

국토정책 Brief

KRIHS ISSUE PAPER



KRIHS POLICY BRIEF • No. 748

발행처 | 국토연구원 • 발행인 | 강현수 • www.krihs.re.kr

자율주행 대중교통서비스의 효율적 도입을 위한 정책방안

윤태관 책임연구원

요약

- 1 자율주행차 시장이 급성장함에 따라 정부는 관련 기술을 개발하고, 2022년까지 완전 자율주행 기반을 마련하기 위한 다양한 정책을 수립 중
- 2 개인 승용차로서의 완전 자율주행차는 개인 구매 부담이 크고 다양한 법·제도 문제를 안고 있음. 따라서 돌발 상황 빈도가 낮아 비교적 높은 안전성이 확보된 대중교통 형태로 우선적으로 도입될 것으로 예상됨
- 3 국내·외 여러 도시에서 자율주행 소형버스를 활용한 셔틀서비스가 시범 운행 중이며, 대형버스를 활용한 기존 대중교통서비스(광역·간선·지선·순환)를 대체하는 방안도 검토 중에 있음
- 4 국내 자율주행 기술개발 완료 시점을 고려한 결과, 자율주행 도입은 2022년경 폐쇄형 자율주행 BRT(Bus Rapid Transit)를 시작으로 일반 차량과 혼재해 운행하는 셔틀 및 지선, 수요응답형 서비스 순으로 예상
- 5 다양한 자율주행 대중교통서비스를 효율적이고 체계적으로 도입하기 위해서는 도로·교통 인프라 관리, 시설물 개선, 정보통신 인프라와 관제센터 구축·운영, 관련 법·제도 개선이 필요

정책방안

- ① (사회적 관점) 자율주행 대중교통에 대한 사회적 수용성을 높이고 부작용에 대한 대책 필요
- 운전자 일자리, 사고 책임, 이용요금 등 운영 정책·방식 등에 대한 선제적 대응방안 마련
- ② (기술적 관점) 운영 소프트웨어 기술, 관련 시설물 구축 및 대중교통서비스 구현 기술, 경제적 타당성 등 다각적인 분석 필요
- ③ (법·제도적 관점) 자율주행 대중교통서비스 도입을 위해 「여객자동차 운수사업법」, 「여객자동차터미널 구조 및 설비기준에 관한 규칙」, 「버스정보시스템의 기반정보 구축 및 관리요령」 등 관련 법·제도의 적절한 개정 필요

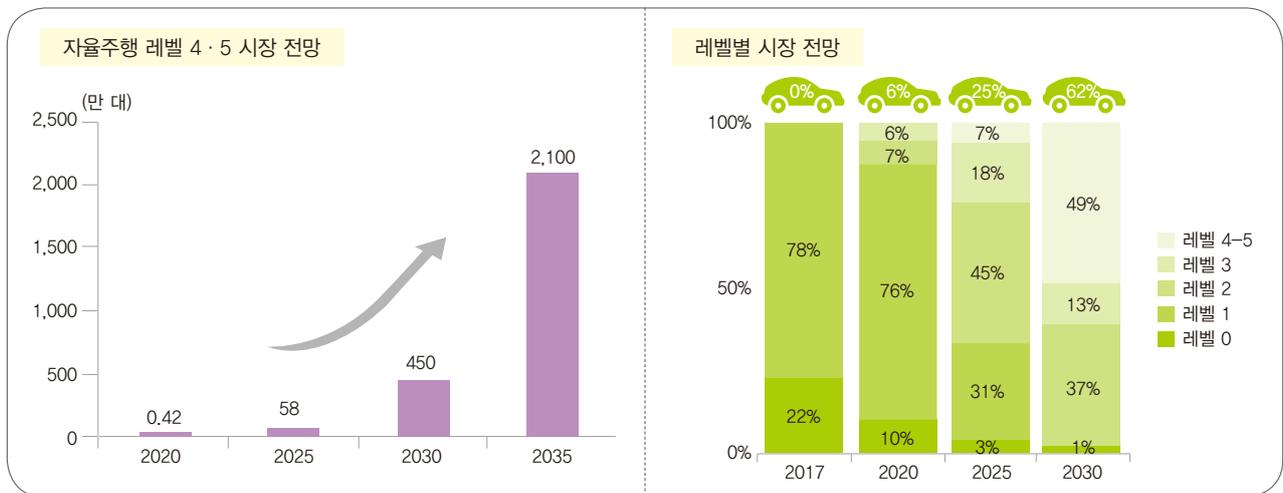
1. 자율주행 시대와 대중교통

완전 자율주행 시대 도래

전 세계 자율주행차 시장은 급속도로 성장하고 있으며, 정부는 선진국에 비해 다소 뒤쳐진 기술개발 수준을 극복해 2022년까지 완전 자율주행 기반 마련을 위한 다양한 정책 지원을 하고 있음

- 자율주행차는 전 세계 판매량이 2025년까지 60만 대, 2035년까지 2,100만 대로 전망되며, 레벨 3* 이상의 자율주행차 신차 비율이 2025년 25%, 2030년 62%에 달할 것으로 예상함(이승민 2018, 18)
 - * 자율주행 레벨은 0~5로 구분되는데, 레벨 3은 조건부 자율주행으로 필요 시 운전자의 개입이 요구되는 수준이고 레벨 5가 완전 자율주행임
- 정부는 자율주행차 임시운행허가제도 마련 및 주행가능도로 전국화(2016), K-City* 자율차 테스트베드 구축(2018), 데이터공유센터 구축·운영(2018년 12월 이후) 등을 실시함
 - * K-city는 한국형 자율주행 실험도시로 경기도 화성시 자동차안전연구원 내 위치

그림 1 전 세계 자율주행차 시장 전망



출처: 이승민 2018, 18(원자료는 IHS 2016; PwC 2017).

완전 자율주행차량은 승용차보다 대중교통이 먼저 도입

완전 자율주행차량은 개인 승용차보다는 정해진 노선을 운행하는 대중교통서비스로 먼저 도입될 것으로 예상됨

- (안전성) 대중교통은 운행노선이 제한적이고 반복적이라 돌발 상황이 적음
- (이동 효율성) 대중교통이 전체 국내 총 이동거리의 대다수를 차지하므로 효율성이 높음
- (도로혼잡 유발) 완전 자율주행 승용차의 증가는 공차 운행거리 증가를 야기해 도로혼잡 가중
- (구매 부담) 완전 자율주행차량은 고가의 부품과 장비가 탑재되어 있어 일반 차량보다 가격이 비쌈

2. 국내·외 자율주행 대중교통 동향

기술개발 실증이 활발히 진행

전 세계 약 50여 개 도시에서 자율주행 소형셔틀 및 대형버스 기술개발 실증을 통해 새로운 대중교통서비스 제공과 기존 대중교통서비스 대체가 가능할 것으로 기대됨

- 북미 18개, 유럽 20개, 아시아 5개 도시 등에서 한정된 단거리 구간을 대상으로 자율주행 셔틀 기술개발 실증을 위한 시범운행 완료
- 국내에서는 판교 테크노밸리와 대구 수성알파시티에서 레벨 4* 수준의 자율주행 셔틀 시범운행 완료
 - * 레벨 4는 운전자의 적절한 개입 없이도 주행이 가능한 수준
- 자율주행 소형셔틀뿐만 아니라 기존 대중교통서비스 대체 가능한 대형버스 연구개발 및 실증도 수행됨

그림 2 전 세계 자율주행차 시장 전망



출처: (좌측 상단부터 시계방향) 상용차신문 2016; 오토데일리 2018; 한겨레 2016; 연합뉴스 2018.

표 1 자율주행 대중교통 기술개발 실증 사례

국가	도시	실증 목적	참여기관 유형	세부내용
미국	앤아버 (Ann Arbor)	운행 가능 영역 시험	대학, 기업	• 미시간대학교 통제도로에서 운영하는 주문형 셔틀로 최대 50대 배차하는 방법을 실증
네덜란드	바헤닝언 (Wageningen)	공간활용·대중교통 계획 수립	정부, 중소기업, 대학	• 2016년 1월 공공도로에서 세계 최초로 2대의 자율주행 버스 시범운행 • 이용자가 기차역에서 픽업을 위해 앱으로 버스 호출 가능
스위스	프리부르 (Fribourg)	공간활용·대중교통 계획 수립	정부	• 스위스 최초 자율주행버스 • 2017년 8월에 1.3km 구간을 시험운행
프랑스	파리 (Paris)	교통법규 준수 여부 확인, 공간활용·대중교통 계획 수립, 자율차 상호데이터 교환 시험	기업, 중소기업	• 2017년 7월 라마일스 상업지구에서 라스트마일을 연결 하는 3대의 자율주행버스를 6개월 동안 시범운행
중국	심천 (深圳)	공간활용·대중교통 계획 수립, 운영 가능 영역 시험	중소기업	• 심천 하이 리온 테크놀로지가 제공하는 중국산 자율주행 버스 • 최대 시속 32km로 20명까지 탑승 가능하며, 1.2km 구간 시범운행

출처: Bloomberg 웹사이트를 참고해 저자 작성 (2019년 3월 8일 검색).

3. 국내 자율주행 대중교통서비스 도입시기와 효과

완전 자율주행 대중교통은 2022년경 BRT 운행서비스로 가장 먼저 도입 예상

국내 자율주행버스 관련 기술은 해외기술에 의존

- 2010년부터 자율주행 프로젝트를 수행한 미국·유럽과 달리 국내는 관련 기술 개발이 다소 뒤쳐져 있으며, 특히 소프트웨어 개발과 자동차 기능안전(ISO26262*) 확보 등의 기술격차가 큼
 - * 자동차 기능 안전성 국제표준으로 자동차에 탑재되는 시스템 오류로 인한 사고방지를 위한 국제 규격
- 기술개발 역량이 부족한 버스 자율주행은 전자제어 기반의 제동과 조향 기술의 부족으로 해외기술에 의존하고 있는 실정임

국내 자율주행 관련 기술(환경 인식, 안전, 통신, 시스템 등)의 개발 완료시점을 기준으로, 자율주행 대중교통 서비스 도입순서와 시기를 전망해보면 자율주행 BRT가 우선적으로 도입될 것으로 예상됨

- 돌발 상황이 발생할 확률이 낮은 폐쇄형 구간 운행부터 일반차량과 혼재하는 개방형 구간, 이용자의 수요에 따라 동적으로 경로를 산정하여 운행하는 수요응답형 순으로 도입 예상
- 각 서비스를 위한 필수 요소기술의 국내 개발 완료시점을 분석한 결과, 자율주행 BRT는 2022년경, 자율주행 셔틀·지선 서비스는 2025년경, 자율주행 수요응답형 서비스는 2025년 이후에 가능할 것으로 전망

그림 3 자율주행 대중교통서비스 도입 순서 및 시기



출처: 저자 작성.

[효과 1] 연간 319억 원의 사고비용 감소

(안전성 향상) 자율주행 기술 도입으로 운전자 부주의 및 고령 운전자로 인한 사고예방이 가능하며, 이로 인해 연간 319억 원 수준의 절감 효과를 기대*

- * 연간 20% 교통사고 감소를 통한 사고비용 산정 기준으로 5% 감소 시 연 80억 원, 10% 감소 시 연 150억 원의 비용이 감소될 것으로 추산
- 기존 버스 전체사고 중 안전운전의무 불이행과 고령 운전자로 인한 사고가 다른 연령대 운전자에 비해 높은 것으로 나타남
- 운전자 과실로 인한 사고와 고령 운전자의 낮은 반응속도 등으로 인한 사고의 대부분은 자율주행 환경인식(sensing) 기술과 차량제어 기술을 통해 감소할 것으로 기대됨
- 사고비용은 사망자 1인당 약 4억 4,517만 원, 중상자 1인당 6,292만 원, 경상자 1인당 424만 원, 부상신고자 1인당 약 204만 원(도로교통공단 2017)으로, 자율주행 도입으로 전체 사고 20% 감소 시 연 319억 원의 사고비용 감소



[효과 2] 대중교통서비스 만족도 향상

(대중교통서비스 향상) 자율주행으로 기존 대중교통 운영비 중 높은 비율을 차지하는 노무비 절감을 통해 향상된 대중교통서비스를 제공하여 이용률 향상과 이용자 편의 증진 제고

- 서울특별시 기준 노무비는 전체 운송원가의 약 70%를 차지하는 것으로 높게 나타났으며, 주 52시간 근무제 시행으로 노선감축 및 운행횟수가 감소하여 이용객의 만족도가 낮아지고 있는 실정임(서울특별시 2017)
 - 대중교통 수도권·광역시 서비스 만족도 조사 결과, 많은 이용자가 버스혼잡도와 안전에 대한 만족도가 낮은 것으로 나타남
- 자율주행버스 도입을 통한 노무비 절감을 통해 동일한 비용으로 더 많은 차량을 운영해 이용자 대기시간 감소를 통한 편의를 향상하고, 다양한 노선을 제공함으로써 대중교통서비스 향상이 기대됨
- 하지만 운전자 일자리 문제 등은 미래 완전 자율주행 시대에 해결해나가야 할 과제로 남아 있음

[효과 3] 공간 효율화, 환경오염 감소 등의 간접효과

(간접효과) 도시 공간의 효율적 활용, 저비용·고효율 교통서비스 구축, 고령자를 위한 대중교통서비스 제공, 환경오염 감소 등의 간접효과가 클 것으로 예상

- 도시 내부 자율주행 순환·셔틀 서비스 도입은 승용차 통행을 감소시키고 보행환경을 개선하는 등 공간을 효율적으로 활용할 수 있게 함
- 자율주행 BRT는 짧은 차두거리로 군집주행이 가능해 저비용(경량전철 구축비용 대비)으로 대용량 수송 처리가 가능함
- 고령자 이동을 위한 대중교통서비스로 활용할 수 있으며, 무리한 급(急) 감·가속 예방을 통한 정속주행으로 배출가스를 감소시켜 환경오염 완화에 기여할 수 있음

표 2 자율주행 대중교통서비스 유형별 도입 기대효과

	자율주행 간선, BRT	자율주행 지선	자율주행 순환·셔틀	자율주행 수요응답형
안전성 향상	●	●	⓪	⓪
서비스 향상	●	●	●	●
공간 효율화	○	○	●	⓪
수송용량 증가	●	●	●	○
신(新)교통서비스 제공	○	⓪	⓪	●
환경오염 감소	⓪	⓪	⓪	⓪

주: ● (직접효과), ⓪ (간접효과), ○ (해당 없음).

출처: 저자 작성.

4. 자율주행 대중교통 도입을 위한 정책방안

도로·교통, 시설물, 정보통신 등 자율주행 대중교통 첨단인프라* 지원

* '자율주행기술 기반 대중교통서비스의 안전하고 효율적인 운영을 위해 도로·교통 분야에서 기술적 지원을 하는 모든 기반시설 및 정보통신기술'

- (도로 및 교통 인프라) 차선관리를 통한 차선 식별 성능 확보, 교차로 좌회전을 위한 보조차선 명시, 혼란을 유발할 수 있는 표지판의 이전 및 재설치, 버스전용차로 인식을 위한 추가 시설물 설치·운영 등
- (시설물) GPS 음영보정을 위한 주행환경 개선 시설, 비상 상황을 대비한 대중교통 정차 및 대피를 위한 시설, 정류장 승객 유무 판단 및 도킹(docking, 정밀 정차) 시스템이 구비된 자율주행 대중교통 정류장 구축
- (정보통신기술) 교통정보 제공 인프라 구축·운영, 운행상황을 실시간 모니터링할 수 있는 관제센터 구축, 데이터 수집 및 활용 기술 개발 등

자율주행 대중교통의 효율적 도입을 위해 「여객자동차 운수사업법」 등 법·제도 개선

- (운수종사자 면허 관련 기준) 운전자에 한정돼 있는 운수종사자 면허를 운전자 없이 차량 자체로도 운행이 가능하도록 법령 개정 필요
- (자율주행차량 표시 의무) 자율주행차량을 식별하게 만들어 일반차량이 주의 운전할 수 있는 표시 의무화
- (정류장 시설 정의) 자율주행 대중교통의 정밀주차 및 도킹 시설에 대한 사항을 「여객자동차터미널 구조 및 설비기준에 관한 규칙」에 추가 필요
- (관제 및 데이터 관리센터 정의) 「버스정보시스템의 기반정보 구축 및 관리 요령」에 자율주행 대중교통의 운행정보 및 차량정보 등 데이터 관리를 위한 내용 추가 보완

참고문헌

도로교통공단. 2017. 도로교통사고 비용의 추계와 평가. 원주: 도로교통공단.

상용차신문. 2016. 인공지능 자율주행 미니버스 '올리' 미국서 공개. 6월 27일, <http://www.cvinfos.com/news/articleView.html?idxno=4841> (2020년 1월 15일 검색).

서울특별시. 2017. 2016년 시내버스 표준원가에 따른 운송비용 정산지침. 서울: 서울특별시.

연합뉴스. 2018. 인천공항, 자율주행 셔틀버스 시범운영 성공. 11월 11일, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20181111010100004> (2020년 1월 15일 검색).

오토데일리. 2018. 국내 최초 무인 자율주행차 제로셔틀, 3년 만에 달린다...11월부터 실증운영. 9월 4일, <https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=16638868&memberNo=24075080&vType=VERTICAL> (2020년 1월 15일 검색).

이승민. 2018. 자율주행자동차 최근 동향 및 시사점. 주간기술동향 1842호, 16-25. 대전: 정보통신기획평가원.

한겨레. 2016. 벤츠가 선보인 첫 자율주행 버스. 7월 20일, http://www.hani.co.kr/arti/science/science_general/753071.html (2020년 1월 15일 검색).

Bloomberg. www.bloomberg.com (2019년 3월 8일 검색).

※ 본 자료는 국토연구원에서 기본과제로 수행한 '윤태관·임영태·박종일. 2019. 자율주행기반 대중교통체계 구축방안 연구. 세종: 국토연구원'의 내용을 수정·보완해 정리한 것임.

윤태관 국토인프라연구본부 책임연구원(tyoon@krihs.re.kr, 044-960-0394)

