

ISSN. 2465-8456



09

2021 September | Vol. 7

# 융합연구리뷰

## Convergence Research Review

### 유통물류센터의 스마트 기술 관련

장윤석(한국항공대학교 항공교통물류학부 교수)

### 배송용 자율주행 로봇

김시호(연세대학교 글로벌융합공학부 교수)

이상민(㈜뉴빌리티 대표)

# CONTENTS

- 01 편집자 주
- 03 유통물류센터의 스마트 기술 관련
- 29 배송용 자율주행 로봇



융합연구정책센터

Convergence Research Policy Center

융합연구리뷰 | Convergence Research Review  
2021 September vol.7 no.9

발행일 2021년 9월 6일

발행인 김현우

발행처 한국과학기술연구원 융합연구정책센터

02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5

Tel. 02-958-4977 | <http://crpc.kist.re.kr>

펴낸곳 디사플래닝 Tel. 02-6315-4600



### 유통물류센터의 스마트 기술 관련

해마다 인건비 상승, 열악한 근무조건으로 인해 물류기업들이 인력난에 시달리고 있다. 더욱이 코로나-19 대유행으로 비대면 쇼핑으로 인한 택배 물량이 증가함에 따라 물류창고 상·하차 업무를 비롯하여 보관, 분류, 포장, 배송에 이르기까지 근무 인력이 부족하다. 유통물류 업계의 배송 서비스 경쟁도 날로 치열해지고 있는 가운데, 유통물류센터에 스마트 기술을 도입하는 기업들이 증가하고 있다. 전자상거래 업체인 쿠팡은 로켓배송을 위해 인공지능 기술을 활용하고 있다. 쿠팡의 인공지능은 상품별 입·출고 시점을 예측하고, 물류노동자들에게 개인용 단말기(PDA)를 통해 입고된 상품을 어떻게 진열할지 알려주며 동선을 최대한으로 줄이는 방식을 알려준다. 또 새벽배송으로 유명한 마켓컬리도 물건을 분류하는 담당자 자리로 상품이 바로 이동하도록 하는 컨베이어 설치 등 최근 기존 물류센터에 비해 자동화율을 높였다.

유통물류센터에서의 업무 효율화 및 물류비 절감을 위하여 세계 주요 기업들은 ICT 기술, 센서, 제어 기술 등을 활용하여 스마트 유통물류 시스템·시설·장비 등을 개발하고 있다.

ICT 기술이 발달하고 빠르고 정확한 배송이 중요해졌으며, 소비자가 원하는 장소와 배송시간을 결정할 수 있는 선택권을 가지게 됨에 따라 물류배송은 산업 경쟁력의 핵심 요소로 인식되고 있다. 본 호 1부에서는 유통물류센터의 스마트 기술 관련 동향과 전망에 대한 내용을 다룬다.

### 배송용 자율주행 로봇

지난 2월 23일, 연세대학교 송도캠퍼스에는 실외 자율주행 배송용 로봇이 등장했다. 로봇은 연대 캠퍼스 내 편의점에서 연구실까지 스스로 이동하며 약 5시간 동안 총 31건의 배송업무를 완료했다. 뉴빌리티와 연세대학교에서 공동으로 개발한 이 로봇의 이름은 '뉴비(Neubi)'로, 멀티 카메라 시스템을 통해 360°로 주변 환경을 인식해 자신의 위치를 추정하고, 경로를 설정한 뒤 스스로 주행한다. 이 로봇의 최고 속도는 6km/h, 기본 주행 속도는 3.8km/h로, 총 주행 거리는 17.64km, 용량은 60L이고, 배터리를 완충하면 최대 6시간 동안 운행이 가능하다. 먼 미래에나 가능할 것 같았던 로봇이 배송하는 시대가 성큼 다가왔다.

스마트폰의 보급화로 전자상거래 시장이 확대되면서 배송물량 증가, 코로나-19 대유행으로 인한 비대면 서비스 증가, 배송 인력 부족에 대응하여 전 세계 기업들은 유통 분야의 라스트 마일(Last Mile, 물품을 개인 소비자에게 전달하는 최종 배송구간을 의미) 단계에서 활용하기 위한 로봇을 앞 다퉈 개발하고 있다. 무인배송이 중요한 현시점에, 본 호 2부에서는 배송용 자율주행 로봇의 국내외 동향 및 핵심기술 등에 대해 소개한다.

배송용 자율주행 로봇이 다양하게 개발되고 있지만 우리나라에서 상용화되기 위해서는 운영상의 법제도 규제 개선, 개인정보 보호 문제 해결 등이 요구된다. 빠른 시일 내에 법·제도 개정, 사회적인 합의 도출, 관련 산업 육성을 위한 정부 지원이 마련되어 라스트 마일 배송 부문에서의 배송용 로봇 산업을 주도할 수 있기를 기대해 본다.

# 융합연구리뷰

Convergence Research Review 2021 September vol.7 no.9



# 01

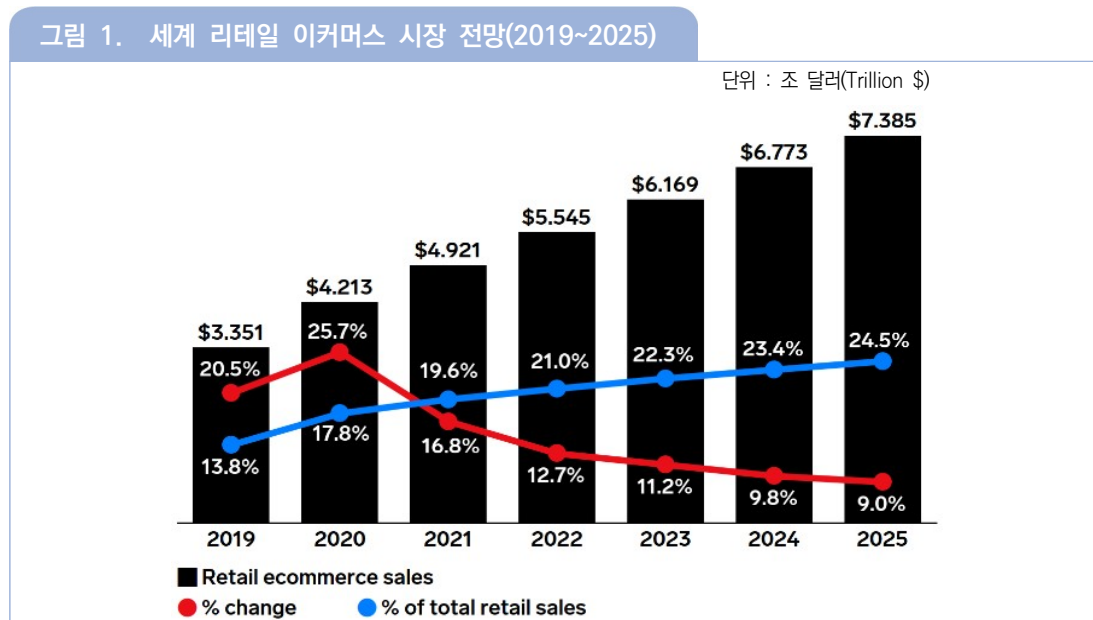
## 유통물류센터의 스마트 기술 관련

장윤석(한국항공대학교 항공교통물류학부 교수)

# I 유통물류센터 서론

## 1. 이커머스(E-Commerce) 시장의 성장

코로나-19 대유행으로 인해 2020년의 전체 리테일 세일즈(Retail Sales, 소매유통 판매)는 2.8% 정도 감소되었으나, 이커머스 리테일(E-Commerce, 전자상거래 소매유통) 시장의 성장으로 글로벌 리테일 이커머스 세일즈의 시장 규모는 올해 약 4.92조 달러(\$4.921 조)에 이르고, 2025년에는 약 7.3조 달러(\$7.385 조) 규모까지 성장할 것으로 전망된다.<sup>1)</sup> 전체 시장 중 중국이 전체 시장의 60.8%를, 북미가 20.3% 그리고 서유럽이 12.6%를 차지할 것으로 예상된다.



출처 : Insider Intelligence(2021)

1) Von Abrams. K. (2021.07.07.) Global Ecommerce Forecast 2021. Insider Intelligence.  
<https://www.emarketer.com/content/global-ecommerce-forecast-2021>

이커머스 시장의 성장과 효율성에 영향을 미치는 요인은 여러가지가 있겠지만, 그 중에서도 특히 중요한 분야로는 큐레이션(Curation) 기술, 이커머스 플랫폼, 라스트 마일(Last Mile) 배송 및 물류센터/풀필먼트(Fulfillment) 센터 등이 있다. 큐레이션은 원래 미술관이나 박물관의 전시 작품을 기획하고 관람객들에게 설명해 주는 것을 의미하는데, 유통분야에서는 IT를 활용해 개개인에게 적합한 맞춤형 정보와 서비스를 선별해 제공하는 기능을 뜻한다. 이 기술은 Amazon사가 초기에 서적을 판매할 때 처음 활용하였는데, 최근에는 많은 기업들이 엄청난 양의 고객데이터와 상품데이터, 구매 행태와 오프라인 방문 기록 등의 방대한 정보를 빅데이터 기술, AI 기술을 통해 서비스를 제공하고 있다. 이커머스 플랫폼은 고객이 특정 제품을 찾을 수 있는 검색기능, 주문을 관리할 수 있는 장바구니 기능, 결제 기능을 기본으로 대부분 호스팅(Hosting)과 클라우드(Cloud)를 통해 운영이 되고 있으며, 해당 기능의 차별화가 경쟁력을 뒷받침하고 있다. 이커머스의 성공 핵심은 물류 기능으로 상품의 입고부터 재고관리·분류·배송은 물론 반품 등 사후처리까지 모든 업무를 일괄 처리하는 서비스인 풀필먼트의 효율화로 볼 수 있는데 풀필먼트 센터는 이커머스의 마지막 실행단계로 실제로 가장 많은 시간과 비용이 발생하는 부분이다. 국내에서도 이커머스의 급속한 발전과 함께 많은 투자가 진행되는 부분이지만, 효율화 부분에서는 선진국을 중심으로 하는 기업들과는 상당한 기술적 차이가 있는 분야로 판단된다. 융합연구리뷰에서는 유통물류센터에서의 스마트 기술에 대한 동향과 전망을 기술한다.

## II 유통물류센터의 운영 이슈

### 1. 물류센터의 운영 이슈

물류센터 노동자들은 일반적으로 근골격계 질환을 유발하는 고강도의 장시간 노동과 사고에 노출되어 있고, 유행병 감염 등의 많은 문제를 안고 있다. 최근 코로나-19 대유행 이후 급속한 감염 확산에 따라 중앙사고수습 본부는 2020년 6월 23일부터 방문판매, 다단계판매, 후원방문판매업체 등 직접판매홍보관과 유통물류 센터를 “고위험 시설”로 분류한 바있다.<sup>2)</sup>

#### 1.1. 인력난

저출산, 고령화, 근로시간 단축, 인건비 상승으로 인한 물류센터의 인력난이 가속화 되고 있다. 국내 출산율은 여성 1인당 출생아 수 1명<sup>3)</sup>으로 절대적인 인구부족 국가로 가고 있다. 전 세계 10대 선도 국가의 산력인력풀은 매해 5.4%씩 감소하고 있으며 국내의 경우 주 52시간제 시행으로 인한 노동력 부족문제는 더욱 심각해지고 있다.

#### 1.2. 열악한 작업여건

물류센터의 작업은 <그림1>과 같이 하차/역, 적치, 보관, 피킹, 포장, 분류, 상차/역의 과정으로 이루어지는데 대부분의 프로세스에서의 작업여건 특성은 비효율적이고 노동집약적이며 열악하다.

먼저 상하역 과정에서의 문제점은 다음과 같다.

입고트럭에서 화물을 창고로 옮기기 위한 하역작업은 대부분 작업자에 의존하여 이루어지고 있다. 상하역 작업은 자동화가 되어있지 않아 작업자가 트럭 안에 들어가서 작업을 진행하는 경우가 많으며 컨베이어 사고,

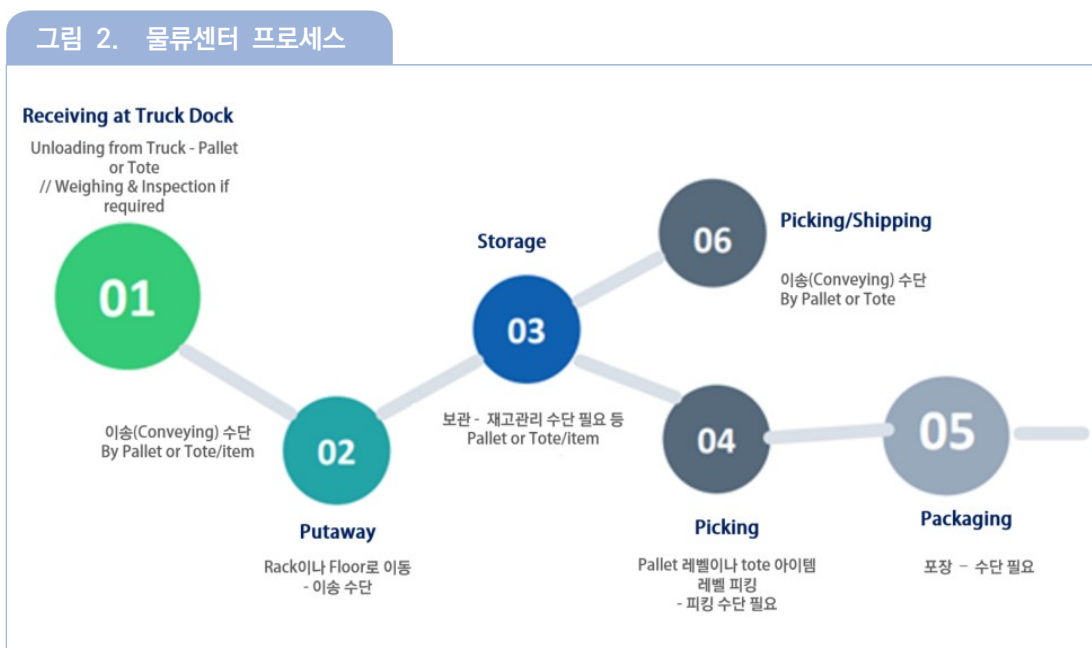
2) 우한솔. (2020.06.23.) 방문판매, 유통물류센터, 대형학원, 뷔페 오늘부터 ‘고위험시설’ 분류. KBS뉴스.

<https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=4476993>

3) 김영은. (2020.06.30.) 2020년 세계 합계출산율 현황. 연합뉴스. <https://www.yna.co.kr/view/GYH20200630002600044>



호흡 곤란 등의 사고가 많이 발생한다. 또한 작업자의 안전을 위한 장치가 없어 트럭, 지게차와 작업자 간 충돌 사고 등 물류센터에서의 산업재해 사고가 많이 발생한다. 중소 규모의 창고에서는 입고 화물 검수를 위한 창고 관리 시스템(WMS, Warehouse Management System)이 구축되어 있지 않아서 수기 검수를 진행하는 경우도 많다. 이렇듯 상하역 과정은 하역부터 검수까지 모두 수작업으로 이뤄짐에 따라 많은 인력과 시간이 소요된다.



적치와 보관의 과정은 입고 팔레트(Pallet, 박스 단위의 물품을 운반하는 선반)를 박스단위 혹은 상품단위로 소분 후 랙(Rack, 선반)에 보관하는 작업을 수행하는 단계로 상품의 보관위치를 수기로 기록하거나 기록을 하지 않는 경우가 대부분이고, 보관 시 전통적인 지게차에 의한 이동을 해야 하기 때문에 비효율적이다. 또한 보관위치를 정함에 있어서 최적화 되어 있지 않기 때문에, 피킹(Picking) 작업 시, 숙련도가 낮은 작업자는 피킹 위치 탐색시간 및 이동시간 증가로 작업시간이 지연되는 문제가 발생한다.

피킹(Picking)은 고객 주문 상품을 출고박스에 분류하는 작업 단계로, 피킹 대상 상품의 위치를 탐색하는 시간이 증가됨에 따라, 전체 피킹 작업 시간이 지연되는 문제가 발생한다. 피킹하고, 위치 이동 경로 설정이 작업자의 판단으로 이뤄짐에 따라 긴 이동시간이 소요되며, 작업 피로도도 증가한다.

분류 및 포장은 피킹 상품을 고객 별로 분류하여, 포장작업을 수행하는 단계로, 중소 물류센터에서는 출고작업이 지속적으로 이루어지지 않기 때문에, 종이박스를 주문 전 미리 접어놓고 포장작업을 수행하는데, 당일 출고량이 많은 물류센터는 많은 작업 인력을 투입하여 처리하고 있는 실정이다.

### 1.3. 낮은 물류경쟁력

세계은행그룹에 따르면, 우리나라의 국가별 물류경쟁력 지수(LPI, Logistics Performance Index)는 2012년 (3.7점) 이후 점차적으로 하락하여 2018년 기준 3.61점을 기록하였으며, 25위로 아시아 국가 중 일본(5위), 싱가포르(7위), 홍콩(12위)에 비해 낮은 순위를 차지하고 있다.<sup>4)</sup>

표 1. 국가별 물류경쟁력 지수(LPI) 비교

County	Year	LPI Rank	LPI Score	Customs	Infrastructure	International shipments	Logistics competence	Tracking & tracing	Timeliness
Germany	2018	1	4.20	4.09	4.37	3.86	4.31	4.24	4.39
Sweden	2018	2	4.05	4.05	4.24	3.92	3.98	3.88	4.28
Belgium	2018	3	4.04	3.66	3.98	3.99	4.13	4.05	4.41
Austria	2018	4	4.03	3.71	4.18	3.88	4.08	4.09	4.25
Japan	2018	5	4.03	3.99	4.25	3.59	4.09	4.05	4.25
Netherlands	2018	6	4.02	3.92	4.21	3.68	4.09	4.02	4.25
singapore	2018	7	4.00	3.89	4.06	3.58	4.10	4.08	4.32
Denmark	2018	8	3.99	3.92	3.96	3.53	4.01	4.18	4.41
United Kingdom	2018	9	3.99	3.77	4.03	3.67	4.05	4.11	4.33
Finland	2018	10	3.97	3.82	4.00	3.56	3.89	4.32	4.28
United Arab Emirates	2018	11	3.96	3.63	4.02	3.85	3.92	3.96	4.38
Hong Kong, China	2018	12	3.92	3.81	3.97	3.77	3.93	3.92	4.14
Switzerland	2018	13	3.90	3.63	4.02	3.51	3.97	4.10	4.24
United States	2018	14	3.89	3.78	4.05	3.51	3.87	4.09	4.08
New Zealand	2018	15	3.88	3.71	3.99	3.43	4.02	3.92	4.26
France	2018	16	3.84	3.59	4.00	3.55	3.84	4.00	4.15

4) The World Bank Group 홈페이지. Global Rankings 2018. <https://lpi.worldbank.org/international/global/2018>

County	Year	LPI Rank	LPI Score	Customs	Infrastructure	International shipments	Logistics competence	Tracking & tracing	Timeliness
Spain	2018	17	3.83	3.62	3.84	3.83	3.80	3.83	4.06
Australia	2018	18	3.75	3.87	3.97	3.25	3.71	3.82	3.98
Italy	2018	19	3.74	3.47	3.85	3.51	3.66	3.85	4.13
Canada	2018	20	3.73	3.60	3.75	3.38	3.90	3.81	3.96
Norway	2018	21	3.70	3.52	3.69	3.43	3.69	3.94	3.94
Czech Republic	2018	22	3.68	3.29	3.46	3.75	3.72	3.70	4.13
Portugal	2018	23	3.64	3.17	3.25	3.83	3.71	3.72	4.13
Luxembourg	2018	24	3.63	3.53	3.63	3.37	3.76	3.61	3.90
Korea, Rep.	2018	25	3.61	3.40	3.73	3.33	3.59	3.75	3.92
China	2018	26	3.61	3.29	3.75	3.54	3.59	3.65	3.84

출처 : 세계은행그룹 홈페이지

### 1.3.1. 국내기술의 확보 부족

국내 물류장비 제조업의 출하액은 15.7조 원(2017년 기준)으로 연평균 성장률 1.0%로 저성장 중이며, 영세한 중소기업 중심의 물류기술 제조업 생태계로 인하여 자동화 장비 등에 대한 외산장비 의존도가 높은 실정이다(2015년~2018년 동안 외산장비에 대한 만족도는 3.94점에서 4.05점으로 높아지고 있는 반면, 국산장비에 대한 만족도는 정체되어 있다.)<sup>5)</sup> 특히, 기업규모가 클수록 외산장비 구매를 선호하는 것으로 나타나, 고가의 고성능 자동화 장비에 대한 외산장비 의존도가 높은 것으로 나타났다.

국내 물류센터 중 범용기술이 많이 활용되는 포장 분야의 국산장비 사용률은 66.4%로 비교적 높은 수준이나, 첨단 자동화 시설·장비를 많이 사용하는 보관, 하역 분야의 경우 국산장비 활용률이 43~45%로 낮은 수준이다. 특히 자동창고 시스템(AS/RS, Automated Storage/ Retrieval System, 셔틀(Shuttle) 또는 스택커 크레인(Stacker Crane, 창고 입출고 기기) 등을 통해 물품의 보관, 입출고 등 작업을 무인으로 이행되게 만든 자동화 시스템) 분야에서 스택커 크레인 기반의 크레인은 일부 국내기업인 SFA, 현대무벅스, SM Core, 한화 테크엠, 일양 엔지니어링 등의 기업들만 설계기술을 가지고 있는 상황이고, 멀티셔틀 분야에서는 랩투마켓, 현대무벅스, Studio 3S, TSPG 정도만 설계기술을 가지고 있는 상황이다. 또한 자율 이동 로봇(AMR, Automatic Mobile Robot) 분야에서는 Amazon사가 도입한 Kiva의 성공적인 운영 이후, 중국을 중심으로 하는 수많은 기업들이

5) 민연주, 노홍승, 허성호 외 6인. (2017). 2017 물류시설·장비 수요·생산 업체 조사. 한국교통연구원.

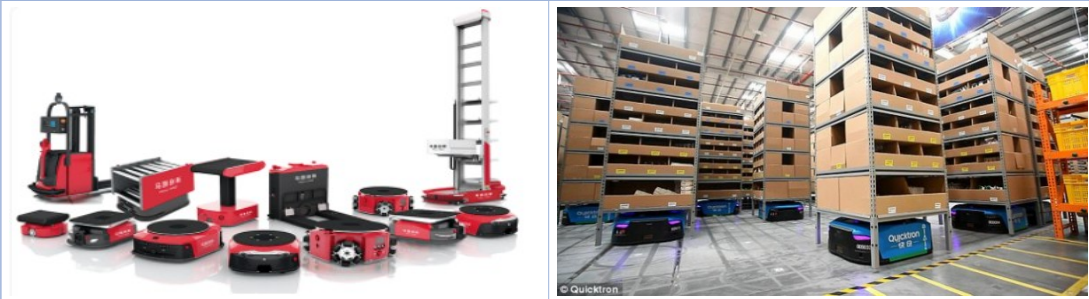
유사한 기술개발을 통해 시장을 확장하고 있으며, 국내 대부분의 기업들도 이러한 중국 기업의 제품을 수입하거나 개조하여 국내시장에 도입을 하는 경우가 많아지고 있다. 북경을 중심으로 하는 중국의 Geek+, 쑤저우를 중심으로 하는 Mushiny, 항조우를 중심으로 하는 HIKvision, 상하이로 중심으로 하는 Malu Innovation은 다양한 국내 기업과 협력하여 국내 물류시장에 진출, 국내물류 자동화 시장을 장악해나가고 있다. 전반적으로 자율주행 기반의 물류로봇 기술은 중국기업이 이미 한국 기업의 기술 수준을 앞서는 것으로 판단되며, 물류분야의 낮은 수익률로 인해 이러한 저가의 제품들이 국내 시장을 빠른 속도로 잠식해나갈 것으로 예측된다.

그림 3. Mushiny의 무인운반차(AVG) 및 HIKrobot의 무인운반차(AVG)



출처 : 해당 기업 홈페이지

그림 4. Malu Innovation의 무인운반차(AGV) 및 Quicktron의 무인운반차(AGV)



출처 : 해당 기업 홈페이지

### III 국내외 정책 동향

#### 1. 국내외 물류 정책동향

##### 1.1. 국내 정책 동향

국토교통부는 2021년 7월 1일, 국가물류기본계획(2021~2030), 128차 현황조정회의에서 “스마트 디지털 혁신성장과 상생 생태계 조성을 통한 글로벌 물류선도 국가”라는 비전 아래 6대 추진전략, 19대 세부과제<sup>6)</sup>를 제시하였다.

그림 5. 국가물류기본계획(2021~2030년)

<b>비전</b>	물류산업의 스마트·디지털 혁신 성장과 상생 생태계 조성 통한 글로벌 물류 선도국가 도약	
<b>목표</b>	◇ 물류산업 매출액 91.9 → 140조원 ◇ IT 활용지수 39.6 → 66.1	◇ 물류 경쟁력지수 25위 → 10위권 ◇ 물류 일자리 64.5 → 97만 명
<b>추진 전략</b>	① 스마트 물류시스템 및 디지털 전환 ② 공유연계 인프라 및 네트워크 구축 ③ 사람중심 일자리 및 고품격 물류 서비스	④ 지속가능한 물류산업 환경 조성 ⑤ 산업 경쟁력 강화 및 시장 체질 개선 ⑥ 글로벌 시장 전략적 진출 확대

출처 : 국토교통부 보도자료

또한 중·단기적으로 중요성과 시급성이 높은 10대 핵심추진 과제는 ①자율주행시대 대응을 위한 물류체계 구축, ②효율적 스마트 도시물류시스템 선제적 구축, ③콜드체인 물류 활성화 및 안전성 제고, ④유통·제조·플랫폼 산업을 선도하는 융복합 물류체계 구축, ⑤물류 표준화·디지털화 확산 및 국가물류지도 구축, ⑥국가물류의

6) 국토교통부 보도자료. (2021.07.11.) 국토교통부, 해양수산부 2030년 글로벌 물류 선도국가 도약 추진전략 마련.  
[https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m\\_71/dtl.jsp?id=95085737](https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95085737)

균형성·다양성·회복력 강화, ⑦시민참여형(클라우드소싱) 물류 확산, ⑧지속가능한 철도물류산업 체계 구축, ⑨첨단 기술기반 스마트 공·항만 구축·운영, ⑩친환경 해운물류 시스템 구축 등이다. 10대 과제 중 효율적인 스마트 도시물류시스템의 선제적 구축은 효율적인 신규 운송수단, 시스템 개발과 주차장, 공공부지 등을 활용한 도심배송시설, 유통센터 등을 포함하며 이를 통해 향후 도심형 풀필먼트 센터의 가속화가 예측된다.

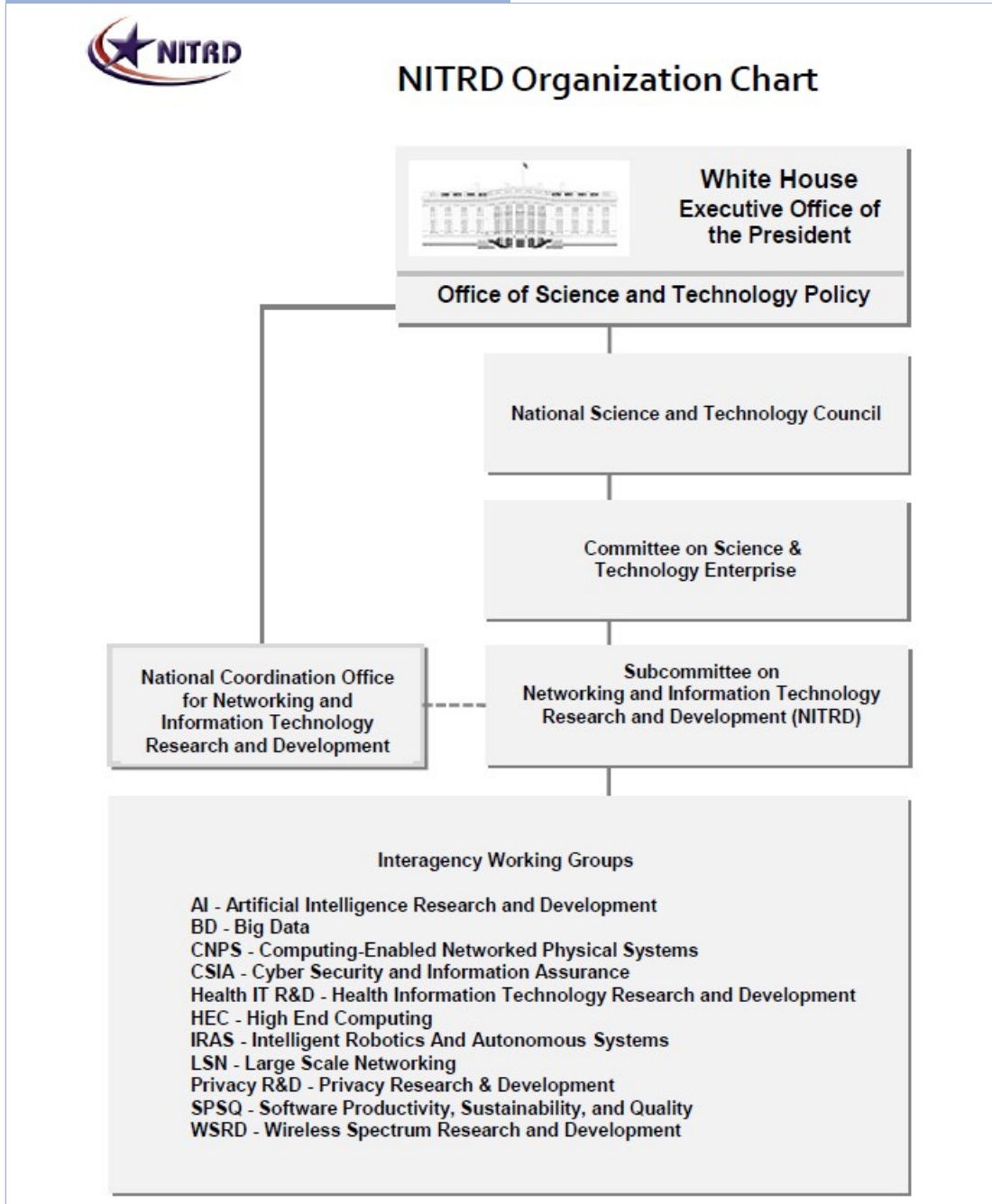
## 1.2. 국외 정책 동향

### 1.2.1. 미국

범정부 차원에서의 네트워크 및 정보통신 과학기술 연구개발 프로그램(NITRD, Networking and Information Technology Research and Development Program)을 통해, 인공지능(AI, Artificial Intelligence), 빅데이터, 사이버보안(Cyber Security), 건강정보 기술(Health Information Technology), 지능형 로봇공학과 자율 시스템(Intelligent Robotics and Autonomous Systems), 미들웨어(Middleware, 운영프로그램과 그 프로그램이 운영되는 환경 간에 원만한 통신이 이루어질 수 있도록 하는 소프트웨어) 등 16개 분야에서 개발 전략을 제시하고 있다<그림6>.7) 특히 로봇공학(Robotics)과 자율(Autonomous) 시스템분야에서는 로봇의 하드웨어와 소프트웨어 디자인과 응용, 로봇의 인지, 모빌리티와 휴먼-로봇 인터렉션(Interaction), 자율주행 분야에 집중하여 개발을 진행하고 있다.

7) NITRD 홈페이지. <http://www.nitrd.gov>

그림 6. 미국 NITRD의 조직도와 연구분야



출처 : NITRD 홈페이지

### 1.2.2. 일본

일본에서는 아베노믹스 성장전략의 핵심정책으로 범정부 차원의 ‘로봇 신전략’을 발표하였고, 특히 국토 교통성이 차기 종합물류 시책(2021~2024년도)의 방향으로 ‘코로나-19 확산 대응 생력화·자동화’를 제시 하였다(일본에서는 코로나-19로 B2C(Business to Consumer, 기업과 소비자 간 거래) 전자상거래 수요가 폭증함에 따라 심각한 인력 부족 문제가 더욱 악화되어, 첨단 디지털 기술을 활용한 생력화 및 자동화의 강력한 추진이 요구되고 있음).

종합과학기술·혁신회의(CSTI, Council for Science, Technology and Innovation)가 주도하는 전략적 혁신 창조 프로그램(SIP, Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program)<sup>8)</sup>을 통해 부처 칸막이를 뛰어넘어 기초연구부터 실용화 사업까지 연구개발을 추진하고 있는데, 각 분야에서 뛰어난 기획 책임자(Program Director)의 주도하에 연구개발이 진행되고 있다.

그림 7. 일본 전략적 혁신 창조 프로그램(SIP)의 1, 2단계의 중점 분야



출처 : 일본 신에너지·산업기술종합개발기구 홈페이지

8) 일본 과학기술진흥기구(Japan Science and Technology Agency) 홈페이지. <https://www.jst.go.jp/sip/k03/sm4i/en/outline/about.html>



### 1.2.3. 유럽

유럽은 Horizon 2020 이후, Horizon Europe을 통해 연구개발을 지원하고 있으며, 특히 최근에는 100가지 미래 급진적 혁신기술(100 Radical Innovation Breakthroughs for the future) 보고서 발간<sup>9)</sup>을 통해 각 기술별 미래영향력 및 유럽연합의 기술 성숙도를 파악하고, 혁신 기술의 지속적 개발을 추진함과 동시에 지속가능발전목표(SDGs, Sustainable Development Goals) 달성을 위한 전략 수립을 추진하고 있다.

독일은 신하이테크전략(2014)을 통해 4차 산업혁명에 대응하고 글로벌 물류산업 선도를 위해 물류 디지털화에 집중 투자를 추진 중이다.

### 1.2.4. 중국

중국은 중국 10대 산업 육성 계획의 핵심 산업분야로 로봇을 선정하고<sup>10)</sup> ‘인터넷 플러스 유통’ 행동계획을 통해 유통산업의 효율화, 스마트화, 혁신적 발전 등을 유도하고 있다.

9) European Commission. (2019). 100 Radical Innovation Breakthroughs for the future.

<https://ec.europa.eu/jrc/communities/en/community/digitranscope/document/100-radical-innovation-breakthroughs-future>

10) 조철·조은교·박기영. (2019). 최근 중국 산업정책의 방향과 주요 내용. 정책자료 2019-363. 산업연구원

## IV 국내외 기술동향

### 1. 국내외 물류 기술 동향

2019년 매출기준으로 세계 10대 물류자동화 기업 중, 10위권 내에서 유럽기업이 아닌 기업은 미국의 Honeywell Intelligrated와 Material Handling Systems(MHS), 일본의 Daifuku와 Murata Machinery이고, 전체적인 순위는 2018년과 비교했을 때 변화가 없는 것으로 나타났다.

표 2. 글로벌 물류자동화 기업 순위

2019 Rank	2018 Rank	Company	Worldwide 2018 revenue (million USD)	Worldwide 2019 revenue (million USD)	Percent change 2018-2019	Three-year change	Headquarters
1	1	Daifuku Co., Ltd.	4167	4016	-3.6%	37%	Osaka, Japan
2	2	Schaefer Holding International GmbH	3217	3217	0%	22%	Neunkirchen, Germany
3	3	Dematic(KION Group)	2350	2662	13.3%	32%	Atlanta, Ga.
4	4	Honeywell Intelligrated	1700	1800	5.9%	112%	Mason, Ohio
4	6	Murata Machinery, Ltd.	1342	1800	34.1%	43%	Kyoto, Japan
6	5	Vanderlande Industries B.V. (TALG)	1538	1700	10.5%	38%	Veghel, The Netherlands
7	7	Knapp AG	1050	1370	30.5%	113%	Hart bei Graz, Austria
8	8	Beumer Group GmbH	1000	1100	10.0%	29%	Beckum, Germany
9	10	Material Handling Systems (MHS)	860	1000	16.3%	N/A	Mount Washington, Ky.
10	9	Swisslog AG	923	922	-0.1%	43%	Buchs, Switzerland

출처 : Modern Material Handling(2020)

대부분의 물류자동화 기업은 과거에 스마트 공장 자동화 또는 공정 중 물류관리에 사용되던 기술들을 마이크로 풀필먼트 센터 내의 유사한 프로세스 효율화에 적용하고 있는데, 사용되는 기술들로는 멀티셔틀 기술, 자율 이동 로봇(AMR), 피킹로봇, 그리고 제함기 등이 있다. 융합연구리뷰에서는 물류 프로세스 별 솔루션 제공 기업을 소개하고 장단점을 비교한다.

### 1.1. 입고/출고 자동화

입고 및 출고에서 전통적으로 사용하는 기술은 지게차와 컨베이어인데, 최근에는 무인 지게차의 개발과 적용이 두드러지고 있다. 현장적용 시 문제가 되는 이슈는 회전반경의 최소화, 처리속도의 개선, 정확한 포지셔닝 문제 등이 있다.

그림 8. 입고/출고 자동화 제품 현황

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기업명 : 포테닛(한국)</li> <li>• 제품명 : SCV-ABR</li> <li>• 용도 : 팔레트 단위 화물 상/하차</li> <li>• 기술성능             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최대 2톤 중량 화물 취급 가능</li> <li>- 최대 1.2m/s 주행속도</li> <li>- PRIMUS SLAM 컨트롤러 기반 자율주행기능 보유</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기업명 : Geek+(중국)</li> <li>• 제품명 : Automated Forklift</li> <li>• 용도 : 팔레트 단위 화물 상/하차</li> <li>• 기술성능             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최대 2톤 중량 화물 취급 가능</li> <li>- 3D 라이더 센서를 이용한 자율주행기능 보유</li> </ul> </li> </ul>

출처 : 해당 기업 홈페이지

## 1.2. 보관/피킹 자동화

보관/피킹은 물류창고 프로세스 중 가장 많은 인력과 시간이 소요되는 프로세스로 보관밀도와 적치 및 피킹 속도를 최대한 극대화하는 것이 중요한 기술인데, 전통적으로 스택어 크레인 기반의 팔레트용 자동창고 시스템(AS/RS)과 토트(Tote, 적재용기)용 자동창고 시스템(AS/RS)이 있는데 크레인 기반의 기술들은 한 개의 스택어 크레인이 스택어 크레인의 양쪽의 랙에 보관되어 있는 물품들을 자동으로 입출고 할 수 있는 장점이 있으나, 처리속도의 문제와 고장 시 대체가 불가능한 점 등으로 멀티셔틀의 적용이 점차 확대되고 있는 실정이다.

그림 9. 보관/피킹 자동화 제품 현황



- 기업명 : Dematic(독일)
- 제품명 : Multishuttle 2
- 용도 : 박스단위 화물 보관/피킹
- 기술성능
  - 최대 4m/s 직·후진 주행속도
  - 최대 50kg 미만 박스단위화물 취급
  - Single/Double Deep 포킹(Forking) 및 폭 조절 기능 보유



- 기업명 : Schaeffer(독일)
- 제품명 : Cuby shuttle
- 용도 : 박스단위 화물 보관/피킹
- 기술성능
  - 최대 2.5m/s
  - 최대 35kg 미만 화물 취급 가능
  - Single/Double Deep 포킹 기능 보유



- 기업명 : ㈜랩투마켓(한국)
- 제품명 : i-Shuttle
- 용도 : 박스단위 화물 보관/피킹/이송
- 기술성능
  - 최대 4m/s 직·후진 주행속도
  - 포킹속도 : 44초 내 6개의 화물 포킹 가능
  - Single/Double Deep 포킹, 폭 조절, 리프트 기능 보유
  - 기능모듈 교체가 가능한 모듈형 시스템

출처 : 해당 기업 홈페이지

### 1.3. 이송 자동화

이송 분야에서는 전통적인 마그네틱이나 컬러테이프를 이용해서 이동을 하는 무인운반차(AGV, Automatic Guided Vehicle)에서 2차원 바코드와 비전을 이용하는 자율 이동 로봇(AMR) 등으로 발전한 추세이다. 특히 Amazon사가 KIVA Systems라는 로봇업체를 인수한 후 Amazon Robotics로 사명을 변경하고 20만대 이상의 로봇을 현장에 활용하면서 다양한 기업들의 새로운 형태의 응용기술을 개발하고 있다.

그림 10. 이송 자동화 제품 현황

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기업명 : Amazon Robotics(미국)</li> <li>• 제품명 : Kiva</li> <li>• 용도 : 화물보관 랙 이송</li> <li>• 기술성능             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최대 2m/s 주행속도</li> <li>- 최대 145kg 보관 랙 적재 가능</li> <li>- 최대 2m 이하 보관 랙 적재 가능</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기업명 : MIR(네덜란드)</li> <li>• 제품명 : MIR 500/100</li> <li>• 용도 : 박스 이송</li> <li>• 기술성능             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최대 100/500kg 무게 화물 이송 가능</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기업명 : 트위니(한국)</li> <li>• 제품명 : 따르고 / 나르고</li> <li>• 용도 : 박스, 팔레트 단위 화물 이송</li> <li>• 기술성능             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최소 60kg ~ 최대 500kg 화물취급 가능</li> <li>- 최대 1.2m/s 주행속도</li> <li>- 1회 충전 후 운영 가능 8시간(충전 2시간)</li> </ul> </li> </ul>

출처 : 해당 기업 홈페이지

### 1.4. 포장 자동화

포장 분야에서는 미국의 Packsize사, 이탈리아의 Panotec사 등이 혁신적인 기술들을 개발 응용하고 있는데, 전통적인 제함기는 미리 절단된 형태의 고정된 크기의 박스를 적재부에 적재한 후 박스를 펴서 박스 형태를 만드는 방식인데 반해 Packsize사와 Panotec사의 기술들은 적재할 제품의 체적을 먼저 측정해서 해당 적재 제품에 맞는 크기의 박스를 만들어 낸다. 이러한 기술들은 물품 적재 시 빈 공간을 최소화 할 수 있는 중요한 기술로 볼 수 있으나, 국내에는 해당기술을 보유하고 있는 기업이 전무하다고 할 수 있다.

그림 11. 포장 자동화 제품 현황

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기업명 : Panotec(이탈리아)</li> <li>• 제품명 : MIDI COMPACT 1.4</li> <li>• 용도 : 종이박스 절단 조립</li> <li>• 기술성능             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 분당 최대 10박스 조립</li> <li>- 포장대상 제품들의 체적에 맞추어 박스 절단</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기업명 : Packsize(미국)</li> <li>• 제품명 : IQ Series</li> <li>• 용도 : 종이박스 절단 조립</li> <li>• 기술성능             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시간당 720박스 절단 조립</li> <li>- 최소 4' 6" x 5' 5"</li> <li>- 포장대상 제품들의 체적에 맞추어 박스 절단</li> </ul> </li> </ul>

출처 : 해당 기업 홈페이지

### 1.5. 분류 자동화

소터(Sorter, 분류) 시장은 유통물류센터, 택배 등에서 지속적으로 성장해 온 시장으로 코로나-19 이후 급속한 이커머스 시장의 성장으로 폭발적 성장을 하고 있다. 최근 유진그룹이 소터 기업인 태성시스템을 550억에 인수<sup>11)</sup>하여 화제가 되었지만, 최근 택배기사의 분류작업을 기업들이 하게 됨에 따라 그 시장은 더 성장할 것으로 판단된다. 과거에는 유럽계 제품이 국내시장을 주도했으나, 최근에는 국내에도 상당히 많은 기업들이 다양한 소터(Sorter) 장치를 국산화 하고 있다.

그림 12. 분류 자동화 제품 현황	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기업명 : Beumergroup(독일)</li> <li>• 제품명 : BG Sorter Compact CB</li> <li>• 용도 : 분류</li> <li>• 기술성능               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Speed : 3m/sec</li> <li>- Maximum item weight per carriage : 12kg</li> <li>- 저소음, 저에너지</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기업명 : Vanderlande(네덜란드)</li> <li>• 제품명 : POSISORTER</li> <li>• 용도 : 분류</li> <li>• 기술성능               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Speed : 4,000/hour(비정형)</li> <li>- Soft impact sortation</li> <li>- modular, compact design</li> </ul> </li> </ul>

출처 : 해당 기업 홈페이지

11) 이종화. (2021.08.05.) 유진그룹, 물류사업 강화...태성시스템 550억에 인수. 매일경제.  
<https://www.mk.co.kr/news/business/view/2021/08/759916/>

## 1.6. 종합

풀필먼트 프로세스는 특정 프로세스의 자동화로 개선될 수 없고, 전체 물류 프로세스와 개별 프로세스의 효율화가 함께 진행되어야 개선될 수 있는 프로세스이다. 또한 융합연구리뷰에서는 설명하지 않았으나, 장비와 연계를 책임지는 물류 창고관리시스템(WMS, Warehouse Management System)의 성능과 기능도 아주 중요하다. 전통적인 물류 창고관리시스템(WMS)의 경우 개별 장비를 연계할 때마다 인터페이스에 많은 시간과 노력이 소요되고, 또한 개별 장비들이 연계는 되어있지만 풀필먼트 전체를 다루는 다양한 장비의 오케스트레이션(Orchestration, 컴퓨터 시스템, 애플리케이션, 서비스의 자동화된 설정, 관리, 조정) 기능이 없어, 장비의 이상 상황 발생이나 주문의 동적인 변화 등에 즉각적인 대응이 쉽지 않다.



## V 향후 전망

### 1. 더 빠른 풀필먼트와 배송

급속한 도심화와 효율화, 빠른 배송 서비스를 위해 풀필먼트 센터는 고객과 더욱 가까워지고 있다. 즉, 풀필먼트 센터 구축은 '교외 대규모 풀필먼트 센터'에서 빠른 배송 서비스를 제공하기 위해 고객과 가까운 '도심 소규모 풀필먼트 센터'로 변화하고 있으며, 다음과 같은 두 가지의 방법으로 추진되고 있다.

- 도심 풀필먼트 센터(마이크로 풀필먼트 센터)는 일반 도심 내 건물, 오프라인 매장에 구축
- 국내 주요 대형마트사는 오프라인 매장 일부를 풀필먼트 센터로 전환해 도심 풀필먼트 센터를 구축

이와 같은 고객 니즈(Needs)와 시장 환경의 변화와 함께 익일 배송, 당일배송, 새벽배송, 예약배송(3시간)을 넘어 더 빠르고 편리한 온디맨드 배송(On-Demand Delivery, 수취인이 배송 일정과 장소를 직접 선택할 수 있는 맞춤형 배송 서비스) 등 배송전쟁이 일어나고 있으며 도심 풀필먼트 센터를 활용해 1인가구 중심/핵심상품 위주/1시간 내 배송 서비스를 제공하는 3세대 커머스(Commerce)인 '퀵(Quick)-커머스'가 주목받고 있다. 종합하면, 향후에는 물류거점과 풀필먼트 센터는 새로운 구조와 기능으로 고객 생활권에 더욱 접근해 다양한 쇼핑 서비스와 생활 물류서비스를 제공하며 1시간 이내 온디맨드 배송이 보편화 될 것으로 전망된다.

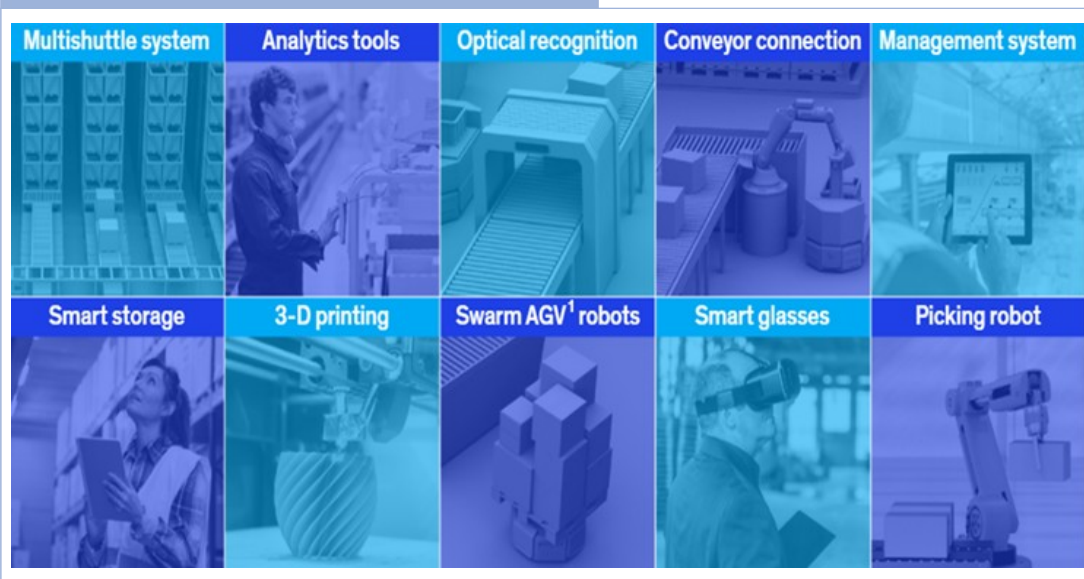
### 2. 2025년 이후의 미래모습

사회적으로 2030년 국내 생산가능 인구는 63%로 감소할 것으로 전망(2017년 73.1%)<sup>12)</sup>되지만, 정보통신 기술의 발달로 인터넷 보급률은 90% 이상이 될 것으로 전망되며, 이로 인한 전자상거래 시장의 급증이 예상된다.

12) 조영삼 외. (2019). 2030 산업동향 분석 및 메가트렌드를 반영한 산업 혁신 전략 수립. 산업연구원

세계 물류창고 자동화 시장은 2020년 15조 원(13억 9천 달러) 수준에서 2026년 32조 원(30억 달러)에 이를 것으로 전망<sup>13)</sup>된다. 관련하여 미국 컨설팅 회사인 맥킨지앤컴퍼니(McKinsey&Company)는 기존의 수작업에 의존하던 물류창고가 2030년에는 자율주행을 하는 물류로봇들에 의해 운영되며, 작업자들은 증강현실(AR, Augmented Reality) 안경을 착용하고, 기업은 사람과 로봇의 협력으로 물류창고 운영의 가시성을 개선하며 주문과 재고가 실시간으로 연계될 것으로 전망하고 있다. 또한, 2030년 물류창고를 변화시킬 10가지 유망기술을 전망하였다.<sup>14)</sup> 10가지 유망기술은 ①멀티이송시스템(Multishuttle System), ②분석도구(Analytics Tools), ③광학 인식(Optical Recognition), ④연결컨베이어(Conveyor Connection), ⑤물류관리 시스템(Management System), ⑥스마트 창고(Smart Storage), ⑦3-D 프린팅(Printing), ⑧군집 무인운반차 로봇(Swarm AGV Robots), ⑨스마트 안경(Smart Glasses), ⑩피킹 로봇(Picking Robot) 등이다.

그림 13. 2030년에 물류창고를 변화시킬 기술



출처 : Mckinsey & Company(2019)

13) LogisticsIQ 홈페이지. <https://www.thelogisticsiq.com/research/warehouse-automation-market/>

14) Dekhne. A., Hastings. G., Murnane, J., Neuhaus. F. (2019.04.24.) Automation in logistics: Big opportunity, bigger uncertainty. Mckinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/automation-in-logistics-big-opportunity-bigger-uncertainty>

글로벌 시장조사업체 ABI리서치(ABI Research)는 2025년에 전 세계 50,000개의 물류창고에 400만 개의 로봇이 설치되어 운영될 것 이라고 전망하고 있다.<sup>15)</sup> 더 많은 로봇과 다양한 장비의 개발 및 도입이 확산될수록 이러한 로봇과 장비들에 대한 효율적이고 지능적인 제어, 관리, 통합적인 오케스트레이션(Orchestration)에 대한 요구도 함께 늘어날 것으로 전망된다.

15) Bay, O., (2019.03.26.) 50,000 Warehouses to Use Robots by 2025 as Barriers to Entry Fall and AI Innovation Accelerates. ABIresearch.  
<https://www.abiresearch.com/press/50000-warehouses-use-robots-2025-barriers-entry-fall-and-ai-innovation-accelerates/>

저자\_ **장윤석**(Yoon Seok Chang)

• 학력

Imperial College London 기계공학 박사  
인하대학교 자동화 공학 석사  
인하대학교 자동화 공학 학사

• 경력

現) 한국항공대학교 항공교통물류학부 교수

## 참고문헌

### <국내문헌 : 가나다순>

- 1) 국토교통부 보도자료. (2021.07.11.) 국토교통부, 해양수산부 2030년 글로벌 물류 선도국가 도약 추진전략 마련. [https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m\\_71/dtl.jsp?id=95085737](https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95085737)
- 2) 민연주, 노홍승, 허성호 외 6인. (2017). 2017 물류시설·장비 수요·생산 업체 조사. 한국교통연구원.
- 3) 조영삼 외. (2019). 2030 산업동향 분석 및 메가트렌드를 반영한 산업 혁신 전략 수립. 산업연구원.
- 4) 조철·조은교·박가영. (2019). 최근 중국 산업정책의 방향과 주요 내용. 정책자료 2019-363. 산업연구원

### <국외문헌 : 알파벳순>

- 5) European Commission. (2019). 100 Radical Innovation Breakthroughs for the future. <https://ec.europa.eu/jrc/communities/en/community/digitranscope/document/100-radical-innovation-breakthroughs-future>

### <기타문헌>

- 6) 김영은. (2020.06.30.) 2020년 세계 합계출산물 현황. 연합뉴스. <https://www.yna.co.kr/view/GYH20200630002600044>
- 7) 우한솔. (2020.06.23.) 방문판매, 유통물류센터, 대형학원, 뷔페 오늘부터 '고위험시설' 분류. KBS뉴스. <https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=4476993>
- 8) 이종화. (2021.08.05.) 유진그룹, 물류사업 강화···태성시스템 550억에 인수. 매일경제. <https://www.mk.co.kr/news/business/view/2021/08/759916/>
- 9) 일본 과학기술진흥기구(Japan Science and Technology Agency) 홈페이지. <https://www.jst.go.jp/sip/k03/sm4i/en/outline/about.html>
- 10) 일본 신에너지·산업기술융합개발기구(New Energy and Industrial Technology Development Organization) 홈페이지. [https://www.nedo.go.jp/english/activities/ZZpage\\_100139.html](https://www.nedo.go.jp/english/activities/ZZpage_100139.html)
- 11) Bay. O., (2019.03.26.) 50,000 Warehouses to Use Robots by 2025 as Barriers to Entry Fall and AI Innovation Accelerates. ABIresearch. <https://www.abiresearch.com/press/50000-warehouses-use-robots-2025-barriers-entry-fall-and-ai-innovation-accelerates/>
- 12) Bond. J. (2020.05.18.) Top 20 Materials Handling System Suppliers 2020. Modern Material Handling. [https://www.mmh.com/article/top\\_20\\_materials\\_handling\\_system\\_suppliers\\_2020](https://www.mmh.com/article/top_20_materials_handling_system_suppliers_2020)
- 13) LogisticsIQ 홈페이지. <https://www.thelogisticsiq.com/research/warehouse-automation-market/>

- 14) Dekhne. A., Hastings. G., Murnane, J., Neuhaus. F. (2019.04.24.) Automation in logistics: Big opportunity, bigger uncertainty. Mckinsey & Company.  
<https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/automation-in-logistics-big-opportunity-bigger-uncertainty>
- 15) NITRD 홈페이지. <http://www.nitrd.gov>
- 16) The World Bank Group 홈페이지. Global Rankings 2018. <https://ipi.worldbank.org/international/global/2018>
- 17) Von Abrams. K. (2021.07.07.) Global Ecommerce Forecast 2021. Insider Intelligence.  
<https://www.emarketer.com/content/global-ecommerce-forecast-2021>



# 02

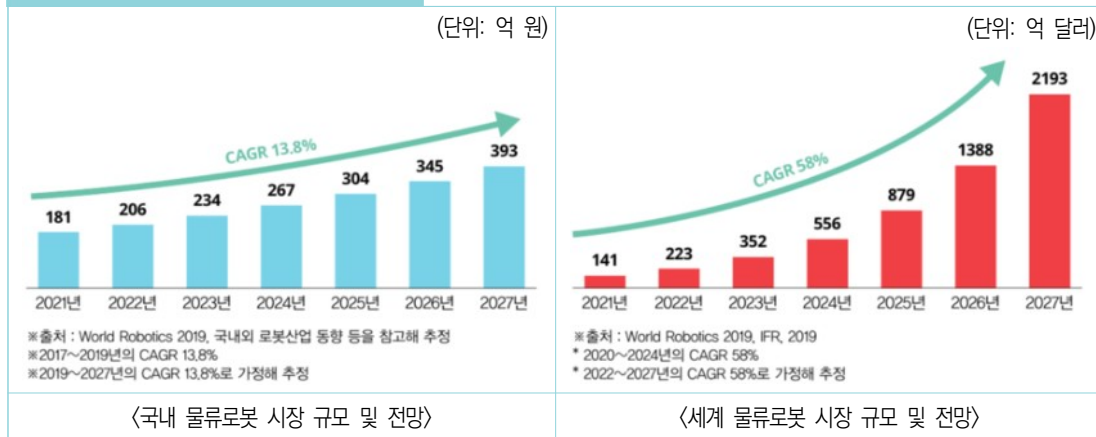
## 배송용 자율주행 로봇

김시호(연세대학교 글로벌융합공학부 교수)  
이상민((주)뉴빌리티 대표)

# I 서론

코로나19 이전에는 점진적으로 성장할 것으로 전망되었던 비대면 경제가 급격하게 보편화되고 확산되면서 배달 물류와 관련된 배송용 로봇 시장이 급성장하고 있다. 온라인 비대면 식품과 상품 주문이 활성화되면서 배송용 자율주행 로봇 산업은 물류와 유통 분야에서 핵심 산업으로 부각되고 있다. 국내에서도 전 세계적인 비대면 경제 확산 현상에 동조하여 온라인 쇼핑과 배달음식 체인점 창업 붐이 일어나면서 새로운 기업들이 사업에 진출하고 있고 기존의 기업들은 본격적으로 사업을 확장하고 있다. 특히 아마존(Amazon), 구글(Google) 등 세계적인 빅테크 기업들도 유통과 물류에 배송용 자율주행 로봇을 적극적으로 도입하고 있다. 현재 배송용 자율주행 로봇 기술의 완성도는 모든 조건에서 실용화하기에는 미흡하지만, 자율주행의 핵심인 인공지능 기술의 급속한 발전과 더불어서 자율주행 로봇의 응용분야와 서비스 관련 국내 및 해외 시장도 지속적으로 성장할 것으로 전망된다.

그림 1. 물류로봇의 시장 전망



출처 : 참고문헌[1]의 데이터 재가공



현재 국내 자율주행 물류로봇은 기술 개발과 상용화 도입 초기 단계로, 2021년에는 180억 원 정도의 시장이 형성될 것으로 전망[1]되며, 향후 연평균 약 13.8%씩 성장하여 2027년에는 390억 원 정도의 국내 시장이 형성될 것으로 전망된다. 물류로봇의 해외 시장은 2021년에는 140억 달러(약 15조 원) 규모이며 2027년까지 연평균 약 58%씩 성장하여 2,200억 달러(약 240조 원)에 달할 것으로 전망된다.

융합연구리뷰에서는 2장에서 먼저 배송용 자율주행 로봇을 1) 용도별, 2) 기능별, 3) 형태별로 분류하고 배송용 로봇 시스템 제품과 연구 현황을 간단히 소개한다. 그리고 배송용 로봇의 실용화에 장애가 되는 규제와 규제개혁 로드맵을 살펴보고, 3장에서는 배송용 자율주행 로봇의 구조와 핵심 기술을 소개한다. 마무리에서는 배송용 자율주행 기술의 핵심이 되는 인공지능 기술에 대해서 살펴본다.

## II 배송용 자율주행 로봇의 종류

### 1. 배송용 로봇의 분류

전 세계적으로 다양한 용도의 배송용 로봇이 개발되고 있으며, 현재 국내외 여러 기업들이 시제품을 출시하고 비즈니스 모델을 제시하고 있다. 배송용 로봇의 분류에 표준화된 방법은 없지만, 저자는 분류 편의상 용도별, 기능별, 형태별로 구분하였다.

배송용 자율주행 로봇을 용도별로는 물류센터(실내 물류)용, 택배 배송용, 음식 배달용, 실내 서빙용 그리고 공공 서비스용으로 분류하였다. 물류센터 또는 물류창고에서 물품의 이송 및 정리에 사용되는 로봇은 물건을 나르거나 하역하는 지게차 형태 또는 카트(Cart, Carrier, 또는 Trolley) 형태를 띠며 실용화 적용 초기 단계에 있다. 택배 배송용 로봇은 라스트마일(Last Mile) 배송에 사용되는 로봇으로, 여러 종류의 형태로 개발 중이며 일부 시범 서비스가 실시되는 단계에 있다. 음식 배달용 로봇은 음식점에서 주문자에게 음식을 배달하기 위해 사용되는 로봇으로써 현재 국내외 여러 기업에서 활발하게 연구와 개발이 진행되고 있다. 실내 서빙용 로봇은 레스토랑 또는 호텔에서 주문자 테이블 또는 호텔 객실로 음식 또는 물건을 배달하는 로봇으로써 현재 일부 서비스가 도입되어 시행되고 있다. 공공 서비스용 로봇은 이동 우체국, 공항 등 공공장소에서 이동 지원 및 정보 제공 서비스 등에 활용되고 있다.

주행기능별로는 차도(Road) 주행, 인도(Sidewalk) 주행, 자전거 도로(Bike Lane) 주행 및 실내 (Indoor) 주행으로 구분할 수 있다. 차도 주행인 경우에는 무인 자율주행 자동차와 유사하게 고속주행이 필요한 곳에서 사용된다. 그러나 배송용 로봇에는 탑승자가 없으므로 탑승자의 안전은 고려할 필요 없이 다른 차량들과 인터랙션이나 보행자 및 장애물 등과의 충돌 방지만을 고려하면 된다는 점에서 자율주행 자동차와 차이가 있다. 인도 주행과 자전거 전용도로에서의 주행인 경우, 저속으로 주행하도록 되어 있지만 보행자 및 다른 통행 이륜차와 충돌방지 및 상호 인터랙션 등 여러 가지 기술적인 문제를 해결하기 위한 감지 및 인공지능 기능이 필요하다[8]. 또한 인도 주행을 위한 로봇의 실용화를 위해서는 인도에서의 자율주행 로봇의 통행을 금지하는 여러 가지 법률과 규제도 해결해야 할 문제이다. 실내 주행에서의 로봇은 복도(Corridor), 통로,

계단, 엘리베이터 등을 이용 시 발생하는 문제와 GPS 등의 위치 인식 방법이 사용되지 못하는 문제가 있다. 또한 주행 가능 경로에 있는, 실내 가구 등과 같은 고정 또는 이동 장애물 등의 비정규적인 위치를 파악하고 주행하는 기술을 해결해야 하는 문제가 남아있다.

형태별로는 바퀴의 개수에 따라 3륜, 4륜, 6륜으로 구분할 수 있다. 배송용 로봇도 자동차에 많이 적용되는 4륜형이 일반적이지만, 주행 중 노면에 높이 단차가 있는 인도 경계선의 턱을 넘는 경우에 대비하여 주행의 안정성을 확보하기 위해서 6륜형을 사용하는 소형 배달용 로봇이 많다. 해외에서는 자전거 전용도로 통행 규제를 만족하기 위하여 3륜형 로봇을 출시하는 경우도 있다.

이 외에도 특수한 상황에서 임무를 수행하는데 유리한, 동물 형태의 4족 보행 로봇과 사람 형태의 2족 보행 휴머노이드 로봇도 배달용 로봇으로 적용하기 위한 연구 개발이 진행되고 있다. 또한 인구 밀도가 낮은 교외에서 장거리 배송을 위한 드론형 로봇도 개발 중이며 기타 계단 등 장애물이 있는 환경에서도 보행이 가능한 형태의 로봇도 개발되고 있다.

**표 1. 배송용 로봇의 분류**

Category		개발 업체	예시	국내 기술 개발 단계
대분류	중분류			
	물류 센터 (실내 물류)	Effidence, XPO, Toyoda 등 다수	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 물류센터, 창고 물건 이송 정리 로봇</li> </ul>	- 적용 초기 단계
용도별	택배 배송	Fedex 등 다수	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 택배 물류</li> <li>- 라스트 마일 배송(Last Mile Delivery) 로봇</li> </ul>	- 시범 서비스 개발 단계
	음식 배달	배달의 민족, 뉴빌리티 등	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 음식 배달 서비스 로봇 (Food Delivery Service)</li> </ul>	- 규제 검토 시범 도입

Category		개발 업체	예시	국내 기술 개발 단계
대분류	중분류			
	실내 서빙	배달의민족 등 다수	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 레스토랑 실내에서 음식 배달 서비스 및 호텔 고객 서비스 제공 로봇</li> </ul>	- 서비스 실시 도입 단계
	공공 서비스	한국 등 우체국, 스프링클라우드 등	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공공 우편 서비스                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동 우체국</li> <li>- 공항 등 서비스 제공 로봇</li> </ul> </li> </ul>	- 시범 서비스 개발 단계
주행 기능별	차도 주행	Nuro, Robomart, 언맨드 솔루션 등	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무인 자율 주행</li> <li>- 장거리 배송</li> </ul>	- 미국 등에서는 일부 시행 중 - 국내에서는 2025년 까지 규제 개혁 예정 [2]
	인도 주행	아마존, 스타십테크, 뉴빌리티 등 다수	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자율 주행</li> <li>- 근단 거리 배송</li> </ul>	- 시범 실시 중 - 국내에서는 2025년 까지 규제 개혁 예정 [2]
	자전거 보행자 도로	아마존, 스타십테크, 뉴빌리티 등 다수	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자율주행</li> <li>- 근거리 배송</li> </ul>	- 국내에서는 2025년 까지 규제 개혁 예정 [2]

Category		개발 업체	예시	국내 기술 개발 단계
대분류	중분류			
	실내 주행	배달의 민족 등 다수	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 승강기 탑승</li> <li>- 실내 배송</li> </ul>	- 국내 승강기 탑승 2023년까지 규제 개혁 허용 예정[2]
형태별	3바퀴	리프랙션시 등	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- REV-1 배송용 로봇</li> <li>- 간단한 구조</li> <li>- 자전거 도로, 인도 주행용</li> </ul>	- 실용화 단계
	4바퀴	뉴로(Nuro), 로보 마트, 언맨드솔루션등	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대형 고속 주행 로봇</li> </ul>	- 실용화 단계
	6바퀴	아마존, 스타쉽테크, 배달의 민족, 뉴빌리티 등 다수	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대부분 저속 소형 배송용 로봇</li> <li>- 인도 턱 등 넓은 때 주행 안정성 향상</li> </ul>	- 실용화 단계
	동물 다리형	보스톤 다이내믹스 등	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동물 4족 보행 로봇</li> <li>- 특수 배송 임무수행</li> </ul>	- 연구 개발 단계

Category		개발 업체	예시	국내 기술 개발 단계
대분류	중분류			
형태별	휴머노이드형	보스턴 다이내믹스 등	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2족 보행 휴머노이드 형 배송용 로봇</li> </ul>	- 연구 개발 단계
	드론형	아마존 등 다수	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자율 비행 드론형 배송용 로봇</li> <li>- 교외 지역 장거리 배송</li> </ul>	- 연구 개발 단계
	지게차 형	XPO, Toyota 등 다수	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자동화된 지게차형(forklift) 물류로봇</li> <li>- 물류센터의 물류 창고 등에서 사용</li> </ul>	- 실용화 단계
	기타	현대차 등	 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 계단 등 장애물 환경 주행 로봇</li> </ul>	- 연구 개발 단계

출처 : 참고문헌[1, 2, 6, 7]과 각 기업의 홈페이지 자료 재가공

## 2. 배송용 로봇의 국내외 동향

최근 지능형 로봇산업이 빠르게 진화하고 있고, 인공지능(AI, Artificial Intelligence) 기술의 진보와 5G 등 통신기술의 발전으로 원격 통제가 가능한 로봇이 개발되고 있으며, 이에 기존의 로봇 전문기업뿐만 아니라 해외 ICT 기업과 국내 유력 ICT 기업도 본격적으로 로봇 사업에 진출하는 중이다. 아직까지는 산업용 로봇이 제조업 혁신과 맞물려 산업용 로봇 시장의 주류 위치를 선점하고 있지만, 배송용 자율주행 로봇 등 개인 서비스 로봇도 그 종류와 적용 분야가 빠르게 확대되고 있고 혁신적인 기술 향상을 통해 급속하게 시장에 도입되어 가는 중이다. 외부환경과 장애물을 인식(Detect)하고 상황을 판단(Decision)하여 자율적으로 제어(Control)하는 자율 제어 로봇(Self-driving Robot)의 개념으로 사회적 인식이 변화 중이다. 이미 미국, 유럽연합, 일본 등 주요 선진국과 중국 등은 로봇 산업을 미래의 성장동력으로 지정하고, 국가경쟁력 확보를 위해 각종 지원 정책을 적극적으로 추진하고 있다. 또한 글로벌 ICT 빅테크 기업들도 대부분 로봇 제품 또는 로봇 핵심 기술 확보를 위해 전략적인 노력을 기울이고 있으며, 기술력을 갖춘 신생 벤처 기업을 인수 합병하는 등 과감하게 투자를 하고 있다.

서비스의 관점에서 볼 때 배송용 자율주행 로봇 산업의 구조는 B2C(Business to Consumer, 기업과 소비자 간 거래), B2B(Business to Business, 기업과 기업 간 거래), B2G(Business to Government, 기업과 정부 간 거래) 모델 모두 존재하며 적용 분야는 4차 산업의 발전과 더불어 계속 확대·증가하는 추세이다. 4차 산업 혁명과 고령화 사회로의 진입으로 물류·의료·홍보 로봇 등이 유망할 것으로 전망되며, 특히, 물류로봇, 스마트 팩토리의 필수 아이템인 무인 운반이 가능한 배송용 자율주행 로봇은 수요 증가와 미래 유망산업으로 고성장이 기대된다.

맥킨지앤컴퍼니(McKinsey&Company)는 1인 가구 수 증가, 인구 고령화의 가속화로 인한 배달 수요의 급격한 증가로 매년 배달 물품 수가 향후 10년 동안 미국에서 250억 개 이상 증가할 것으로 예상하였다. 물류 규모와 품목의 다양성이 증가함에 따라 더 많은 배달원이 필요하게 되지만, 배달 업무를 모두 사람이 충족하기에는 인력 부족 및 사고 위험 등이 있어서 지능형 배송용 자율주행 로봇에 의존해야 할 필요성이 대두된다. 비대면 시대에 소비자들의 소비 행태는 오프라인 유통 채널에만 국한되지 않고, 온라인과 오프라인이 연결된 소비형태를 띠게 됨에 따라, 근거리 배달 산업은 무궁무진한 성장 가능성이 열리고 있다.

국내 배송용 로봇 시장현황을 살펴보면, 배송용 로봇은 아직 본격적으로 상용화가 되기 전이며, 국내외 대기업과 벤처기업이 배송용 로봇 개발과 로봇 서비스를 시범운영하고 있다.

표 2. 국내외 시범 운영 중인 인도 주행 소형 배송용 자율주행 로봇

개발 업체(제품명/국가)	특징 및 적용 사례	제품 사진
배달의 민족 (딜리/대한민국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2019년 4월 서울 송파구 레이크펠리스 아파트 단지 내 테스트를 시작으로 실외 서비스 테스트 시작</li> <li>- 2019년 11월 건국대학교 캠퍼스 내 배달서비스 테스트 진행하였고 약 한 달 동안 2,219건의 배달을 수행</li> <li>- 3D 라이더 사용하여 주변 환경 탐색, 5~6km/h의 속도로 주행, 25L 적재함, 최대 30kg 적재</li> <li>- 2021년 상반기 경기 광고호수공원 인근 야외 음식 배달 테스트 예정</li> <li>- 2020년 9월 규제 샌드박스 실증 특례 승인</li> </ul>	
로보티즈 (대한민국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 19년 12월 규제 샌드박스 실증 특례 승인</li> <li>- 20년 11월 서울과 세종 등 서비스 시범 운영지구로 지정된 구역에서 주변 상권과 연계한 로봇 배달서비스 시범운영</li> </ul>	
뉴빌리티 (대한민국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내에서 창업한 스타트업</li> <li>- 자체 개발 기술로 배송용 자율주행 로봇 제작</li> <li>- 연세대학교, 건국대학교 캠퍼스, 강남 등에서 30대 이상의 로봇을 투입하여 음식 배달 서비스 실증 중</li> </ul>	
Starship Technologies (미국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 센서로 라이더를 이용하지 않음</li> <li>- 250대 이상 로봇 보유, 녹화 데이터 475TB 이상 보유</li> <li>- 14개의 대학지역에서 실제 서비스 진행 중</li> <li>- 50만 번의 배달 완료</li> </ul>	
Robby Technologies (미국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 한번 충전 시 20마일 이상 주행</li> <li>- PepsiCo사와 함께 일부 대학에서 간식 배송용 로봇 시범 운영 중</li> </ul>	
Yandex (Yandex.Rover/러시아)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보행자 속도로 이동</li> <li>- 모든 시간대, 기상조건에서 장애물 및 주변 탐색할 수 있음</li> <li>- 자사 배달 어플 Yandex.Eats 이용</li> <li>- 2020년 12월 모스크바 내부에서 배달서비스 제공</li> <li>- 배송용 로봇의 수와 서비스 영역은 비공개 상태</li> </ul>	
Amazon (Scout/미국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2019년 1월부터 일부 지역 아마존 고객에 한하여 배송 서비스 시작</li> <li>- 2019년 8월 서비스 지역 확대</li> </ul>	

출처 : 해당기업 홈페이지



### 3. 배송용 로봇 실용화의 규제 장벽과 정부의 규제개혁 로드맵

코로나19가 기폭제로 작용한 비대면 산업의 수요 폭발로 다양한 분야에서 배송용 로봇의 실용화에 대한 요구가 확대되고 핵심 신산업으로 성장하고 있다. 인간-로봇 공존 사회로 빠르게 진화하는 산업혁명 시기에 크게 발전할 것으로 예상되는 배송용 자율주행 로봇이 기존의 규제로 인해 산업성장이 위축되지 않도록 규제 개혁 로드맵을 마련하고 착실한 이행이 필요하다. 정부에서는 관계부처 합동으로 “2021년 로봇산업 선제적 규제혁신 로드맵”을 발표하였다[2]. 정부의 로드맵에는 배달로봇 뿐만 아니라 산업로봇, 의료 로봇, 수중 로봇, 주차 로봇, 보안 로봇 등 새롭게 태동하는 로봇 산업의 활성화와 관련된 규제개혁의 성공적인 이행을 위하여 과제별 이행현황을 점검하는 내용과 2021년의 실행계획을 포함하였다. 융합연구리뷰에서는 배송용 자율주행 로봇과 관련하여 해당 산업에서 규제개혁을 요구하는 내용과 이에 대한 정부의 개혁 로드맵을 살펴보고자 한다.

배송용 자율주행 로봇은 아직까지는 존재하지 않았던 새로운 이동 객체이기 때문에 도로, 보도 또는 실내외에서 주행을 금지하거나 엘리베이터 탑승을 금지하는 다양한 규제가 존재한다. <표3>에서는 산업계에서 요구하는 규제개혁 항목과 정부가 2021년 4월에 발표한 규제개혁 로드맵에서 제시하는 규제개혁 방안을 정리하였다.

**표 3. 배송용 자율주행 로봇관련 규제개혁 요구 항목과 정부 관계 부처의 개혁 방안**

자율주행 배송용 로봇 관련 규제개혁 요구 항목	관련 부처/ 완료일정	규제개혁 방안
(실외 배달로봇) 도시공원 통행 허용	국토교통부, 중소벤처기업부/2022	- 규제 샌드박스, 규제자유특구를 통한 공원이용자 안전성 검증 추진('21~'22) - 실외 주행로봇의 도시공원 통행 규제 샌드박스 실증특례 3건 진행 중 ('21~'22) - 규제 샌드박스를 통해 공원 내 출입할 수 있는 동력 장치의 무게 제한 (현 30kg) 완화('22)
(실내 이송로봇) 승강기 탑승 안전기준 마련- 2021년 완료	행정안전부, 산업통상자원부/2021	- 협업체 운영을 통한 개정안 마련 및 시행예정('21.11) - 규제 샌드박스 및 실증사업을 통한 검증 추진('21~'22)
(실외 배송용 로봇) 보도통행 허용 추진	경찰청, 산업통상자원부/ 2025	- 규제 샌드박스를 통한 안전성 검증 기준마련 중 보도통행 규제샌드박스를 활용해 보행자 안전성 확인(산업통상자원부) - 보행속도(4~6km/h)로 주행하는 실외 주행로봇의 안전성 기준 확립 후 보도 통행 법제화('25)
(실외 주행로봇) 고속주행 방안 실증 및 제도 개선	산업통상자원부, 경찰청, 국토교통부, 행정안전부/2027	- 상용화 현황에 따른 실증사업 연계 예정 - 필요 시 도로별 규격 및 기준 마련 검토 - 규제샌드박스·규제특구 등과 연계하여 주행가능 도로 안전기준 및 규격 도출('26) 및 실증결과에 따른 제도개선 검토('27)

자율주행 배송용 로봇 관련 규제개혁 요구 항목	관련 부처/ 안료일정	규제개혁 방안
로봇관련 사고에 대비한 로봇보험 도입 추진	산업통상자원부/2023	- 로봇 실증사업 연계 타사 PL보험 시범 지원 중 - 로봇보험 도입(로드맵 계획) 보험사 등과 로봇 전용보험 상품 신설 협의 (~'23)
로봇 사고신고 관리 시스템 구축	산업통상자원부/2026	- 로봇보험 도입 연구 및 데이터 확보 등을 검토하여 필요 시 연구용역, 로봇법 개정 등과 연계 추진 - 로봇 사고신고관리 시스템 신고체널 일원화 및 사고 DB구축 등을 통해 안전 대책을 도출하고 로봇 사고신고 관리시스템 구축(~'26)
서비스 로봇 안전 체계 관리 방안 법제화	산업통상자원부/2027	- 로봇 법제화 로드맵 수립 연구 계획 - 실내 배송로봇에 대한 KS 인증 고시('21, 산업통상자원부) - 안전체계 관리방안 법제화를 단계적으로 추진하기 위한 "서비스로봇 안전 로드맵" 수립 추진('21~'22, 산업통상자원부) - 로봇 성능·안전성 평가방법 마련 : 국가 로봇 테스트 필드 구축 등을 통하여 서비스 로봇 분야별 안전 및 성능 평가 방법 단계별 개발 추진

출처 : 참고문헌[2] 인용

서비스 로봇은 승강기 탑승 시 안전 기준이 마련되지 않아서 승강기 탑승이 불가능하였으나 2021년 협동 로봇의 자체 운영기준이 마련되고 실내 배송용 로봇의 승강기 탑승을 허용하는 개정안이 마련되어 시행이 예고되었다.

실외에서 음식을 배달하는 로봇의 경우에는 공원에 출입이 불가능하고, 보도 통행에 제한이 있으며 고속주행 관련 기준이 없어 도로 통행도 불가능한 상황이다. 정부는 실외 배달로봇에 대해 단계적으로 도시공원 통행 허용 1단계(2022년), 보도통행 허용 2단계(2025년), 고속주행 방안 실증 및 제도개선 3단계(2027년)의 규제개혁 로드맵을 발표하였다.

도로나 실내 주행에 관한 규제뿐만 아니라, 안전성, 데이터, 활용 기반 등 범분야에서 로봇 활용을 저해하는 규제가 다양하게 존재하고 있다. 배송용 자율주행 로봇의 상업적인 실용화를 위해서 사회적인 합의 도출과 규제해소가 필요한 부분을 예를 들면, 1) 로봇활용 급증으로 사고 발생이 예상되나, 현재는 로봇에 의해 발생한 사고관련 보험이 없다, 2) 사고 발생 시 신고 시스템 부재로 사고 파악에 애로사항이 발생할 수 있다, 3) 로봇의 성능과 안전성에 대한 인증 기준이 미흡하여 시장창출을 저해할 수 있다, 4) 로봇 활용분야별로 별도의 안전 규정이 각각 존재하여 이에 대해 산업체에서 대응 시 과도한 비용과 노력이 필요하다. 정부에서 발표한 로봇산업의 선제적인 규제혁신 로드맵에서는 로봇 산업의 활성화에 장애가 되는 이러한 다양한 규제 개혁을 위한 방안들을 제시하고 있다.

## III 배송용 자율주행 로봇의 핵심 기술

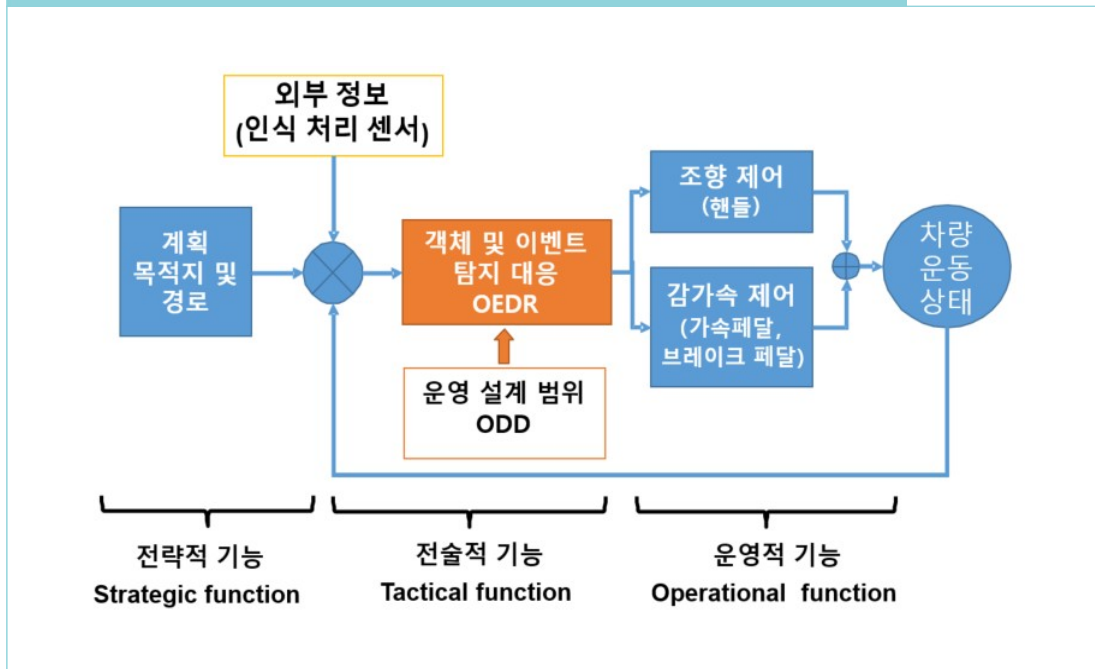
### 1. 배송용 자율주행 로봇의 기본 구조

배송용 자율주행 로봇도 종류에 따라서 인도, 차도, 실내에서 주행을 해야 되므로 구조상 또는 기능적으로 자율주행 자동차와 유사한 점이 많다고 할 수 있다[8, 9]. 도로교통상 자동차를 주행하는데 요구되는 실시간 운영적 기능과 전술적 기능을 동적주행작업(DDT, Dynamic Driving Task)이라고 한다. 사람이 운전하는 자동차는 운전자가 객체 및 이벤트를 감지(OEDR, Object Event Detection Response)하고 대응하는 전술적 기능과 차량의 조향과 가감속을 제어하는 운영적 기능을 수행한다. 반면, 자율주행 자동차는 자율주행 시스템이 실행 중인 동안에는 자율주행 시스템(ADS, Autonomous Driving System)이 전체 동적주행작업(DDT)을 수행한다. 자율주행 자동차의 DDT는 설정된 주행 가능한 운행설계영역(ODD, Operational Design Domain)에서 수행 가능하며, 운행설계영역(ODD)을 벗어나는 상황이 주행 중에 발생하게 되면 비상대응(DDT Fallback)을 수행하여 최소 위험 조건(Minimal Risk Condition)으로 차량을 제어하여야 한다. 자동차의 자율주행은 총 6단계(레벨0부터 레벨5)로 분류하는데 레벨3부터 자율주행 자동차로 취급한다. 레벨3 자율주행은 운전자가 운행설계영역(ODD)을 벗어나는 상황에서 자율주행 시스템의 개입 요청에 사람인 운전자가 즉시 적절히 대응해야 하는 조건부 자율주행 시스템이다. 완전 자율주행 단계인 레벨5에서 자율주행 시스템(ADS)은 운전자가 개입 요청에 응할 것이라고 기대하지 않고, 모든 주행 조건에서(즉, ODD 무제한 조건에서) 자율주행 시스템(ADS)이 전체 동적주행작업(DDT) 및 동적주행작업(DDT) 비상대응을 지속적이고 무조건적으로 수행하여야 한다[3]. 어떻게 보면 배송용 자율주행 로봇은 레벨5에 해당하는 자율주행 시스템(ADS)이 필요하다고 볼 수 있다. 자동차와 차이가 있다면 배송용 로봇은 물건을 나르는 것이 목적으로 탑승자가 없기 때문에 탑승자의 안전에 관한 최소 위험조건을 고려하지 않아도 된다는 것과 고속 운행하는 자율주행 시스템의 경우도 예외적으로 있지만, 자동차에 비해 상대적으로 저속으로 운행한다는 것이다. 차도를 고속 운행하는 배송용 자율주행 로봇은 탑승자의 안전을 고려하지 않는다는 것을 제외하고 자율주행 자동차와 거의 유사한 시스템으로 구성되어야 한다.

기본적으로 배송용 로봇은 앞의 <표1>에서 살펴본 바와 같이 형태와 종류가 매우 다양하다. 모든 종류의 자율주행 로봇을 살펴보기가 어렵기 때문에 융합연구리뷰에서는 실내 주행 또는 인도, 자전거 전용 도로 주행을 위한 저속 소형 배송용 로봇에 초점을 맞춰 살펴보고자 한다.

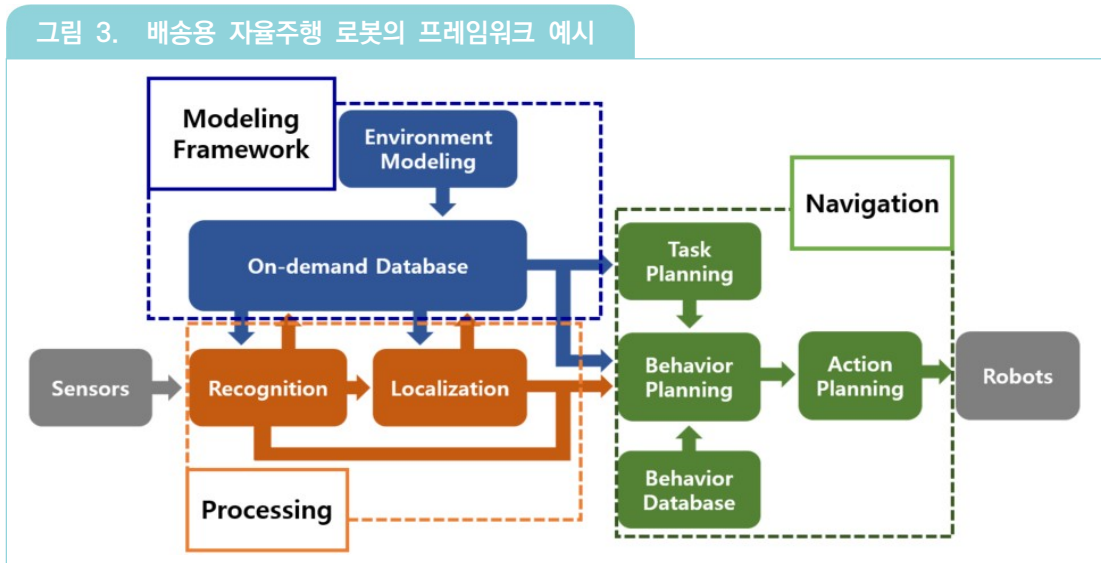
자율주행 자동차에는 <그림2>에서 간략하게 도시한 바와 같이 차량의 주행, 조향, 감가속을 수행하는 기계적인 장치에 외부 정보를 인지하는 센서들을 추가하고 동적주행작업(DDT)을 수행하는 컴퓨팅 프로세서가 탑재되어야 한다.

그림 2. 자율주행 자동차의 동적주행작업(DDT)과 자율주행 자동차의 구조



출처 : 저자의 연구 결과(참고문헌외) 인용

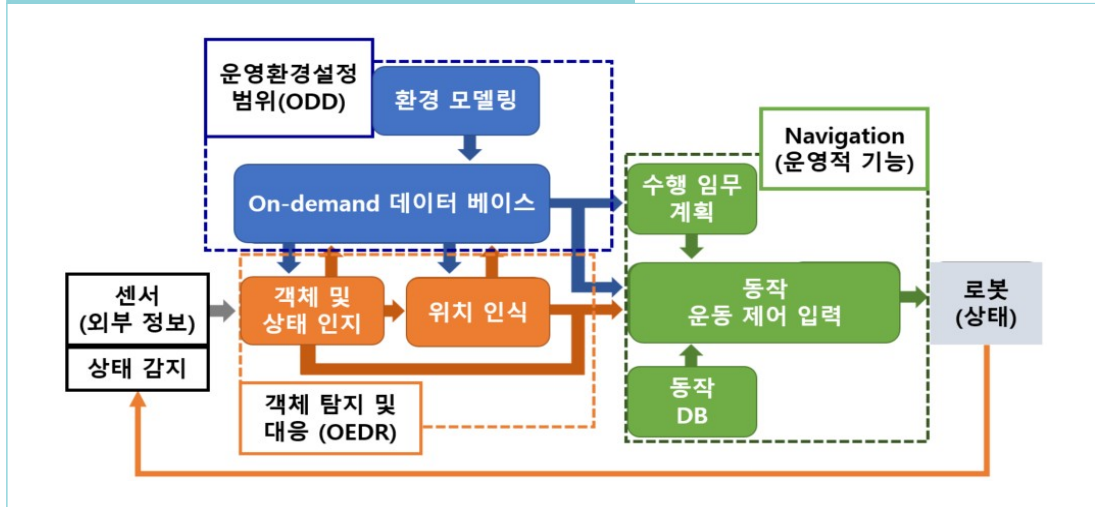
Applied Science 학술지에 발표된 연구[10]에서는 환경 요소의 의미론적 모델을 기반으로 한 배송용 자율주행 로봇의 자율주행 프레임워크(Framework)를 <그림3>과 같이 제안하였다.



출처 : 참고문헌[10] 인용, 재구성

자율주행 프레임워크는 환경과 온디맨드(On-demand) 데이터베이스로 구성된 모델링 프레임워크(Modeling Framework)와 센서로부터 객체와 환경을 인식하고 현재 로봇 자신의 위치를 파악하는 프로세싱 부(Processing) 그리고 임무와 행동을 계획하고 로봇에 제어 명령을 보내는 주행 부(Navigation)로 구성하였다. 자율주행 자동차의 동적주행작업(DDT)의 구성을 배송용 자율주행 로봇의 프레임워크에 적용하여 구성을 다시 그려보면 <그림4>와 같은 배송용 자율주행 로봇의 구성도를 만들 수 있다.

그림 4. 제안하는 배송용 자율주행 로봇의 구성도

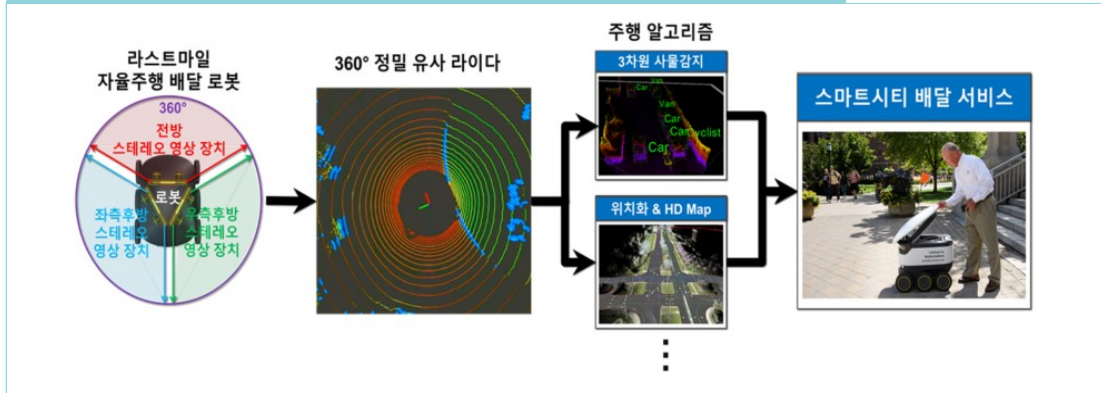


출처 : 저자의 연구 결과와 참고문헌[10]을 이용하여 재구성

자동차의 자율주행 센서로는 기업별로 차이가 다소 있으나 정밀 실시간 GPS가 기본으로 장착되고, 아홉대 내외의 카메라와 전후방 측방에 고성능 라이다 센서, 레이더를 탑재하여 실시간으로 3차원 사물과 위치를 인식하고 있다. 지금까지는 라이다 센서로부터 획득된 많은 데이터의 온보드(On-Board) 처리가 큰 장애물로 여겨졌으나, 최근 인공지능 하드웨어 가속기의 발전으로 대량의 데이터 처리도 용이해져서 대부분의 자율주행 시스템에 3D 라이다의 적용이 증가하는 추세이다. 자동차보다 크기와 무게가 작은 저속 배송용 자율주행 로봇의 경우에는 자동차에 비하여 고가의 센서를 장착하는 것이 용이하지 않아 라이다/레이더 센서의 소형화, 저가격화, 저전력 소비 등이 중요하다.

연세대학교와 (주)뉴빌리티는 과학기술정보통신부의 지원으로 128채널 급 이상의 고해상도 라이다 센서의 저가격화와 경량화를 위해서 유사 라이다(Pseudo-LiDAR)를 개발 중이다[4]. 유사 라이다(Pseudo-LiDAR) 기술은 고가의 라이다(LiDAR)를 대체할 수 있는 스테레오 영상 기반 라이다 기능을 모방한 기술로써 최근 국내외 기업과 대학에서 활발하게 연구가 진행되고 있다. 현재까지 전 세계적으로 배송용 로봇에 적용한 360°화각의 유사 라이다가 상용화된 제품은 출시되지 않았으나, (주)뉴빌리티에서는 연세대학교 팀과 함께 2021년 말까지 개발하여 배송용 자율주행 로봇에 장착하여 실용화할 예정이다.

그림 5. 라스트마일 배송용 자율주행 로봇 유사 라이다 활용 개요도



출처 : 저자 자체 연구 결과(참고문헌[4]) 인용

## 2. 환경 데이터 표현과 사물의 관계 추론 방법

자동차나 로봇 등 운동하는 물체의 안정적인 제어를 위해서는 반드시 운동체의 상태(위치, 속도, 가속도 등으로 표현되는 물리량)를 객체 탐지 및 대응 부로 되돌리는 피드백루프(Feedback Loop)가 필요하다. <그림4>에서 제안하는 배송용 자율주행 로봇의 구성은 기존의 자율주행 자동차의 구성과 매우 흡사하다. 운영적 기능부는 수행 임무의 계획, 동작을 구성하는 데이터베이스(DB)로부터 제어 입력을 산출(Inference)하는 구성을 가진다. 자율주행 자동차와 유사하지만 다른 점은, 자동차는 주로 정규화 된 도로를 주행하면서 도로 근처에 위치하는 교통 신호, 교통 표지판 등을 감지하지만 배송용 로봇은 더 다양한 실내외 환경에서 주행을 해야 하기 때문에 운행설계영역(ODD)의 클래스 정의가 자동차와는 매우 다르게 된다.

<표4>는 참고문헌[10]에서 제시하는 실내 주행 로봇의 인지 환경 모델에 대한 클래스 예시이다. 실내 환경에서 사물을 예를 들면 문(Door)에는 자동문, 접힘문, 엘리베이터 문으로 구분할 수 있다. 가구에는 테이블, 의자 등이 있으며, 사람은 작업자, 보행자, 운전자 등으로 구분할 수 있다. 장소는 실내와 실외로 크게 구분되며, 실내 공간은 복도, 출입문, 방, 엘리베이터, 계단, 층, 카페 등으로 구분할 수 있고 실외 공간은 빌딩, 차로, 인도 등으로 구분할 수 있다. 사물에는 상징적 모델(Symbolic Model), 명시적 모델(Explicit Model), 암시적 모델(Implicit Model)을 각각 부여하여 서로 간의 관계를 추론하고 사물 간에 발생하는 관계의 변화를 추적할 수 있다.

표 4. 실내 주행 로봇의 환경 인지 요소의 클래스 예시

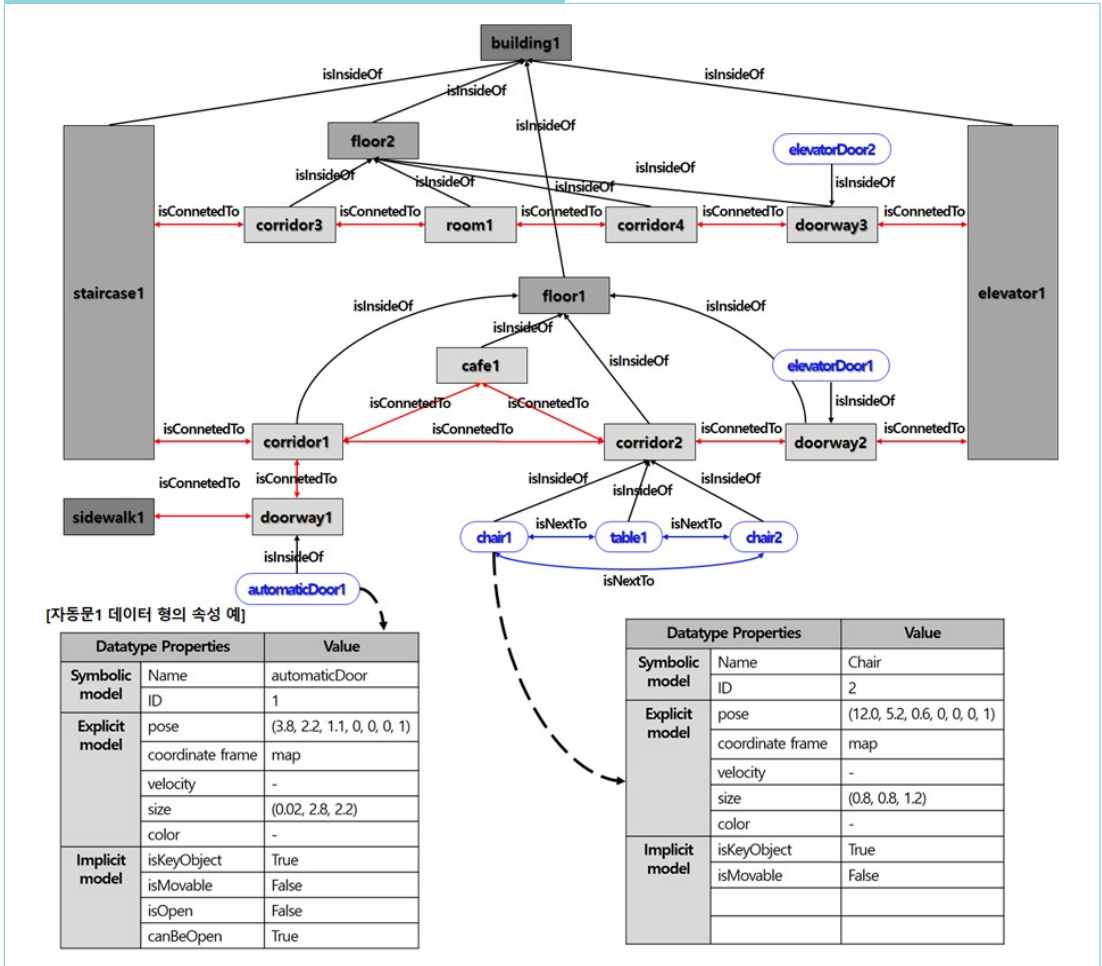
Object (사물)	Door	Automatic Door Hinged Door Elevator Door
	Sign	Guide Sign Safety Sign
	Device	Vending Machine Water Purifier
	Furniture	Table Chair
	Person	Occupant Pedestrian Driver
Place (장소)	Indoor Place	Corridor Doorway Room Elevator Staircase Floor Cafe
	Outdoor Place	Building Road Sidewalk

출처 : 참고문헌[10] 인용

〈그림6〉은 로봇의 시점에서 로봇이 인지하는 장소와 그 장소에 위치하는 사물과 사물과의 관계 추론의 예시를 보여주고 있다. 상징적 모델에는 객체의 이름과 ID를 할당하며, 명시적 모델로는 사물의 위치, 속도, 크기, 색깔 등의 속성을 표현할 수 있다. 암시적 모델은 움직이는 물체인지 여부 등의 속성을 표현한다. 로봇이 현재 위치하는 통로2(Corridor2)는 통로1(Corridor1), 카페1(Cafe1), 출입문2(Doorway2)와 연결되어 있으며, 통로2(Corridor2)에서 의자1(Chair1), 테이블1(Table1), 의자2(Chair2)가 순서대로 위치한다. 로봇은 테이블1(Table1), 의자2(Chair2)를 보고 있다. 〈그림6〉의 상황에서 로봇의 센서는 전체 환경에서 일부만을 관측할 수 있으므로 현재의 센서 입력만으로 모든 사물을 관측하고 환경의 상황을 파악할 수 없다. 명시적 모델의 지도상에 사물의 속성을 포함시키면 로봇은 현 위치에서 관측되지 않는 사물의 속성과 관계도 파악할 수 있다. 그러나 위치 이동이 가능한 사물은 지도(Map)에서의 위치(pose) 변경이 가능하므로 기준을 설정해주는 외부 센서 또는 다른 로봇과의 협력이 필요하게 된다.



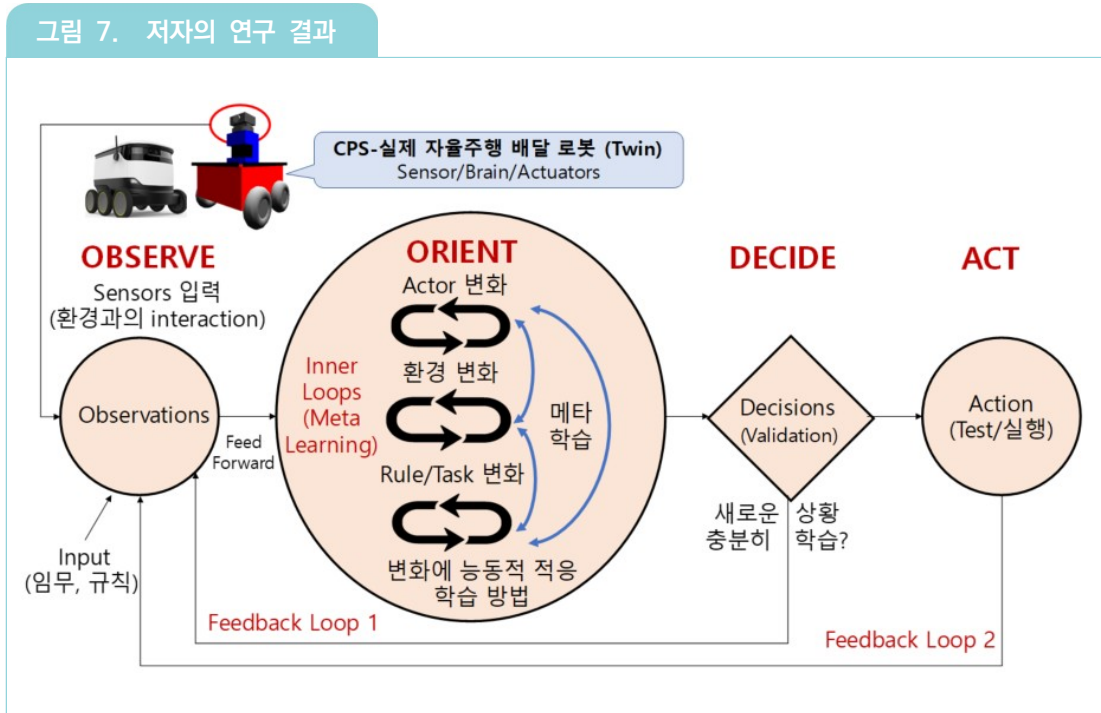
그림 6. Semantic 정보 표현과 처리 예시



출처 : 참고문헌[10]의 일부 도면 재가공

## IV 마무리

융합연구리뷰에서는 코로나-19와 온라인 상거래로 활성화되고 있는 비대면 기술 중 특히 배송용 자율주행 로봇 기술에 대해서 알아보았다. 자율주행 자동차의 실용화 단계로의 진입이 예상보다 느려지는 이유는 자율주행의 핵심 요소인 인공지능 기술이 완전한 자율주행 단계를 달성하기에는 부족함이 많기 때문이다. 현재의 인공지능 기술은 특정한 하나의 문제를 해결하는 데에는 인간의 수준을 넘어섰다. 지난 2016년에 알파고가 바둑에서 인간 지능을 뛰어넘는 능력을 보여주면서 인공지능의 시대가 활짝 열리는 계기가 되었다. 바둑과 같이 고도의 지능이 필요한 분야에서 규칙이 정해져 있다면 인공지능은 반복적인 학습을 통하여 인간의 능력을 넘어설 수 있을 것이다. 그러나 학습이 완료된 이후에 바둑의 게임규칙을 수시로 변경하면 인공지능은 처음부터 새롭게 규칙을 학습해야 하기 때문에 기존의 규칙을 학습한 인공지능은 규칙이 변경된 바둑경기에서 인간의 능력을 따라오기 어려워진다. 모든 조건에서 운전이 가능한 레벨5의 완전 자율주행을 구현하기 위해서는 학습 조건이나 데이터에는 포함되지 않았던 비정규적인 상황에 능동적으로 대처가 가능해야 하며, 인간과 동일한 지적 능력 수준에 해당하는 일반 지능(General Intelligence)이 필요하게 된다. 쉽게 납득하기 어려울 수도 있지만, 전문가들의 영역이 인공지능에게는 유리하고, 비전문적인 영역이 인공지능이 학습하기에는 오히려 매우 어렵다. 다시 말하면, 사람은 쉽게 배우는 운전이 전문가가 되어야 둘 수 있는 바둑보다 훨씬 어려운 과업(Task)인 것이다. 이러한 실제 물리적인 환경에서 발생하는 조건에서 인공지능이 대처하는 능력을 미국의 DARPA에서는 오픈 월드 문제라고 정의하였다. 과학기술정보통신부에서는 정보통신기획평가원(IITP)을 통하여 정보통신 현실 세계에서 변화하는 상황에 따라 지속적으로 자가 개선하는 인공지능 기술개발을 2020년부터 시작하였다[5]. 정보통신기획평가원(IITP) 과제의 목표는 인공지능의 오픈 월드 문제를 해결하기 위해 ①학습되지 않은 상황을 인지하고, ②현재 실시간으로 발생하는 규칙의 변경, 유동적 상황 등에 유연하게 대처 가능하며, ③일시적인 분석, 이해, 대응에 대한 어려움은 있으나 이를 최소화 하면서 변화된 상황에 적응할 수 있도록 지속적으로 자가 개선하는 인공지능 기술을 개발하는 것이다.



출처 : 저자 연구결과(참고문헌(5))의 도면 재가공

환경변화, 규칙 변화, 임무 변화에 적응하여 능동적으로 자가 개선하는 인공지능 알고리즘의 개발이 우선적으로 이루어져야 완전한 자율주행 기능을 구현할 수 있다[11]. 배송용 자율주행 로봇을 다양한 실제 물리적인 환경에서 구동시키기 위해서는 기술적으로 그리고 비용 면에서 상당한 어려움이 있다. 이러한 어려움을 해소하기 위해서 도입되는 개발 방법이 가상물리시스템(CPS, Cyber Physical System)이다. 가상물리시스템에서 실제 로봇과 가상 로봇을 디지털 트윈으로 동기화시켜서 시뮬레이션 환경에서 다양한 학습을 시키고 실제 환경에서 검증(Validation)하는 방법을 통해 인공지능의 오픈 월드 문제를 해소할 수 있다.

배송용 자율주행 로봇의 실용화 구현에 중요한 또 하나의 요소가 인공지능 하드웨어(HW, Hardware) 가속기 기술이다. 현재, 우리가 사용하는 대부분의 인공지능 기능은 클라우드(Cloud) 기반 서버에서 구현된다. 그러나 도로 등 실내외 공간에서 자율주행에 활용되는 인공지능은 온-보드(On-board)에 내장된 디바이스에서 구현되어야 한다. 지금 GPU 기반 자율주행 하드웨어(HW) 가속기로 완전 자율주행을 구성하면 가속기에서만 수백 와트의 전력 소비가 필요하다. 즉, 현재의 시스템 반도체 기술은 완전 온-보드(On-board) 환경의 자율주행 기능을 구현하기에는 한계가 있다.

수요는 혁신적인 아이디어와 발명을 낳아서 궁극적으로 문제를 해소하는 것이 과학기술과 경제의 단순한 원리이다. 지금부터 배송용 자율주행 로봇의 실용화를 위한 국가 간, 기업 간 치열한 경쟁이 시작되었으며, 우리가 경쟁에서 선두에 나서서 비대면 경제에서 주도적인 위치를 차지할 것이라고 희망찬 전망을 하면서 글을 마치고자 한다.

\* 감사의 글: 본 보고서의 내용의 일부는 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신기획평가원(IITP)의 지원을 받아 수행된 연구 결과임. (No.2020-0-00056, 현실 세계에서 변화하는 상황에 따라 지속적으로 자가 개선하는 인공지능 기술 개발)

### 저자\_ 김시호(Shi-Ho Kim)

• 학력

한국과학기술원 전기 및 전자공학 박사  
한국과학기술원 전기 및 전자공학 석사  
연세대학교 전자공학 학사

• 경력

現) 연세대학교 공과대학 글로벌융합공학부 교수  
前) 특허청 특허심사관  
前) LG반도체 연구소 책임연구원

### 저자\_ 이상민(Sang-Min Lee)

• 학력

연세대학교 천문우주학 학석사통합

• 경력

現) (주)뉴빌리티 대표이사

## 참고문헌

### 〈국내문헌 : 인용 순〉

- 1) [Ktech 이슈리포트] 년 나만 따라와! 사람 추종형 이송 로봇, 한국산업기술평가관리원, 2020.8.6
- 2) 2021년 로봇산업 선제적 규제혁신 로드맵 실행계획, 정부관계 부처합동, 2021년 4월
- 3) 박주희, 완전 자율주행차 상용화를 위한 국제규범과 국내법제도의 조화, 2020 STEPI Fellowship 보고서, 과학기술정책연구원
- 4) 스마트 시티형 라스트마일 자율주행 배달 로봇을 위한 유사 라이다 개발, 정보통신기획평가원(IITP) (연구개발 과제번호2021-0-01065)
- 5) 현실 세계에서 변화하는 상황에 따라 지속적으로 자가 개선하는 인공지능 기술 개발, 2020년 정보통신기획평가원 (IITP), (연구개발과제번호2020-0-00056)

### 〈국외문헌 : 인용 순〉

- 6) 15 Autonomous Delivery Robots Ready to Serve You, Techy Frogs, <https://techyfrogs.com/15-autonomous-delivery-robots-ready-to-serve-you/> (last accessed 7th July, 2021)
- 7) Alistair Charlton, These 7 robotic delivery companies are racing to bring shopping to your door, July 08 2020, <https://www.gearbrain.com/autonomous-food-delivery-robots-2646365636.html>,
- 8) Bae, Il., et al. "Adaptive preview control of single-point path tracker for car-like delivery service robot." *Electronics Letters* 56.3 (2019): 127-129.
- 9) Bae, Il, et al. "Self-Driving like a Human driver instead of a Robocar: Personalized comfortable driving experience for autonomous vehicles." *arXiv preprint arXiv:2001.03908* (2020).
- 10) Joo, Sung-Hyeon, et al. "Autonomous navigation framework for intelligent robots based on a semantic environment modeling." *Applied Sciences* 10.9 (2020): 3219.
- 11) Lee, Sangho, et al. "An Open-World Novelty Generator for Authoring Reinforcement Learning Environment of Standardized Toolkits." *International Conference on Multi-disciplinary Trends in Artificial Intelligence*. Springer, 2021.

### 〈기타문헌 : 홈페이지〉

- 12) 배달의민족, <https://www.baemin.com>
- 13) 로보티즈, <https://www.robotis.com>
- 14) Starship Technologies, <https://www.starship.xyz>

- 15) Robby technologies, <http://roby.io>
- 16) Yandex, <https://yandex.com>
- 17) Meet Scout - About Amazon, <https://www.aboutamazon.com> > news > transportation
- 18) NEUBILITY, <https://www.neubility.co.kr>
- 19) Nuro, <https://www.nuro.ai>
- 20) EFFIDENCE, <https://www.efdidence.com>
- 21) XPO Logistics: Pivotal Logistics Solutions, <https://www.xpo.com/>
- 22) Refraction AI, <https://refraction.ai/>
- 23) Robomart, <https://robomart.co/>
- 24) Fedex, <https://www.fedex.com>

# 융합연구리뷰

Convergence Research Review 2021 September vol.7 no.9

이 보고서는 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 사업임

(No. NRF-2012M3C1A1050726)