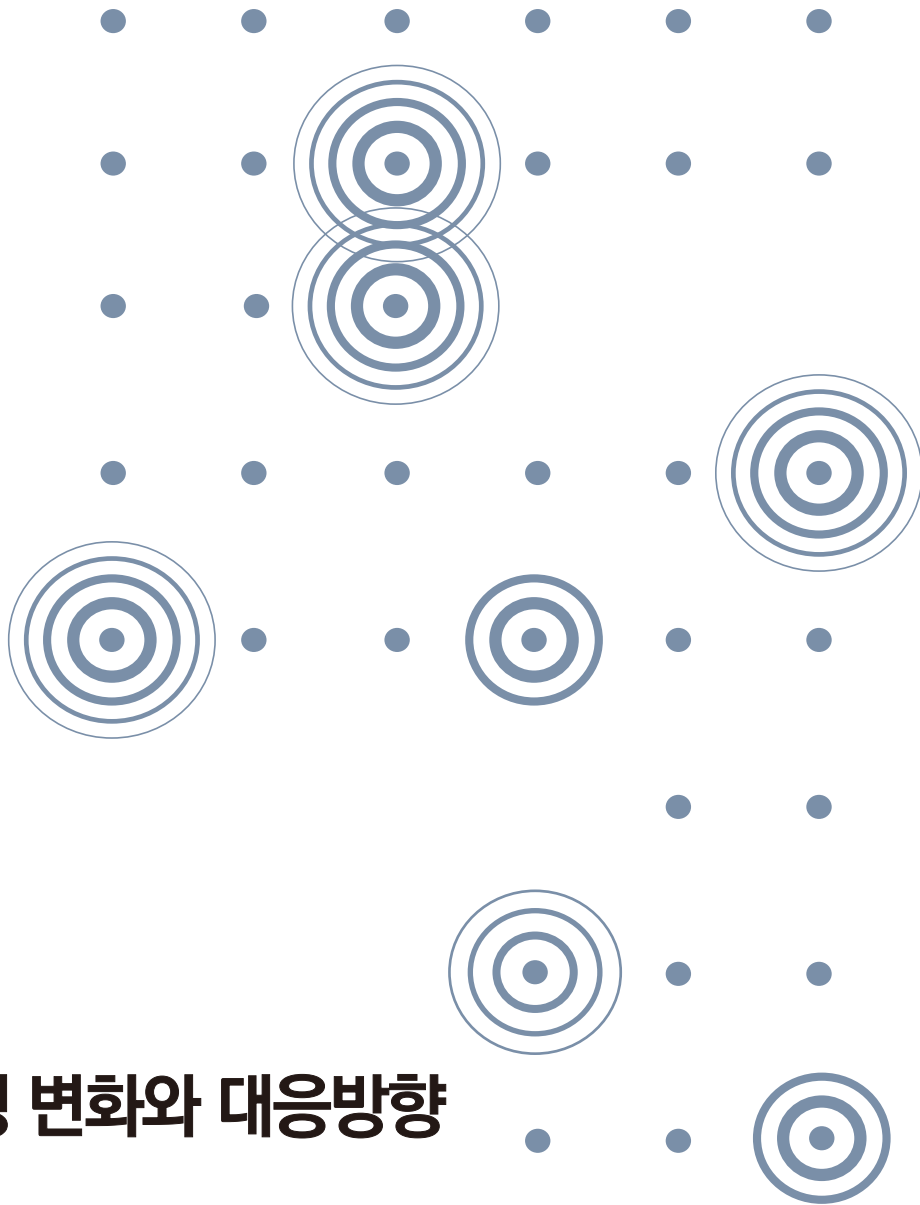


정책리포트

제374호 2023. 6. 12



—
**자율주행 시대
서울의 도시환경 변화와 대응방향**

한영준

연구위원

윤서연

부연구위원

정상미

연구원

서울연구원 정책리포트는 서울시민의 삶의 질을 향상하고

서울의 도시 경쟁력을 강화하기 위해 도시 전반의 다양한 정책 이슈를 발굴하여 분석함으로써
서울시의 비전 설정과 정책 수립에 기여하고자 작성된 정책보고서입니다.

제374호

자율주행 시대 서울의 도시환경 변화와 대응방향

발행인 박형수

편집인 양재섭

발행처 서울연구원

06756 서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

02-2149-1234

www.si.re.kr

ISSN 2586-484X

발행일 2023년 6월 12일

※ 이 정책리포트는 서울연구원의 연구보고서 「자율주행 시대 서울의 도시환경 변화와 대응방향」을 바탕으로 작성되었습니다.

※ 이 정책리포트의 내용은 연구진의 견해로 서울특별시의 정책과 다를 수 있습니다.

2023. 6. 12
서울연구원 정책리포트
374

자율주행 시대 서울의 도시환경 변화와 대응방향

한영준 연구위원
02-2149-1092
yjhan@si.re.kr

윤서연 부연구위원
02-2149-1079
sy7yoon@si.re.kr

정상미 연구원
02-2149-1395
jeongsm@si.re.kr

요약	3
I. 자율주행 시대의 도로 변화	4
II. 자율주행 시대의 주차 변화	9
III. 자율주행 시대의 도시교통 변화	12
IV. 정책 제언	13

요약

자율주행 자동차는 교통사고와 혼잡을 줄일 수 있을 뿐 아니라 도시의 토지 이용과 건축 설계 등 다양한 분야에 변화를 가져올 것으로 전망된다. 지금까지의 연구들은 교통 최적화와 도로 공간 전환 등 자율주행으로 기대되는 혜택을 제시하는 데 집중하였으나, 이미 교통혼잡이 극심한 대도시 서울에서는 자율주행 상용화로 인한 승용차 이용 증가, 잦은 승하차 행위가 유발하는 가로변 혼잡 심화, 서울을 중심으로 하는 장거리 광역교통 발생 등 새로운 유형의 문제점도 발생할 수 있다. 자율주행이 도시환경에 미치는 영향을 종합적으로 분석하고, 도시교통과 건축·도시계획의 통합적인 관점의 대응방안 마련이 필요하다.

자율주행 시대에는 교통인프라의 변화뿐만 아니라 시민의 통행행태 변화도 고려해야

자율주행이 상용화되면 도로와 주차장 등 교통인프라의 용량이 증가하여 자동차를 위해 사용되는 공간을 다른 용도로 전환할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 하지만, 자율주행의 영향을 올바르게 전망하기 위해서는 시민의 통행행태 변화를 간과해서는 안 된다. 자율주행 자동차는 승용차의 안전성과 쾌적성을 향상시키고 차내에서 휴식과 업무를 가능케 하기 때문에, 자율주행 기반의 승용차를 이용하려는 수요가 크게 증가할 수 있기 때문이다.

서울은 도로 공간의 획기적인 전환 어려워, 자율주행 시대에 대응한 새로운 도로 운영 구상 필요

자율주행으로 서울의 도로 공간 전환 가능성을 분석한 결과, 신호교차로의 영향을 받는 단속류 도로는 1% 미만(편도 5차로 이상)에서만 전환을 고려할 수 있어 영향이 크지 않은 것으로 나타났다. 연속류 도시고속도로는 78.2%(편도 3차로 이상)에서 한 차로 축소가 가능한 것으로 분석되었다. 그러나 자율주행 전용차로를 우선 도입하고 있는 해외사례와 긴 선형으로 활용이 어려운 부지 형상, 주변과 단절된 토지 이용 현황 등을 고려하면, 연속류 도로의 공간 전환 효과도 기대하기 어려운 것으로 예상할 수 있다. 특히 이미 혼잡이 극심한 대도시 서울의 교통상황을 고려하면, 물리적 공간 전환보다는 자율주행 자동차의 주정차 관리구간 지정, 다양한 수단이 공유하는 'Flex Zone' 지정, 시간대별 주요 활동을 고려한 도로 기능 다양화 등 자율주행 시대에 대응한 새로운 도로 운영 구상이 필요하다.

자율주행 혜택을 공유하고 수용하는 도시교통체계, 건축·도시계획 통합 구상 필요

자율주행의 장점을 시민 모두가 함께 누리기 위해서는 개인승용차가 아닌 자율주행 기반의 공공 대중교통(공유교통)을 중심으로 도시교통체계를 개편해야 한다. 자율주행을 통한 운영비 절감 등을 기반으로 대중교통을 소형화·다변화시키고, 수요대응형 교통체계 도입과 획기적인 요금 인하도 추진해야 한다. 자율주행에 대한 대응 방안은 도시교통뿐만 아니라 도시계획과 건축의 영역까지 확장해야 하며, 이를 위한 교통·도시·건축을 포괄하는 조직 구성과 통합적인 논의가 필요하다.

I. 자율주행 시대의 도로 변화

I 자율주행 기술은 도로 용량뿐만 아니라 교통수요 변화에도 영향

자율주행으로 인해 변화하는 도로 용량은 도로의 특성에 따라 달라

- 자율주행으로 예상되는 변화 중 가장 많이 언급되는 요소는 도로의 용량(capacity) 변화
 - 도로 용량은 도로 계획 시 차로 수 결정, 교통서비스 수준 분석 등 다양한 분야에서 중요한 기준으로 활용되고 있음
 - 자율주행으로 인지반응 시간과 차간거리가 감소하여 도로 용량이 증가할 것으로 예상되나 신호교차로 영향 등 도로의 특성에 따라 용량 증가 정도는 다양하게 나타남
- 기존 연구에서는 연속류 도로는 약 1.9배까지, 단속류 도로는 약 1.1~1.3배 증가¹⁾ 전망
 - 자율주행자동차 점유율이 100%일 경우, 고속도로 등 연속류 도로 용량은 기존 대비 190.5% 늘어난 3,645대/시/차로까지 증가
 - 신호교차로 영향을 받는 도심 단속류 도로(2등급 다차로도로)의 용량 증가는 110~130% 수준(872~2,102대/시/차로)으로 도출

[표 1] 자율주행 자동차 도입으로 인한 도로 용량 증대 효과

(단위: 대/시/차로, %)

구분		기준용량(문헌값)	시뮬레이션 분석용량	최대용량 증대효과	
연속류	고속도로	1차로 및 2차로	1,700	2,617	152.0%
		3차로 이상	1,900	3,645	190.5%
단속류	다차로 도로 (2등급)	1차로	751	872	114.6%
		2차로 이상	1,550	2,102	134.0%

자료: 이백진 외(2017), 자율주행차 도입이 국토공간 이용에 미치는 영향 연구, 국토연구원, p.65.

자율주행 기술로 인한 승용차 효용(Utility) 증가는 개인승용차 이용 증가로 연결

- 자율주행은 연령, 운전면허 보유 등 기존의 승용차 이용 제약을 해소하고, 자동차의 안전성과 쾌적성을 크게 향상시켜 승용차 이용 수요를 증가시킬 수 있음
 - 서울시민 700명에 대한 설문조사²⁾ 결과, 출근 시 현재 약 21.6%가 승용차를 이용하고 있으나 자율주행 자동차 도입 시 전체의 60.3%가 승용차(기존 및 자율주행)를 가장 선호
 - 기존 대중교통 이용자의 절반 수준인 버스 이용자의 50.5%, 지하철 이용자의 45.4%가 자율주행 자동차로 수단 전환

1) 이백진 외(2017), 자율주행차 도입이 국토공간 이용에 미치는 영향 연구, 국토연구원

2) 서울·경기도에 거주하면서 서울로 출·퇴근하는 사람을 대상으로 2022년 7~8월 한 달간 자율주행자동차 구매 및 수단 전환 여부, 주차장 및 충전장소·방식 선호에 대해 설문조사를 수행하였으며, 해당 내용은 서울시민 700명에 대한 분석결과임.

- 자율주행 기술이 고도화, 안정화될 경우 자율주행 자동차에 대한 시민 선호도는 증가 예상
 - 기존 교통수단(승용차 및 대중교통)을 계속 유지하려는 시민의 64.1%는 “자율주행 기술의 안전성에 대한 우려”를 가장 큰 이유로 응답
 - 향후 자율주행 기술 이슈가 해소되면 더 많은 시민이 자율주행 자동차를 선호할 것으로 예상

자율주행은 통행의 시간가치를 낮추어 광역통행 증가 및 추가통행 발생 전망

- 차내에서 운전 외 다른 활동이 가능한 자율주행은 통행시간가치(Travel Time Value)를 감소시킬 전망
 - 기존 연구에서는 자율주행으로 인해 승용차 이용자의 시간가치가 약 20~30% 정도 감소할 것으로 예상(Stek, 2018 등)
- 통행시간가치의 감소는 서울을 기중점으로 하는 장거리 광역통행에 대한 수용성 증가
 - 경기·인천→서울 출근자 조사 결과, 절반 이상이 자율주행 자동차로 수단 전환을 희망
 - 자율주행 자동차 도입 시 전체의 58.7%가 자율주행 자동차를 이용할 것으로 응답
 - 이는 기존 승용차, 버스, 지하철 이용자의 76.3%, 45.0%, 47.7%가 각각 전환된 결과임
 - 통행시간이 긴 광역통행에서는 휴식 또는 개인 업무를 할 수 있는 것을 중요하게 인식
 - 자율주행 자동차로 수단을 전환하는 이유로는 ‘차량에서 휴식을 취할 수 있어서’(46.5%), ‘차량에서 개인적인 업무가 가능하기 때문’(22.9%) 순으로 높게 응답
 - 반면 시간이나 비용이 줄어들 것으로 기대하는 응답자는 각각 8.8%, 5.4%에 그침
- 자율주행 자동차는 기존 통행 이외에 새로운 추가 통행도 발생시킬 것으로 전망
 - Harb et al.(2018)³⁾의 사회실험 결과, 운전기사 제공을 통해 자율주행 시대와 유사한 환경을 구성한 경우 가구당 평균 통행 횟수가 약 58% 증가
 - 특히, 오후 6시 이후의 저녁 시간 통행과 20마일(32.2km) 이상의 장거리 통행이 88~91% 수준으로 크게 증가
 - 운전자(자율주행 자동차)에게 자녀의 통행을 맡기고 다른 통행을 발생시키는 특성도 보임
 - 서울시민 설문조사 결과에서도 약 46.4%가 자율주행 자동차가 있는 경우 현재보다 더 많은 통행을 할 것으로 응답
 - 응답자의 92.0%는 주중과 주말 모두 추가로 통행할 것이라고 응답
 - 자율주행으로 발생하는 추가 통행 등은 도로 혼잡을 야기하고 통행시간을 증가시킬 것으로 예상되어 대책 마련이 필요

3) Harb et al., 2018, Projecting travelers into a world of self-driving vehicles: Estimating travel behavior implications via a naturalistic experiment, Transportation.

[표 2] 자율주행 차량 도입 시 자율주행 승용차로의 전환 여부(출근 시)

(단위: 명, %)

	구분		소계	승용차		버스	지하철	택시
				유인(有人)	자율주행			
서울→서울 통행자	현재	명	700	151	-	214	304	31
		비율	100.0	21.6	-	30.6	43.4	4.4
	자율주행 도입	명	700	39	383	106	166	6
		비율	100.0	5.6	54.7	15.1	23.7	0.9
경기·인천→ 서울 통행자	현재	명	700	254	-	171	243	32
		비율	100.0	36.3	-	24.4	34.7	4.6
	자율주행 도입	명	700	60	411	94	127	8
		비율	100.0	8.6	58.7	13.4	18.1	1.1

주: '유인(有人) 승용차'는 사람이 직접 운전하는 승용차를 의미

I 도로 용량과 이용 수요 변화에 따른 도로 공간의 축소(전환) 가능 규모 분석

도로의 현재 서비스 수준을 유지할 수 있는 최소 기준 산출

- 도로 차선을 한 차로 축소 시, V/C(교통량 대 용량 비)를 유지 가능한 수리모형 구축
 - 자율주행으로 증가하는 도로 용량, 승용차 이용 증가로 인한 교통수요 증가, 신규 인프라 공급 등을 통한 교통수요 분산(감소) 반영

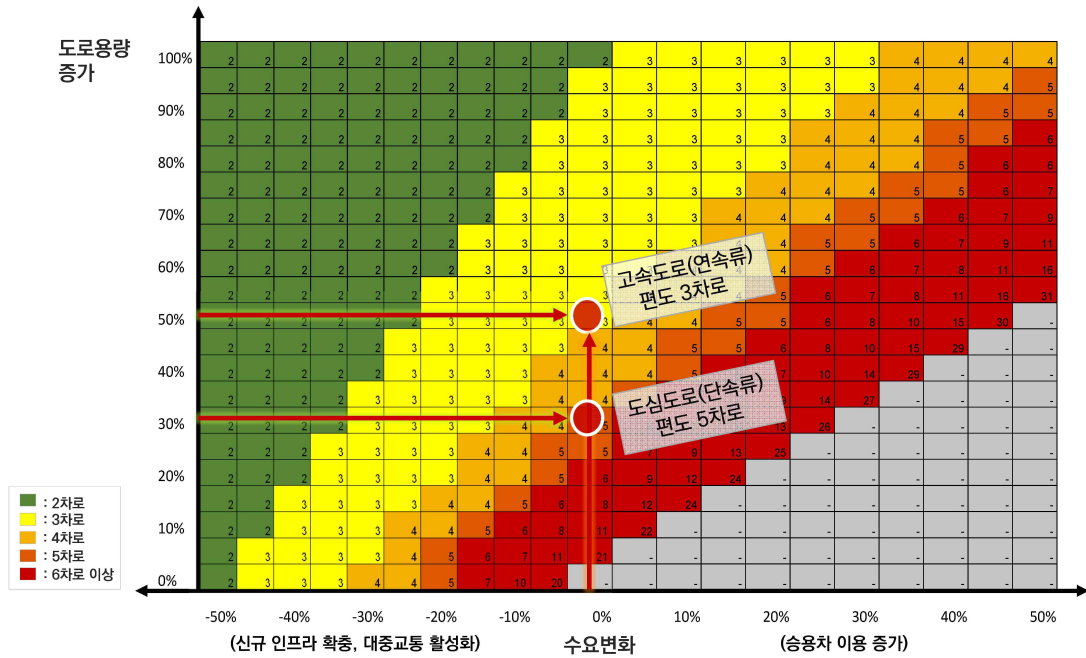
$$\frac{v}{c \times n} \geq \frac{v(1+b\%)}{c(1+a\%) \times (n-1)}$$

$$\therefore n \geq \frac{1}{1 - \left(\frac{1+a\%}{1+b\%}\right)}$$

(단, a = 도로용량 변화(0 ~ 100%)
 b = 교통수요 변화(-50 ~ 50%)
 v = 해당도로의 교통수요
 c = 차로당 용량
 n = 차로수)

- 수리모형 분석 결과를 기반으로 실제 축소 가능한 도로 규모 계산
 - 기존 연구 결과를 기반으로⁴⁾ 자율주행으로 연속류와 단속류 도로 용량이 각각 50%, 30% 증가하는 경우를 가정하고, 보수적 산정을 위해 교통수요 변화는 없는 것으로 설정
 - 한 개 차로 축소가 가능한 도로의 최소기준은 연속류 도로는 편도 3차로, 단속류 도로는 편도 5차로 이상으로 도출

4) 이백진 외(2017)의 분석 결과를 반영



[그림 1] 한 개 차로 축소가 가능한 도로의 최소기준

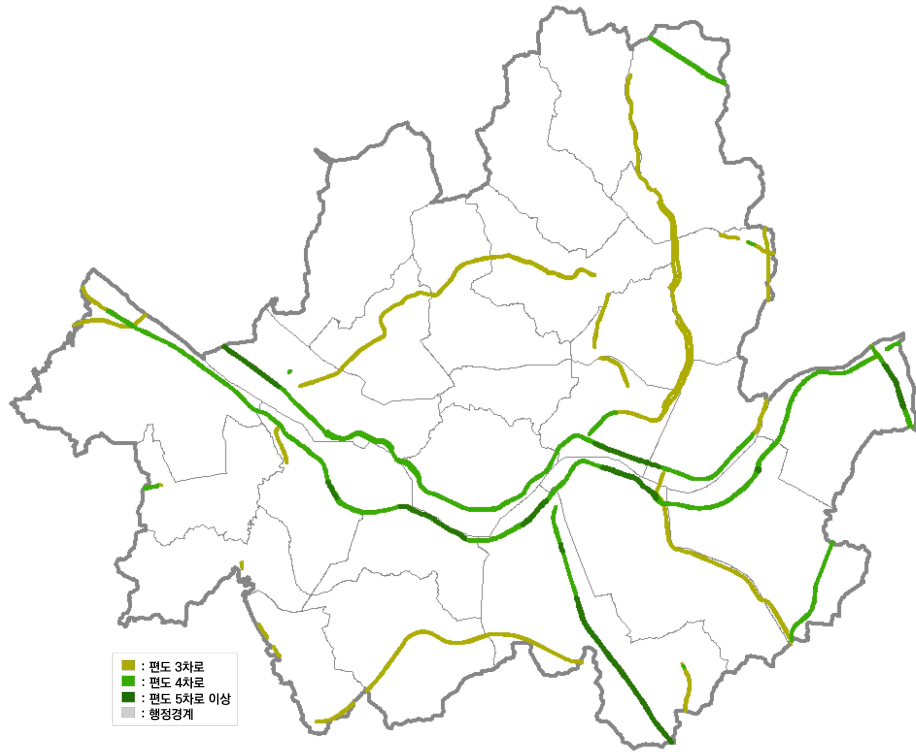
서울에서 축소(전환) 가능한 도로공간은 연속류 594.2km, 단속류 도로 47.0km⁵⁾ 예상

- 연속류⁶⁾ 도로에서 축소 가능한 공간은 편도 3차로 이상 도로인 594.2km(전체 연속류의 78.2%)
 - 대부분의 연속류 도로에서는 한 개 차로 공간을 전환 가능한 것으로 분석
 - 단, 연속류 도로에서 전환되는 공간은 대부분 주변환경과 단절된 길고 좁은 형태이고, 자동차 이외의 보행자, 자전거 등의 이용이 활발하지 않다는 점을 고려하면 전환 후 공간 활용에 상당한 제약이 있을 것으로 예상
 - 국외 사례에서도 연속류 도로는 공간 전환보다는 자율주행 전용차로 도입을 우선 추진
- 단속류⁷⁾ 도로에서 축소 가능한 공간은 편도 5차로 이상 도로인 47.0km(전체 단속류의 0.9%)
 - 자율주행이 도입되어도 단속류 도로의 공간 전환은 상당히 제한되는 실정
 - 향후 도로용량이 30% 이상 증가 또는 교통수요 감소로 공간 전환이 가능한 구간을 편도 4차로 이상으로 가정하는 경우에도 전체 단속류의 5.9%인 297.8km에 불과
 - 단속류 중 차로 수 축소가 가능한 도로는 산발적으로 분포하고 있어 공간 전환에 제한
 - 특히 편도 5차로 이상의 단속류 도로는 강남대로 등 지역 내 주요 간선도로 역할을 하고 있어 공간 축소 시 도로 혼잡 야기

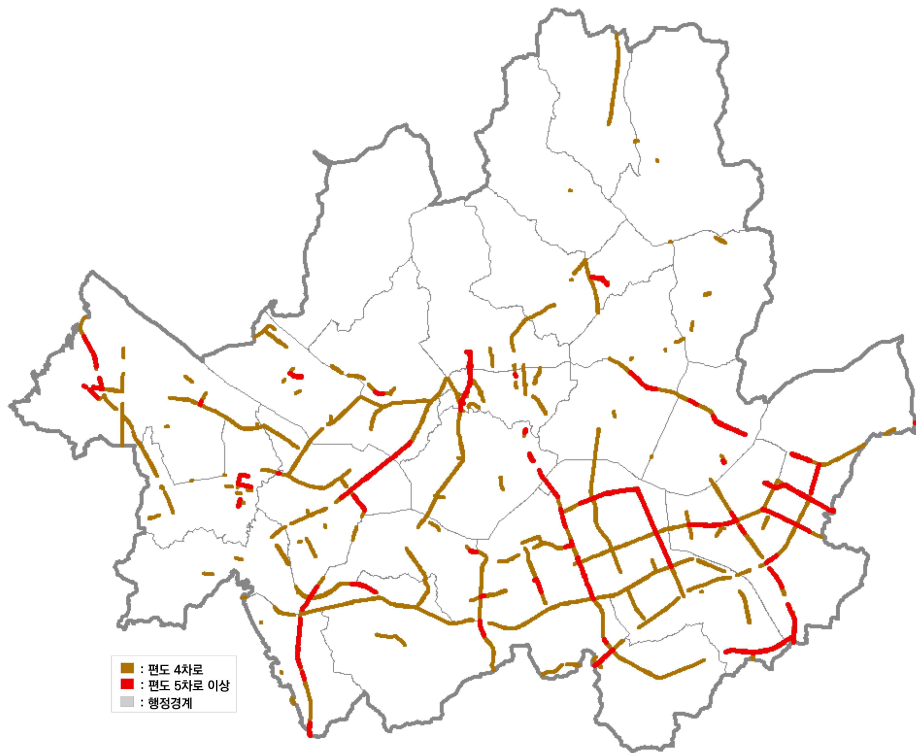
5) ITS국가정보센터의 2021년 표준노드링크 네트워크를 적용한 GIS 분석

6) 연속류(Uninterrupted Flow): 고속도로와 같이 차량의 이동을 통제하는 외부 영향이 없는 교통흐름

7) 단속류(Interrupted Flow): 도심도로와 같이 교통통제시설로 인해 차량이 연속적으로 진행하지 못하는 교통흐름



[그림 2] 한 개 차로 축소가 가능할 것으로 예상되는 연속류 도로



[그림 3] 한 개 차로 축소가 가능할 것으로 예상되는 단속류 도로

II. 자율주행 시대의 주차 변화

I 자율주행 시대 주차장은 용량 증가와 수요 변화 가능성 모두 내재

무인주차 기술은 주차장의 형태와 기능에 많은 변화를 가져올 것으로 예상

- 사람을 위한 공간 감소로 효율성 높은 주차장 설계 방식 적용 가능
 - 자동차 스스로 주차할 수 있으므로 승하차 공간을 고려하지 않아 밀집주차 실현 가능
 - 차량 높이만을 고려한 주차장 설계, 이동통로, 경사로, 승강기 등 기존에 사람이 이용하는 공간을 제외한 최적 주차장 설계 가능
- 자율주행으로 기존 주차장 대비 20~87% 공간 감소 효과 창출⁸⁾
 - Bosch(2022)에 의하면 자동 발레(ballet) 주차기능으로 현재 주차 가능 대수보다 최대 20% 증가
 - Mehdi N.(2017)에 의하면 일반 차량용 주차부지에 비해 약 62~87% 많은 자동차 수용 가능
 - 김원호(2018)에 의하면 자율주행차량이 100%일 때 기존 주차장에서는 잉여 공간 30% 산출, 신규 주차장 건축 시 기존 대비 33% 이상 추가 주차 가능
- 완전 자율주차 기술 상용화 시 주차장까지의 이동동선, 주차장의 형태 및 위치도 변화 가능
 - 팔레트(pallet) 형태의 기계식 주차장 등을 지하에 설치하는 방식을 적용
 - 기존 노상, 노외 주차장 공간을 다양한 용도로 활용 가능

공유교통체계 도입 시 주차수요의 획기적 감소 기대⁹⁾

- 한 대의 자동차가 다수의 통행을 담당하는 공유교통 활성화 시 현재보다 낮은 주차 수요 발생
 - OECD ITF(2015)의 연구 결과, 포르투갈 리스본의 모든 사람이 자율주행 공유자동차를 카풀 형태로 이용 시 주차공간이 최대 94%까지 감소, 카셰어링 형태로 운영 시에는 주차공간이 최대 89%까지 감소

8) <https://www.bosch.com/>

Mehdi N. et al., 2017, Toronto, Designing Parking Facilities for Autonomous Vehicle, TRB 2017
김원호 외, 2018, 서울시 자율주행차 주차수요 관리방안, 서울연구원

9) ITF(International Transport Forum), 2015, Urban mobility system. Upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic, Corporate Partnership Board Report, OECD.

Bischoff, J., Maciejewski, M., 2016, Simulation of city-wide replacement of private cars with autonomous taxis in Berlin, Procedia Computer Science, 83, pp.237-244.

Zhang, W., Guhathakurta, S., 2017, Parking spaces in the age of shared autonomous vehicles, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2651, pp.80-91.

- Bischoff and Maciejewski(2016)의 연구 결과, 베를린 총 4.7백만 통행 중 시내통행 2.5백만 통행을 공유 형태의 자율주행차량으로 대체 시 주차장은 최대 91%까지 감소
- Zhang and Guhathakurta(2017)의 연구에 따르면, 미국 애틀랜타시 전체 통행의 5%를 공유자율주행차로 대체하고 주차 비용이 무료이면 전체 주차면 공간의 90.3% 감소

[표 3] 공유교통에 따른 주차장 감소 관련 기존 연구

연번	출처	대상지	분석 조건	주차공간 감소 효과
1	OECD ITF(2015)	포르투갈, 리스본	차량통행 100%를 공유자율주행차가 대체	- 카폴 시 92~94% 감소 - 카세어링 시 84~89% 감소
2	Bischoff and Maciejewski (2016)	독일, 베를린	개인차량 100%를 공유자율주행차로 대체 베를린 총 4.7백만 통행 중 시내통행 2.5백만 통행 대상	- 주차장 91% 감소
3	Zhang and Guhathakurta (2017)	미국, 애틀랜타	전체 통행의 5%를 공유자율주행차로 대체 / 주차비용이 무료일 경우	- 주차면 90.3% 감소 - 주차공간 수요 도심에 집중

자료: 변완희 외, 2020, 자율주행자동차 시대의 주차장 및 도로 변화에 관한 연구, 토지주택연구원, pp.48~56에서 주차 관련 연구 내용만 일부 발췌

I 자율주행 도입 시 주차공간 전환 가능지역 분석

서울시 주차면수는 총 435만 면(2021년 기준), 지역별로 보유 주차면의 편차가 큰 편

- 급간별 구분 시 5,000~7,500면인 행정동이 114개(26.8%)로 가장 큼
 - 주차면 보유 상위 행정동은 강남구 역삼1동, 금천구 가산동, 영등포구 여의도동
 - 주차면 보유 하위 행정동은 강동구 둔촌1동, 종로구 창신2동, 용산구 용산2가동

[표 4] 급간별 행정동 구분 및 주차면 보유 상·하위 행정동

(단위: 개, %, 면)

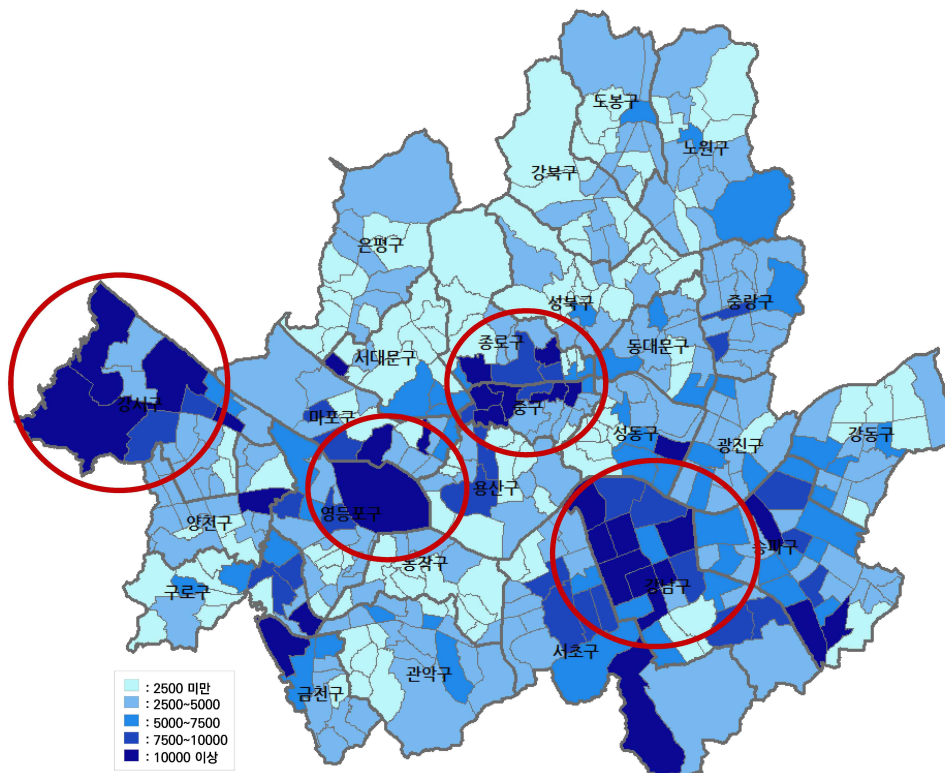
주차면 보유 급간별 행정동 수			주차면 보유 상위 행정동				주차면 보유 하위 행정동			
급간	행정동 개수	비율	행정동 순위	시군구	행정동	면수	행정동 순위	시군구	행정동	면수
5,000 미만	61	14.4	1	강남구	역삼1동	53,889	421	종로구	삼청동	1,840
5,000~7,500	114	26.8	2	금천구	가산동	50,971	422	종로구	창신3동	1,722
7,500~10,000	91	21.4	3	영등포구	여의도동	50,733	423	용산구	용산2가동	1,199
10,000~15,000	88	20.7	4	강서구	가양1동	35,065	424	종로구	창신2동	999
15,000~20,000	38	9.2	5	서초구	서초3동	31,193	425	강동구	둔촌1동	116
20,000 이상	32	7.5	평균			44,370	평균			1,175

자료: 서울 열린데이터 광장, 2021, 서울시 주차장(동별) 통계

자율주행 시대에는 서울 3도심 등에서 주차공간 전환(축소) 가능성 높아

- 전체 60%에 해당하는 주거지 250만여 면은 전환 가능성이 낮아 분석에서 제외
 - 주거지역 주차장 확보율은 103.0%로 전체 확보율(136.1%)과 비교 시 상대적으로 열악
 - 주차 관련 국민신문고 민원이 2020년 314만 건으로 주거지 주차 관련 사회 갈등이 증가 추세
 - 자율주행 시대에도 주거지 주차공간의 축소 또는 용도 전환 활용은 한계가 예상
- 주거지 주차공간을 제외하고 행정동별 시가화 면적을 고려하여 주차장 밀도 산출
 - 주차장 밀도가 높은 지역은 종로구·중구, 여의도, 강남 등 서울의 3도심과 김포공항 인근
 - 해당 지역은 건축물 부설주차장이 집중되어 자율주행으로 주차장 용량 증가 시 주차공간의 축소 혹은 타 용도로 전환 가능성 높음
 - 서울의 부설주차장은 대부분 민간 소유이므로, 주차공간의 효율적 활용을 위해 개방과 공유를 유도하는 인센티브 정책 개발 필요

$$\text{주차장 밀도(면/km}^2\text{)} = \frac{\text{행정동 주차면수}}{\text{주거지역} + \text{상업지역} + \text{공업지역}}$$



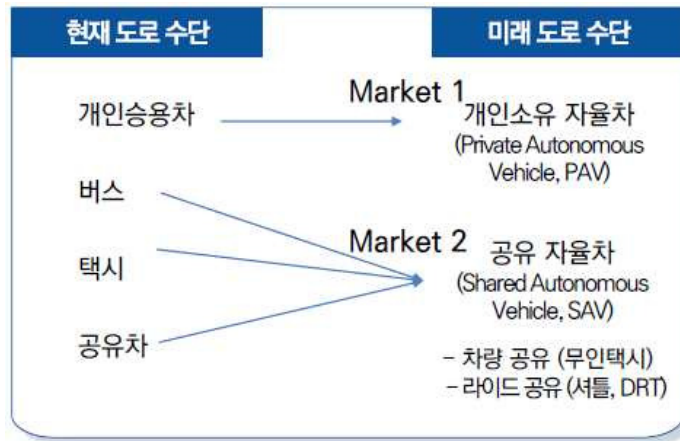
[그림 4] 일반·공동주택 제외 및 시가화 면적을 고려한 서울시 주차밀도(2021년)

Ⅲ. 자율주행 시대의 도시교통 변화

Ⅰ 자율주행 자동차 도입은 도시 전반의 교통체계 변화에 영향

운전의 주체만 변경되는 것이 아니라 자동차 소유와 이용 행태를 변화시킬 것으로 전망

- 자율주행 시대의 교통수단은 소유 주체에 따라 2개의 시장으로 양분될 것으로 예측¹⁰⁾
 - 현재 도시 교통수단(승용차, 버스, 택시, 공유차 등)이 미래에는 개인소유 자율주행 자동차(Market 1)와 공유 자율주행 자동차(Market 2)로 구분될 것으로 전망
 - 공유 자율주행 자동차는 차량공유 형태(예: 무인택시)와 탑승(라이드)을 공유하는 형태(예: 셔틀버스, 수요대응형교통체계(Demand Responsive Transit, DRT))로 구분



[그림 5] 미래 도로 교통수단의 변화 형태

- 양분화된 시장의 발전 정도에 따라 도시의 교통혼잡 등 서비스 수준이 결정될 것으로 예측
 - 자율주행 기반의 도시교통이 개인소유 교통수단(Market 1)을 중심으로 발전하는 경우에는 현재와 같이 극심한 교통혼잡 상태를 벗어나지 못하거나 오히려 악화될 수 있음
 - 대도시 서울의 특성을 고려하면 자율주행 기반의 공유형 교통수단(Market 2)을 중심으로 미래 교통체계를 구축하여 도시의 이동성 극대화 필요
- 도시 특성을 고려한 적정 규모의 형태와 신규 교통수단 형성 필요
 - 기존 교통수단 - 신규 교통수단 간 경쟁 및 갈등에 대한 공공의 적절한 규제와 시민의 인식 전환 필요

10) Grush and Niles, 2018, The End of Driving: Transportation systems and public policy planning for autonomous vehicles, Elsevier

IV. 정책 제언

I 자율주행 시대 변화를 고려한 도시교통·도시공간의 대응방향

자율주행의 영향을 서울의 도시환경 전반에 걸쳐 전망하고 체계적 대응방향 마련

- 자율주행으로 인한 교통인프라의 변화뿐 아니라 이용자 통행행태 변화도 고려
 - 자율주행 효율 증가로 인한 승용차 이용 수요 증가 예상
 - 면허, 연령 등 승용차 이용 제약 및 부담감의 감소로 추가 통행 발생 가능
- 도로 공간의 무분별한 전환보다는 현재 공간을 자율주행 특성에 맞추어 효율적으로 운영
 - 신호교차로의 영향을 받는 도심 단속류 도로용량 증가는 한계
 - 서울 도심 도로 연장의 1% 미만인 편도 5차로 이상의 도로만 공간 전환 고려 가능
- 지역별 특성을 고려하여 주차공간 변화에 대응
 - 상업·업무 시설의 부설주차장이 집중된 3도심 지역 주차공간 용량 증가 예상
 - 분산되어 있는 주차공간과 주차수요를 시공간적으로 연계하는 ‘스마트 파킹’ 도입 필요
 - 주차공간이 절대적으로 부족한 주거지의 지속적 주차공간 확보 추진
 - 공간 효율성을 위한 대규모 주차공간 확보, 공유교통에 의한 주차 수요의 변화 고려 필요
- 자율주행 시대 도시교통체계가 지향하는 정책 설정 및 운영방안 마련
 - 높은 서비스 수준을 갖춘 공유형 자율주행 교통체계(대중교통 기반) 정책 선형
 - 잦은 주정차, 공차 주행 등 예상 문제점에 대응할 수 있는 도시교통 운영방안 마련
- 도시계획 및 건축 영역까지 자율주행의 영향을 확장한 논의 필요
 - 지역 및 지구 단위 대응방안, 개별 건축물 단위 자율주행 자동차 수용방안을 함께 고려

주요 추진전략

주요 과제	추진전략
자율주행 자동차의 이용행태를 반영한 도로 운영방안 구상	- 도로 공간의 가변적 운영, 승하차 허용 및 금지구역 지정 등 새로운 도로 운영방안 마련 - 자율주행 시대에 예상되는 문제점에 대한 사회적 합의 도출 및 선제적 대응 방안 마련
대중교통과 통합된 자율주행 공유교통 지원 정책	- 신기술로 인한 교통체계 변화 흐름과 대도시 서울의 특성을 반영한 정책 방향 설정 - 대중교통 서비스 수준 향상을 위한 차량 소형화 및 수요대응형 교통서비스 구상
도시교통, 건축물, 도시공간·구조 등을 고려한 통합 계획 수립	- 지역 단위, 블록을 묶는 지구 단위, 개별 건축물 단위의 계획적 해법 적용

I 자율주행 자동차의 이용행태를 반영한 도로 운영방안 구상

도로 공간의 가변적 운영, 승하차 허용 및 금지구역 지정 등 새로운 도로 운영방안 마련

- 도로 가로변에 'Flex Zone' 도입 및 시간대별 가변적 운영
 - 무인 주차가 가능한 자율주행 자동차의 특성을 고려하면 이용자의 승하차를 위한 잦은 주정차, 자율주행 자동차의 대기 행태가 예상되어 도로 혼잡 가중 예상
 - 도로의 가로변에 기능과 역할을 다양하게 부여할 수 있는 'Flex Zone'을 도입하여 자율주행 자동차의 이용행태를 수용하고 도로 공간 이용의 효율성을 향상
 - 차량 통행(첨두시), 화물운송(새벽), 노점(오전) 등 시간별 주 활동에 따른 도로 공간 운영
- 대도시 서울의 특성을 고려하면 물리적 공간 제공으로는 한계, 새로운 도로 운영방안 구상 필요
 - 서울의 모든 도로변에 자율주행 자동차의 주정차를 위한 물리적 공간 확보는 불가능
 - 이동성 확보가 필요한 주요 도로는 주정차를 금지하고, 이면도로나 별도 공간에서 승하차 행위를 수용하기 위한 도로 운영과 도시계획의 통합 구상 필요
 - 설정된 '주정차 금지 구역'은 법제도를 통해 자율주행 알고리즘에 반영 필요
 - 무인주차장으로의 전환을 고려하여 건축물 지하부, 도심 공영주차장 등 장래 용도 전환이 가능한 도시공간을 발굴하고 자율주행 자동차의 승하차 공간으로 활용
- 자율주행 자동차 센서의 감지영역을 고려한 도로의 3차원 입체공간 구성
 - 자율주행 자동차의 안정적 운영을 위해서는 센서가 감지하는 모든 도로 공간 등 운영설계 영역(Operation Design Domain, ODD)의 불확실성 최소화가 요구
 - 도로 상부에 설치되는 각종 시설물, 불확실성이 높은 가로수 등 기준 및 형태 조정 필요

자율주행 시대에 예상되는 문제점에 대한 사회적 합의 도출 및 선제적 대응 방안 마련

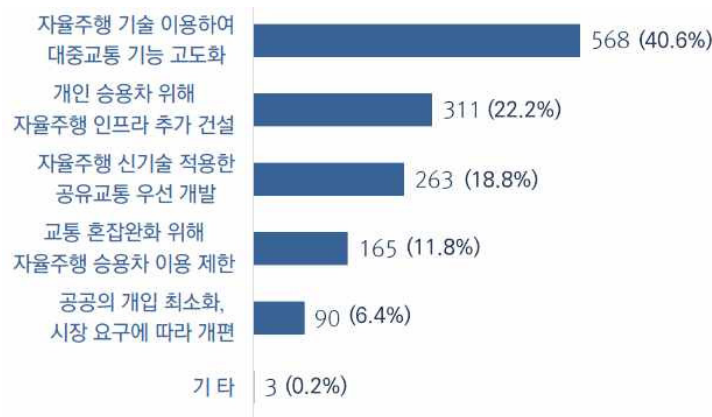
- 자율주행 자동차의 공차(Empty Vehicle) 주행 관련 논의 필요
 - 자율주행 기능을 최대한 활용하기 위해서는 자동차 스스로 수 개의 통행을 연계하는 공차 주행이 필요하지만, 사회적으로는 에너지 낭비 초래와 극심한 교통혼잡 유발 우려
 - 김원호 외(2018)는 도심 목적지의 자율주행 자동차가 저렴한 주차장으로 공차 주행하며 발생시키는 추가 VKT를 약 1,470만 대·km로 추정('14년 서울 VKT¹¹⁾의 27.4% 수준)
 - 자율주행 기능의 활용성과 사회적 비용의 최소화를 고려한 공차 주행 허용 기준 설정 필요
 - 허용 기준은 수단의 특성(개인소유와 공유교통), 통행의 특성(비상상황과 일상생활), 환경의 특성(첨두시간과 심야시간) 등을 고려할 필요가 있음

11) 서울시, 2014, 지속 가능한 도시교통 관리방안 연구. p.143. / VKT: Vehicle Kilometer Traveled

I 대중교통과 통합된 자율주행 공유교통 지원 정책

신기술로 인한 교통체계 변화 흐름과 대도시 서울의 특성을 반영한 정책 방향 설정

- 대중교통을 발전시켜 자율주행 기반의 공유교통체계를 지향함이 바람직
 - 자율주행 자동차를 선호하는 시민 성향과 교통수요가 높고 혼잡이 극심한 대도시 서울의 특성을 동시에 고려
 - 본 연구의 설문조사 결과, 시민들은 자율주행 시대의 서울 도시교통 개편 방향으로 개인 승용차 지원보다는 대중교통과 공유교통 활성화를 기대
 - 자율주행 기술을 이용한 대중교통 기능 고도화(40.6%) > 개인 승용차를 위한 인프라 추가 건설(22.2%) > 자율주행 기술을 적용한 공유교통 우선 개발(18.8%) 순으로 나타남
 - '교통혼잡 완화를 위한 자율주행 승용차 이용 제한'과 '공공 개입 최소화'는 각각 11.8%, 6.4%에 불과



[그림 6] 자율주행 시대 서울시 도시교통 개편 방향(N=1,400)

대중교통 서비스 수준 향상을 위한 차량 소형화 및 수요대응형 교통서비스 구상

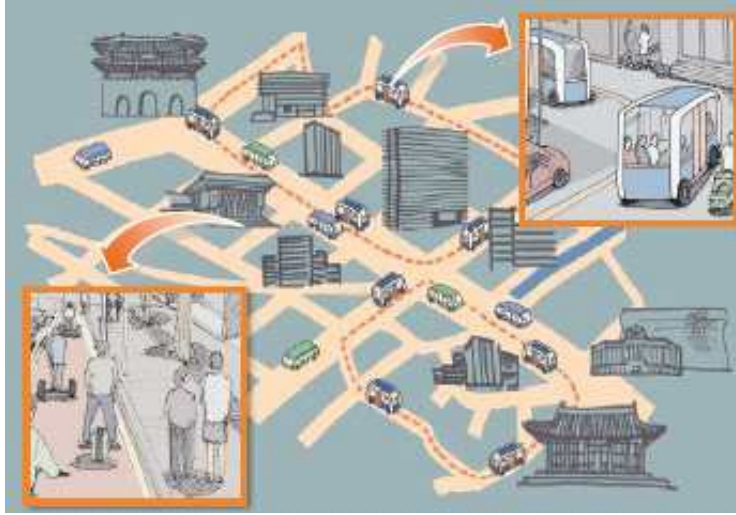
- 자율주행 기반 운영비 절감으로 대중교통 차량 소형화, 요금 인하 등 서비스 수준 향상 가능
 - 일자리 등 사회적 이슈가 해소되는 경우 자율주행을 통해 대중교통 운영비용 절감 가능
 - 교통혼잡 등 사회적 비용을 감소시켜 자율주행의 혜택을 시민 모두가 함께 누리기 위해서는 획기적 요금 인하를 추진하여 대중교통(공유교통) 활성화 필요
- 다수의 출발·도착지를 고려하여 최적 경로로 이동하는 수요대응형 교통 서비스 제공
 - 인공지능(AI)을 통해 현재 및 장래 승객 수요를 고려한 최적 이동경로 생성, 예약 수락 여부 결정 등
 - 통행시간을 단축할 수 있는 최적 경로 알고리즘 개발 및 서비스 소외지역 최소화

I 도시교통, 건축물, 도시공간·구조 등을 고려한 통합 계획 수립

지역 단위, 블록을 묶는 지구 단위, 개별 건축물 단위의 계획적 해법 적용

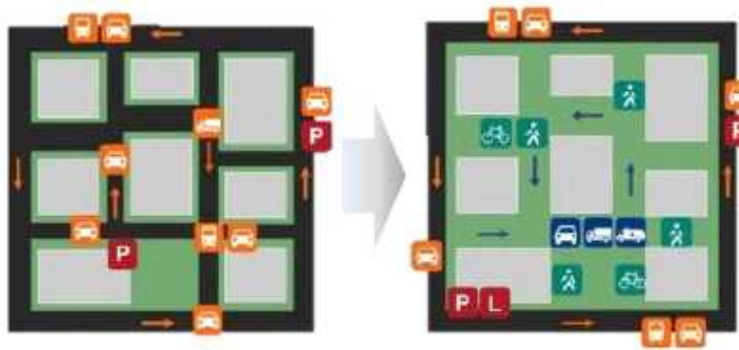
- 자율주행은 도시교통뿐 아니라 건축물, 도시공간과 도시구조까지 광범위하게 영향
 - 도시교통과 도시공간의 근본적인 변화를 반영하는 동시에 도시 전반의 변화를 예상하고 대응해 나가는 구상 필요
 - 도시환경의 변화를 고려한 도시교통, 도시계획, 건축의 통합적 조직 및 계획 구상 필요
- [지역 단위] 개인소유 차량을 배제한 ‘공공 자율주행 교통체계 지역’ 도입
 - 자율주행 대중교통, 수요응답형 셔틀, 퍼스널모빌리티 등을 통해 지역 내 이동성 보장
 - 개인소유 교통을 배제한 공공 자율주행 교통체계 지역은 기존 연구에서 ‘녹색교통진흥 지역’의 이상적 형태로 제안되었으며, 자율주행 기술 상용화로 실현이 가능할 것으로 전망
- [블록 단위] 자율주행 자동차의 승하차 허용과 보행환경 개선을 병행하는 블록 단위 계획
 - 블록 외부 간선도로는 이동성 확보를 위해 자율주행 자동차의 주정차 제한 필요
 - 자율주행 자동차의 승하차는 블록·지구(district) 내부에서 수용해야 하나, 무분별한 차량 진출입 및 정차 허용은 블록 내부의 교통혼잡, 사고 발생 유발 가능
 - 자율주행 자동차를 위한 물리적 환경 조성과 운영 규제를 도시계획의 관점에서 마련
 - 블록 내부로 자율주행 자동차 진입 및 승하차 행위를 허용하여 간선도로 교통 방해 최소화
 - 블록 외부에서 내부로 자율주행 자동차의 진출입이 가능한 지점 선정 및 이동 동선 관리
 - 진입 동선 및 주정차 지점을 제한하는 대신, 승용차 이용의 장점인 Door-to-Door 욕구 충족을 보완하기 위한 블록 내부의 보행환경 개선 병행 필요
- [건축물 단위] 블록 내부로 진입한 자율주행 자동차를 수용·연계할 수 있는 건축물 단위 계획 수립
 - 캠퍼스 등 대규모 건축물 저층부, 지하공간, 주차공간을 활용하여 별도 승하차 공간 마련
 - 별도 공간 확보가 어려운 소규모 필지를 위해 기존 공영주차장 부지 등을 활용한 공공 승하차 공간 마련, 주차장까지 자율주행 자동차 이동동선 확보 및 관리
 - 승하차 공간에서 개별 건축물까지의 이동을 위한 보행환경 개선사업 추진

[지역 단위 사례] 녹색교통진흥지역 통행 제한



자료: 서울연구원, 2017, 진화하는 교통

[블록 단위 사례] 스페인 슈퍼블록



자료: 서울시, 2021, 녹색교통지역 확대 타당성 검토 연구

[건축물 단위 사례] 연세대학교 승하차 공간



자료: 연세대학교 공식블로그, 2018.4.6., 버스타고 한 바퀴, 연세대학교 셔틀버스

[그림 기 도시교통, 건축물, 도시공간·구조 등을 고려하는 통합 계획 사례

06756

서울특별시 서초구
남부순환로 340길 57

02-2149-1234
www.si.re.kr