

# 물류 무인 운반 시스템의 기술 및 동향

김성신 (부산대학교)

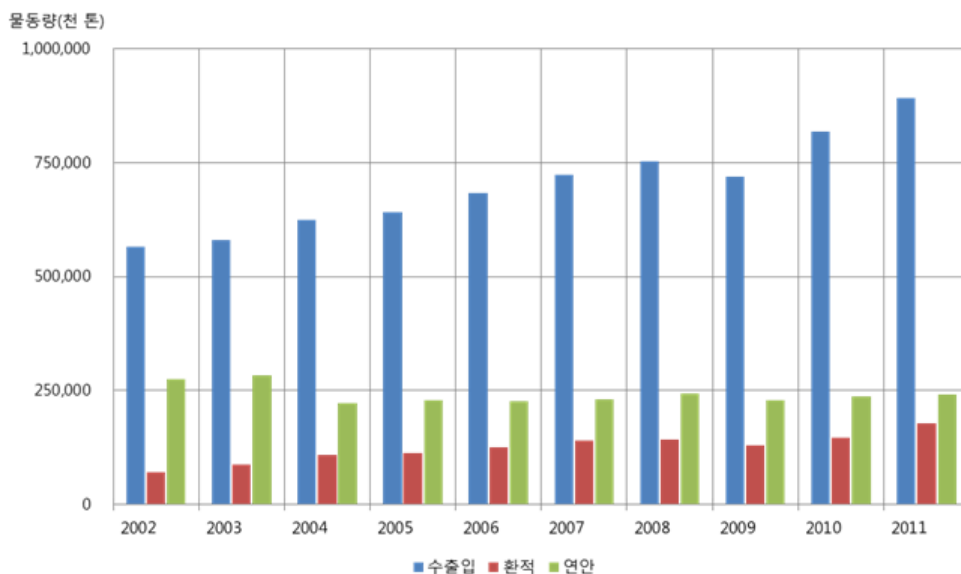
## I. 서론

1970년대부터 우리나라의 경제성장과 더불어 급속하게 증가되는 항만물동량에 비해 항만의 시설부족으로 인하여 체선·체화현상이 발생하였으며, 이를 극복하기 위해 항만건설에 박차를 가하였고 이는 국가 경제성장의 원동력으로 작용하여 왔다. 그러나 현재 항만을 통해 처리되는 물동량과 항만 시설이 서로 균형을 이루는 시점에서 항만개발과 더불어 항만의 효율화와 관련 산업의 활성화를 통해 제2의 도약을 이루어야 할 때이다.

세계적으로 교역물동량이 급증함에 따라 선사, 화주 등 고객유치를 위한 무한 경쟁체제에 진입하였으며, 이에 따른 항만의 대형화, 대 고객 서비스 증가를 위한 항만시설의 첨단화

및 효율화, 항만운영비용 절감과 미래를 위한 경제적·친환경적 항만건설이 실현되기 시작하고 있다. 이러한 항만의 대형화, 첨단화, 효율화, 경제화, 친환경화는 자국 항만산업의 발전과 더불어 세계 항만기술 관련 산업의 선점과 수출의 극대화를 추구할 수 있는 기반이 되고, 이를 위해서 항만 자동화 기술 개발에 중점적인 연구가 이루어지고 있다.

최근 항만 물동량 증가와 IT산업으로 인한 물류산업의 발달로 인하여 무인으로 화물을 운송하는 무인 운반차에 대한 관심이 증가 하고 있다. 무인 운반차는 컨베이어나 레일 방식의 운반 시스템에 비하여 쉽게 궤도 설정이 가능하고, 해당 분야의 목적에 맞는 적절한 이·적재 장치를 쉽게 결합할 수 있기 때문에 시스템의 확장 및 주변 기기와의 연결 및 수정이 용이하며, 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

〈그림 1〉 전국 항만 물동량 현황<sup>[1]</sup>

- 인력의 감소
- 생산성과 품질의 향상
- 작업 환경과 안정성 개선
- 물류의 실시간 제어(Real-time control): 물류 관리의 정확성, Floor 적치 및 분배 시간 감소, 자재 관리 비용 감소, 생산 의뢰의 빠른 응답
- 요구 공간의 감소
- 제품의 손상 감소
- 제품의 관리 개선
- 주변 자동 기기와의 조합 용이 (자동문, 엘리베이터)
- 시스템의 적응성, 유용성 증대

이와 같은 장점을 바탕으로 무인 운반차는 물류 산업 및 다양한 산업 분야에서 시장을 확대해 나가고 있다. 현재 무인 운반차의 시장 규모는 정확히 구별할 수 없지만 제조 현장, 항만 물류 등의 환경에서 활용된다는 점을 고려할 때 물류 산업에서 상당한 부분을 차지하는 것으로 파악되며, 향후 무인 운반차 시장의 발전이 더욱 촉진될 것으로 기대되고 있다.<sup>[2]</sup>

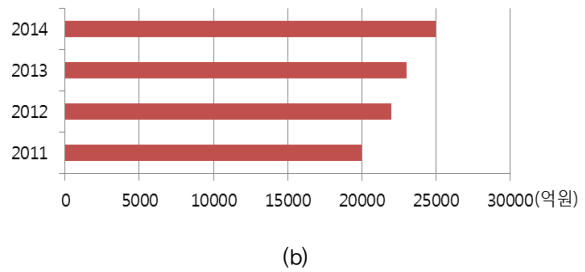
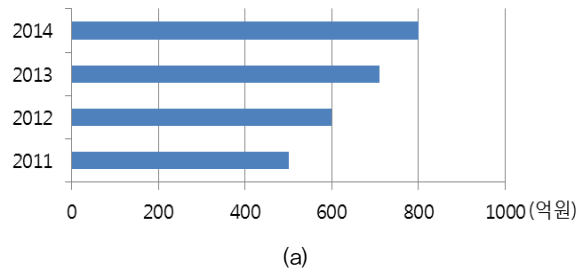
이에, 본 특집에서는 물류 무인 운반 시스템에 대해 최근 까지 개발된 국내·외 기술 및 트렌드, 산업 동향을 분석하고, 아울러 앞으로의 방향을 모색해보고자 한다.

## II. 물류 무인 이송 기술 특허 동향

최근 물류 센터는 다양한 기술들과 고효율 장비들을 이용하여 점차 무인화 되고 있다. 과거의 재래식터미널은 노동집약적, 단순 기계적인 하역시스템이었으나 20여년이 지난 현재의 터미널은 기술집약적, 복합산업적 하역시스템으로 발전하고 있다. 이번 장에서는 하역 이송 기술 개발과 관련 연구 개발 분야에 대하여 실제 사용되고 있는 시스템에 대해 살펴보고, 미국, 유럽 등 주요 국가의 기술 동향과 해당 기술 분야에 대한 우리나라 기술의 동향을 국내외 특허 분석을 통하여 살펴본 후, 우리나라의 기술수준, 국제기술동향 및 공동연구 현황 등을 파악해보고자 한다.

### 1. 무인 이송 기술 시장 동향

네덜란드에서 1996년 세계 최초로 자동화 터미널이 만들어진 이후 항만하역장비는 꾸준히 진화되어 왔다. 최근의 하역 시스템은 전기, 전자, IT가 융합된 첨단 시스템으로 변화되고 있다. 하역 시 안벽장비와 야드장비에 컨테이너를 전달해주는 중간 매개체로서 무인 운반차를 사용한다. 이전의 무인 운반차가 이동 속도 향상에 중점을 두고 연구 개발 되었다면



〈그림 2〉 무인 운반차 시장 전망: (a) 무인 운반차 국내 시장 전망, (b) 무인 운반차 세계 시장 전망<sup>[3]</sup>

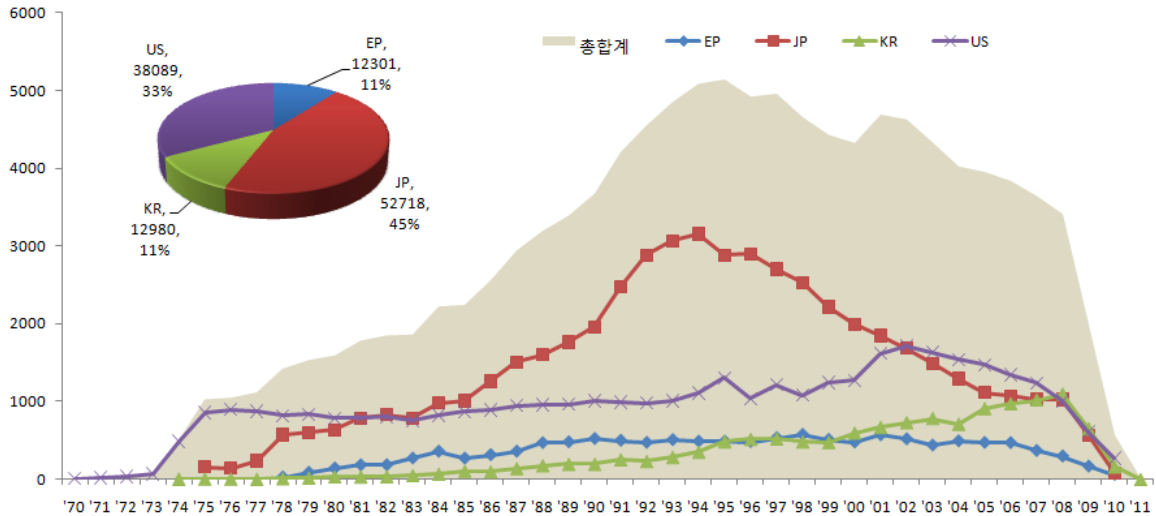
최근에는 무인 운반차의 기능향상을 통한 터미널 생산성 증가를 목적으로 연구 개발이 진행되고 있다.

〈그림 2〉는 국내 및 세계 무인 운반차 시장 전망을 나타낸 그림이다. 국내 무인 운반차 시장은 현재 500억원 규모로 추정되며, 매년 점진적으로 증가하여 2014년에는 800억원 규모로 예상되고 있다. 그리고 무인 운반차의 세계 시장 규모는 2조원대의 시장이 형성되어 있을 것으로 추정되며 2014년에는 2조 5천억원 규모의 시장이 형성될 것으로 전망된다.

### 2. 국내·외 특허 동향

〈표 1〉은 국가별 물류 이송 및 운송 특허 출원수를 나타낸 표이다. 2011년 3월까지 공개된 한국, 일본, 미국, 유럽 특허를 대표로 분석하였다. 일본이 특허 수가 가장 많았으며, 그 뒤를 이어 미국, 한국, 유럽 순으로 나타났다.

〈그림 3〉은 연도별 이송 기술의 특허 출원 현황이다. 이송 기술에 대한 특허는 1970년부터 특허가 출원되기 시작하였으며 1995년에 가장 많은 특허가 출원되었다. 국가별로 살펴보면 가장 많은 이송 기술 특허를 출원한 국가는 일본이며 전체 특허의 45%의 특허를 출원하였고, 1990년대 중반 가장 활발한 특허 출원율을 보였다. 그러나 2008년 이후부터는 미국과 한국의 특허와 비슷한 출원율을 보인다. 그리고 한국은 전체 특허의 약 11%의 특허를 출원하였으며, 1970년대 이후 지속적으로 출원율이 증가하고 있는 추세이다. 그리고 수평 이동 시스템, 수직 이동 시스템, 분류형 이송 시스템 등의 특허 출원이 활발했던 것으로 분석되었다. 수평 컨베이어 관련 특허의 경우 1990년대 중반 이후 특허 출원이 감소하였지만, 수직



〈그림 3〉 이송 기술의 연도별, 국가별 동향<sup>[4]</sup>

〈표 1〉 국가별 물류 이송 및 운송 특허 출원 수<sup>[4]</sup>

자료구분	국 가	전체분석구간	정량분석 대상특허
공개특허 (출원일 기준)	한국	1978.01.~ 2011.03	127
	일본	1978.01.~ 2011.03	534
	유럽	1978.01.~ 2011.03	83
	미국	1978.01.~ 2011.03	255
등록특허 (출원일 기준)	미국	1976.01 ~ 2011.03	179
합계			1,178

형 컨베이어와 분류형 컨베이어의 경우에는 1990년대 후반 이후 일정하게 특허가 출원되고 있다. 이송장비 관련 특허의 출원인 연도별 특허 출원 현황을 살펴보면 70년대 중반부터 90년대 초반까지는 일본의 히타치, 캐논 등의 기업에서 특허 출원이 활발히 진행되었으며 1990년대 후반부터 삼성전자, 무라타 기계 등의 특허 출원이 활발히 진행되었다. 삼성전자의 경우 1997년에 가장 많은 97건의 이송장비 관련 특허를 출원하였으며, 일본의 무라타 기계는 1992년에 가장 많은 100건의 관련 특허를 출원하였다.

지게차 관련 기술은 전체 출원에 대하여 34%의 점유율을 나타내고 있으며, 일본(66%)의 출원이 가장 활발하였고, 그 뒤를 이어 미국 19%, 한국 9%, 유럽 6% 순으로 나타났다. 지게차 관련 기술의 주요 출원인은 The Laitram Corporation이 가장 많은 건수를 보유하고 있으며 나머지 상위권 출원인들의 출원건수도 비슷한 수준으로 나타났다.

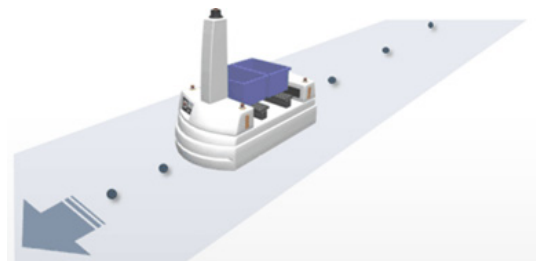
### Ⅲ. 핵심 요소 기술

무인 운반차의 핵심 기술은 유도 시스템으로 볼 수 있는데,

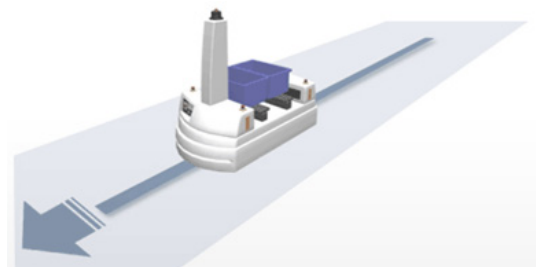
이는 유도 방식에 따라 성능과 사용 가능 환경이 달라지기 때문이다. 유선 유도 방식(wire guidance type)과 무선 유도 방식(wireless guidance type)으로 분류되는 유도(guidance) 방식에 대해 살펴보고자 한다. 그리고 회전 반경이 좁거나 부족한 공간에서 차체를 회전 하지 않고 직각 이동이 가능한 전 방향 구동 방식에 관한 기술에 대해서도 알아보도록 한다.

#### 1. 유선 유도 방식

유선 유도 방식은 센서가 감지할 대상체(마그네틱, 유도선, 광학테이프, 스폿)를 바닥에 설치하고, 이를 감지하여 무인 운반차를 주행라인을 따라 유도하는 기술이다.



(a) 자기-자이로 유도 방식



(b) 마그네틱 유도 방식

〈그림 4〉 유선 유도 방식

이 기술은 고정밀 무선 유도 방식에 사용되는 센서에 비해 저가의 센서를 사용하더라도 대상체를 분별하는데 높은 정밀도의 결과를 보여준다. 하지만 작업 환경의 바닥에 매설/부착과 같은 작업이 필요하며 유도 라인의 변경 및 유지보수가 어렵다는 단점이 존재한다.

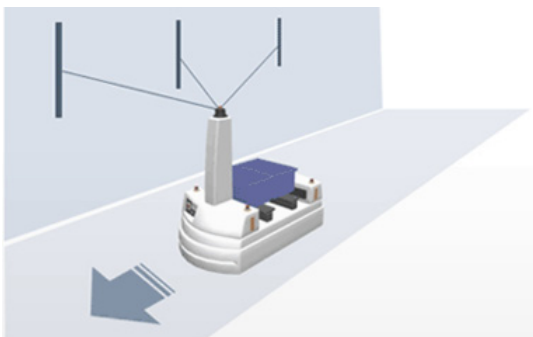
대표적으로 사용되는 무인 운반차 유선 유도 방식으로는 마그네틱(Magnetic), 광학(Optical), 전자기(Inductive), 자기-자이로(Magnet-Gyro) 유도 방식으로 분류할 수 있다. 작업 환경에 매설/부착하는 유도 라인으로는 마그네틱, 광학테이프, 전자기 유도선 등이 사용되고 있으며, 검출하는 센서로는 적외선, 홀센서(Hall Sensor), 카메라 등이 대표적으로 사용된다.

## 2. 무선 유도 방식

무선 유도 방식은 바닥에 경로를 만드는 것이 아니라 가상 경로를 사전에 생성시켜 놓고, 위치 측정 센서들을 통하여 얻어진 무인 운반차의 현재 위치를 이용해서 목표 지점까지 유도하는 방식이다.

무선 유도 방식은 벽이나 기둥, 또는 천장 등에 수신기 혹은 송신기를 설치하고 대응 되는 송신기 또는 수신기를 무인 운반차에 설치하여 측정된 좌표를 통해 무인 운반차를 유도하는 방식이다. 무선 유도 방식은 유도 라인이 존재하지 않기 때문에 완전한 자율 주행이 가능하며 주행 라인의 변경 및 유지보수가 유연하다. 하지만 무선으로 유도가 이루어지기 때문에 전파의 외란, 빛의 굴절 같은 신호의 왜곡 현상 뿐만 아니라 장애물로 인하여 위치 측정이 정확하지 않을 수 있다. 또한 작업 환경과 무인 운반차에 설치된 송/수신기의 특성에 따라 정밀도의 차이가 크다는 단점이 있다.

대표적인 무선 유도 방식에는 레이저 내비게이션, RFID 등을 이용한 유도방식이 있다. 레이저 내비게이션을 이용하는 방식은 벽면에 반사체를 붙여 레이저 내비게이션으로부터 나오는 레이저를 반사시켜 무인 운반차의 위치를 측정하며, RFID는 수/발신기를 작업환경에 설치하여 수신기로부터 전



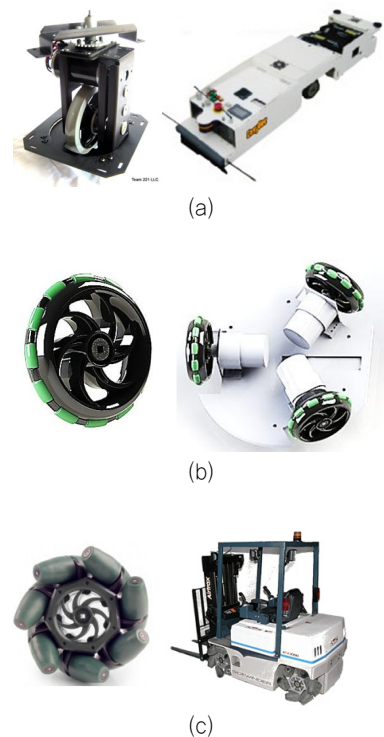
〈그림 5〉 무선 유도 방식

송되는 데이터를 이용하여 무인 운반차의 위치를 측정하는 방식이다.

## 3. 전방향 구동 방식

전방향 주행 방법의 대표적인 방법으로는 스워브(swerve), 홀로노믹(holonomic), 메카넘(Mecanum) 구동 방식이 있다.

전방향 구동방식은 산업 현장의 협소한 공간을 효과적으로 주행하기 위한 구동 방식으로 구동부에 기구적으로 특수한 주행 바퀴를 이용하여 방향 전환 없이 자세를 변경할 수 있는 방법을 말한다. 이 중 스워브 구동방식은 주행 구동부에 360° 회전이 가능한 구동부를 직각으로 설치하여 기계적 운동 방식을 통해 전방향으로 이동할 수 있는 방식이다. 이는 하나의 스워브 구동부만을 이용할 때에는 제어가 쉽지만, 몸체가 커질수록 여러 개의 구동부를 이용해야하기 때문에 제어가 매우 어려워지게 되며 바퀴를 회전 시킨 후 주행하는 방식이므로 주행이 매우 느린 문제가 있다. 두 번째 홀로노믹 구동방식은 주바퀴의 원주면에 여러 개의 롤러(roller)들을 회전축과 평행하게 부착한 특수 바퀴인 옴니 바퀴(omni wheel)를 이용하는 구동방식이다. 이는 시스템 구성과 제어가 간단하나 토크가 약하고 롤러들의 브레이크가 없어 미끄러짐(slip) 현상이 빈번히 일어나 주행 정밀도가 크게 떨어지는 문제점이 있다. 마지막으로 메카넘 구동방식은 홀로노믹 구동 방식과 유사하게 특수한 바퀴를 이용하지만 회전축과 평행하



〈그림 6〉 구동방식: (a) 스워브<sup>[6]</sup>, (b) 홀로노믹<sup>[6]</sup>, (c) 메카넘<sup>[7]</sup>

게 롤러를 부착한 옴니 바퀴와 다르게 회전축과 45° 의 각도로 부착한 메카넘휠(Mecanum wheel)이라는 특수한 바퀴를 이용하는 구동방식이다. 이는 홀로노믹 구동방식의 장점을 모두 가지면서도 비교적 토크가 크고 미끄러짐 현상이 적다. 홀로노믹과 메카넘 주행방식은 비교적 빠른 주행이 가능하지만 에너지 소실이 많아서 산업현장에서 거의 사용되지 않으며, 현재 산업 현장에서는 스워브 구동방식을 많이 사용하고 있다.

#### IV. 산업체 적용 동향

독일의 컨테이너 터미널 알텐베르더(CTA: Container Terminal Altenwerder)에서는 CTA와 독일 장비 제작업체인 고트발트(Gottwald Port Technology)에서 공동 개발한 AGV를 사용하고 있다<sup>[8]</sup>.

당초 무인운반차량에 사용된 기존의 무선 시스템은 잦은 오류로 인해 투입된 지 2년이 지난 2004년에는 보다 효율적이고 안정적인 시스템으로 교체할 필요가 있었다. 새로운 기술은 항만 적합성에 맞는 표준을 충족해야 했다. 개발된 AGV는 지멘스가 개발한 산업용 무선랜(WLAN)을 사용하였으며, 84대의 AGV가 투입되었다.

국내에서는 한국해양수산개발원과 (주)서호전기의 주도로 자동화 자가하역차량(ALV: Automated Lifting Vehicle)을 개



〈그림 7〉 CTA에서 사용 중인 AGV



〈그림 8〉 무인 자가하역차량(ALV)

발한 바가 있다. ALV는 스스로 컨테이너 집기, 싣기, 받기, 내리기가 가능하며 스틸랙과 같은 별도의 구조물이 필요없는 차세대 이송장비이다. 또한 ALV는 모든 연계작업, 즉 컨테이너 크레인과 연계하는 작업, 야드장비와 연계하는 작업에서 대기시간을 제거함으로써 터미널의 전체 생산성을 향상시켜 기존장비에 비해 이송장비의 투입수량을 약 40% 절감할 수 있는 것으로 나타나고 있다<sup>[9]</sup>.

#### V. 향후 연구 전망

지금까지 무인 운반차에 관한 기술과 현재 국내외 무인 운반차의 선호에 대한 경향을 살펴보았다. 최근 지능형로봇은 자동차, PC 이후 21세기 대표적 제품으로 중요성이 강조되고 있다. 산업사회에서 지식기반사회로 발전함에 따라 로봇은 단순 노동 대체 수단에서 인간과 공존하는 서비스 실현수단으로 진화 중에 있는 단계로, 미래학자, 혁신기업가 등은 머지않은 미래에 로봇이 단일 품목으로 수천억 달러의 경제 규모로 성장할 것으로 전망하고 있다.

현재 우리나라의 무인 운반차 분야는 미국, 일본 등 선진국에 비해 전반적으로 역량 수준이 낮은 것이 사실이다. 하지만 무인 운반차 분야 중에서 무인 운반차의 활용 정도는 국외만큼 다양한 곳에 적용되어 있지 않지만, 기술 연구 및 개발에 관해서는 유사한 수준을 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이 기술을 바탕으로 앞으로 본격화될 무인 운반차시장에



〈그림 9〉 다양한 형태의 국외 무인 운반차<sup>[10~12]</sup>

서 우위를 선점하기 위해서는 국가적 차원의 집중적 지원을 더욱 강화할 필요성이 있다고 할 수 있다. 현재 국내외 무인 운반차의 트렌드를 살펴보았을 때 국내의 초점은 제조 현장, 물류 등 대부분이 무게가 많이 나가고 부피가 큰 화물의 이·적재에 관해서 맞추어져 있다. 이에 반해 국외의 경우에는 물류 등 부피가 큰 화물의 이·적재뿐만 아니라 카트/다양한 운반 타입 등으로 전문적 서비스 형태로 발전해나가고 있는 것을 확인할 수 있다.<sup>[13]</sup>

이를 미루어 볼 때 무인 운반차 산업의 발전을 위해서는 다양한 형태의 기술과 관련 콘텐츠와의 융합이 필수적이다. 즉 협소한 환경 또는 불규칙한 형태의 환경에서도 유용하게 사용할 수 있는 구동부의 형태, 고정밀 위치측정, 다양한 형태의 운반 타입, 이동식 제조 로봇 등 다양한 형태의 로봇으로 발전해 나가기 위해서는 관련 기술과의 협력 및 융합을 더욱 강화할 필요가 있다고 할 수 있다.<sup>[14]</sup>

앞으로 무인 운반차 분야는 다양한 기술과의 융·복합, 문화, 자원 등의 요소가 복합적으로 이루어져 크고 다양한 시너지 효과로 인해 물류 분야에서 다각적으로 활용 할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- [1] 나라지표, 전국항만 물동량 처리 현황 - [http://www.index.go.kr/egams/stts/jsp/potal/stts/PO\\_STTS\\_idxMain.jsp?idx\\_cd=1265&bbs=INDX\\_001](http://www.index.go.kr/egams/stts/jsp/potal/stts/PO_STTS_idxMain.jsp?idx_cd=1265&bbs=INDX_001)
- [2] 지식 경제부, “서비스 로봇산업 발전 전략”, 2010. 12.
- [3] MHIA 미국 물류 산업 협회 - <http://www.mhia.org/>
- [4] 한국건설교통기술평가원 - 지능형 물류센터 상하역 및 이송시스템 기술 개발 보고서, 2011.11.
- [5] Aichikikai techno system - <http://www.aiki-tcs.co.jp/english/index.html>
- [6] GRABCAD, Omnidirectional drive bot - <http://grabcad.com/library/omnidirectional-drive-bot>
- [7] Airtrax - <http://www.airtrax.com/>
- [8] FA Journal, CTA, 선적화물 운송효율성 최대 2배 증가 - <http://www.fajournal.com/news/view.asp?idx=763&msection=7&ssection=0>, 2011.07.19.
- [9] 물류 신문, 컨터미널 이송장비의 진화 - <http://www.klnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=93893>, 2009.01.23.
- [10] MAXTRUCK - <http://www.maxtruck2t.se/>
- [11] KUKA <http://youbot-store.com/>
- [12] Aichikikai techno system - <http://www.aiki-tcs.co.jp/english/products/custom-type.html>
- [13] 물류신문, 항만 물류, 자동화·무인화가 지배한다! - <http://www.klnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=99057>, 2010.08.30.

- [14] 물류신문, 물류, 지능형 로봇을 만나다! - <http://www.klnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=99684>, 2010.11.15.



김 성 신

1998년 03월~현재 부산대학교 전기공학과 교수.  
 1996년 10월~1998년 03월 Georgia Inst. of Technology, Postdoctoral Research Fellow.  
 1996년 6월 Georgia Inst. of Technology 전기및컴퓨터 공학부(공학박사).  
 1986년 2월 연세대학교 전기공학과(공학석사).  
 1984년 2월 연세대학교 전기공학과(공학학사).  
 <관심분야> 지능시스템, 지능형로봇, 고장예측 및 진단