여 기존 구축영역 전체를 재구축하면서 변화탐지를 수행하고 갱신하는 방법이다. 이러한 방식은 구축해야 할 데이터의 양이 방대하고 갱신에 소요되는 시간이 많아지기 때문에 데이터의 갱신주기가 길어진다.

따라서 중장기 갱신체계(안)에서는 이러한 단점을 극복하고 준실시간 갱신 또는 실시간 갱신을 구현하기 위해 다음과 같이 정밀도로지도를 갱신하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. 먼저 변화가 발생한 정보를 식별하기 위해 도로 및 도로상의 시설물들을 객체로 인식한다. 객체 인식은 MMS 카메라 센서 기반의 영상에서 실시간으로 수행되며, 딥러닝 학습데이터와 데이터 취득 차선, 주간/야간 등의 다양한 시나리오를

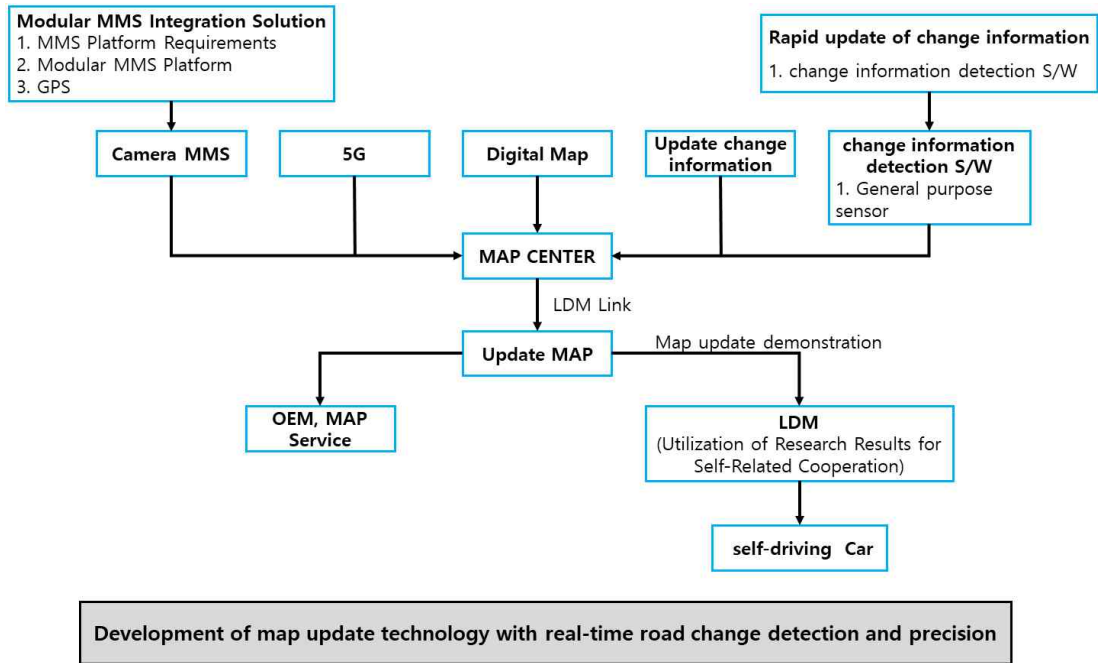


FIGURE 4. Development renewal technology and flow chart about empirical problem for Self-driving

고려한다. 인식한 객체의 추출은 반복적인 감독 학습을 통해 검증된 모듈을 이용하여 차량주행 중 자동으로 수행된다. 또한, 객체 추출 시에는 GCP(Ground Control Point) 관리 모듈을 이용하여 좌표를 부여하고 객체 간 관계와 함께 DB에 저장한다. 저장된 객체는 DB에 구축된 기존 정밀도로지도를 포함한 시계열 데이터에서 변화 여부를 판정하고 변화가 일어난 객체만 구축된 지도에 반영한다.

그리고 중기적인 관점에서는 MMS 장비의 카메라 센서를 이용하여 객체 식별 및 변화정보를 갱신하고, 장기적으로는 블랙박스 영상 등의 범용 센서를 이용하여 변화정보를 갱신한다. 갱신된 정밀도로지도는 관리 센터나 서버로 보내지며 센터나 서버에서는 이를 LDM에 반영하여 모든 사용자가 업데이트된 지도를 사용할 수 있도록 해야 한다. 구축된 갱신정보는 도로관리기관과 연구기관, 지도서비스 업체 또는 OEM 회사 등에 제공되어야 한다. 이러한 흐름은 다음

그림 4에 표현되어 있으며 변화정보 탐지 S/W를 비롯한 각종 모듈은 국토교통과학기술진흥원의 ‘자율주행 지원을 위한 도로변화 신속탐지, 갱신기술 개발 및 실증’ 과제를 통해 2021년 말까지 개발될 것이다.(KAIA, 2018).

또한, 구축된 데이터는 TTA(한국정보통신기술협회) 단체표준이나 ITSK(한국지능형교통체계협회) 단체표준으로 지정하여 향후 타 기관에서 구축되는 도로관련 데이터와의 호환성과 유지관리에 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 변화정보 탐지 S/W, 갱신 모듈 등과 함께 개발되는 품질검증 가이드라인은 기관 표준과 함께 자료의 품질관리에 사용될 수 있으며, 센터에서 데이터 배포 시에는 최신 통신기술인 5G와 클라우드 기반 배포 모듈을 이용해야 할 것이다. 최종적으로 이러한 모듈을 통해 정밀도로지도의 갱신은 실시간 또는 준 실시간으로 이루어지며, 주행 중인 차량들에서 습득된 정보가 센터나 서버에서 취합되어 배포되는 서비스 형태를 띄게

될 것이다.

결 론

본 연구에서는 정밀도로지도의 효율적인 갱신 체계 방안을 제시하기 위해 먼저 도로의 종류, 도로변화의 원인과 연간 변화율 등의 현황과 정밀도로지도 관련 시스템과 정밀도로지도 갱신체계 구축을 위한 고려사항에 대하여 분석하였다. 현황분석 결과 국가 계획에 따른 도로변화에 따라 매년 도로의 총연장 길이는 증가하고 있으며 재난·재해 발생에 따른 도로변화 등으로 도로변화 정보의 수집 및 정밀도로지도의 신속하고 정확한 갱신이 필요하다.

그리고 정밀도로지도의 갱신에 대한 내용 및 절차는 규정되어 있지 않았으며 향후 지속적인 갱신·관리는 도로별 관리기관에서 수행할 수도 있기 때문에 이를 위해서 정밀도로지도의 갱신에 대한 구체적이고 세부적인 사항이 정의된 작업규정이나 업무 매뉴얼이 필요할 것으로 판단된다. 하지만 아직 정밀도로지도의 사양이 완전히 정의된 상황이 아니기 때문에 현시점을 기준으로 작업규정과 업무 매뉴얼을 구축하고 지속적인 보완을 통해 실무적인 참고자료로 활용해야 한다.

다음으로 도로변화정보를 신속하게 탐지하고 수집, 정밀도로지도의 갱신에 활용하기 위해서는 도로종류별 도로관리기관과 긴밀한 정보공유와 직접적인 연계가 무엇보다 중요하다. 종류별 도로관리 기관이 다르기 때문에 국토지리정보원에서 독자적으로 정밀도로지도 구축 및 갱신을 수행하기엔 한계가 있기 때문에 정밀도로지도의 구축범위가 확대되면 전국의 모든 도로관리기관, 지자체 등과 긴밀한 연계 및 활용체계를 통한 공사계획 등에 따른 정보 수집체계가 필요할 것으로 판단하였다.

마지막으로 정밀도로지도 갱신체계의 단기적, 중장기 방안을 제시하였는데 현재는 도로변화정보의 수집체계 정립과 효율적인 갱신을 위해 변화가 발생한 지역만을 빠르게 탐색해서 해당 지역에 대해서 우선으로 재구축하는 갱신기술의

개발이 필요하며 향후 기술개발과 업무협조 체계 구축 등의 시스템적 개선을 통해 중단기 갱신체계 방안을 조속히 도입해 효율적이고 실시간적인 정밀도로지도 갱신체계를 구축해야 할 것으로 판단된다.

정밀도로지도의 구축은 큰 비용이 소요되는 대규모 프로젝트이고, 한번 구축으로 끝나는 것이 아니라 신속하고 주기적인 갱신체계가 뒷받침되어야 한다. 따라서 다양한 기관에서 생산한 데이터를 공유하고 활용하기 위한 통합된 관리체계가 필요하며, 이를 자동화하기 위한 플랫폼과 품질관리를 위한 검사체계, 제공 및 연계를 위한 플랫폼 형태의 시스템이 필요할 것으로 판단된다. **KAGIS**

REFERENCES

- KAIA(Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement). 2018. Prompt road change, integrated demonstration of renewal technology and development of sharing technology: 11-15 (국토교통과학기술진흥원. 2018. 도로변화 신속 탐비, 갱신 기술 통합실증 및 공유기술 개발. 1차년도 보고서 C-3(2):11-15).
- Keerthi, M. 2011. Solutions for the localization of mobile mapping systems in structured environments. ParisTech 2011: 37-59
- NGII(National Geographic Information Institute). 2017. A Study on the Development and Pilot Building of High Definition Map for Supporting Autonomous Driving Car: 87~95 (국토지리정보원. 2017. 자율주행차 지원 등을 위한 정밀도로지도 고도화 방안 연구 및 시범구축보고서: 87-95).
- NGII(National Geographic Information Institute). 2018. A Study on the Connection Efficiency and Renewal of

High Definition Map: 50-88 (국토지리정보원. 2018. 정밀도로지도 연계효율화 연구 및 구축갱신 보고서: 50-88).

NGII(National Geographic Information Institute). 2019. A Study on the System and Development Strategies of High Definition Map: 113-183 (국토지리정보원. 2019. 정밀도로지도 제반 제도 및 발전전략 연구보고서: 113-183).

Ministry of Government Legislation: <http://www.moleg.go.kr> (법제처 홈페이지)

MOLIT(Ministry of Land, Infrastructure and Transport). 2019. Yearbook of Road Statistics: 21-38 (국토교통부. 2019. 도로 현황조사: 21-38).

KAGIS