



서울시 자율주행 정책 진단과 발전방안

한영준 박세현

연구책임

한영준 서울연구원 교통시스템연구실 부연구위원

연구진

박세현 서울연구원 교통시스템연구실 연구원



이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

서울시, 자율주행 운영환경 지속 개선해 자율주행 서비스 단계적으로 시행 바람직

각국 정부·도시, 자율주행시대 대비 관련법 제정 등 각종 지원정책 추진

자율주행 기술은 파생되는 산업과 그에 따른 천문학적 이익으로 인해 '제2의 스마트폰'으로 전망되고 있으며, 이러한 자율주행 시장의 주도권을 확보하기 위해 많은 글로벌 기업들이 거대한 자본을 투자하며 뛰어들고 있다. 세계 각국의 정부와 도시에서도 자율주행 시대를 대비하며 다양한 지원 정책을 추진하고 있는데, 자율주행 자동차가 실제 도로에서 테스트를 할 수 있도록 관련 법을 제·개정하고 사고와 안전에 대비한 다양한 허가정책도 도입하고 있다. 자율주행 기술을 활용한 대중교통시스템 개편 등 다양한 공공 서비스 구상도 하고 있다.

국내에서도 자율주행 관련 법제도를 마련하고 민간기업의 자율주행 시범운행을 허가하고 있다. 서울시에서는 2019년부터 '차세대 지능형 교통시스템(C-ITS)'과 연계하여 상암DMC 지역을 '자율주행 테스트베드'로 운영하였으며, 2020년 11월부터는 테스트베드 지역을 확대하여 '자율주행 시범운행 지구'를 운영하고 있다. 서울시는 시범 지구에 첨단도로와 V2X(Vehicle to Everything) 통신환경, 자율주행 노면표시 등 인프라를 구축하고 차량정비 및 전기차 충전소 등 부대시설을 제공하고 있으며, 다양한 기업, 연구소, 대학이 참여하여 자율주행 순환셔틀, 공유차량 등 유인서비스와 로봇택배 등 무인서비스의 실증을 진행하고 있다.

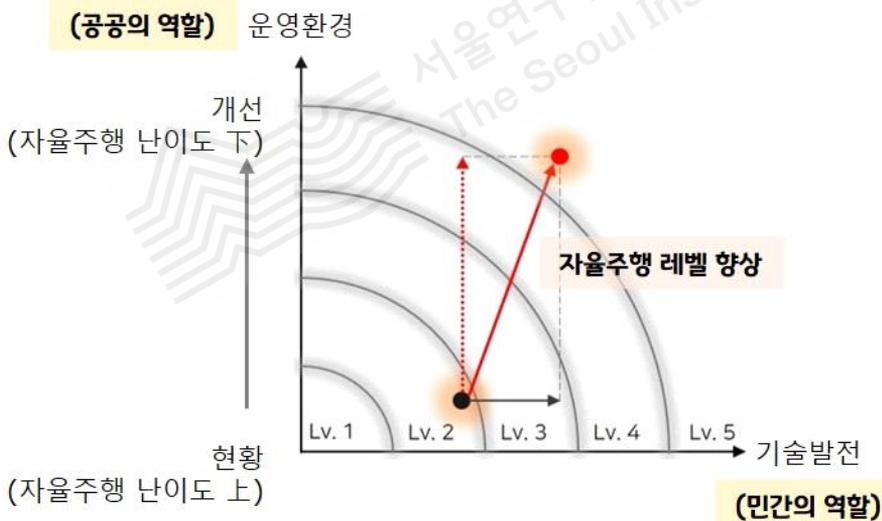
대규모 투자·정책 지원·기술발전 불구 자율주행 상용화 불확실성은 증가

기업의 대규모 투자와 정부·지자체의 정책적 지원에도 불구하고 완전자율주행(Full Driving Automation)의 상용화는 여전히 요원한 상황이다. 자율주행의 선두 주자로 손꼽히는 웨이모(구글)와 테슬라에서 다양한 자율주행기반 서비스를 제공하고 있으나,

대부분 상시 모니터링 요원이나 정밀도로지도가 필요하며, 교통량이 적고 도로 환경이 단순한 지역에서만 운행이 가능하다는 한계를 보여주고 있다. 많은 글로벌 기업들이 2020년을 완전자율주행의 상용화 시기로 예상하였으나 실현되지 못하였고, 악천후나 인간 운전자와의 혼합운행과 같은 자율주행의 난제(難題)도 여전히 해결되지 못하고 있다. 사고 발생 시 책임 주체와 같은 사회적 수용성 논란도 계속되면서 자율주행 상용화의 불확실성은 점점 증가하고 있다.

자율주행 친화적인 도시여건 조성하려면 서울시의 적극적 역할이 '필수'

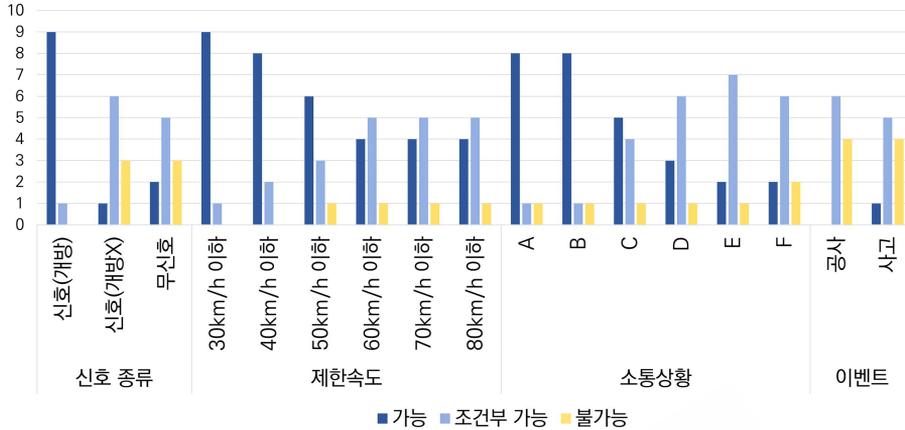
자율주행의 기술적 한계와 불확실성이 증가하면서 자율주행 발전을 위한 공공의 새로운 역할이 요구되고 있다. 지금까지의 자율주행 정책이 민간의 기술 실증을 위한 공간 제공 중심이었다면, 이제는 도시의 운영환경을 개선하여 자율주행 수준을 향상시키는 적극적인 임무를 수행해야 하는 것이다.



[그림 1] 기술발전과 운영환경개선을 고려한 자율주행 수준

이 연구에서는 자율주행 개발업체와 전문가 조사를 통해 자율주행에 제약을 주는 서울의 도로환경 요인을 도출하고, 서울시에서 운영 중인 인프라정보(교통안전 시설물 관리시스템, T-GIS), 소통정보(서울시 교통정보 시스템, TOPIS), 구축 중인 정밀도

로지도(HDmap)를 활용한 '서울시 자율주행 운영환경 평가시스템' 구축의 필요성을 제안하였다. 평가시스템을 통해 자율주행 서비스 도입에 제약이 되는 지점을 도출하고 개선하면 자율주행 친화적인 서울의 도시 여건을 조성할 수 있을 것으로 기대된다.



[그림 2] 단속류 교통운영에 따른 자율주행 가능 여부 조사 결과

대형공원·심야도로 등 가용한 운영환경 발굴로 자율주행 유인서비스 도입

사람이 탑승하는 자율주행 유인 서비스는 자율주행의 안정성뿐만 아니라, 쾌적한 승차감, 서비스 정시성 등 다양한 고려가 필요하여 서울과 같은 대도시에서는 도입이 어려울 것으로 인식되어 왔다. 하지만 이 연구에서 제시한 '자율주행 운영환경 평가시스템'을 통해 자율주행의 제약 지점을 개선하고 자율주행 서비스가 가능한 지역과 시간대를 발굴한다면, 자율주행 유인서비스의 조기 도입도 가능할 것으로 예상된다. 이 연구에서는 현재의 자율주행 기술과 서울시의 운영환경 조사 결과를 종합하여 다음과 같은 특성을 갖는 자율주행 유인서비스 도입을 검토하였다. 첫째, 이동성은 낮아도 서비스 접근성을 확대할 수 있어야 한다. 궁극적으로 자율주행 차량은 인간의 실수를 배제할 수 있어 초고속 운행이 가능할 것으로 예상되지만, 현재의 자율주행 기술로는 고속운행에 상당한 제약이 예측된다. 따라서, 초기의 자율주행 유인서비스는 이동성보다는 서비스의 시공간적 확장을 목표로 하여야 한다. 둘째, 자율주행 차량과 다른 차량의 상충을 최소화하여야 한다. 자율주행 운영환경 조사 결과, 현재의 자율주행 기술은 다른 차량과 상충 시 운행의 제약이 발생하는 것으로 나타났다. 따라서, 초기의 자율주행 유인서비스는 전용도로나 도로 외 지역에서 도입되어야 한다. 마지막으로,

위의 두 가지 조건을 만족시킬 수 있는 운영환경을 선별하여 서비스를 도입해야 한다. 처음부터 도시 전역 또는 전 시간대 자율주행 서비스를 목표로 하기보다는 실현 가능한 지역과 시간대에서 자율주행 서비스를 도입하여야 하는 것이다. 이러한 관점에서 이 연구는 자율주행을 이용한 대형공원 내 이동지원 서비스, 심야 시간 버스전용도로와 연결도로 활용을 통한 심야 자율주행 대중교통 서비스 방안을 제시하였다.

실현가능성 높은 자율주행 무인서비스 도입 위해 도시인프라·법제도 개선

화물을 운송하는 자율주행 무인서비스는 기술적 제약이 적기 때문에 현재의 자율주행 기술 수준으로도 실현가능성이 높다. 따라서 자율주행 무인서비스의 도입을 위한 도시인프라와 법제도 개선 등 정책적 지원이 적극적으로 추진되어야 한다. 우선 법적 지위가 정의되지 않은 배달로봇 등을 포함할 수 있도록 법제도를 개선하여 자율주행 무인서비스의 법적 책임과 혜택을 명확히 제시하여야 한다. 또한 도시인프라를 개선하여 배달로봇 등 자율주행 무인서비스의 통행공간을 제공하여야 하는데, 이는 최근 활성화되는 자전거, 전동킥보드 등 개인교통수단의 통행공간 지정과 연계하여 해결할 수 있을 것으로 예상된다. 민간기업 중심의 자율주행 무인서비스를 위한 공공인프라 활용의 정당성을 확보하고 자율주행 무인서비스의 사회적 효과를 극대화하기 위한 공공서비스 발굴도 병행되어야 한다.



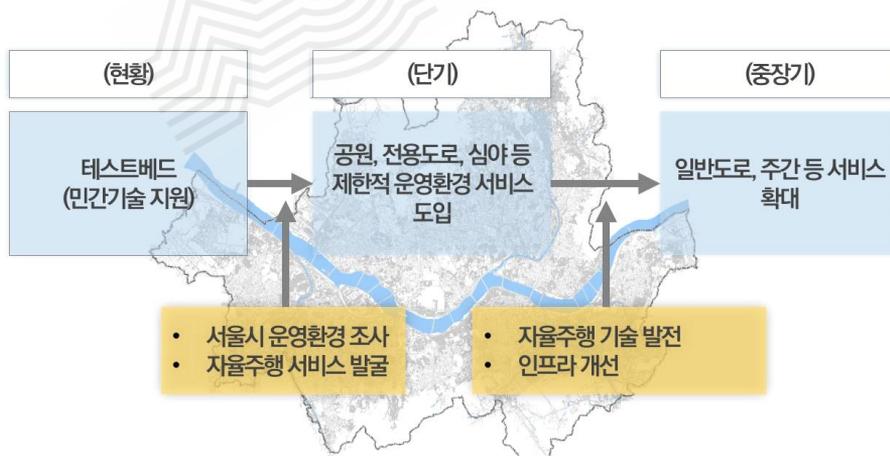
[그림 3] 서울시 지정차로 운영 계획

자료: <https://mediahub.seoul.go.kr/archives/1301766>

서울시민의 긍정적 의견 반영해 자율주행 테스트지역 점진적 확장 필요

이 연구에서는 설문조사를 통해 자율주행 정책에 대한 서울시민의 인식과 선호도를 조사하였다. 서울시민은 자율주행 기술에 대해 높은 인지도를 보여주었고, 적극적인 자율주행 실증과 서비스 도입에 대해서도 긍정적인 경향을 갖고 있음을 확인할 수 있었다. 특히 실도로를 이용한 자율주행 테스트베드 운영에 대한 거부감이 적은 것으로 나타났는데, 응답자의 주거지역을 대상으로 실증지역을 확대하는 방안에 대해서도 낮은 거부감을 보여주었다. 이러한 시민의 자율주행 친화적인 성향은 향후 실증지역을 확대하고 적극적으로 자율주행 서비스를 도입하는 데 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

현재 서울시의 자율주행 실증과 서비스는 일부 지역에서만 이루어지고 있으나, 이 연구에서 제시한 서울시의 자율주행 운영환경 평가와 제약지점 개선을 통해 점진적으로 서비스 지역 확장이 가능할 것으로 기대된다. 단기적으로는 대형공원이나 전용도로, 심야 시간 등 일부 제한적 운영환경에서만 자율주행 서비스 도입이 가능할 것이나, 향후 자율주행 기술이 더욱 발전하고 운영환경을 지속적으로 개선해 나간다면 일반도로와 주간 시간에서도 자율주행을 기반으로 하는 도시교통서비스를 도입할 수 있을 것으로 기대된다.



[그림 4] 자율주행 서비스 공간 확장 개념도

목차

01 연구개요	2
1_연구배경 및 목적	2
2_연구내용 및 방법	5
02 자율주행 현황 진단	8
1_자율주행 기술개발 현황	8
2_글로벌 선두기업의 자율주행 기술개발 현황	13
3_국외 자율주행 지원정책 동향	21
4_국내 자율주행 지원정책 동향	25
03 자율주행에 대한 서울시민 인식	38
1_설문조사 개요	38
2_교통수단 및 서비스 이용특성	39
3_자율주행에 대한 관심과 신뢰	42
4_자율주행 서비스 인식	45
5_자율주행 정책 인식	48
04 자율주행 지원정책 발전방안	54
1_자율주행 기술의 성과와 한계	54
2_자율주행에 영향을 미치는 도시운영환경	58
3_자율주행 지원정책 방향	61
4_서울시 자율주행 도입을 위한 정책	63

참고문헌 ————— 83

Abstract ————— 86



표 목차

[표 2-1] 자율주행 센서의 종류와 특징	9
[표 2-2] 유럽연합의 자율주행 기술개발 로드맵(EPoSS)	23
[표 2-3] 자율주행자동차 인프라, 제도, 서비스 단계적 추진방안	25
[표 2-4] 단계별 자율주행자동차 제도 정비	27
[표 2-5] 자율주행자동차법의 자율주행 관련 용어 정의	28
[표 2-6] 자율주행 안전구간 지정 기준	29
[표 2-7] 시범운영지구 지정, 운영 및 관리에 관한 조항	30
[표 2-8] 여객의 유상운송을 위한 법적 요건	31
[표 2-9] 여객의 유상운송을 위한 제출서류	32
[표 2-10] 화물의 유상운송을 위한 법적 요건	33
[표 2-11] 화물의 유상운송을 위한 제출서류	33
[표 2-12] 자율주행자동차의 안전운행요건	34
[표 2-13] 자율주행 자동차 시범운영지구 지정 구역	35
[표 3-1] 설문조사 개요	38
[표 3-2] 설문조사 내용	39
[표 3-3] 주 교통수단	39
[표 3-4] 최근 1년 이내 이용한 교통서비스에 대한 만족도	40
[표 3-5] 자율주행 관련 기능 이용 빈도	44
[표 4-1] 하이프 사이클의 단계와 내용	56
[표 4-2] 자율주행 수준의 정의	58
[표 4-3] 안양시 자율주행 서비스 운영설계영역(ODD)	60
[표 4-4] 서울시 자율주행 운영환경 조사 개요	63

[표 4-5] 서비스수준	66
[표 4-6] 용산공원 조성 개요	73
[표 4-7] 배달로봇의 정의와 통행 방법	77
[표 4-8] 자전거도로의 통행	78
[표 4-9] 우버의 자율주행자동차 사고와 추진경과	80



그림 목차

[그림 1-1] 자율주행 시장 전망	3
[그림 1-2] 자율주행 산업에 뛰어들고 있는 산업 분야	3
[그림 1-3] 연구내용 및 방법	5
[그림 2-1] 센서별 무게와 전력소비	10
[그림 2-2] 인공지능, 머신러닝, 딥러닝의 구분	11
[그림 2-3] 인공지능을 이용한 사물인식	12
[그림 2-4] The Leaderboard: Automated Driving Vehicles 2020	13
[그림 2-5] 테슬라 자율주행 네트워크 구성	15
[그림 2-6] 웨이모 차량 구성	17
[그림 2-7] 웨이모 서비스 제공지역	18
[그림 2-8] 디트로이트시 내 카브뉴가 진행하고 있는 자율주행 프로젝트	18
[그림 2-9] 모빌아이의 REM 기술	19
[그림 2-10] 스타쉽의 배달로봇	20
[그림 2-11] 미국 주별 자율주행 법제도 수립 현황	22
[그림 2-12] 유럽 CityMobil2 대상 도시	24
[그림 3-1] 버스 이용 불편사항	40
[그림 3-2] 택시 이용 불편사항	41
[그림 3-3] 택배 이용 불편사항	41
[그림 3-4] 배달 이용 불편사항	42
[그림 3-5] 자율주행 기술에 대한 인지도	43
[그림 3-6] 자율주행 관련 상용화 기술 인지도	43
[그림 3-7] 자율주행 관련 기능 탑재 여부	44

[그림 3-8] 자율주행 관련 기능 이용빈도	44
[그림 3-9] 자율주행 관련 기능 만족도	45
[그림 3-10] 자율주행 서비스 기대 분야	46
[그림 3-11] 자율주행 승용차 기대요소	46
[그림 3-12] 자율주행 버스 기대요소	47
[그림 3-13] 자율주행 택시 기대요소	47
[그림 3-14] 자율주행 택배 및 배달 기대요소	48
[그림 3-15] 완전자율주행 상용화 시점 예상	48
[그림 3-16] 자율주행 테스트베드 인지도	49
[그림 3-17] 자율주행 테스트베드 인식	49
[그림 3-18] 자율주행 테스트베드 거주 지역 실험 관련 찬성 여부	50
[그림 3-19] 자율주행 관련 기능 만족도에 따른 테스트베드 찬성 여부	50
[그림 3-20] 자율주행 교통서비스 정책 방향	51
[그림 3-21] 서울시의 자율주행 세계 최초 도입의 필요성	51
[그림 4-1] 미국자동차공학회(SAE) 기준 자율주행 수준 구분	55
[그림 4-2] Gartner Hype Cycle for Connected Vehicles and Smart mobility(2020)	57
[그림 4-3] Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies; (A) 2015년, (B) 2016년	57
[그림 4-4] NHTSA의 ODD 요소 분류	59
[그림 4-5] 자율주행 도로주행 적합도 기준 도출 절차	60
[그림 4-6] 안양시 도시부 도로 ODD 분석결과	61
[그림 4-7] 기술발전과 운영환경을 고려한 새로운 자율주행 수준 개념도	62
[그림 4-8] 서울시 자율주행 운영환경 조사 항목	64
[그림 4-9] 연속류 기하구조에 따른 자율주행 가능 여부 조사 결과	65
[그림 4-10] 연속류 교통운영에 따른 자율주행 가능 여부 조사 결과	65
[그림 4-11] 연속류 환경요소에 따른 자율주행 가능 여부 조사 결과	67
[그림 4-12] 단속류 기하구조에 따른 자율주행 가능 여부 조사 결과	67
[그림 4-13] 단속류 교통운영에 따른 자율주행 가능 여부 조사 결과	68
[그림 4-14] 단속류 환경요소에 따른 자율주행 가능 여부 조사 결과	69
[그림 4-15] T-GIS 이용 예시	70
[그림 4-16] TOPIS 이용 예시	70

[그림 4-17] 자율주행 유인 서비스 발굴 절차	72
[그림 4-18] 서울시 대형 공원 현황	73
[그림 4-19] 서울시 버스전용차로 현황	75
[그림 4-20] 시범운영 중인 배달로봇	76
[그림 4-21] 서울시 지정차로 운영 계획	79
[그림 4-22] 자율주행 관련 기능 만족도에 따른 테스트베드 찬성 여부	81
[그림 4-23] 자율주행 서비스 공간 확장 개념도	82



01

연구개요



1_연구배경 및 목적

2_연구내용 및 방법

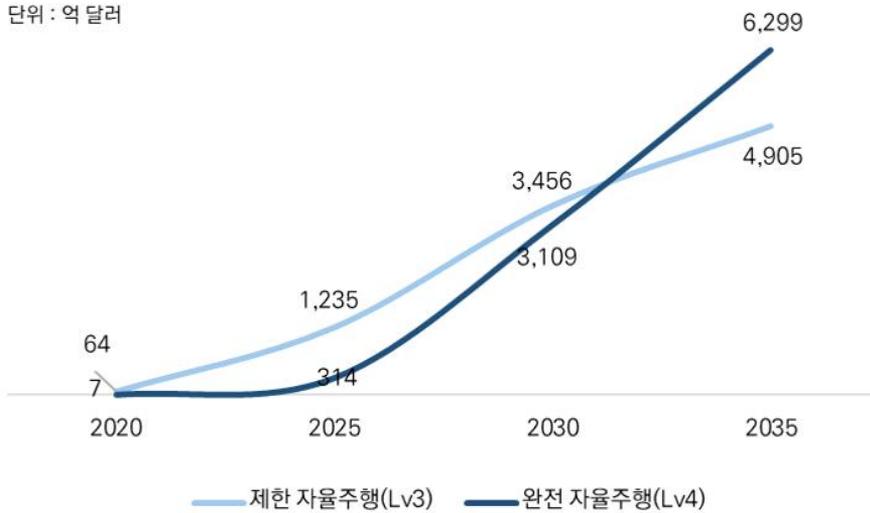
01. 연구개요

1_연구배경 및 목적

1) 자율주행, 사회혁신과 경제적 효과 창출 기대 분야

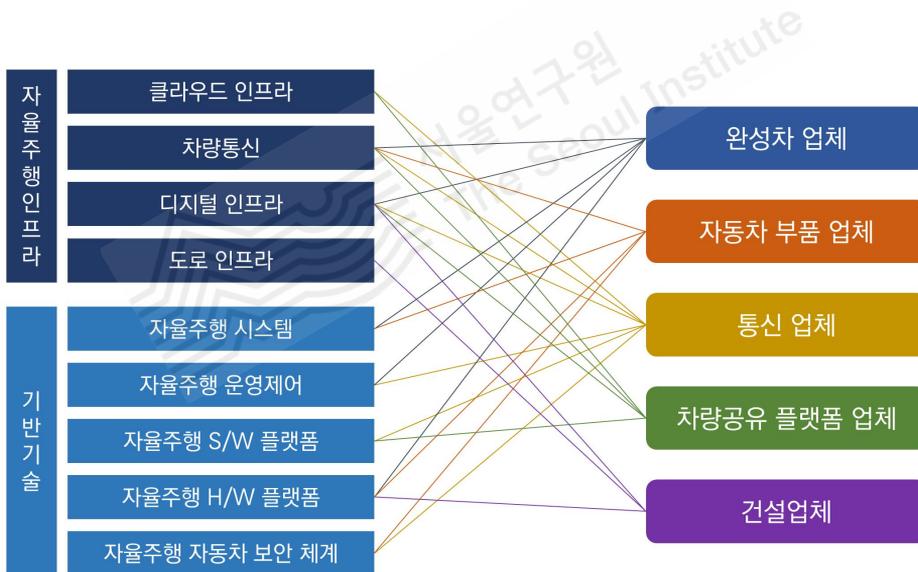
자율주행은 다양한 모빌리티 서비스와 파생되는 가치사슬(Value Chain)을 통해 우리 사회에 혁신적인 변화를 가져올 것으로 전망되고 있다. 운전자 개인은 자율주행을 통해 차내 시간을 활용할 수 있게 되며, 교통사고와 혼잡이 감소하여 많은 사회적 비용을 절감할 수 있을 것이다. 차량 소유의 개념이 공유로 전환되고, 배송체계가 배달 로봇 중심으로 개편되는 등 자율주행으로 인해 변화되는 미래의 이동 행태는 현재와 매우 다른 모습일 것으로 예상할 수 있다.

또한 자율주행은 막대한 경제적 효과를 창출할 것으로 예상된다. 글로벌 자율주행 시장의 규모는 2020년 71억 달러에서 2025년 1,549억 달러, 2035년 1조 1,204억 달러로 추정되어 연평균 41.0%의 높은 증가율을 보일 것으로 전망된다(소프트웨어정책연구소, 2017). 이처럼 막대한 경제적 이익이 예상되면서 자율주행 기술 시장에는 기존의 전통적인 자동차 제조사들뿐 아니라, 세계 굴지의 IT, 통신, 플랫폼 업체 등 다양한 분야의 기업들이 거대한 자본을 투자하며 뛰어들고 있다.



[그림 1-1] 자율주행 시장 전망

자료: 서영희(2017), 자율주행자동차 시장 및 정책 동향



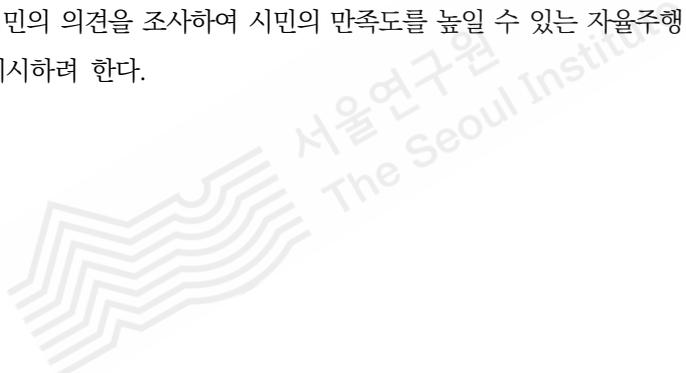
[그림 1-2] 자율주행 산업에 뛰어 들고 있는 산업 분야

자료: 이명구 외(2020), 자율주행이 만드는 새로운 변화

2) 자율주행 상용화 지연상황에서 서울시 관련 정책 제시가 본 연구의 목적

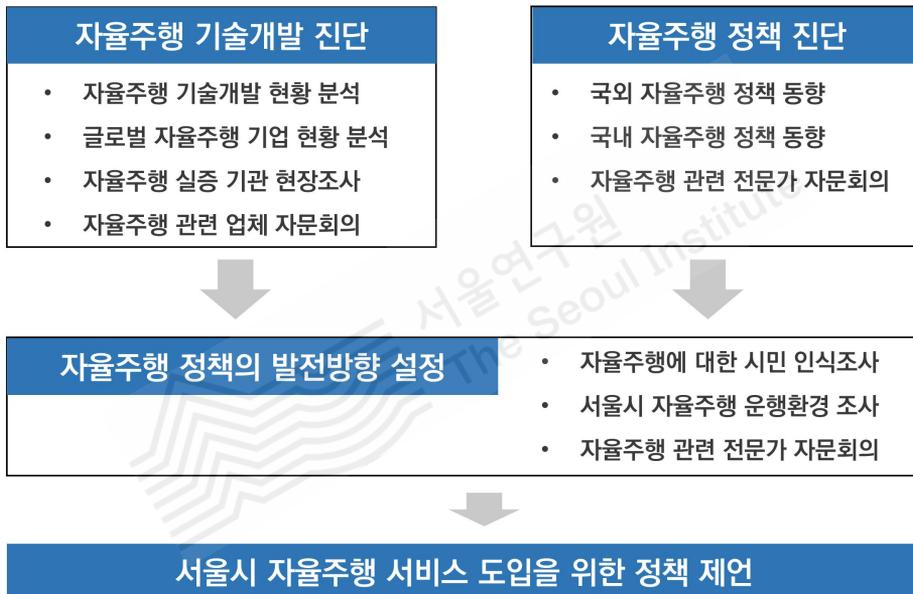
민간기업 중심으로 개발이 진행되던 자율주행 기술은 이제 실제 도로를 이용한 실증이 필요한 단계로 접어들었고, 많은 국가와 도시에서는 새로운 법과 제도를 만들고 도시 공간을 제공하며 이를 지원하고 있다. 현재 서울시에서도 자율주행 테스트베드와 시범운행지구를 지정하고, 자율주행에 필요한 첨단도로인프라와 부대시설을 조성하여 민간기업의 기술개발을 지원하고 다양한 실증사업을 추진하고 있다. 하지만 많은 글로벌 기업들이 2020년으로 예상하였던 자율주행차량 상용화는 계속 지연되고 있으며, 해외의 실도로 테스트 중 발생하는 다양한 사고 소식은 자율주행 기술에 대한 불확실성을 더욱 높여주고 있다. 또한 전 세계 많은 지역에서 수년 동안 자율주행 시범사업을 추진하고 있지만, 이를 통한 획기적인 기술발전이나 서비스 지역 확대 등은 나타나지 않고 있어, 자율주행 상용화에 대한 의문은 더욱 증가하고 있다.

따라서 이 연구에서는 자율주행 기술과 정책을 진단하여 서울시의 효과적인 자율주행 정책 수립을 위한 발전방안을 제시하고자 한다. 특히 자율주행 서비스와 정책 방향에 대한 서울시민의 의견을 조사하여 시민의 만족도를 높일 수 있는 자율주행 서비스 추진방안을 제시하려 한다.



2_연구내용 및 방법

이 연구는 총 4장으로 구성되었다. 1장은 연구배경 및 목적, 연구내용 및 방법에 대해 서술하였고, 2장에서는 자율주행 기술과 관련 기업의 성과를 점검하고 국내외 자율주행 정책 동향을 진단하였다. 3장에서는 서울시민을 대상으로 수행한 설문조사 결과를 분석하여 자율주행 정책 수립에 대한 시사점을 제시하였다. 4장에서는 앞서 검토한 기술 및 정책 동향, 시민 설문조사를 바탕으로 자율주행 정책의 발전 방향을 설정하고 향후 서울시에서 중점적으로 추진이 필요한 자율주행 발전방안을 제시하였다.



[그림 1-3] 연구내용 및 방법

02

자율주행 현황 진단



- 1_자율주행 기술개발 현황
- 2_글로벌 선두기업의 자율주행 기술개발 현황
- 3_국외 자율주행 지원정책 동향
- 4_국내 자율주행 지원정책 동향

02. 자율주행 현황 진단

1_자율주행 기술개발 현황

1) 자율주행 기술의 구성

자율주행의 실현에는 인간의 불안전함에서 발생하는 교통사고를 줄이고자 하는 공공의 관점과 자율주행 기술에서 파생되는 다양한 산업에서 경제적 우위를 선점하려는 민간의 목적이 공존한다. 자율주행은 우선 인간의 운전 수행 능력을 얼마나 잘 묘사할 수 있는냐를 목적으로 하고 있으나, 궁극적으로는 인간보다 뛰어난 운전실력을 보여줄 수 있을 것으로 기대된다. 이를 위해 차량 제조, 센서, 컴퓨팅 등 다양한 기술들이 융복합되어 자율주행 기술이 개발되고 있으며, 다양한 분야의 인적자원과 천문화적인 투자가 요구되고 있다. 현재 자율주행 기술은 대부분 민간 기업들이 주도하고 있기 때문에, 자율주행 기술의 현황을 파악하고 진단하기 위해서는 다양한 민간기업의 개발 실적을 살펴볼 필요가 있다.

자율주행은 인간의 운전방식을 모방하여 “인지-판단-제어”의 순서로 이루어진다. 인지 기능은 인간의 오감과 유사하며, 판단기능은 인간의 뇌에서 이루어지는 사고체계라 할 수 있다. 제어기능은 인간의 신체를 이용하여 핸들을 조향하거나 브레이크를 조작하는 과정이다. 마지막 단계인 제어단계는 인지와 판단을 거친 결과를 단순히 적용하는 단계이기 때문에, 이전 단계들에 비해 비교적 적용이 쉽다고 할 수 있다. 반면에, 인지와 판단 단계를 어떻게 해결할 수 있는지가 자율주행 기술의 핵심이라 할 수 있다.

2) 인지단계: 센서기술

인지단계는 자율주행차량이 다른 차량, 보행자, 도로시설물 등 주변의 사물과 주행환경을 인식하는 단계로 주로 자율주행차량에 부착된 센서를 통해 수행된다. 자율주행에

이용되는 센서의 종류는 카메라, 레이더, 초음파, 라이다 등으로 구분할 수 있으며, 각 센서의 종류와 특징은 [표 2-1]과 같다.

[표 2-1] 자율주행 센서의 종류와 특징

종류	특징	기능
단안 카메라	<ul style="list-style-type: none"> • 대상물의 형상을 포착 • 2차원으로 형상 판단 • 거리 측정 어려움 • 가격 저렴 	<ul style="list-style-type: none"> • 인식 시스템: 촬상소자(CMOS) • 시야각도: 수평 50도 / 수직 28도 • 도달거리: 120m • 해상도: 1280x960픽셀
스테레오 카메라	<ul style="list-style-type: none"> • 대상물의 형상을 포착 • 3차원으로 형상 판단 • 3D 측정범위 짧음 	<ul style="list-style-type: none"> • 인식 시스템: 촬상소자(CMOS) • 시야각도: 수평 50도 / 수직 28도 • 도달거리: 55m • 해상도: 1280x960픽셀
초음파 센서 (Ultra sonic sensore)	<ul style="list-style-type: none"> • 근접 영역 거리측정에 주로 이용 • 역사가 길어, 기술의 신뢰성이 높음 • 가격 지속적으로 감소 중 • 중거리 용도도 등장 • 차량부착 용이 	<ul style="list-style-type: none"> • 인식 시스템: 초음파 • 시야각도: 140도 • 도달거리: 20cm~450cm
중거리 레이더	<ul style="list-style-type: none"> • 항공기나 선박용으로 사용 • 기상의 영향 미미 • 장거리 측정 가능 • 고속주행 시 사용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 인식 시스템: 밀리파 / 주파수 범위 76~77GHz • 시야각도: 45도 • 도달거리: 160m
장거리 레이더	<ul style="list-style-type: none"> • 중거리 레이더 대비 고가 • 복수의 센서로 방향 파악 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 인식 시스템: 밀리파 / 주파수 범위 77GHz • 시야각도: 30도 • 도달거리: 250m
라이다	<ul style="list-style-type: none"> • 기상의 영향 미미 • 다양한 각도 • 다양한 혁신기술 사용 • 가격 고가 	<ul style="list-style-type: none"> • 인식 시스템: 레이저 • 시야각도: 360도 / 수직 ±15도 • 도달거리: 100m

출처: 골든벨(2019)

자율주행 기술 개발 업체들은 다양한 센서의 특징과 장단점을 종합하여 자율주행 센서의 최적화 방안을 고민하고 있다. 자율주행 차량의 인지기능을 극대화하기 위해서는 최대한 고사양, 고해상도 센서의 적용이 필요하지만, 자율주행 차량의 적정가격, 컴퓨팅 성능, 배터리 용량 등도 함께 고려하여야 하기 때문이다.

현재 개발된 센서 중 가장 고해상도의 데이터를 수집할 수 있는 라이다는 이미지 중

십의 기존 카메라 센서와 달리 고정밀의 3차원 영상을 구현할 수 있어 자율주행차량의 핵심기술로 주목을 받고 있다. 하지만 다른 센서와 비교하여 가격이 비싸다는 단점이 있기 때문에 자율주행차량의 제조 단가를 상승시키는 요인이 되고 있으며, 테슬라(Tesla) 등 카메라 중심의 센서를 활용하는 자율주행차량 개발업체에서는 라이다의 불필요성을 주장하기도 하였다¹⁾. 하지만 최근 기술 발전을 통해 라이다의 가격이 크게 낮아지는 추세를 보여주고 있어 향후 라이다의 활용 여부에 변화가 생길 것으로 예상되고 있다.

한편 라이다 등 고사양 센서가 가지고 있는 고중량, 높은 소비전력, 고해상 데이터로 인한 연산속도 저하 등도 자율주행 인지 기술 분야에서 해결해야 하는 주요 과제이다. 특히 자동차 산업이 기존의 내연기관 중심에서 전기차, 수소차 중심으로 개편되고 있기 때문에, 한정된 배터리 용량에서 차량 이동거리에 영향을 줄 수 있는 고사양 센서의 활용은 제한될 수 있을 것이다. 향후 센서의 경량화, 소비전력 개선이 이루어지고 배터리 고용량화가 진행되는 경우 자율주행차량의 인지단계에 큰 변화가 있을 것으로 예상된다.



[그림 2-1] 센서별 무게와 전력소비

자료: Gawron et al.(2018)

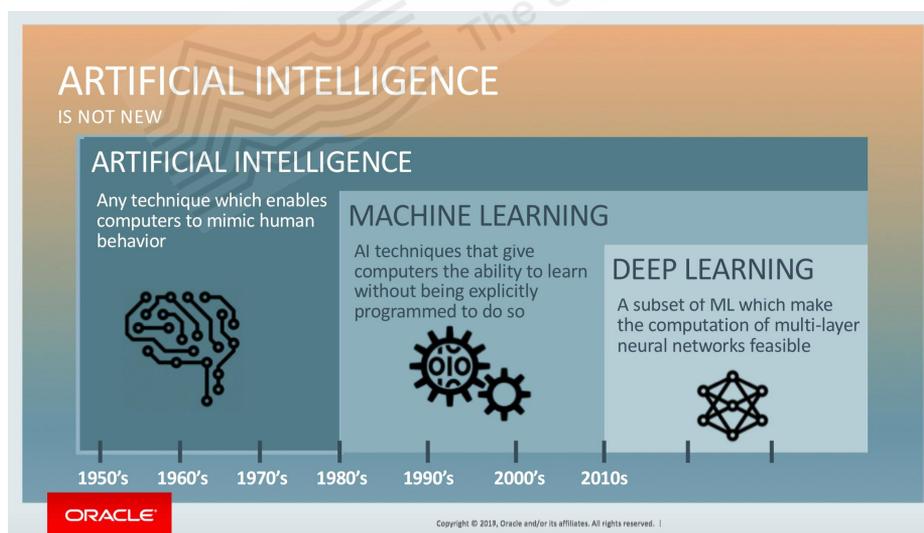
최근 자율주행차량 센서의 단점을 보완하기 위한 커넥티드(Connected) 기술도 주목을 받고 있다. 커넥티드 기술은 통신기술을 통해 자율주행차량과 다른 차량(Vehicle to Vehicle, V2V), 인프라(Vehicle to Infrastructure, V2I) 등 도로 위의 모든 이용자와 시설물이 연결되는 것(Vehicle to Everything, V2X)으로, 센서의 사각 지대, 센서 범위 밖의 돌발상황, 악천후 등 센서 제한 시 대응 등의 정보를 자율주행차량에

1) 'Why Tesla Won't Use LIDAR',
<https://towardsdatascience.com/why-tesla-wont-use-lidar-57c325ae2ed5>

게 제공할 수 있다. 특히 우리나라의 경우 상대적으로 뒤쳐진 자율주행 기술의 열세를 극복하기 위해 발달된 통신 인프라를 활용한 커넥티드 기술 활용 방안을 적극적으로 도입하고 있는 상황이다.

3) 판단단계: 인공지능 기술

자율주행 차량은 인지단계에서 취득한 데이터를 이용하여 어떻게 운전할 것인가를 판단하게 된다. 인지단계가 데이터 수집을 위한 센서 등 하드웨어 중심의 개념이라면 판단단계는 인공지능(Artificial Intelligence, AI)을 이용한 소프트웨어 중심의 분야라 할 수 있다. [그림 2-2]에 나타난 바와 같이 인공지능의 개념은 1950년대부터 등장하였지만, 자율주행 기술에 인공지능이 활발히 적용되기 시작한 시점은 딥러닝(Deep Learning)이 발달하기 시작한 2010년대 이후이다. 딥러닝은 다양한 데이터를 이용하여 컴퓨터(또는 알고리즘)를 학습시키고 필요한 결과를 도출하는 기계학습(Machine Learning)의 일종으로, 자율주행 분야에서는 인지단계를 통해 수집된 데이터를 이용한 사물의 인식부터([그림 2-3] 참조), 가감속, 조향 등 차량제어까지의 모든 단계에 적용되고 있다.



[그림 2-2] 인공지능, 머신러닝, 딥러닝의 구분

자료: <https://blogs.oracle.com/bigdata/difference-ai-machine-learning-deep-learning>



[그림 2-3] 인공지능을 이용한 사물인식

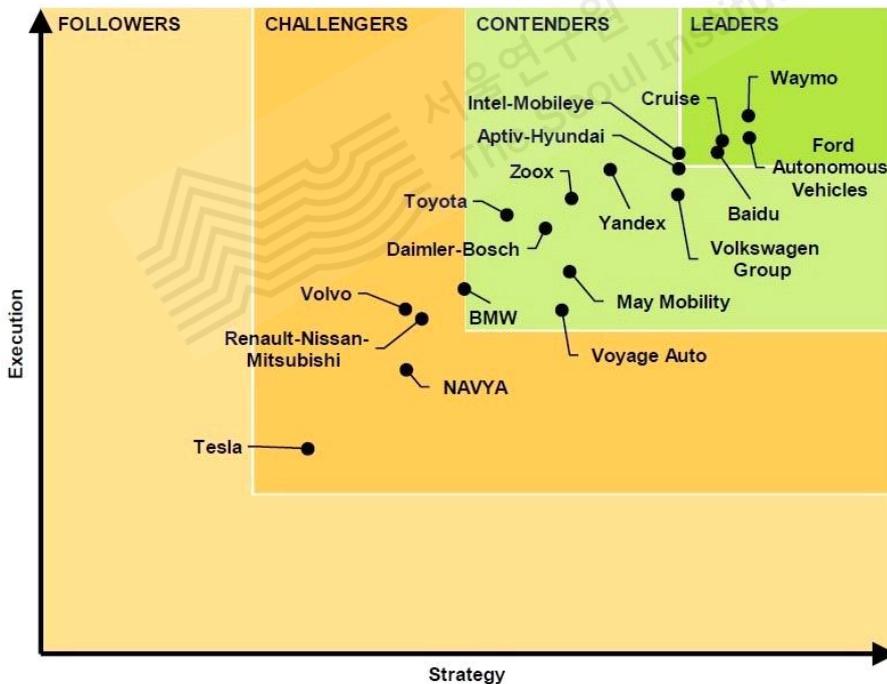
자료: Deep learning for Self-Driving Cars, MIT class, 2017

딥러닝은 대표적인 데이터기반(Data-driven) 알고리즘이기 때문에 자율주행 차량의 올바른 판단을 위해서는 다양한 운전상황에 대한 데이터 수집이 중요하다. 현재 자율주행 개발업체들은 실제 도로를 주행하면서 도로환경의 수많은 변수를 포함한 데이터를 축적하고 있으며, 공공 분야에서는 이러한 테스트를 위한 제도적 지원을 하고 있다. 하지만, 테슬라, 우버 등 글로벌 기업의 자율주행 실증간 발생하는 사망사고에서 볼 수 있듯이, 극도로 낮은 빈도로 발생하여 자율주행 자동차가 학습하지 못하는 상황(Edge Case)에 대한 대응방안 마련은 현재 자율주행 기술이 극복해야 할 큰 과제라 할 수 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 시뮬레이션을 이용한 자율주행 차량 학습데이터 확보가 주목을 받고 있다. 시뮬레이션 활용은 현실의 복잡한 도로환경을 모두 묘사하기 어렵다는 단점이 있었지만, 최근 시뮬레이션 기술이 발달하면서 실제와 유사한 데이터 수집의 가능성이 높아지고 있다. 현실에서 수집이 어려운 상황에 대해서도 압도적으로 많은 양의 데이터를 학습할 수 있는 시뮬레이션을 이용한 인공지능 학습 방안은 향후에도 지속 발전할 것으로 기대된다.

2_글로벌 선두기업의 자율주행 기술개발 현황

자율주행 기술에 따른 시장효과는 2050년 7조 달러에 육박할 것으로 예상되고 있다 (Lanctot, 2017). 이러한 자율주행 시장의 주도권을 확보하기 위하여 GM(Cruise), Ford, 현대자동차 등 전통적 자동차 제조사는 물론이고 테슬라 등 신규 전기차 업체, 구글(Waymo), 엔비디아 등 IT업체까지 자율주행 기술 개발에 전념하고 있다. [그림 2-4]는 현재 자율주행 시장에 참여하고 있는 다양한 기업과 기술발전 수준을 보여주고 있다.

앞에서 살펴본 바와 같이 자율주행 기술은 센서, 차량 등 하드웨어뿐만 아니라, 인공지능을 포함한 소프트웨어의 개발까지 요구하기 때문에 기존의 자동차 제조와는 뚜렷한 차이점을 보여주고 있다. 이 장에서는 자율주행 기술개발에서 두각을 나타내는 글로벌 기업의 비전과 기술개발 현황을 살펴보고 시사점을 도출하였다.



[그림 2-4] The Leaderboard: Automated Driving Vehicles 2020

자료: Naviant Research(2020)

1) 자율주행에 대한 자동차 제조사들의 꾸준한 투자

자율주행에 대한 대중의 관심을 높인 기업은 구글, 테슬라 등 새롭게 등장한 IT계통 기업이었지만, 전통적인 자동차 제조사들도 첨단운전보조장치 등 자동차의 ‘스마트화’를 꾸준히 진행하며 자율주행 기술을 축적하여 왔다. 특히, 최근의 자동차 제조사들은 자율주행 기술을 가지고 있는 ICT 업체와 적극적인 기업합병(M&A)을 추진하며 자율주행 역량을 강화하고 있다.

지난 2016년 자율주행 스타트업 기업인 크루즈(Cruise)를 인수한 제너럴 모터스(General Motors, 이하 GM)는 세계적으로 권위 있는 소비자 단체인 ‘미국 소비자연맹(Consumer Union)’의 ‘Consumer Report 2020’에서 자율주행 부분 평가 1위를 기록하였으며, 2025년까지 자율주행개발에 270억 달러를 투자할 계획이라고 밝히며 주목을 받고 있다. 국내 자동차 업체 중에서는 2019년 자율주행업체 앵티브(Aptiv)와 합작법인 모셔널(Motional)을 출범한 현대자동차가 자율주행개발에 적극적인 의지를 표명하고 있다. 특히 모셔널은 자율주행 시 발생하는 1~4TB/일 규모의 방대한 데이터에서 유의미한 정보를 추출하는 데이터 정제과정 효율화에 관심을 두고 있으며, 이를 통해 자율주행 기술의 인지단계에 머물지 않고 인공지능 개발을 통한 판단단계로의 확장을 위해 노력하고 있다. 또한 현대자동차그룹은 인공지능 전문업체인 인피닉(Infiniq), 자율주행 기술 업체 오로라(Aurora)와도 협업 및 투자하는 적극적인 행보를 보이고 있다. 이 외에도 도요타(Toyota)는 아마존(Amazon)과, 폭스바겐(Volkswagen)은 마이크로소프트(Microsoft)와 협업을 추진하는 등 자동차 제조사들의 IT업계와 통합을 통한 자율주행 개발 노력은 더욱 가속화되고 있다.

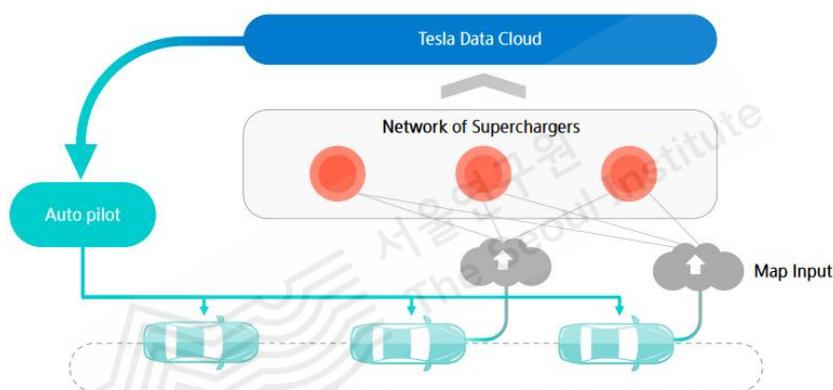
2) 독자적 노선의 테슬라(Tesla)

2003년 전기차 제조사로 설립된 테슬라는 2004년 일론 머스크가 기업경영에 참여하면서 혁신적인 행보와 마케팅으로 주목을 받기 시작하였으며, 현재는 자율주행차량의 선두 기업 이미지를 굳히고 있다.

테슬라는 카메라 센서, 초음파 센서, 레이더 센서만으로 구성된 고유의 자율주행 기술을 개발하고 있는데, 특히 테슬라의 대표인 일론 머스크는 라이다를 이용한 자율주행 기술개발에 대해 부정적인 시각을 보여주고 있다. 라이다는 가격과 차량 디자인 측면에서 자율주행차량에 적합하지 않으며, 카메라 센서를 조합하여 라이다와 유사한 기

능을 발휘하는 “Pseudo-LiDAR”와 같은 기술을 통해서도 자율주행에 필요한 충분한 인지능력을 발휘할 수 있다는 것이다.

라이다를 제외한 최소한의 센서로 자율주행을 구현하면서 테슬라의 자율주행 차량은 인공지능의 고도화를 추구하며 많은 투자를 하고 있다. 특히 테슬라는 고유의 자율주행 네트워크를 통해 압도적인 양의 현실데이터를 취득하고 있다. 테슬라에서 현재 판매 중인 모델 S, 모델 3, 모델 Y 등 상용차량을 통해 차량 운행데이터를 지속적으로 획득하고 있는 것이며, 차량 소프트웨어의 무선 업데이트(OTA, On-the-Air)도 주기적으로 진행하고 있다. 테슬라는 실제 도로를 주행하며 수집하는 방대한 운행데이터를 이용하여 자율주행 차량의 인공지능을 지속적으로 학습시키고 있기 때문에 완전자율주행의 완성을 가늠해 볼 수 있는 ‘Edge Case’에서의 자율운전 실패상황을 현저히 낮출 수 있을 것으로 기대된다.



[그림 2-5] 테슬라 자율주행 네트워크 구성

자료: 이명구 외(2020)

최근 테슬라는 ‘완전자율주행 서비스(Full Self Driving, 이하 FSD)’의 베타버전을 기존 판매 차량의 소프트웨어 업데이트를 통해 일부 고객에게 배포하며 화제가 되었다. FSD는 이름에서 의미하는 것과 달리 실제적인 ‘완전자율주행’의 개념은 아니기 때문에 비판을 받기도 하지만, 테슬라는 OTA 업데이트를 통해 운전기능이 향상되는 모습을 공개하며 자율주행 기술이 지속적으로 발전하는 모습을 보여주고 있다.

이러한 공격적인 행보는 완전자율주행의 최초달성 기업이 테슬라가 될 것이라는 기대감을 높여주고 있다. 테슬라의 가장 큰 강점은 전기차 기반의 차량 제작이 가능하다는 것이다. 자율주행 기술은 다양한 센서와 고도화된 컴퓨팅으로 인해 많은 전력 소모가

예상되는데, 가장 진보된 전기차 체계를 기반으로 하는 테슬라에서는 자율주행의 전력소모 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대되기 때문이다. 또한 상용 차량에서 수집되는 압도적인 실도로 데이터를 기반으로 하는 자율주행 인공지능의 개발도 테슬라의 강점으로 제시되고 있다. 일부에서는 일론 머스크가 인공위성 기업 Space X를 통해 진행하고 있는 위성 인터넷 서비스(Starlink)가 실현될 경우, 실시간 OTA 연동과 클라우드 컴퓨팅 시스템의 고도화를 통해 개별 자율주행 차량의 컴퓨팅 부담을 줄이고 이를 통해 보다 효율적인 자율주행 서비스 제공이 가능할 것으로 전망하고 있다. 물론, 이러한 테슬라에 대한 장밋빛 전망은 순탄치만은 않을 것으로 보인다. 두터운 팬덤만큼이나 테슬라에 대한 부정적인 시각도 많이 존재하는데, 특히 실제 테슬라의 자율주행 기술 단계와 마케팅 내용의 격차가 크게 존재하는 점과 각종 사고와 결함에서 자유롭지 못하기 때문이다. 여러 자율주행 개발업체와는 다른 방향으로 노선을 개척하고 있는 일론 머스크의 테슬라가 향후 자율주행 시장에서도 독자적인 생태계를 구축해 나갈 수 있을지 이목이 집중되고 있다.

3) 대규모 자본의 투자, 알파벳(Alphabet Inc.)의 웨이모(Waymo)

2004년부터 미국 국방부의 국방고등연구계획국(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)에서 개최하고 있는 무인자동차 경주대회(The Darpa Grand Challenge)는 자율주행 기술 개발에 크게 기여하였다. 이 대회의 우승을 이끌었던 많은 전문가들은 구글의 지주사 알파벳(Alphabet Inc.)의 혁신기술개발 부서인 Project X에 합류하였고, 2016년에는 자율주행 전문 자회사인 웨이모(Waymo)를 출범하였다.

카메라 센서 중심으로 자율주행 기술을 개발하는 테슬라와 달리, 웨이모는 라이다와 초정밀지도를 적극적으로 활용하여 자율주행 기술을 개발하고 있다. 웨이모의 자율주행차량은 라이다, 레이더, 카메라 등 다양한 센서를 부착하고 있지만, 주로 사전 제작된 초정밀지도와 GPS 기반으로 라이다를 통해 수집되는 정보를 대조하며 주행을 한다. 웨이모는 현재 미국 애리조나 주 피닉스 지역의 실도로에서 약 400대의 자율주행 차량이 데이터를 수집하고 있으며, 시뮬레이션을 통해 수집되는 가상데이터와 통합하여 자율주행 소프트웨어를 개선시키고 있다.

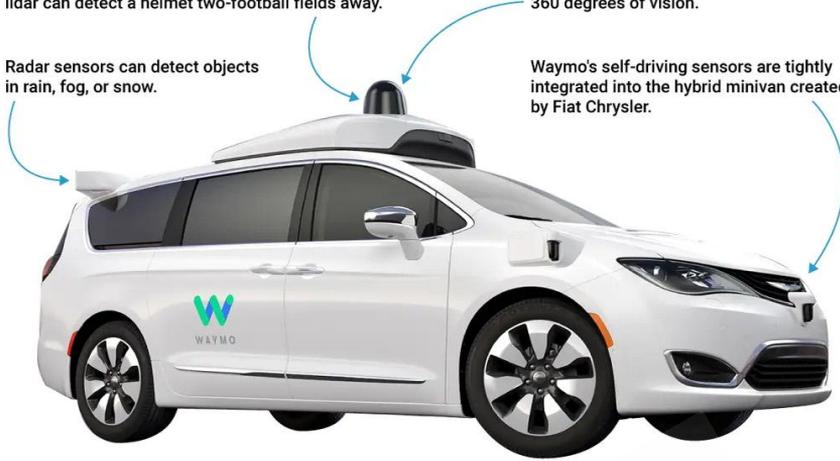
HOW WAYMO'S SELF-DRIVING CAR WORKS

One of Waymo's three lidar systems that shoots lasers so the car can see its surroundings. Waymo says this lidar can detect a helmet two-football fields away.

A forward facing camera works with 8 others stationed around the car to provide 360 degrees of vision.

Radar sensors can detect objects in rain, fog, or snow.

Waymo's self-driving sensors are tightly integrated into the hybrid minivan created by Fiat Chrysler.

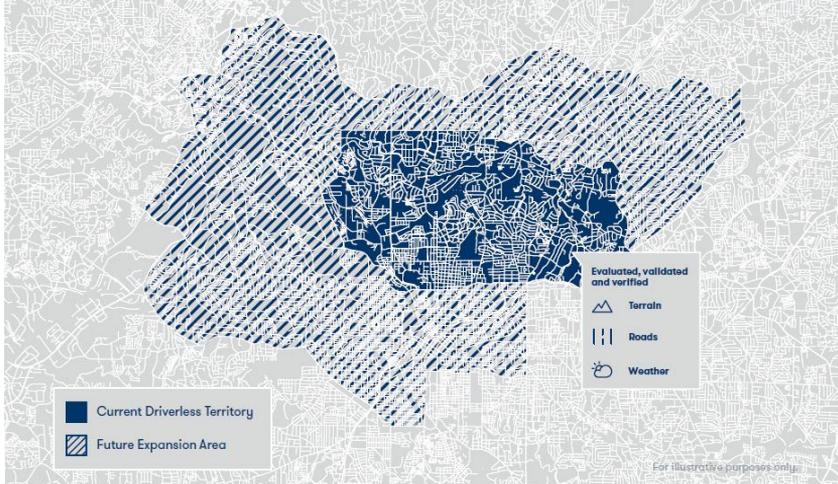


[그림 2-6] 웨이모 차량 구성

자료: <https://www.businessinsider.com/how-does-googles-waymo-self-driving-car-work-graphic-2017-1>

2020년 하반기에 공개된 “Waymo Public Road Safety Performance Data” 보고서에서는 웨이모의 자율주행차량이 실도로를 610만 마일을 운행하는 동안 단 한 건의 인명피해도 발생하지 않았다고 밝히고 있다. 운행 기간인 2019년부터 2020년 9월까지 총 47건의 사고가 발생하였으나 대부분 웨이모의 자율주행차량이 아닌 사람이 운전하는 다른 차량에 의해 발생하였다고 하며 안전성에서 강한 자신감을 보여주고 있다.

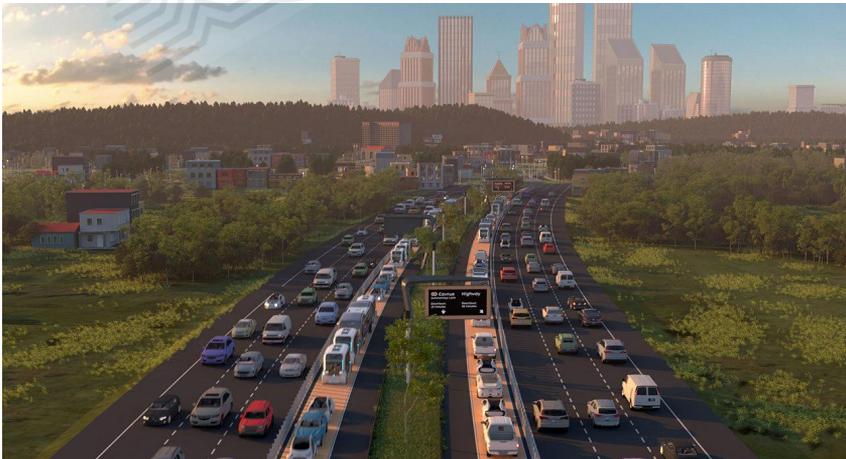
웨이모는 2018년도부터 애리조나주 피닉스에서 자율주행 택시의 시범 서비스를 도입하고, 2020년 10월 부터는 본격적인 자율주행 택시 서비스를 제공하며 자율주행 선두 기업의 이미지를 굳히고 있다. 하지만, 현재 운행 중인 자율주행 서비스는 기존의 시범 서비스 지역을 크게 벗어나지 못한 인구밀도가 낮고 교통량이 적은 지역으로 한정되는 한계를 보여주고 있다.



[그림 2-7] 웨이모 서비스 제공지역

자료: Waymo(2020)

구글 모기업 알파벳은 웨이모를 통한 자율주행개발뿐 아니라, 자회사 카브뉴(Cavnu)를 통해 자율주행 인프라 사업에도 참여하고 있다. 2020년 8월, 카브뉴는 자동차 제조업체 포드(Ford), BMW, 혼다(Honda) 등과 함께 미국 미시건주에 40마일에 달하는 자율주행자동차 전용도로를 건설하는 프로젝트(Connected and Automated Vehicle Corridor, CAV-C)에 착수하였다. 이처럼 알파벳은 자율주행 자동차 개발뿐 아니라 다양한 관점에서 자율주행과 관련된 프로젝트를 수행하고 있다.



[그림 2-8] 디트로이트시 내 카브뉴가 진행하고 있는 자율주행 프로젝트

자료: <https://cavnu.com/about>

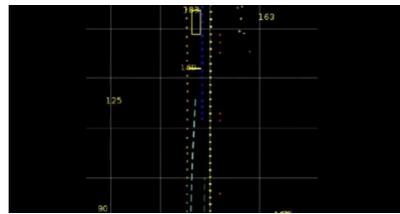
4) 자율주행 솔루션 업체로 거듭나고 있는, 모빌아이(Mobileye)

1999년 창립되어 2017년 인텔에 약 153억 달러에 인수된 모빌아이는 첨단운전자보조시스템(Advanced Driver Assistance System, ADAS) 및 자율주행자동차 솔루션 업체로서 주목받고 있다.

최근 자동차에 다양한 첨단 기능이 도입되면서 차량용 컴퓨팅 기술에 대한 수요가 급격히 증가하고 있다. 모빌아이는 차량용 프로세싱 칩 분야를 엔비디아와 양분하고 있으며, 저전력·저가격의 “EyeQ”와 자율주행 4~5단계를 위한 고성능 “EyeQ5” 등을 출시하며 다양한 시장 수요에 대응하고 있다. 또한 카메라 및 레이더 센서 기반의 이미지 처리를 통한 자율주행 솔루션도 제공하고 있다. 모빌아이는 2019년 기준 약 5,400만 개가 판매된 EyeQ를 탑재한 차량의 일평균 600만 km의 실시간 주행 정보를 수집하며 이를 이용해 자율주행을 위한 정밀지도인 REM(Road Experience Management)을 생성하고 있다. 또한 실시간으로 수집되는 방대한 도로 데이터를 압축하여 10KB/km의 낮은 대역폭에서 실시간 업로드가 가능한 기술 보유하고 있다. 이렇듯 모빌아이는 자율주행 기술 개발의 핵심인 인공지능 학습에 이용되는 실도로 주행 데이터를 방대하고 효율적으로 확보할 수 있는 장점이 있다. 반면에 모빌아이는 센서의 수집과 분석방식 등 고유의 소프트웨어에 대해서는 자동차 제조사 등 타사의 관여를 허용하지 않는 폐쇄성을 보여주고 있어 다른 기관과의 적극적인 협업에는 부담으로 작용하고 있다.



데이터 수집



데이터 식별 및 전송



도로 환경 모델링



도로 환경 식별

[그림 2-9] 모빌아이의 REM 기술

자료: <https://www.mobileye.com/our-technology/rem/>

5) 자율주행 전장업체로 영역을 확장하고 있는 엔비디아(Nvidia)

엔비디아는 컴퓨터용 그래픽 처리 및 멀티미디어 장치를 제조하는 대표적인 기업이며 최근 자율주행차량 전용 반도체 DRIVE AGX, 딥러닝 훈련용 슈퍼컴퓨터 DGX SuperPoD, 데이터 클라우드 등 자율주행에 필요한 핵심기술들을 공개하며 자율주행 전장업체로 사업 영역을 확장하고 있다. 자율주행 기술은 다양한 도로 환경을 인지하고 판단하는 데 복잡한 연산 과정을 요구하기 때문에 고성능의 그래픽 처리 장치 기술을 보유한 엔비디아가 주목받기 시작한 것이다. 엔비디아는 세계적인 완성차 업체인 닌더, 볼보 등과 협업하고 있다.

6) 상용화가 가시화되고 있는 배달로봇 관련 업체들

사람이 탑승하는 자율주행 유인서비스는 안전성, 정시성, 쾌적성 등 다양한 요구조건을 만족시키기 위해 상대적으로 높은 기술적 완성도를 요구하지만, 화물을 배송하는 배달로봇 등 자율주행 무인서비스는 비교적 실현이 용이한 것으로 예상되고 있다. 세계 최대 온라인 쇼핑 중개 업체인 아마존(Amazon)은 2020년 1월 배달로봇 스카우트(Scout)를 공개하였으며, 조지아 주 애틀랜타와 테네시 주 프랭클린에서 배달로봇 서비스를 시범적으로 운영하고 있다. 배달로봇 스타트업인 스타쉽(Starship) 또한 다양한 지역의 대학 캠퍼스 내 식음료 배달 서비스를 제공하고 있다. 2020년 초 코로나19의 영향으로 버지니아 주 페어팩스 시가 도시봉쇄 조치에 들어갔을 때에도 스타쉽에서는 배달로봇을 이용한 비대면 서비스를 수행하기도 하였다.



[그림 2-10] 스타쉽의 배달로봇

자료: https://www.roboticsbusinessreview.com/tag/delivery_robots/

국내에서도 배달플랫폼 업체인 '배달의 민족'을 운영하는 '우아한형제들'에서 배달로봇 서비스 도입을 시도하고 있다. 2019년에는 서울 건국대학교 캠퍼스에서 시범서비스를 도입하였고, 2020년부터 광고의 아파트 단지과 쇼핑센터, 인근의 호수공원을 대상으로 배달서비스를 제공하고 있다.

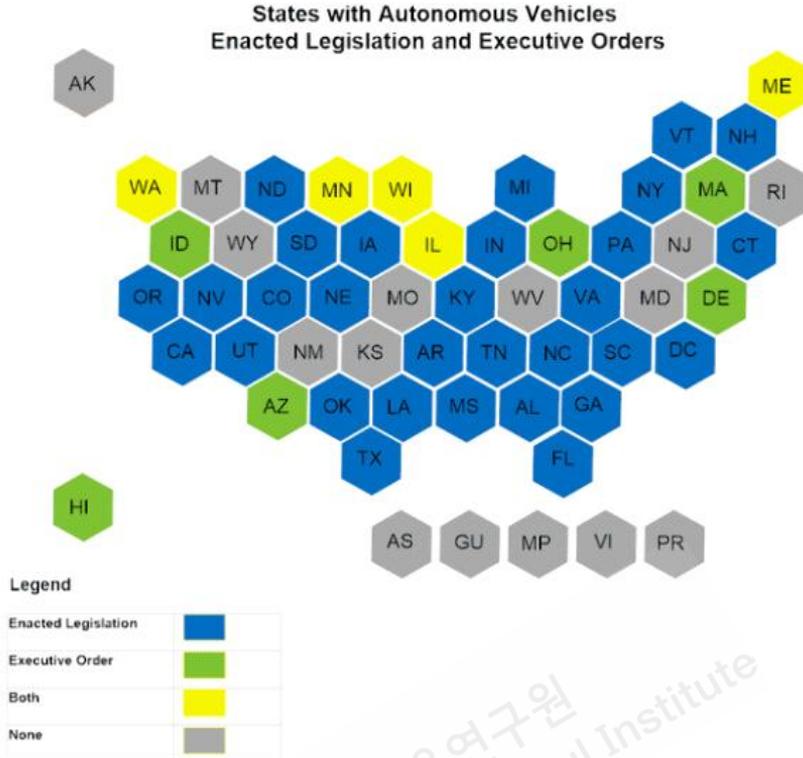
이처럼 세계 각국에서 시범도입되는 자율주행 기반의 배달로봇은 자율주행 유인서비스와 비교하여 실현가능성이 높다고 할 수 있다. 그러나 아마존, 스타벅 등 대부분의 배달로봇이 단독 운행보다는 안전요원의 동행이나 관계 센터의 상시 모니터링을 전제로 하고 있어 완전한 자율주행 무인서비스를 제공하기에는 한계가 있다.

3_국의 자율주행 지원정책 동향

자율주행은 거대 자본을 투입하며 민간기업이 기술 개발을 주도하고 있지만, 자율주행 기술의 안전성을 보장하고 공공인프라를 활용하기 위해서는 공공의 정책적 지원이 필요하다. 본 절에서는 국내외에서 추진 중인 자율주행 지원정책 동향을 검토하여 자율주행 시대를 대비하기 위한 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

1) 미국

미국 정부는 자국 내 많은 기업이 선도하는 자율주행산업을 지원하기 위해 다양한 자율주행관련 법제도를 마련하고 있다. 미국 연방정부는 자동차 안전기준(Federal Motor Vehicle Safety Standards, FMVSS)을 미국 전역에 적용하고 있는데, 2017년 자율주행과 관련된 연방 자율주행법(Self Drive Act)과 자율주행법안(AV Start Act)을 제정하여 자율주행차량이 기존의 자동차 안전기준 적용을 면제받을 수 있도록 허용하였다. 또한 미국 내 주(州)정부에서도 자율주행 임시운행 승인, 차량등록, 보험 및 사고 책임 등을 규정하였는데, 2020년 현재 41개 주에서 자율주행 관련 법을 제정하였거나 입법을 추진하고 있다.



[그림 2-11] 미국 주별 자율주행 법제도 수립 현황

자료: <https://www.ncsl.org/research/transportation/autonomous-vehicles-self-driving-vehicles-enacted-legislation.aspx>

미국 연방정부는 자율주행차량의 안전성 확보를 위해 자율주행 기술 정책 가이드라인인 “Federal Automated Vehicles Policy”와 “Automated Driving System - A Vision for Safety 2.0”을 2016년과 2017년에 각각 발표하였다. 또한 자율주행의 보안 및 기술 원칙, 정부 지원방안, 산하기관 담당업무를 담은 “Preparing for the Future of Transportation: Automated Vehicles (2018)”, “Ensuring American Leadership in Automated Vehicle Technologies: Automated Vehicles 4.0 (2020)”을 발표하며 자율주행 정책을 지원하고 있다.

2) 유럽연합

유럽연합은 2015년 자율주행 관련 로드맵인 “European Roadmap Smart Systems for Automated Driving(EPoSS)”를 수립하여 자율주행 통신 인프라, 지역별 도로 환경 및 법을 고려한 유연한 법체계 구축, 사회적 수용의 중요성 등을 언급하였다. 자율주행 기술개발 로드맵은 총 3단계로 제시하였는데, 1단계에서는 저속 및 단순한 환경에서의 상용화, 2단계에서는 자동차 전용도로의 레벨4 자율주행 기술 상용화를 제시하였다. 3단계에서는 도심 지역 상용화 및 공유서비스 실현을 목표로 하였다.

[표 2-2] 유럽연합의 자율주행 기술개발 로드맵(EPoSS)

마일스톤	대상도로	교통상황	인식대상	기술명 및 자율주행 시나리오
Milestone 1 (2020)	주차장 자동차전용도로	저속 복잡하지 않은 주행환경	-	Traffic jam chauffeur
Milestone 1 (2022)				Highway chauffeur
Milestone 2 (2025)	자동차전용도로	중속~고속	-	Higher AD highway autopilot
Milestone 3 (2030)	도심	복잡한 교통환경	교통신호 보행자 이륜차	Highly AD

자료: 김문식 외(2015)

유럽에서는 다양한 자율주행 관련 프로젝트가 수행되어왔다. 2009년부터 2012년까지 스웨덴, 스페인 등 7개 국가가 참여한 “Safe Road Trains for the Environment (SARTRE)”를 통해 군집주행 및 자율주행자동차의 핵심기술 개발을 수행하였고, 2012년부터 2016년까지는 11개국의 47개 기관이 참여하는 “CITYMOBIL2”을 통해 전기 자율주행버스를 개발하여 시범운영하였다. 이 외에도 “AutoNET 2030”, “L3Pilot” 등 국가 간 협업을 기반으로 하는 다양한 자율주행 프로젝트가 추진되었다.



[그림 2-12] 유럽 CityMobil2 대상 도시

자료: Alessandrini(2015)

3) 일본

일본은 정부와 산학연 협력을 통한 자율주행 전략 프로그램인 “Strategic Innovation Program(SIP)”을 통해 자율주행에 대한 전략을 수립하고 다양한 프로젝트를 진행하고 있다. 2017년 발표에서는 물류용 군집주행, 교통약자 서비스, 라스트마일 서비스 등에 대한 도입을 계획하였고, 2020년 동경올림픽을 계기로 자율주행 상용화를 앞당기려는 노력을 하고 있다.

2019년 5월에는 「도로운송차량법 및 도로교통법」에 자율주행 기술의 안전기준을 명시하도록 하였고, 같은 해 12월 국토교통성에서는 자율주행기능의 활성화 기록 의무화를 통해 자율주행 사고발생 시 책임소재를 명확히 할 수 있도록 관련법을 개정하였다. 2020년 11월에는 국토교통성에서 자동차 제조사인 혼다(Honda)의 레벨3 수준의 자율주행차량을 인가하였다. 이처럼 일본 정부는 자율주행 관련 법 제정과 동시에 제품 상용화 또한 지원하고 있다.

4_국내 자율주행 지원정책 동향

1) 국가단위 자율주행 관련 정책

(1) 미래자동차 산업 발전 전략(2030년 국가 로드맵, 2019)

산업통상자원부가 주관하고 기획재정부, 환경부, 국토교통부 등이 합동한 본 계획은 민관의 협력에 기반한 미래차 산업 전략을 제시하였다. 본 전략은 친환경차, 자율주행 자동차, 미래차 서비스, 관련 산업 생태계 지원 등을 주요 정책과제로 제시하였으며, 자율주행차와 관련해서는 미래시장 선점을 위한 핵심인프라 구축, 제도 마련, 기술 발전을 정책과제로 제시하였다. 자율주행 기술 개발을 지원하기 위해 인프라, 제도, 서비스 분야에 대한 2030년까지의 단계적 추진방안도 제시하였다([표 2-2] 참조).

[표 2-3] 자율주행자동차 인프라, 제도, 서비스 단계적 추진방안

구분	'19~'20	'21~'22	'23~'25	'26~'30
4대 인프라	통신방식 연구반 ('20)	통신방식 결정 ('21)	차량통신망 전국 구축 ('24)	
	고속도로 (5,500km) 정밀지도 구축 ('19)			전국 도로 11만km 정밀지도 ('30)
	수도권 교통관제 시스템 10개소 ('20)	주요거점 교통관제 시스템 34개소 ('22)		교통관제시스템 전국 확대 ('30)
	신호등, 표지 등 인식도 개선착수 ('20)	인식도 강화 시범사업 ('22)	신호등, 표지 등 전국 30% 통일 ('24)	교통안전시설 전국 구축 ('30)

구분	'19~'20	'21~'22	'23~'25	'26~'30
제도	운전자·기능 정의 ('20)	운전자 준수 규정 ('21) 자율차 성능검증 체계 ('22)	운전자 의무 정의 ('24) - 영상시청 허용 등 레벨4 성능검증 체계 ('24)	운전자/제조사 사고책임 규정 ('23)
	자율차사고조사위원회 운영 ('20)		운전자금지 특례 ('24)	
	레벨3 제작안전기준 및 보험제 마련 ('19)	운전면허체계 개선안 마련 ('22)		
	레벨4 제작 가이드라인 ('20)	데이터 보안기준 ('22)	위치정보 수집 허용 ('23)	
서비스	데이터 공유 검토 ('20)		보안모델 개발, 실증 ('20~'23)	
	통신요금제도 개선 ('19~)			
	자율노선버스 시운행 ('19~)	대중교통 운영체계 마련 ('21)	자율주행 대중교통 도입 ('23)	
	자율셔틀 시운행 ('19)	자율셔틀 50대 ('22)	화물차 군집주행 도입 ('23)	
	전동킥보드 실증 ('19)	로봇모빌리티 시운행 ('21)	공공부문 서비스 ('23)	
	PAV 개발 ('19~)	개인이동수단 안전기준 개정 검토 ('22)	PAV 비행 실증 ('25)	PAV 서비스 활성화 ('30)
	가상도시 기반 환승 시스템 실증 ('20~)	스마트시티 내 환승 시스템 추진 ('21~)		

출처: 관계부처 합동(2019)

① 인프라 구축 계획

본 전략에서는 통신시설, 정밀지도, 관제시설, 도로·건물 등을 자율주행 기술 지원에 필요한 인프라로 제시하였다. 통신시설은 V2X(Vehicle To Everything, 무선통신망을 통한 차량과 차량, 차량과 인프라 간 통신하는 기술)를 전국 주요 구간에 구축하여 차량센서 기능을 보완한다. 국토교통부는 지형지물 인식에 필요한 3차원 정밀 도로지

도를 고속도로 → 주요도로 → 모든 도로 → 주차장 등 다중이용시설까지 단계적으로 확대할 계획이며, 차량 센서인식률 개선을 위해 신호등, 안전표지 등의 크기와 모양을 전국적으로 통일할 계획이다. 경찰청은 교통신호의 실시간 원격 제공과 교통흐름 제어를 위한 통합연계시스템을 구축할 예정이다.

② 제도 마련 계획

본 전략에서는 자율주행 자동차 제작, 성능검증, 보험, 보안체계를 위한 제도 마련 계획을 제시하였다. 산업통상자원부는 차량제작에 필요한 안전기준을 부분자율 자동차에 대해 우선 마련하고, 완전자율 자동차로 단계적으로 마련할 예정이다. 차량운행을 위해서는 현재 시행 중인 연구 및 개발용 차량의 도로주행을 위한 임시운행허가 제도를 개선하고, 자율주행자동차 발전 단계별 규제에 대한 정비를 수행할 예정이다.

[표 2-4] 단계별 자율주행자동차 제도 정비

기술개발 단계	상용화 단계	서비스 단계	기타 필요 규제
임시운행 허가요건 개정	안전기준 마련, 보험제도 마련	개인·위치정보 수집 허용	차량 데이터 보안

출처: 관계부처 합동(2019)

또한 경찰청은 자율주행자동차의 정의 및 핵심기능에 대한 법규화를 우선 진행하고, 완전자율주행자동차의 법적지위 및 사고책임 등 관련규정을 마련할 예정이다. 「도로교통법」을 개정하여 영상표시장치의 조작 및 시청의 허용 등 운전자 의무사항을 명시할 계획이다. 국토교통부와 경찰청은 자율주행자동차 성능검증을 위해 운전자 교육, 운전능력 검증 등을 포함한 성능검증체계를 마련할 계획이다. 이와 관련하여 자율주행자동차의 운전능력과 법규준수능력에 대한 검증시설을 구축할 계획이다.

국토교통부는 「자동차손해배상법」을 개정하여 부분자율주행 보험제도 마련, 사고조사위 운영, 완전자율주행 보험제도를 마련할 예정이다. 또한, 교통인프라 해킹 등 사고방지를 위한 인증체계 구축을 통해 자율주행자동차 보안에 대한 제도를 마련할 계획이다.

2) 자율주행 관련법 동향

(1) 자율주행 자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률

자율주행 자동차의 도입 및 확산과 안전한 운행을 위해 제정된 「자율주행 자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률 (이하 자율주행자동차법)」은 자율주행과 관련된 다양한 용어의 정의, 기본계획 수립, 안전구간 및 시범운행지구 지정, 각종 특례, 인력 양성 등에 관한 내용이 명시되어 있다.

우선 자율주행과 관련된 자율주행시스템, 자율주행협력시스템, 정밀도로지도, 부분 자율주행자동차, 완전 자율주행자동차에 대해 [표 2-5]와 같이 정의하고 있다.

[표 2-5] 자율주행자동차법의 자율주행 관련 용어 정의

용어	정의
자율주행자동차	「자동차관리법」 제2조제1호의3에 따른 운전자 또는 승객의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능한 자동차를 말한다.
자율주행시스템	운전자 또는 승객의 조작 없이 주변상황과 도로 정보 등을 스스로 인지하고 판단하여 자동차를 운행할 수 있게 하는 자동화 장비, 소프트웨어 및 이와 관련한 일체의 장치를 말한다.
자율주행협력시스템	「도로교통법」 제2조제15호에 따른 신호기, 같은 조 제16호에 따른 안전표지, 「국가통합교통체계효율화법」 제2조제4호에 따른 교통시설 등을 활용하여 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 자율주행기능을 지원·보완하여 효율성과 안전성을 향상시키는 「국가통합교통체계효율화법」 제2조제16호에 따른 지능형교통체계를 말한다.
정밀도로지도	「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」 제2조제8호에 따른 측량성과로서 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 자율주행자동차의 운행에 활용 가능하도록 도로 등의 위치정보 등이 포함된 정밀전자지도를 말한다.
부분 자율주행자동차	자율주행시스템만으로는 운행할 수 없거나 지속적인 운전자의 주시를 필요로 하는 등 운전자 또는 승객의 개입이 필요한 자율주행자동차
완전 자율주행자동차	자율주행시스템만으로 운행할 수 있어 운전자가 없거나 운전자 또는 승객의 개입이 필요하지 아니한 자율주행자동차

출처: 자율주행자동차법

자율주행자동차 운행과 관련된 사항을 살펴보면, 법 제6조(자율주행 안전구간의 지정)에서는 자동차전용도로 중 안전하게 자율주행 할 수 있는 구간을 지정할 수 있도록 하고 있다. 시행규칙 제5조(자율주행 안전구간의 지정)에서는 필요한 경우 자율주행

안전구간에 대한 세부 기준을 정할 수 있도록 하고 있으며, 차로수, 차로폭, 편경사 등 도로구조, 자율주행협력시스템 현황, 정밀도로지도 현황 등을 기준으로 제시하고 있다.

[표 2-6] 자율주행 안전구간 지정 기준

자율주행자동차법 시행규칙 제5조(자율주행 안전구간의 지정)
제5조(자율주행 안전구간의 지정)
<p>① 국토교통부장관은 법 제6조제1항에 따른 자율주행 안전구간(이하 "자율주행 안전구간"이라 한다)을 지정하는 경우에는 다음 각 호의 사항을 고려해야 하며, 필요한 경우 세부 기준을 정할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 다음 각 목의 사항이 포함된 도로구조 <ol style="list-style-type: none"> 가. 차로의 수·폭 및 표시 나. 차도의 평면곡선 반지름 및 길이 다. 차도의 평면곡선부 편경사 및 그 변화도와 확폭 2. 자율주행협력시스템의 구축·운영 현황 및 도로여건 3. 정밀도로지도의 구축·갱신 현황 4. 그 밖에 자율주행 안전구간의 지정을 위해 국토교통부장관이 필요하다고 인정하는 사항 <p>② 국토교통부장관은 자율주행 안전구간을 자율주행자동차의 기술단계, 구조 및 기능 등에 따라 세분하여 지정할 수 있다.</p>

자율주행 시범운영지구는 자율주행자동차의 시범운영 촉진을 위해 규제특례가 적용되는 구역으로, 법에서는 이에 대한 지정, 운영 및 관리에 대한 사항을 명시하고 있다. 시범운영지구의 운영에 필요한 사항은 지자체가 조례로 정할 수 있도록 하고 있다.

[표 2-7] 시범운행지구 지정, 운영 및 관리에 관한 조항

자율주행자동차법 제7조(시범운행지구의 지정 등), 제8조(시범운행지구의 운영 및 관리 등)

제7조(시범운행지구의 지정 등)

- ① 국토교통부장관은 자율주행자동차 시범운행지구를 운영하려는 시·도지사의 신청을 받아 제16조에 따른 자율주행자동차 시범운행지구 위원회의 심의·의결을 거쳐 자율주행자동차 시범운행지구(이하 "시범운행지구"라 한다)를 지정할 수 있다. 지정을 변경 또는 해제하는 경우에도 또한 같다. 다만, 대통령령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우에는 자율주행자동차 시범운행지구 위원회의 심의를 거치지 아니할 수 있다.
- ② 국토교통부장관은 제1항에 따라 시범운행지구를 지정·변경 또는 해제한 경우 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 내용을 관보에 고시하고, 이를 신청한 시·도지사에게 통보하여야 한다.
- ③ 제1항 및 제2항에서 규정한 사항 외에 시범운행지구의 지정·변경 또는 해제에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제8조(시범운행지구의 운영 및 관리 등)

- ① 시범운행지구로 지정·고시된 구역을 관할하는 특별시·광역시·특별자치시·도 또는 특별자치도(이하 "시·도"라 한다)는 제7조제1항에 따라 지정·고시된 시범운행지구의 운영에 필요한 사항을 조례로 정할 수 있다.
- ② 국토교통부장관은 지정된 시범운행지구를 지원·관리하기 위하여 관할 시·도지사와 도로관리청, 지방경찰청장 등으로 구성된 시범운행지구 협의회를 구성하여 운영할 수 있다. 이 경우 협의체의 구성 및 운영 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

자율주행자동차법에는 다양한 특례사항을 명시하고 있는데, 여객 및 화물 운송사업에 관한 특례를 통해 유상서비스 허용, 자율주행자동차 대수 규제, 운행가능영역(ODD) 제시 등에 관한 사항을 명시하고 있다. 그 외에도 자동차 안전기준, 지능형교통체계 표준, 도로시설의 유지·관리에 대한 특례 또한 명시되어 있다.

[표 2-8] 여객의 유상운송을 위한 법적 요건

자율주행자동차법 시행령 제8조(여객의 유상운송에 관한 특례)

제8조(여객의 유상운송에 관한 특례)

- ① 법 제9조제2항 또는 제3항에 따라 유상운송 허가 또는 한정운수면허를 받으려는 자는 다음 각 호의 요건을 모두 갖추어 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 국토교통부장관 또는 시범운행지구를 관할하는 시·도지사에게 신청해야 한다.
1. 유상 여객운송에 활용되는 자율주행자동차는 다음 각 목의 요건을 모두 갖출 것
 - 가. 「여객자동차 운수사업법」 제2조제1호의 자동차나 이에 준하는 자동차일 것
 - 나. 「자동차관리법」 제27조제1항에 따른 임시운행허가를 받았을 것
 2. 유상 여객운송에 활용되는 자율주행자동차의 대수는 제5조제1항제3호나목에 따른 상한을 초과하지 않을 것
 3. 법 제19조에 따른 보험을 가입할 것
- ② 법 제9조제3항에 따른 한정운수면허의 발급권자와 해당 발급대상은 다음 각 호와 같다.
1. 국토교통부장관
 - 가. 「여객자동차 운수사업법 시행령」 제3조제1호가목에 따른 광역급행형 시내버스운송사업
 - 나. 「여객자동차 운수사업법 시행령」 제3조제1호라목에 따른 고속형 시외버스운송사업
 2. 시범운행지구를 관할하는 시·도지사
 - 가. 「여객자동차 운수사업법 시행령」 제3조제1호가목에 따른 시내버스운송사업(광역급행형 시내버스운송사업은 제외한다)
 - 나. 「여객자동차 운수사업법 시행령」 제3조제1호나목에 따른 농어촌버스운송사업
 - 다. 「여객자동차 운수사업법 시행령」 제3조제1호다목에 따른 마을버스운송사업
 - 라. 「여객자동차 운수사업법 시행령」 제3조제1호라목에 따른 시외버스운송사업(고속형 시외버스운송사업은 제외한다)
 - 마. 「여객자동차 운수사업법」 제3조제1항제3호에 따른 수요응답형 여객자동차운송사업(노선을 정하여 운행하는 경우만 해당한다)
- ③ 국토교통부장관 및 시범운행지구를 관할하는 시·도지사는 법 제9조제3항에 따른 한정운수면허를 발급하는 경우 사전에 상호 협의해야 한다. 이 경우 한정운수면허로 운행되는 자율주행자동차의 대수는 제5조제1항제3호나목에 따른 상한을 초과해서는 안 된다.
- ④ 국토교통부장관 또는 시범운행지구를 관할하는 시·도지사는 법 제9조제3항에 따라 한정운수면허를 발급했을 때에는 지체 없이 그 사실을 상호 통보해야 한다.
- ⑤ 국토교통부장관은 법 제9조제2항에 따른 유상운송 허가를 받거나 같은 조 제3항에 따른 한정운수면허를 발급받아 운행하는 자율주행자동차에 대하여 국토교통부장관이 정하여 고시하는 표지를 부착하게 할 수 있다.

[표 2-9] 여객의 유상운송을 위한 제출서류

자율주행자동차법 시행규칙 제7조(여객의 유상운송에 관한 특례)

제7조(여객의 유상운송에 관한 특례)

- ① 「자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령」(이하 "영"이라 한다) 제8조제1항에 따라 유상운송 허가를 받으려는 자는 별지 제1호서식의 자율주행자동차 여객운송 허가신청서(전자문서에 따른 신청서를 포함한다)에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 국토교통부장관에게 제출해야 한다.
1. 다음 각 목의 사항이 포함된 자율주행자동차 여객운송계획서
 - 가. 승차정원 및 형식 등 자율주행자동차의 제원에 관한 정보
 - 나. 자율주행 운행기능영역
 - 다. 유상운송에 활용하려는 자율주행자동차의 대수(臺數)
 - 라. 운행구역 및 운임
 - 마. 그 밖에 국토교통부장관이 교통안전 확보 및 운송질서 유지의 확인을 위해 필요하다고 정하여 고시하는 사항
 2. 법 제19조에 따른 보험의 가입증서
 3. 임시운행허가증 사본
- ② 영 제8조제1항에 따라 한정운수면허를 받으려는 자는 별지 제2호서식의 자율주행자동차 한정운수면허 신청서(전자문서에 따른 신청서를 포함한다)에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 국토교통부장관 또는 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 "시·도지사"라 한다)에게 제출해야 한다.
1. 다음 각 목의 사항이 포함된 자율주행자동차 여객운송계획서
 - 가. 승차정원 및 형식 등 자율주행자동차의 제원
 - 나. 자율주행 운행기능영역
 - 다. 유상운송에 활용하려는 자율주행자동차의 대수
 - 라. 운행노선 및 운행방법
 - 마. 운임
 - 바. 운송하려는 여객 등에 관한 업무의 범위 또는 기간
 - 사. 그 밖에 국토교통부장관 또는 시·도지사가 교통안전 확보 및 운송질서 유지의 확인을 위해 필요하다고 정하여 고시하는 사항
 2. 법 제19조에 따른 보험의 가입증서
 3. 임시운행허가증 사본
- ③ 법 제9조제2항에 따른 유상운송 허가 및 법 제9조제3항에 따른 한정운수면허는 별지 제3호서식에 따른다.

[표 2-10] 화물의 유상운송을 위한 법적 요건

자율주행자동차법 시행령 제9조(화물의 유상운송에 관한 특례)
<p>제9조(화물자동차 운송사업에 관한 특례)</p> <p>① 법 제10조에 따른 유상 화물운송 허가를 받으려는 자는 다음 각 호의 요건을 모두 갖추어 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 국토교통부장관에게 신청해야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 유상 화물운송에 활용되는 자율주행자동차는 다음 각 목의 요건을 모두 갖춘 것 <ol style="list-style-type: none"> 가. 「화물자동차 운수사업법」 제2조제1호의 화물자동차나 이에 준하는 자동차일 것 나. 「자동차관리법」 제27조제1항에 따른 임시운행허가를 받았을 것 2. 유상 화물운송에 사용되는 자율주행자동차의 대수는 제5조제1항제3호나목에 따른 상한을 초과하지 않을 것 3. 법 제19조에 따른 보험을 가입할 것 <p>② 국토교통부장관은 법 제10조에 따른 유상 화물운송 허가를 받아 운행하는 자율주행자동차에 대하여 국토교통부장관이 정하여 고시하는 표지를 부착하게 할 수 있다.</p>

[표 2-11] 화물의 유상운송을 위한 제출서류

자율주행자동차법 시행규칙 제8조(화물의 유상운송에 관한 특례)
<p>제8조(화물자동차 운송사업에 관한 특례)</p> <p>① 영 제9조제1항에 따라 유상 화물운송 허가를 신청하려는 자는 별지 제4호서식의 자율주행자동차 화물운송 허가신청서(전자문서에 따른 신청서를 포함한다)에 다음 각 호의 서류를 첨부하여 국토교통부장관에게 제출해야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 다음 각 목의 사항이 포함된 자율주행자동차 화물운송계획서 <ol style="list-style-type: none"> 가. 적재량 및 형식 등 자율주행자동차의 제원에 관한 정보 나. 자율주행 운행가능영역 다. 유상운송에 활용하려는 자율주행자동차의 대수 라. 운행구역 및 운임 마. 그 밖에 국토교통부장관이 교통안전 확보 및 운송질서 유지의 확인을 위해 필요하다고 정하여 고시하는 사항 2. 법 제19조에 따른 보험의 가입증서 3. 임시운행허가증 사본 <p>② 법 제10조에 따른 유상 화물운송 허가는 별지 제5호서식에 따른다.</p>

(2) 자동차관리법

「자동차관리법」에서는 자율주행 자동차를 “운전자 또는 승객의 조작 없이 자동차 스스로 운행이 가능한 자동차를 말한다”라고 정의하고 있다. 법 시행규칙 제26조의2는 자율주행 자동차의 안전운행요건을 명시하고 있다. 자율주행기능에 대한 내용보다 자율주행기능의 고장이나 안전성을 위한 운행 제한에 대한 내용을 담고 있다.

[표 2-12] 자율주행자동차의 안전운행요건

자동차관리법 시행규칙 제26조의2(자율주행자동차의 안전운행요건)
제26조의2(자율주행자동차의 안전운행요건)
<p>① 법 제27조제1항 단서에서 "국토교통부령으로 정하는 안전운행요건"이란 다음 각 호의 요건을 말한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 자율주행기능(운전자 또는 승객의 조작 없이 자동차 스스로 운행하는 기능을 말한다. 이하 이 조에서 같다)을 수행하는 장치에 고장이 발생한 경우 이를 감지하여 운전자에게 경고하는 장치를 갖출 것 2. 운행 중 언제든지 운전자가 자율주행기능을 해제할 수 있는 장치를 갖출 것 3. 어린이, 노인 및 장애인 등 교통약자의 보행 안전성 확보를 위하여 자율주행자동차의 운행을 제한할 필요가 있다고 국토교통부장관이 인정하여 고시한 구역에서는 자율주행기능을 사용하여 운행하지 아니할 것 4. 운행정보를 저장하고 저장된 정보를 확인할 수 있는 장치를 갖출 것 5. 자율주행자동차임을 확인할 수 있는 표지(標識)를 자동차 외부에 부착할 것 6. 자율주행기능을 수행하는 장치에 원격으로 접근·침입하는 행위를 방지하거나 대응하기 위한 기술이 적용되어 있을 것 7. 그 밖에 자율주행자동차의 안전운행을 위하여 필요한 사항으로서 국토교통부장관이 정하여 고시하는 사항 <p>② 제26조제1항에 따라 자율주행자동차의 임시운행허가 신청을 받은 국토교통부장관은 법 제32조제3항에 따라 성능시험을 대행하는 자(이하 "성능시험대행자"라 한다)로 하여금 제1항에 따른 안전운행요건에 적합한지 여부를 확인하게 한 후 안전운행요건에 적합하다고 인정하는 경우 임시운행허가를 하여야 한다.</p> <p>③ 제1항 및 제2항에 따른 안전운행요건의 확인에 필요한 세부사항은 국토교통부장관이 정하여 고시한다.</p>

3) 서울시 자율주행 관련 정책

서울시는 2019년부터 차세대 지능형교통시스템(C-ITS)과 연계하여 상암DMC 지역을 ‘자율주행 테스트베드’로 운영하였으며, 자율주행 지원을 위한 첨단도로 인프라를 구축하고 자율주행 순환셔틀 등을 실증하였다. 2020년 11월에는 테스트베드 지역을 확대하여 「자율주행자동차법」에 의한 ‘자율주행 시범운행지구’를 지정받았으며(표 2-13) 참조), 이를 지원하기 위한 관련 조례 제정을 추진하고 있다.

[표 2-13] 자율주행 자동차 시범운행지구 지정 구역

지자체	지구범위	대표 서비스
서울	· 서울 상암동 일원 6.2km ² 범위	· DMC역↔상업·주거·공원지역 간 셔틀서비스
충북·세종 (공동신청)	· 오송역↔세종터미널 구간 BRT 약 22.4km 구간	· 오송역↔세종터미널 구간 셔틀(BRT) 서비스
세종	· BRT 순환노선 22.9km · 1~4생활권 약 25km ² 범위	· 수요응답형 정부세종청사 순환셔틀 서비스
광주	· 광산구 내 2개 구역 약 3.76km ² 범위	· 노면청소차, 폐기물수거차
대구	· 수성알파시티 내 약 2.2km ² 범위	· 수성알파시티 내 셔틀 서비스 (삼성라이온즈파크↔대구미술관) · 테크노폴리스, 국가산단 일원 수요응답형 택시 서비스
	· 테크노폴리스 및 대구국가산단 약 19.7km ² 범위	
	· 산단연결도로 약 7.8km 구간	
제주	· 제주국제공항↔중문관광단지(38.7km) 구간 및 중문관광단지 내 3km ² 범위	· 공항 픽업 셔틀 서비스 (제주공항↔중문관광단지)

출처: 국토교통부 보도자료(2020)

서울 상암 자율주행 시범운행지구에서는 다양한 기업, 연구소, 대학이 참여하며 자율주행 순환셔틀, 공유차량 등 유인서비스와 로봇택배 등 무인서비스가 실증테스트를 진행하고 있으며, 서울시에서는 첨단도로와 V2X통신환경, 자율주행 노면표시 등 인프라구축, 정비 및 전기차 충전소 등 부대시설 등을 제공하며 자율주행 기술 개발을 지원하고 있다. 2021년부터는 해당 지역의 시민들이 직접 이용할 수 있는 다양한 자율주행 모빌리티 서비스 제공을 목표로 하고 있다. 또한, 현대자동차와 함께 상암 실제 도로에서 자율주행차량들이 다양한 미션을 수행하며 경쟁하는 “2021년 자율주행 챌린지”도 계획하고 있다.

서울시는 자율주행 실증 인프라를 지속적으로 확대하여 자율주행과 관련된 기업, 대학, 연구기관들이 세계적인 수준의 자율주행 기술을 개발·실증할 수 있도록 지원하고 있으며, 향후에도 민간기업과의 다양한 협업으로 지속 가능한 자율주행 산업생태계 조성을 위해 노력할 예정이다.

03

자율주행에 대한 서울시민 인식



- 1_ 설문조사 개요
- 2_ 교통수단 및 서비스 이용특성
- 3_ 자율주행에 대한 관심과 신뢰
- 4_ 자율주행 서비스 인식
- 5_ 자율주행 정책 인식

03. 자율주행에 대한 서울시민 인식

자율주행은 신기술을 이용한 생활의 편리라는 기대감과 불완전한 기술로 인한 교통사고 우려의 문제점을 모두 가지고 있다. 따라서 자율주행 정책 수립의 방향은 각 국가와 도시의 특성에 따라 적극적 또는 소극적 접근으로 다양하게 제시될 수 있을 것이다. 이 연구에서는 서울시민을 대상으로 자율주행에 대한 설문조사를 수행하여 서울시 자율주행 정책 수립에 대한 시사점을 도출하고자 하였다.

1_설문조사 개요

본 조사는 서울시에 거주하는 만 19세 이상 1,000명의 시민을 대상으로 시행되었다. 성별, 연령, 권역에 따른 인구비례할당 표집을 통해 표본을 추출하였으며, 교통수단 및 서비스 이용특성, 자율주행에 대한 관심과 경험, 자율주행 서비스 인식, 자율주행 정책 인식 등을 조사하였다. 설문조사의 개요와 조사 내용은 각각 [표 3-1], [표 3-2]와 같다.

[표 3-1] 설문조사 개요

구분	내용
조사 대상	서울시에 거주하는 만19세 이상 남녀
조사 규모	1,000명
조사 방법	구조화된 설문지를 이용한 온라인 조사
표본 추출	성, 연령, 생활권별 인구비례할당 표집
표본 오차	95% 신뢰수준에서 ±3.1%P
조사 기간	2020. 9. 14 ~ 2020. 9. 23

[표 3-2] 설문조사 내용

구분	내용
1. 교통수단 및 서비스 이용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주로 이용하는 교통수단 ○ 버스 이용 경험·만족도·불편사항 ○ 택시 이용 경험·만족도·불편사항 ○ 택배 이용 경험·만족도·불편사항 ○ 배달 이용 경험·만족도·불편사항
2. 자율주행에 대한 관심·경험·신뢰도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자율주행 인지도 ○ 자동차 주행 보조기능 인지도 ○ 자가용 소유 여부 ○ 자율주행 탑재 여부 ○ 자율주행 기능 사용 정도 ○ 자율주행 기능 만족도
3. 자율주행 서비스	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자율주행 관련 기대 서비스 ○ 자율주행 관련 기대 장점 ○ 자율주행 관련 기대 개선요소
4. 자율주행 도입	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자율주행 상용화 가능성 ○ 자율주행 테스트베드 인지도 ○ 자율주행 테스트베드 운영 인식 ○ 자율주행 실험 인식 ○ 서울시 자율주행 교통서비스 관련 정책 방향 ○ 서울시 세계 최초 자율주행 서비스 도입 인식

2_교통수단 및 서비스 이용특성

조사대상이 평소 이용하는 주 교통수단을 조사하였다. 지하철 > 자가용 > 버스 순으로 나타났으며, 60대를 제외하면 연령대가 높을수록 자가용 이용률이 증가하는 것으로 나타났다.

[표 3-3] 주 교통수단

	지하철	자가용	버스	도보	자전거	택시	기타
전체	43.0	31.0	18.9	4.7	1.2	0.8	0.4
20대	47.2	18.7	28.5	3.7	0.9	0.9	0.0
30대	47.5	28.4	14.7	5.4	2.9	0.0	1.0
40대	40.6	39.6	11.6	5.3	1.0	1.0	1.0
50대	32.2	41.2	19.9	3.8	0.9	1.9	0.0
60대	48.8	26.2	19.5	5.5	0.0	0.0	0.0

자율주행을 통해 개선이 필요한 도시교통 서비스와 불편 내용을 도출하기 위하여 최근 1년 이내 이용한 교통서비스에 대한 만족도를 조사하였다. 조사 결과, 택배서비스에 대한 만족률이 74.2%로 가장 높으며 택시의 만족도는 가장 낮은 것으로 나타났다.

[표 3-4] 최근 1년 이내 이용한 교통서비스에 대한 만족도

구분	버스	택시	택배	배달
이용률	97.8	88.6	95.3	92.4
만족률	59.7	40.2	74.2	65.9

구체적으로 버스에 대한 불편 사항을 살펴보면, '정류장 대기시간에 대한 불편'이 40.6%로 가장 많았으며, '버스 내 혼잡(36.8%)'과 '코로나19 등 전염병 위험에 대한 두려움(35.0%)'도 높은 응답률을 보여주었다. 자율주행과 관련이 높은 '운전기사의 난폭운전(19.7%)'이나 '불친절(10.1%)'은 상대적으로 불편이 낮은 것으로 나타났다.



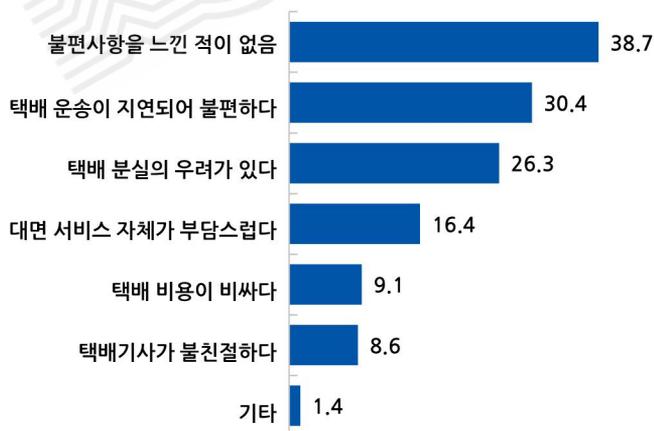
[그림 3-1] 버스 이용 불편사항

택시의 경우, '요금에 대한 불편(63.4%)'이 가장 높게 나타났으며, '택시 호출의 어려움(37.1%)', '도로혼잡에 따른 통행시간 증가(35.6%)' 또한 높은 응답률을 보였다. '운전기사의 불친절(29.1%)'과 '난폭운전(22.0%)'으로 불편하다는 비율은 버스에 비하여 높게 나타났다.



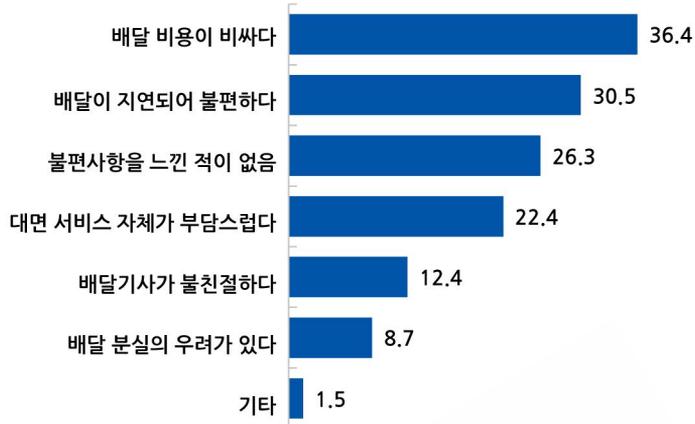
[그림 3-2] 택시 이용 불편사항

택배서비스는 ‘불편사항이 없다’는 응답자가 38.7%로 가장 많아서 택배서비스에 대한 시민만족도가 다른 서비스에 비해 높은 것으로 나타났다. 불편사항 중에서는 ‘배송 지연(30.4%)’과 ‘분실우려(26.3%)’가 가장 높게 나타났다. 택배기사와 관련해서는 ‘대면서비스의 부담(16.4%)’이 ‘택배기사의 불친절(8.6%)’보다 약 2배 높게 나타나, 택배기사의 친절도 개선보다는 자율주행을 이용한 전면적 비대면 서비스의 도입이 더 중요하다는 것을 알 수 있었다.



[그림 3-3] 택배 이용 불편사항

배달서비스는 ‘비용에 대한 불편(36.4%)’과 ‘배달 지연(30.5%)’이 높은 응답률을 보였으며, ‘불편사항을 느낀 적이 없다(26.4%)’는 응답자도 많은 것으로 나타났다. 택배서비스와 유사하게 ‘배달기사의 불친절(12.4%)’보다는 ‘대면서비스 자체에 부담(22.4%)’을 느끼는 비율이 더 높게 나타났다.

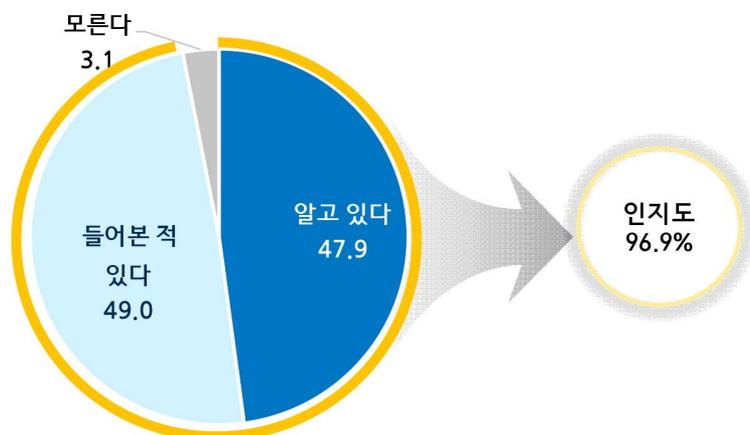


[그림 3-4] 배달 이용 불편사항

3_자율주행에 대한 관심과 신뢰

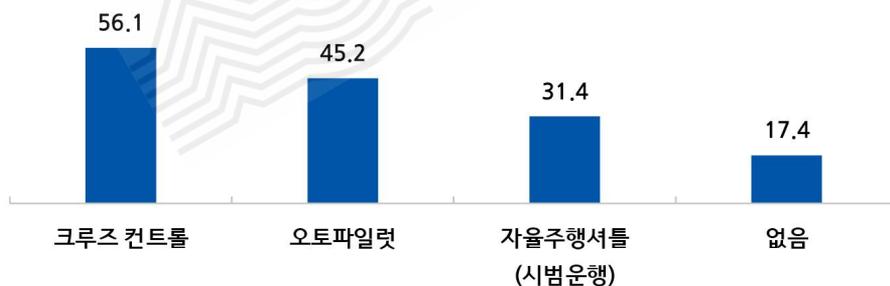
자율주행과 관련된 세계 우수 기업들의 적극적인 행보와 그에 따른 각종 미디어 보도를 통해 일반인들에게 자율주행은 더 이상 낯선 기술이 아니라 할 수 있다. 본 조사에서는 우선 자율주행에 대한 인지도를 조사하고, 이미 상용화되어 있는 자율주행 관련 운전보조기능에 대한 경험을 조사하였다. 이를 기반으로 5절에서는 자율주행에 대한 긍정적 또는 부정적인 경험이 4절에서 후술되는 자율주행에 대한 인식과 정책 선호도에 어떤 영향을 미치는지 분석하였다.

‘자율주행을 잘 알고 있거나 들어본 적이 있는 응답자’는 무려 96.9%에 달하여, 서울시민의 자율주행에 대한 인지도는 상당히 높은 것으로 나타났다.



[그림 3-5] 자율주행 기술에 대한 인지도

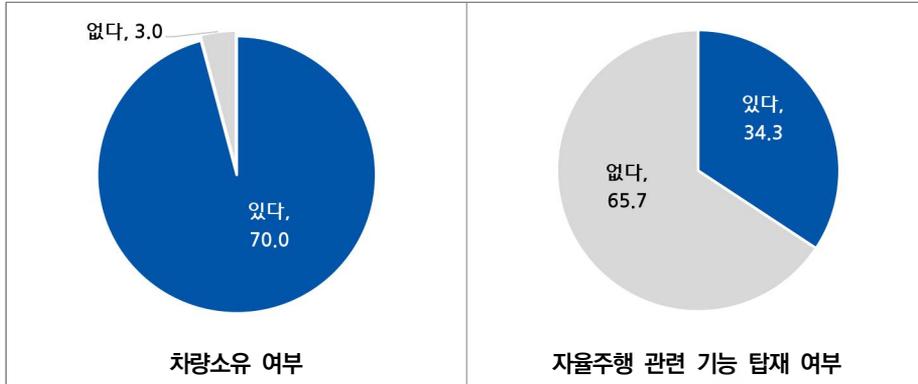
자율주행과 관련된 기술에 대한 인지도 조사에서는 상용화가 완료된 ‘크루즈 컨트롤’이 가장 높은 인지도를 보여주었으며, 자율주행 개발업체 중 가장 공격적인 행보를 보이고 있는 테슬라(Tesla)의 자율주행 기능인 ‘오토파일럿’에 대한 인지도도 45.2%로 높게 나타났다. 반면에 공공에서 주도하여 시범운영 중인 ‘자율주행셔틀’에 대한 인지도는 상대적으로 낮은 것으로 나타났다.



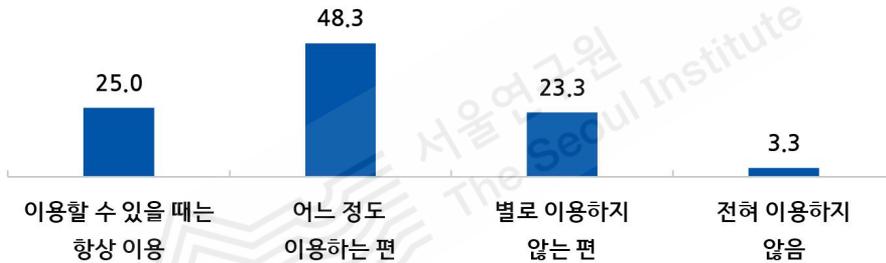
[그림 3-6] 자율주행 관련 상용화 기술 인지도

한편, 응답자의 70%가 ‘차량을 소유’하고 있으며, 그 중 34.3%가 ‘자율주행 관련 기능을 탑재한 차량을 소유’하고 있는 것으로 나타났다. 또한, ‘자율주행 기능이 탑재된 차량소유자’의 73.3%는 ‘자율주행 기능을 적극적으로 이용’하고 있는 것으로 나타났다.²⁾

전혀 이용하지 않는 비율은 3.3%로 나타나 자율주행 기능에 대한 활용도는 높다고 할 수 있다. 특히, 연령대별 특성에서는 20대와 30대의 적극 이용 비율(항상+어느정도)이 80% 이상으로 높게 나타났다.



[그림 3-7] 자율주행 관련 기능 탑재 여부



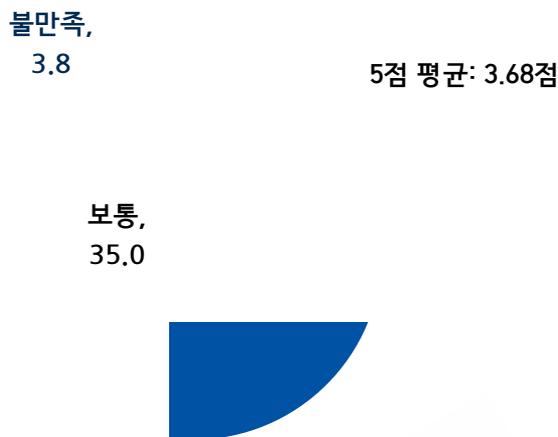
[그림 3-8] 자율주행 관련 기능 이용빈도

[표 3-5] 자율주행 관련 기능 이용 빈도

	이용할 수 있을 때는 항상 이용	어느 정도 이용하는 편	별로 이용하지 않는 편	전혀 이용하지 않음
전체	25.0	48.3	23.3	3.3
20대	30.9	58.2	10.9	0.0
30대	35.2	48.1	14.8	1.9
40대	21.8	34.5	36.4	7.3
50대	21.7	52.2	23.9	2.2
60대	6.7	50.0	36.7	6.7

2) 현재 상용화된 대부분의 자율주행 기능이 고속도로 등 특정한 운영환경에서만 작동되는 경우가 많기 때문에, 복잡한 도심 도로를 많이 이용하는 서울시민은 “전혀 이용하지 않음”의 경우를 제외하면 가용한 환경에서 자율주행 기능을 적극적으로 사용하고 있는 것으로 추정할 수 있다.

사용 중인 자율주행 관련 기능에 대한 만족도는 61.3%가 '만족', 35.0% '보통'으로 나타나 전반적인 만족도는 높은 것으로 나타났다.



[그림 3-9] 자율주행 관련 기능 만족도

4_자율주행 서비스 인식

시민들의 자율주행 서비스에 대한 기대 요소를 조사하여 향후 서울시 자율주행 정책에서 집중이 필요한 분야를 살펴보았다. 우선 기존의 도시교통 서비스를 기반으로 자율주행에 대한 기대감을 조사한 결과, '자율주행 승용차에 대한 기대감(1순위 58.0%, 1-3순위 통합 77.8%)'이 가장 높은 것으로 나타났다. '자율주행 버스(1순위 11.2%, 1-3순위 통합 51.4%)'와 '택시(1순위 10.8%, 1-3순위 통합 50.1%)'가 뒤를 이었으며, '자율주행 배달(1순위 9.7%, 1-3순위 통합 50.6%)'에 대한 기대도 상대적으로 높게 나타났다. '자율주행 공유차에 대한 기대'는 1순위 5.7%로 상대적으로 낮게 나타났다는데, 이는 다양한 연구를 통해 전망된 '자율주행 상용화로 인한 공유차 증가'라는 예상과는 상반되는 결과라 할 수 있다(한국교통연구원, 2018; 삼일 KPMG 경제연구원, 2019; 삼일PWC회계법인, 2020).



[그림 3-10] 자율주행 서비스 기대 분야

자율주행으로 인해 서비스별로 개선이 기대되는 요소를 조사하였다. 우선, '자율주행 승용차는 안전성 향상(60.0%, 이하 1, 2순위 통합)'이 가장 높았으며, '차내시간 활용(52.7%)'에 대한 기대감도 높게 나타났다. '혼잡감소로 인한 통행시간 감소'의 응답 비율은 32.3%로 나타나, 자율주행으로 인한 혼잡감소보다는 안전성 향상과 차내시간 활용에 대한 시민의 기대감이 더 높은 것으로 나타났다.



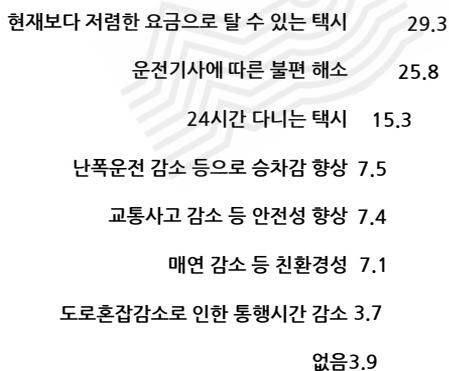
[그림 3-11] 자율주행 승용차 기대요소

자율주행 버스의 경우, '24시간 운영(57.8%, 이하 1, 2, 3순위 통합)'에 대한 기대가 가장 높았으며, '요금인하(41.4%)'와 '안전성 향상(47.7%)', '승차감 향상(43.2%)'에 대한 기대 또한 높은 것으로 나타났다. 자율주행 기능을 통한 버스의 운영시간 확대와 요금인하에 대한 정책의 우선순위가 가장 높으며, 안전성과 승차감 개선도 필요한 것으로 분석된다.



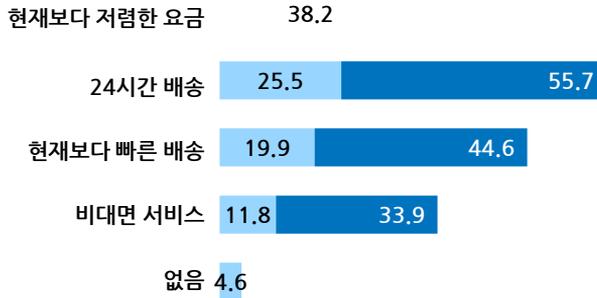
[그림 3-12] 자율주행 버스 기대요소

자율주행 택시에 대한 기대요소는 ‘운전기사로 인한 불편 해소(60.5%, 이하 1, 2, 3 순위 통합)’와 ‘요금인하(47.9%)’, ‘안전성 향상(44.1%)’이 높은 응답률을 나타냈다. 기존 교통서비스에 대한 만족도 조사에서 택시의 만족도가 가장 낮게 나타났는데(표 3-4) 참조) 자율주행을 통해 비대면서비스가 이루어지고 안정성 향상과 요금인하가 실현되면 택시의 만족도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.



[그림 3-13] 자율주행 택시 기대요소

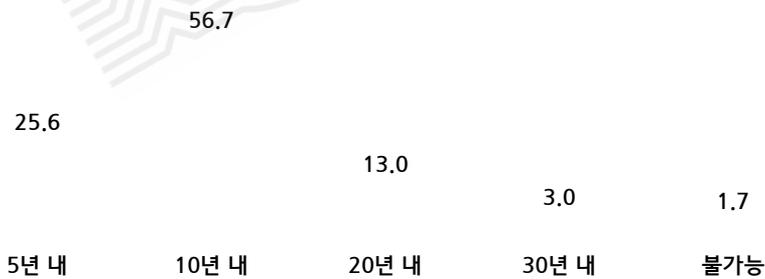
자율주행 택배 및 배달 서비스에 대해서는 ‘요금인하(56.6%, 이하 1, 2순위 통합)’와 ‘배송시간 확대(55.7%)’에 대한 기대가 높은 것으로 나타나, 자율주행 기술을 이용한 저렴하고 24시간 운영되는 배송체계를 구축할 필요가 있는 것으로 나타났다.



[그림 3-14] 자율주행 택배 및 배달 기대요소

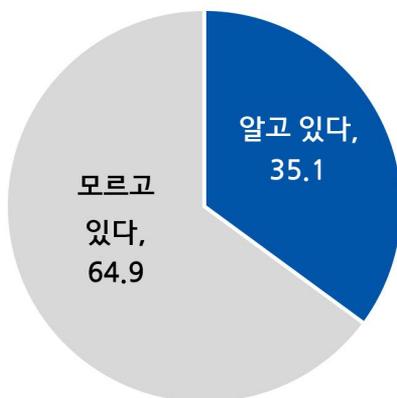
5_자율주행 정책 인식

자율주행 정책과 관련된 서울시민의 인식을 조사하였다. 완전자율주행 기술의 상용화 시기 전망을 조사한 결과 5년 또는 10년 이내의 시점을 응답한 비율이 82.3%로 나타나 서울시민의 대부분이 가까운 장래에 자율주행 서비스 실현을 예상하고 있는 것으로 나타났다.



[그림 3-15] 완전자율주행 상용화 시점 예상

서울시에서 2019년부터 상암, 여의도, 강남의 실제 도로에서 시행 중인 자율주행 테스트베드에 대해서는 '알고 있다'고 응답한 비율이 35.1%에 불과하여, 자율주행 실증을 추진 중인 정책의 인지도는 낮은 것으로 나타났다.



[그림 3-16] 자율주행 테스트베드 인지도

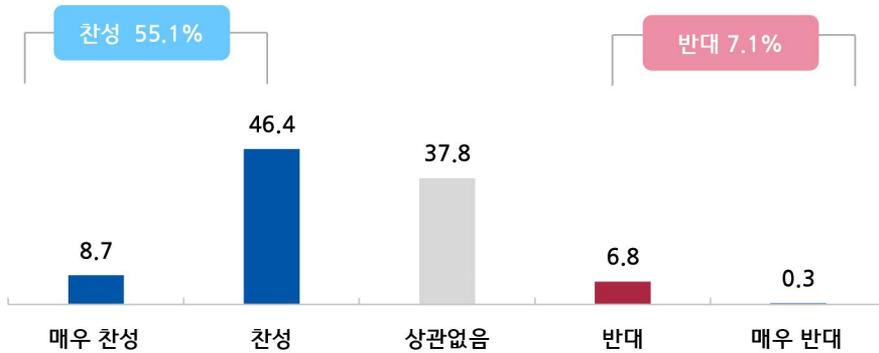
반면에 테스트베드 운영에 대한 의견에서는, ‘실도로에서의 테스트베드를 중단해야 한다’는 의견이 9.0%로 낮게 나타나서, 실도로 실증에 대해서는 긍정적인 의견이 높은 것으로 나타났다. 다만, ‘현재의 테스트베드 지역에 한정해야 한다’는 의견과 ‘점진적으로 확대하여야 한다’는 의견은 각각 40.6%, 43.5%로 나타나 향후 자율주행 실증 공간을 확대하기 위해서는 신중한 접근이 필요한 것으로 나타났다.



[그림 3-17] 자율주행 테스트베드 인식

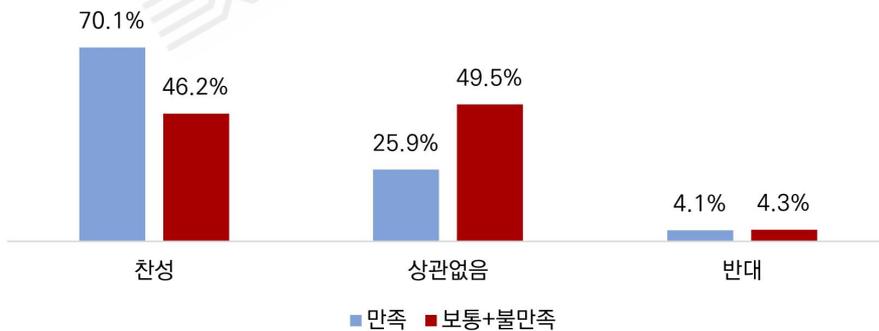
자율주행 테스트베드 운영에 대한 구체적인 인식을 조사하기 위하여 응답자의 거주 지역에서 자율주행 실증을 시행하는 것에 대한 의견을 조사하였다. 그 결과 ‘찬성’하는 의견 55.1%, ‘상관없다’는 의견 37.8%로 나타나 자율주행 테스트베드에 대한 거부감은 낮은 것으로 나타났다. 위에서 조사한 테스트베드 운영방안 의견과 종합적으로 고려하면, 서울시민은 테스트베드 확장에는 신중한 의견을 나타내고 있지만, 이는

자신의 거주지에서의 실증을 반대하는, 소위 님비(NIMBY)현상의 문제라기보다는 기술적 불확실성에 의한 것이라 할 수 있다. 따라서 자율주행 서비스의 실증 및 적용지역을 확대하기 위해서는 무엇보다 기술적 불확실성을 극복할 필요가 있음을 알 수 있다.



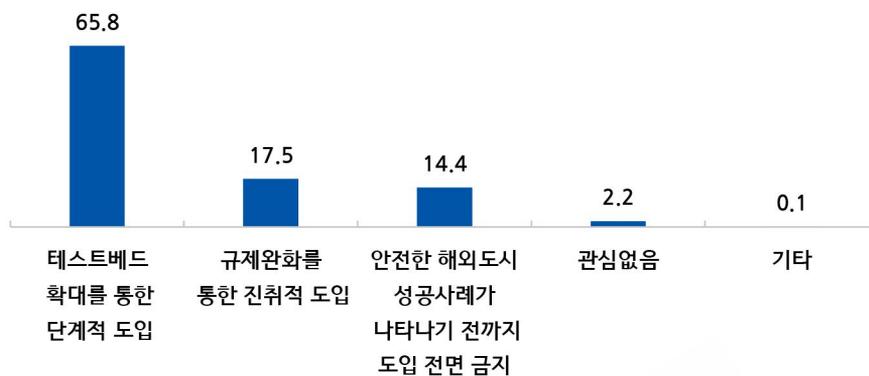
[그림 3-18] 자율주행 테스트베드 거주 지역 실험 관련 찬성 여부

앞서 3절에서 살펴본 자율주행 기능에 대한 경험이 자율주행 정책 수용성에 미치는 영향을 분석하였다. 응답자 거주 지역의 자율주행 테스트베드 도입 결과를 자율주행 경험의 만족도에 따라 구분한 결과, 자율주행 경험에 만족한 응답자의 경우 테스트베드 도입에 70.1%가 찬성하였으나, 자율주행 경험이 보통 혹은 불만족인 응답자는 46.2%만이 찬성의견을 나타내었다. 즉, 자율주행에 대한 과거의 경험이 자율주행 실증 및 서비스 도입에 대한 수용성에 영향을 줄 수 있는 것으로 나타났다.



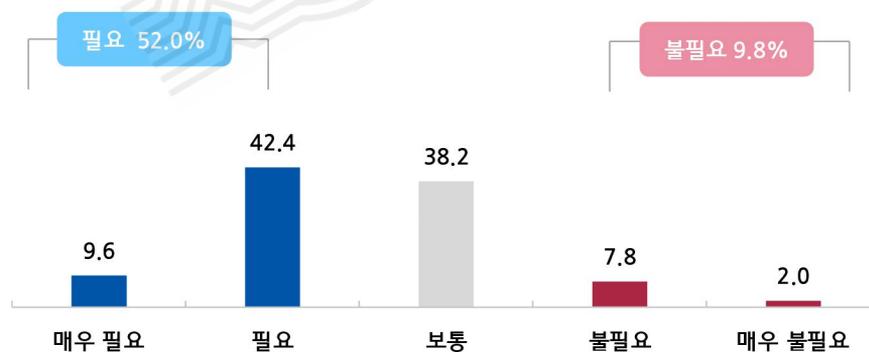
[그림 3-19] 자율주행 관련 기능 만족도에 따른 테스트베드 찬성 여부

자율주행 교통서비스를 서울시에 도입하기 위한 정책 방향에 대한 의견을 조사하였다. 그 결과 ‘테스트베드 확대를 통한 단계적 도입 의견(65.8%)’이 가장 많은 것으로 나타났으며, ‘규제완화를 통한 진취적 도입(17.5%)’이나, ‘해외의 성공 사례가 나타나기 전까지 도입을 전면 금지하자는 의견(14.4%)’은 비교적 낮은 것으로 나타났다.



[그림 3-20] 자율주행 교통서비스 정책 방향

이와 연계하여, 서울시가 자율주행 서비스를 세계 최초로 도입할 필요성에 대한 시민의 의견을 조사하였다. ‘필요하다’는 의견이 52.0%, ‘불필요하다’는 의견이 9.8%로 나타나 서울시의 적극적인 자율주행 정책 추진에 공감대를 형성하고 있는 것으로 나타났다.



[그림 3-21] 서울시의 자율주행 세계 최초 도입의 필요성

04

자율주행 지원정책 발전방안



- 1_ 자율주행 기술의 성과와 한계
- 2_ 자율주행에 영향을 미치는 도시운영환경
- 3_ 자율주행 지원정책 방향
- 4_ 서울시 자율주행 도입을 위한 정책

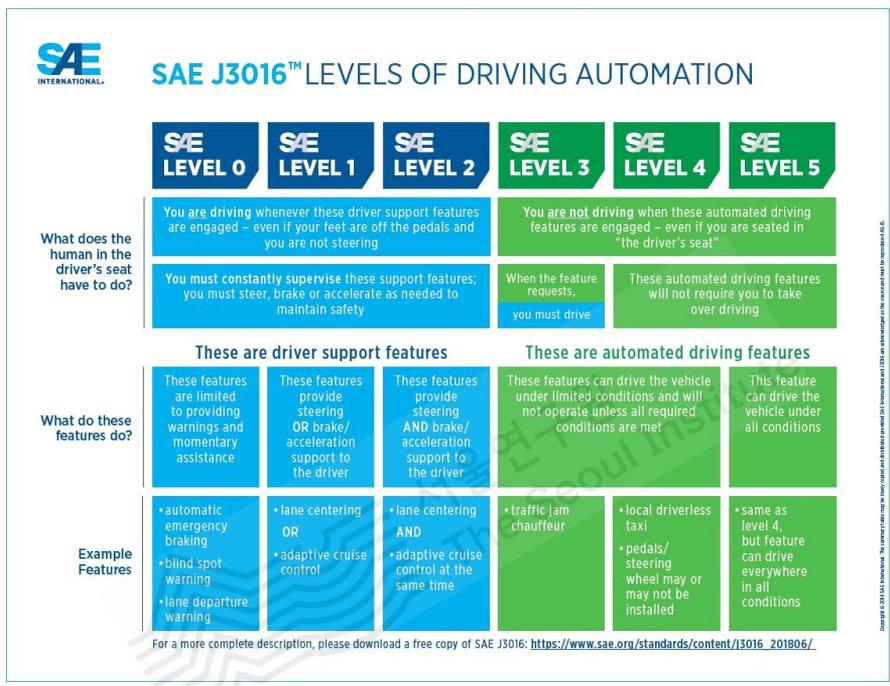
04. 자율주행 지원정책 발전방안

지금까지 공공의 자율주행 정책은 민간기업의 기술 개발을 지원하기 위한 통신시설, 정밀도로지도(HD맵), 신호개방 등 첨단도로인프라를 조성하고 자율주행 서비스 실증을 위한 공간과 부대시설을 제공하는 데 중점을 두었다. 하지만 최근 자율주행 기술의 불확실성이 증가하면서 효과적이고 실효성 있는 자율주행 정책 수립에 어려움이 발생하고 있다. 또한 자율주행 기술의 한계를 극복하기 위한 공공의 적극적인 역할을 요구하는 의견도 증가하고 있다. 이 장에서는 앞에서 살펴본 자율주행 기술 및 정책진단, 시민 설문조사 결과를 종합하여, 자율주행 수준 향상을 위한 공공의 역할을 재점검하고 향후 자율주행 정책 수립을 위한 발전방안을 제안하고자 한다.

1_자율주행 기술의 성과와 한계

자율주행에 대한 논의는 1920년대부터 제시되었으나 현대와 같은 개념의 자율주행 기술은 인공지능 기술이 급속도로 발달한 2000년대 이후 등장하였다. 자율주행 기술의 발달 정도는 자율주행 수준(레벨)으로 판단할 수 있는데, [그림 4-1]에 제시한 미국자동차공학회(Society of automotive engineers, SAE)의 기준이 가장 널리 이용되고 있다. 2장에서 살펴본 바와 같이 많은 글로벌 기업들이 완전자율주행(Full Driving Automation)인 레벨5를 목표로 천문학적인 투자를 하고 있으며, 그 결과 지난 10여 년간 자율주행 기술이 크게 발전하였다. 현재까지의 기술 발전 성과를 진단하여보면, 차선유지 기능(Lane Keeping Assistance)과 적응형 순항 기능(Adaptive Cruise Control)으로 대표되는 레벨2 수준의 부분자율주행(Partial Driving Automation)은 상용화가 이루어졌다고 할 수 있다. 하지만 [그림 4-1]에

나타난 바와 같이 레벨2 수준은 자율주행(Automated Driving)이라기 보다는 운전 자 보조기능(Driver Support)의 성격이 높다고 할 수 있다. 자율주행의 초기단계인 레벨3(조건부 자율주행, Conditional Driving Automation)는 현재 국내외에서 활발한 시범운행이 이루어지고 있으며, 도로와 기후 환경이 양호하고 교통량이 적은 일부 지역에서는 레벨4 수준의 고도 자율주행(High Driving Automation) 테스트도 이루어지고 있다.



[그림 4-1] 미국자동차공학회(SAE) 기준 자율주행 수준 구분

자료: <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic>

자율주행 기술의 급속한 발전에도 불구하고 완전자율주행(레벨5)의 상용화 시점에 대한 전망은 상당히 어려운 편이다. 많은 글로벌 기업들이 2020년을 완전자율주행의 개발 시기로 예상하였으나 실현되지 못하였고, 눈·비 등 기상, 인간 운전자와의 혼합 운행 등 자율주행의 난제(難題)들도 여전히 해결되지 못하고 있다. 또한 사고 발생 시 책임 주체와 같은 사회적 수용성 논란도 계속되고 있다.

자율주행 기술의 불확실성은 가트너(Gartner)에서 최근 발표한 하이프 사이클(Hype Cycle)을 통해서도 확인할 수 있다. 하이프 사이클은 미국의 저명한 IT 컨설팅 회사

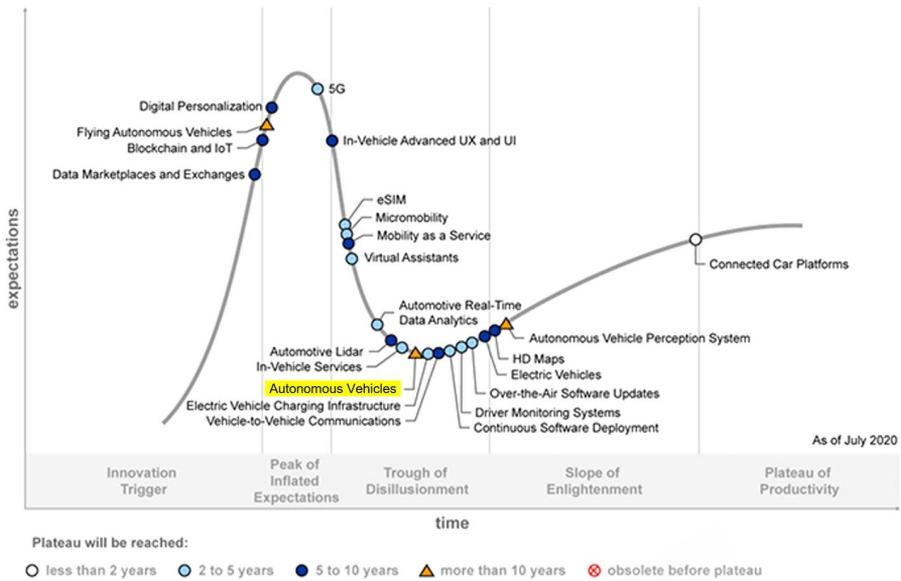
인 가트너에서 신기술의 발전 단계와 전망을 5단계로 구분하여 제시하는 그래프이며, 구체적인 단계 구분과 단계별 내용은 [표 4-1]에서 제시하였다.

[표 4-1] 하이프 사이클의 단계와 내용

단 계	내 용
혁신의 촉발 Innovation Trigger	구상단계에 불과하지만 잠재력에 대한 기대가 증폭되어 수많은 관심을 받는 단계
과장된 기대의 정점 Peak of Inflated Expectations	일부에서 상용화를 가시화하여 기대감이 정점이 되는 단계
환멸의 골짜기 Trough of Disillusionment	많은 실패 사례가 발생하면서 관련 기업들이 줄어들고 투자 또한 신중해지는 단계
점진적 재조명 Slope of Enlightenment	보다 구체화되고 실패를 극복해 나가면서 시범운영 사례가 많아지는 단계
생산성 안정기 Plateau of Productivity	상용화 초기단계이며 관련 산업이 보다 명확해지는 단계

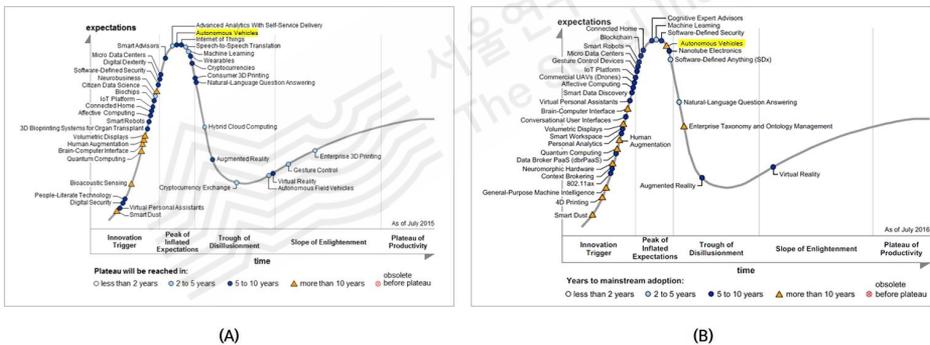
출처: <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>

[그림 4-2]는 2020년에 발표된 자율주행 관련 하이프 사이클이며, 자율주행차량(Autonomous Vehicles)에 대한 두 가지 관점을 보여주고 있다. 첫째, 자율주행 기술은 현재 ‘환멸의 골짜기(Trough of Disillusionment)’ 단계에 머물러 있다. 자율주행 기술을 시장의 기대가 정점이었던 시기(Peak of Inflated Expectation)를 지나 많은 시행착오와 기술적 한계에 부딪히는 단계에 있는 것으로 진단하여, 자율주행에 대한 기술시장의 불확실성이 증가하고 있는 것을 확인할 수 있다. 둘째, 자율주행 기술이 ‘생산성 안정기(Plateau of Productivity)’에 도달하기까지는 10년 이상이 걸릴 것으로 예상하고 있다. 대부분의 신기술이 ‘환멸의 골짜기’ 단계를 거친 후 상용화에 도달하게 되지만, 자율주행 기술의 상용화 시점은 향후 10년 이내에서 전망하기 어렵다는 것이다. 한 가지 주목할 점은 2015년의 하이프 사이클에서는 자율주행차량의 상용화 시기를 5~10년 이내로 예측하였으나([그림 4-3(A)] 참조), 2016년 이후부터 상용화 시기를 10년 이상으로 예측하고 있다는 것이다([그림 4-3(B)] 참조). 위의 두 가지 관점을 종합해 보면 자율주행 기술은 지속적으로 발전하고 있지만 앞으로 많은 한계와 장애물이 예상되며, 상용화 시기에 대한 불확실성은 점점 증가하고 있는 것을 알 수 있다.



[그림 4-2] Gartner Hype Cycle for Connected Vehicles and Smart mobility(2020)

자료: Gartner(2020)



[그림 4-3] Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies: (A) 2015년, (B) 2016년

자료: Gartner(2015), Gartner(2016)

이와 같은 자율주행 기술의 한계와 불확실성 증가는 자율주행 정책 수립에 어려움을 주는 반면, 자율주행 발전을 위한 공공의 새로운 역할을 제시하기도 한다. 지금까지는 민간 기술의 시험을 위한 공간 제공이 중심이었다면, 이제는 자율주행의 수준을 향상시키고 도시가 요구하는 서비스를 실현하기 위한 적극적인 공공의 자율주행 정책이 필요한 것이다. 이의 실현방안을 위해 다음 장에서는 자율주행과 도시 운영환경의 관계를 살펴보겠다.

2_자율주행에 영향을 미치는 도시운영환경

자율주행의 수준은 자율주행 기술뿐만 아니라 자율주행차량이 운영되는 도시여건, 즉 운영환경의 영향을 받는다. [표 4-2]는 미국자동차공학회(SAE)의 자율주행 수준(레벨)을 세부적으로 나타낸 것으로, '운전(Dynamic Driving Task, DDT)의 주체', '운전 중 비상 상황(DDT Fallback)의 대응 주체'와 함께 운영환경인 '운영설계영역(Operation Design Domain, ODD)'이 자율주행 수준을 결정하는 주요한 요인임을 보여준다. 모든 상황에서 자율주행이 가능한 레벨5를 제외하면, 같은 자율주행 기술을 보유하고 있는 경우에도 주행환경의 난이도에 따라 자율주행 수준이 달라질 수 있는 것이다.

[표 4-2] 자율주행 수준의 정의

레벨	구분	운전(Dynamic Driving Task, DDT)의 주체		운전 중 비상상황(DDT Fallback)	운영설계영역(Operational Design Domain, ODD)
		횡단·종단 제어	물체·상황 인식 및 반응		
0	자동화 없음	운전자	운전자	운전자	없음
1	운전 보조	운전자 & 시스템	운전자	운전자	제한 있음
2	일부 자율주행	시스템	운전자	운전자	제한 있음
3	조건부 자율주행	시스템	시스템	운전자	제한 있음
4	높은 수준의 자율주행	시스템	시스템	시스템	제한 있음
5	완전 자율주행	시스템	시스템	시스템	제한 없음

출처: SAE(2018)

자율주행의 운영환경은 다양한 요소를 이용하여 정의될 수 있다. 미국 도로교통안전국(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)의 '자율주행자동차 개발과 안전한 도로 운행을 위한 자율주행시스템(A Framework for Automated Driving System Testable Cases and Scenarios, 2018)'에서는 운영설계영역 요소를 [그림 4-4]와 같이 물리적 인프라(Physical Infrastructure), 운영적 제약 요소

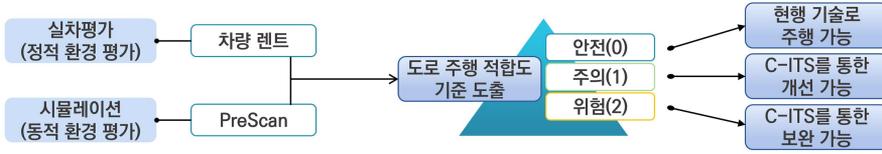
(Operational Constraints), 물체(Objects), 연결성(Connectivity), 환경 조건 (Environmental Condition), 지역(Zone) 등으로 분류하여 제시하고 있다. 또한 대표적인 자율주행 업체인 웨이모(Waymo)의 'Safety Report(2018)'에서는 지형, 도로 유형, 속도 범위, 기상, 시간, 법규 등 6가지 ODD 요소를 고려하고 있으며, ODD를 벗어나는 경우에는 최소위험조건(Minimal Risk Condition)을 만족시키기 위하여 운행을 멈추는 안전정지(Safe Stop)기능 작동을 명시하고 있다. 이와 유사하게, 미국과 중국에서 자율주행택시와 자율주행배달 서비스를 시연 중인 AutoX의 'Safety Factor(2018)'에서도 레벨4 자율주행을 위한 ODD를 지형, 도로 유형, 속도 범위, 기상, 시간, 승객 유형 등 6가지 요소로 정의하고 있으며, 정해진 ODD 영역 밖에서는 운행이 중단되도록 하고 있다.



[그림 4-4] NHTSA의 ODD 요소 분류

자료: NHTSA(2018)

최근 국내에서도 자율주행 운영환경과 관련된 연구가 증가하고 있으며, 자율주행 운영환경이 자율주행 서비스의 안전성과 제공 가능 여부를 결정함을 보여주고 있다. 탁세현 외(2019)는 자율주행차량의 안전한 주행 여건을 확보하기 위하여 국내 고속도로를 대상으로 인프라 수준을 진단하고 평가하는 '도로환경 등급화' 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 고속도로, 교차로와 같은 기존의 자율주행 ODD를 세분화하여 도로 선형, 곡선반경, 경사도 등을 포함한 도로환경을 구분하고, 실차평가를 통한 정적 환경과 시뮬레이션을 통한 동적환경을 통합하여 자율주행자동차의 도로 주행 적합도를 산출하였다. 적합도가 '주의' 또는 '위험'으로 산출된 도로에 대해서는 향후 C-ITS 사업을 통한 개선 및 보완의 필요성을 제시하였다.



[그림 4-5] 자율주행 도로주행 적합도 기준 도출 절차

자료: 탁세현 외(2019)

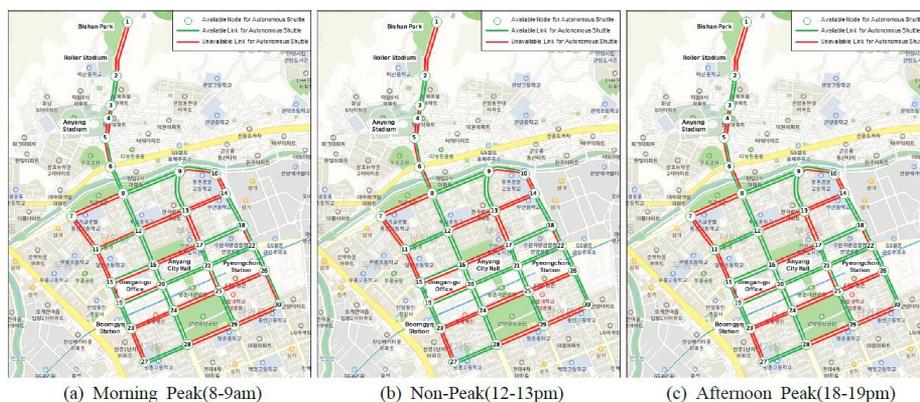
김형주 외(2020)의 연구에서는 안양시의 도시부 지역을 대상으로 자율주행 셔틀버스 도입을 위한 ODD를 분석하였다. 이 연구에서는 국내 도로 인프라와 교통 조건을 고려하여 기하구조, 교통운영, 환경 요인으로 구분된 자율주행 ODD를 [표 4-3]과 같이 정의하였다.

[표 4-3] 안양시 자율주행 서비스 운영설계영역(ODD)

분류	내용	종류	
기하구조적 요인	링크유형	통행특성을 대표하는 요인으로 자율주행시스템 주행성능에 영향	도시 및 교외간선도로, 고속도로, 도시고속도로, 자동차전용도로, 자하차도, 고가차도, 진출입램프
	노드유형	교차로 방향 전환 시 통행권을 명확하게 전달 가능한지 여부와 진행방향의 혼란을 최소화할 수 있는 기하구조적 요인	3지교차로, 4지교차로, 5지이상교차로, 회전교차로
	도로표면	자율주행시스템 가감속 및 정지성능에 영향	아스팔트, 콘크리트, 비포장도로, 파손도로
	차로 수	자율주행서비스 특성에 따라 교통환경에 영향	편도1차로, 편도2차로, 편도3차로, 편도4차로, 편도5차로 이상
운영적 요인	신호	교차로 신호현시정보 제공방식에 따라 자율주행자동차의 통행권 판단을 위한 정보수집 기술에 영향(영상인식, 통신)	통신망 활용, 현시정보 제공, 통신망 활용, 현시정보 미제공
	구간운영	자율주행시스템의 진입으로 인한 해당지역 보행자 및 교통약자 안전성에 영향	일반구간, 노인보호구역, 어린이보호구역, 생활도로구역, 불법주정차, 상습발생구역
	소통상황	혼잡 및 돌발상황 발생여부에 따라 현장에서 해당 상황을 인지하고 대응하기 위한 자율주행시스템 외부환경 인지 성능에 영향	LOS A-F
환경적 요인	시간대	시간대에 따른 조도의 변화로 인해 자율주행시스템 외부환경 감지성능 영향	오전/오후첨두, 낮시간, 심야/새벽 시간
	기후조건	기후조건에 따라 자율주행시스템 외부환경 감지성능 영향	맑음, 비
	이벤트 여부	축구경기 등 급격히 증가되는 통행량으로 인한 자율주행시스템 주행성능에 영향	이벤트 발생, 이벤트 미발생

출처: 김형주 외(2020)

정의된 ODD를 통해 요인별 자율주행시스템의 운행 가능 여부를 [그림 4-6]과 같이 제시하였는데, 시간에 따른 교통량, 기상 등 가변적인 요인에 따라 같은 도로구간에서도 자율주행 서비스의 가능 여부가 달라짐을 보여주었다.



[그림 4-6] 안양시 도시부 도로 ODD 분석결과

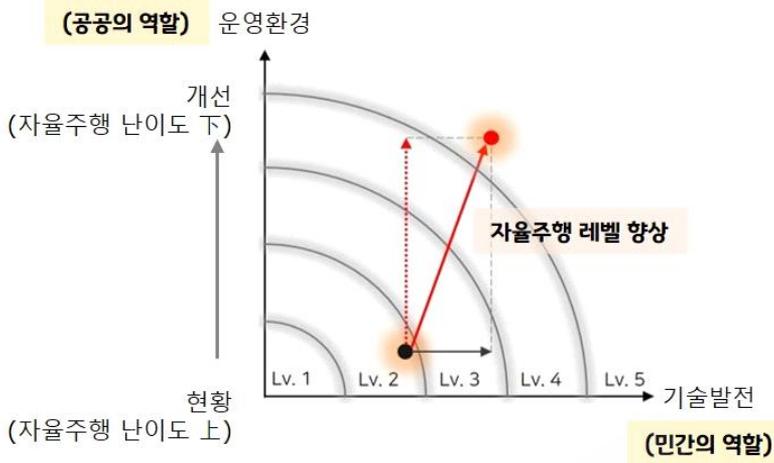
출처: 김형주 외(2020)

3_자율주행 지원정책 방향

1) 자율주행 수준 향상을 위한 공공의 운영환경 개선

자율주행 수준의 정의와 관련 연구 고찰을 통해 도시의 운영환경이 자율주행 수준 결정에 영향을 미치고, 더 나아가 자율주행 서비스의 도입 가능 여부를 결정하는 중요한 요인임을 알 수 있었다. 이러한 관점은 [그림 4-7]과 같이 자율주행 기술발전과 운영환경을 동시에 고려하는 새로운 자율주행 수준 개념도를 통해 나타낼 수 있으며, 자율주행 기술의 불확실성이 증가하는 현시점에서 자율주행 정책의 발전 방향을 위한 중요한 시사점을 제공한다. 향후 자율주행 기술의 발전 속도가 저하되어도, 운영환경 개선을 통한 자율주행 수준 향상과 자율주행 서비스 도입을 기대할 수 있음을 제시하고 있는 것이다. 지금까지 자율주행 분야에서 공공의 역할이 ‘민간 기업의 실증공간 제공’이라는 소극적 역할이었다면, 앞으로는 ‘자율주행 수준 향상을 위한 운영환경 개선’이라는 적극적 역할로의 변화가 필요하다. 공공의 적극적인 지원을 통한 자율주행

운영환경 개선이라는 정책 수립 방향의 세부적인 내용은 4.4.1절에서 상세히 제시하도록 하겠다.



[그림 4-7] 기술발전과 운영환경을 고려한 새로운 자율주행 수준 개념도

2) 가변적 운영환경을 고려한 자율주행 서비스 선정

자율주행 정책의 가장 큰 목표는 안전하고 적합한 자율주행 서비스를 제공하는 것으로, 특히 이용자의 선호도와 기대에 대응할 수 있어야 한다. 3장 설문조사 결과에서 나타난 바와 같이 서울시민은 자율주행 승용차에 대한 기대가 가장 높지만, 자율주행 버스와 택시 등 공공서비스에 대한 기대도 상대적으로 높게 나타났으며, 자율주행 배달에 대한 선호도 보여주었다(그림 3-10 참조). 또한 자율주행 서비스를 통해 ‘운영 시간 확대(버스, 배달)’, ‘요금 인하(택시, 배달)’, ‘비대면서비스(택시)’의 효과를 기대하였다. 이러한 선호도와 기대감을 충족시키기 위해서는 공공 자율주행 서비스가 비상시에도 스스로 대응할 수 있는 레벨4 수준을 달성하여야 한다. 비상시 대응을 위하여 상시 운전자 탑승이 요구되는 자율주행 레벨3 수준에서는 운영효율화를 통한 서비스 시간 확대나 요금 인하 등 이용자가 체감할 수 있는 실질적인 혜택을 제공할 수 없기 때문이다.

자율주행 기술이 레벨2~3 수준에 머물러 있는 현 상황을 고려하면, 레벨4 자율주행 서비스를 도입하기 위해서는 운영환경의 가변적 특성을 면밀히 분석하여 가용한 서비스 지역과 시간대를 선정하여야 한다. [그림 4-6]의 안양시 ODD 분석 사례와 같이 시간 및 교통상황에 따라 자율주행 서비스의 운행 가능 지역이 변화하기 때문이다.

이러한 정책 방향을 기반으로, 현재의 자율주행 기술 수준에서 가변적 운영환경을 고려한 서비스 선정 방안은 4.4.2절(유인서비스)과 4.4.3절(무인서비스)에서 상세히 살펴보고, 향후 자율주행 기술 발전을 고려한 서비스 범위 확대 방안은 4.4.4절에서 살펴보도록 하겠다.

4_서울시 자율주행 도입을 위한 정책

1) 운영환경 개선을 통한 자율주행 수준 향상 지원

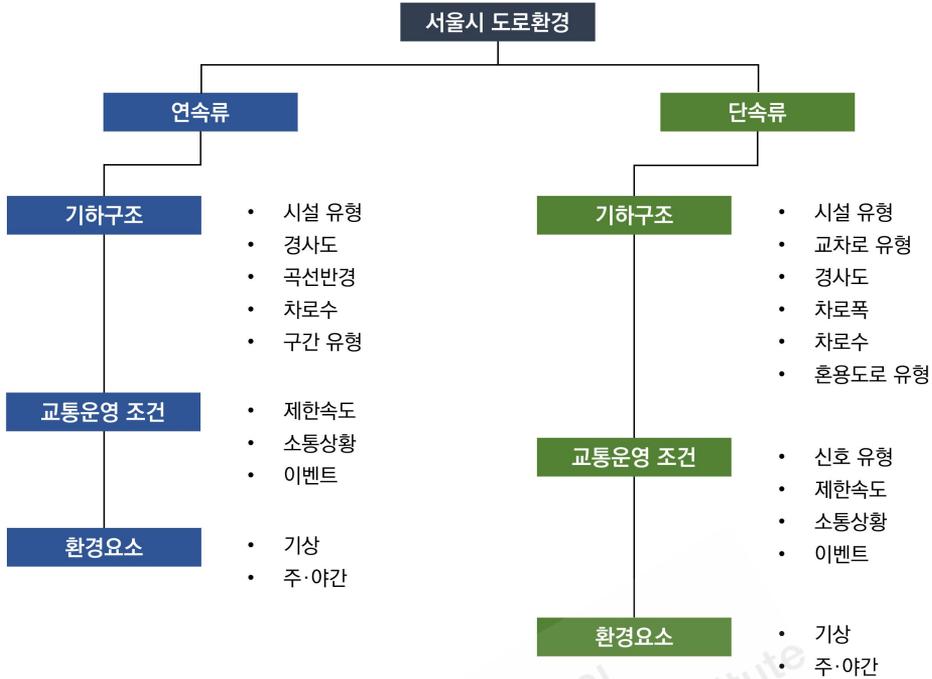
고도화된 자율주행 수준을 기반으로 안전하고 효율적인 자율주행 서비스를 도입하기 위해서는 도시의 운영환경 개선이 필요하다. 이 연구에서는 자율주행 도입에 장애가 되는 운영환경 요인을 평가하고 개선하여, 자율주행 친화적인 서울의 운영환경을 조성하기 위한 방안을 제시하였다.

(1) 자율주행 운영환경 조사

[표 4-4]와 같이 국내 자율주행 개발업체와 전문가를 대상으로 서울시 운영환경에 따른 자율주행 가능 여부를 조사하여 개선이 필요한 운영환경 요인을 도출하였다. 서울시 운영환경은 도시고속도로와 도심도로의 상이한 특성을 고려하여 연속류와 단속류로 구분하였으며, [그림 4-8]에 나타난 바와 같이 기하구조, 교통운영 조건, 환경요소 등 세부적인 조건을 명시하였다. 운영환경에 따른 운행 가능 여부 결정 시 자율주행 기술의 수준은 현재 해당 업체가 개발 중인 자율주행차량을 기준으로 하였다.

[표 4-4] 서울시 자율주행 운영환경 조사 개요

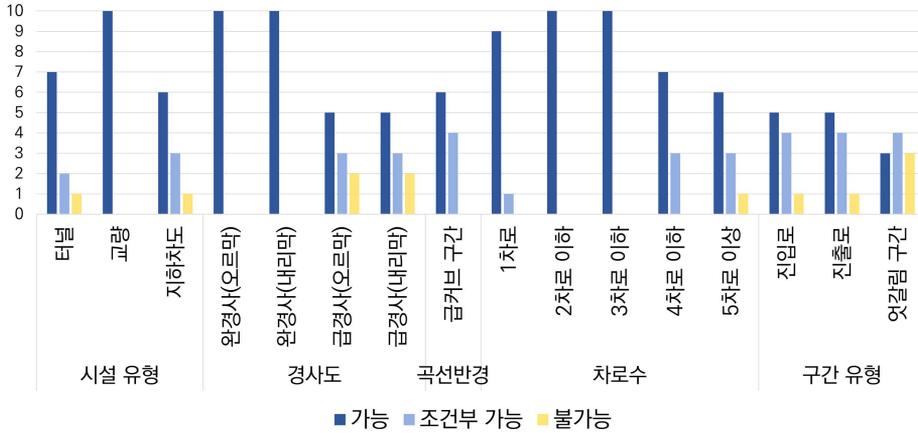
구분	내용
조사기간	2020년 10월 ~ 11월
조사방법	설문지 기반 대면 및 비대면 조사
조사대상	자율주행 관련 업체 담당자 및 전문가 (※ 대상자 요청으로 업체명 비공개)
조사내용	<ul style="list-style-type: none"> - 당사 기술 또는 현재 상용화 기술 기준으로 작성 - 연속류 및 단속류의 다양한 조건 제시 - 가능/조건부 가능/불가능으로 답변 - 조건부 가능의 경우, 필요한 인프라 혹은 조건 명시



[그림 4-8] 서울시 자율주행 운영환경 조사 항목

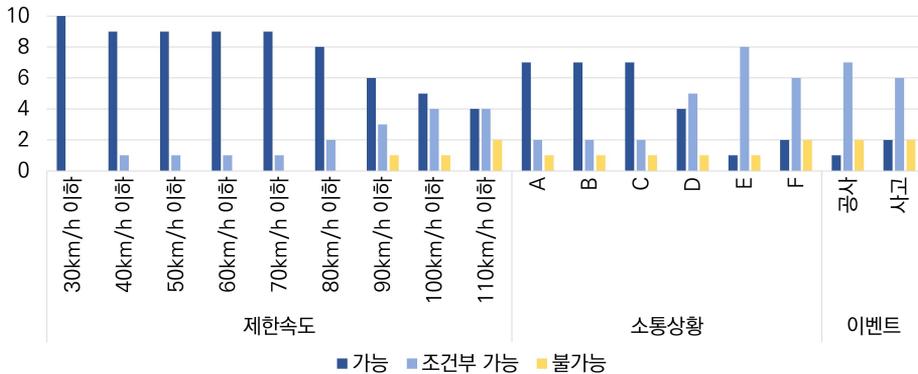
① 연속류 조사 결과

도시고속도로인 연속류 운영환경에 대한 자율주행 운행 가능 여부를 조사하였다. 기하구조에서는 GPS 음영지역으로 인식되는 터널과 지하도로에서 자율주행이 어렵다는 의견이 있었으며, 센서의 시거 확보가 제한되는 급경사(오르막 및 내리막)에서도 도로정밀지도(HDmap)와 통신 방식을 통해 도로 상황을 자율주행차량에게 알려주는 V2X 지원이 필요하다는 의견이 있었다. 특히 도시고속도로의 진입 및 진출 구간의 자율주행이 어렵다는 의견이 상대적으로 높았으며, 진출입이 동시에 발생하는 엇갈림 구간의 운행가능 비율은 30%로 조사되어, 도시고속도로에 자율주행 서비스 도입을 위해서는 진출입 구간에 대한 별도의 대책이 필요한 것으로 나타났다.



[그림 4-9] 연속류 기하구조에 따른 자율주행 가능 여부 조사 결과

교통운영 측면에서는 제한속도 80km/h 이하에서는 대부분 자율주행 운영이 가능한 것으로 나타나 현재 서울시 도시고속도로 제한속도(80km/h) 범위에서는 자율주행 서비스 도입이 가능한 것으로 나타났다. 다만, 90km/h 이상의 제한속도에서는 HDmap, V2X, LDM(Local Dynamic Map)의 지원이 필요하다는 의견이 있어 향후 도시고속도로 제한속도 상향 시 고려가 필요함을 알 수 있었다. 주변 교통량 증가에 따른 영향을 살펴보면, 소통상황이 상대적으로 양호한 서비스수준 A~C에서는 자율주행 가능 응답 비율이 높았으나, 교통류가 불안정 상태에 근접하는 서비스수준 D 이하에서는 자율주행이 상당한 제약을 받는 것을 알 수 있었다(서비스수준에 대한 정의는 [표 4-5] 참조). 또한 공사, 사고와 같은 이벤트 상황에서는 자율주행이 상당한 제약을 받는 것으로 나타났다.



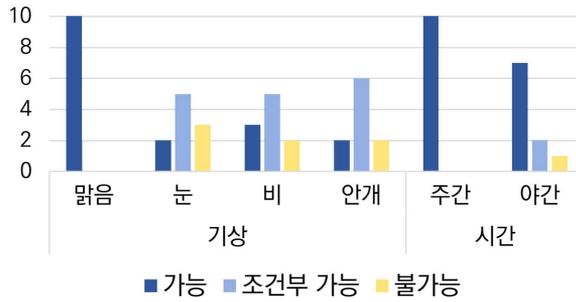
[그림 4-10] 연속류 교통운영에 따른 자율주행 가능 여부 조사 결과

[표 4-5] 서비스수준

구분	내용
A	서비스수준 A는 원칙적으로 완전한 자유 통행 상태를 나타낸다. 차량들은 교통류 속에서 거의 방해받지 않고 운행할 수 있기 때문에, 운전자들에게 물리적으로나 심리적으로 아주 편안한 수준을 제공한다. 가벼운 사고나 고장의 영향은 이러한 서비스수준에서는 쉽게 흡수될 수 있다.
B	서비스수준 B는 상당히 양호한 자유 통행 상태를 나타낸다. 이러한 교통류 속의 운전자들은 통행하는 데 약간의 제한을 받으며, 물리적, 심리적으로 편안함을 느낀다. 가벼운 사고나 고장의 영향은 아직은 쉽게 흡수될 수 있는 상태이지만, 부분적으로 서비스수준 A보다는 다소 악화될 수 있다.
C	서비스수준 C는 안정된 운행 상태를 제공하지만 교통량이 조금만 증가하더라도 서비스 질이 많이 떨어지는 범위에 접근한 교통류 상태이다. 교통류 속에서 통행 자유도는 상당히 제한을 받으며 차로를 변경하는 데 주의를 기울여야 한다. 이 서비스수준에서, 가벼운 사고의 영향은 흡수될 수 있지만, 사고 발생 시 서비스수준은 크게 떨어진다. 운전자들은 안전하게 운행하기 위해 더욱 더 주의를 기울여야 하기 때문에 다소 긴장한다.
D	서비스수준 D는 안정된 흐름이지만, 이 수준을 조금만 넘어서도 서비스 질이 크게 떨어지며, 불안정 교통류가 된다. 교통류 속에서 통행 자유도는 상당히 제한되며, 운전자들은 물리적, 심리적으로 심하게 압박 받는다. 가벼운 사고나 고장이 발생해도 교통류가 그로 인한 영향을 흡수할 여유가 없으므로, 상당히 지체하게 된다.
E	서비스수준 E에서 차량들은 매우 불안정한 상태로 통행한다. 통행을 방해하는 요소들, 즉 연결로부터의 유입 차량, 차로 변경 차량 등이 있을 때 통행 차량들은 이러한 차량 들의 진입에 의해 통행에 제약을 받으며, 이로 인한 교통류 방해파는 상류로 전파된다. 서비스수준 E와 서비스수준 F 사이의 경계는 용량 상태를 나타낸다. 용량 상태의 교통류는 어떠한 사소한 방해 요인도 분산시켜 흡수할 여유가 없으므로 가벼운 혼잡 요인이 개입되어도 오랫동안 교통류가 지체된다.
F	서비스수준 F는 교통 수요가 교통 용량을 넘어서서 통행이 와해된 상태를 말한다. 이러한 통행 와해 상태는 다음과 같은 곳에서 발생한다. ㉔ 교통사고로 인하여 용량이 일시적으로 감소하는 곳. ㉕ 도착 교통량이 그 지점을 통과할 수 있는 교통량보다 많은 곳으로서, 특히 합류부, 엇갈림 구간, 차로 축소 지점은 차로 기하구조상 혼잡이 자주 일어나는 곳. ㉖ 예측 상황에서, 첨두시간 교통량이 용량을 초과하는 지점.

출처: 국토해양부(2013)

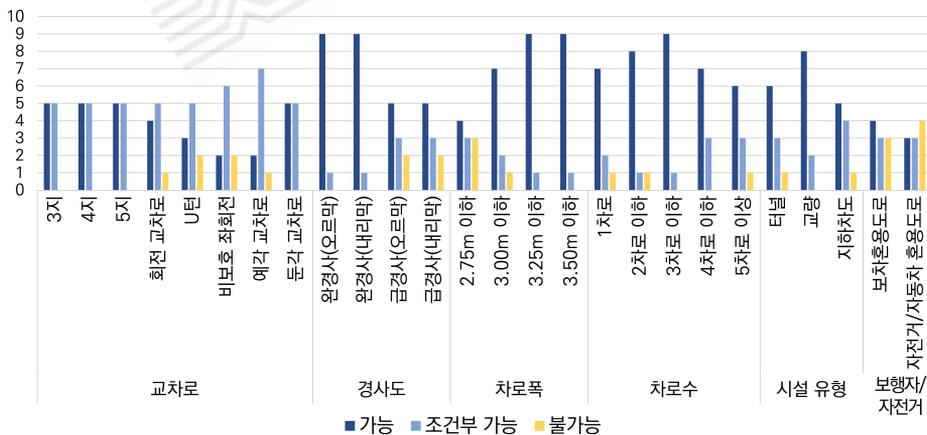
기상, 시간대 등 환경요소의 영향 조사결과, 맑은 날을 제외한 눈, 비, 안개 등 악천후에서는 자율주행이 어려운 것으로 나타났으나, 주·야간에 따른 자율주행 난이도는 상대적으로 차이가 낮은 것으로 나타났다.



[그림 4-11] 연속류 환경요소에 따른 자율주행 가능 여부 조사 결과

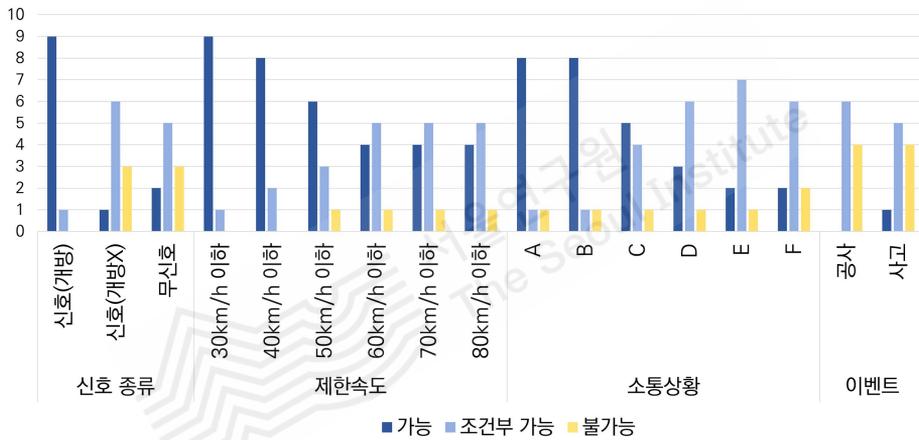
② 단속류 조사 결과

도심부 도로인 단속류 도로는 도시고속도로와 같은 연속류 도로보다 다양한 제약조건이 존재하는 것으로 나타났다. 우선 모든 교차로에서 자율주행 운행 가능 응답률이 50% 이하로 나타났으며, 자율주행 서비스 도입을 위해서는 신호개방, HDmap, V2X 지원이 필요한 것으로 나타났다. 특히, 회전교차로, U턴, 비보호좌회전, 예각교차로의 자율주행은 어려운 것으로 나타났다. 센서의 시거 확보가 어려운 급경사(오르막, 내리막)와 다른 차량과의 상충 방지를 위해 세밀한 주행이 요구되는 차로폭 2.75m 이하 구간에서도 자율주행 운행이 제한되는 것으로 나타났다. 시설유형별로는 터널과 지하차도의 경우 HD Map, V2X와 더불어 실내 GPS가 필요하다는 의견이 있었으며, 보행자 또는 자전거와의 혼용도로에서도 자율주행이 어렵다는 의견도 제시되었다.



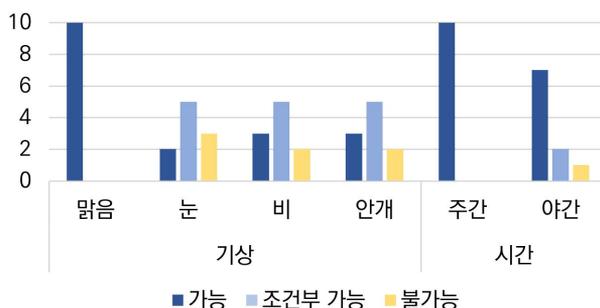
[그림 4-12] 단속류 기하구조에 따른 자율주행 가능 여부 조사 결과

교통운영 측면에서는 교차로의 신호 개방 여부가 자율주행 운행에 큰 영향을 미치는 것으로 나타나, 자율주행을 위해서는 도시부 도로의 신호 개방이 필요하다는 것을 알 수 있었다. 또한 자율주행차량의 안전한 신호 교차로 통과를 위해서는 HDmap, V2X, LDM 등의 지원이 필요한 것으로 나타났으며, 무신호 교차로는 자율주행 운행이 상당한 제약을 받는 것으로 나타났다. 제한속도 50km/h 이하에서는 자율주행 운행이 상대적으로 양호한 것으로 나타나 도심 주요도로의 제한속도가 50km/h로 낮아지는 것을 고려하면, 대부분 도심 도로에서 운행이 가능한 것으로 나타났다. 다만 제한속도 60km/h 이상에서는 HDmap, V2X의 지원이 필요한 것으로 나타났다. 다른 차량과의 상충이 발생하기 시작하는 서비스수준 C 이하에서는 자율주행에 어려움이 있는 것으로 나타났으며, 공사 및 사고 같은 이벤트 상황에서도 자율주행에 제약이 발생하는 것으로 나타났다.



[그림 4-13] 단속류 교통운영에 따른 자율주행 가능 여부 조사 결과

환경적 요소의 영향을 살펴보면 연속류와 마찬가지로 악천후에서의 자율주행 운행은 어려움이 있으나, 주·야간 여부에 따른 자율주행 난이도는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.



[그림 4-14] 단속류 환경요소에 따른 자율주행 가능 여부 조사 결과

위에서 살펴본 조사 결과는 2020년 하반기의 자율주행 기술을 기준으로 운행환경을 평가한 것으로, 지속적인 기술발전을 고려하면 정기적인 추가 조사가 필요함을 밝혀 준다. 또한, 기술 수준이 상대적으로 높은 대기업과 해외 기업의 경우 최신 기술발전 현황을 공개하지 않는 경우가 많기 때문에 공공의 적극적인 정책 지원을 전제로 추가적인 협력관계를 구축하여 조사에 반영시켜야 할 필요가 있을 것이다.

(2) 서울시 자율주행 운영환경 개선방안

서울시는 이동성 중심의 도시고속도로와 접근성을 위한 구도심 골목길까지 다양한 유형의 도로를 가지고 있으며, 도로의 교통량과 소통상황도 시간에 따라 편차가 크게 나타나는 복잡한 도로 환경을 가지고 있다. 또한, 보행자, 자전거, 개인교통수단 등 다양한 교통수단이 함께 이용하는 도로도 증가하는 추세여서 자율주행 서비스를 도입하기에는 어려운 환경이라 할 수 있다. 하지만, 자율주행 운영환경 조사결과에서 나타난 바와 같이 자율주행에 제약을 주는 운영환경은 기술 발전 진단과 병행하여 선별이 가능하며, 선별된 제약 지점과 구간을 개선하면 자율주행 친화적인 도시여건을 조성할 수 있을 것이다.

현재 서울시는 ‘교통안전 시설물 관리시스템(T-GIS)’을 통해 주요 도로의 인프라 정보를 관리하고 있으며, ‘서울시 교통정보 시스템(TOPIS)’을 통해 도로의 운영현황을 파악하고 있다. 하지만, 현재의 시스템을 기반으로 자율주행 운영환경을 평가하고 개선지점을 도출하기 위해서는 전반적인 시스템의 개선과 통합이 필요하다. 기존 T-GIS에 구축된 기본적인 인프라 정보 이외에 회전반경, 차로폭, 경사도 등에 대한 상세정보를 구축하여야 하고 데이터의 수집 범위도 자율주행 서비스가 필요한 전 지

역으로 확대하여야 한다. 이와 관련하여, 현재 서울시에서 추진 중인 정밀도로지도 (HD map)는 효과적인 평가시스템 구축에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 일부 대표지점의 소통정보만 수집되는 TOPIS의 정보 수집 범위도 확대하여야 한다. 서울시 전역의 소통정보 확보를 위해 네비게이션 정보, 스마트폰 이동 정보 등 다양한 민간데이터 활용방안을 고민하여야 하며, 기상 및 돌발상황과 관련된 데이터 수집도 지속해야 한다. 다양한 서울시의 교통시스템을 통합하고 확대하여 '자율주행 운영환경 평가시스템'을 구축하고, 자율주행 서비스 도입에 제약이 되는 지점을 지속적으로 개선하면, 자율주행 친화적인 서울의 도시여건을 조기에 도입할 수 있을 것으로 기대된다.



[그림 4-15] T-GIS 이용 예시

자료: <https://tgis.eseoul.go.kr/>



[그림 4-16] TOPIS 이용 예시

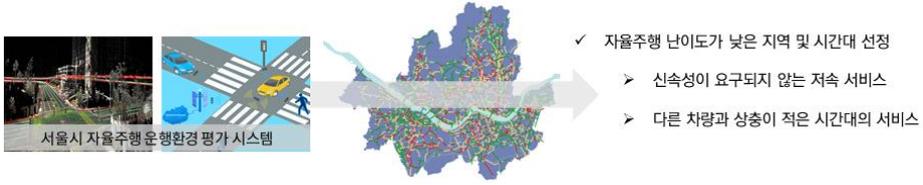
자료: <https://topis.seoul.go.kr/>

2) 가변적 운영환경을 고려한 자율주행 유인서비스 발굴

사람이 탑승하는 자율주행 유인 서비스는 자율주행의 가능 여부뿐만 아니라 안정성 확보, 승차감, 정시성 준수 등 다양한 요구에 대한 고려가 필요하여 서울과 같이 복잡한 운영환경을 갖추고 있는 대도시에서는 도입이 쉽지 않다. 하지만 앞에서 제시한 '자율주행 운영환경 평가시스템'을 통해 운영환경을 개선하고 자율주행 친화적인 도시 여건이 조성되는 경우, 가용한 지역과 시간대에서는 자율주행 유인 서비스를 도입할 수 있을 것이다. 한 가지 고려할 사항은 공공 자율주행 서비스가 실효성을 갖기 위해서는 서비스 전 구간에서 운전자로의 제어권 전환을 요청하지 않는 레벨4 이상의 자율주행 수준이 확보되어야 한다는 것이다. 공공 자율주행 서비스는 버스와 택시와 같은 기존의 대중교통 형태로 제공이 될 것인데, 앞에서 언급한 바와 같이 운전자가 상시 필요한 레벨3 이하의 자율주행 서비스는 자율주행으로 인한 효과를 이용자 입장에서는 체감할 수 없기 때문이다³⁾.

현재의 자율주행 기술과 서울시의 운영환경 고려 시 다음과 같은 특성을 갖는 자율주행 유인 서비스의 도입을 검토할 수 있을 것이다. 첫째, 고속의 이동성보다는 저속이지만 서비스 접근성을 확대할 수 있어야 한다. 궁극적으로 자율주행차량은 인간의 실수를 배제할 수 있어 초고속 운행이 가능할 것으로 예상되지만, 초기의 자율주행 서비스는 고속운행에 상당한 제약이 예상되기 때문이다. 둘째, 자율주행 차량과 다른 차량과의 상충을 최소화하여야 한다. 앞의 자율주행 운영환경 조사에서 나타난 바와 같이 현재의 자율주행 기술은 다른 차량과 상충이 증가하는 서비스수준 C 이하에서는 운행의 제약이 발생한다. 따라서, 초기의 유인 자율주행 서비스는 다른 차량과의 상충을 방지하기 위한 전용도로나 도로 외 지역에서의 도입을 고민하여야 한다. 마지막으로, 위의 두 가지 조건을 만족시킬 수 있는 운영환경을 시공간적 특성을 고려하여 선별하여야 한다. 처음부터 도시 전역 또는 전 시간대의 자율주행 서비스 도입을 목표로 하기 보다는, 현재의 자율주행 기술발전 수준과 운영환경을 진단하여 실현 가능한 지역과 시간대에서 자율주행 서비스를 도입하여야 한다. 이러한 관점에서 현재의 기술수준과 운영환경을 고려하면, 다음의 2가지 유인서비스 도입을 제안할 수 있다.

3) 레벨2, 또는 레벨3 자율주행 기술을 통해 대중교통 운전자를 지원하여 사고감소나 운전자 피로도 감소 등의 장점은 있을 수 있으나, 이 연구에서는 요금 절감 및 운행시간 확대 등 이용자 입장에서의 실질적인 효과를 고려하였다. 또한, 레벨4 이상의 자율주행 수준에서도 안전성 확보를 위한 운영자 탑승이 필요할 수 있으나, 이는 초기의 서비스 안정성 확보를 위한 조치로 향후 서비스 안정화 시 완전한 무인 자율주행 서비스가 가능할 것으로 기대된다.



[그림 4-17] 자율주행 유인 서비스 발굴 절차

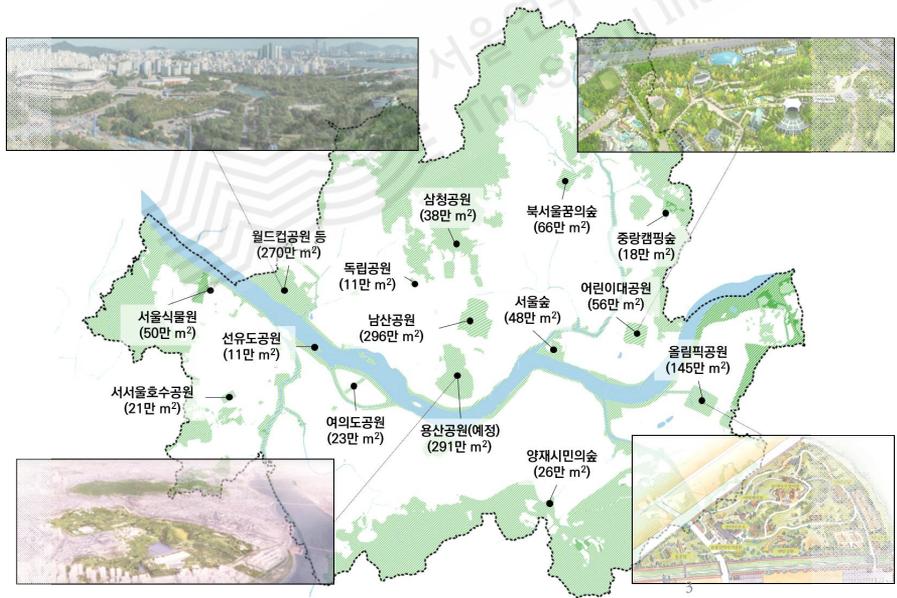
(1) 대형공원 내 자율주행 서비스

서울시 자율주행 운행환경 평가를 통해 도출된 자율주행의 가장 큰 어려움은 다른 차량과의 혼합 운행과, 도로에서 언제든지 발생할 수 있는 교통사고 등 돌발상황에 대응하는 것이다. 따라서 자율주행을 통해 통근, 통학 등 이동성이 요구되는 서비스는 제공이 어려울 것이며, 특히, 일반 도로의 주행을 고려하는 것은 배제하여야 한다. 따라서, 자율주행 유인 서비스는 신속성이 요구되지 않으며 일반도로가 아닌 비교적 자유로운 공간 내에서 주행하는 방식이 우선 고려되어야 하며, 이러한 특성을 반영하면 여가 통행이 주를 이루는 대규모 공원의 이동지원 서비스를 도입할 수 있을 것으로 판단된다. 다만, 보행자, 자전거 등과 혼합 운행이 원활치 않은 특성을 고려하면 저속 운행이 필요하다. 서울시 내 대형 공원은 현재 서울식물원, 남산공원, 서울숲 등이 있으며 향후에는 용산공원이 국가공원으로 추진될 예정이다. 특히, 용산공원의 경우 기존의 다른 공원에 비해 규모가 크고, 시설물 설치를 지양하고 원형지 보존을 목표로 하고 있어 야간 이용 시 안전사고 등에 대한 위험성이 제기될 수 있다. 또한, 공원 이용 시 대중교통 이용을 활성화하기 위해서도, 공원 내부와 공원 인근 주요대중교통 시설에 대한 지원 서비스를 제공해야 한다. 따라서, 대형 공원 내 자율주행 서비스는, 주간에는 노약자 등 교통약자의 이동을 지원하는 저속 셔틀버스 개념으로 운행하며, 야간에는 24시간 중단 없는 순찰과 야간 공원이용자의 수요에 응답하여 대응하는 수요대응형 셔틀버스의 개념으로 도입할 수 있을 것이다.

[표 4-6] 용산공원 조성 개요

구분	내용
부지면적	<p style="text-align: center;">총 1,153만㎡</p> <ul style="list-style-type: none"> • 용산공원조성지구 약 291만㎡ • 복합시설조성지구 약 18만㎡ (캠프킴/유엔사/수송부 부지) • 공원주변지역 약 895만㎡ (용산국제업무지구, 서빙고 아파트 지구, 한남 재정부 축진지구, 후암동 지역 등을 포함)
추진경과	<ul style="list-style-type: none"> • 2004년: 용산기지 이전 협상 • 2005년: 우리나라 최초의 국가 도시공원 조성 발표 • 2007년: 「용산공원 조성 특별법」 제정 • 2008년: 「용산공원 조성 특별법」 제정·시행 • 2011년: 용산공원정비구역 종합기본계획 수립 • 2014년: 용산공원정비구역 종합기본계획(변경) 수립 • 2019년: 용산공원조성추진위원회가 총리소속으로 격상 • 2020년 3월: 용산공원조성지구 조성사업시행자 지정 • 2020년 7월: 용산공원정비구역 변경을 위한 공청회 개최 • 2020년 8월: 용산공원 부분개방부지 대국민 개방
비전	민족성 및 역사, 문화성을 갖춘 자연생태 및 국민 휴식 공간인 국가공원

출처: 용산공원 홈페이지, <https://www.park.go.kr/>

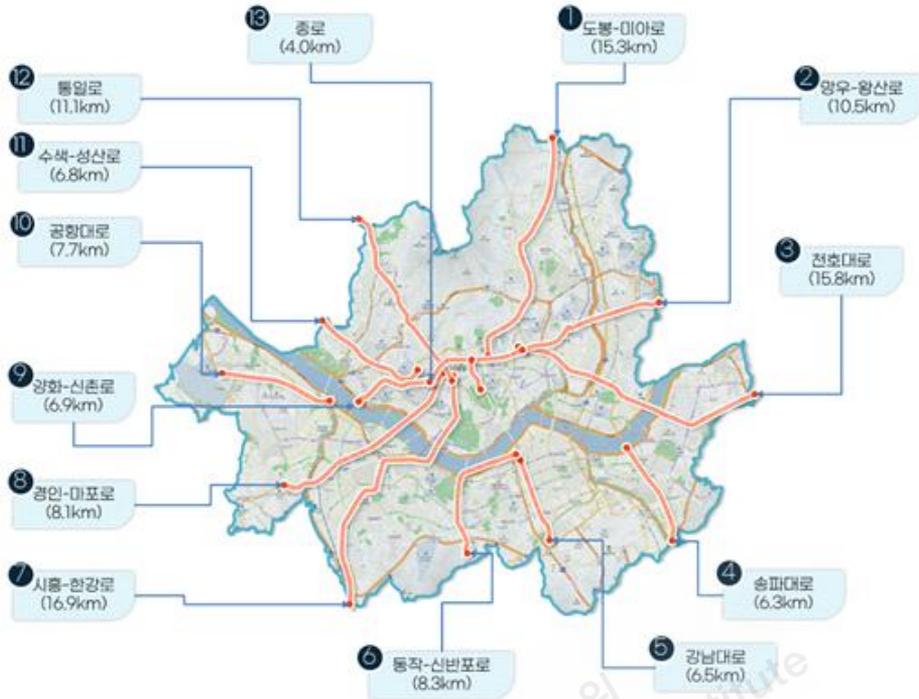


[그림 4-18] 서울시 대형 공원 현황

자료: <https://parks.seoul.go.kr/parks/detailView.do?pldx=6>
<http://www.yongsanparkstory.co.kr/sub/sub01.html>
<http://www.mcnews.co.kr/65216>
<http://www.aurum.re.kr/Research/PostView.aspx?mm=1&ss=1&pid=18964#.YEsPVmgzUk>

(2) 심야 자율주행 대중교통서비스

두 번째로 도입 가능한 자율주행 유인 서비스는 운영환경이 양호한 심야의 버스전용차로와 도심 도로를 활용하는 것이다. 현재의 자율주행 기술은 다른 차량과의 혼합운행은 어려운 한계가 있지만, 야간에는 비교적 원활하게 운행이 가능한 특징을 보여주고 있다. 따라서 다른 차량과의 상충이 적은 시간대와 도로를 선정하면 자율주행 유인 서비스를 도입할 수 있을 것으로 예상된다. 우선 심야 버스전용차로를 이용한 자율주행 서비스는 도입 가능성이 가장 높다고 할 수 있다. 현재 서울의 심야 대중교통 수단은 심야버스인 올빼미 버스로 대표되고 있는데, 잠재되어 있던 심야 이동수요에 대한 성공적인 대응으로 평가받고 있다. 서울에 방사형으로 배치된 버스전용차로를 이용하여 심야 자율주행 버스를 도입하면 효율적인 서비스 제공과 함께 향후 운영비 절감을 통한 운영시간 확대, 배차간격 축소도 기대할 수 있을 것이다. 또한, 기존의 올빼미 버스와 이 연구에서 제시한 전용차로 자율주행 버스 등에서 제외되는 소외지역 중 운영환경이 양호한 노선을 발굴하여 심야 간선 버스노선과 연결하는 새로운 자율주행 서비스를 제공할 수 있다. 이를 위해서는 심야 교통에 대한 수요가 높은 지역을 대상으로 자율주행 운영환경 평가를 통해 기존 심야버스 노선과 연결되는 도로를 검토하고, 자율주행이 가능한 노선을 선정하여 해당 지역에 대한 순환 셔틀 또는 수요대응형 셔틀 개념의 자율주행 서비스를 도입할 수 있다. 심야 자율주행 셔틀 서비스는 자율주행 기술의 제약으로 인해 주간 마을버스, 지선버스와 같은 이동성은 제공할 수 없겠지만, 접근성과 서비스 제공 여부가 중요한 심야 시간대에는 시민 만족도를 충족시킬 수 있을 것으로 예상된다.



[그림 4-19] 서울시 버스전용차로 현황

자료: <https://www.metroseoul.co.kr/article/20200906500170>

3) 실현 가능성 높은 자율주행 무인서비스 추진 방안

(1) 자율주행 무인서비스 현황 및 문제점

최근 온라인 시장이 확대되면서 상품이 소비자에게 전달되는 물류의 최종단계인 라스트마일(Last mile)에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히 라스트 마일 구간은 전체 물류과정 중 가장 높은 53%의 비용이 소비되는 것으로 알려져 있지만 효율성은 가장 낮은 구간이기 때문에, 물류체계의 효율성 향상과 업체의 수익성 제고를 위한 다양한 노력이 이루어지고 있다. 또한 폭발적으로 증가하는 물류 수요에 비하여 배송·배달을 담당할 인력이 부족하여 해당 업종 종사자의 노동강도 증가와 안전사고 발생 등 다양한 사회적 문제도 야기하고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 대안으로 배송로봇, 배달로봇 등 자율주행 기술을 이용한 다양한 자율주행 무인서비스가 큰 관심을 받고 있다. 자율주행 무인서비스는 유인서비스와 비교하여 승차감과 안전성 등에서 상대적으로 제약이 적기 때문에 저속으

로 운행하는 경우 현재의 자율주행 기술 수준으로도 실현가능성이 높다고 할 수 있다. 해외에서는 아마존(Amazon)의 ‘스카우트(Scout)’, 페덱스(Fedex)의 ‘세임데이 봇(SameDay Bot)’과 같은 다양한 배송 로봇이 운영 중이며, 우리나라도 배달의 민족의 ‘딜리’, 로보티즈의 ‘일개미’와 같은 배달로봇이 시범운영 서비스를 시행하고 있다.



아마존 ‘스카우트’



페덱스 ‘세임데이봇’



배달의민족 ‘딜리’



로보티즈 ‘일개미’

[그림 4-20] 시범운영 중인 배달로봇

자료: <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/whats-next-for-amazon-scout>
<https://www.dezeen.com/2019/02/28/sameday-bot-fedex-delivery-robot/>
<http://biz.newdaily.co.kr/site/data/html/2019/11/25/2019112500109.html>
https://www.robotis.com/sub/media_release_view.php?wr_id=107&page=2&

하지만 국내에서 시범운영 중인 배달로봇을 서울 전 지역으로 확대하고 상용화하기에는 어려움이 있다. 우선 배달로봇의 법적 정의가 명확하지 않다. 배달로봇은 「도로교통법」 상 ‘차’로 분류되기 때문에 보도와 횡단보도에서 운행할 수 없으며 ([표 4-7] 참조), 「자전거 이용 활성화에 관한 법률」 상 ‘자전거 등’으로도 분류되지 못하여 자전거 전용도로와 전용차로도 이용할 수 없다([표 4-8] 참조). 또한 「자동차관리법」의 ‘자동차’에도 해당 되지 않아 자동차에 적용되는 법규와 혜택을 받을 수도 없다. 한편 자율주행을 위해 수집되는 센서의 영상데이터는 불특정 다수를 촬영하기 때문에 「개

인정보보호법」에 의한 사전동의가 필요하나, 공도에서 운영하여 촬영대상을 특정할 수 없는 배달로봇의 특성상 사전동의를 받기 어려운 문제점도 있다. 이러한 법적 한계를 극복하기 위해 현재 시범 운행 중인 대부분의 배달로봇은 ‘ICT 샌드박스’ 심의위원회를 거쳐 저속주행과 안전요원 배치 등 안전성 확보를 전제로 보도 및 횡단보도 통행이 허용되었으며, 영상데이터 삭제 등 개인정보 보호조치를 조건으로 영상센서 활용이 허용되었다. 향후 자율주행 무인서비스의 상용화를 위해서는, 배달로봇의 법적 정의와 통행공간을 명확히 제시하는 노력이 필요하다.

[표 4-7] 배달로봇의 정의와 통행 방법

도로교통법 제2조(정의) 제17호
<p>제2조(정의)</p> <p>17. “차마”란 다음 각 목의 차와 우마를 말한다.</p> <p>가. “차”란 다음의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 자동차 2) 건설기계 3) 원동기장치자전거 4) 자전거 5) 사람 또는 가축의 힘이나 그 밖의 동력(動力)으로 도로에서 운전되는 것. 다만, 철길이나 가설(架設)된 선을 이용하여 운전되는 것, 유모차와 행정안전부령으로 정하는 보행보조용 의자차는 제외한다.
도로교통법 제13조(차마의 통행)
<p>제13조(차마의 통행)</p> <p>① 차마의 운전자는 보도와 차도가 구분된 도로에서는 차도로 통행하여야 한다. 다만, 도로 외의 곳으로 출입할 때에는 보도를 횡단하여 통행할 수 있다.</p>
보행안전 및 편의증진에 관한 법률 제16조(보행자 전용길의 지정 등)
<p>제16조(보행자전용길의 지정 등)</p> <p>⑤ 「도로교통법」 제2조제17호에 따른 차마(車馬)(이하 “차마”라 한다)의 운전자는 제1항에 따라 지정된 보행자전용길로 진입하여서는 아니 된다. 다만, 「도로교통법」 제2조제22호에 따른 긴급자동차의 경우와 자전거의 운전자가 자전거에서 내려서 자전거를 끌고 보행하는 경우에는 진입할 수 있다.</p>

출처: 도로교통법, 보행안전 및 편의증진에 관한 법률

[표 4-8] 자전거도로의 통행

자전거이용 활성화에 관한 법률 제3조(자전거도로의 구분)

제3조(자전거도로의 구분) 자전거도로는 다음과 같이 구분한다.

1. 자전거 전용도로: 자전거와 「도로교통법」 제2조제19호의2에 따른 개인형 이동장치(이하 "자전거등"이라 한다)만 통행할 수 있도록 분리대, 경계석(境界石), 그 밖에 이와 유사한 시설물에 의하여 차도 및 보도와 구분하여 설치한 자전거도로
2. 자전거·보행자 겸용도로: 자전거등 외에 보행자도 통행할 수 있도록 분리대, 경계석, 그 밖에 이와 유사한 시설물에 의하여 차도와 구분하거나 별도로 설치한 자전거도로
3. 자전거 전용차로: 차도의 일정 부분을 자전거등만 통행하도록 차선(車線) 및 안전표지나 노면표시로 다른 차가 통행하는 차로와 구분한 차로
4. 자전거 우선도로: 자동차의 통행량이 대통령령으로 정하는 기준보다 적은 도로의 일부 구간 및 차로를 정하여 자전거등과 다른 차가 상호 안전하게 통행할 수 있도록 도로에 노면표시로 설치한 자전거도로

도로교통법 제2조(정의) 제19호의2

제2조(정의)

19호의2. "개인형 이동장치"란 제19호나목의 원동기장치자전거 중 시속 25킬로미터 이상으로 운행할 경우 전동기가 작동하지 아니하고 차체 중량이 30킬로그램 미만인 것으로서 행정안전부령으로 정하는 것을 말한다.

도로교통법 시행규칙 제2조의2

제2조의2(개인형 이동장치의 기준)

법 제2조제19호의2에서 "행정안전부령으로 정하는 것"이란 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 것으로서 「전기용품 및 생활용품 안전관리법」 제15조제1항에 따라 안전확인의 신고가 된 것을 말한다.

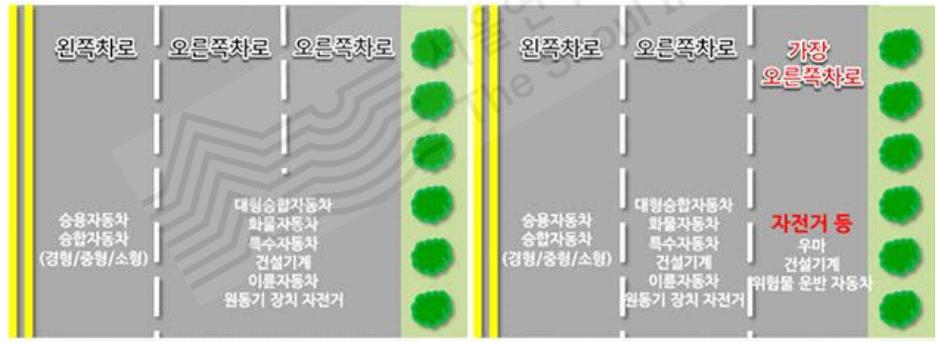
1. 전동킥보드
2. 전동이륜평행차
3. 전동기의 동력만으로 움직일 수 있는 자전거

출처: 자전거이용 활성화에 관한 법률, 도로교통법

법적 한계를 극복하여도 적정 주행공간 확보라는 물리적 장벽이 존재한다. 배달로봇이 보행공간을 무분별하게 이용하게 되면 보행자의 불편을 야기할 수 있고, 배달로봇 관점에서도 보행자 수준의 속도로 이동성이 제한되는 경우에는 배달·배송의 서비스 질 저하라는 문제점이 야기될 수 있기 때문이다. 특히 배달로봇이 보행 혼잡 지역을 통행하는 경우 배달로봇에 대한 부정적인 시민인식이 증가하여 지속적인 서비스 제공에 악영향을 줄 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 배달로봇이 보행자와 분리되어 통행할 수 있는 운행공간을 마련해야 하고 배달로봇의 사회적 수용성을 높일 수 있는 공공서비스 도입을 추진하여야 한다.

(2) 자율주행 무인서비스 도입을 위한 정책적 지원 방안

보행자 불편을 최소화하면서 장기적으로 자율주행 무인서비스를 활성화하기 위해서는 배달로봇과 보행자를 분리시키는 도시인프라를 조성하여야 한다. 이는 최근 도시 교통이 다양한 교통수단으로 세분화되면서 도시인프라가 변화하는 추세와 연계하여 해결할 수 있을 것으로 기대된다. 과거 도시교통은 자동차와 보행자로 양분화되어 있었지만, 최근 스마트폰 이용과 공유교통이 활성화되면서 자전거, 전동킥보드 등 다양한 개인교통수단(PM)이 증가하고 있다. 이러한 신교통수단은 10~15km/h의 통행속도 등 자동차 및 보행자와 다른 특성을 보여주고 있기 때문에, 별도의 통행공간을 지정하여 기존의 교통수단과 분리시키려는 다양한 노력이 등장하고 있다. 최근 서울시에서도 ‘지정차로 운영계획’을 발표하였는데 3차로 이상 도로에서는 가장 오른쪽 차로를 자전거 등 20km/h 미만의 저속 교통수단이 이용할 수 있도록 추진하고 있다 ([그림 4-21] 참조). 이와 같은 도시교통 인프라의 변화를 반영하여 배달로봇과 같은 자율주행 무인서비스도 저속 차로를 이용할 수 있도록 법제도를 정비하여야 한다. 이를 통해 배달로봇으로 인한 보행자의 불편을 방지하면서 현재 보행속도 수준으로 이루어지는 배달 로봇의 이동성을 높여 서비스 효율성도 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.



[그림 4-21] 서울시 지정차로 운영 계획

자료: <https://mediahub.seoul.go.kr/archives/1301766>

한편, 이용자에게 물건을 배송·배달하는 최종단계인 ‘라스트마일’에서는 배달로봇이 저속차로가 없는 도로를 이용하여 보행자와의 혼잡운행이 불가피한 경우가 자주 발생할 것으로 예상된다⁴⁾. 따라서, 앞에서 제시한 ‘자율주행 운영환경 평가’ 시스템에서 시

⁴⁾ 이 연구에서는 배달 로봇의 공공 도로 이용에 중점을 두어 논의에서 제외하였으나, 배달 로봇의 건물 내부 주행이나 엘리베이터 탑승과 같은 실내 자율주행을 위한 기술 개발 및 건물인프라 개선도 요구된다.

간대별 보행량 등 자율주행 무인 서비스를 위한 평가지표를 포함하여 서비스 가능 노선과 시간을 발굴하여야 한다.

배달로봇 등 자율주행 무인서비스는 물류 효율성을 향상시켜 사회적 비용을 감소시키는 공공성이 있음에도 불구하고, 사업의 주체가 대부분 민간기업이기 때문에 공공인프라 제공에 대해서는 논란이 있을 수 있다. 따라서 자율주행 무인 서비스에 대한 사회적 수용성을 높이고 공공의 이익을 극대화하기 위한 공공서비스를 발굴할 필요가 있다. 예를 들어 이동이 불편한 고령자, 장애인, 미취학 아동 부모 등에게 생필품, 의약품 등을 전달하는 ‘착한 배달로봇’ 서비스를 구상할 수 있다. 지원이 필요한 수요를 파악하여 서비스 대상 지역과 배달 노선을 선정하고, 저속차로 또는 보도 주행 시 공공 서비스임을 홍보하여 배달로봇의 공공도로 이용과 보행자와의 혼합 운행에 대한 사회적 수용성을 높일 수 있을 것이다.

4) 자율주행 테스트 지역의 점진적 확장 추진

지난 2018년 미국 애리조나주에서는 우버(Uber)에서 테스트 중이던 자율주행 차량이 교차로를 건너는 보행자를 치어 숨지게 하는 사고가 발생하였다. 이 사고는 자율주행 안전성에 대한 논란을 증폭시켰고 약 2년 동안 해당 지역에서 자율주행 테스트가 중단되는 결과도 초래하였다(표 4-9) 참조). 해당 사고의 발생과 경과 과정을 통해 자율주행의 테스트는 안전성 확보라는 기술적 문제와 함께 자율주행에 대한 사회적 수용성을 고려해야 함을 알 수 있다.

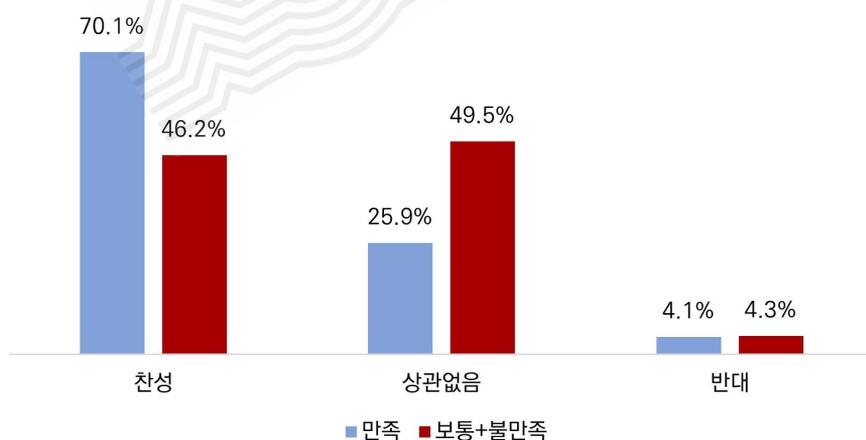
[표 4-9] 우버의 자율주행자동차 사고와 추진경과

2018년 3월	사고 발생 (보행자 사망, 애리조나) 미국에서 모든 시범운행 중단 도요타, 엔비디아 등 테스트 전면 중단
2018년 5월	우버 애리조나주에서 자율주행 프로그램 중단
2018년 7월	우버 자율주행자동차 운영팀 폐기
2018년 12월	우버 피츠버그에서 자율주행 운행 재개
2020년 3월	우버 캘리포니아에서 자율주행 테스트 재개

이 연구에서는 시민 설문조사를 통해 자율주행에 대한 서울시민의 인식과 수용성을 조사하였다. 조사 결과 자율주행 기술에 대한 서울시민의 인지도는 높은 수준이었으며 자율주행 서비스 도입에 대해서도 긍정적인 경향을 확인할 수 있었다. 특히 자율주

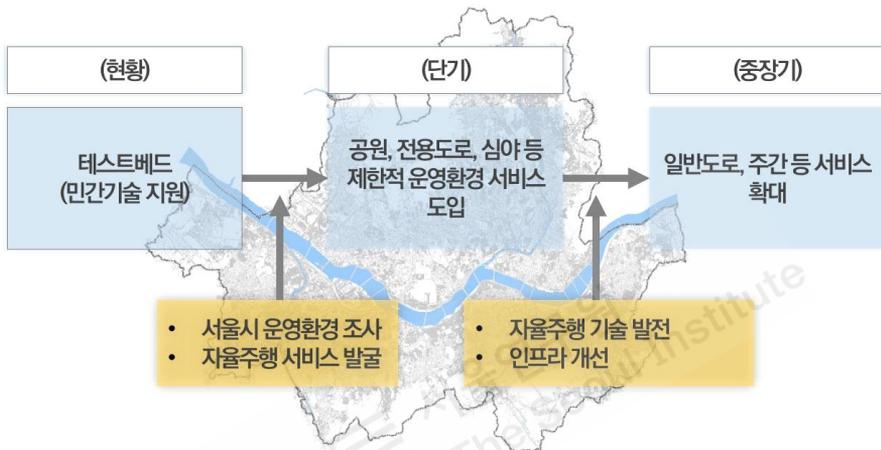
행 테스트베드에 대한 거부감이 적은 것으로 나타났는데, 응답자의 주거지역을 대상으로 테스트베드를 확대하는 방안에 대해서도 낮은 거부감을 나타내었다(그림 4-22 참조). 이러한 시민의 자율주행 친화적인 성향은 향후 테스트 지역을 확대하고 다양한 자율주행 서비스를 도입하는 데 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

한 가지 주의할 점은 자율주행에 대한 부정적인 경험이 자율주행에 대한 신뢰성을 급격히 낮출 수 있기 때문에, 테스트 지역에서도 완성도 높은 자율주행 서비스를 도입해야 한다는 것이다. Hoff and Bashir(2015)의 연구에 의하면 자동화 시스템과 이용자의 기대가 일치하는 경우 시스템에 대한 신뢰는 점진적으로 상승하지만, 반대의 경우에는 신뢰도가 급격하게 하락하는 것으로 나타났다. AAA survey(2016)에서도 상용화되어 긍정적인 경험을 갖고 있는 감응식속도조절(Adaptive Cruise Control), 차선유지(Lane Keeping Assistance)와 같은 자율주행 관련 기술에 대해서는 50% 가까운 신뢰를 보여주었으나, 불확실성이 높은 ‘자율주행 자동차’에 대해서는 응답자의 75%가 부정적인 평가를 하였다. 이 연구의 시민 설문조사 결과에서도 자율주행관련 기술에 긍정적인 경험을 갖고 있는 응답자가 자율주행 테스트베드 확대에 대한 찬성률이 더 높은 것으로 나타났다. 따라서 현재 ‘상암 자율주행 시범운행지구’ 등에서 시행 중인 자율주행 셔틀버스 등 다양한 시민체험 활동을 재점검하여 부정적 인식을 통한 자율주행 신뢰도 저하를 야기하지 않도록 해야 한다.



[그림 4-22] 자율주행 관련 기능 만족도에 따른 테스트베드 찬성 여부

현재 서울시의 자율주행 서비스는 '상암 자율주행 시범운행 지구' 등 일부 지역에서만 이루어지고 있으나, 이 연구에서 제시한 서울시의 자율주행 운영환경 평가와 제약지점 개선을 통해 점진적으로 서비스 지역 확장이 가능할 것으로 기대된다. 현재의 기술 수준을 고려할 때는 대형공원이나 전용도로, 심야 시간 등 일부 제한적 운영환경에서만 자율주행 서비스 도입이 가능할 것이나, 향후 자율주행 기술이 더욱 발전하고 운영환경의 지속적인 개선을 이룬다면 일반도로나 주간 침두시간 등 도시교통의 전반적인 서비스가 자율주행을 기반으로 하게 될 것이다.



[그림 4-23] 자율주행 서비스 공간 확장 개념도

참고문헌

- 관계부처 합동, 2019, “미래자동차 산업 발전 전략 - 2030년 국가 로드맵 -”.
- 골든벨, 2019, “자율주행의 모든 것”, Motor Fan illustrated Vol.31.
- 국토교통부, 2020, “자율주행 교통·물류 서비스, 우리 일상으로 성큼”, 보도자료.
- 국토해양부, 2013, “도로용량편람”.
- 김문식 외, 2015, “유럽의 자율주행 자동차 기술 로드맵(EPoSS, ERTRAC) 분석”, KEIT PD Issue Report, VOL 15-12, 한국산업기술평가관리원.
- 김민선, 2020, “자율주행이 행복한 시대”, 키움증권.
- 김형주 외, 2020, “도시부 자율주행서틀 실증을 위한 운행설계영역 분석 : 안양시를 중심으로”, 한국ITS 학회논문지, 19.2, pp.135-148.
- 박지연 외, 2018, “자율주행자동차 도입의 파급효과와 대응전략”, 한국교통연구원.
- 백장균, 2020, “자율주행차 국내외 개발 현황”, 산은조사월보, 제771호, 산업은행 미래전략연구소.
- 4차산업혁명위원회, 2019, “미국·일본 자율주행로봇 서비스 사례 연구 및 국내 적용가능성 연구”.
- 서영희, 2017, “자율주행자동차 시장 및 정책 동향”, 월간SW중심사회, 2017년 6월호, pp.28-33.
- 엄이슬 외, 2019, “TaaS 투자로 본 모빌리티 비즈니스의 미래”, 삼성KPMG 경제연구원, ISSUE MONITOR 제113호.
- 이명구 외, 2020, “자율주행이 만드는 새로운 변화”, 삼성KMPG 경제연구원, Samjung Insight, Vol.69.
- 이백진 외, 2016, “첨단인프라 기술발전과 국토교통분야의 과제”, 국토연구원.
- 이상은 & 오선주, 2020, “COVID-19으로 가속화 된 자동차 산업의 변화”, 삼일PWC회계법인, Samil Insights.
- 이지형, 2020, “테슬라 자율주행(FSD)은 무엇이 다른가”, 산업동향, Vol. 48, 한국자동차연구원.
- 임은영·이종욱, 2019, “자율주행차 시대, 과연 오는가?”, 삼성증권.

- 임은영, 2020, “테슬라, 제2의 애플이 될 수 있을까?”, 삼성증권.
- 탁세현 외, 2019, “안전한 자율주행을 위한 도로환경 등급화 연구”, 한국교통연구원.
- 한국인터넷진흥원, 2020, “위치정보 산업 동향 보고서 (4월)”.
- 한국과학기술기획평가원, 2020, “과학기술&ICT 정책·기술 동향”, No. 161.
- Adriano Alessandrini, 2015, “Automated road transport systems in European cities”, Citymobil2.
- IEEE, 2019, “Heterogeneous Integration Roadmap Chapter 5: Automotive”.
- Gawron et al., 2018, “Life Cycle Assessment of Connected and Automated Vehicles: Sensing and Computing Sbusystem and Vehicle Level Effects”.
- Hoff, K. A., & Bashir, M. .2015, “Trust in automation: Integrating empirical evidence on factors that influence trust”, Human factors, 57(3), 407-434.
- Navigant Research, 2020, “Navigant Research Leader board Report: Automated Driving, 2020”.
- NHTAST, 2018, “A Framework for Automated Driving System Testable Cases and Scenarios”.
- SAE, 2018, “Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles”
- Lanctot, R., 2017, “Accelerating the future: The economic impact of the emerging passenger economy”, Strategy analytics.
- Waymo, 2020, “Waymo Safety Report”
- 변완영, 2019.03.11., “어린이대공원 앞 ‘e편한세상 광진 그랜드파크’ 분양”, 매일건설신문.
- Ellen Edmonds, 2016.03.01, “Three-Quarters of Americans “Afraid” to Ride in a Self-Driving Vehicle”, AAA Newsroom,
<http://https://newsroom.aaa.com/2016/03/three-quarters-of-americans-afraid-to-ride-in-a-self-driving-vehicle/>
- <http://www.aurum.re.kr/Research/PostView.aspx?mm=1&ss=1&pid=18964#.YEsPVmgzaUk>(건축도시정책정보센터 홈페이지)
- <https://tgis.eseoul.go.kr/>(서울시 교통안전 시설물 관리시스템 홈페이지)
- <https://topis.seoul.go.kr/>(서울시 교통정보 시스템 홈페이지)
- <https://mediahub.seoul.go.kr/archives/1301766>(내손안의 서울 홈페이지)
- <http://biz.newdaily.co.kr/site/data/html/2019/11/25/2019112500109.html>(뉴데일리 경제 홈페이지)

https://www.robotis.com/sub/media_release_view.php?wr_id=107&page=2&(로보티즈 홈페이지)

https://www.roboticsbusinessreview.com/tag/delivery_robots/(로보티즈 홈페이지)

<https://www.metroseoul.co.kr/article/20200906500170>(메트로신문 홈페이지)

<https://parks.seoul.go.kr/parks/detailView.do?pIdx=6>(서울의 공원 홈페이지)

<https://www.park.go.kr/>(용산공원 홈페이지)

<http://www.yongsanparkstory.co.kr/sub/sub01.html>(용산공원 홈페이지)

<https://www.aboutamazon.com/news/transportation/whats-next-for-amazon-scout>(Amazon 홈페이지)

<https://cavnue.com/about>(CAVNUE 홈페이지)

<https://www.dezeen.com/2019/02/28/sameday-bot-fedex-delivery-robot/>(Dezeen 홈페이지)

<https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>(Gartner 홈페이지)

<https://www.businessinsider.com/last-mile-delivery-shipping-explained>(Insider 홈페이지)

<https://www.mobileye.com/our-technology/rem/>(Mobileye 홈페이지)

<https://www.ncsl.org/research/transportation/autonomous-vehicles-self-driving-vehicles-enacted-legislation.aspx>(NSCL 홈페이지)

<https://blogs.oracle.com/bigdata/difference-ai-machine-learning-deep-learning>(Oracle 블로그)

<https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic>(sae 홈페이지)

<https://towardsdatascience.com/why-tesla-wont-use-lidar-57c325ae2ed5>(towards data science 홈페이지)

Abstract

Autonomous Vehicle Service Strategies in Seoul

Youngjun Han · Sehyun Park

Autonomous vehicles (AVs) are expected to innovate urban transportation system as well as creating huge economic effects on a global level. Leading companies such as Google and Tesla are investing heavily on AV technologies to dominate future AV markets, and many countries including US and EU are supporting the firms by improving legal systems and providing test-sites. However, uncertainty of AV technologies, especially for 'Full Driving Automation (Level 5)', is increasing recently, which requires new role of public sectors to support the AV technologies. Thus, this research aims to develop proper strategies for AV service in Seoul. To this end, firstly, this research identifies current status of AV technologies, and investigates AV related policies for other countries. Survey among Seoul citizens is also conducted to understand preference and concerns for AV technologies and service. Based on these works, this research suggests four directions to develop AV strategies in Seoul. Firstly, operation design domain (ODD) for AVs in Seoul should be evaluated and improved systematically. This research derives specific road factors to limit AV operation by surveying AV companies, and finds the limited ODDs could be identified with dynamic characteristics with traffic conditions.

In addition, the manned service using AVs should focus on expanding

accessibility rather than mobility with high speed, and minimizing conflict between other vehicles driven by humans. In this sense, this research proposes AV service on large park areas and separated bus lane at late-night.

For unmanned AV service such as delivery robot, on the other hand, the technology of AVs might not an issue but the legal system for AVs should be improved to define the new mode on the road. Space provision is also required for the unmanned AV service.

Lastly, based on the citizens opinion, the test site in Seoul should be expanded gradually. The available areas are quite limited currently, but they could be expanded along with the development of AV technologies and improvement of ODDs.



Contents

01 Introduction

- 1_Research Background and Objectives
- 2_Research Process

02 State of the Art

- 1_Technology
- 2_AV Companies
- 3_Global AV Policies
- 4_National and Municipal AV Policies

03 Survey

- 1_Introduction
- 2_Service Usage
- 3_Reliability of AV
- 4_Perception of AV Services
- 5_Perception of AV Policies

04 Strategies for Introducing AV Service in Seoul

- 1_Achievements and Limitations
- 2_AV and Operation Design Domain
- 3_Strategies for Developing AV
- 4_Recommendations to introduce AV services in Seoul

서울시 자율주행 정책 진단과 발전방안

서울연 2020-PR-21

발행인 서왕진

발행일 2021년 2월 20일

발행처 서울연구원

ISBN 979-11-5700-573-4 93530 8,000원

06756 서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

이 출판물의 판권은 서울연구원에 속합니다.