

자율주행을 위한 정밀도로지도의 구축항목과 정확도 수준

Contents and Accuracy of Lane-level Road Map for Autonomous Driving



김지수



문병섭

서론

미국의 IT 업체인 구글(Google)은 지난 2009년 'Google Self-Driving Car Project'를 발표하며 자율주행차 개발을 착수하였다. 2012년 5월 네바다 주에서 첫 자율주행차 시험 면허를 획득한 이래 캘리포니아 주, 플로리다 주를 포함한 8개 주와 워싱턴 D.C. 등 미국 각지에서 총 150만 마일(약 240만 km)의 누적 시험운행을 진행중에 있다.¹⁾ 자동차와 무관한 업체인 구글이 불과 10년도 안 되는 짧은 시간 안에 세계 유수의 자동차 제조사들을 제치고 자율주행차 분야의 선두에 서 있는 배경에는 자율주행을 실질적으로 지원한 전자지도인 '구글맵(Google Maps)'이 있다. 기존의 자동차 제조사들은 자동차 중심적인 사고에 머물

러 있으면서 운전자 보조 시스템 등을 발전시킨 자율주행차를 연구하였지만, 구글은 자신들이 축적한 막대한 데이터를 바탕으로 자동차 중심적 사고를 벗어나 '지도 중심의 자율주행'에 도전하였으며, 그 결과 자율주행차 분야의 선두에 오를 수 있었다.

구글의 이러한 행보에 자극을 받은 독일의 자동차 제조사인 다임러(Daimler AG)·BMW AG·아우디(Audi AG) 3사는 2015년 12월 노키아(Nokia)의 지도 서비스인 히어(HERE)를 25억 유로(약 3조 1,3백억 원)에 인수하였다. 히어는 전 세계 약 200여 국가의 지도를 보유하고 있으며, 94개국에 음성지원 내비게이션을 공급하고 있으며, 이 가운데 33개국에는 실시간 교통정보가 함께 제공되는 서비스를 지원하여 네덜란드의 톰톰(TOMTOM)과 함께 전 세계 자동차 내비게이

김지수 : 한국건설기술연구원 도로연구소, js.kim0331@kict.re.kr, Phone: 031-910-0218, Fax: 031-910-0339

문병섭 : 한국건설기술연구원 도로연구소, plus@kict.re.kr, Phone: 031-910-0503, Fax: 031-910-0339

1) <https://www.google.com/selfdrivingcar/>

선 시장을 양분하고 있는 지도 서비스 회사이다. 히어의 인수는 자동차 제조사의 입장에서 자율주행에 있어서 지도의 중요성을 인식하고 그에 맞는 대응을 하고 있다는 것을 대변해주는 대표적인 사례이다.

일본의 경우는 자율주행에 있어 지도의 중요성을 인식하고 국가적인 차원에서 다양한 노력을 하고 있다. 앞서 언급한 미국이나 유럽의 사례가 민간 기업이 주도하는 경우라면, 일본은 정부가 주도하는 대표적인 사례라고 볼 수 있다. 국토교통성 산하의 국토기술정책총합연구소에서 자율주행을 지원할 수 있는 대축척도로지도의 요구사항, 제공 서비스, 구축 항목, 정확도, 갱신 등에 대한 정리를 완료하였다. 또한 본격적인 대축척도로지도의 활용을 위해 미쓰비시 전기, 파스코 등 6개의 도로지도 관련 기업으로 구성된 ‘다이내믹 맵 구축 검토 컨소시엄’에서 정부의 ‘전략적 혁신 창조 프로그램(SIP)’ 중 하나인 자동주행시스템의 지원을 위한 ‘다이내믹 맵 구축을 위한 시작·평가에 관한 조사’를 수행하는 등 다이내믹 맵 협조 영역에 대한 검토를 진행시켜 왔다. 그 간의 성과를 바탕으로 자율주행 시스템을 조기 실용화하기 위하여 토요타, 닛산 등 자동차 제조사 9개사와 힘을 합쳐 전국 자동차 전용 도로와 일반 도로에서의 다이내믹 맵의 실제 운용을 위한 데이터 사양과 구축방법

의 표준화, 유지보수 방법의 결정, 관련 공공 기관과의 조정, 국제협력 추진을 도모하고 있다. 동시에 지속적인 맵의 정비 및 갱신을 전제로 한 사업화를 진행하는 등 다이내믹 맵에 관한 일체를 내각부로부터 위임 받은 ‘다이내믹 맵 기반 기획 주식회사’를 2016년 6월에 설립하였다.

한편, 국내에서도 세계적인 미래 자동차 개발 추세에 대응하기 위해, 정부 주도 하에 자율주행자동차의 상용화를 앞당기고 미래 신산업으로 성장시키고자하는 노력이 진행되고 있다. 정부에서는 지난 2015년 5월 ‘제3차 규제개혁 장관회의’에서 부처 간 합동으로 자율주행차의 상용화를 2020년까지 실현하여 우리나라의 교통안전 수준을 향상시키고, 미래 신성장 동력으로 발전시켜 나아가겠다는 계획을 발표하였다. 이 정책의 3대 핵심 추진방향 가운데 ‘자율주행 지원 인프라 확충’을 통해서 ① 차량 위치파악을 위한 위성항법기술 개발, ② 차선구분이 가능한 정밀 수치지도 제작, ③ 자율주행 지원 도로인프라 확충과 통신주파수 배분 등 분야에서 선진국의 기술수준을 추격하기 위한 과제들이 추진되고 있거나 추진중에 있다.

이에 따라 국토교통부는 2015년 7월, 자율협력주행 기술개발 과제를 착수하였으며, 8월에는 ‘자율주행자동차의 안전운행요건 및 시험운행 등에 관한 규정’을 고시하였다. 또한, 10월에는 수도권

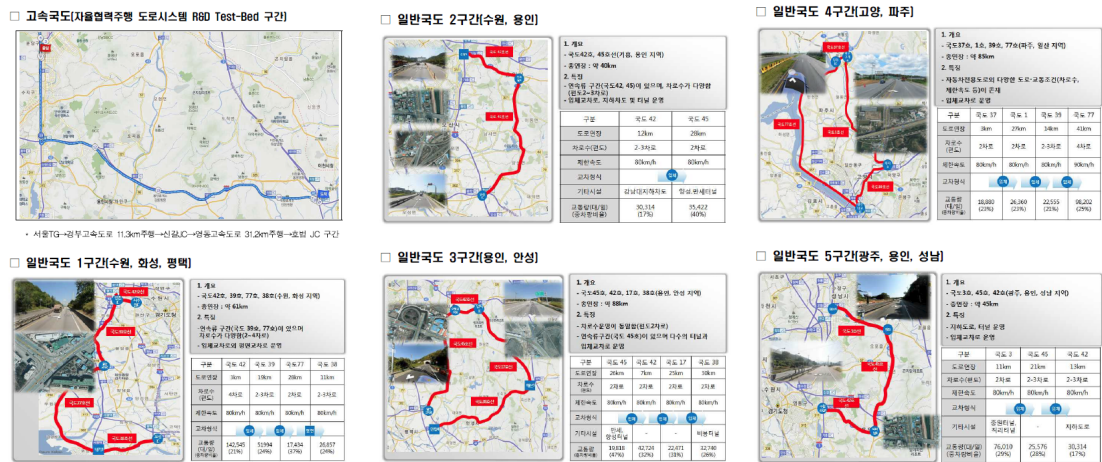


그림 1. 국토교통부 지정 자율주행차 시험구간(출처: 국토교통부(2015))

고속국도와 국도 일부구간을 자율주행차 시험구간으로 지정하고, 2016년 2월부터는 시험운행이 가능하도록 개방하기도 하였다. 이와 함께 국가공간정보의 근간인 국가기본도를 포함한 국가 핵심 수치지도의 생산·수정·갱신을 주관하는 정부기관인 ‘국토지리정보원’은 ‘자율주행 지원을 위한 정밀도로지도’의 구축기관으로 지정되었다. 또한, 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원이 주관하는 ‘스마트 자율협력주행 도로시스템 개발 연구’에서 필요로 하는 정밀도로지도의 구축 역시 국토지리정보원이 담당하게 되었다. 이를 위해 국토지리정보원에서는 정밀도로지도와 관련한 주요 사안들에 대해 관계 부처 및 유관 기관들과 의견조율을 수행하였고, 2015년 하반기에 국토교통부에서 지정한 자율주행차 시험구간 중 일부 구간을 대상으로 정밀도로지도를 시험적으로 구축하였다. 또한 지도 구축에 대한 기반을 마련하기 위한 연구를 함께 수행하여 정밀도로지도의 구축 항목 및 정확도 수준을 비롯하여 향후 구축 계획 등에 대한 틀을 완성하였다. 본 논문은 당시 연구에서 제안된 정밀도로지도의 구축항목과 구축항목의 정확도 수준에 대한 논의를 하고자 한다.

정밀도로지도의 역할과 기능

정밀도로지도는 기존의 내비게이션 항법 지도나 노드-링크 지도와는 다른 새로운 개념의 전자지도이다. 정확한 차로정보를 포함한 3차원 정밀위치정보를 기반으로 하여 자동차 운행에 필요한 각종 정보들, 예를 들어 신호등의 위치나 정지선의 위치, 차로변경이 가능한 구간인지 아닌지, 좌회전이 허용되는 교차로인지 아닌지 등의 상세한 도로정보와 도로운행정보를 함께 제공하는 지도이다. 기존의 내비게이션 항법 지도는 노드-링크를 기반으로 제작된다. 노드에는 종별, 회전규제, 교차로명칭, 신호등, 방면명칭 등의 속성이 부여되며, 링크에는 도로종별, 통행방법, 차선 수, 시설물, 도로번호 등의 속성이 부여된다. 교차로부에서 회전을

위한 차로 안내가 이루어지지만, 이는 링크 자체에 개별 차로별 속성 정보가 포함된 것이 아니며, 차량이 위치한 차로와 관계없이 안내가 이루어진다. 이러한 항법 지도를 한 단계 업그레이드시킨 ADAS 지도에서는 항법 지도의 정보 이외에 도로의 곡률 및 구배 정보가 추가되었다. 본 연구에서 다루는 정밀도로지도는 자율주행을 지원할 수 있는 수준의 지도로 기존 ADAS 지도의 정보 이외에 차선정보, 차로정보, 표지판 정보, 도로시설물 정보 등이 포함이 된다. 즉, 정밀도로지도는 자율주행자동차가 지도만으로 일정 수준의 주행이 가능하게 하는 지도를 의미한다.

결국 정밀도로지도와 내비게이션 항법 지도와의 가장 큰 차이점은 차량이 차로를 벗어나지 않고 주행을 하며 필요에 따라 차로를 변경할 수 있느냐와 차로구분 없이 단순히 링크단위 도로 구간 내에서 운행을 하느냐로 구분할 수 있다.

국내보다 앞서 정밀도로지도의 필요성을 인식하고 이와 관련된 연구를 수행한 일본(국토교통성, 2015)에서는 자율주행을 위한 정밀도로지도의 서

표 1. 일본 국토교통성의 자율주행을 위한 정밀도로지도의 서비스 요구사항 분석

분류	요구사항
차량주행제어 (좌우 방향)	곡률 반경이 작은 곡선 구간에서 차선 유지 복잡한 형상의 도로에서 차선 유지 주행 차선 유지
차량주행제어 (전후 방향)	도로 형상 변화에 따른 속도 제어 부대 설비에 따른 속도 제어 속도 규제 정보에 따른 속도 제어
구획선 등의 인식	부지 인식을 향상 터널 등의 출입구 지점 파악
차차 위치 파악	시야 불량이 된 경우 적절한 차선 구분선 파악
조향 제어 (차선 변경)	도로의 지물을 이용한 자동 차량 위치 파악 분·합류 및 유도선 등 여러 구획선이 있는 경우 적절한 차선 구분선 파악 본선 또는 램프의 여러 구획선이 있는 경우 적절한 차선 구분선 파악

출처: 国土交通省 国土技術政策總合研究所, “大縮尺道路地圖の整備・更新手法に関する共同研究”, 国土技術政策總合研究所資料 No.848, 2015

비스 요구사항 분석 자료를 통해 정밀도로지도의 역할을 제시하였다.

이와 같은 사례 분석을 통하여 본 연구에서는 자율주행차가 정밀도로지도에 요구하는 내용을 다음과 같이 두 가지로 판단하였다. ① “차로가 어디인가?”, ② “운영규칙은 무엇인가?” 첫 번째 요구사항은 차량이 운행 가능한 영역을 구분하고 차량의 운행구간을 지도 위에서 표시하며 차량의 위치를 차로 단위로 정의하는 것이다. 두 번째 요구사항은 자율주행차가 차로를 움직이는 상황에서 지켜야 하는 법규 등을 정의한 것이다.

다음으로 정밀도로지도의 기능을 규정하기 위해 지도분야의 대표적인 국가 콘텐츠인 수치지형도와 민간 콘텐츠인 내비게이션 항법 DB 및 ADAS 지도의 구축항목을 비교하였다.

수치지형도는 SOC 관리라는 국가적 임무를 위하여 작성이 되기 때문에 이에 해당되는 가장 기본적인 요소들을 중심으로 구축한다. 반면, 민간 콘텐츠의 경우 수치지형도를 기반으로 하지만 각각의 기능에 맞게 구축항목에 가감이 있다. 민간 콘텐츠는 결국 이윤창출이라는 목적에 부합한 콘텐츠가 고도화된다.

정밀도로지도는 민간 콘텐츠와 같은 활용구조를 따라야 할 것으로 판단되지만, 국가에서 제공하는

기본적인 구축 항목과 이를 이용하는 민간 지도와의 공생적 균형에 대한 합의가 이루어지지 않은 상태이기 때문에 가변적으로 누구나 사용할 수 있는 가장 기본적인 정보 위주의 구축이 되어야 할 것이며, 또한 민간이 아닌 공공에서 갱신을 고려하여 최소단위로 구축되어야 한다는 결론을 도출하였다.

정밀도로지도의 구축 항목 선정

1. 국가기본공간정보

정밀도로지도의 필수적인 구축 항목은 ‘국가기본공간정보’의 중요 구성항목으로 활용될 수 있도록 국가기본공간정보의 구성요소를 분석한 뒤 자율주행차의 안전 운영에 필요한 요소를 기준으로 하여 선정하였다.

국토지리정보원에서는 2015년 ‘국가기본공간정보 데이터 모델 연구 및 시범 DB 구축’ 사업을 통해 국가기본공간정보의 구성요소와 표준 데이터 모델을 제시하였다. 이 보고서에서는 ‘국가기본공간정보 항목 체계(안)’을 ‘자연지리, 인문지리, 지물, 환경’의 4가지 항목패키지로 구성하였으며, 각 항목은 세부 주제에 따라 대분류, 중분류, 소분류를 포함하고 있으며, 실제 데이터가 구축되는 수준은 소분류 단계”로 정하고 있다. 또한, 상기 시범사업에는 국가기본공간정보 5개 항목(교통, 수계, 건물, 고도, 행정경계)가 포함되어 있다. 이 가운데 교통 지물 패키지가 1:5,000 수준으로 정의된 객체에 대해 국가 노드-링크 체계와의 연계를 전제로 항목을 구성하였다.

2. 구축항목 선정

국가기본공간정보를 기반으로 정밀도로지도 구축 항목을 선정하였다. 국내 자율 주행 연구가 현재 진행 중임에 따라 향후 항목 등을 추가·삭제할 수 있도록 항목의 목록과 구분인자를 두고 항목을 선정하였다. 또한 이미 앞선 규격 및 표준을 가지

표 2. 국가와 민간 콘텐츠의 구축 항목

국가 콘텐츠	민간 콘텐츠	
수치지형도	항법 DB	ADAS 지도
도로경계선	교차로 위치	곡률
도로중심선	도로번호	구배
교량	도로종별	높이값
터널	링크종별	차선편
육교	차선수	주행경로선
지하차도	도로시설물정보	대표차선
고가차도	안전운행정보	차선
입체교차로	가변차로	도로경계선
교차시설	갓길	진출입로
중앙분리대	제한속도	횡단보도
석축		정지선
옹벽		터널
도로절개면		표지판
도로성토면		신호등
		가로등

표 3. 국가기본공간정보 표준데이터모델(안) 중 교통부문 정의

지물	중분류	소분류	세분류	구성 항목	표현				
교통	도로	도로 경계	도로 경계선	· 행정구역코드 · 위상관계여부 · 최고제한속도 · 최저제한속도 · 시설물정보 · 도로번호	· 명칭 · 시점 · 종점 · 포장재질 · 분리대유무 · 차로수	선 면			
			도로 네트 워크	· 노드고유번호 · 행정구역코드 · 명칭	· 노드구분 · 연결링크개수	· 기타 · 인접노드번호	점		
			도로 링크	· 링크고유번호 · 시작노드고유번호 · 끝노드고유번호 · 행정구역코드 · 위상관계여부 · 최고제한속도 · 최저제한속도	· 시설물정보 · 도로번호 · 명칭 · 도로구분 · 시점 · 종점 · 포장재질	· 분리대유무 · 차로수 · 도로폭 · 일방통행 · 도로명 · 연장 · 기타	선		
			교통 시설물	교량	· UFID · 종류 · 연장 · 폭	· 설치연도 · 재질 · 하천명	· 기타 · 통합코드 · 제작정보	면	
					터널	· UFID · 연장	· 폭 · 높이	· 통합코드 · 제작정보	면
						입체부	· UFID · 구분 · 연장	· 높이 · 통과하중 · 재질	· 보도 · 통합코드 · 제작정보
					도로 램프		· 램프고유번호 · 행정구역코드 · 최고제한속도 · 도로번호 · 도로구분	· 시점 · 종점 · 포장재질 · 분리대유무 · 차로수	· 도로폭 · 일방통행 · 도로명 · 면적 · 기타
						철도 정거장	· 정거장고유번호 · 기타		

고 있는 일본의 정밀도로지도 요구사항을 참조하여 항목을 선정하였다.

이와 함께 정밀도로지도의 거시적 요구사항을 앞서 제시하였던 “차량의 운행구간 정의”와 “도로상의 운영규칙의 준수”로 설정하여 차선표시·도로시설·표지시설 목록으로 구분하였고, 도로시설을 관리하는 국토교통부에서 발간한 지침과 신호 및 표지를 운영하는 경찰청의 매뉴얼 등에 표현되는 정보 항목의 명칭을 최대한 준수하도록 목록의 명칭을 선정하였다. 이를 통하여 도출한 항목을 바탕

으로 자문위원회의 자문과 기존 ‘스마트 자율협력주행 도로시스템 개발’ 연구단(2015년부터 한국도로공사 주관 수행)의 참여 기관들과의 협의를 통해 정밀도로지도의 기본 구축 항목을 다음과 같이 11개로 선정하였다. 표 4 구축 항목의 명칭과 정의는 경찰청에서 발행한 교통안전표지 설치·관리 매뉴얼(경찰청, 2011년), 교통노면표지 설치·관리 매뉴얼(경찰청, 2012년), 도로의 구조·시설에 관한 규칙(국토교통부, 2015)의 분류 기준을 토대로 하였다.

표 4. 정밀도로지도의 구축항목 선정 근거와 항목

항목 선정 근거	목록	정밀도로지도지도 구축 기본 항목				
		기본 구축 항목	세부 항목			
요구사항 1 “차로가 어디인가?” (차량 운행구간 정의)	차선표시	(1) 규제선	① 중앙선 ② 유티구역선 ③ 차선 ④ 버스전용차선 ⑤ 진로변경제한선 ⑥ 가변차선			
		(2) 도로경계선	① 길가장자리 구역선 ② 주차금지 표시선 ③ 정차주차금지 표시선			
		(3) 정지선	① 정지선			
		(4) 차로중심선	① 차로중심선			
		도로시설	(1) 중앙분리대	① 중앙분리대 ② 무단횡단 방지시설 ③ 중앙분리대 개구부		
			(2) 터널	① 터널		
			(3) 교량	① 교량		
			(4) 지하도로	① 지하도로		
			요구사항 2 “운행 규칙은 무엇인가?” (차량 운행규칙 정의)	표지시설	(1) 교통안전표지	① 주의표지 10종 ② 규제표지 27종 ③ 지시표지 23종
					(2) 노면표시	① 정차금지대
② 유도선						
③ 유도면						
④ 진행방향 표시						
⑤ 차로변경 표시						
⑥ 오르막 경사면						
⑦ 횡단보도						
⑧ 자전거 횡단도						
(3) 신호기	① 신호기					

정밀도로지도의 정확도 수준

자율주행차의 안전한 운영을 위해서 정밀도로 지도는 일정 수준 이상의 정확도가 확보되어야 한다. 정밀도로지도의 표현수준은 앞서 논의한 바와 같이 기존 내비게이션 지도가 단순히 운전자를 ‘보조’하기 위해 일반적인 도로정보와 노선정보 정도만을 제공하면 충분했던 것과는 달리, 수시로 변화하는 도로상황과 차선정보까지도 표현이 가능한 수준으로 정밀해져야만 한다. 이는 운전자의 판단 없이도 자동차 스스로 일정수준의 ‘자율적 판단’을 통해 차로단위로 운전하는 것이 가능해야 하기 때문이다. 따라서 정밀도로지도의 정확도는 현재의 내비게이션 지도 이상의 수준이어야 한다.

본 절에서는 자율주행차의 ‘차로단위’의 안전한 주행을 가능하게 하는 정밀도로지도의 정확도 수준을 산정하였다.

정밀도로지도의 정확도 수준을 결정하기 위해서는 자율주행차 자체에서 발생할 수 있는 오차, 실제 도로상에서 확보가 되어야 하는 오차를 검토하고 외국의 정밀도로지도 정확도 수준을 검토하여 이를 종합한 오차수준 허용 범위를 산정하였다.

1. 자율주행차의 오차 요인

자율주행차가 주행을 하는 과정에서 발생할 수 있는 측위관련 오차에는 차량 센서에서 발생하는

오차와 차량이 사용하는 정밀도로지도의 오차로 구분할 수 있다. 차량 센서 오차는 차량의 위치를 파악하는 차량 GNSS 오차, 레이더 및 비전 센서 오차와 이를 종합하여 위치를 만들어내는 시스템에서 발생하는 오차가 있다. 정밀도로지도의 오차는 구축 조사시 발생하는 MMS 및 수집장비의 GNSS 오차, 레이더 점군데이터 오차, 조사 결과를 토대로 도화를 하는 과정에서 발생하는 도화 오차가 있다.

자율주행차의 오차 범위는 국내 도로기준과 차량 구조 기준 검토를 바탕으로 주행 차로를 벗어나지 않는 안전한 운행이 가능한 수준으로 산정하였다. 도로 기준과 차량 구조 기준은 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(국토교통부, 2015.07.)에 제시된 도로별 최소 차로 폭원 기준과 도로구분별 설계기준자동차 최대 폭원을 활용하였다.

도로별 최소 차로 폭은 3.00m 이며, 설계기준자동차의 최대 폭원은 세미트레일러를 기준으로 하는 2.5m 이다. 세미트레일러가 3.00m 폭원의 차로에서 한 쪽으로 쏠린 채 주행을 하는 경우 한 쪽은 여유 폭이 없으며, 반대편은 0.5m의 여유 폭이 발생한다. 하지만, 자율주행차는 각종 센서에 의해 한 쪽으로 치우치지 않고 차로 중심을 따라서 운행한다. 따라서 이상적인 주행 상태로 볼 수 있는 차로 중앙에서 통행할 경우, 양쪽 측면에 각각 0.25m의 여유 폭이 발생한다. 이를 바탕으로 ±0.25m를 오차 허용범위로 도출하였다.

표 5. 도로별 최소 차로 폭 기준

도로의 구분	차로의 최소 폭(m)		
	지방 지역	도시 지역	소형차 도로
고속도로	3.50	3.50	3.25
일반도로 설계속도 (km/h)	80 이상	3.50	3.25
	70 이상	3.25	3.25
	60 이상	3.25	3.00
	60 미만	3.00	3.00

출처: 국토교통부, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 2015

표 6. 설계기준자동차 폭원

도로의 구분	설계기준자동차	폭원
고속도로 및 주간선도로	세미트레일러	2.5m
보조간선도로 및 집산도로	세미트레일러 또는 대형자동차	2.5m
국지도로	대형자동차 또는 승용자동차	2.5m / 1.7m

출처: 국토교통부, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 2015

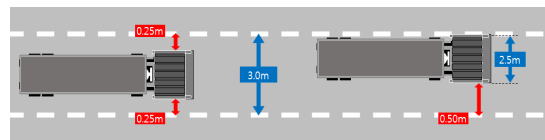


그림 2 최소 폭의 차로에 최대 폭원의 설계기준자동차 운행 시 여유 폭

2. 차량센서의 오차

앞서 정리한 바와 같이 자율주행차는 GNSS를 비롯한 위치를 확인할 수 있는 다양한 센서를 장착하고 있다. 이 가운데 자율주행차가 차로 안에서 안전한 주행을 할 수 있도록 지원해주는 대표적인 센서는 LKAS(Lane Keeping Assist System, 차선 유지 보조 장치)와 LDWS(Lane Departure Warning System, 차선 이탈 경고 장치)가 대표적이다. 두 센서는 차량 전방에 설치된 카메라를 통해 차선을 인식하고, 차로를 이탈하지 않고 주행할 수 있도록 하며, 차선을 침범할 경우 운전자에게 경고를 주는 시스템이다. LKAS는 기술적으로 ±0.10~0.15m 이내의 오차로 차량을 제어한다. LDWS는 차량의 타이어와 차선을 인식하는 시스템이므로 상대적으로 측정이 용이하며, 현재 기술 수준에서의 오차 감지수준은 0.02m 이내이다.

자율주행차에 탑재되는 센서의 기술은 지속적으로 발전하고 있으며, 센서 및 시스템의 오차 또한 거의 '0'에 수렴할 만큼 급속히 감소하는 추세이다. 따라서 차로 안에서 자율주행차량을 안전하게 운행한다는 측면에서 차량센서의 오차는 '0'에 수렴시킬 수 있을 것으로 예측된다.

3. 정밀도로지도의 오차

1) 공공측량 작업규정의 정확도

국가나 지방자치단체, 공공기관에서 수행하는 기본측량 이외의 측량의 경우에는 ‘공공측량 작업 규정’을 따라야 한다. 이 규정에서는 공공측량 목적의 수치지도의 정확도 기준을 다음과 같이 정의하고 있다. 공공측량에 의해 1:500 축척 이상의 수치지도를 제작한다면, 평면위치의 표준편차는 0.25m 이내, 표고점의 표준편차는 0.25m 이내의 요구수준을 충족해야 한다.

2) 해외 정밀지도 정확도 사례 검토

일본의 국토교통성 연구에서는 우리의 정밀도로지도와 같은 개념인 대축척지도의 표준 축척을 1:500 수준으로 고려하였으며, 이 때의 정확도는 오차의 표준편차가 0.25m 로 제시하였다. 또한 ‘다이내믹 맵 컨소시엄’에서는 2016년 1월 열린 ‘다이내믹 맵 구조화 테스트 폼 진도 보고’에서 자동 주행 시스템에 도움이 되는 기반적 지도 요건 정의서(안), 기반적 지도 데이터 사양서(안), 지도 데이터 작성 요령(안)의 검토를 통해 지도의 상대 정확도는 역시 오차의 표준편차가 0.25m 이내인 것으로 합의를 하였음을 밝힌 바 있다.

3) 정밀도로지도의 오차 허용 범위

앞서 검토한 사례를 기반으로 본 연구에서는 정밀도로지도의 최종 성과물의 정확도를 ‘공공측량 작업규정’의 1:500 수치지도의 정확도로 선정하

표 7. 공공측량 수치지도의 정확도

항목	축척		비고
	1/500 이상	1/1,000 이하	
표준 평면위치	0.5mm 이내	0.7mm 이내	도상거리
편차	표고 표고점	$\Delta h/4$ 이내	Δh 는 주곡선의 간격
	등고선	$\Delta h/2$ 이내	

출처: 국토지리정보원, 공공측량 작업규정, 2015

표 8. 정밀도로지도 최종 성과물의 정확도

축척	표준편차(m)	
	평면위치	표고점
1/500 이상	0.25 이내	0.25 이내
1/1,000 이하	0.70 이내	0.67 이내

였다. 정밀도로지도의 최종 성과물이란 MMS 장비의 GNSS 오차, 레이저 점군 데이터의 오차, 도화과정의 오차를 모두 보정한 결과물을 의미한다. 선정된 정확도는 앞서 자율주행차 오차범위 산정에서 제시한 0.25m와 동일한 수준임을 확인할 수 있다.

4. 정밀도로지도의 최종 정확도

자율주행차의 오차 범위와 정밀도로지도의 오차 범위의 검토를 통해 본 연구에서는 자율주행차를 지원하기 위한 정밀도로지도는 표 8과 같이 ‘공공측량’ 수준의 정확도를 충족해야 함을 제안하였다.

결론

본 연구에서는 자율주행에 있어서 지도의 필요성을 해외의 사례를 통해 피력하고 정밀도로지도의 구축 항목과 정확도 수준을 제안하였다. “차량의 운행구간 정의”와 “도로상의 운영규칙의 준수”를 기준으로 하여 [규제선, 도로경계선, 정지선, 차로중심선, 중앙분리대, 터널, 교량, 지하도로, 교통안전표지, 노면표시, 신호기]의 11개 항목을 정밀도로지도의 구축항목으로 제시하였다. 또한 정밀도로지도의 신규제작을 전제로 하여 정확도 수준을 산정하였다. 자율주행차에서 발생할 수 있는 오차와 정밀도로지도 제작 과정에서 발생할 수 있는 오차를 검토한 결과 0.25m의 오차범위가 산정되었으며, 일본의 대축척지도 및 다이내믹 맵의 오차 허용범위 역시 0.25m의 값을 제시하였다. 또한 공공측량 작업규정에서 제시하고 있는 오차 허용범위 역시 0.25m임을 알 수 있었다. 이를 근거로 본 연구에서는 정밀도로지도의 정확도를 표

준편차 0.25m 이내로 제안하였다.

다만, 자율주행차가 실시간으로 정확한 정보를 토대로 안전한 주행을 하기 위해서는 지속적으로 변경되는 도로 환경에 맞추어 빠르게 갱신되어야 한다는 점이 정밀도로지도의 요구조건 중 하나임을 감안한다면, 수정과 갱신 과정에서의 오차도 고려할 필요가 있을 것이다. 이 점을 고려할 경우 신규 제작을 위한 정밀도로지도의 정확도는 제시된 수준보다 높은 수준으로 하는 것이 타당하다고 판단이 되며, 이 수준에 대한 논의를 통해 보다 정밀한 정확도가 산정된다면 정밀도로지도가 자율주행차의 안전운행을 지원하기 충분할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원 교통물류사업 “스마트 자율협력주행 도로시스템 개발” 과제의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

경찰청 (2011), 교통안전표지 설치·관리 매뉴얼.
 경찰청 (2012), 교통노면표시 설치·관리 매뉴얼.
 경찰청 (2013), 교통신호기 설치·관리 매뉴얼.
 관계부처 합동 (2015), ‘자율주행차 상용화 지원방안’ 보도자료, 2015.5.6.
 국토교통부 (2012), 도로안전시설 설치 및 관리 지침.
 국토교통부 (2015), ‘자율주행차, 내년 2월부터 수도권 일부 도로서 시험 운행’ 보도자료, 2015.10.29.
 국토교통부 (2015), 도로의 구조·시설에 관한 규칙.
 국토교통부 (2015), 수치지도 작성 작업규칙, 국토교통부령 제209호.
 국토지리정보원 (2009), 차량기반 멀티센서 측량시스템 실용화 등에 관한 연구.
 국토지리정보원 (2010), 차량기반 멀티센서 측량시스템 제도화연구.

국토지리정보원 (2012), 3차원국토공간정보구축작업규정, 제2012-1660호.
 국토지리정보원 (2012), 영상지도 제작에 관한 작업규정, 제2012-1665호.
 국토지리정보원 (2015), 공공측량 작업규정.
 국토지리정보원 (2015), 국가기본공간정보 데이터 모델 연구 및 시범DB 구축 연구결과보고서.
 국토지리정보원 (2015), 자율주행차 지원 등을 위한 정밀도로지도 구축방안 연구.
 日本 國土交通省 國土技術政策總合研究所 (2015), 大縮尺道路地圖の整備·更新手法に關する共同研究, 國土技術政策總合研究所資料 No.848.
 Google Self-Driving Car Project 홈페이지, 2016.06.28. 검색, <https://www.google.com/selfdrivingcar/>