

자율주행차의 위치정확도 향상을 위한 디지털 차선 모형의 연구

허완철¹ · 임춘성^{2*}

¹연세대학교 일반대학원 융합기술경영공학과 박사과정

²연세대학교 산업공학과 교수

Modeling of Digital Lane Marking System to Improve Positioning Accuracy for Autonomous Driving Vehicle

Wan-Chol Ho¹ · Choon-Seong Leem^{2*}

¹Department of Convergence Technology & Management Engineering, Yonsei University, Seoul 03722, Korea

²Department of Industrial Engineering, Yonsei University, Seoul 03722, Korea

[요 약]

그 동안 자율주행의 위치 측위 기술은 GNSS를 기반으로 활용되어 왔다. 그러나 터널이나 빌딩이 밀집한 도심의 경우 GNSS의 차폐 어려움이 아니라 비정상적인 수신 상태에 의해 정확한 위치를 측정하기 곤란하였다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 극복하기 위하여 카메라가 인식할 수 있도록 기존의 차선 위에 디지털 코드를 인쇄하는 디지털 차선 시스템 모델을 제시한다. 설계된 디지털 코드 프레임은 총 23 비트 길이이며, 하나의 코드 프레임은 2 개의 코드 블록 구조로 구성되고, 총 41 개의 서비스 코드 블록을 조합하여 적용된다. 또한 이를 통해 자율주행차와 사람주행차가 공존하는 동안 위치기반 안전주행 서비스를 제공할 수 있는 응용 방법론을 제시한다. 이 연구를 통해, 거의 모든 도로에 존재하는 단순한 차선 표시를 사용하여 위치 보정 및 주요 시설에 대한 정보를 미리 제공함으로써, 자율주행차 시장의 조기 활성화에 대한 레버리지 효과를 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

[Abstract]

The GNSS(global navigation satellite system) is used for positioning as part of autonomous driving systems. However, accurately determining locations in tunnels or downtown areas is difficult owing to abnormal signal reception and inherent errors in the GNSS. This paper proposes a digital lane marking system model that improves the positioning accuracy of autonomous driving vehicles using an in-vehicle camera-detectable digital code printed on legacy lane markings. The designed digital code frame is 23 bits long and is applied in cases where the code frame consists of a two-code block structure with 41 code blocks. Further, application use cases using the digital lane markings to provide location based services when autonomous-driven vehicles and human-driven vehicles coexist is also proposed. It is expected that this study will provide leverage effects for early activation of the autonomous vehicle market by providing safe driving information on location references and main facilities ahead using simple lane markings on virtually all roads.

색인어 : 자율주행차, 디지털 차선, 페일 세이프, 위치 정확도, 위치기반 서비스

Key word : Autonomous vehicle, Digital lane marking, Fail safeness, Location accuracy, Location based service

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2019.20.12.2455>



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 14 October 2019; **Revised** 02 November 2019

Accepted 15 December 2019

***Corresponding Author; Choon-Seong Leem**

Tel: +82-2-2123-4011

E-mail: leem@yonsei.ac.kr

1. 서론

자율주행차는 현재 도래되고 있는 4차 산업혁명의 시대에서 가장 촉망을 받고 있는 기술 복합체로 주행안정성의 향상, 교통용량의 증대, 교통혼잡 개선 등의 효과를 볼 것으로 기대되고 있다. 자율주행차를 통해 안전하고 쾌적한 도로교통 서비스의 실현이 가능해지기 위해서는 차선수준의 정확한 위치 파악이 핵심이다. 그러나 GPS만으로 위치 측위를 하는 경우 도심이나 터널에서 음영 및 반사로 인한 왜곡 문제가 심각하며, 관성 항법 시스템(INS; inertial navigation system)과 결합된 GPS로 수정하더라도 누적 오류로 인한 드리프트 문제를 완전히 해결하기가 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 그동안 GPS 자체, GPS와 다양한 센서들과의 연계 및 정밀 전자지도와의 연계 등을 통해 위치정확도를 향상시키기 위한 연구가 진행되어 왔다. 영상으로 검출된 노면표시를 EDM(extended digital map)과 매칭하는 센서 융합 기반 정밀 위치 결정 시스템이 연구되었으며 [1], 차선을 위치 랜드 마크로 지정하고, 차선 지도를 연계하여 경제적 효율성을 고려한 위치측위 연구도 진행되었다[2]. 이러한 기존의 연구들은 차선을 하나의 정보 객체로 활용하지 않고 단지 차선 자체를 활용하는 기술을 적용하고 있다. 1926년 영국의 에서 백색 차선을 공식적인 차선으로 규정한 이래[3], 자율주행차 시대가 다가오고 있는 현재까지도 대부분의 차선에 대한 연구는 차선 그 자체를 인식하는데 그치고 있는 것을 알 수 있다. 그런데 그동안 국내의 ITS 사업을 수행하는 과정에서, 만일 ‘도로가 차량과 소통을 할 수 있다면?’ 이라는 인사이트를 얻게 되었다. 모든 도로에 거의 존재하고 있는 차선에 IoT 기술을 적용하여 자율주행차 뿐만 아니라 사람주행차의 절대 위치 정확도 향상에 기여할 수 있는 방안을 고려하게 되었다.

자율주행차의 대략적인 구조는 주위환경의 인지를 통해 주행제어를 판단하는 제어부와 차량의 구동부를 제어하는 제어 메카니즘으로 구성된다[4]. 또한 디지털 차선은 기존 차선에 일정 값을 갖는 디지털 패턴을 인쇄한 차선의 모양을 갖는다. 이를 통해 자율주행차는 기존 차선에 인쇄된 디지털 차선을 카메라로 촬영 및 인식하고, 그 디지털 패턴의 일정 값을 판독하여 자율주행차의 제어부(또는 내비게이션의 위치 판정부 등)에 전달하는 기능을 수행한다. 본 연구는 자율주행차 뿐만 아니라 사람주행차에 대해 위치측위에 대한 패러다임을 바꾸는 연구이므로, 우선 디지털 코드 패턴의 설계, 해당 코드 패턴으로 부터의 정보를 통한 교통체계 측면의 활용방안을 제시하고자 한다. 아울러 본 연구는 수십 년 간 모든 운전자들에게 이미 익숙해져 있는 차선에 디지털 코드가 추가된 형상으로 변경하는 과제이다. 따라서 기존 운전자들의 시각적인 혼선을 줄이기 위한 기술/법·제도 측면에서의 고려해야 할 사항을 제시하고자 한다.

본 연구를 통해 상대적으로 적은 비용으로 차선에 디지털 코드를 추가함으로써 터널이나 도심지에서 위치측위의 보정 효과가 있을 것으로 사료된다. 특히 현재 차로의 위치, 위치기반 안전주행 정보를 미리 제공해 줌으로써 자율주행차 뿐만 아니

라 사람주행차에게도 안전주행에 기여하는 효과가 있을 것이다. 다만 기존 차선에 추가 도색해야 하며 눈이 쌓일 경우 인식이 어려운 문제가 있다. 그러나 본 연구는 fail safeness를 강화하기 위한 기존 측위기술의 보조 기능으로서 자율주행차의 상업화를 촉진시킬 수 있는 레버리지 효과를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 디지털 차선을 위한 코드프레임을 총 23 비트 길이, 하나의 코드 프레임은 2 개의 코드 블록 구조로 구성되고, 총 41 개의 서비스 코드 블록을 조합하여 응용 될 수 있다. 또한 기존 차선을 활용할 수 있도록 적합한 비트 길이를 사용하도록 방법론을 설계하였다. 이를 통해 다양한 분야의 전문가로부터 많은 의견을 듣고, 실증시험을 통해 자율주행차와의 구체적인 인터페이스 방안을 연구하고자 한다.

II. 관련 연구 고찰

자율주행차의 안정적인 운용을 위해 필수적인 핵심 요구사항으로서 정밀 위치측위와 관련 기술을 검토하고, 이를 바탕으로 기존의 수동적인 차선을 능동적으로 정보제공이 가능한 디지털 변환 트렌드를 분석하였다. 아울러 우리나라의 차선 규격을 살펴 본 후, 디지털 차선의 구현 가능성을 검토하였다. 이를 통해 아날로그 차선에 IoT를 추가함으로써 디지털 차선화 필요성에 대한 시사점을 도출하였다.

2-1 자율주행차의 위치 측정기술

1) GPS와 센서의 융합 기술동향

위성을 사용하는 GNSS 측위방식의 경우 표준 수평측위 정밀도가 약 ≤ 1.891 m 정도 이내[5], 이는 차선단위의 자율주행 측위 기준으로는 아직 너무 큰 값이다. 그러므로 기본 수신기로부터 수신된 정보와 공간적으로 분리된 고정 참조 기지국으로부터의 기본정보를 병합하는 DGPS(differential global positioning system) 또는 RTK(real time kinematic)등을 통해 더 높은 정확도를 얻고자 노력하고 있다. 그러나 RTK의 경우에도 일반적인 GNSS의 오차 원인인 위성 시간 및 궤도 오차, 전리층 및 대류권의 굴절, 다중경로 및 음영 효과 등의 문제가 동일하게 발생할 수 있으며 특히 빌딩이 밀집한 도심의 위성 음영지역에서는 정밀도가 크게 떨어질 수 있다[6]. 최근에는 3 차원(3D) 도시 지도와 차동 보정 정보를 사용하여 위성 신호 전송의 반사 경로를 시뮬레이션하고, 상업용 GNSS의 단일 주파수 수신기 결과를 향상시킬 수 있는 3D 맵 기반 차동 GNSS(3D map-aided differential GNSS) 등이 연구되고 있다[7].

2) 전자지도 기반의 위치 측위 동향

과거에는 cm급의 정확도를 갖는 정밀한 전자지도를 구축하는데 많은 어려움이 있었다. 그러나 한국의 국토지리정보원에

서는 차량에 정밀한 GNSS 및 라이더(lidar)·레이더(radar)·카메라 등 첨단 장치들이 부착된 차량을 운전하여 도로의 상황을 수집하는 MMS(mobile mapping system)를 활용하여 정밀 전자지도 제작하고 있다[8]. 이러한 지도들은 생성된 데이터를 기반으로 도로의 3D 수치 해석을 가능하게 하므로 한국의 자율주행차 시장을 위한 고정밀 전자지도의 제작에 적용되고 있다. 논문 [2]는 2차선 도로에서 인식된 차선과 Dead Reckoning 기능을 이용하는 저비용 고정밀 측위 방식으로서 PM-BLMR(pose measurement by back lane marking registry)를 연구하였다. 이 연구는 곡선도로에서 인식한 차선과 자체 보유한 전자지도상의 차선과 가장 잘 일치할 때에 후방 240 m의 위치를 지속적으로 갱신한다. 그러나 이 연구에서는 이러한 방식이 고속도로와 같은 기다란 선형의 도로에서는 계속 발생하는 누적오차로 인하여 적절한 방법이 아니라고 결론 내었다. 그러므로 이러한 문제를 해결하기 위해서는 도로의 정지선이나 횡단보도 선을 이용하는 방안이 필요하다고 분석하였다.

3) 도로의 시설물을 이용한 위치 측위 기술동향

자율주행차의 위치측정 기준으로는 차선과 도로상에 구축되어 있는 각종 시설물(표지판, 램프 등)을 인식하는 방법 등이 있다. 차선을 인식하는 기능으로서 영상인식센서를 이용하여 전방 차선을 인식하고 스티어링 휠을 제어하여 차선을 유지할 수 있도록 지원하는 차선유지 기능(LKAS; lane keeping assistance system) 또는 차선이탈경고 기능(LDWS; lane departure warning system) 등에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 차선을 이용하는 위치측위 방식의 예로써, Lidar를 이용한 시스템은 요구되는 정확도와 일관적인 성능 요구조건에 비하여 적용해야 할 Lidar 설비가 고가이며 높은 연산능력이 필요하므로, 저비용의 3D 영상시스템을 고안하여 차선 수준의 위치 정확도에 대한 연구가 실시된 바 있다[9].

또 다른 연구로는 자율주행 시 GNSS 위치신호 수신에 어려운 터널 내에서 사용되는 추측항법의 오차를 일정수준 이하로 유지하기 위하여 기존 도로시설물을 이용한 오차 보정을 위한 시설물의 선정 방법을 제안하였다[10]. 이 연구에서는 시설물의 모양, 설치위치 등 다양성 검토와 영상 및 Lidar 센서 조사로 얼마나 잘 인식하는 지에 대한 인지성 조사 등을 수행하였다. 그 결과 측위오차 보정 지원시설로 소화전함, 안내표지(50 m), 유도표지등 A형(300 m), 차선제어설비(500 m), 최고/최저속도 제한 표지 및 제트 팬 등을 선정하여 기존 시설물만으로 오차보정이 가능하다고 판단하였다.

4) 복합 위치측위 기술동향

위치측위를 위해 차량 내부(on-board)의 각종 센서와 차량 외부로부터의(off-board)의 정보를 이용하는 방식들을 비교 연구한 결과를 보면 상호 장단점을 갖고 있다는 것을 알 수 있다 [11]. On-board Sensor 방식의 경우 자율주행차에 필요한 정확도를 확보 가능하나 센서의 높은 비용과 다양한 주행환경(코너

와 교차로, 야간 및 강설 등)에 대한 성능의 제약조건의 문제가 있다. 또한 차량의 센서 시스템에 부가하여 V2X(vehicle to everything)통신을 통해 수집되는 정보를 이용하는 Off-board Sensor 정보이용 방식의 경우 저렴한 비용으로 높은 정확도를 달성할 수 있으나, 그 성능은 인근의 연결된 차량이나 인프라 설비의 분포에 영향을 받는다는 한계를 갖고 있다.

2-2 Digital Lane관련 선행연구 및 사례 검토

현재 국내의 사례를 조사한 결과 도로의 차선 위에 직접 바코드를 인쇄하여 정보를 제공하는 서비스 또는 유사한 서비스 시스템은 없는 것으로 파악되었다. 국내의 교통 분야와 관련된 도로면에 표시한 바코드의 사례로써, 2011년 경기도 안산에 위치한 경기도 미술박물관의 국제광고전시 행사를 위한 예술작품으로써 횡단보도에 바코드가 인쇄되어 전시된 바가 있었다. 다만, 이러한 바코드 형태는 어떠한 정보 표출용이라기보다는 단순히 디자인 전시 측면의 바코드 형태로 전시되었다.

해외사례로서는 3M사의 경우 일반적인 표지판 내부에 육안으로는 보이지 않으나, 근적외선(near-infrared)으로 인식이 가능한 QR code를 인식 가능한 표지판에 인쇄함으로써 일반주행차의 사람 운전자에게 뿐 아니라 자율주행차에게도 정확한 메시지를 전달할 수 있는 바코드 표지판을 시험하였다[12].

본 연구와 가장 유사한 연구는 차동 직교 인코딩(differential orthogonal encoding scheme) 방식의 적용을 기반으로 한 디지털 차선 방법의 연구이다. 이 연구의 방법론은 흰색과 검은 색 점을 세로 및 가로 방향으로 다중 결합하는 비트 패턴을 차선에 인쇄하는 방식이다. 이들은 고속 주행 시 패턴 모듈의 크기가 감소되므로 패턴 동기방식을 사용하였다. 그러나 디지털 코드 패턴의 세부적인 운영 전략이나 운영 사례를 제시하지 않았으며, 이후에도 상용화 움직임이 보이지 않고 있다[13].

2-3 자율주행차 시대를 위한 도로시설의 규정과 동향

우리나라 차선의 종류는 중앙선, 차선, 길가장자리구역선, 진로변경제한선, 전용차선, 유턴구역선 및 유도선으로 구분한다. 노면표시에 사용하는 선은 점선, 실선, 복선으로 구분하며, 이들 각각은 선의 종류에 따라 도색길이(L1), 빈길이(L2), 너비(W), 간격(S)으로 구성한다. 도색길이는 노면표시 중 도색된 면의 길이를, 빈길이는 노면표시 중 도색하지 않은 면의 길이를 의미한다. 일반적으로 도로의 차선폭은 15 cm이며, 도색부분의 길이는 3 m - 10 m, 도색부분간의 빈길이는 (1-2)×도색길이로서 5 m - 10 m로 구성되어 있다[14].

한국도로교통공단에서는 자율주행자동차 임시운행 자격을 갖춘 17개 기관을 대상으로 설문요청한 후에 응답된 설문내용을 바탕으로 자율주행자동차 그룹의 의견을 정리하였다. 그 결과 노면표시와 관련하여 인식에 큰 어려움은 없는 것으로 조사되었으나, 노면표시의 훼손 및 반사성능 저하에 따른 인식에 어려움이 있는 것으로 조사되었다. 이에 대한 자율주행자동차

차 그룹의 대응방안으로는 국제적으로 동일한 형태의 노면표시(예, 차선)의 경우 인식률에 크게 문제가 되지 않으나, 차선을 제외한 부분은 인식률이 높지 않는 것으로 조사되었다[15].

최근에는 자율주행차의 자동화 레벨 뿐 아니라, 자율주행차와 밀접한 관계를 갖고 있는 도로 인프라와의 하모니를 위한 도로정책도 연구되고 있다. 국내에서는 5단계의 도로정책을 구분하여, 자율주행차에 디지털 인프라를 제공하는 Level 3와 완전 자율주행 전용 도로인 Level 5 등으로 구분한다[16]. 또한 해외 연구로서는 기존 도로체계인 Level 1과 자율주행차가 외부 센서를 사용하므로 도로 및 표지판의 재시공 등을 고려한 Level 2 - 3 그리고 전용도로의 신설 등 적극적인 인프라 개선이 반영된 Level 4 - 5로 구분한 도로정책을 연구하고 있다[17].

이러한 차선 규격은 인간이 운전하는 경우를 기준으로 하는 표준으로 운영되고 있으며, 자율주행차가 일반 차량과 혼재된 상황에서는 자율주행차 뿐 아니라 일반 사람주행차에 대해서도 해당 차선을 명확히 구분할 수 있어야 할 것이다.

2-4. 관련 연구결과를 통한 시사점

이상의 선행연구 사례를 살펴 볼 때, 자율주행차 뿐 아니라 사람주행차에 대한 위치 측위의 중요성과 이에 따른 차선의 중요성이 인정되어 다양한 연구와 상용화가 진행되고 있는 것으로 파악되었다. 다만, 차량이 존재하는 도로 위에서 기존 차선을 활용하여 정보교환을 활용한 사례는 아직 확인되지 않았다. 따라서 만일 ‘도로(차선)이 차량과 소통할 수 있다면?’이라는 인사이트를 얻게 되었다.

III. Digital Lane System 모형의 개발

3-1. DLS 개념의 설계

자율주행차 시대에서는 자율주행차의 절대적 위치(즉 차선을 기준으로 하는 차선변경 등)와 상대적 위치(정지선, ramp 등 주요 지표 대비 자율주행차의 위치파악 등)를 판정함으로써 안전한 자율주행을 보장할 수 있다. 그런데, GPS 전파가 도달하지 않는 터널 내에서 현재 위치 및 차로 번호를 정확히 파악할 필요가 있다. 또한 횡단보도 정지선에서 정확히 또는 그 이전에 적정하게 감속 및 정지하기 위해서는 현재 속도를 감안하여 어느 지점에서 감속하고, 다음 어느 지점에서 브레이크를 가동하여 정확히 정지할 수 있는지 기준점을 제시할 필요가 있다는 등의 니즈가 파악되었다. 따라서 정밀도를 유지하면서도 안정성을 확보하고 유연하게 정보를 수집할 수 있는 수단의 필요성이 제기되었다.

이러한 필요성을 바탕으로, 직접 운전을 하면서 모든 차량들과 도로 인프라의 종류별로 어떠한 새로운 가치를 창출할 수 있는지 검토하였다. 그 결과 모든 자율주행차 관련 전문가들로부터 평가절하 받은 객체는 차선으로 파악되었다. 거의 모든 도로

에 표시된 차선은 단지 실선과 점선, 청/황/백색의 선 그 이상의 가치를 부여하지 않고, 차선자체를 단지 인식만 하면 되는 단순한 객체로 인식되어 왔다고 본다. 그런데 유무선 통신망의 기초 통신기술인 모스 부호나 제품에 부착된 바코드들은 결국 점선으로 구성된 기술이라는 점을 차선에 적용 할 수 있다면, 단순한 선에 지나지 않았던 차선에 정보제공을 위한 가치를 부여할 수 있다고 판단하였다. 특히 차선은 자율주행차 카메라에 의한 인지가 가능하므로, 기존 차선에 적정 코드를 부여함으로써 위치측위의 매체로 활용할 수 있을 것으로 추정하였다. 따라서 본 연구에서는 기존의 도색된 차선의 실선과 점선으로 도색된 차선에 보다 짧은 비트 구조의 디지털 코드를 추가(인쇄 또는 테이핑)하고, 차량의 카메라를 통해 해당 코드를 인식함으로써 현재의 위치를 정확하게 파악할 수 있다. 아울러 이러한 디지털 코드를 이용하여 특정정보를 제공함으로써 자율주행차의 정확한 위치제어를 보조할 수 있는 시스템을 DLS(digital lane marking system)로 명명하고 실제적인 응용서비스 구현방안을 연구하고자 한다.

3-2 DLS 시스템의 주요 구성 요소

DLS 시스템은 인간이 주행하는 자율주행차가 주행하는 차량의 주행기준은 ‘차선’이라는 관점에서 시작되었다. 주요 구성요소로는 차선에 추가하는 DLS 코드, 차량에 부착하는 DLS 제어기(인식 및 인식결과 송신 기능) 및 DLS 코드를 기존 차선에 추가 도색하는 수동 또는 자동 도색장치로 구성된다.

1) DLS 코드의 구성

일반적으로 바코드는 EAN-8, EAN-13과 같은 1차원 바코드와 QR코드와 같은 2차원 바코드 등으로 표준화 되어 있다. 1차원 바코드는 굵거나 가는 바(검은 막대)와 스페이스(흰 막대)의 조합에 의해 숫자 또는 특수 기호를 광학적으로 판독하기 쉽게 부호화함으로써, 심벌로지라고 하는 바코드 언어에 의해 정의된 규칙에 의해 만들어진다. QR코드와 같은 2차원(2D) 심벌로지는 양축(x 방향, y 방향)으로 데이터를 배열시켜 평면화 시킨 기술로서 기존의 일차원(1D) 바코드 심벌로지가 갖는 데이터 용량의 한계를 넘었다.

그러나 도로면의 차선에 너무 많은 띠(mark/space) 또는 너무 작은 2차원 심벌로지가 있을 경우, 주행 중인 차량의 카메라에서 이러한 바코드를 영상신호를 통해 인식하기 어려운 점으로 파악되었다. 따라서 가능한 쉽고 신속하게 영상 인식되기 위해서는 가능한 단순하고 넓은 면적을 갖는 디지털 코드가 필요할 것으로 분석되었다. 또한 동시에 기존의 차선 길이를 변경하지 않는 범위 내에서 다양한 정보를 제공할 수 있도록 적정한 숫자의 비트를 구성하여야 할 필요가 있다.

2) 시스템 구성

이상에서 검토한 DLS 시스템의 주요 구성요소는 기존 차선

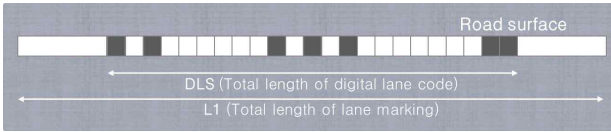


그림 1. 점선 차선과 DLS코드 프레임의 길이 비율(70%)
 Fig. 1. Length ratio between dotted lane marking and DLS code frame(70%)

에 추가하는 DLS 코드와 차량에 부착하는 DLS 제어기(인 코드 인식 및 인식결과 송신 기능) 및 DLS 코드를 도색하는 수동 또는 자동 도색장치로 구성된다. 차량에 장착된 DLS 제어기의 패턴인식 기능을 통해 DLS 코드를 인식하고 해당 코드의 정보를 인식한 후, 위치의 파악 및 자율주행차(또는 사람주행차)의 제어부를 구동할 수 있도록 구성한다. 이 때 중요한 부분은 영상 처리장치 등을 이용하여 쉽고 다양한 정보를 체계적으로 인지할 수 있도록 DLS코드 체계를 설계하는 기술이다.

3-3 DLS 코드의 설계

1) DLS 코드의 용어 정의

일반적으로 도로의 차선폭은 15 cm이므로 차선의 길이 방향으로 약 15 cm 길이를 하나의 디지털 코드로서, 디지털 이론에서와 같이 비트(bit)로 표현하며, 차선의 베이스인 청색, 황색 및 백색 선 부분은 ‘0’ 그리고 추가되는 검정색 부분은 ‘1’로 표현한다. 또한 다양한 정보를 표출하기 위하여 여러 개의 비트를 조합한 구성을 코드블록(code block)으로 표현하며, 본 DLS 시스템은 2개의 블록으로 구성한다. 그리고 2개의 블록을 합쳐 구성된 전체 구조를 코드프레임(code frame)으로 정의하였다.

2) DLS 코드 블록 설계의 전제 조건

앞서 살펴 본 바와 같이 차선의 도색길이(L1) 및 빈길이(L2)는 도로 위계별로 상이하므로 전체 DLS 코드프레임의 크기는 차선의 인쇄된 부분(L1)을 초과하지 않도록 하였다. 동시에 충분한 배경 컬러를 확보함으로써 영상인식의 편의를 위하여 그림 1과 같이 약 70%의 간격을 유지하도록 설계할 필요가 있다고 가정하였다.

다음으로 차량이 이동하는 환경에서 영상을 이용하여 코드

를 인식하기 위해서는 가능한 단순한 구성으로 적절한 정보를 표출할 수 있어야 한다. 이 때 한 개의 블록을 구성하는 비트의 수는 표현할 콘텐츠의 숫자를 표현할 수 있어야 하며, 그 용량은 2^n (n은 비트의 수)으로 표현될 수 있다. 따라서 5 비트를 통해 32개의 정보($2^5=32$), 6 비트를 통해 64개의 정보($2^6=64$) 등으로 표현할 수 있는 객체를 확대해 나갈 수 있다. 그러나 많은 정보 객체를 표현하고자 많은 비트를 사용할 경우 기존 차선의 도색길이(L1)을 초과하게 되며, 따라서 추가적인 차선의 시공 또는 영상에 의한 패턴인식 기능에 영향을 줄 수 있다. 따라서 가설로서 6 비트 체계를 선정할 후 세부적인 코드 프레임을 설계한 후에 그 적정성을 검증하고, 필요시 소요 비트 수를 조정하고자 한다.

3) 코드 블록의 설계

단순히 많은 정보 표현을 위해 많은 비트를 설계할 경우 ‘1’ 또는 ‘0’이 연속되는 비트 패턴이 발생하므로 영상인식 과정에서 오차가 발생함으로써 오류가 발생할 수 있다. 이를 해소하기 위하여 일반 유무선 통신의 경우에서와 동일한 비트 ‘1’ 또는 ‘0’이 연속으로 발생되지 않게 하는 스크램블링(scrambling) 기능을 차용하였다. DLS 코드의 경우에는 스크램블링 기능을 적용하기 어려우므로, 시뮬레이션을 통해 연속되는 ‘1’ 또는 ‘0’을 가능한 피하도록 코드블록을 설계하였다. 기본 설계에 있어서는 6비트 구조체계 아래서 연속되는 ‘1’ 또는 ‘0’이 4개 이상 이어질 경우 패턴 인식에 오류가 발생할 가능성이 있다. 따라서 $2^6(=64)$ 개의 비트 패턴 중 연속되는 ‘1’ 또는 ‘0’이 4개 이상 이어지는 경우를 제외하면 총 41개의 패턴을 추출할 수 있다. 즉, 총 41개의 코드 패턴을 이용하여 41종의 콘텐츠를 만들 수 있게 된다. 그런데 시뮬레이션 결과, 단순히 6비트 코드블록으로 41종의 정보체계를 구성하여 DLS시스템에 대한 서비스 콘텐츠와 숫자 콘텐츠를 구분할 경우 그 수효가 매우 부족할 것으로 파악되었다. 예를 들어 횡단보도 정지선 전방 100 m, 50 m, 5 m를 표현하고자 할 경우에 총 4개의 비트패턴이 필요하게 되므로 다양한 콘텐츠를 직접적으로 표현하기 위해서는 보다 많은 비트가 필요하게 되며 따라서 비트 패턴이 과다하게 길게 되는 문제가 발생된다. 따라서 본 연구에서는 제한적인 비트패턴을 조합함으로써 소프트웨어적으로 다양한 콘텐츠를 확장하는 방안을 고려하였다. 서비스 콘텐츠는 그 자체로 하나의 코드패턴

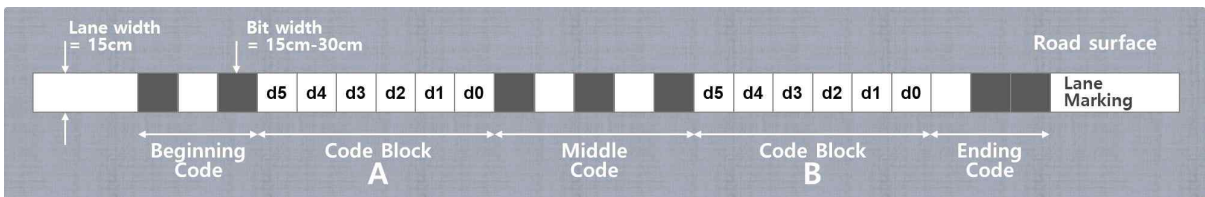


그림 2. 도로 위에 인쇄된 2개의 코드블럭과 시작/중간/종료 코드로 구분되어 총 23bit로 설계된 DLS 코드프레임
 Fig. 2. Designed DLS code frame consisting of two code blocks and beginning/middle/ending codes with a total of 23 bits printed on the road

을 할당할 수밖에 없으나, 숫자 콘텐츠의 경우 2개의 비트패턴을 곱하기로 연산할 경우 다양한 숫자를 표현할 수 있다. 예를 들어 비트패턴을 2개의 블록으로 구분하고, 2개의 코드블록을 각각 곱하기로 연산한다면 보다 다양한 숫자를 표현할 수 있다. 즉 코드블록 A의 위치에 '3'과 코드블록 B의 위치에 '100'을 표현할 경우 300(=3×100)으로 연산이 가능함으로써 여러 가지 숫자를 표현할 수 있으므로 터널 내부의 경우 현재의 위치를 다양하게 측정할 수 있을 것이다.

또한 DLS 코드가 조합된 DLS 블록을 영상인식기가 혼동하지 않도록 일반 통신이론에서와 같이 시작코드와 종료 코드로 구분함으로써 하나의 DLS 코드블록을 추출하기 쉽도록 설계하였다. 또한 DLS 코드프레임을 2개의 코드 블록으로 구성하게 되므로 2개의 코드블록 사이에 중간코드를 삽입함으로써 2개의 코드블록을 쉽게 구분하여 인식할 수 있다. 이를 통해 단일 시작코드와 종료코드가 지정된 코드 패턴을 벗어날 경우 데이터 처리를 포기함으로써 오작동을 방지하도록 하였다. 본 연구에서는 그림 2와 같이 시작코드를 '1, 0, 1', 중간코드를 '1, 0, 1, 0, 1'로 그리고 종료코드는 '0, 1, 1'로 구성하였다.

이상에서 설계된 DLS 코드의 구성을 요약하면 2개의 DLS 코드블록(6비트 구성)과 시작/종료코드 각 3비트 및 중간코드 5비트를 포함하여 총 23개 비트로 구성된 DLS 코드프레임을 그림 2와 같이 표현 할 수 있다.

4) DLS 서비스 콘텐츠 설계

2개의 코드 블록을 효율적으로 사용하기 위해 상위비트(d5)가 '0'인 경우를 코드블록 A(22개 비트 코드), '1'인 경우를 코드블록 B(19개 비트 코드)로 구분하였다. 이를 통해 블록 A는 주요 지점을 나타내는 서비스 코드, 블록 B는 숫자를 표현하는 숫자코드로 구분하여 기본적인 서비스 객체를 설정하였다. 또한 기본적인 코드블록과 코드프레임을 기준으로 각 코드 패턴에 대한 콘텐츠를 적용하기 위해 「도로교통법 시행규칙」과 「교통안전표지 설치 및 관리 매뉴얼」에 제시되어있는 안전표지 125개(주의 39개, 규제 27개, 지시 32개, 보조 27개)와 신규 교통안전표지를 기준으로 자율주행차가 판단해야할 위치의 예시를 설정하였다. 다만, 본 연구에서는 서비스 코드를 자율주행차에 직접 구체적으로 적용하기 어려운 관계로, 표 1 및 표 2와 같이 사람주행차의 관점에서 주요 서비스 코드를 선정하였다.

표 1의 코드블록 A에서는 총 22개 중 13개 서비스를 우선 선정하였다. 현재 주행차로의 위치(1, 2, 3 차로 등), GNSS가 중단될 수 있는 터널이 전방 몇 m에 있는지 또한 전방 몇 m에 램프가 있으므로 차선을 언제쯤부터 변경해야 하는지 등을 직접 차량을 운전하면서 예상되는 서비스 오브젝트를 선정하였다.

또한 표 2와 같이 코드블록 B에 표시되는 숫자 코드의 경우 단순히 차선의 위치를 표시할 경우 1~10까지의 단 단위로 표시할 수 있다. 여러 종류의 거리를 나타낼 경우에는 코드블록 A와 코드블록 B를 모두 숫자 코드로 표시함으로써 다양하게 거

표 1. Code block A 테이블 - 22 Service

Table 1. Classified table of code block A - 22 Service

B 3 (*1)	Code block A						M 1 (*2)	Object
	d5	d4	d3	d2	d1	d0		
/	0	0	0	0	0	0	/	
/	0	0	0	0	0	1	/	
/	0	0	0	0	1	0	/	
/	0	0	0	0	1	1	/	
/	0	0	0	1	0	0	/	TBD
/	0	0	0	1	0	1	/	Lane
/	0	0	0	1	1	0	/	Tunnel
/	0	0	0	1	1	1	/	
/	0	0	1	0	0	0	/	Ramp
/	0	0	1	0	0	1	/	TBD
/	0	0	1	0	1	0	/	Slope
/	0	0	1	0	1	1	/	Bridge
/	0	0	1	1	0	0	/	TBD
/	0	0	1	1	0	1	/	Intersection
/	0	0	1	1	1	0	/	Crosswalk
/	0	0	1	1	1	1	/	
/	0	1	0	0	0	0	/	
/	0	1	0	0	0	1	/	Stop line
/	0	1	0	0	1	0	/	TBD
/	0	1	0	0	1	1	/	Left joinong
/	0	1	0	1	0	0	/	Right joining
/	0	1	0	1	0	1	/	TBD
/	0	1	0	1	1	0	/	Alert area
/	0	1	0	1	1	1	/	
/	0	1	1	0	0	0	/	TBD
/	0	1	1	0	0	1	/	Begining
/	0	1	1	0	1	0	/	Ending
/	0	1	1	0	1	1	/	TBD
/	0	1	1	1	0	0	/	TBD
/	0	1	1	1	0	1	/	TBD
/	0	1	1	1	1	0	/	
/	0	1	1	1	1	1	/	

(*1) B3: The third bit of beginning code (1. 0. 1)
 (*2) M1: The first bit of middle code (1, 0, 1, 0, 1)

표 2. Code block B 테이블 - 19 Numeric

Table 2. Classified table of code block B - 19 Numeric

M 5 (*1)	Code block B						E 1 (*2)	Object
	d5	d4	d3	d2	d1	d0		
/	1	0	0	0	0	0	0	
/	1	0	0	0	0	1	0	
/	1	0	0	0	1	0	0	1
/	1	0	0	0	1	1	0	2
/	1	0	0	1	0	0	0	3
/	1	0	0	1	0	1	0	4
/	1	0	0	1	1	0	0	5
/	1	0	0	1	1	1	0	6
/	1	0	1	0	0	0	0	
/	1	0	1	0	0	1	0	7
/	1	0	1	0	1	0	0	8
/	1	0	1	0	1	1	0	9
/	1	0	1	1	0	0	0	10
/	1	0	1	1	0	1	0	TBD
/	1	0	1	1	1	0	0	30
/	1	0	1	1	1	1	0	
/	1	1	0	0	0	0	0	
/	1	1	0	0	0	1	0	50
/	1	1	0	0	1	0	0	100
/	1	1	0	0	1	1	0	300
/	1	1	0	1	0	0	0	TBD
/	1	1	0	1	0	1	0	TBD
/	1	1	0	1	1	0	0	TBD
/	1	1	0	1	1	1	0	TBD
/	1	1	1	0	0	0	0	
/	1	1	1	0	0	1	0	
/	1	1	1	0	1	0	0	
/	1	1	1	0	1	1	0	
/	1	1	1	1	0	0	0	
/	1	1	1	1	0	1	0	
/	1	1	1	1	1	0	0	
/	1	1	1	1	1	1	0	

(*1) M5: The fifth bit of middle code (1. 0. 1, 0, 1)
 (*2) E1: The first bit of ending code (0, 1, 1)

리를 숫자로 표시할 수 있도록 30, 50, 100, 300 단위숫자 등 총 19개 코드 중 14개를 선정하였다. 이러한 숫자들은 곱하기 연산을 통해 다양한 숫자로 확대될 수 있으며, 실증시험 시 세분화되어 구성될 수 있다. 또한 향후 확장성을 고려하여 정의되지 않은 코드 패턴은 예비 코드(TBD; to be defined)로 남겨 두었다.

5) DLS 코드의 도색 방안

DLS시스템을 적용하기 위해서는, 기존 인프라를 가능한 적게 변경하는 것이 조기 사업화 및 확산에 도움 될 것으로 본다. 따라서 본 연구에서는 DLS 코드를 기존 도로의 차선에 도색(painting)하는 방안을 제시한다. 영상인식 차원에서 백그라운드인 아스팔트(검정색) 또는 시멘트(회색)이며 차선은 황색, 청색 및 백색이라는 기준아래 기존 차선에 검정색을 덧칠함으로써 디지털 코드로 표현하고자 한다. 즉 기존 차선 색상은 바코드의 스페이스로 대응하고, 덧칠하는 검정색은 마크로 대응하여 처리하는 형태이다. 따라서 모든 도로의 모든 차선을 신규로 도색할 필요가 없이 기존 차선에 추가 도색(또는 임시도로의 경우 테이핑 처리)을 통해 구현 가능하므로 차선 개조 기간이 짧고 소규모 예산으로 진행이 가능하다는 특징이 검토되었다. 본 연구에서는 무광택 검정색 시트지를 이용하여 그림 3과 같이 황색 중앙선에 ‘Lane No. 3’ 값(101_000101_10101_100100_011)을 갖는 코드프레임을 부착하고, 승용차 상단부분에 갤럭시 노트의 카메라를 이용하여 촬영하였다.

이 때 기존 차선에 덧칠할 경우(기존 차선에 도색 또는 유지관리 차원에서 추가도색) 수동 도색장비나 페인팅 로봇을 이용한 자동도색 장비를 이용하여 도색하는 솔루션이 경제적이며 시간 및 경제적 측면에서 효율적일 것으로 예상된다[18]. 그러나 세부적인 도색 방법은 DLS 시스템이 검증된 후에 상용화되어야 할 단계이므로 도색방법은 다음 연구과제로 유보하도록 한다.

3-4 DLS 응용 서비스 유즈 케이스

DLS 시스템은 다양한 도로환경에서 적용할 수 있는 기술로 예상되며 세부적인 운영방안은 교통공학, 자율주행차 및 인간공학 전문가들의 협의를 통해 콘텐츠가 세부적으로 설계되어야 할 필요가 있다. 우선, 본 연구에서는 다음과 같이 DLS 시스템의 응용방안에 대한 방향을 제시하고자 한다.



그림 3. 촬영 카메라 및 DLS 코드 테이핑 시험(차선 No. 3)
Fig. 3. Camera and DLS code taping test(Lane No. 3)

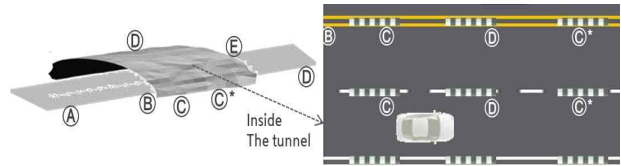


그림 4. 터널 내부에서의 위치보정 예시
Fig. 4. Example of positioning correction inside tunnel

1) 터널 또는 도심에서의 위치측위 보정

Case

: Entering - Positioning - Exit (Deceleration command)

- Ⓐ 03 (Tunnel)_35 (50) : A tunnel in front of 50 m
- Ⓑ 03 (Tunnel)_18 (Start) : Tunnel starting point
- Ⓒ 25 (03)_35 (50) : 150 m point inside tunnel
- Ⓓ 29 (07)_36 (100) : 700 m point inside tunnel
- Ⓔ 02 (Lane)_24 (02) : Currently lane No. 2
- Ⓕ 19 (End)_13 (100) : Exit in front of 100 m

일반적으로 터널이나 고층빌딩이 밀집한 도심에서는 GPS를 이용하여 정확한 위치를 결정하기가 어려우므로 그림 4와 같이 DLS 시스템을 이용하여 위치를 파악할 수 있다. 터널 진입 전 50 m 전방에서 터널이 있다는 메시지(Ⓐ)를 안내해 주고, 진입 후에는 100 m(Ⓒ, 좀 더 세분화 할 수 있음) 간격으로 현재 위치와 동시에 현재 주행하고 있는 차로 번호(그림 4.에서는 2번 차로, Ⓔ)를 파악할 수 있다. 또한 터널 출구 100 m 전방에서 출구를 안내함으로써 차량의 감속을 통해 안전주행이 가능할 수 있다. 이를 통해, 만일 터널 내부에서 돌발상황이 발생 시에는 터널 내부의 위치, 현재 차로 위치 등에 대한 정보를 알려줌으로써 신속한 구조가 가능할 수 있다.

2) 정지선 전방에서의 감속 및 정지

Case

: Forward crosswalk → deceleration → stop

- Ⓐ 10 (Crosswalk)_34 (30) : Crosswalk 30 m ahead
- Ⓑ 02 (Lane)_24 (02) : Currently lane No. 2
- Ⓒ 10 (Crosswalk)_25 (03) : Activate brake to stop because of crosswalk in front at 3 m

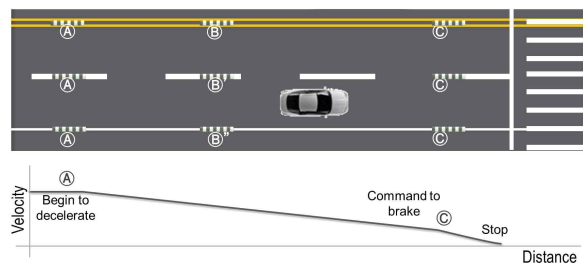


그림 5. 전방 정지선에서의 감속 및 정지 예시
Fig. 5. Example of deceleration and braking control

그림 5는 일반 도시부 도로에서 횡단보도 정지선에 대한 세 가지 유형의 작동 패턴을 제시하고 있다. 먼저, 자율주행차의 제어부에서 전방에 위치한 적색 신호등을 감지한 후, DLS 시스템은 30 m 전방에 정지선이 있다는 정보(A)를 자율주행차의 제어부에 전달하면, 자율주행차의 메카니즘 제어부가 감속하기 시작한다. 그 다음 필요한 경우, 차량이 현재 운전하고 있는 현재 차로 번호(B)를 식별한 후에, 약 3 m 전방에서 자율주행차의 브레이크 장치를 구동함으로써 정지선 앞에서 멈출 수 있다. 단, 본 기능은 자율주행차의 속도와 거리에 대한 함수이므로 실증시험을 통해 세부적인 구동 시점을 선정할 예정이다.

3) 진출램프의 진입 안내

Case

: Ramp ahead → Steering control → Sharp bend ahead

- Ⓐ 02 (Lane)_23 (01) : Currently lane No. 1
- Ⓑ 04 (Ramp)_35 (50) : Ramp in front at 50 m
- Ⓒ 04 (Ramp)_18 (Start) : Ramp starting position (Accessible)
- Ⓓ 04 (Ramp)_24 (02) : Currently lane No. 1
- Ⓔ 16 (Attention)_18 (start) : Beginning of the zone

그림 6은 고속도로로 주행 중 인터체인지 또는 램프에서 출구 동작의 예시로서, DLS 시스템은 1번 차로를 통해 램프에 접근하는 동안, 램프가 약 50 m 전방에 있다는 정보(B)를 자율주행차에 제공하고, 이를 통해 램프에 접근할 수 있도록 차로를 변경하게 된다. 이어서, 출구 램프로 진입하기에 적절한 위치(C)에서, 자율주행차는 DLS 정보를 사용하여 방향을 제어하기 시작한다. 램프에 진입(D)한 후에, 곡선이 급격한 커브 상태(E)인 경우에는 DLS 코드 블록의 주의지점(E) 정보를 이용하여 서행을 유도함으로써 안전주행이 가능하게 될 것이다.

4) 언덕부에서의 기어 제어

Case

: Hill climbing and gear changing

- Ⓐ 06 (Slope)_18 (Beginning): Beginning of the slope Control “gear down mode”
- Ⓑ 06 (Slope)_19 (Ending) : Ending of the slope Control “gear drive mode”

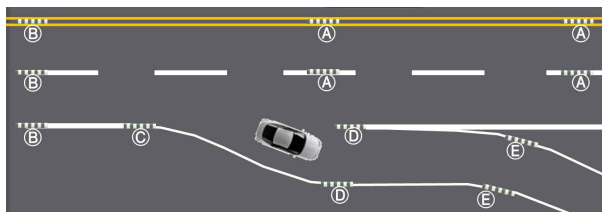


그림 6. 진출램프의 진입 안내 예시
Fig. 6. Example of operation to access a ramp



그림 7. 언덕부에서의 기어 제어 예시
Fig. 7. Example of gear control while hill climbing

그림 7은 자율주행차 뿐만 아니라 일반 사람주행차량의 ADAS(advanced driver assistance system)에 사용될 수 있는 기능이다. ADAS 제어 기능이 있는 차량은 DLS 서비스를 사용하여 언덕이 시작되는 오르막(A) 또는 내리막 경사에서 차량 기어를 자동으로 변속 할 수 있다. 이 기능은 연료 소비를 줄이고 교통 흐름을 촉진할 수 있으며, 학교 구역, 안개 지역 및 결빙 지역과 같이 감속이 필요한 주요 지역에서도 사용할 수 있다.

5) 차량 내 단말기 인터페이스 서비스

Case

: Driving → High Pass → Driving Guide

- Ⓐ 02(Lane)_25(03) : Currently lane No. 3
- Ⓑ 16(Attention)_36(100 m) : Toll gate 100 m ahead
“There is a toll gate on the first lane 100 m ahead”
- Ⓒ 16(Attention)_18(Start) : Entering the toll booth
“There is a tollgate, please slowdown”
- Ⓓ 16(Attention)_37(300) : Ramp in front at 300 m
“There is an exit ramp 300 m ahead”
- Ⓔ 04(Ramp)_35(50) : Ramp in front at 50 m

Note: " " means audio message from in-vehicle terminal

국내외의 많은 유료 도로에는 그림 8과 같이 자동요금징수 및 수동요금징수 시스템 차선이 혼합되어 구성되어 있다. 하나의 운영 시나리오 사례로서, 첫 번째 차선에 자동요금징수 차선이 있고 차량이 세 번째 차선을 따라 운전 중일 때, 요금소 직전에서의 급차선 변경으로 인한 사고의 위험이 있다. 만일 요금소 입구 근처에서 차선을 미리 변경할 수 있다면 많은 위험한 주행을 예방할 수 있다. 따라서 DLS 시스템을 통해 전방의 주요 교통상황 또는 시설(요금소의 자동요금징수 차로, 램프 출구, 공사중 현장 등)이 있다는 정보를 인지한 후, 차량의 내부에 장착

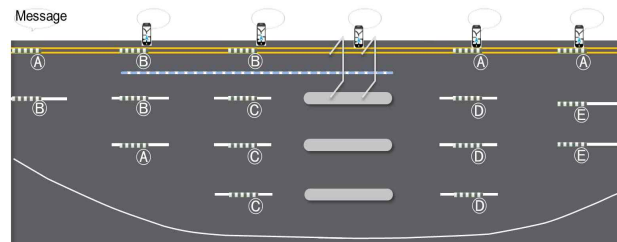


그림 8. DLS 시스템과 차량 내부 단말기 인터페이스 예시
Fig. 8. Example of interface between the DLS system and in-vehicle terminal

된 단말기의 가청 정보를 통해 차선을 미리 변경(또는 자율주행차에서 자동으로 차로 변경) 하도록 함으로써 안전한 주행을 지원할 수 있다. 이러한 정보는 내비게이션, 하이패스 단말기, 차량 내부의 블랙박스 등에서 가시 및 가청 정보를 통해 전방에 자동요금징수 차로가 있는지, 긴급 공사현장이 있는지 등 다양한 도로 환경에 대한 정보를 확인할 수 있다.

6) 고속도로에서의 활용 사례

아울러 이러한 DLS 코드체계를 바탕으로 그림 9와 같이 고속도로의 터널의 진입과 터널내부에서의 위치, 램프 인근에서 위치를 파악하여 차선변경과 램프 진입(또는 진출 등)을 유도할 수 있도록 DLS 시스템 운영사례를 제시하였다. 구체적인 운영방법으로서, 터널 진입 전 200 m와 50 m 및 터널 진입 시작 시 해당 지점을 디지털 코드를 통해 안내하고, 터널 진입 후에는 100 m 단위(또는 좀 더 세분화 가능)로 위치를 안내할 수 있으며, 최종적으로는 터널 출구 100 m 전방에서 터널 종료 지점을 안내하여 차량의 속도를 감속하도록 가이드 함으로써 안전한 주행을 지원할 수 있다. 또한 램프 진입부 100 m 전방의 위치를 안내하여 미리 차선을 변경토록 하며, 램프 시작점을 안내함으로써 적절한 위치에서 차선을 변경하도록 유도할 수 있다.

IV. 추가 연구사항 및 기대효과

4-1 DLS 시스템의 특징

본 연구 결과는 기존 위치측위 관련 기술을 대체하는 것이 아니라, 기존 시스템과 융합을 통해 안전주행을 위한 synergy를 높이고자 하였다. 따라서 본 연구 결과의 활용방안을 검토하기 위하여 기존에 구현되거나 고안된 관련 기술들과의 비교를 연구하였다. GNSS category(DGPS, RTK 등)와 비교하면 도심, 터

널 등에서 안정된 위치기반 서비스 제공이 가능하나, 차선에 추가 시설이 필요하다는 문제가 있다. 그러나 별도의 기지국 설치에 비해 경제성이 우수한 특징이 있다. 또한 기존 교통시설물(표지판, 가로등 등) 등 활용 기술과 비교하면 DLS 시스템은 설치가 쉽고 높은 인지 정확도를 제공할 수 있다.

결과적으로 DLS 시스템은 터널, 교통정체 등 도시의 다양한 도로환경에서 안정된 차로수준의 위치기반 서비스 제공이 가능하다. 또한 디지털 코드의 추가에 의한 비용이 비교되나 상대적으로 경제성이 우수한 것으로 분석되었다. 특히 도로 시설물 활용 방식에 비하면, 쉽게 설치가 가능하며 상대적으로 안정된 정보를 제공할 수 있는 것으로 분석되었다.

4-2 기술 · 환경적 측면의 고려사항

기존 도로 차선위에 추가한 DLS 코드를 주행 중에 차량의 영상장비 즉 블랙박스, ADAS 등의 장비를 이용하여 DLS 비트 패턴을 검출하는 알고리즘은 아직 구현하지 않은 단계이다. 그러나 이미 기존의 차선의 패턴(직선, 곡선 등)을 인식하는 기술이 상용화 되어 있으며, 얼굴인식 등 다양한 패턴인식 기술이 도입되고 있는 수준으로 기존 차선의 비트 패턴을 인지하는 것은 구현 가능할 것으로 추정된다.

실제 도로환경에서는 차선의 중요성에 비해 비, 운, 안개, 직사광선과 그림자 및 차선의 오염 등에 의한 다양한 장애물이 존재한다는 점을 고려해야 한다. 논문[19]는 차선검출에 대한 fail safeness 기능이 주행안전을 보장하기 위한 기술 지원에 가장 중요한 부분으로 지적하였다. 교통안전에 중요한 사항으로서 1) 차선을 인식하기 위해서는 차선 시인성에 의존하므로 카메라 기술이 중요하다는 점, 2) 차선의 광학적 특성에 따른 차선의 품질, 그리고 3) 다양하고 열악한 환경과 차선의 마모상태가 가장 큰 도전이라는 점을 지적하였다. 자율주행차 시대에서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 영상인식을 통한 DLS 코드의 인지 기술의 완성도 향상이 필요하다.



그림 9. DLS 코드의 고속도로 활용 예시
 Fig. 9. Application example in expressway, ramp and tunnel

4-3 UX(user experience) 측면의 고려사항

노면표시는 점선, 실선 및 복선으로 규정되어 있으며, DLS 시스템은 이러한 기존의 노면표시에 더 작은 크기의 비트를 도색함으로써 차량에 다양한 정보를 제공하는 서비스이다. 따라서 기존의 체계와 다른 새로운 차선체계가 등장할 때 주행하고 있는 일반 사람운전자에게 혼선을 줌으로써 사고를 유발할 수 있다는 지적이 있다. 따라서 이러한 문제점을 해소하기 위한 방법으로 차선에 대한 교통표지 규정 측면뿐만 아니라 평상시 사람 눈에는 보이지 않고, 차량의 DLS 제어기에서만 관독할 수 있는 특수 페인트 등을 추가하는 기술 등을 고려하고자 한다. 또한 K-city와 같은 시범 사이트에서 다양한 시험 결과를 사전 홍보함으로써 운전자에게 혼선을 줄이는 방안을 고려해야 할 것이다.

4-4 법제도 측면의 고려사항

DLS 시스템은 기존 교통체계에 없던 새로운 체계를 만드는 서비스이므로 법·제도 측면에서 조정이 필요한 사항들이 제기된다. 교통시설물은 도로교통법 제4조와 도로교통법시행규칙 제8조에서 정의하고 있으며, 노면표시에 대해서는 도로교통법시행규칙 제8조1항제5호에서 ‘도로교통의 안전을 위하여 각종 주의·규제·지시 등의 내용을 노면에 기호·문자 또는 선으로 도로이용자에게 알리는 표지’라고 정의하고 있다. 따라서 DLS시스템의 비트코드의 구성과 표현방식에 대해서는 다양한 실증 시험을 통해 정의한 후, 기존의 법·제도 측면에 대해 모순이 없는지 확인하고 이에 대한 개선방안을 고려하고자 한다.

4-5 DLS시스템의 예상 도입효과

DLS시스템은 사람과 자율주행차 모두에게 위치 측위의 정확도 향상과 주행 공간에 대한 정보를 제공함으로써 주행안전도를 높일 수 있다고 사료된다. GNSS와 전자지도를 보조하여 누적오차를 감소함으로써 위치 정확도를 더욱 높일 수 있으며, 이를 통해 ADAS의 성능 향상, 터널과 도심 등에서의 정확한 위치 파악, 전방 교통시설물의 안내를 통한 예비행동(사전 차선변경, 주행속도 감속 등)의 제어를 통해 안전 주행을 지원할 수 있다. 이러한 DLS시스템은 자율주행차 뿐 아니라 과도기에 혼재하는 사람주행차의 각종 자율주행 서비스의 완성도를 높이는 부분에도 많은 기능을 지원할 수 있을 것이다.

또한 DLS시스템은 자율주행차 시장에서 안전이라는 가치를 더욱 높일 수 있으므로 시장의 조기 활성화를 위한 레버리지 효과를 볼 수 있을 것이다. 아울러 기존의 단순했던 차선에 가치를 창출함으로써 관련 HW, SW 및 차선도색 자동화 설비 등 관련 산업의 고용창출 효과를 기대할 수 있다. 동시에 자율주행차 산업의 First Mover로서 우리나라 자율주행차 관련 산업의 혁신적인 성장을 이룰 수 있을 것으로 예상된다.

V. 결론

본 연구의 목표는 그냥 수동적으로 존재하고 있었던 차선에 IoT 기술을 이용한 디지털 콘텐츠를 부여함으로써, ‘안전’이라는 가치를 부여하고자 하였다. 이를 통해 자율주행차 센서를 이용한 기존 위치정확도 향상 기술을 지원하고, 교통공간에 대한 정보를 사전에 제공함으로써 궁극적으로 안전한 주행환경을 만드는 것이다. 따라서 기존 차선을 활용하여 바코드와 유사한 디지털코드를 추가하고자 하였다. 이를 통해 빌딩숲으로 구성된 도심지나 터널 등 GNSS 처리가 어려운 환경에서도 일정간격으로 자율주행차의 절대위치를 주변 도로 환경에 대해 안전 주행 관련 정보를 제공하는 DLS시스템 모델을 제안하였다.

본 연구에서는 기존 도로의 차선을 기반으로 시물레이션을 통해, 6개의 비트로 구성된 2개의 DLS 코드블럭과 각 코드블럭을 구분하기 위한 시작(3 비트)·중간(5 비트)·종료(3비트) 비트를 포함하여 전체 23개 비트로 구성된 DLS 코드프레임을 설계하였다. 아울러, 2개의 DLS 코드 블럭 중 1개는 일반 서비스 코드를 할당하였고 또 다른 블럭은 숫자 코드를 할당하였다. 이러한 코드블럭의 적절한 조합을 통해 다양한 서비스를 설계할 수 있도록 구성하였다. 또한 각 코드 블럭의 디지털 비트 패턴은 디지털 통신의 스크램블링 원리를 적용하여, 연속되는 4개 이상의 ‘1’ 또는 ‘0’을 제외함으로써 영상처리의 효율성을 높이도록 구성하여 최종적으로 DLS 코드블럭 A에는 22종의 서비스 코드와 코드블럭 B에는 19종의 숫자코드를 할당할 수 있었다. 이를 바탕으로 핵심적인 서비스 코드를 우선 선정하였고, 향후 확장성을 위하여 나머지 디지털 코드는 TBD로 남겨 놓았다.

DLS시스템은 자율주행차 뿐 아니라 과도기에 혼재하는 사람주행차의 각종 안전주행 서비스의 완성도를 높인데 많은 부분을 지원할 수 있다고 사료된다. 특히 저가의 센서·영상처리·인공지능에 의존하는 방식과 고정밀 센서·전자지도에 의존하는 방식에 공통으로 적용할 수 있으므로 자율주행차 산업의 활성화에 기여할 수 있을 것이다. 특히 이러한 시스템은 아직 해외에 소개된 사례가 없는 서비스로서, 좀 더 심층적이고 실증적인 연구를 통해 우리나라가 자율주행차 시대의 First Mover로서 발전할 수 있는 계기가 될 수 있다고 판단된다.

그러나 기존의 차선체계의 변경에 따른 법규·제도의 수정, 사람주행차의 인지혼선 문제로 인한 사회적 수용성 정립, 차선도색 관리를 위한 예산의 확보 및 서비스의 거버넌스 체계의 수립 등 DLS시스템 인프라를 구축하기 위한 많은 숙제가 남아 있다. 특히 본 연구는 실제 도로상에 도색된 DLS 코드 프레임의 시물레이션 설계로서 아직 실제 자율주행차를 통한 실증시험이 필요하다는 한계를 갖고 있다. 이러한 DLS 시스템을 구체적으로 발전시키기 위해서 많은 전문가들의 사전 의견 수렴이 필요하다고 사료된다. 따라서 영상처리 전문가, 자율주행차 개발자 및 차선도색 전문가를 포함하여 자율주행차를 위한 법·규정 전문가들과 지속적인 협동 연구 및 실증사업을 통해 현재 정의된 사양을 점검하고 보완하는 연구를 수행하고자 한다.

참고문헌

[1] D. S. Kim and H. G. Jung, "Road Surface Marking Detection for Sensor Fusion-based Positioning System," *Trans. of KSAE*, Vol. 22, No. 7, pp. 107-116, July 2014.

[2] R. P. D. Vivacqua, M. Bertozzi, P. Cerri et al., "Self-Localization Based on Visual Lane Marking Maps: An Accurate Low-Cost Approach for Autonomous Driving," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, Vol. 19, No. 2, pp. 582-597, Feb. 2018.

[3] Traffic signs and meanings. History of road markings and how they were first designed [Internet]. Available: <http://www.trafficsignsandmeanings.co.uk/history-road-markings-how-were-first-designed.html>.

[4] J. Wei, J. M. Snider, J. S. Kim, M. John, R. Rajkumar and L. itkouhi, "Towards a Viable Autonomous Driving Research Platform", in *Conference: Intelligent Vehicles Symposium (IV), IEEE*, April 2013.

[5] J. William: Global Positioning System (GPS), Standard Positioning Service (SPS), Performance Analysis Report, Hughes Technical Center, WAAS T&E Team, Atlantic City International Airport: Report #96, p. 22, 2017.

[6] J. W. Park and K. W. Choi, "Overview of sensor fusion techniques for vehicle positioning," *Journal of the KIECS*, Vol. 11, No. 2, pp. 139-144, Feb. 2016.

[7] Y. Gu, T. H. Land, S. Kamijo, "Towards lane-level traffic monitoring in urban environment using precise probe vehicle data derived from three-dimensional map aided differential GNSS," *IATSS Research*, Vol. 42, Issue 4, pp. 248-258, Mar. 2018.

[8] C. H. Park, K. A. Choi and I. P. Lee, "Analysis of Applicability of Land-based MMS Surveying and Aerial Photography Mapping for Precise Road Maps," *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol. 26 No. 1, pp. 37-47, Mar. 2018.

[9] X. Du and K. K. Tan, "Comprehensive and Practical Vision System for Self-Driving Vehicle Lane-Level Localization," *IEEE Trans. Image Process*, Vol. 25, No. 5, pp. 2075-2088, May 2016.

[10] H. S. Kim, Y. M. Kim and B. J. Park, "Selecting a Landmark for Repositioning Automated Driving Vehicles in a Tunnel," *Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, Vol. 17, No. 5, pp. 200-209, May 2018.

[11] S. Kuuti, S. Fallah, K. Katsaros et al., "A Survey of the State-of-the-Art Localization Techniques and Their Potentials for Autonomous Vehicle Applications," *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 5, No. 2, pp. 829-846, 2018.

[12] J. Snyder, D. Dunn, J. Howard, T. Potts and K. Hansen : In visible 2D Bar Code to Enable Machine Readability of Road Signs – Material and Software Solutions, 3M Transportation Safety Division: 3M, Aug. 2010.

[13] R. Yim, M. Saito and J. Zhabg, "Digital Lane Marking for Geo - Information Dissemination," *ITS World Congress*, Dec. 2010.

[14] KNPA, *Traffic Signal Setting & Management Manual*, KNPA(Korean National Police Agency), pp. 12-17, 2012.

[15] Y. K. Ki, J. W. Choi, and N. W. Heo: *A research on providing of traffic safety information for autonomous driving*, KoROAD: Traffic Science Institute, Korea, Vol. 48. 2017.

[16] I. S. Yun: *Road Policy for the Age of Autonomous Vehicles*, Road Policy Brief, Vol. 136, KRIHS, Feb. 2019.

[17] Applied Information. How to Prepare for the Five Levels of Autonomous Driving [Internet]. Available: <https://appinfoinc.com/how-to-prepare-for-the-five-levels-of-autonomous-driving/>.

[18] S. K. Woo D. Hong, W. C. Chang et al., "A robotic system for road lane painting," *Automation in Construction*, Vol. 17, pp.122-129, 2018.

[19] E. Ambrosius, "Autonomous driving and road markings," *IRF & UNECE ITS Event*, Geneva, Switzerland, pp. 9-11, Dec. 2018.



허완철(Wan-Chol Ho)

2009년 : 연세대학교 대학원 산업정보경영공학 (공학석사)

1983년~1998년: 삼성전자

1998년~2015년: 삼성SDS

2016년~현 재: Yedo System, STraffic

2017년~현 재: 연세대학교 일반대학원 융합기술경영공학 박사과정

※ 관심분야 : 스마트시티, 협력형 지능형교통시스템(C-ITS), IoT Application 등



임춘성(Choon-Seong Leem)

1987년 : 서울대학교 산업공학과 (공학석사)

1993년 : Univ. of California at Berkeley, CA (공학박사-산업공학)

1993년~1995년: Rutgers Univ. 교수(산업공학)

1995년~현 재: 연세대학교 산업공학과 교수

2017년~현 재: 4차 산업혁명 위원회

2019년 : 대한민국 정부 황조근정훈장(IT혁신분야)

※ 관심분야 : 스마트시티, 기술융합, 기업경쟁력, 스마트 정보경영