

델파이 기법을 적용한 자율주행시대 도로 설계 및 운영 변화 방향 연구

A Study on the Changes of Road Design and Operation in the Age of Autonomous Driving, Using Delphi Technique

김보성* · 윤재용**

* 주저자 및 교신저자 : 한양대학교 교통공학과 박사과정

** 공저자 : 한국도로협회 기술연구센터 연구위원

Bosung Kim* · Jaeyong Yoon**

* Transportation Engineering, Hanyang University

** R&D Center of Korea Road Association

† Corresponding author : Bosung Kim, anpahan@naver.com

Vol. 23 No.3(2024)
June, 2024
pp.80~96

pISSN 1738-0774
eISSN 2384-1729
<https://doi.org/10.12815/kits.2024.23.3.80>

Received 19 April 2024
Revised 2 May 2024
Accepted 16 May 2024

© 2024. The Korean Society of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요약

본 연구는 Lv.4/4+ 자율주행 시대에 도로 설계, 운영, 시스템의 변화 방향을 분석하기 위해 도로, 교통, 자동차, ITS, 통신 분야의 전문가들을 대상으로 2차에 걸쳐 델파이 조사를 수행하였다. 델파이 조사 항목을 구성하기 위해 기초 설문조사를 진행하였으며, 자율주행과 밀접한 관련이 있는 분야의 전문가 14명을 대상으로 1차, 2차 델파이 조사를 진행하였다. 조사 결과 미래에는 공유형 AV, 대중교통 환승 중심의 교통운영으로 변경될 것으로 예상되며, 이에 따른 횡단구성의 변경이 있을 것으로 보여진다. 자율주행전용차로는 고속도로, 일반국도부터 도입이 예상되며, 도로 가측부가 아닌 도로 중앙부에 설치되고 기존 도로와 동일한 차로폭을 사용할 것으로 의견이 모아졌다. 자율주행자동차를 위해 시설물 측면에서는 보차분리시설의 확충이 필요하며, 위치 인식을 위한 시설물에 통신칩 삽입, 정밀지도 고도화, 노변통신시설 확충 등이 필요한 것으로 나타났다.

핵심어 : 자율주행, 도로 설계, 도로 운영, 도로 시스템, 델파이 조사

ABSTRACT

This study conducted over two rounds Delphi survey targeting experts in the fields of roads, transportation, automobiles, intelligent transport systems(ITS), and communications to analyze the direction of change in road design, operation, and systems in the Lv.4/4+ autonomous driving era. To construct the Delphi survey items, a basic survey was conducted. The first and second Delphi surveys targeted experts in fields closely related to autonomous driving. The results of the survey revealed an expectation that in the future, transportation operations would change focus to shared autonomous vehicle(AV) and public transportation transfers, and there would be corresponding changes in the cross-sectional configuration. Exclusive lanes for AV are expected to be introduced commencing from highways and general national roads, and there was a consensus that they should be installed in the center of the road rather than on the sides and would use the same lane width as that of the existing road. In terms of facilities for AVs, it was found that it would be necessary to expand pedestrian-vehicle separation facilities, insert communication chips into facilities for location recognition, advance precision maps, and expand roadside communication facilities.

Key words : Autonomous driving, Road design, Road operation, Road system, Delphi survey

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

자율주행자동차는 4차 산업혁명의 핵심 요소로 세계적으로 정부와 기업들이 자율주행 상용화를 위해 다양한 법규 검토, 기술 개발 등에 힘쓰고 있다. 특히 구글, 테슬라와 같은 대표적인 자율주행자동차 연구 기관들은 로보택시를 중심으로 자율주행 상용화를 추진하고 있으며 안전성과 신뢰성을 확보하기 위한 기술개발이 이루어지고 있다. 국내에서도 2027년 완전자율주행(레벨4) 전국 상용화를 목표로 「자율주행차 규제혁신 로드맵 2.0」 등을 마련하고 다양한 자율주행 정책을 추진하고 있으며, 2030년 이후 자율주행자동차의 도입 비율이 50% 이상일 것으로 전망하고 있다.

향후 자율주행시대가 온다면 운전 제어권이 운전자 중심에서 자율주행시스템으로 변화됨에 따라 도로를 구성하고 있는 도로 생태계가 변화되고, 전통적인 도로 시설물과 시스템의 물리적, 기술적 변화가 요구될 거라 예상되고 있다. 자율주행 시대의 도로 변화에 대해 연구한 국내 보고서에 따르면, 일반적으로 자율주행이 일반운전자와 혼재하는 시기가 존재하기에 자율주행자동차의 상용화에 따라 도로설계 및 계획 측면의 변화 분석이 필요하며 자율주행 시대가 도래함에 따라 도로 및 통신 인프라 등 물리적 요소 외에도 차량 등록 및 이용 절차, 사고 처리 및 보험 적용 등 관련 법규 정비가 필요하다고 말하고 있다. 영국 자동차 연구기관 (Royal Automobile Club Foundation), 미국 도시공무원 협회(NACTO), 유럽 도로국장 회의 등 국외에서는 도로 인프라 측면에서 도로는 차량의 센서 및 인식 시스템에 대한 잠재적 위험 요소들을 보완하고 자율주행자동차를 지원하는 역할을 해야 한다고 말하고 있다. 운영 측면에서는 자율주행 환경에서는 자동차가 소유의 개념보다는 공유의 개념으로 변화할 수 있으며, 이를 바탕으로 도시의 경우 정책적으로 자율주행자동차의 공유서비스를 확대하여 자동차의 수요를 줄이고 보행공간, 모빌리티 중심으로 전환할 수 있다고 말하고 있다.

이처럼 자율주행 시대를 맞이하기 위해 도로의 운영, 설계, 정책 방향 등 여러 방면에서 많은 변화에 대비해야 한다. 국가 정책상 운전자의 대응이 없어도 되는 자율주행 기술 수준 (Lv.4/4+)의 상용화를 2027년으로 예상하기에 향후 변화 대비를 위한 전문가 의견 수렴 및 정책 방향 도출이 시급하다. 본 연구는 도로 이용자는 현재에서 자율주행자동차만 추가된다는 전제하에 여러 분야의 전문가에게 “Lv.4/4+ 자율주행 시대에는 도로 운영, 설계, 시스템 측면에서 어떤 변화가 예상되는지, 어떤 변화가 필요한지, 어떻게 변화가 될 것으로 예상되는지”라는 질문을 하여 여러 분야 전문가들의 의견이 일치하는 자율주행시대의 도로 설계 및 운영 변화 방향에 대해 도출하고자 한다.

2. 연구 내용 및 방법

현재 자율주행자동차가 상용화되지 않고 센서, 통신 등의 명확한 기준이 없기 때문에 미래 도로 인프라 변화 방향을 예측할 수 있는 방법론을 채택해야 한다. 보통 미래를 예측하고 정책대안을 탐색하는 것은 전문 지식의 부족, 상황 및 유사 사례에 대한 정보의 부족 등으로 인해 어려움을 겪게 된다. 이러한 상황에서 더 나은 정책대안을 개발하고 그 결과를 예측하기 위한 주관적이고 직관적 방법으로 델파이 기법이 활용된다.

본 연구에서도 미래 도로 인프라 변화 방향을 예측하는데 가장 적합한 방법을 델파이 기법으로 판단하고 연구를 수행하였으며, 상세한 연구 방법은 다음과 같다. 첫째, 기존의 문헌을 바탕으로 향후 자율주행을 위

1) 자율주행 기술 수준 Lv.4/4+ : Lv.4는 운전자의 적절한 대응 없이도 모든 동적 운전을 자동화하는 단계로 고도의 자율주행 (High Automation)으로 정의한다. Lv.4+는 Lv.4 수준의 자율주행은 물론 인프라와 사회 서비스를 포함하는 시스템을 의미한다.

한 도로 변화에 대해 질문하는 개방형의 기초 설문조사를 수행한다. 둘째, 기초 설문조사 결과를 바탕으로 리커트 척도(Likert Scale)의 델파이 조사 문항을 도출한다. 셋째, 도출한 설문 문항을 바탕으로 두 차례에 걸쳐 델파이 조사를 수행한다. 이때 1차 델파이 조사의 결과를 각 전문가에게 공개하여 2차 조사 시 전문가들의 의견 수렴 항목을 높이고자 하였다. 넷째, 두 차례 진행되는 델파이 조사의 평균, 분산, 수렴도, 합의도, CVR 분석을 통하여 미래 도로 인프라 변화 방향 수립 혹은 이슈 사항을 제시한다.

II. 선행연구

기존 문헌을 검토한 결과 자율주행이 도입되었을 시 필요한 도로 인프라에 대한 상세 설계보다는 교통 운영 방식에 변화와 그에 따른 인프라 변화 방향을 예측하고 있었고, 시설물 도입 위주의 자율주행 전용차로에 대한 구축을 계획 중인 나라도 있었다.

국내 연구에서는 도로 설계와 관련하여 현행 「도로설계기준」, 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」 등은 인간의 시인성을 기준으로 설정된 설계 요소들이 다수 존재한다는 점을 감안해 자율주행자동차의 인지 및 판단 기술을 반영한 기준 검토가 필요하다고 하였다(Kim et al., 2018). 다른 의견으로는 자율주행 초기 단계에는 도로 지하구조의 급변 가능성은 작고 C-ITS 및 5G 이용 V2X 기능 구현을 위한 인프라 개선 수요는 상당수 존재할 것으로 예상되며, 자율주행 활성화 시기에는 도시부의 경우 자율주행자동차 전용구간 조성 필요성, 사람 중심의 도로 공간 재배치, 자율주행 이용자들의 door-to-door 서비스를 위한 승하차 공간 확보 등을 예상하였다(Jang et al., 2020). 특히 C-ITS는 쌍방향 통신을 통해 자율주행자동차의 한계를 극복하기 위한 도로 인프라로 규정되고 있으며, 중앙정부 등에서 C-ITS 기술개발 및 확충을 추진(Ryu and Yoo, 2020)하고 있으나, 현재 기술로는 많은 한계점이 존재하므로 통신, 지도 구축 등 관련 기술에 대한 연구에 지속해서 관심을 기울일 필요가 있다(Na et al., 2022).

국의 보고서에서는 자율주행 환경에서는 대중교통 우선 신호 기술 등을 추가하는 등 대중교통 중심의 도로로 개선해야 하며, 이에 따라 각 도시에서는 차량과 인프라 시설 간의 통신을 지원할 수 있도록 필요한 하드웨어와 소프트웨어 구축이 필요하다고 말하고 있다(NACTO, 2017). 또한 자율주행자동차가 효율적으로 움직이면서 생기는 여유 공간은 자동차 외 보행자, PM 등 다양한 모빌리티 이동 수단이 이용할 수 있는 공간으로 변화될 것으로 예상하고 있다. 또 다른 측면에서는 자율주행자동차를 위해 전용도로 같은 일반자동차와의 분리 공간이 필요하다고 말하고 있으며, Flex Zone²⁾을 도입하여 도로변 공공 공간에 적재, 하역 및 픽업, 승하차(환승) 등을 지원해야 한다고 말하고 있다(NACTO, 2017; RAC Foundation, 2017). 미국은 최근에 자율주행자동차 시대를 대비하여 I-94 연방고속도로 (디트로이트~앤아버) 구간에 자율주행 전용차로를 구축하는 내용의 CAVNUE Project를 추진 중이다. 현재 미국의 전용차로와 유사한 형태로 구축 중이며, 전용차로의 도로 표면, 차선, 조명 등에는 고규격 재료를 사용하고 노변 센서는 약 650 feet 간격으로 설치하여 실시간으로 도로 상황을 모니터링할 예정이다. 또한 물리적으로 일반차로와 자율주행 전용차로 사이에 5 feet 높이의 범퍼를 설치할 계획이다(CAVNUE, 2023).

기존 문헌 검토 결과 대부분의 연구에서 자율주행을 위해서 도로설계, 계획, 운영의 변화와 C-ITS 기술의 발전이 필요하다고 이야기하고 있으며 관련한 가상의 시나리오들에 관해 이야기하고 있었다. 다만 대부분

2) Flex Zone : 다목적 연석 공간 활용도로로, 시간대에 따라 도로 이용자가 유동적인 목적으로 사용하는 공간이다. 예를 들어 새벽 시간대는 물류 승하차 공간으로 활용하고, 출퇴근 시간에는 자율주행자동차 탑승이나 환승 전용공간 등으로 활용한다.

교통적인 관점에서 향후 변화를 예상하고 있으며, 자동차, ITS, 통신 분야 등의 전문가 관점과 연계하여 자율주행 시대의 변화 방향에 대해 연구한 사례는 없었다. 때문에 본 연구에서는 관계 분야들의 여러 전문가의 의견을 취합하여 향후 자율주행 시대에 도로가 어떻게 변화될 것인지 예상해 보고자 하였다.

Ⅲ. 자율주행시대 도로인프라 변화 방향

1. 델파이 문항 도출

1) 기초 설문조사 결과

자율주행시스템이 정착함에 따라 변화하게 될 도로 인프라에 대한 의견을 묻기 위하여 국내 연구 및 개발 사례, 해외 동향 및 정책자료 등을 참고하여 자율주행을 위한 도로 인프라 변화, 공간 변화, 운영 변화에 대한 기초 설문 문항을 <Table 1>과 같이 제작하였다. 기초 설문조사 결과는 도로 인프라, 자율주행을 위한 공간 및 공간의 재배치, Flex Zone 도입 시 예상되는 용례별 중요도 항목으로 구분하여 검토하였다.

도로 인프라 항목의 경우 자율주행자동차의 수용을 위하여 ‘인프라를 변경해야 하는 시기’에 대해 조사한 결과 전문가들은 가급적 조기에 대응이 필요하다는 의견을 내놓았으며 자율주행자동차의 우선적 도입이 가능한 도로로는 속도가 높고 교차로 등에 비해 차량간 상충이 상대적으로 적은 고속도로, 도시고속도로와 같은 연속류 도로를 가장 많이 선택하였다. 또한 자율주행 수용을 위한 인프라 변경 항목별 중요도에 대해 조사한 결과 자율주행 보조시설 확충이 필요하다는 의견이 가장 많았다.

자율주행을 위한 공간 및 공간의 재배치 항목의 설문 결과는 다음과 같다. 먼저, ‘자율주행 전용차로와 일반차로간 차이점이 분명해야 하는 도로설계 요소’에 대해 조사한 결과 제한속도를 가장 많이 선택하였다. 이는 휴먼에러, 인지반응시간 등의 변경에 따른 속도 증가 기대감의 반영과 동시에 반대로 안전을 위해 제한속도를 낮춰야 한다는 의견도 포함되어 응답률이 높은 것으로 판단된다. ‘기존 도로에 자율주행자동차를 도입하는 방법’에 대해 의견을 조사한 결과 기존 차로 중 전용차로를 할당하고 시설물의 추가 배치가 될 것이라는 답변이 가장 많았으며 전용차로가 신설될 것이라는 답변은 비교적 적은 것으로 나타났다. 이와 관련하여 도심지, 주택가 등 도로 확장 및 신설이 용이하지 않아 신설이 어려울 것이라는 판단을 한 전문가의 비율이 매우 높은 것으로 나타났다. 또한 ‘Lv.4 자율주행자동차가 도입되게 된다면 도로 공간이 어떻게 변화될지’에 대해 도로의 점유 효율이 상승하고 보행 공간이 확충될 것이라는 답변이 가장 많았다. 해외 문헌 등에서 예상하는 ‘보행신호가 없어지며 보행자의 횡단 제약이 사라질 것’이라는 의견에는 매우 높은 비율로 부정적인 의견을 내놓았다. ‘Flex zone이 어떤 유형의 도로에서 필요할 것인지’에 대해 조사한 결과 집산도로를 가장 많이 선택하였으며 Flex zone 설계 시 중요 요소에 대해 조사한 결과 명확한 보차분리가 중요하다는 의견이 가장 많았다.

마지막으로 Flex zone 도입 시 예상되는 항목별 중요도를 교통 이동성, 교통 접근성, 물류 접근성, 기타로 구분하여 검토하였다. ‘교통 이동성 항목’ 중에서는 차량 한 대당 시간가치가 가장 높은 대중교통의 이동성이 가장 중요하다는 의견이 가장 많았으며 보행자의 이동성, 자율주행자동차의 이동성이 뒤를 이었다. ‘교통 접근성 항목’에서는 공유형 자율차량의 승하차가 가장 중요하다는 의견이 가장 많았으며 일반 차량, 혹은 대중교통으로의 환승이 가능한 구역이 중요하다는 의견이 뒤를 이었다. ‘물류 접근성 항목’의 경우 시설, 기관 등에 정기적으로 접근 및 이용하는 조업 차량 등의 정기 물류의 접근성이 가장 중요하다고 응답하였다. ‘기타 항목’에서는 자율차의 Fallback 대응공간, 경찰차, 소방차와 같은 특정 용도를 위한 지정 공간이 중요하다

는 의견이 가장 많았으며 녹지 여가가 뒤를 이었다.

<Table 1> Basic Survey Questionnaire

Question		Option	Response method
Road Infrastructure	The moment of infrastructure changes to accommodate autonomous driving	Autonomous driving vehicle share ① 25% / ② 50% / ③ 75% / ④ Etc	Select one of the items
	The road capable of preferential introduction of autonomous vehicles	① Expressway / ② Urban Highway / ③ Street / ④ CBD / ⑤ Residential / ⑥ Etc	Select one of the items
	Expected changes in the type and specifications of the design vehicle	① No change / ② Change within the standard / ③ A new out-of-range form	Select one of the items
	Importance of items that need to be changed to accommodate autonomous vehicles	① Change of design standard such as lane width, reduction of intersection rotation size, etc. ② Reconstruction of road space including the introduction of autonomous vehicles exclusive lane, and more. ③ Change of operation method such as speed limit, priority of entry, etc. ④ Expansion of safety facilities to prevent traffic accidents ⑤ Expansion of autonomous driving assistance facilities such as digital infrastructure, communication facilities, etc.	Select Importance (High, Medium, and Low) for each item
Space and Relocation of space for Autonomous Driving	Whether there is a difference between an autonomous vehicle lane and a regular vehicle lane	① Road pavement (material, thickness, maintenance, etc.) ② Road shape (slope, road curve, etc.) ③ Speed limit	Choose between difference/ no difference/ not sure
	How to introduce autonomous vehicle lane	① Additional installation or improvement of facilities by selecting autonomous exclusive lanes among existing lanes ② New roads for autonomous vehicles (existing lanes +)	Select one of the items
	Consent for future road space changes	① As the road occupancy efficiency of the vehicle is improved, the space for the existing vehicle is changed into a space for pedestrians. ② As the vehicle response speeds up, the walking signal disappears and pedestrians can cross anytime, anywhere. ③ There is more space for people to get on and off, and for things to get on and off.	Choose between agree/ disagree/ not sure
	Roads that require flex zones when introducing flex zones	① Highway / ② Urban Highway / ③ Street / ④ CBD / ⑤ Residential / ⑥ Etc	Select one of the items
	Important Elements at the planning of Flex Zone	① Highway / ② Urban Highway / ③ Street / ④ CBD / ⑤ Residential / ⑥ Etc	Select one of the items
Degree of importance for each use case expected when introducing flex zone		① AV Mobility / ② Pedestrian Mobility / ③ Bike&PM Mobility / ④ Public Transportation Mobility / ⑤ SAV Boarding Area / ⑥ Transit Center / ⑦ Short-term Parking / ⑧ Regular Logistics / ⑨ Parcel / ⑩ Leisure Facilities / ⑪ Green Belt / ⑫ Specific Spaces	Select Importance (High, Medium, and Low) for each item

2) 델파이 조사 설문지 구성

델파이 조사 설문지는 응답자가 제시된 문장에 대해 얼마나 동의하는지를 묻는 리커트 척도로 구성되어 문항별로 의견의 강도를 수집하고자 하였다. 문항별 의견 강도는 필요성, 비동의/동의, 감소/증가에 대한 응답자의 의견에 따라 0~6점으로 문답하도록 하였다. 응답의 유형에 따른 리커트 척도의 점수 표시법은 <Table 2>에 제시하였다.

<Table 2> Delphi Survey Response Type

Type	Description
necessity	0: unnecessary / 6: very necessary
disagree/agree	0: Strongly disagree / 6: Strongly agree
decrease/increase	0: decrease / 3: no change / 6: increase

설문 항목은 기초 설문 결과를 바탕으로 크게 자율주행자동차 도입에 따른 교통운영 변화, 도로설계의 변화, 도로 시스템의 변화로 구분하여 총 58개 항목으로 구성하였으며, 설문지 내용은 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Configuring the Delphi Questionnaire

Category	Response type	Question	Answer
Road Operation	disagree/agree	The way of Future Traffic Operation	Increased pedestrian crossing opportunities on the street
			Traffic Operation focus on Shared AV and Transit transfer
			Add Curb Space utilization service by time zone
Road Design	disagree/agree	Increased Shared AV	Increased Boarding Points on general roads
			Decreased On-street Parking Lots on general roads
	disagree/agree	Utilization of Free Space due to Road Width Reduction on General Roads	Increased Pedestrian Width
			Install AV assist facilities (communications equipment, etc)
	necessity	The road that needs to be applied Autonomous Driving Exclusive Lane	Expressway
			National Highway
			Special or Metropolitan City Road
			Provincial Highway, City Road
	disagree/agree	Changes in the composition of lanes according to the operation of AV	County Road, Ward Road
			Classified into Exclusive / Mixed / Normal Lane
			Classified into Exclusive / Mixed Lane
	disagree/agree	Operation of exclusive lane entry and exit	Classified into Exclusive / Normal Lane
			Lane change possible freely anywhere
	disagree/agree	Location of AV Exclusive Lane	Only allowed to enter and exit in certain sections
			Center Part
decrease/increase	Change of AV Exclusive Lane standard compared to current lane width standard	Side Part	
		At the Center	
			At the Side

Category	Response type	Question	Answer	
Road System	necessity	A reason for need AV Exclusive Lane	Seperate from non-AV	
			High Speed Driving	
	necessity	Road facilities that need to be expanded in consideration of the characteristics of AV	Pavement Marking	
			Road Direction Signs	
			Traffic Safety Signs	
			Delineator	
			Delineation Road	
			Raised Pavement Makers	
			Road Lighting Facilities	
			Pedestrian-Vehicle Separation Facilities	
			Speed Enforcement System	
			VMS/LCS	
	necessity	Technology Development Direction for AV Location Recognition	Insert Communication Chip in Facilities	
			Precision Map Advancement	
	necessity	Road safety facilities requiring standard change according to the introduction of Lv.4 AV	Pavement Marking	Size
				Color
			Road Direction Signs	Size
				Height
			Traffic Safety Signs	Size
				Height
			Delineator	Size
				Standard for Reflection
	VMS/LCS	Height		
		Specification		
	necessity	Need to expand autonomous driving assistance facilities	Traffic Information Collection Device	
			Roadside Communication Unit	
	necessity	Roads requiring the installation of new facilities such as communications	GPS receiving station	
			Expressway	
National Highway				
Special or Metropolitan City Road				
Provincial Highway, City Road				
necessity	Facilities required for GPS location correction in communication shadow area	County Road, Ward Road		
		Pavement Marking		
		Road Direction Signs		
		Traffic Safety Signs		
			Landmarks	

2. 델파이 조사 수행

1) 델파이 패널 구성

델파이 조사는 전문가를 대상으로 반복적인 설문을 진행해 가며 합의하는 과정이 주요 특징이라고 할 수 있다. 이런 델파이 조사의 특성상 조사에 참여하게 되는 전문가의 규모와 구성이 중요하다. 최근 교통 분야의 델파이 조사 논문을 보면 조사하고자 하는 분야의 연구 및 실무 경험이 풍부한 전문인 13~18명을 대상으로 델파이 조사를 수행하였다.(Jung et al., 2022; BHIN et al., 2023)

이에 본 연구에서는 자율주행과 밀접한 관련이 있는 도로, 교통, 자동차, ITS, 통신 분야로 한정하여 총 14명의 전문가를 패널로 선정하였다. 패널들은 각 분야의 연구원, 교수진, 실무자로 경력은 10년 이상이 13명(92.9%), 5~10년이 1명(7.1%)이다. 패널들이 5년 또는 10년 이상의 경력 소지자임을 고려할 때, 패널들의 전문적 견해와 판단으로 연구에 기여하기에 적합한 조건을 갖추었다 할 수 있다.

2) 델파이 조사 분석 방법

델파이 조사의 결과를 도출하기 위해 평균(Mean), 분산(SD, Standard Deviation), 수렴도(Convergence), 합의도(Consensus), 내용타당도 비율(CVR, Content Validity Ratio)에 대해 분석을 진행하였다. 본 연구에서는 필요성, 비동의/동의, 감소/증가 질문 항목을 제시하였고 향후 미래 변화를 보기 위한 조사이기에 리커트 값의 평균이 낮은 항목도 의미 있는 결과를 보여준다. 예를 들어 시선유도봉의 확대 설치 필요성에 대해 동의하지 않는다면 정책적으로 자율주행을 위한 도로 설치 시 시선유도봉의 설치의 후순위로 판단할 수 있다. 때문에 본 연구에서는 전문가의 의견이 일치하다고 판단되는 항목이 무엇인지 확인하고, 일치된 항목의 의견이 긍정적인지 부정적인지 분석하였다. 전문가 의견의 일치 정도는 수렴도와 합의도 개념을 사용하였다.

<Table 4> How to interpret results according to CVR

Result of survey		Interpretation of results
Consensus & Convergence Result (hereinafter called 'C&C Result')	Content Validity Ratio Result (hereinafter called 'CVR Result')	
O	O	Consensus in a positive direction
	X	Consensus in a negative direction

수렴도는 전문가의 의견 일치가 어느 정도 수준으로 나타났는지 보여주는 지표로 사분위수범위를 2로 나눈 것이다. 수렴도는 0 이상의 양수 값을 갖게 되며, 이상적인 값은 0이다. 델파이에서는 수렴도가 보통 0.5 이하의 값이면 수렴되었다고 본다. 합의도는 전문가의 50%가 어느 구간에서 일정한 응답을 하였는지 나타내는 지표이다. 합의도는 최대 1의 값을 갖게 되며, 델파이에서는 보통 0.75 이상의 값을 가질 때 합의되었다고 한다. CVR은 조사 결과의 유의미함을 평가하는 방법으로 전문가 의견이 긍정적으로 수렴되었는지 판단하는 지표이다. 조사 항목에 대해 중요하다고 인식하는 패널들이 많을수록 그 항목의 유효비율 또는 범위가 증가한다는 가정을 기반으로 하며 Lawshe(1975)는 응답한 패널 수에 따라 내용타당도를 확보할 수 있는 최소 CVR 값을 <Table 6>과 같이 제시하였다. 이를 참조하여 본 연구에서는 응답한 패널 수(14명)에 따른 최소 CVR 값을 0.51로 설정하여 분석하였다. CVR 산정 시 리커트 점수 4점, 5점, 6점을 긍정적인 응답 기준으로 사용하였다.

본 연구에서는 델파이 조사 설문 문항을 동일하게 하여 두 차례에 걸쳐 각각 수렴도, 합의도, CVR을 분석

하여 자율주행 시대의 도로 변화에 대한 전문가들의 의견을 검토하였다.

<Table 5> Delphi analysis indicators

Indicator	Formula	Remark
Mean	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	\bar{X} : Mean, n : number of panel, x_i : score
Variance	$var = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2$	\bar{X} : Mean, n : number of panel, x_i : score
Convergence	$Convergence = \frac{Q_3 - Q_1}{2}$	Q_1 : Low Quartile, Q_3 : Upper Quartile
Consensus	$Consensus = 1 - \frac{Q_3 - Q_1}{Md_n}$	Q_1 : Low Quartile, Q_3 : Upper Quartile Md_n : Median
Content Validity Ratio	$CVR = \frac{n_e - N/2}{N/2}$	n_e : Number of panel members indicating an item 'essential' N : Number of panel members

<Table 6> Minimum Value of CVR according to Number of Pannel

Number of Pannel	Minimum Value of CVR	Number of Pannel	Minimum Value of CVR
5	0.99	14	0.51
7	0.99	15	0.49
10	0.62	20	0.42
11	0.59	25	0.37
12	0.56	30	0.33
13	0.54	35	0.31

3) 델파이 조사 실시

1차 델파이 조사에서는 기초 설문조사에서 수집된 총 58개 항목에 대해 전문가를 대상으로 7점 리커트 척도를 적용하여 항목별 중요도에 대한 설문을 진행하였다. 1차 델파이 조사 분석 결과는 <Table 7>과 같다. 분석 결과, 총 58개 항목 중 12개 항목만 합의도 0.75 이상, 수렴도 0.50 이하로 의견이 일치하는 것으로 확인되었다. 의견이 일치한 12개 항목 모두 CVR 값이 0.51을 초과하여 긍정적인 경향으로 의견이 일치한 것으로 나타났다.

<Table 7> 1st Delphi Survey Result

Category	Question	Answer	Mean	SD	Convergence	Consensus	C&C Result	CVR	CVR Result
Road Operation	The way of Future Traffic Operation	Increased pedestrian crossing opportunities on the street	2.79	1.72	1.38	-0.1	X	-0.14	X
		Traffic Operation focus on Shared AV and Transit transfer	4.29	1.54	0.88	0.65	X	0.43	X
		Add Curb Space utilization service by time zone	4.64	1.08	0.5	0.8	O	0.57	O

Category	Question	Answer	Mean	SD	Convergence	Consensus	C&C Result	CVR	CVR Result
Road Design	Increased Shared AV	Increased Boarding Points on general roads	4.5	1.34	0.5	0.8	O	0.57	O
		Decreased On-street Parking Lots on general roads	3.64	1.78	1.38	0.31	X	0.29	X
	Utilization of Free Space due to Road Width Reduction on General Roads	Increased Pedestrian Width	4.07	1.33	0.5	0.75	O	0.57	O
		Install AV assist accessories (communications equipment, etc)	4.43	1.02	0.5	0.78	O	0.57	O
	The road the needs to be applied Autonomous Driving Exclusive Lane	Expressway	4.5	1.65	0.75	0.7	X	0.57	O
		National Highway	3.93	1.38	1	0.5	X	0.29	X
		Special or Metropolitan City Road	3.79	1.63	0.88	0.56	X	0.14	X
		Provincial Highway, City Road	2.57	1.55	0.88	0.13	X	-0.57	X
	Changes in the composition of lanes according to the operation of AV	County Road, Ward Road	2.29	1.59	1	-0.33	X	-0.57	X
		Classified into Exclusive / Mixed / Normal Lane	2.36	1.69	1.38	-0.38	X	-0.43	X
		Classified into Exclusive / Mixed Lane	3.93	1.59	1	0.5	X	0.29	X
	Operation of exclusive lane entry and exit	Classified into Exclusive / Normal Lane	1.86	2.18	0.88	-0.75	X	-0.57	X
		Lane change possible freely anywhere	3.43	1.4	1.38	0.08	X	-0.14	X
	Location of AV Exclusive Lane	Only allowed to enter and exit in certain sections	3.57	2.06	1.75	0.22	X	0.14	X
		Center Part	4.5	1.34	0.38	0.85	O	0.57	O
	Change of AV Exclusive Lane standard compared to current lane width standard	Side Part	2	1.41	0.88	-0.75	X	-0.57	X
		At the Center	2.57	1.45	0.75	0.5	X	-0.86	X
	A reason for need AV Exclusive Lane	At the Side	3.5	1.29	0.75	0.5	X	-0.43	X
		Seperate from non-AV	4.5	1.51	0.38	0.85	O	0.57	O
	Road System	Road facilities that need to be expanded in consideration of the characteristics of AV	High Speed Driving	3.79	1.89	1.75	0	X	0
Pavement Marking			2.93	2.02	2	-1	X	-0.29	X
Road Direction Signs			3.64	1.82	1.38	0.31	X	0.14	X
Traffic Safety Signs			3.71	2.27	2.25	0.1	X	0.14	X
Delineator			2.79	2.15	1.88	-0.88	X	-0.14	X
Delineation Road			2.71	1.98	1.5	-0.5	X	-0.29	X
Raised Pavement Makers			2.64	1.78	1.5	-0.2	X	-0.29	X
Road Lighting Facilities			3.21	2.12	1.88	-0.07	X	0	X
Pedestrian-Vehicle Separation Facilities			4.29	1.82	1.25	0.5	X	0.43	X
Speed Enforcement System			2	1.36	1	0	X	-0.71	X
VMS/LCS	2.29	1.86	1.38	-0.38	X	-0.43	X		

Category	Question	Answer	Mean	SD	Convergence	Consensus	C&C Result	CVR	CVR Result	
Road System	Technology Development Direction for AV Location Recognition	Insert Communication Chip in Facilities	4.43	1.34	0.5	0.78	O	0.71	O	
		Precision Map Advancement	5.43	0.85	0.5	0.83	O	0.86	O	
	Road safety facilities requiring standard change according to the introduction of Lv.4 AV	Pavement Marking	Size	2.36	1.65	1.5	-0.5	X	-0.29	X
			Color	3.14	2.07	1.88	0.06	X	0.14	X
		Road Direction Signs	Size	2.71	1.44	1.13	0.25	X	-0.43	X
			Height	2.71	1.68	1.25	0.17	X	-0.43	X
		Traffic Safety Signs	Size	2.64	1.45	1.25	0.17	X	-0.43	X
			Height	2.79	1.63	1.38	0.08	X	-0.29	X
		Delineator	Size	2.57	1.7	1.38	0.08	X	-0.43	X
			Standard for Reflection	2.93	1.77	1.38	0.08	X	-0.29	X
			Height	2.5	1.79	1	0.33	X	-0.57	X
		VMS/LCS	Specification	2.29	1.59	1.38	-0.38	X	-0.43	X
	Change Configuration		2.43	1.4	0.88	0.3	X	-0.57	X	
	Need to expand autonomous driving assistance facilities	Traffic Information Collection Device		3.71	2.05	1.38	0.39	X	0.14	X
		Roadside Communication Unit		4.86	1.1	1	0.6	X	0.71	O
		GPS receiving station		4.93	0.83	0	1	O	0.86	O
	Roads requiring the installation of new facilities such as communications	Expressway		4.71	1.73	0.88	0.65	X	0.57	O
		National Highway		4.36	1.55	0.5	0.78	O	0.71	O
		Special or Metropolitan City Road		4.86	1.56	0.5	0.8	O	0.86	O
		Provincial Highway, City Road		3.79	1.72	1	0.5	X	0.14	X
		County Road, Ward Road		3.36	1.91	1.38	0.08	X	-0.14	X
	Facilities required for GPS location correction in communication shadow area	Pavement Marking		4	1.57	1	0.5	X	0.14	X
		Road Direction Signs		4.14	1.29	0.88	0.61	X	0.43	X
		Traffic Safety Signs		4.43	1.34	0.5	0.78	O	0.71	O
		Landmarks		4.21	1.25	0.88	0.56	X	0.43	X

의견이 일치한 항목의 결과를 해석했을 때, 도로 운영 측면에서는 ‘미래 연석 공간에는 시간별로 변화하는 이용자 서비스가 새롭게 생기는 것’에 대해 동의하는 것으로 나타났다. 도로 설계 변화 측면에서는 ‘공유형 자율주행자동차의 증가로 인해 일반도로에 승하차 구간의 개수가 증가할 것’이라는 질문에 동의하였으며, ‘일반도로의 폭 감소로 인한 여유 공간을 보도폭 증가 및 자율주행자동차 지원 부속물 설치의 용도로 활용’하는데 동의하였다. ‘자율주행전용차로의 경우 도로 중앙부에 위치’하는 것에 동의하였으며 자율주행자동차와 일반자동차를 분리하기 위해 ‘자율주행전용도로가 필요’하다는 질문에 동의하는 것으로 나타났다. 도로 시스템 측면에서는 자율주행자동차의 위치 인식을 위해서는 ‘정밀지도 고도화’, ‘시설물에 통신용 칩 삽입’ 순으로 기술 발전이 필요하다는 의견이 존재하였다. 통신음영지역에서 ‘차량 GPS 위치 보정을 위해서 교통안전표지판이 필요’한 것으로 나타났다. 또한 자율주행을 보조하기 위해서는 ‘GPS 수신 기지국의 설치 증가’가 필요하다고 응답하였으며 ‘통신시설 등의 신규 시설은 특별시도·광역시도, 일반국도 순으로 먼저 설치’가

필요하다고 분석되었다.

2차 델파이 조사는 1차 델파이 조사와 동일한 설문 항목으로 진행하였으며, 1차 조사 결과도 같이 제시하여 참여하였던 전문가들의 최종적인 의견의 일치 및 합의를 도출하기 위해 실시하였다. 2차 델파이 조사 결과는 앞서 1차와 마찬가지로 수렴도, 합의도, CVR을 통한 일치성 및 타당성 검증을 재수행하였다.

2차 델파이 조사를 실시한 결과 58개의 항목 중 26개 항목이 합의도 0.75 이상, 수렴도 0.50 이하로 의견이 일치하는 것으로 나타났으며 그중 18개 항목은 CVR 값이 0.51을 초과하여 긍정적인 경향으로 나타났다.

<Table 8> 2nd Delphi Survey Result

Category	Question	Answer	Mean	SD	Convergence	Consensus	C&C Result	CVR	CVR Result
Road Operation	The way of Future Traffic Operation	Increased pedestrian crossing opportunities on the street	2.5	1.65	1.25	-0.25	X	-0.43	X
		Traffic Operation focus on Shared AV and Transit transfer	4.71	0.83	0	1	O	0.71	O
		Add Curb Space utilization service by time zone	4.86	0.95	0	1	O	0.71	O
Road Design	Increased Shared AV	Increased Boarding Points on general roads	4.71	1.27	0	1	O	0.71	O
		Decreased On-street Parking Lots on general roads	4	1.41	0.5	0.75	O	0.57	O
	Utilization of Free Space due to Road Width Reduction on General Roads	Increased Pedestrian Width	4.36	1.22	0.5	0.8	O	0.71	O
		Install AV assist accessories (communications equipment, etc)	4.64	0.63	0.38	0.85	O	0.86	O
	The road the needs to be applied Autonomous Driving Exclusive Lane	Expressway	4.79	1.48	0.38	0.85	O	0.71	O
		National Highway	4.43	1.09	0.5	0.8	O	0.57	O
		Special or Metropolitan City Road	3.57	1.09	0.5	0.75	O	0.14	X
		Provincial Highway, City Road	1.79	0.8	0.5	0.5	X	-0.86	X
		County Road, Ward Road	1.29	0.83	0	1	O	-0.86	X
	Changes in the composition of lanes according to the operation of AV	Classified into Exclusive / Mixed / Normal Lane	1.43	1.34	0	1	O	-0.71	X
		Classified into Exclusive / Mixed Lane	4.07	1.49	0.88	0.56	X	0.43	X
		Classified into Exclusive / Normal Lane	1.14	1.61	0.5	0	X	-0.86	X
	Operation of exclusive lane entry and exit	Lane change possible freely anywhere	3.5	1.74	1.5	0.33	X	0.14	X
		Only allowed to enter and exit in certain sections	3.64	1.91	1.75	0.3	X	0.14	X
	Location of AV Exclusive Lane	Center Part	4.79	1.12	0	1	O	0.86	O
		Side Part	1.57	1.28	0	1	O	-0.71	X
	Change of AV Exclusive Lane standard compared to current lane width standard	At the Center	3.07	1	0	1	O	-0.86	X
At the Side		3.21	1.12	0	1	O	-0.71	X	
A reason for need AV Exclusive Lane	Seperate from non-AV	4.29	1.68	0.38	0.85	O	0.57	O	
	High Speed Driving	4	1.88	1.88	0.06	X	0	X	

Category	Question	Answer	Mean	SD	Convergence	Consensus	C&C Result	CVR	CVR Result	
Road System	Road facilities that need to be expanded in consideration of the characteristics of AV	Pavement Marking	2.57	1.95	1.88	-1.5	X	-0.29	X	
		Road Direction Signs	3.57	2.03	2	0.2	X	0.29	X	
		Traffic Safety Signs	3.86	2.41	2.5	0	X	0.29	X	
		Delineator	1.93	1.59	0.5	0	X	-0.57	X	
		Delineation Road	1.14	0.53	0	1	O	-1	X	
		Raised Pavement Makers	1.29	0.83	0	1	O	-0.86	X	
		Road Lighting Facilities	3.07	1.98	1.5	0.14	X	0	X	
		Pedestrian-Vehicle Separation Facilities	4.64	1.6	0	1	O	0.71	O	
		Speed Enforcement System	1.5	1.22	1	-1	X	-1	X	
		VMS/LCS	1.43	1.22	0.38	0.25	X	-0.71	X	
	Technology Development Direction for AV Location Recognition	Insert Communication Chip in Facilities	4.21	0.97	0.5	0.75	O	0.71	O	
		Precision Map Advancement	5.86	0.36	0	1	O	1	O	
	Road safety facilities requiring standard change according to the introduction of Lv.4 AV	Pavement Marking	Size	1.64	1.08	0.75	-0.5	X	-0.86	X
			Color	2.71	1.9	1.5	-0.5	X	-0.14	X
		Road Direction Signs	Size	2.43	1.4	1	0.33	X	-0.57	X
			Height	2.57	1.28	0.88	0.42	X	-0.57	X
		Traffic Safety Signs	Size	2.57	1.28	0.88	0.42	X	-0.57	X
			Height	2.93	1.21	0.88	0.42	X	-0.14	X
		Delineator	Size	1.86	1.23	1	-1	X	-0.86	X
			Standard for Reflection	1.79	1.12	1	-1	X	-1	X
			Height	2	1.24	1	0	X	-0.86	X
		VMS/LCS	Specification	1.79	1.25	0.88	-0.75	X	-0.71	X
	Change Configuration		1.79	1.12	0.88	-0.17	X	-0.86	X	
	Need to expand autonomous driving assistance facilities	Traffic Information Collection Device	3.43	2.06	1.88	0.06	X	0.14	X	
		Roadside Communication Unit	5.21	0.97	0.5	0.82	O	0.86	O	
		GPS receiving station	5.21	0.43	0	1	O	1	O	
	Roads requiring the installation of new facilities such as communications	Expressway	4.79	1.76	0.88	0.68	X	0.57	O	
		National Highway	3.86	1.29	0.38	0.81	O	0.57	O	
		Special or Metropolitan City Road	4.79	1.53	0.38	0.85	O	0.86	O	
		Provincial Highway, City Road	3.79	1.72	1	0.5	X	0.14	X	
		County Road, Ward Road	2.93	1.73	0.88	0.42	X	-0.43	X	
	Facilities required for GPS location correction in communication shadow area	Pavement Marking	3.5	1.34	0.5	0.71	X	0	X	
		Road Direction Signs	4.14	1.29	0.88	0.61	X	0.43	X	
Traffic Safety Signs		4.21	1.31	0.5	0.75	O	0.57	O		
Landmarks		4.14	1.17	0.88	0.56	X	0.43	X		

<Table 7>와 같이 1차 결과보다 2차 결과에서 14개 항목이 추가로 의견이 일치하였다. 14개 항목 중에 10개 항목은 기존 경향과 같으면서 의견 일치만 된 경우고, 4개 항목은 의견이 일치하면서 경향이 반대가 된 특수한 경우다. 이 4개 항목은 전부 1차 설문에서는 점수가 1점부터 6점까지 고루 제시되었고, 가장 많이 분포된 점수는 5점이었다. 2차 설문에서 1차 설문 결과와 전문가 의견이 공유되면서, 전문가들의 점수 분포가 상대적으로 4점과 5점에 몰리면서 평균 점수가 4점 이상으로 수렴되었다.

<Table 9> Compare 1nd results and 2nd results

Category	Question	Answer	1nd Result		2nd Result		
			C&C	CVR	C&C	CVR	
Road Operation	The way of Future Traffic Operation	Traffic Operation focus on Shared AV and Transit transfer	X	X	O	O	
Road Design	Increased Shared AV	Decreased On-street Parking Lots on general roads	X	X	O	O	
	The road the needs to be applied Autonomous Driving Exclusive Lane	Expressway	National Highway	X	O	O	O
		Special or Metropolitan City Road	County Road, Ward Road	X	X	O	X
		Changes in the composition of lanes according to the operation of AV	Classified into Exclusive / Mixed / Normal Lane	X	X	O	X
		Location of AV Exclusive Lane	Side Part	X	X	O	X
	Change of AV Exclusive Lane standard compared to current lane width standard	At the Center	At the Side	X	X	O	X
				X	X	O	X
Road System	Road facilities that need to be expanded in consideration of the characteristics of autonomous vehicles	Delineation road	X	X	O	X	
		Raised Pavement Makers	X	X	O	X	
		Pedestrian-Vehicle Separation Facilities	X	X	O	O	
	Need to expand autonomous driving assistance facilities	Roadside Communication Unit	X	O	O	O	

이렇게 1차 결과와 종합하여 2차 결과를 분석하면 다음과 같다. 도로 운영 측면에서 1차와 마찬가지로 ‘미래에는 연석 공간에 시간대별로 변화하는 서비스가 제공’된다고 나왔으며, 추가로 ‘공유형 AV, 대중교통 환승 중심의 교통운영으로 변경되는 것’에 동의하는 것으로 나타났다. 이와 연계하여 도로 설계 측면에서 공유형 AV가 증가함에 따라 ‘일반도로 승하차 개소가 증가’하고 ‘노상주차장은 감소’할 것으로 예상하였다. 도로 폭 감소로 인한 ‘여유 공간의 경우 AV 지원 부속물 설치 공간 및 보도폭 증가에 활용’하는 것에 동의하였다. 자율주행전용차로의 적용이 필요한 도로에 대해 질문한 결과 ‘고속도로, 일반국도 순으로 자율주행전용차로의 적용 필요성’이 높고 ‘특별시도·광역시도는 전용차로가 필요할 수도 있는 것’으로 나타났다. 그러나 ‘군도, 구도는 전용차로가 필요하지 않다’고 분석되었다. 횡단 구성 측면에서는 ‘전용차로/혼용차로³⁾/일반차로로 구분하여 운영하는 것에는 동의하지 않는 것’으로 나타났다. 이와 관련해서는 전문가 일치는 이루어지지 않았지만 전용/혼용차로로만 구분에 평균적으로 동의한다는 결과가 나온 점, 전문가 일치는 이루어지지 않았지만 전용/일반차로로만 구분에 평균적으로 비동의한다는 결과가 나온 것을 감안하면 향후 혼용차로라는 새로

3) 혼용차로 : 본 연구에서는 일반자동차와 자율주행자동차가 동시에 이용하는 차로로 정의

운 개념의 도입 확률이 높으며, 혼용차로의 운영 방안에 대해 지금부터 검토가 필요하다고 판단된다. ‘자율주행전용차로가 도입된다면 도로 가측부가 아닌 도로 중앙부에 설치’해야 하며, ‘기존 도로와 동일한 차로폭을 사용’해야 한다고 응답하였다. 또한 자율주행전용차로를 넘어 ‘자율주행전용도로도 일반자동차와 분리하기 위해 필요한 것’으로 나타났다. 자율주행차량 특성을 고려할 때 확충이 필요한 도로시설물을 조사한 결과 전문가 일치기 이루어진 결과만 보면 ‘보차분리시설의 확충은 필요성이 높으나 시선유도봉과 도로표지봉은 확충이 불필요’에 가깝게 나타났다. 시설물 측면에서는 전문가 일치기 이루어지지 않은 결과들도 일반적으로 필요성이 높지 않게 나왔으며, 이는 대부분 향후 정밀도로지도에서 정보를 받기 때문에 자율주행자동차는 보행자와 분리하는 물리적 시설물외에는 크게 필요 없다는 인식이 바탕이 되었기 때문이다. 전문가 일치기는 되지 않았지만, 시설물의 기준 변경이 불필요하다는 방향으로 나온 것도 이와 연계된 결과로 볼 수 있다. 오히려 자율주행자동차의 위치인식을 위해 ‘시설물에 통신용 칩을 삽입’과 ‘정밀지도 고도화’가 매우 필요한 것으로 도출되었다. 자율주행을 보조하기 위해 도로상에 ‘노변통신시설, GPS 수신기지국의 확충이 필요’하며 특히 ‘특별시도·광역시도, 일반국도 순으로 통신 등 신규시설의 설치가 필요’한 것으로 나타났다. 이는 GPS 오류 등 통신음영지역이 건물에 많은 도심부에 생기기 쉽고, 자동차 수효를 고려했을 때 국가에서 먼저 시범적으로 설치 확대하기 좋은 도로라는 인식 때문이었다. 통신시설 설치 미흡 등으로 생기는 통신음영지역에서는 ‘GPS 위치 보정을 위해 교통안전표지판 적용’이 필요한 것으로 나타났다. 이런 결과는 교통안전표지판 확충 필요성이 높지 않았던 결과와 상충되게 보일 수 있으나, 통신이 안되는 경우 차선책으로 사용할 수 있는 기존에 존재하는 위치 보정 시설물의 개념으로 본다면 현재 상대적으로 도로상에 많이 설치되어 있기에 선택되었다고 이해할 수 있다.

IV. 결 론

향후 자율주행시대를 맞이하기 위해 도로의 설계, 운영, 정책 방향 등 여러 방면에서 많은 변화에 대비해야 할 것으로 예상된다. 더군다나 국내의 경우 2027년에 고도의 자율주행자동차의 전국 상용화를 목표로 하고 있어 조속한 시일에 도로의 변화 방향에 대해 합의하고 이를 바탕으로 정책적 수립이 필요하다. 때문에 본 연구에서는 향후 자율주행 시대에 도로 운영, 설계, 시스템의 변화 방향을 분석하고자 도로, 교통, 자동차, ITS, 통신 등 다양한 분야의 총 14명의 전문가가 참여하여 델파이 조사를 진행하였다. 설문조사는 델파이 조사 설문 문항을 구성하기 위한 기초 설문조사과 두 차례의 델파이 조사로 구분하여 진행하였다.

최종적으로 58개의 설문 항목 중 26개 항목에서 전문가 의견이 일치한 것으로 분석되었다. 전문가 의견이 일치한 내용을 기반으로 향후 도로의 변화를 예상하면 다음과 같다. 도로 운영 측면에서 공유형 자율주행자동차, 대중교통 환승 중심의 교통운영으로 변경될 것이며, 이에 따라 승차차 가능 지역이 증가하고 노상주차장은 감소할 것으로 예상하였다. 자율주행의 효율성으로 인해 도로에 여유 공간이 생긴다면 그 공간은 자율주행자동차 지원 부속물 설치 공간 및 보도폭 증가에 활용될 것으로 예상하였다. 아울러 미래에는 Flex zone 등 연석공간을 시간대별로 다르게 이용하는 서비스가 도입될 수 있다고 예상하였다.

도로 자율주행전용차로는 우선적으로 고속도로, 일반국도부터 도입되어야 된다고 나왔으며, 도입 시에 도로 가측부가 아닌 도로 중앙부에 설치되어야 하며 차로폭은 기존 도로와 동일하게 설계되는 것으로 의견이 모아졌다. 더 나가 일반자동차와 분리하기 위해 자율주행전용도로도 필요할 것으로 예상하였다.

도로시설물 측면에서는 보차분리시설 확충 필요성이 높게 나왔으며, 자율주행자동차 위치인식을 위해 기존 시설물 유형에 통신용 칩을 삽입하거나 정밀지도 고도화가 매우 필요하다고 도출되었다. 또한 자율주행

을 보조하기 위해 도로상에 노변통신시설, GPS 수신기지국의 확충이 필요하며, 특히 건물 밀집으로 인한 GPS 오류 등의 위험성이 반영되어 특별시도·광역시도에서 통신 등 신규시설의 설치 필요도가 높게 나타났으며 다음으로 일반국도에도 신규시설의 설치가 필요하다고 나타났다. 통신이 안되는 통신음영지역의 경우 GPS 위치 보정의 차선책으로 교통안전표지판을 활용할 것으로 답변이 이루어졌다.

위의 결과를 종합했을 때 향후 도로의 변화에 대한 연구는 주로 자율주행자동차와 일반자동차의 혼입에 대비하기 위한 세부적인 운영 방안, 횡단 구성 변화 중심으로 진행되어야 할 것으로 판단된다. 또한 도로 인프라 설치, 운영 측면에서는 자율주행자동차의 위치인식을 보조할 수 있는 신규 통신 시설의 설치 기준 및 도입 계획 수립이 필요하며, 자율주행자동차 센서 인식이 잘 되도록 기존 시설물의 신규 유지관리 방안이 도출될 필요성이 있다.

본 연구는 실제로 자율주행자동차가 상용화되지 않고 센서 규격, 운영 알고리즘 등의 명확한 기준이 없는 상황에서 전문가 의견을 수렴하였기에 도로 운영, 설계, 시스템 측면 변화 방향 예측과 그에 따른 향후 연구 방향만 도출할 수 있었다. 때문에 향후 자율주행자동차의 센서 규격과 주행 알고리즘이 확정되면, 자율주행 자동차 도입 비율, 통행패턴 변화 등을 고려하여 상용화를 전제로 한 단계적인 자율주행 가능 도로 선정 및 운영 방안 도출이 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 연구과제(과제번호 21AMDP-C160881-01)의 지원으로 수행하였습니다.

REFERENCES

- Bhin, M. Y., Son, S. K., Kim, H. J. and Lee, C. W.(2023), “A study on mitigating the disparity in public transportation information usage among the elderly through expert delphi survey,” *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 22, no. 5, pp.127-136.
- Cavnue, <https://www.cavnue.com/michigan-project/>, 2023.07.01.
- Jang, W. J., Kim, Y. G. and Park, T. Y.(2020), *Infrastructure Renovation and Utilization Plans Considering Future Transportation Modes and Services*, The Korea Transport Institute.
- Jung, J. Y., Shim, S. W. and Kim, M. S.(2022), “A study on introducing autonomous public transportation On-demand service in real time using delphi method,” *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 21, no. 5, pp.183-196.
- Kim, K. H., Park, J. I., Yoon, T. K. and Kim, J. T.(2018), *A preliminary study to make the road sector ready for the commercialization of automated vehicles: Focusing on road design and planning*, Korea Research Institute for Human Settlements.
- Lawshe, C. H.(1975), “A quantitative approach to content validity,” *Personnel Psychology*, vol. 28, no. 4, pp.563-575.
- Na, C. M., Ga, D. H. and Yeo, H. S.(2022), *Cooperative-intelligent transport systems technology trends*, Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation.

NACTO(2017), *Blueprint for autonomous urbanism*.

RAC Foundation(2017), Readiness of the road network for connected and autonomous vehicles.

Ryu, S. G. and Yoo, J. S.(2020), A study on road policies of Gyeonggi-do in response to the era of connected and autonomous vehicles, Gyeonggi Research Institute.