



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

物流學碩士 學位論文

무인화물차의 물류비용 분석에 관한 연구

A Study on Logistics Cost Analysis for Autonomous Cargo
Truck



2016 年 8 月

韓國海洋大學校 海洋金融·物流大學院

海運港灣物流學科 港灣物流專攻

朴 辰 順

本 論 文 을 朴 辰 順 의 海 運 港 灣 物 流 學 科 物 流 學 碩 士
學 位 論 文 으 로 認 准 함.

委 員 長 郭 圭 錫 
委 員 南 奇 燦 
委 員 金 煥 成 



2016 年 6 月

韓 國 海 洋 大 學 校 海 洋 金 融 · 物 流 大 學 院

목 차

Abstract

제 1 장 서 론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 연구 내용 및 방법	3
제 2 장 무인화물자동차 개발 현황	5
2.1 무인자율차량 정의	5
2.2 무인자율차량 주요 기능	10
2.2.1 환경인식 (Perception)	12
2.2.2 위치인식 및 맵핑(Localization)	15
2.2.3 판단(Motion Planning)	16
2.2.4 제어(Control)	16
2.3 무인자율차량 개발현황	17
2.3.1 미국	17
2.3.2 일본	20
2.3.3 유럽	22
2.3.4 한국	25
제 3 장 무인화물차량의 물류비용 분석	28
3.1 차량운행비용	29
3.1.1 유류비	29
3.1.2 차량비	29
3.1.3 유지관리비	31

3.1.4 인건비	31
3.2 교통시설비용	32
3.2.1 도로이용료	32
3.2.2 차량세	33
3.3 교통사고비용	33
3.3.1 보험료	33
3.3.2 교통사고 피해비용	34
3.4 환경오염비용	36
3.4.1 소음비	36
3.4.2 대기오염비	37
3.4.3 교통혼잡비용	38
제 4 장 유·무인 화물차의 물류비용 비교 분석	40
4.1 가정 및 조건	40
4.2 물류비용분석	40
4.3 시나리오별 비교분석	45
4.3.1 시나리오 설정	45
4.3.2 시나리오별 비교	46
4.4 민감도 분석	48
4.4.1 무인화물차량 추가비에 따른 민감도 분석	48
4.4.2 차량보험료에 따른 민감도 분석	48
4.4.3 인건비 상승에 따른 민감도 분석	49
4.5 시사점 고찰	50
제 5 장 결 론	51

표 목 차

[표 1-1] 국내 교통수단별 화물 수송 현황	2
[표 2-2] 자율주행자동차 단계 구분	6
[표 2-3] 자율주행차량의 3가지 트렌드	9
[표 2-4] 완전자율주행차량 시장 전망	10
[표 2-5] 반자율주행차량 시장 전망	10
[표 2-6] 자율주행차량 기술 구성 요소	11
[표 2-7] 미국 자율주행 관련 법령 제정 현황	20
[표 2-8] 비엔나 도로교통 협약 중 관련 조항	23
[표 2-9] 국내의 원천·산업기술력 발전현황	25
[표 3-1] 교통부분의 사회적 비용	28
[표 3-2] 유인/무인 화물차의 유류비	29
[표 3-3] 컨테이너 트랙터 구입비용	30
[표 3-4] 컨테이너 샷시 구입비용	30
[표 3-5] 화물차량의 속도별 차량운행비용 (2010년 기준)	31
[표 3-6] 차종 분류 기준	32
[표 3-7] 경부 고속도로 통행료	32
[표 3-8] 심야운행비율별 통행료	33
[표 3-9] 유인/무인 통행료	33
[표 3-10] 현행 화물자동차 보험료	34
[표 3-11] 유인/무인 화물차 보험료	34
[표 3-12] 전국 도로별 차종별 일평균 교통량 (2010년)	35
[표 3-13] 도로종류별 교통사고 비용 (2010년)	35
[표 3-14] 소음가치의 평균원단위	36
[표 3-15] 고속도로의 연간소음비용 추정	37
[표 3-16] 대기오염물질별 비용 원단위 (2010년 기준)	37
[표 3-17] 운송수단별 대기오염물질의 배출량	38
[표 3-18] 유인 / 무인 화물차 대기오염비용	38
[표 3-19] 2010년 지역간 도로의 교통혼잡비용 추정 결과	39

[표 3-20] 경부고속도로 화물차 교통혼잡비용 산출	39
[표 4-1] 차량 물류비용	42
[표 4-2] 차량 대당 물류비용(유인40대, 무인 28대)	43
[표 4-3] 서울 - 부산 1회당 운송비용	45
[표 4-4] 연간물류비용 절감액	46
[표 4-5] 차량 1대당 연간 물류비용	47
[표 4-6] 서울-부산 1회 운송비용	47
[표 4-7] 무인화물차 추가비에 따른 민감도 분석	48
[표 4-8] 차량보험료에 따른 민감도 분석	49
[표 4-9] 인건비 상승에 따른 민감도 분석	49



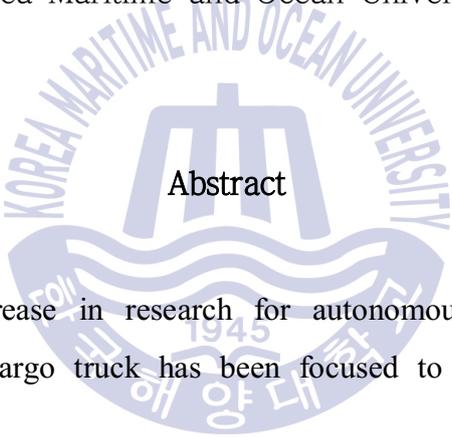
그림 목 차

[그림 2-1] 무인자율차량의 개념	5
[그림 2-2] 무인자율차량의 기술개발 범위	7
[그림 2-3] 구글의 자율주행 차량 예시	8
[그림 2-4] 무인자율차량의 기술 구성	12
[그림 2-5] 차량용 센서 기술	12
[그림 2-6] 무인자율차량을 위한 환경 인지용 센서	13
[그림 2-7] 2007년 Urban challenge 참가 차량의 레이저 스캐너 전경	13
[그림 2-8] V2X 개념	15
[그림 2-9] 구글의 센서 융합 정밀 측위 시스템	16
[그림 2-10] 무인 자동차 기술개발 협력 방안	18
[그림 2-11] Google 차량(a), Parma대학 차량(b), Oxford	19
[그림 2-12] Google의 자율주행 면허 차량	20
[그림 2-13] Smartway 개념도	21
[그림 2-14] 일본의 자율주행기술 로드맵	22
[그림 2-15] 프라이트 라이너 인스피레이션 트럭	24
[그림 2-16] 프라이트 라이너 인스피레이션 트럭 내부	25
[그림 2-17] 국내 자율주행차 기술 수준	27
[그림 2-18] 국내 자율주행차 관련 연차별 목표	27
[그림 4-1] 항목별 물류비용	41
[그림 4-2] 차량대당 물류비용	44
[그림 4-3] 서울 - 부산 1회당 운송비용	44

A Study on Logistics Cost Analysis for Autonomous Cargo Truck

Jin Soon Park

Department of Shipping and Port Logistics
Graduate School of Marine Finance & Logistics
Korea Maritime and Ocean University



Abstract

According to the increase in research for autonomous vehicle in automobile industries, autonomous cargo truck has been focused to analyse its efficiency in logistics area.

The inland transportation has been a serious problem such as in traffic accident, traffic congestion in downtown, air pollution, noise and etc. even though it has a great impact in logistics industries. Especially, the transportation schedule for night time driver needs to be improved in order to prevent their sleepy driving in night which induced heavy accident in highway.

In this study, the effectiveness of autonomous cargo truck will be analysed by considering the logistics cost including the social effects. First of all, the development status of each country for autonomous vehicle will be given. Also the main technology of vehicle and its advantage will be deduced. Secondly, the logistics cost will be analysed through direct and indirect costs.

By considering the direct and indirect costs, the logistics cost will be

distinguished between four items: Vehicle operation cost, Traffic facility cost, Traffic accident cost, and Environment cost.

In the analysis, the logistics cost is compared between driver cargo truck and autonomous cargo truck. Also the sensitive analysis will be given by considering autonomous cargo truck cost, insurance fee, and driver cost.

As an analysis result, the autonomous cargo vehicle can reduce the logistics cost to approximately 21.8% compared with conventional driver cargo trucks and it can also reduce 290,000 Won from Seoul to Busan for logistics cost. From the logistics cost analysis, we can verify that the autonomous cargo vehicle will be useful for logistics area in future.

KEY WORDS: Autonomous Cargo Vehicle; Logistics Cost; Labor Cost; Operation Cost



제 1 장 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

WHO 보고서에 따르면 전 세계적으로 교통사고 인한 사망자 수는 연간 130만명에 이르고 있으며, 교통사고 원인의 90% 이상이 운전자의 부주의로 인한 과실에 있다고 한다. 운전자의 과실을 최소화한다면 교통사고로 인한 인명 손실을 최소화할 수 있기 때문에 교통사고 저감을 위한 기술 개발에 자동차 선진국에서는 1990년대 초반부터 많은 예산을 투입하여 기술개발을 지원하고 있다. 이에 자율주행자동차에 대한 연구가 또한 활발하게 진행 중에 있다.

자율주행 자동차는 스스로 주변 환경을 인식하여 위험을 판단·주행 경로를 계획하는 등 운전자 주행조작을 최소화하며 스스로 안전주행이 가능한 자동차를 의미한다. 즉 운전자가 교통체증으로 인해 시간을 소비할 때, 장거리 운전으로 인하여 몸이 피로할 때, 주차를 하지 못해 방황할 때, 운전자가 운전 미숙일 때 등에 차량이 스스로 상황에 맞게 운전을 할 수 있게 고안된 차량이다. 즉, 운전자의 개입 없이 주변 환경을 인식하고 주행 상황을 판단하여 차량을 제어함으로써 스스로 주어진 목적지까지 주행하는 자동차이다.

자율주행 자동차에서 일부 자율주행기능이 적용된 자동차가 판매되기 시작하여, 이에 대한 시장은 이미 열리기 시작했다. 예를 들어, 국내에서 판매되고 있는 고급차종의 SCC(Smart Cruise Control) 시스템은 자동차 전방에 부착된 센서를 활용하여 선행 차량의 속도에 따라 가속, 감속, 정지, 재출발 등의 기능을 자동으로 수행하면서 운전자에게 편의성을 제공하고 있다. 2013년 글로벌 시장조사기관 Navigant Research에서 발표한 자료를 살펴보면, 완성차 시장 측면에서 자율주행 자동차의 정식 시판은 2020년으로, 세계 3대 시장(북미, 서유럽, 아시아태평양)에서의 성장속도가 2020년 8,000대에서 2035년 9,540만대로 년 평균 성장률 85%를 기록할 것으로 전망하고, 2035년에는 판매량의 75%가 자율주행 자동차일 것으로 예상하고 있다. 그리고 단독 또는 2개 이상이 적용되는 서비스는 상용화 시작년도가 조금씩 다르기는 하지만, 전체적으로 세계 시장 규모는 2015년 5.8조원에서 2035년 743조원으로 연평균 성장률 56%로 예상된다.¹⁾

자율주행 자동차는 카메라, 라이다, 레이더 등의 센서를 통하여 주변 상황을 정확히 파악하는 기술, 차량 주변 센서로 확인이 어려운 부분은 차량과 차량, 차량과

1) 산업부의 자율주행 자동차 기술개발 방향, KEIT 스마트카 PD실, 2014

도로 등과의 통신을 기반으로 정보 교환을 통해 위험 여부를 종합적으로 판단하는 기술, 운전자와 자동차와의 교감을 통해 자율주행에 대한 신뢰성을 확보하고 위험 상황에 대해 운전자가 적절히 대응할 수 있도록 하는 기술, 혹시 발생할지 모르는 제어오류에 대한 대응 기술 등이 필수적이다. 이와 같은 자율주행 자동차에 적용되는 핵심 기술은 지금까지 자동차 산업에 없는 새로운 기술이다. 지금 선진국에서는 이러한 핵심 부품기술 개발을 위하여 오래 전부터 많은 투자를 하였고 이미 상당부분 개발을 완료하고, 각종 전시회에서 기술을 시연하고 있으며, GM, 벤츠, 도요타 등 선진 자동차 회사들은 2020년경 상용화를 하겠다고 선언하고 있다.

우리나라의 완성차 업체는 선진부품을 활용해 자율주행 자동차 기술 개발이 어느 정도 가능할 것으로 판단된다. 하지만 핵심부품은 국내가 아닌 해외 부품을 적용함으로써 자율주행 기술 개발에서 선진국과 기술격차가 커질 수 있다. 특히 해외 의존도가 심화됨에 따라 기술이 종속되고, 가격 경쟁력이 약화돼 장기적으로는 국내 생산기반을 상실할 가능성도 크다.

국내의 화물운송산업에서 도로 화물운송산업은 전체 시장의 약 70% 이상을 차지하고 있을 정도로 큰 규모로 형성되어 있다. 또한 공로운송이 2011년 약 621,474천 톤으로 전체 화물운송산업에서 약 80% 이상을 차지하고 있다. 또한 업체수를 기준으로 물류산업 전체의 91%, 매출액을 기준으로 85%를 차지하고 있어²⁾ 국내에서 도로 화물운송산업은 매우 중요한 화물운송산업이라 할 수 있다.

[표 1-1] 국내 교통수단별 화물 수송 현황

단위, 천톤, %

	도로		철도		연안해운		항공		합계
	물량	분담률	물량	분담률	물량	분담률	물량	분담률	
2008	555,801	76.2	46,805	6.4	126,964	17.4	254	0.1	729,824
2009	607,480	79.2	38,898	5.1	120,031	15.7	268	0.1	766,677
2010	619,530	79.6	59,217	5.0	119,022	15.3	262	0.1	778,031
2011	621,474	80.5	40,012	5.2	110,135	14.3	281	0.1	771,902

※ 출처 : 국토해양통계연보

그러나 1990년대 후반 이후 규제 완화를 통한 시장경제원칙에 입각하여 경쟁력 강화를 모색하여 왔으나 화물자동차의 공급은 급증한 반면 수요 증대는 미흡하여

2) 화물운송산업의 안정화 성과 및 향후 과제, 한국교통연구원, 2007.06

과잉공급이 발생하였다. 최근 몇 년간 계속된 국제 유가의 인상으로 인하여 화물차주의 수입이 감소되었으며 지입제, 다단계 거래 등 낙후된 시장구조에 대한 불만 등 다양한 원인들이 병합되어 운송시장의 불안정을 초래하고 있는 실정이다.

특히 화물차주의 근로 여건은 상당히 열악한 실정이다. 화물운송의 실질적 주체인 화물차주는 국제유가의 급등으로 인한 경유가 상승, 차량 과잉공급으로 인한 경쟁심화 등으로 실질소득이 저하되고 있으며 특히 지입차주의 경우에는 경유가 인상 등이 발생하더라도 화주의 운임인상으로 수입을 보전하거나 운임인상을 요구하기 곤란한 실정이다.

또한 지역 간 수송을 담당하는 대형화물차주의 경우 숙박비 절감, 화물보호 등을 위해 차내에서 숙박하는 등 근로여건이 열악하고 주차시설 부족으로 인해 도로변, 주택가에 불법 주차를 하고 있는 상황이다. 대형화물운송트럭으로 인해 교통체증 유발과, 안전사고 발생, 대기오염 발생 등의 여러 사회 문제를 야기하고 있으며 특히 화물트럭 운전자의 야간 운행 등, 제반 여건은 매우 열악한 실정이다.

우리나라 경찰청, 도로교통공단의 2009년 통계 및 미국 도로교통안전국 (NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration)의 2010년 통계를 살펴보면, 94%에 이르는 대부분의 교통사고는 운전자의 부주의(전방 주시 태만, 졸음운전, 안전거리 미확보 등)로 인한 사고라고 한다. 화물트럭 종사자들에게 무리한 운송스케줄 및 심야 운행 등은 교통사고의 원인이 될 수 있다.

이에 본 연구에서는 불안정한 화물운송시장의 개선 및 화물차주 여건 개선, 화물트럭으로 인해 야기되는 사회문제를 해결하는 여러 방법 중 하나로 자율주행화물트럭을 제시하고 물류비용분석을 통해 자율주행화물트럭이 화물운송산업에서 효용성이 있는지에 대한 검토를 하고자 한다.

1.2 연구 내용 및 방법

본 논문은 전체 5장으로 구성되어 있다.

1장에서는 본 논문의 전체적인 방향을 기술한다. 2장에서는 무인자율 차량을 정의하고 무인자율차량의 주요 기능에 대해 설명하였다. 또한 주요 나라의 무인자율차량의 개발현황에 대해 알아보고 현재 국내의 무인자율차량의 개발현황을 서술하였다.

3장에서는 무인화물차량의 차량운행비용, 교통시설비용, 교통사고비용, 환경오염비용, 교통혼잡비용, 기타 비용에 대해 분석하였다. 차량운행비용으로는 주로 유류비, 차량비, 통행료에 대해 분석하였고, 교통시설비용은 도로이용료, 차량세, 유류소비세에 대한 비용분석을 하였다. 교통사고 비용은 보험료, 교통사고 피해비용에 대

해 분석하고 환경오염비용은 소음비, 대기오염비, 기타는 인건비 등에 대해 물류비용을 분석하였다.

4장에서는 3장에서 분석한 물류비용을 근거로 기존 화물차에서 무인화물자동차로 전환했을 시의 물류비용 저감에 대해 비교 분석을 하였으며, 마지막 결론 부분으로 본 논문을 구성하였다.



제 2 장 무인화물자동차 개발 현황

2.1 무인자율차량 정의

무인자율차량이라고 함은 운전자의 조작 없이 스스로 정해진 목적지까지 최적의 경로를 설정하고 주변 상황 및 물체를 인지 판단을 내려서 주행하는 차량이다. 이로써 운전자의 부주의로 인한 교통사고를 미연에 방지하게 되어 탑승자를 보호하고 동시에 탑승자에게 편리하고 쾌적한 환경을 제공한다. 이때 개발과정에서는 탑승자의 편리, 안전 및 쾌적성을 최우선적으로 고려해야 한다.³⁾



자료 : 자율주행자동차 동향과 전망, 자동차 부품 연구원, 2015.8.

[그림 2-2] 무인자율차량의 개념

무인자율차량의 운전자의 주행조작 개입정도와 책임소지에 따라 다음과 같이 5 단계로 (레벨0~레벨4)로 구분할 수 있다. 레벨에 따라 운전자의 발(가·감속), 손(조향), 눈(전방주시)의 사용유무가 다르다.

3) 글로벌 자율주행(무인차)차 시장전망과 기술개발 참여업체 사업전략

[표 2-2] 자율주행자동차 단계 구분

수준	정의	개요	운전자 신체 사용유무		
			발	손	눈
Level 0	비자동 (No Automation)	-운전자가 항상 브레이크, 속도조절, 조향 등 안전에 민감한 기능을 제어하고 교통 모니터링 등 안전 조작에 책임	○	○	○
Level 1	기능 특화 자동 (Function-specific Automation)	-운전자가 정상적인 주행 혹은 충돌 임박 상황에서의 일부 기능을 제외한 자동차 제어권을 소유. ex)스마트크루즈컨트롤, 차량자세제어, 자동브레이킹	×	○	○
Level 2	조합 기능 자동 (Combined Function Automation)	-어떤 주행 환경에서 두 개 이상의 제어 기능이 조화롭게 작동. 단, 운전자가 여전히 모니터링 및 안전에 책임을 지고 자동차 제어권을 소유 ex)스마트크루즈컨트롤과 차선중앙유지, 핸들과페달 제어	×	×	○
Level 3	제한된 자율주행 (Limited Self Driving Automation)	-특정 교통 환경에서 자동차가 모든 안전 기능을 제어 -자동차가 모니터링 권한을 갖되 운전자가 제어가 필요한 경우경보신호 제공 -운전자는 간헐적으로 제어	×	×	△
Level 4	완전 자율주행 (Full Self Driving Automation)	-자동차가 모든 안전 기능을 제어하고 상태를 모니터링 -운전자는 목적지 혹은 운행을 입력 -자율주행시스템이 안전 운행에 대해 책임	×	×	×

※ ○ : 사용, △ : 조건부 사용, X : 미사용

※ 출처 : 미교통국 도로교통안전국(NHTSA), 2013

레벨 0은 자동화 시스템이 전혀 없는 자동차(No Automation), 레벨 1은 여러 자동화 시스템 중 1개 시스템이 적용된 자동차(Function-specific Automation), 레벨 2는 여러 자동화 시스템 중 2개 이상이 통합되어 적용된 자동차(Combined Function Automation), 레벨 3은 제한된 조건에서만 자율주행이 가능한 자동차(Limited Self Driving Automation), 레벨 4는 완전 자율주행 자동차(Full Self Driving Automation)를 의미한다.



자료 : 산업부의 자율주행 자동차 기술개발 방향, 산업연구원

[그림 3-2] 무인자율차량의 기술개발 범위

현재 특정 기능(차간거리유지, 자동주차 등)을 지원하는 1개 이상의 자동화 시스템(레벨 1)이 탑재된 자동차는 고급 차종을 중심으로 양산되고 있으며, 레벨 2에 대해서는 2020년 상용화를 목표로 GM, 아우디, 벤츠 등의 양산차사와 발레오, 컨티넨탈, 보쉬 등의 부품사에서 기술 개발 및 시연을 하고 있다.

제한된 조건에서 한시적으로 자율주행이 가능한 자동차(레벨 3)은 현재 테스트가 진행 중인 구글의 자율주행자동차가 그 일예이다. 미국에서는 네바다주, 캘리포니아주에서 자율주행 자동차의 테스트를 목적으로 일정 조건을 충족하는 경우에 한해 해당 차량의 공공도로 주행을 허용했다. 2015년 9월 기준으로 캘리포니아주에서 73대의 구글 자율주행차량의 운행을 허가하였다. 구글의 자율주행 차량은 모두 차체 지붕 위에 LIDAR 레이저 인식센서가 달린 최신 모델로, 이 차량은 최대 속도가 시간 당 25마일이다. 구글은 허가 차량 중 극히 일부만이 현재 일반 도로에서 주행 중이다. 현재 캘리포니아 주 마운틴 뷰에 있는 구글 X 사옥 근처에서 볼 수 있다.⁴⁾

4) 전자신문, “구글의 자율주행 자동차 면허, 4달만에 3배로 빠르게 증가”, <http://www.itworld.co.kr/news/95774>



자료 : <http://www.itworld.co.kr/news/95774>.

[그림 2-4] 구글의 자율주행 차량 예시

미국 캘리포니아에서 자율주행 자동차의 공공도로 테스트를 허용하면서 제시한 조건을 살펴보면, 운전자 측면에서 반드시 위험 상황 대처법 등 방어운전 교육 등을 이수하고 특별면허를 취득한 운전자만이 자율주행 자동차의 운전석에 앉을 수 있다. 또한, 자율주행 자동차의 운전석에서는 특별면허를 취득한 운전자가 반드시 앉아서 만약에 발생할지 모르는 사고에 대비해야 하고, 평상시에는 운전대에서 손을 떼고 있지만, 긴급 상황에는 운전자가 직접 운전을 해야 한다.

그리고 제조업체 측면에서는 자율주행 테스트 차량을 사전에 등록해야 하고, 사고가 발생하게 되면 최대 500만달러(약 51억원)의 보험금을 내야 한다고 알려져 있다. 결과적으로 미국에서도 무인 자동차의 주행은 함부로 허용하고 있지 않고 있는 것이다⁵⁾

레벨 4는 완전 자율주행 자동차로 어떠한 상황에서도 탑승자가 목적지만 입력하면 자동차가 스스로 목적지까지 주행하는 자동차이다. 이 자동차는 기술 개발이 완벽해지고, 사고 발생 시 법적인 책임 및 보험 등의 문제에 대한 사회적 합의가 이루어진 이후에나 양산이 가능할 것으로 예상되므로 실제 판매까지는 상당한 시간이 필요할 듯하다.

향후 자율주행차량의 트렌드는 크게 3가지로 전망된다. 스탠포드 자동차연구센터(CARS)에서는 2015년까지 미국 유럽 등의 자동차 제조업체⁶⁾, 일본의 OEM 업체, 인텔, 파나소닉 같은 IT기업 등 총 40개 사가 넘는 업체들을 참여시켜 산학 제휴 프로그램을 운영하고 있다. 이 프로그램을 통하여 CARS에서는 미래 자율주행차량의 개발방향을 세 가지로 전망하였다.

5) 전자신문, “캘리포니아주, 자율주행차 도로 운행 허용”, <http://www.etnews.com/20140525000041>

6) 한국의 현대자동차도 포함

[표 2-3] 자율주행차량의 3가지 트렌드

	Evolution	Revolution	Transpormation
Who	OEMs and Tier 1s	IT Companies	Startups and Services
Goal	Enrich protect value	More market share	Create new business
Competences	-Testing -Manufacturing -Distribution -Marketing, Sales -Operation -Service	-AI implementation -Localization&Mapping -Ongoing Improvement -Data/Online service -Public road testing -New Business Models	-Localization&mapping -Innovative sensor tech -new Vehicle&Biz models -Trial&error mentality -Loan R&D process -No historic baggage

출처 : Sven A, Beiker, CARS, 2015.1

완성차 기업들은 자율주행차의 기술 확보에 주력하면서도 자율주행차 시장의 전면적 확산보다는 점진적 확산을 예상하였다. IT기업들은 자율주행차 시대가 앞당겨 질수록 새로운 비즈니스 모델을 발굴하고 자동차 시장에서 입지를 넓힐 수 있을 것으로 판단하고 있기 때문에 보다 적극적으로 자율주행차 확산에 앞장설 것으로 전망하게 되었다.

자율주행차는 그 가능성에도 불구하고 악천후와 거친 도로환경에서도 안전 주행을 보장할 수 있는 기술 수준의 제고, 자율주행을 위한 법규의 마련 및 생산 비용 하락 등 그 확산을 위하여 해결해야할 점들이 많아서 빠르게 시장이 형성되지는 않겠지만 시장의 확대는 필연적인 흐름으로 보고 있었다.

또한 자율주행차가 자동차 관련 비즈니스 환경을 구조적으로 바꿀 가능성을 제기하였다. 운송, 여객 등의 비용을 크게 낮추고 차량 공유 서비스 등 새로운 비즈니스를 촉발하는 기폭제로 작용되는 것과 미래 인공 지능이 다양한 산업에 적용될 때의 모습을 미리 엿볼 수 있는 창이 될 수 있다는 점 등이다.⁷⁾

자율주행자동차의 향후 시장전망에 대해서는 다음과 같다. 자율주행자동차는 2020년 시장에 출시될 것으로 예상되며 2020년 ~ 2035년까지 북미, 서유럽, 아시아 태평양 3개 지역의 자율주행자동차 시장 연평균성장률은 85%에 이를 것으로 전망되고 있다. 전 세계 자동차시장에서도 해당년도에 새로 출시되는 자동차 중 자율주행자동차의 비중은 2025년 4.4% → 2030년 40.5% → 2035년 75.1%에 이를 것으로 전망된다.

7) 글로벌 자율주행차 시장전망과 기술개발

[표 2-4] 완전자율주행차량 시장 전망

[단위 : 천대, %]

구분		2015	2020	2025	2030	2035
자동차전체		88,534	98,103	106,917	116,221	127,170
완전 자율주행 자동차	대수	-	7.3	4,756	47,113	95,444
	비율	0.0%	0.01%	4.4%	40.5%	75.1%

※ 출처 : Autonomous Vehicles (Navigant Research, Q3 2013)

완전 자율차량 보급이전에는 일반 차량에 특정 기능의 자율주행시스템이 장착된 자동차 시장이 형성할 것으로 전망된다(레벨2, 레벨3 수준). 다 차로 차선변경, 교통체증저속구간 자동운전지원, 자동주차, 합류로 및 분기로 주행지원 기능을 장착한 반자율 주행차량 시장이 성장될 것으로 예측된다.⁸⁾

[표 2-5] 반자율주행차량 시장 전망

[단위 : 천대, %]

구분		2015	2020	2025	2030	2035
다차로차선변경	수량	18	9,700	68,458	105,570	119,491
	장착율	0.0%	9.9%	4.4%	40.5%	75.1%
교통체증저속구간 자동운전지원	수량	225	33,113	92,527	108,193	121,204
	장착율	0.3%	33.8%	86.5%	93.1%	95.3%
자동주차	수량	15	11116	66372	95404	110843
	장착율	0.0%	11.3%	62.1%	82.1%	75.1%
합류로 및 분기로 주행지원	수량	0.6	1419	27438	76804	108999
	장착율	0.0%	1.4%	25.7%	66.1%	85.7%

※ 출처 : Autonomous Vehicles (Navigant Research, Q3 2013)

2.2 무인자율차량 주요 기능

자율주행 차량의 주행을 위해서는 차량이 스스로 주변 환경을 인식하고 위험을 판단, 주행 경로를 계획하여 운전자의 주행조작을 최소화하고 스스로 안전 주행이 가능해야 한다. 이를 위해서는 아래 [표 2-6]와 같이 주변 환경인식, 위치인식 및

8) 자율주행자동차 동향과 전망, 이재관, 자동차부품연구원, 2015.08

맵핑, 판단, 제어, 인터렉션 기술을 필요로 한다. 현재까지의 자율주행 자동차 기술은 고가의 라이다 및 GPS(Global Positioning System)를 활용하여 주변 환경을 인식하고, 자차의 위치를 추정하고 있다.

또한 인식 정보 처리 및 판단을 위해 여러 대의 컴퓨터 클러스터를 이용해 분산 처리를 하고 있다. 조향이나 속도, 기어 제어를 위해서는 모터나 센서를 추가하는 등 개조를 통해 제어하고 있다. Google 자율주행 차량의 경우에도 수억원의 장비가 탑재되어 있는 실정이다.⁹⁾

[표 2-6] 자율주행차량 기술 구성 요소

기술	설명
환경인식 (Perception)	-레이다, 라이다, (스테레오) 카메라 등의 센서 사용 -정적장애물, 동적장애물(차량/보행자 등), 도로표식(차선, 정지선, 횡단보도 등), 신호등 신호 등을 인식
위치인식 및 맵핑 (Localization)	-GPS/INS*/Encoder, 기타 맵핑을 위한 센서 사용 -자차의 절대/상대 위치 추정
판단 (Motion Planning)	-목적지까지의 경로 계획 -장애물 회피 경로 계획 -주행 상황별 행동 판단 (차선유지, 차선변경, 좌우회전, 저속차량 추월, 유턴, 비상정지, 갓길정차, 주차 등)
제어 (Control)	-주어진 경로를 추종하기 위해 조향, 가감속, 기어 등 액츄에이터 제어
인터랙션	-HVI*를 통해 운전자에게 경고 및 정보제공, 운전자로부터 명령입력 -V2X 통신을 통해 인프라 및 주변차량과 주행정보 교환

* INS (Inertial Navigation System) / * HVI(Human Vehicle Interaction)

참고문헌 자율주행자동차의 기술 동향

9) 자율주행자동차의 기술 동향



자료 : 스마트 자율협력주행 도로시스템 개발, 국토교통부

[그림 2-5] 무인자율차량의 기술 구성

2.2.1 환경인식 (Perception)

센서를 이용한 주행 환경인지 기술은 자율주행 차량 주변에 존재하는 다양한 대상물체 및 장애물과의 거리와 크기를 측정하여 대상 물체와의 상대 거리와 공간 정보를 인식하는 기술이다. 주변 환경 인지 기술에 사용되는 주요 센서로는 Radar, Lidar, Camera sensor, Ultrasonic sensor 등이 있다.



자료 : 상용화 속도 내는 글로벌 완성차, 전자신문, 2014.11

[그림 2-6] 차량용 센서 기술



자료 : 미래사회를 준비하는 자율주행 ICT 기술동향, 한국방송통신전파진흥원, 2013.12

[그림 2-7] 무인자율차량을 위한 환경 인지용 센서

현재 구글 자동차에서 사용되고 있는 센서로서는 2007년 처음으로 DARPA의 Urban Challenge에 참가한 무인자율주행자동차 대회 참가용 자동차에 장착한 3D 레이저 스캐너(Velodyne사의 HDLTM-64E)이다.



자료 : 미래사회를 준비하는 자율주행 ICT 기술동향, 한국방송통신전파진흥원, 2013.12

[그림 2-8] 2007년 Urban challenge 참가 차량의 레이저 스캐너 전경

Radar를 활용한 다양한 안전 편의 기능은 오래전부터 개발되어 왔으며 종 방향

위치 감지 성능이 뛰어나고 날씨 변화에 비교적 강건한 장점이 있다. Lidar는 종/횡 방향 위치 검출 능력이 매우 뛰어나며 물체의 크기 정보 또한 비교적 정확히 감지할 수 있지만 차량외부에 돌출되는 형태로 장착을 해야 하기 때문에 차량의 미관을 해칠 가능성이 있으며 가격 면에서도 양산에 어려운 점이 있다. 최근 크기가 소형화되고 가격 또한 낮아지는 추세이다.

카메라 센서는 비교적 저렴한 비용이 장점이며 차선인식, 야간광원인식, 차량인식, 교통표지판 인식, 보행자인식 기술 등을 포함하여 보다 복잡하고 다양한 형태의 자율주행차량 인식 시스템으로 활용이 가능하다. 초음파 센서는 자동차 주변의 근거리 장애물과의 충돌을 감지하기 위함이며 레이더는 전파의 방사에 의하여 생긴 반사파를 이용하여 물체의 위치를 탐지하는 센서로 도플러 효과를 이용하는 것이다.

다중 센서의 융합기술은 보다 저렴하고 제품화 할 수 있는 센서들을 사용하면서도 주변 주행 환경에 대해서 효과적으로 정보를 얻을 수 있도록 하는 다중 센서 데이터들의 퓨전 연구가 활발하게 진행 중이다. 다양한 센서의 융합으로 단일 센서가 갖는 장점을 효과적으로 결합하여 단일 센서의 단점을 극복하였다.

2000년대 접어들면서 자동차 전용 통신기술(V2X)을 기반으로 차량의 주행 안전성 및 편의성을 증대시키기 위한 연구가 지속적으로 수행되어 왔다. V2V(Vehicle - to - Vehicle)시스템으로는 급브레이크 경보, 교차로 지원, 서행 및 정지 차량 경보, 응급차량경보, 사고 도로공사 경보 등이 있다.

V2I(Vehicle - to - Infrastructure)시스템으로는 교통신호정보, 날씨/도로 정보, 노면상태/도로장애물정보 제공 및 IC/JC 합류 지원 등이 있다. V2X를 활용한 주변의 차량의 인프라 등과 로컬 네트워크를 형성하면 각 차량들의 주생 상태 정보 및 각 차량들에 탑재된 환경 센서로부터 인지되는 정보를 공유할 수 있게 된다. 주변의 차량과 인프라들을 차량 외부에 탑재된 환경 센서처럼 활용하여 인지 영역을 확장할 수 있고 이를 통해 주변 교통 환경에 대해 이해도를 높일 수 있는 것이 장점이다.



자료 : 지능형교통시스템 V2X로 진화, 정보통신신문, 2012.06

[그림 2-9] V2X 개념

2.2.2 위치인식 및 맵핑(Localization)

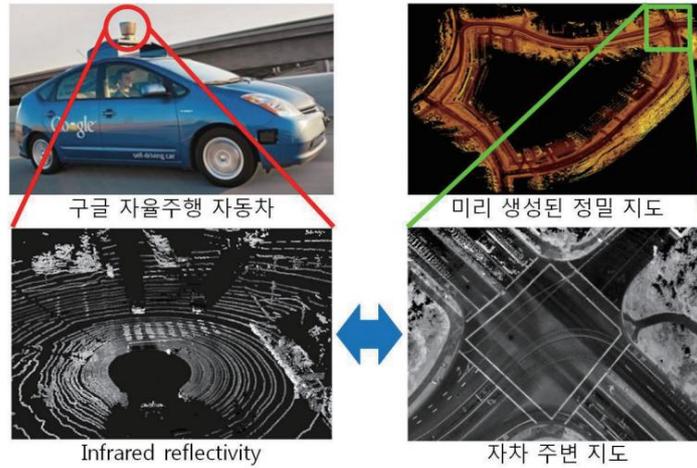
운행하고 있는 차량의 위치를 추정하는 위치인식 기술을 측위 기술이라고도 하며 자율차량과 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)에 반드시 필요한 기술이다. 자차의 위치를 정확하게 알게 되면 이를 통해 획득할 수 있는 사전지식을 기반으로 주변 환경 인식을 개선할 수 있게 되고 주변 지형을 고려한 최적의 제어를 구현할 수 있다. 이에 따라 차량의 안정성을 향상 시키고 연비를 개선할 있다.

측위기술을 위해 사용되고 있는 방식은 GPS, 관성항법 방식, 센서 융합기반 정밀 측위 방식 등이 있다. GPS(Global Positioning System)등의 위성 정보를 활용하는 것은 현재 가장 널리 사용되고 있는 방식이다. 지구 좌표계에서의 절대 위치를 제공하고 위치오차가 누적되지 않는다는 장점이 있지만 전파수신 상황에 따라 위치 정밀도가 좌우되는 한계점이 있다.

이를 보완하기 위해 IMU(Inertial Measurement Unit)등을 활용하는 관성항법 방식이 활용되기도 한다. 관성항법 방식은 전파 수신 상황에 무관하여 짧은 주행 거리에서 정밀한 상대 위치를 제공하는 장점이 있다. 하지만 누적 기반 위치 추정 방법의 한계로 인해 시간이 지속됨에 따라 오차가 지속적으로 증가한다는 한계가 있다.

최근에는 센서 융합 기반 정밀 측위에 대한 연구가 활발하게 진행 중에 있다. 일반적으로 센서 융합 기반 정밀 측위 시스템은 기존에 사용되던 GPS, IMU와 함께

환경 인식 센서(카메라, Lidar 등)과 정밀 지도를 융합하여 자차의 위치를 추적하는 방식을 사용하고 있다.



자료 : 센서 융합 기반 자동차용 정밀측위시스템, 한양대학교, 2015.06

[그림 2-10] 구글의 센서 융합 정밀 측위 시스템

2.2.3 판단(Motion Planning)

Localization 및 Perception 정보를 바탕으로 차량의 현 위치에서 목적지로 향하는 경로를 생성하는 기술을 의미한다. Global Path Planning은 출발 지점에서 목적지로 향하는 전체적인 경로를 결정하는 것으로 최근에는 차량 연비를 고려한 경로 생성 기법에 대한 연구가 진행되고 있다. 이러한 경로 생성 기술들은 앞서 언급한 디지털 맵 또는 V2I 등의 정보를 활용하는 자율주행 기술과 융합하여 자율주행 차량의 연비효율 향상에 유효할 것으로 기대된다.

Local Path Planning은 차량 수십 미터 사이에 존재하는 장애물 및 주행 환경을 고려한 경로를 생성하는 것이다. 차량의 경로 이탈을 지속적으로 감시하며 차량 전방에 존재하는 다양한 정지 물체 및 이동 중인 물체와의 충돌을 회피할 수 있는 Driveable space를 구분해 내고 충돌 없이 원하는 목적지로 이동할 수 있는 최적 경로를 생성하는 시스템이다. 최근 구글에서 최근 출원한 자율주행기술 관련 특허에서는 주변에 존재하는 차량들의 현재 위치뿐만 아니라 미래의 거동을 예측하고 이를 고려하여 차량을 제어해야 한다고 언급하였다.

2.2.4 제어(Control)

자율주행차량의 주행 중 Motion Planning의 결과로 차량의 종/횡방향 운동 계획이 결정될 경우 차량 제어 알고리즘은 차량의 상태 정보를 지속적으로 감지하여 주

어진 경로를 추종하고 차량이 안전한 상태를 유지하도록 감/가속 및 조향에 대한 실시간 제어를 수행한다. 차량의 주행 안정 상태를 판단하기 위해서는 Under-steer 및 Over-steer에 대한 판단 정보와 Side-slip Angle 정보 등이 필요하며 이러한 정보는 센서를 통해 쉽게 계측되지 않기 때문에 차량의 주행상태를 추정하는 연구가 활발하게 진행 중에 있다.

현재까지 연구된 다수의 운전자 지원 제어 시스템 기술 및 자율 주행 제어 기술은 일반적인 운전자의 주행 특성을 도출한 후 이를 반영하도록 개발되었다. 이러한 시스템들은 개별 운전자의 서로 다른 주행 특성을 반영하기 어렵기 때문에 운전자들에게 시스템에 대한 이질감 및 거부감 제공의 원인이 될 수 있다. 미숙한 운전자 또는 노령의 운전자들은 능숙한 운전자들에 비해 주변 차량과의 안전거리를 크게 유지하면서 보수적으로 운전하는 성향을 보이는데 이러한 운전자들에게 일반적인 운전자의 주행 특성을 반영한 자율주행 제어 시스템은 불안감을 제공하고 시스템에 대한 수용성을 떨어뜨리는 결과를 초래한다. 또한, 자율주행차량의 주행 이질감 해소 및 운전자 수용성 향상을 위하여 운전자의 주행성향을 분석 및 판단하고 이를 차량 제어에 활용하는 연구들이 수행되고 있다.

2.3 무인자율차량 개발현황

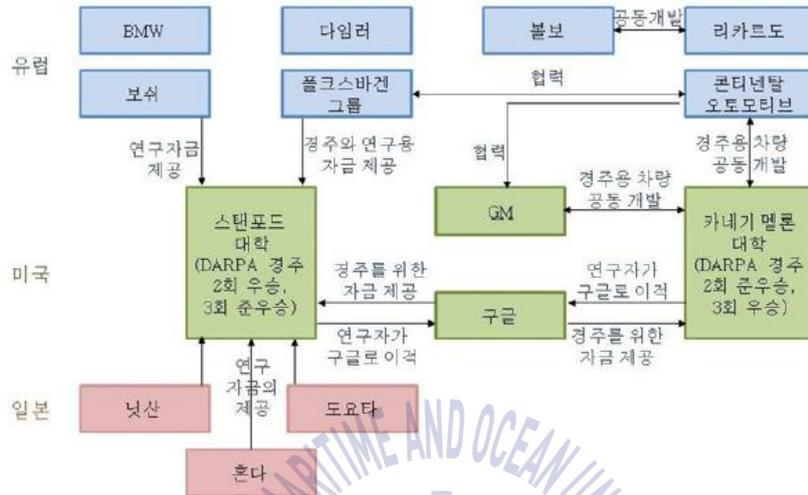
2.3.1 미국

미국에서는 무인자동차 연구 개발이 본격적으로 시작된 계기는 미국 국방부 산하 연구기관인 DARPA(Defense Advanced Research Project Agency)가 마련되면서 부터이다. DARPA는 2003~2007년 동안 무인 자동충전 자동차 경기를 3회 개최하였으며 이 대회와 표면적인 목적은 군사용도의 기술개발이나 실은 많은 민간 기업들의 대리 경쟁과 같은 양상을 드러내었다. 경기에 참가한 팀은 대학이나 연구기관이 대부분이었지만 자동차 업체들을 위시한 기업들이 각 팀에 자금 뿐만 아니라 인력과 기술개발에 협력을 하고 있었기 때문이다.

총 3번의 경기 이후 치열한 개발 경쟁의 촉매가 된 것은 2007년에 열린 3회째 캘리포니아주 북동부 조지 공군 기지 철거 부지를 무대로 개최된 ‘Urban Challenge’ 대회로서, 미국의 일반 도로와 매우 흡사한 환경을 설정하고 대회 코스 또한 교통신호와 도로 표지판, 교차로 등을 배치하였으며 캘리포니아주의 교통 법규를 준수하도록 하였고 사람이 운전하는 차량도 포함하여 주행하도록 하였다.

무인 자동차 기술 개발에 있어 가장 난이도가 높은 것이 주행 환경이 복잡한 일반 도로에서 달리는 것으로 ‘Urban Challenge’ 에서 결승에 진출한 11개 팀 중 6

개 팀만이 완주하였다. 사실 ‘Urban Challenge’ 대회의 결과는 미국뿐만 아니라 유럽과 일본 등 전 세계의 완성차 업체들이 무인 자동차 기술개발에 나서게 만드는 계기가 되었다. 이전에는 제도 환경 등의 요인으로 미국 업체들을 중심으로 한 연구개발만이 진전되었다.¹⁰⁾



자료 : Automotive Technology, 2013.3

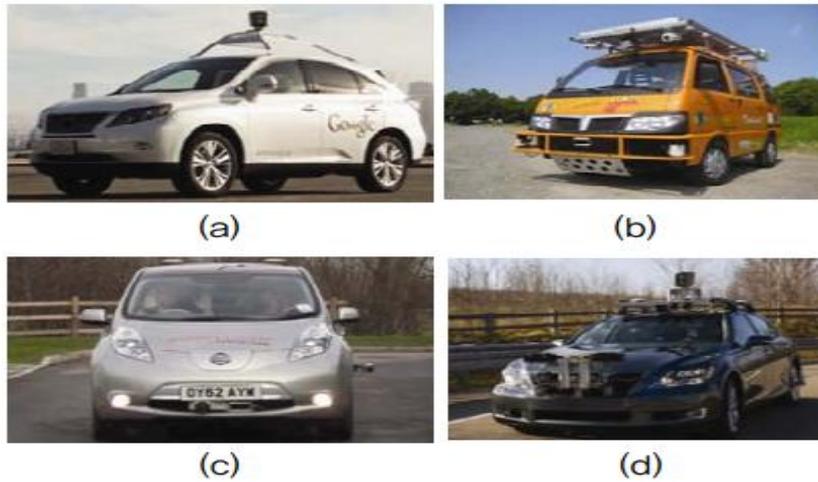
[그림 2-11] 무인 자동차 기술개발 협력 방안

Google은 DARPA 무인차 대회에서 우승한 Stanford 대학의 리더의 세바스찬 스런 교수와 CMU의 Chris Urmson 교수를 포함한 핵심 연구원들을 영입하여 자율주행자동차를 개발하고 있다 ([그림2-10] 참조). Google차에는 가장 핵심 기술인 Google 지도가 탑재되어 있으며, 차량 앞과 뒤편에 4개의 레이더, 천장에는 3차원 라이다, GPS/INS/Encoder가, 실내에는 전방을 주시하는 2개의 카메라가 설치되어 차량, 보행자, 도로, 신호 등을 인식하며 자동으로 주행한다. Google은 이미 토요타 프리우스 및 렉서스 RX450h차량 등 십여 대의 차량을 이용하여 캘리포니아 도로와 샌프란시스코 도로에서 42만 km(지구 12바퀴 거리)의 테스트 주행을 하였다.

세바스찬 스런은 다음 단계로 출근길을 주행하며 테스트할 예정이라고 밝혔으며, 고속도로상의 사슴과 같은 동물이나, 눈이 덮인 도로, 경찰 수신호와 같은 실제상황에서는 해결해야 할 상황이 너무 많다고 밝히고 있다. 이탈리아 Parma 대학의 Alberto Broggi 교수팀은 PROMETHEUS 프로젝트의 참가를 시작으로 무인차 연구를 시작했으며, 이후 ARGO 프로젝트와 DARPA 대회에 TerraMax 차량으로 참가하기도 했다. 또한 2010년 VIAC(Vislab Intercontinental Autonomous Challenge) 를 통해 이

10) 전세계 완성차 업체들의 무인 자동차 개발 경쟁

탈리아 파르마에서 중국 상하이까지 16,000km를 주행하기도 하였다 ([그림 2-11]참조). 11)



[그림 2-12] Google 차량(a), Parma대학 차량(b), Oxford 대학 차량(c), Toyota 차량(d)

현재 자율주행 자동차와 관련된 법 제정에서 가장 앞서 있는 나라는 미국이다. 미국은 <표 2-7>에서와 같이 12개 주에서 법령을 이미 제정했거나 심사 중에 있다. 이 중 가장 먼저 법안을 통과시킨 네바다주 법안(Chapter 482A, Autonomous Vehicles)의 특징을 살펴보면, 면허의 주체에 차량도 포함할 수 있도록 하며 [그림 2-12]과 같이 붉은색 번호판에 미래의 차를 의미하는 ◎표시와 하단에 ‘autonomous vehicle’을 표시하도록 하고 있고 두 명의 탑승자를 의무화하고 있다.

그러나 현재의 법안들은 주로 자율주행 자동차의 도로 시험을 허용하기 위한 법안으로 도로 주행 테스트를 위한 준수사항, 신청절차, 자격요건 등을 주로 다루고 있으므로, 향후에 실제 상용화된 자동차가 주행하기 위해서는 자율주행 자동차를 위한 세부적인 성능 및 안전기준에 관한 법령이 제정되어야 할 것이다.¹²⁾

11) 자율주행자동차 기술 동향

12) 자율주행자동차 기술 동향



[그림 2-13] Google의 자율주행 면허 차량

[표 2-7] 미국 자율주행 관련 법령 제정 현황

구분	내용
법령제정 완료 주	네바다(2011년 6월) 플로리다(2012년 4월) 캘리포니아(2012년 10월)
법안 심사 중인 주	워싱턴DC, 하와이, 미시간, 뉴햄프셔, 오레곤, 텍사스, 워싱턴, 오클라호마, 콜로라도(이상 9개주)

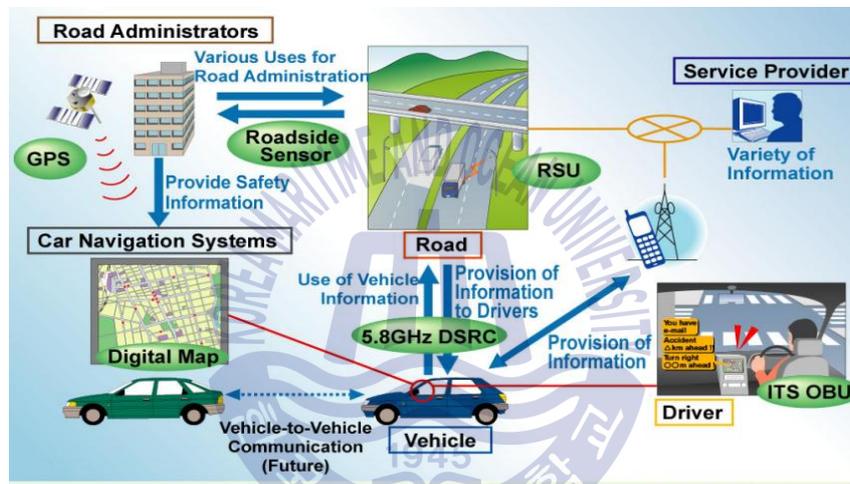
2.3.2 일본

일본 정부를 주도로 토요타, 혼다, 닛산 등 자동차 업체, 텐소, 히타치 등 부품 업체, ICT업계 및 대학 등이 참여해 기술 협력 및 표준을 맞춰가고 있는 중에 있다. 센서, SW를 공동화함으로써 개발 비용을 줄이고 있으며 이는, 독일과 미국과의 국제 표준화 경쟁을 염두를 두고 있다.

국토교통성과 완성차업체 토요타와 닛산, 부품업체가 공동으로 무인자동차 기술을 개발 중에 있으며 2012년 미국 스탠포드 대학과 무인자동차 관련 공동연구를 발표하였다.

자율주행차 개발을 지능형 도로 인프라 구축 분야와 지능형 차량으로 나누어 안전한 안전운행을 위하여 정부에서 다양한 투자를 진행하고 있다. 세계에서 가장 안전한 도로 환경 구축 및 교통사고 사상자 5,000명 이하를 목표로 smart way, ITS-Safety 프로젝트가 진행 중에 있다. Smart Way는 국토 교통성이 추진하는 프로

젝트로 도로와 차량이 연계하여(차로 협조), 센서와 차로간 통신 등에 의해 교통사고와 혼잡구간을 줄이는 것을 목표로 하고 있다. ITS-Safety에 대응하는 시스템은 전방상황, 정보제공시스템, 합류지원 정보 제공시스템, 전자표식 정보제공시스템등이 있다. 또한 일본 정부는 2012년 DSRC(교통정보수집장치) 기술을 이용해 무인주차장관, 전자요금결제, 배차간격 조정 등을 구축하였다. DSRC(Dedication Range Communication)은 신호가 없어 예측이 어려운 교차점 등에 광비콘에 의한 도로 - 차량간 통신에 의해 주의해야 할 차량의 존재를 운전자에게 알려줌으로써 안전 운전을 가능하게 한다. 근거리 전용 통신으로 도로변에 설치된 소형 기지국(노변 기지국)과 차량에 탑재된 단말기(OBU)의 통신에 이용되고 있다.



자료 : Smartway Project. Hiroshi Makino, 2005

[그림 2-14] Smartway 개념도

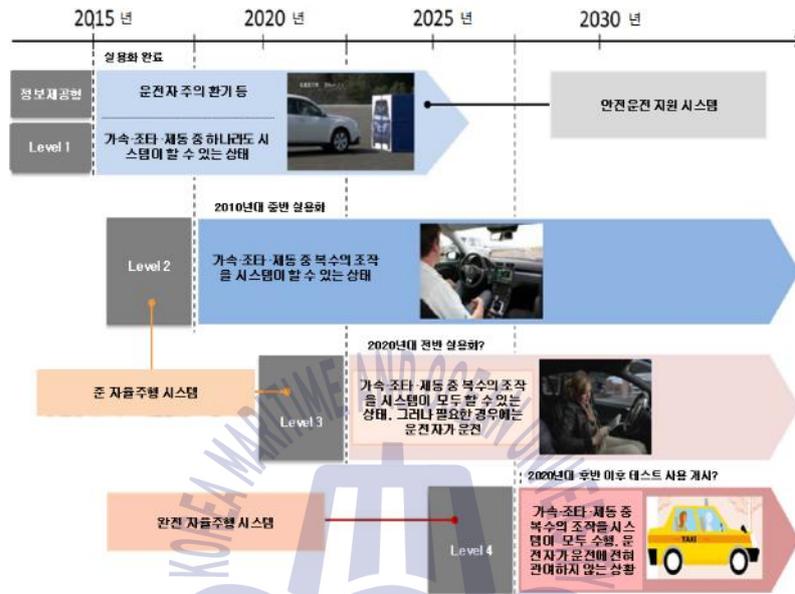
일본의 자율주행기술의 개발동향을 살펴보면 먼저 2012년 국토 교통성 주도로 도쿄올림픽이 개최되는 2020년까지 고속도로의 자율주행차 전용차선 구축방안을 확정하고 관련 표준 및 법률, 인프라 개선에 착수하였다. 또한 2013년 니산의 자율주행차량¹³⁾에 실제 번호판을 발급하여 일반 도로에서 시험 주행을 할 수 있도록 허가하였다.

2015년에는 경제 및 산업 경쟁력에 중요한 과제를 수행하기 위한 ‘전략적 이노베이션 창조 프로그램’의 10대 과제 중 자율주행시스템 기술이 하나의 과제로 선정되어 2020년까지 자율주행시스템 개발과 보급을 목표로 하는 등 국가적으로 전폭적인 지원을 하고 있다.

2015년 6월 ‘관민 ITS 구상 로드맵’을 발표하여 2030년부터 완전 자율주행을

13) 일본 법률에 따라 레벨 3에 해당하는 자율주행차량

목표로 하는 계획을 발표하여 2020년 도쿄 올림픽에서 대회 수송에 자율주행차량을 활용한 계획이다. 또한 일본 가나가와현에서는 올해(2016년)부터 자율주행 택시 시범사업을 개시한다고 밝혔다. 이 서비스는 우선적으로 가나가와 현의 50여명을 대상으로 집과 인근 지역 상점 근처 도로에서 운행될 예정으로 약 3Km정도를 운행할 계획이다.



자료 : 경제산업성(자동주행 비즈니스 검토회 중간보고서(2015.6.)

[그림 2-15] 일본의 자율주행기술 로드맵

2.3.3 유럽

유럽에서는 미국과 같이 자율주행 관련 법안을 제정하고 있지는 않으나, ADAS(Advanced Driver Assistance System) 및 자율주행 관련 프로젝트를 진행하면서 비엔나 도로교통 협약(Vienna Convention on Road Traffic)에 개발 내용이 위배되지 않는지를 주로 점검하고 있다. 비엔나 도로교통 협약은 1968년 UN에서 협약국 간 도로 교통 및 안전과 관련된 교통법규를 표준화하기 위해 제정 및 선포한 협약으로 아일랜드, 스페인, 영국 등을 제외한 대부분의 유럽연합국가들이 가입한 상태이다. (현재 우리나라는 비엔나협약이 국제적으로 효력 있는 협약임을 승인하였으나 가입하지는 않음). 비엔나 협약 중에 자율주행 자동차와 관련된 조항은 [표 2-7]과 같다.

유럽의 프로젝트를 통해 연구한 결과에 따르면 비엔나 협약이 ADAS나 자율주행 시스템에 제한된 영향을 줄 것이라는 의견이 많았다. 먼저 현재 ADAS의 경우 on/off 스위치를 통해 운전자가 제어를 오버라이드 하는 기능을 제공하고 있고, 제

조사들이 마케팅 전략을 통해 모든 주행 상황에서 기능이 동작하는 것은 아니라고 주장함으로써 비엔나 협약에서 논의된 ‘운전자가 항상 제어할 수 있어야 한다’라는 부분을 해결하고 있다.

자율주행의 경우에도 여러 가지 단계가 존재할 수 있는데, 운전자가 전혀 제어에 관여할 필요가 없는 완전한 자율주행은 비엔나 협약의 범위 밖에 해당하나 그 이외에는 운전자가 언제든지 개입할 수 있으므로, 비엔나 협약에 따른다고 말할 수 있을 것이다. 유럽에서 이루어지는 자율주행 관련 연구들은 중형방향이 자동으로 이루어지더라도 언제든지 운전자가 개입할 수 있는 자동주행 단계를 대상으로 주로 연구가 이루어지고 있다.

또한 비엔나협약이 제정될 당시 (1968년)에는 동물이 마차를 끄는 경우도 있었다는 상황을 생각한다면, 조항에 대한 해석 또는 개정의 여지도 고려해볼 수 있을 것이다. 비엔나협약의 Annex 5에는 이미 면제를 허용하는 경우가 있는데, 협약국의 국내에서 기술의 발전 추세를 따라가기 위해 실험에 사용되는 차량이나 특별한 조건하의 특별한 차량에 대해서는 면제를 허용해 주고 있으므로, 자율주행자동차를 위한 시험의 목적은 허용된다고 생각할 수 있을 것이다.¹⁴⁾

[표 2-8] 비엔나 도로교통 협약 중 관련 조항

조항	내용
8조(Article 8) : 운전자(Drivers)	1항. 모든 이동하는 차량(vehicle) 또는 집합적 차량(combination of vehicles)에는 운전자가 있어야 한다. 3항. 모든 운전자는 필요한 신체적, 정신적 능력을 소유하고 있어야 하며, 운전시에 적합한 신체적, 정신적 상태에 있어야 한다. 5항. 모든 운전자는 항상 차량을 제어하거나 동물을 가이드 할 수 있어야한다.
13조(Article 13) : 속도 및 차간거리 (Speed and distance between vehicles)	1항. 모든 차량의 운전자는 적절한 주의를 기울이고, 필요한 운전 조작을 하기 위해 모든 상황에서 차량을 통제하에 두어야 한다. 운전자는 지세, 도로상태, 적재 상태, 날씨 상태, 교통 상태와 같은 환경에 지속적으로 주의를 기울여 속도를 조절해야 하고, 가시성이 좋지 않을 때 속도를 늦추거나 멈추어야 한다. 5항. 다른 차량의 뒤에서 이동하는 차량의 운전자는 충돌을 회피하기 위해 충분한 거리를 두어야 한다.

박종훈 외, “전 세계 완성차 업체들의 무인 자동차 개발경쟁,” 주간기술동향, 2013, pp.25~35.

무인화물 자동차의 경우에는 독일에 다임러사에서 개발되었다. 프라이트 라이너

14) 자율주행자동차 기술 동향

인스피레이션 트럭(Freightliner Inspiration Truck)은 다임러가 개발한 자동 운전 트럭으로 세계에서 처음으로 일반 도로 주행이 허용된 자동 운전 차량이다. 이를 기념하기 위해 다임러는 미국 애리조나와 네바다 주 경계에 위치한 콜로라도강 협곡에 위치한 후버댐에서 대대적으로 차량 번호판 부착 행사를 열기도 했다.



[그림 2-16] 프라이트 라이너 인스피레이션 트럭

이 트럭은 하이웨이 파일럿(Highway Pilot)이라고 불리는 자동 운전 시스템을 갖추고 있다. 물론 이번에 번호판을 부여 받았지만 고속도로에서 주행할 때에는 운전자가 항상 운전석에 앉아서 시스템을 감시해야 하며, 필요에 따라 운전 조작을 할 수 있어야 한다. 이 트럭이 주목받는 이유 가운데 하나는 운송업 분야에서 자동 운전 트럭이 연료비 절감은 물론 운전자 휴식을 돕는 획기적 기술이 될 것으로 기대되기 때문이다.

지난 몇 년 동안 수많은 자동운전 차량이 테스트를 진행해왔지만 대부분 같은 루트를 반복 주행하거나 다른 차가 없는 곳에서 실시한 안전한 실험이었다. 하지만 다임러의 자동운전 트럭은 고속도로에서 사람보다 완만한 속도로 가속이나 감속을 하거나 여러 대를 동시 주행하도록 해 공기 저항을 줄이는 등 고속도로 정체를 완화하고 연료 절감을 통한 환경 보호에 도움이 될 것으로 보인다.

이 트럭은 차량끼리 상호 통신을 하면서 적절한 차간 거리를 유지한다. 가속이나 감속 타이밍 역시 이런 통신 과정으로 확인, 실행한다. 적정 차간 거리를 유지하는 만큼 이를 통해 트럭이 받는 공기 저항도 최적화하게 된다. 이 트럭 3대가 주행하면 평균 5.3%, 5대라면 6%까지 연비를 절감할 수 있을 정도라고 한다. 그만큼 뛰어난 공기 저항 조절 능력을 갖추고 있다는 것이다. 그 뿐 아니라 주행 차선을 벗어나지 않게 주행하는 건 물론 앞뒤 차량과 충돌하지 않게 속도를 자동으로 조절한

다. 트럭 대시보드 부분에 위치한 카메라와 레이더를 통해 이를 조절하는데 카메라는 100m, 레이더는 250m까지 인식할 수 있다.

다만 하이웨이 파일럿 자체가 고속도로 주행 시스템이라는 뜻인 만큼 고속도로를 벗어나면 운전자가 직접 트럭을 운전해야 한다. 차량 추월이나 차선 변경도 운전자가 스스로 해야 하며 이를 위해 운전자는 언제든지 자동운전 시스템을 끌 수 있다.¹⁵⁾



[그림 2-17] 프라이트 라이너 인스피레이션 트럭 내부

2.3.4 한국

국내에서는 2006년부터 현대자동차와 한양대가 자율주행차 기술개발에 착수했으나 현재 기술수준은 세계에 비해 5 ~ 6년 격차를 보이고 있으며 이는 유럽 대비 83.8%(기술격차는 1.4년)에 머무르고 있다. 따라서 기술 개발의 필요성이 절실하다. 전체적으로 핵심 기술 중 위치추적 기능, 패스 플래닝 능력, 자동차 제어 기술은 세계와 비슷한 수준이지만 주변 환경 인지기술의 기술력이 떨어지는 것으로 보고된다.

또한 주요 핵심부품의 높은 수입 의존도와 자동차 반도체와 임베디드 소프트웨어 등 안전 및 편의 기술의 기반이 되는 기술 수준이 미흡한 점이 기술 격차의 원인이다.

15) <http://techholic.co.kr/archives/33304>

[표 2-9] 국내의 원천·산업기술력 발전현황

항목	내용
원천 기술력	<ul style="list-style-type: none"> ●현재 선진국 대비 기술 낮지만 정부가 정책을 마련하고 지원하고 있음 ●스마트카 강국인 유럽, 일본, 미국이 자율주행 기술 개발에 집중하므로 국내도 자율주행 핵심 기술 투자 시급함 ●선진국의 안전규제(Euro NCAP 등) 강화됨에 따라 사고 예방/회피 기술의 확보가 필요함 ●자동차와 타 산업 기술간 융합 및 센싱시스템 기술 확보 필요
산업 기술력	<ul style="list-style-type: none"> ●완성차 측면에서 세계 Top Class에 진입하였으나, 핵심 부품 설계 기술력 확보가 시급함 ●고급 자동차에 선택적으로 안전 기술과 초기 단계의 인포테인먼트가 적용되면서 기술내재화 빠르게 진행 중

자료 : 자동차, 이제는 안전지대, 교보증권, 2014. 04. 01

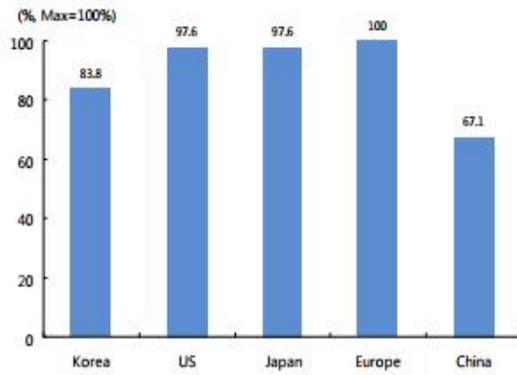
정부 R&D에서 자율주행차는 다양한 사업의 융·복합을 통해 완성될 수 있는 기술이지만 자동차와 도로, 관련 ICT 기술 등을 부처별로 독립적으로 추진하고 있다. 산업부는 능동안전시스템, 자동차선변경시스템, 발렛파킹기술 개발 등 자율주행을 위한 핵심 시스템 및 모듈 위주로 기술개발 진행 중이나, 부품산업기반 조성 부족과 법·제도적 문제 등으로 상용화 계획을 수립하지 못하고 있는 상황이다.

국내의 현행 자동차 관리법에서는 자율주행차의 일반 도로 운행은 금지하고 있다. 2014년 7월말 미래부와 국토부 등의 범부처 차원의 ‘스마트카 일반도로 시험 운행’을 위한 규제개선을 추진 중에 있으며 자율주행차 운행을 위한 특별 운전면허, 교통사고 발생 시 책임소재, 주행 시 운전자의 의무 등을 따로 규정하고 무선주파수 대역을 정비하는 등의 정비 작업을 하고 있다.

부처별 R&D계획을 살펴보면 국내에서는 자율주행 시장 선점을 위하여 2020년까지 레벨 3에 해당하는 자율주행 차량의 상용화를 목표로 하고 있다. 이를 위해 국토교통부에서 규제개혁 장관회의를 통해 자율주행 차량 상용화 지원 방안을 마련하였다. 국내 실정에 맞는 자율주행 자동차의 도로 시험운행을 위한 허가 요건을 마련하고 시험 운행 시 자율주행 시스템 장착을 허용하는 등의 제도를 정비하였다.

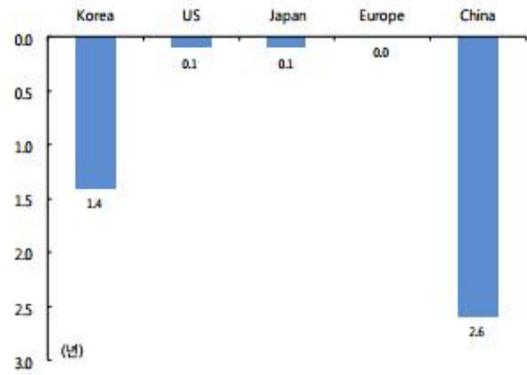
또한, 자동차-ICT-도로와 연계된 자율주행 자동차를 위하여 2014년 4월 산업부, 미래부, 국토부 공동으로 민간 중심의 ‘스마트 자동차 추진단’을 구성하고 부처별 역할분담 및 추진계획을 수립하였다.

도표 40. 대분류: Smart Car 상대적 기술 수준 (2013)



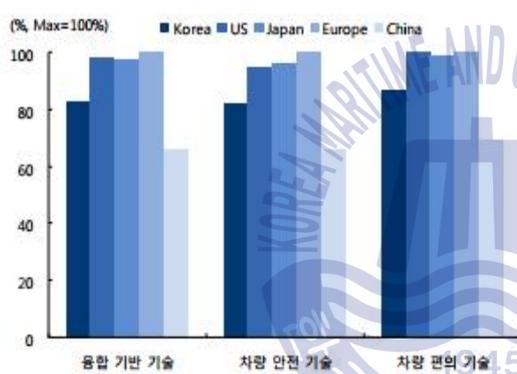
자료: KEIT, 교보증권 리서치센터

도표 41. 대분류: Smart Car 기술 격차 (2013)



자료: KEIT, 교보증권 리서치센터

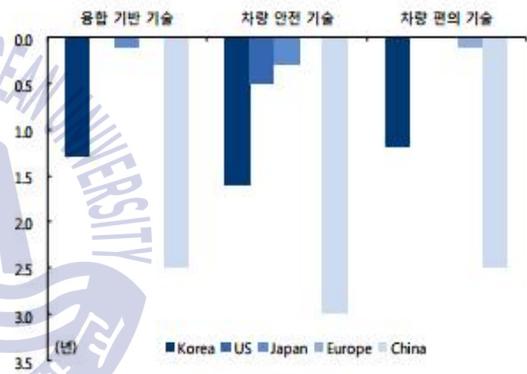
도표 42. 중분류: Smart Car 상대적 기술 수준 (2013)



자료: KEIT, 교보증권 리서치센터

자료 : 교보증권 리서치 센터

도표 43. 중분류: Smart Car 기술 격차 (2013)



자료: KEIT, 교보증권 리서치센터

[그림 2-18] 국내 자율주행차 기술 수준

주요 목표	2014	2015	2016	2017	2018
사고 피해 경감	충돌 회피	운전 보조	주변 상황 감지 센서	사고 예방/피해	자율주행용 자동차 제어
통행 중 돌 안전	BSD	LKA	Radar	AEB	자동 차선 변경
	BSD	PCS	영상센서	CAS	종횡방향 통행 제어

자료 : 교보증권 리서치 센터

[그림 2-19] 국내 자율주행차 관련 연차별 목표

제 3 장 무인화물차량의 물류비용 분석

본 연구에서는 화물자동차의 사회적 비용 항목을 1996년 ECMT(유럽교통장관협의회)에서 발생한 「Social Cost of Transportation」에 근거하여 분류하였다. 이 보고서에는 도로수송과 철도수송을 중심으로 운송수단의 사회적 비용 발생 속성을 차량운행비용, 교통시설비용, 교통사고비용, 환경오염비용, 교통혼잡비용 등 총 5개로 비용을 분류하였다. 각각의 비용은 내부비용과 외부비용으로 구성되어 있고 각 비용에 포함되어 있는 세부내용은 [표 3-1]과 같다.

환경오염비용에는 소음, 대기오염 등으로 인한 인체, 재산상의 피해 비용이 포함되었다. 교통시설비용에는 도로 건설비용 외에 도로 파손 및 유지보수비용이 포함되었고 교통혼잡비용에는 시간가치 비용이 포함된다. 본 논문에서는 5개 비용구분에서 내부비용에 대해서만 한정하여 물류비용을 분석하였다. 즉 차량운행비용에서는 유류비, 차량비, 차량유지관리비, 인건비, 교통시설비용에서는 통행료, 차량세, 유류소비세, 교통사고 비용에서는 보험료, 교통사고 피해비용, 환경오염비용에서는 환경오염 피해비용, 교통혼잡비용은 시간비용으로 국한시켜 분석하였다.

[표 3-1] 교통부분의 사회적 비용

구분	사회적 비용	
	내부비용	외부비용
차량운행비용	유류비, 차량비, 차량유지관리비, 인건비	타인부담비용
교통시설비용	통행료, 차량세, 유류소비세	회수되지 않은 시설비용(매몰비용)
교통사고비용	보험료, 교통사고 피해비용	타인의 정신적·육체적고통
환경오염비용	환경오염 피해비용 교통혼잡비용	소음, 대기오염 등으로 인한 인체 및 재산상의 피해 타인에 대한 교통지체비용

자료 : Toward Fair and Efficient Pricing in Transport, ECMT, 1996

3.1 차량운행비용

차량운행비용은 컨테이너 1톤 화물을 적재하고 1km를 운행하는데 소요되는 제반 비용을 의미하며 KDI의 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성 조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)」에서 규정된 도로 수송의 차종별·속도별 차량운행비용(2010년 기준)의 비용원단위를 일부 적용하였다.

본 연구에서는 화물차량이 고속도로에서 보통 80km 속도로 운행한다고 가정하고 80km에 해당하는 차량운행비용으로 산정하였다. 이 때 1TEU당 컨테이너 트럭하중은 도로교통법상 대형트럭이 총중량 40톤을 초과하여 운행할 수 없다는 점과 화물 무게(14.5톤), 공컨테이너 무게 (20ft 2.3톤) 적용 시, 20ft 적재톤수는 약 17.5톤으로 산출되었다.

3.1.1 유류비

차량운행비용에서 유류비만 고려하여 분석하고자 한다. 화물운전사의 설문조사에 의해서 서울-부산 편도 운행 (약 400km) 주행시 130[L]으로 운행이 가능하며, 이때 경유비를 1,100[원/L]을 가정하여 산출하면 357[원/km] 으로 산정된다. 그러나 화물차의 경우에는 연간 4,308[L]의 정부 지원금을 받을 수 있으므로, 월간 20회 편도운행을 고려하면 평균 유류비는 308.14원/km 로 산정될 수 있다.

무인화물차의 경우 군집주행으로 3대가 동시 주행했을 때 5.3% 연비절감, 5대 동시 주행시 6% 연비절감¹⁶⁾이 가능한 연구보고에 의해 본 연구에서는 무인화물차 이용시 유류비 5.3% 절감이라고 가정하여 291.81 [원/km]로 산정하였다.

[표 3-2] 유인/무인 화물차의 유류비

구분	유인화물자동차	무인화물자동차
원/km	308.14	291.81

3.1.2 차량비

국내에 시판되고 있는 컨테이너 트랙터와 샤프시의 구입 비용은 아래의 표와 같다. 현재 국내에서 판매되고 있는 컨테이너 차량 중 가장 대표적인 업체 5곳을 선정하였고 5곳의 평균 판매 가격은 약 2억원으로 조사되었다. 이 때 판매가격에는 구입비 뿐 아니라 취득등록세, 채권비용까지 포함된 가격이다. 컨테이너 샤프시의 경우에도

16) <http://techholic.co.kr/archives/33304>

국내에 판매되고 있는 5개 제조업체의 가격조사를 실시하였고 그 평균값은 2천 5백만원 정도로 조사되었다. 따라서 컨테이너 운송하기 위해 컨테이너 차량 1대를 구입하는데 대략 2억2천9백만원 정도 소요된다.

[표 3-3] 컨테이너 트랙터 구입비용

단위 : 천원

제조업체	벤츠	대우	볼보	스카니아	만	평균
구입비	190,000	155,450	215,000	217,000	200,000	195,490
취등록세	7,600	6,218	8,600	8,680	8,000	7,820
채권비용	215	215	215	215	215	215
소계	197,815	161,883	223,815	225,895	208,215	203,525

[표 3-4] 컨테이너 샷시 구입비용

단위 : 천원

메이커	지바	동우 특장차(주)	아이시티	대한 모터스	한국 특장차(주)	평균
구입비(원)	25,000	20,000	30,000	27,000	20,000	24,400
취등록세(원)	1,000	800	1,200	1,080	800	976
채권비용(원)	215	215	215	215	215	215
소계	26,215	21,015	31,415	28,295	21,015	25,591

향후 무인 컨테이너 차량이 판매되기 시작하면 차량구입가격은 현재 가격에서 약 3만불 추가비용 발생¹⁷⁾이 예상되고 있으며, 관련 발표에 따르면 2025년부터 판매를 시작으로 2035년도에는 182,031대에 이를 추산이다. 따라서 무인 컨테이너 차량의 추가 비용은 약 3천 6백만원으로서 무인컨테이너 차량의 총 구입비용은 2억6천5백만원으로 추정된다.

본 연구에서는 차량 감가상각기간을 10년으로 하고 연이자율을 5%로 계산하여 연간 감가상각비를 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{년감상각비(금리포함)} = \text{구입가격} \times \text{자본회수계수}$$

$$\text{구입가격} \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

단, n 는 감가상각기간이며, i 는 연이자율을 나타낸다.

17) <http://fleetowner.com/equipment/autonomous-vehicles-what-fleets-want>

상기 식에 의해 컨테이너 차량의 연간감가상각비는 29,657천원으로 구해졌으며, 무인 컨테이너 차량은 34,319 천원으로 도출되었다.

3.1.3 유지관리비

본 연구에서의 차량유지관리비는 고속도로에서 화물차량은 시속 80km으로 주행한다고 가정했을 시 엔진오일비, 타이어마모비, 기타유지관리비는 103.98원/km (2010년 기준)로 산출하였으며, 무인화물차량은 기존 차량에 무인설비의 추가 장착에 의해 5% 증가한다고 가정하여 109.18원/km로 산출하였다.

[표 3-5] 화물차량의 속도별 차량운행비용 (2010년 기준)

단위 : 원/km

속도	엔진 오일비	타이어 마모비	유지 관리비	합계
10	14.08	2.79	32.96	49.83
20	12.58	4.84	41.63	59.05
30	10.79	7.33	49.44	67.56
40	9.59	10.41	52.05	72.05
50	8.84	13.64	54.64	77.12
60	7.94	18.04	60.72	86.7
70	7.04	22.58	60.72	90.34
80	5.84	28.75	69.39	103.98
90	6.29	36.23	80.67	123.19
100	7.04	44.45	89.34	140.83

자료 : 피해함수접근법을 이용한 주요 운송수단의 사회적 비용 산정(2012년)

3.1.4 인건비

기존 컨테이너 화물차량 운전자 인건비는 서울-부산 월 20회 운행으로 월급 300만원으로 가정하여 연봉 36백만원으로 책정하였으며, 4대 보험 및 퇴직급여를 포함시켰다.

3.2 교통시설비용

3.2.1 도로이용료

본 절에서는 차량운행비용에서 통행료를 고려하여 비용을 분석하였다. 보통 컨테이너 화물운송트럭은 [표 3-6]의 차종분류기준에 따라 5종 대형차에 속하며 서울 - 부산간 요금은 33,100원으로 조사되었다.

[표 3-6] 차종 분류 기준

		분 류 기 준	비 고
대 형 차	1종 (소형차)	○ 2축 차량, 율폭 279.4mm 이하	○ 승용차, 소형승합차, 소형화물차
	2종 (중형차)	○ 2축 차량, 율폭 279.4mm초과, 윤거 1,800mm이하	○ 중형승합차, 중형화물차
	3종	○ 2축 차량, 율폭 279.4mm초과, 윤거 1,800mm초과	○ 대형승합차, 2축 대형화물차
	4종	○ 3축 대형화물차	
	5종	○ 4축 이상 특수화물차	

자료 : 한국도로공사

※ 용어설명

- 축수 : 차량 바퀴축의 수
- 율폭 : 타이어 접지면의 폭
- 윤거 : 좌우 타이어의 접지면 중심간 수평거리

[표 3-7] 경부 고속도로 통행료

출발지명	도착지명	요금_1종	요금_2종	요금_3종	요금_4종	요금_5종
서울	부산	20,100	20,400	21,200	28,100	33,100

자료 : 한국도로공사

한국도로공사에서 심야시간(21:00 - 05:00) 도로 이용시 통행료 50% 할인 제도에 따라 본 연구에서는 도로 이용료를 유인화물차는 심야이용 30%를 가정하여 28,135원으로 정하였고, 무인화물차는 50%를 가정하여 24,825원으로 산정하였다.

[표 3-8] 심야운행비율별 통행료

심야운행비율	0%	20%	40%	60%	80%	100%
통행료	33,100	29,790	26,480	23,170	19,860	16,550

3.2.2 차량세

현재 화물운송차량의 차량세는 연간 36,000원이다. 본 연구에서는 무인화물차량의 요금도 화물운송차량과 동일하게 가정하였다.

[표 3-9] 유인/무인 통행료

구분	유인화물자동차	무인화물자동차
원/년	36,000원	36,000원

3.3 교통사고비용

교통사고는 보통 ‘도로 및 철도, 항공, 해운 등의 부문에서 교통수단에 의한 교통 활동 중 에 사람을 사상하거나 물건 등을 손상하여 각종 손실을 유발하는 것¹⁸⁾으로 정의된다. 따라서 교통사고비용도 ‘교통사고로 발생된 모든 경제적 손실을 부담주체와는 상관없이 화폐 가치로 환산한 것’¹⁹⁾으로 정의될 수 있다. 교통사고는 인명 피해, 물적 피해, 정신적 피해 및 사회기관비용 등을 동반하며, 이러한 모든 경제적 손실은 사회적 비용의 개념으로 보아야 한다.

교통사고를 비용으로 환산해보면 2010년 한해동안 교통사고 비용으로 약 13조억 원이 사용되었으며, 이때 인적피해 사상자 비용은 4조억 원, 물적 피해는 8조억 원으로 추산되고 있다.

3.3.1 보험료

컨테이너화물차량의 보험료는 평균 3백80만원 내외로 조사되었다. 무인자동차 출시에 따라 보험업계에서는 2035년도에는 80% 사고가 경감될 것으로 예상하고 있으며, Swiss Re and HERE maps은 무인주행기술로서 2020년도에는 약 보험료가 20

18) 한국교통연구원, 「2005년 교통사고비용 추정」, 2007.

19) 한국항만경제학회, 「피해함수접근법을 이용한 주요운송수단의 사회적 비용 산정」, 2012

billion 달러가 줄어들 것으로 예상²⁰⁾하고 있다. 또한, KPMG 보험사에서 2040년도에는 80% 사고가 줄어들 것으로 예상하고 있으며 더불어, 자동차 보험업계의 비용이 60% 줄어들 것으로 예상하고 있다.

이는 2040년도에 현재보험 수입 125billion 달러에 비교하여 50billion 달러 손해가 예상되는 것이다. 한편으로 사고발생비용이 현재 14,000달러에서 35,000 달러로 상승이 예상²¹⁾되고 있다. 이로서, 본 연구에서는 무인화물차의 보험료를 현재수준에서 70%를 줄인비용으로 가정한다.

[표 3-10] 현행 화물자동차 보험료

영업용	대인 I	대인 II	대물	자손	자차	합계
case 1	794,620	803,400	2,267,860	×	×	3,865,880

[표 3-11] 유인/무인 화물차 보험료

구분	유인화물자동차	무인화물자동차
원/년	3,865,880원	1,159,764원

3.3.2 교통사고 피해비용

[표 3-12]의 국토교통부의 「2011년도 국토해양 통계연보」에 따르면 고속국도에서 트럭에 의한 교통량은 일일 12,733대로써, 전체 교통량의 29.3%인 것으로 조사되고 있다.

20) <http://www.digitaltrends.com/cars/auto-insurance-self-driving-cars/>

21) <http://www.prnewswire.com/news-releases/autonomous-vehicles-could-shrink-us-personal-auto-insurance-sector-by-60-percent-kpmg-research-300164425.html>

[표 3-12] 전국 도로별 차종별 일평균 교통량 (2010년)

단위 : 대/일

구분	고속도로	일반국도	국가지원 지방도	지방도	계
승용차	28,928	8,005	5,148	3,337	45,418
	66.5%	69.0%	69.3%	68.0%	67.4%
버스	1,814	311	236	150	2,511
	4.2%	2.7%	3.2%	3.1%	3.7%
트럭	12,733	3,278	2,041	1,417	19,469
	29.3%	28.3%	27.5%	28.9%	28.9%
계	43,475	11,594	7,425	4,904	67,398

자료 : 2011년도 국토해양 통계연보, 국토교통 통계누리

[표 3-13] 도로종류별 교통사고 비용 (2010년)

단위 : 천건, 백만원

	물적피해 추정건수		인적피해 사상자 비용(C)	물적피해 비용(D)	교통사고 비용(E)	km당 평균 사고비용
	차량(A)	차량(B)				
고속도로	78	49	218,408	152,924	371,331	96
일반국도	642	403	929,231	1,265,747	2,194,978	159
지방도	394	247	535,753	775,800	1,311,553	72
특별광역시도	1,948	1,223	1,287,747	3,839,327	5,127,074	272
시군도	1,278	802	1,036,543	2,518,164	3,554,708	70
기타	147	92	110,474	289,750	400,224	-
합계	4,486	2,817	4,118,157	8,841,712	12,959,869	123

1) (A) = 인적피해건수 * 19.77(인적피해 1건당 차량손해 발생건수)

2) (B) = 인적피해건수 * 12.42(인적피해 1건당 대물손해 발생건수)

3) (D) = (A) * 차량피해 평균비용 + (B) * 물적피해 평균비용

4) (E) = (C) + (D)

자료 : 2010년 도로교통사고비용의 추계와 평가, 교통사고분석시스템

이에 따라 고속도로 총 교통사고 비용 3,713억원에 고속도로 트럭 비율 29.3% 적

용하여 고속도로의 트럭 운송에 대한 총교통사고 비용을 추산하면 약 1,087억원에 해당한다. 이에 따라 고속도로의 총 수송량 582억톤-km 적용하여 도로운송에 의한 교통사고 비용은 1톤의 화물을 1km 운송하는데 평균적으로 1.87원이 발생하는 것으로 나타났다.

상기 보험료에서 언급되었듯이 사고비율은 80% 줄어들 것이 예상되나, 건당 사고 지급비용은 150% 상승이 예상됨에 따라 본 연구에서는 고속도로 교통사고비용을 80% 경감된 금액에서 150% 상승하는 값으로 산출하여 톤키로당 0.935원으로 산출하였다.

3.4 환경오염비용

3.4.1 소음비

교통분야에서 교통소음의 배출원은 자동차, 열차, 항공기 등이 있으며 ECMT(1996)의 자료에 의하면 전체 교통소음 중 도로교통이 64%를 차지하여 가장 높게 나타나며, 항공 소음 26%, 철도 소음은 10%로 순이다. 국토교통부의 「교통시설 투자평가지침」에 따르면 소음가치 원단위는 다음 표와 같다. 교통시설 투자평가 지침 4차에서는 2009년 소음가치 평균원단위, 5차에서는 2011년 소음가치 평균원단위를 산정하였으므로 본 연구에서는 2010년 소음가치 평균원단위를 재산정 하였다.

[표 3-14] 소음가치의 평균원단위

단위: 원/dB·년·m

구 분	2009년	2010년	2011년
도 시 부	4,023	4,166	4,308
지 방 부	1,737	1,799	1,860
평 균	2,048	2,121	2,193

주: 2010년 소음가치의 평균원단위는 2009년, 2011년 자료로 보정하였음
 자료 : 교통시설 투자평가지침 4차 및 5차, 국토교통부

소음가치의 평균원단위 산정값을 이용하여 본 연구에서는 국내의 고속도로 연간 소음비용을 재추정하였고 그 값은 다음 표와 같다. 2010년 소음원단위 2,121원에 의하여 고속도로에서 발생하는 총소음비용은 약 1,534억원으로 추정되었다. 이에 따라 도로의 소음비용은 고속도로 총 수송량 582억톤-km을 적용하여 계산하면 화물 1톤을 1km 운송하는데 2.636원 발생하는 것으로 추정되었다.

[표 3-15] 고속도로의 연간소음비용 추정

	2009년	2010년	2011년
소음원단위(dB*년*m)	2,048	2,121	2,193
연장(Km)	4,822.60	4,822.60	4,822.60
dB.년(백만원)	9,877	10,229	10,576
소음 총 가치(백만원)	148,150	153,431	158,639

주: 소음원단위는 평균 원단위 이용
 연장은 2010년 국내 고속도로 총 연장(자료 : 국토교통부)
 소음총가치는 한국환경정책평가연구원의 연구에서와 같이 운송수단별 15dB의 소음발생을 가정

3.4.2 대기오염비

운송수단의 톤-km당 대기오염물질 배출량은 다양한 논문에서 다양하게 제시되고 있으나, 도로, 철도, 해상운송에 대해 동일한 기준으로 대기오염물질 배출량을 제시한 곳은 많지 않은 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 국제해사기구(IMO)에서 선박의 대기오염물질 저감을 위해 수행한 연구보고서의 운송수단별 대기오염물질 배출 기준을 준용하여 비용을 산정하였다.

[표 3-16] 대기오염물질별 비용 원단위 (2010년 기준)

단위 : 원/kg

오염물질	CO	NOx	HC	PM	SO ₂	CO ₂
비용	7,886	9,050	9,370	30,589	10,489	42,000

주: 1) CO₂의 대기오염비용 원단위는 철도청(2003)의 '철도추진평가편람'에서 제시된 수치 적용
 2) SO₂의 대기오염비용 원단위는 한국환경정책평가연구원 자료를 통해 환산
 3) 국내총생산 디플레이터 지수를 이용하여 2010년 자료로 보정
 자료 : 한국환경정책평가연구원, '육상교통수단의 환경성 비교분석', 2012. 12
 자료 : 한국항공경제학회, '피해함수접근법을 이용한 주요운송수단의 사회적 비용 산정', 2012 재인용

[표 3-17] 운송수단별 대기오염물질의 배출량

단위 : g/톤-km

구분	CO	HC	NOx	PM	SO ₂	CO ₂
트럭	1.325	0.935	3.750	0.470	0.265	0.289
철도	0.085	0.040	0.605	0.045	0.125	0.0715
선박	0.109	0.060	0.420	0.030	0.035	0.0375

자료 : IMO, "Study of Greenhouse Gas Emissions From Ship", 2000

위의 배출량에 [표 3-17]의 대기오염물질별 원단위에 [표 3-18]의 대기오염물질 배출량을 적용하면 도로운송의 대기오염물질 방출 비용은 83.3원/톤-km으로 산출되며, 철도운송의 대기오염물질 방출 비용은 12.2원/톤-km, 해상운송의 대기오염물질 방출 비용은 8.1원/톤-km인 것으로 각각 나타났다. 이에 따라 화물자동차는 화물 1톤을 1km 운송하는데 82.3원의 비용이 발생되고 무인화물자동차는 연비절감에 따라 5.3% 절감된 77.94원의 비용이 발생하는 것으로 가정한다.

[표 3-18] 유인 / 무인 화물차 대기오염비용

구분	유인화물자동차	무인화물자동차
원/톤-km	83.3원	78.92원

3.4.3 교통혼잡비용

한국교통연구원(2010)의 연구결과에 따르면 2010년에 도로 부문의 지역 간 교통혼잡비용은 일반국도가 전체의 50.4%인 5조 2,637억원, 고속도로가 28.5%인 2조 9,699억원, 지방도가 21.1%로 2조 2,025억원으로 총 지역 간 교통혼잡비용은 10조 4,361억원에 달하는 것으로 나타났다.

교통체증 비용은 화물차의 고속도로 교통체증비용 6,482억원에 고속도로의 연간 톤-km 운송량 582억톤-km 적용하여 1톤의 화물이 1km 운송될 때 평균 11원의 비용이 발생하는 것으로 추정된다. 무인화물차의 경우 기존 화물자동차의 비용에 50% 절감된다고 가정하였다.

[표 3-19] 2010년 지역간 도로의 교통혼잡비용 추정 결과

단위 : 억원

구분	승용차	버스	화물차	합계
고속도로	17,363 (17,363)	5,854 (5,231)	6,482 (1,016)	29,699 (23,610)
일반국도	30,004 (30,004)	8,782 (7,841)	13,851 (1,311)	52,637 (39,156)
지방도	11,058 (11,058)	5,235 (4,887)	5,732 (2,014)	22,025 (17,959)
합계	58,425 (58,425)	19,871 (17,959)	26,065 (4,341)	104,361 (80,725)

주 : ()수치는 고정비 제외 금액

자료 : 2010년 교통혼잡비용 추정 및 추이분석, 한국교통연구원

[표 3-20] 경부고속도로 화물차 교통혼잡비용 산출

구분	비용
트럭 교통체증비용	6,482 억원
트럭의 고속도로 연간혼잡비용(억톤-km)	582 억톤-km
유인트럭의 고속도로 교통혼잡비용(톤-km)	11 원
무인트럭의 고속도로 교통혼잡비용(톤-km)	5.5 원

제 4 장 유·무인 화물차의 물류비용 비교 분석

4.1 가정 및 조건

본 절에서는 무인화물차량의 물류비용을 분석하기 위하여 다음과 같은 시나리오를 설정하고 분석을 진행하고자 한다.

- 분석대상 : 서울 - 부산을 운송하는 A 업체(가정)
- 연간 처리물동량 : 20,000TEU(왕복 물량)
- 유인화물자동차 : 42대
- 무인화물자동차 : 28대(월 60TEU처리, 유인대비 1.5배 가정)
- 시나리오 검토 : 차량직접비, 차량간접비, 전체
- 화물차 이동도로 : 서울-부산 경부 고속도로
- 고속도로 거리 : 416km²²⁾

상기내용에서 유인화물차량은 1회 편도로서 매월 2TEU 씩 월 20회 운송한다고 가정하여 월 40TEU 처리된다. 또한, 연간 처리 물동량 20,000TEU 는 연중 일정 분포를 지닌다고 가정하여 매월 1,667TEU 를 처리해야 하며, 이로서 차량 대수를 42대로 산정하였다.

무인화물자동차는 심야시간 등을 활용한 24시간 운용 가능하다는 장점으로 유인화물차량 대비 1.5배 운송이 가능하다고 가정하였으며, 이로서 월 60TEU 처리가 가능하므로 약 28대를 가정하였다.

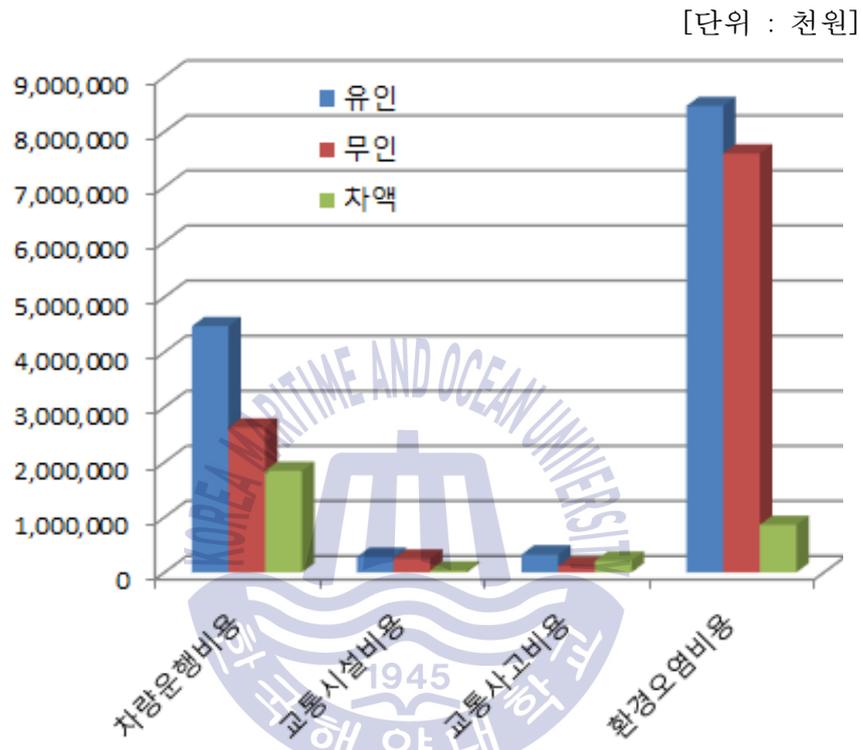
4.2 물류비용분석

무인화물차량의 비용분석을 위해서 3절에서 분류한 차량운행비용, 교통시설비용, 교통사고비용, 사회비용에 대하여 유인화물차와 무인화물차의 물류비용 및 그 차액을 도출하였다.

먼저 차량의 대수와 관계없이 4.1절에서 가정한 운송회사의 연간 물류비용을 도출하였다. 차량운행비용에서는 유인화물차 연간 44억7천만원, 무인화물차 26억3천만원으로 산출되었고 교통시설비용에서는 유인화물차가 2억8천만원, 무인화물차가 2

22) 한국도로공사

억5천만원으로 검토되었다. 교통사고비용은 유인화물차가 3억2천만원, 무인화물차가 1억천만원으로 사회비용은 유인화물차 84억6천만원, 무인화물차 76억원으로 연구되었다. 무인화물차로 전환되었을 때, 차량운행비용은 18억4천만원, 교통시설비용 3천만원, 교통사고비용 21억원, 사회비용은 8억6천만원이 절감되었다. 이는 유인화물차의 연간비용 135억원에서 무인화물차로 전환시 29억5천만원이 절감될 수 있다.



[그림 4-1] 항목별 물류비용

[표 4-21] 차량 물류비용

단위 : 천원

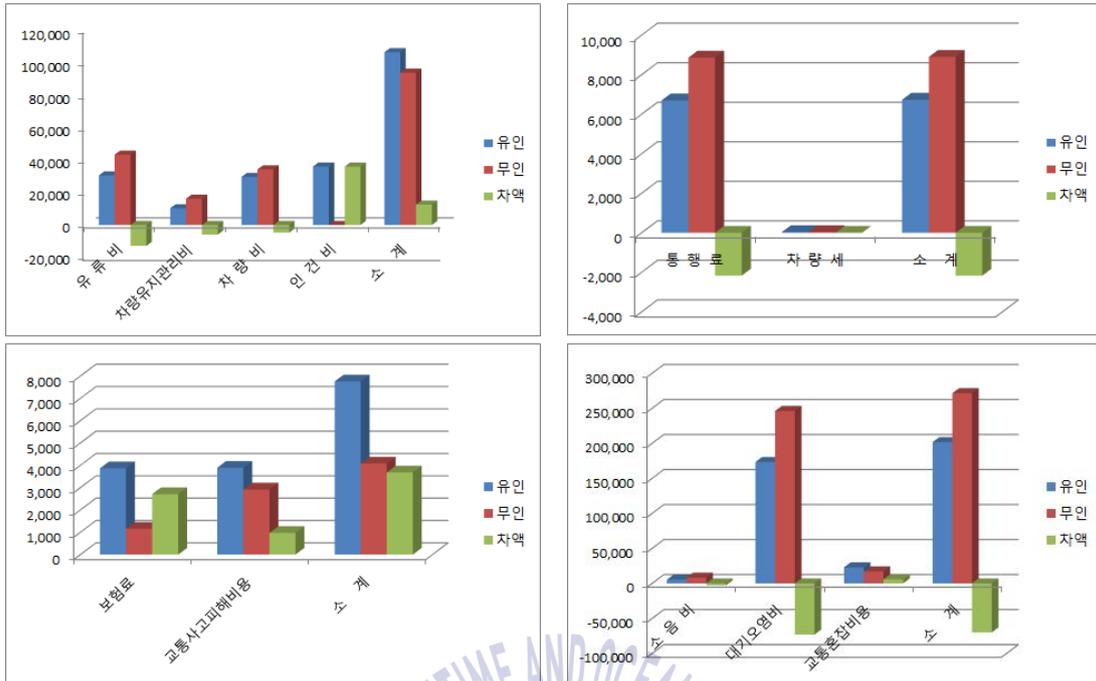
항목	소항목	비용		
		유인화물차	무인화물차	차액
차량운행 비용	유류비	1,281,862	1,213,924	67,939
	차량유지관리비	432,557	454,185	-21,628
	차량비	1,245,594	960,932	284,662
	인건비	1,512,000	-	1,512,000
	소계	4,472,013	2,629,040	1,842,973
교통시설 비용	통행료	281,350	248,250	33,100
	차량세	1,512	1,008	504
	소계	282,862	249,258	33,604
교통사고 비용	보험료	162,367	32,473	129,894
	교통사고피해비용	163,363	81,682	81,682
	소계	325,730	114,155	211,575
사회비용	소음비	230,281	230,281	-
	대기오염비	7,277,088	6,894,451	382,637
	교통혼잡비용	960,960	480,480	480,480
	소계	8,468,329	7,605,212	863,117
합계		13,548,934	10,597,665	2,951,269

차량 한 대당 각각의 물류비용은 다음 [표 4-2]와 같다. 차량운행비용에서는 유인화물차 연간 1억6백만원, 무인화물차 9천4백만원으로 산출되었고 교통시설비용에서는 유인화물차가 6백만원, 무인화물차가 9백만원으로 연구되었다. 교통사고비용은 유인화물차가 7백만원, 무인화물차가 4백만원으로 사회비용은 유인화물차 2억1백만원, 무인화물차 2억7천백만원으로 연구되었다. 무인화물차로 전환되었을 때, 차량운행비용은 1천2백만원, 교통사고비용 4백만원이 절감되었으나, 이동거리가 1.5배 증가함에 따라 교통시설비용은 2백만원, 사회비용은 7천만원정도 비용이 증액되었다. 이로서, 대당 물류비용은 5천6백만원 증가되었다. 그러나 무인화물차의 주행거리로 환산하면 유인화물차대비 1억5백만원이 절감되는 효과가 있다.

[표 4-22] 차량 대당 물류비용(유인40대, 무인 28대)

단위 : 천원

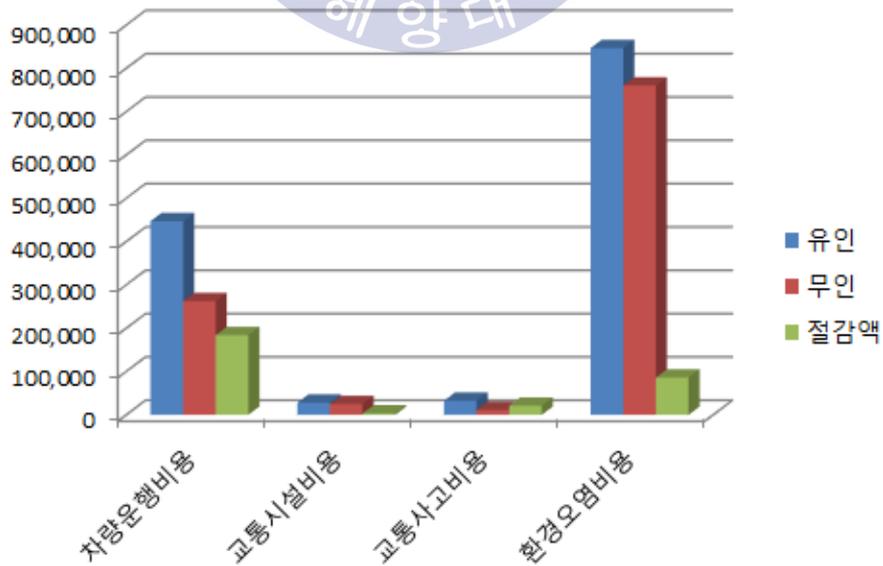
항목	소항목	비용		
		유인화물차	무인화물차	차액
차량운영 비용	유류비	30,521	43,354	- 12,834
	차량유지관리비	10,299	16,221	- 5,922
	차량비	29,657	34,319	- 4,662
	인건비	36,000	-	36,000
	소계	106,477	93,894	12,582
교통시설 비용	통행료	6,699	8,866	- 2,167
	차량세	36	36	-
	소계	6,735	8,902	- 2,167
교통사고 비용	보험료	3,866	1,160	2,706
	교통사고피해비용	3,890	2,917	972
	소계	7,755	4,077	3,679
사회비용	소음비	5,483	8,224	- 2,741
	대기오염비	173,264	246,230	- 72,966
	교통혼잡비용	22,880	17,160	5,720
	소계	201,627	271,615	- 69,988
합계		322,594	378,488	- 55,894



[그림 4-2] 차량대당 물류비용

4.1절에서 가정한 운송업체가 서울 - 부산간 화물을 운송할 시, 1회당 운송비용을 [표 4-3]으로 산출하였다.

[단위 : 원]



[그림 4-3] 서울 - 부산 1회당 운송비용

차량운행비용은 유인화물차 44만7천원, 무인화물차 26만3천원으로 산출되었고 교통시설비용은 유인화물차 2만8천원, 무인화물차 2만5천원으로 산출되었다. 교통사고비용은 유인화물차 3만3천원, 무인화물차 1만천원으로 산출되었고 사회비용은 유인화물차 84만6천원, 무인화물차 76만원으로 산출되었다. 무인화물차로 전환되었을 때, 차량운행비용은 18만4천원, 교통시설비용 3천원, 교통사고비용 2만천원, 사회비용은 8만6천원이 절감되어 총 29만5천원이 절감되었다.

[표 4-23] 서울 - 부산 1회당 운송비용

단위 : 원

항목	소항목	비용		
		유인화물차	무인화물차	차액
차량운행 비용	유류비	128,186	121,392	6,794
	차량유지관리비	43,256	45,418	- 2,163
	차량비	124,559	96,093	28,466
	인건비	151,200	-	151,200
	소계	447,201	262,904	184,297
교통시설 비용	통행료	28,135	24,825	3,310
	차량세	151	101	50
	소계	28,286	24,926	3,360
교통사고 비용	보험료	16,237	3,247	12,989
	교통사고피해비용	16,336	8,168	8,168
	소계	32,573	11,415	21,158
사회비용	소음비	23,028	23,028	-
	대기오염비	727,709	689,445	38,264
	교통혼잡비용	96,096	48,048	48,048
	소계	846,833	760,521	86,312
합계		1,354,893	1,059,767	295,127

4.3 시나리오별 비교분석

4.3.1 시나리오 설정

시나리오는 3단계로 진행하였고 각각의 시나리오는 다음과 같다. 시나리오 1은 차량 직접비에 대한 것으로 차량직접비는 차량운행비용, 교통시설비용, 교통사고 비

용을 의미한다. 시나리오 2는 차량 간접비에 대한 것으로 차량 간접비는 환경오염 비용, 교통혼잡비용, 기타 비용을 의미하며 시나리오 3은 차량직접비와 차량간접비 전체에 대한 것으로 설정하였다.

- 시나리오 1 : 차량 직접비 (차량운행비용 + 교통시설비용 + 교통사고비용)
- 시나리오 2 : 차량 간접비 (환경오염비용 + 교통혼잡비용 + 기타)
- 시나리오 3 : 차량 직접비 + 차량간접비

4.3.2 시나리오별 비교

시나리오별 연간물류 절감비용은 [표 4-4]와 같다. 시나리오 1의 차량 직접비 절감비용은 18억7천만원, 시나리오 2의 차량 간접비 절감비용은 10억7천만원, 시나리오 3의 직접비 및 간접비 절감 소계는 29억5천만원으로 산출되었다. 전체 연간물류 비용 절감액 29억5천만원 중 차량운행비 절감액이 62.45%로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 이후 사회혼잡비용 절감액이 29.25%로 차지하였다. 직접비 및 간접비 절감액을 비교하며 직접비 절감액이 63.59%를 차지하였다. 이는 유인화물차의 연간 비용 135억 5천만원의 약 21.8%를 절감한 것이다.

[표 4-24] 연간물류비용 절감액

단위 : 천원

시나리오 1	차량운행비	교통시설비	소계
	1,842,973 (62.45%)	33,604 (1.14%)	1,876,577
시나리오2	교통사고비용	사회혼잡비용	소계
	211,575 (7.17%)	863,117 (29.25%)	1,074,692
시나리오3	직접비	간접비	소계
	1,876,577 (63.59%)	1,074,692 (36.41%)	2,951,269

차량 1대당 연간 물류비용의 값을 이용하여 시나리오 1, 2, 3 값을 각각 유인, 무인을 비교하여 [표 4-5]와 같이 도출하였다. 차량의 대수 차이로 인하여 시나리오 3의 소계에서 5천만원이 높게 나타났으나, 물동량을 추가로 50% 처리하는 것에 비하

면 그다지 높지 않음을 확인할 수 있다.

[표 4-25] 차량 1대당 연간 물류비용

단위 : 천원

시나리오 1	차량운행비		교통시설비		소계	
	유인	무인	유인	무인	유인	무인
	106,477	93,894	6,735	8,902	113,211	102,796
시나리오2	교통사고비		사회혼잡비용		소계	
	유인	무인	유인	무인	유인	무인
	7,755	4,077	201,627	271,615	209,382	275,692
시나리오3	직접비		간접비		소계	
	유인	무인	유인	무인	유인	무인
	113,211	102,796	209,382	275,692	322,594	378,488

마지막으로 시나리오 별 화물자동차가 1회 서울 - 부산 간 운행 할 때 직접비, 간접비, 총 물류비용을 산출하였다. 유인과 무인이 각각 1회 운송 할 때 시나리오 3 에서와 같이 직접비 및 간접비의 소계가 유인화물자동차 135만원에 비하여 무인화물자동차 106만원으로서 약 29만원이 절감됨을 알 수 있다.

[표 4-26] 서울-부산 1회 운송비용

단위 : 원

시나리오 1	차량운행비		교통시설비		소계	
	유인	무인	유인	무인	유인	무인
	447,201	262,904	28,286	24,926	475,488	287,830
시나리오2	교통사고비		사회혼잡비용		소계	
	유인	무인	유인	무인	유인	무인
	32,573	11,415	846,833	760,521	879,406	771,937
시나리오3	직접비		간접비		소계	
	유인	무인	유인	무인	유인	무인
	475,488	287,830	879,406	771,937	1,354,893	1,059,767

4.4 민감도 분석

본 절에서는 차량비용, 보험료, 인건비에 대하여 유인화물차와 무인화물차에 대하여 각각 민감도 분석을 행하도록 한다. 민감도 분석시 유인화물차량과 무인화물차량의 각각 1회 서울 - 부산 운송시의 물류비용 절감액으로 보이고자 한다.

4.4.1 무인화물차량 추가비에 따른 민감도 분석

먼저, 무인화물차량비용을 기본 34,319천원에 대하여 +30%범위 내에서 변경시켰을 때의 각 물류비용 절감액의 변동을 고찰하고자 한다. 무인화물차량비용 변화에 대한 물류저감비용의 민감도 결과는 [표 4-7]과 같다. 결과에서 보이듯이 무인화물차량비용이 30% 증가했을 때, 물류비용 저감율은 -9.76%로서 약 28,827원이 줄어듦을 알 수 있다.

[표 4-27] 무인화물차 추가비에 따른 민감도 분석

단위 : 원

	0%	10%	20%	30%
무인차량비용	34,318,712	37,750,584	41,182,455	44,614,326
차량운행비	184,297	174,689	165,080	155,470
교통시설비	3,360	3,360	3,360	3,360
교통사고비용	21,158	21,158	21,158	21,158
사회혼잡비용	86,312	86,312	86,312	86,312
소계	295,127	285,518	275,909	266,300

4.4.2 차량보험료에 따른 민감도 분석

다음은 차량보험료 1,159천원에 대하여 -30% ~ +30%범위 내에서 민감도 분석한 결과는 [표 4-8]과 같다. 결과에서와 같이 -0.33% ~ +0.33% 로 변하는 것을 알 수 있으며, 최대 974원 증감이 발생하는 것을 알 수 있다.

[표 4-28] 차량보험료에 따른 민감도 분석

단위 : 천원

차량보험료 증감	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%
	811,835	927,811	1,043,788	1,159,764	1,275,740	1,391,717	1,507,693
차량운행비	184,298	184,298	184,298	184,298	184,298	184,298	184,298
교통시설비	3,360	3,360	3,360	3,360	3,360	3,360	3,360
교통사고비용	22,132	21,807	21,482	21,158	20,833	20,508	20,183
사회혼잡비용	86,312	86,312	86,312	86,312	86,312	86,312	86,312
소계	296,102	295,777	295,452	295,128	294,803	294,478	294,153

4.4.3 인건비 상승에 따른 민감도 분석

인건비 38,000천원에 대하여 +30%범위 내에서 민감도 분석하였으며, 그 결과는 [표 4-9]와 같이 나타내어진다. 인건비가 최대 30% 증가하는 경우, 무인화물차의 경우는 최대 34만원으로서 종래 29.5만원에 비하여 최대 15.37% 증가하는 것을 알 수 있다.

[표 4-29] 인건비 상승에 따른 민감도 분석

단위 : 원

인건비증가	0%	10%	20%	30%
	38,000,000	41,800,000	45,600,000	49,400,000
차량운행비	184,298	199,418	214,538	229,658
교통시설비	3,360	3,360	3,360	3,360
교통사고비용	21,158	21,158	21,158	21,158
사회혼잡비용	86,312	86,312	86,312	86,312
소계	295,128	310,248	325,368	340,488

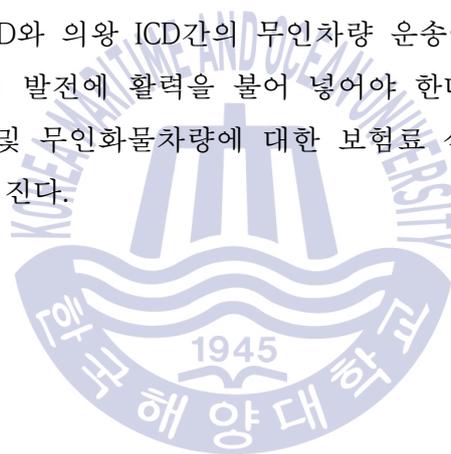
상기 민감도 분석에서 인건비가 15.37%, 무인차량비용 9.76%, 보험료 0.33% 순으로 민감하게 나타나는 것을 알 수 있으며, 인건비 상승은 무인화물자동차 도입의 긍정적인 측면으로 작용하며, 무인차량비용 및 보험료증가는 무인화물자동차 도입의 부정적 측면으로 작용하나, 인건비에 상승에 비하여 적게 민감함을 알 수 있다.

4.5 시사점 고찰

본 절에서는 유인 및 무인화물차량에 대하여 차량운행비용, 교통시설비용, 교통사고비용 및 환경오염비용측면에서 물류비용검토를 행하였다. 물류비용 산정시, 차량운행비용 및 교통시설비용을 포함한 직접비용과 교통사고비용 및 환경오염비용을 고려한 간접비용을 합산하여 검토하였다.

검토결과, 유인화물차동차에 비하여 무인화물자동차는 21.8%의 물류비용 절감을 가져올 뿐만 아니라, 직접비에서는 39.47% 절감효과를 나타냈으며, 간접비에서는 12.22% 절감효과를 보였다. 또한, 민감도 분석에서는 인건비 30% 상승에 대해서는 서울 - 부산 1회당 약 15만원의 물류비용이 더 저감됨을 보였다.

이는 화물운송업체에게 긍정적인 효과를 나타내고 있으며, 또한 국내 무인화물차량 개발을 촉진하는 역할을 할 것으로 사료된다. 또한 정부에서는 무인차량기술 개발 촉진과 함께, 양산 ICD와 의왕 ICD간의 무인차량 운송에 대한 시범사업 등을 실시하여 무인화물운송산업 발전에 활력을 불어 넣어야 한다. 또한, 우리나라 보험업계에서의 무인자율차량 및 무인화물차량에 대한 보험료 산정 등에 대한 추가 연구 등도 필요할 것으로 보여진다.



제 5 장 결 론

본 연구는 최근 활발히 연구 및 개발되고 있는 무인자율주행차량을 화물운송 산업에 적용하여 화물운송트럭을 무인화물자동차로 전환하게 되었을 때의 물류비의 효율성을 연구하였다. 이를 위해 먼저 최근 자율주행차량의 기술발전 정도, 각 나라의 발전 정도 등의 시장조사를 통하여 자율주행차량이 화물운송 산업에 적합한지 판단하였다. 또한 현재 화물운송시장에서의 물류비용을 추정하기 위하여 운송수단에 의한 비용을 크게 차량운영비용, 교통시설비용, 교통사고비용, 환경오염비용, 교통혼잡 비용 등 총 5개로 비용을 분류하고 각각의 비용에 대한 물류비용을 산출하였다.

기존 화물운송시장에서 산출된 물류비용을 토대로 무인화물자동차의 물류비용을 검토하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 첫째로, 무인화물자동차는 유인화물차에 대비하여 약 21.8%의 비용 절감효과를 보였으며 1회 화물 운송시, 유인화물차 대비 약 30만원의 비용절감 효과가 예상된다. 둘째로, 1회 화물운송비용에 대하여 민감도 분석을 실시한 결과 무인차량비 30% 인상시 총 물류비용은 약 27만원 비용절감 효과를 보였으며 인건비 30% 인상시 약 34만원의 비용절감효과가 나타났다. 이상의 분석에서 알 수 있듯이 무인화물자동차의 도입은 화물운송산업의 발전에 크게 기여할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 실제 화물자동차의 운행데이터 및 일부 가정을 통하여 대략적 비용분석을 행하였으나, 화물운송 산업에서 무인화물자동차는 유인화물차량보다 비용적 측면의 효율성이 높은 것으로 사료된다.

본 연구의 한계점으로는 가정 및 시나리오에 의한 비용 산출로써 향후 정확한 통계자료 및 실제 운영 자료 보완이 필요하다. 또한 운송업체 측면에서 경제성 분석이 반드시 필요하며 정부 측면에서는 실용화 방안 검토가 필요하다.

감사의 글

한국해양대학교 ‘항만물류 CEO과정’에서 광규석교수님, 남기찬교수님, 안기명교수님, 김환성교수님을 만나게 되어 제게는 큰 행운이었으며 공부를 할 수 있는 계기가 되었습니다.

한국방송통신대학교 법학과를 졸업과 동시에 해운항만금융물류대학원 19기로 입학하게 되어 참으로 기뻐합니다. 대학원에 입학한지 엇그제 같은데 벌써 졸업을 앞두고 있습니다.

수업준비, 발표, 시험 그리고 논문 연구계획, 방법, 완성까지 학문적인 지식을 얻게 된 2년 이었습니다. 19기 동기들과의 만남은 영원히 잊을 수가 없습니다. 누님이라는 호칭으로 젊어졌고 내가 부족 한 것은 동기들이 많이 채워 주기도 했습니다. 동기들과 같이 생활을 하다 보니 생각도 사고도 젊어졌습니다. 좋은 선·후배님들도 만나게 되었으며 졸업 후에도 원우회를 통해 행사시마다 도움이 될 수 있도록 노력할 것입니다.

김환성지도교수님 논문지도에 감사하며 2년 동안 많이도 힘들게 했습니다. 마지막까지 최선을 다해 지도하여 논문을 완성 할 수 있게 해 주셔서 고맙습니다. 그리고 조민지 예비박사님 많은 도움 주셔서 고맙습니다. 광규석교수님, 남기찬교수님 감사하고 고맙습니다. 그리고 존경합니다.

논문에 도움을 준 조현욱친구 고맙고 청옥희친구들, 오륙도친구들, 수정친구들, 항만물류CEO8기 조운고무님, 하지호회장님 이하 원우님들 도와주셔서 감사합니다. 그리고 응원하고 힘이 되어준 현대해상 AM사업부, 중앙지점 직원 여러분들 고맙습니다. 현대해상 MBA1기, 생일방 여러분 저 졸업합니다. 그리고 현대해상 현대국제대리점 고객님 믿고 기다려주셔서 감사합니다. 앞으로 더 열심히 일 하겠습니다. 요양원에 계시는 친정아버지 고맙습니다. 아버지께서 제 곁에 계시는 것만으로도 제게는 힘이고 버팀목입니다.

친정엄마 절 믿어주고 의논하여 주셔서 감사합니다. 여기까지 올 수 있게 한 남편 정연보씨 고맙고 사랑합니다. 사랑하는 아름, 민교 고맙다.

감사합니다.

2016년 07월 박진순

참 고 문 헌

- 강석철, 2015, “자동차산업과 융합관점에서의 ICT 산업의 미래상”, 정보통신기술진흥센터
- 김동하, 심상규, 2014, “자동차, 이제는 안전지대”, 교보리서치 센터
- 김태정 등, 2011, “2010도로교통 사고비용의 추계와 평가”, 도로교통공단
- 김호정, 김준기, 김혜란, 고용석, 2011, “교통시설 투자평가지침 개선방안 연구”, 국토해양부
- 문종덕, 조광오, 2014, “산업부의 자율주행 자동차 기술개발 방향”, KEIT 스마트카
- 연경환, 이상우, 한우용, 손주찬, 2013, “자율주행 자동차 기술 동향”, 한국전자통신연구원
- 이갑재, 김승일, 김철기, 2012, “사람과 환경을 위한 첨단교통기술의 발전방향 - 도로교통시스템분야를 중심으로”, 한국과학기술기획평가원
- 이재관, 2015, “자율주행자동차 동향과 전망”, 융합연구정책센터
- 조한선, 이동민, 2007, “2007년 전국 교통혼잡비용 추정과 추이 분석”, 한국교통연구원
- 정호기, 서재규, 2015, “센서 융합기반 자동차용 정밀 측위시스템”, 한양대학교
- 소애림, 신승식, 2012, “피해함수접근법을 이용한 주요운송수단의 사회적 비용 산정”, 한국환경경제학회지 2012 제28권 제4호. 1-37
- James M. Anderson, et al., 2016, “Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers”, The RAND Corporation
- 경제산업부, 2015, 자율주행 비즈니스 검토회 중간보고서, 경제산업부
- 에너지관리공단, 2012, 자동차 연비·등급안내, 에너지관리공단
- 국토교통부, 2013, 교통시설 투자평가지침, 국토교통부
- 국토교통부, 2011, 교통시설 투자평가지침(2011), 국토교통부
- 한국환경정책평가연구원, 2012, ‘육상교통수단의 환경성 비교분석
- 한국교통연구원, 2007, 화물운송산업의 안정화 성과 및 향후 과제
- 한국교통연구원, 2007, 2005년 교통사고비용 추정
- IMO, 2000, Study of Greenhouse Gas Emissions From Ship
- <http://ex.co.kr> (한국도로공사)

전자신문, “구글의 자율 주행 자동차 면허, 4달만에 3배로 빠르게 증가” ,

<http://www.itworld.co.kr/news/95774>

전자신문, “캘리포니아주, 자율주행차 도로 운행 허용” ,

<http://www.etnews.com/20140525000041>

<http://techholic.co.kr/archives/33304>

<http://techholic.co.kr/archives/33304>

<http://fleetowner.com/equipment/autonomous-vehicles-what-fleets-want>

<http://www.digitaltrends.com/cars/auto-insurance-self-driving-cars/>

<http://www.prnewswire.com/news-releases/autonomous-vehicles-could-shrink-us-personal-auto-insurance-sector-by-60-percent-kpmg-research-300164425.html>



