
Global Report

유럽, 미국 및 일본의 항구 컨테이너 운송 AGV 시스템 분석

1. 배경
2. 유럽, 미국 및 일본의 컨테이너 터미널 자동화의 사례
3. Toyota Industries의 항구 물류 선진화용 컨테이너 터미널 자동화의 사례
4. 결론

1. 배경

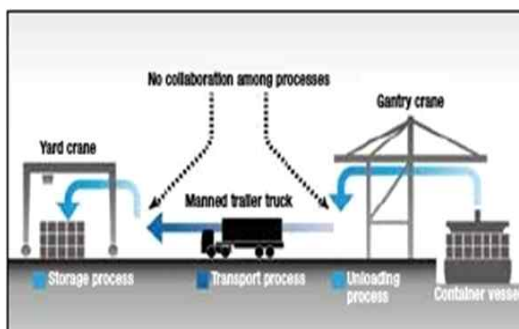
AGV(Automated Guided Vehicle)의 산업계 적용은 급격히 증가되고 있으며, 제조업 분야에서 공통적으로 사용되는 지능형 처리 장비가 되었다. 현재 AGV는 다양한 유형의 제조업들(스마트 스토리지, 자동차, 의약품, 음식, 화학품, 인쇄 및 전자)에 활발하게 도입되고 있다.

제조업은 비용 절감, 효율성 및 품질 개선, 제품생산 사이클의 단축을 위해 AGV를 사용하여 높은 융통성 및 확장 가능한 공장 물류 자동화를 달성하고 있다.

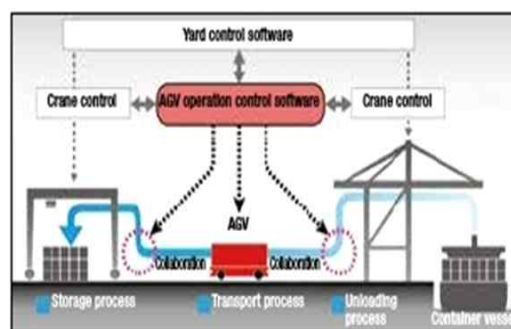
본고에서는 AGV의 적용 분야중 항구 컨테이너 터미널에 국한하여 유럽, 미국 및 일본의 적용 사례들을 분석하고자 한다.

경제 활동의 세계화와 그에 따른 국경 간 상품 운송은 항구에서 더 많은 양의 컨테이너를 처리하게 하였다. 증가하는 컨테이너 트래픽을 지원하는 데 중요한 역할을 하는 해상 컨테이너 터미널들은 이제 컨테이너 운송 업무에 있어서 더 높은 수준의 효율성을 달성하고, 작업 환경을 개선하기 위해 다양한 방식으로 진화해야 한다. 따라서 가장 중요한 이슈중의 하나는 자동화이다.

Toyota Industries 회사는 수년간 AGV(Automatic Guided Vehicles) 개발 경험으로 컨테이너 터미널의 자동화에 실질적인 기여를 해 오고 있다. 아래는 Toyota Industries에서 비교한 전통적인 컨테이너 터미널의 개념도(그림 1)와 자동화 컨테이너 터미널의 개념도(그림 2)를 보여 준다. 전통적 컨테이너 터미널의 컨테이너 처리와 운송 작업은 갠트리 크레인(Gantry Crane), 수동 트레일러 트럭 및 야드 크레인에 의해 개별적으로 수행된다. 반면에 자동 컨테이너 터미널 시스템은 AGV 운영 통제 소프트웨어와 여러 프로그램에 의해 관리되며, 이 소프트웨어 시스템은 AGV 및 크레인 간 협력을 최적화시키고, 컨테이너 터미널의 전체 물류 효율성을 개선시킨다.



[그림 1] 전통적 컨테이너 터미널 개념도



[그림 2] 자동화 컨테이너 터미널 개념도

2. 유럽, 미국 및 일본의 컨테이너 터미널 자동화의 사례

2.1 네덜란드 로테르담 항구

로테르담 ECT Delta Sealand Terminal의 부두 크레인은 싱글 트롤리를 사용하고, 컨테이너의 수평 운송은 AGV를 사용하며 이는 고정된 원형 루트를 따라 운행한다. 야적장의 각 적재 영역 내에는 고속의 자동화된 레일 크레인 있으며, 적재 야적장은 6행과 4 레이어로 구성된다.

AGV는 야적장에 진입하지 않고 야적장의 끝에서 컨테이너를 싣고 내린다. AGV 속도는 초당 3m이며, 내연 기관 유압에 의해 운행된다. AGV는 고정된 루트를 운행하므로 루트가 길고 비효율적이라 혼잡을 야기시키고 야적장의 큰 영역을 점유하는 문제점이 있었다. 2008년에 로테르담의 Euromax 터미널에 3세대 자동화된 컨테이너 터미널이 구축되었다. AGV 속도는 초당 6m로 빨라졌고 디젤 제너레이터에 의해 운행되며, 야적장에서는 완전 자동화된 레일과 연결된 갠트리 컨테이너 크레인을 사용한다. Euromax 터미널은 AGV를 움직이고 통제하기 위해 독일 Dematic의 Dybacore 내비게이션 소프트웨어를 사용하며, 터미널을 관리하기 위해 미국 Navis의 정보 자동화 소프트웨어를 사용한다.

2.2 독일 함부르크 항구

함부르크 항구의 CTA 컨테이너 터미널은 1999년에 만들어져 2002년부터 운영하였으며, 터미널의 규모는 1.4km 길이, 4개의 정박소, 30,000 TEU(20 피트 표준 컨테이너)의 저장 용량을 가진다. 터미널의 정면에는 대형 컨테이너 선박에서 화물을 빠르게 다루는 14개의 초대형 부두 크레인이 있고, 6개 레일 운영 지역에는 레일과 연결된 4개의 갠트리 크레인이 있다. CTA 컨테이너 터미널의 특성은 부두 크레인이 이중 트롤리 구조를 가지며, 융통성 있는 경로상에서 운영되는 AGV의 채택이다. 터미널의 경로 계획과 장비 스케줄링은 컴퓨터 시뮬레이션 기술을 사용한다. AGV는 내비게이션을 위해 레이더를 사용하며, 고정된 경로를 사용하지 않아 효율성이 크다. 이종의 레일 크레인이 구축되어 한 개 크레인의 문제를 백업한다.

2.3 미국 롱비치 항구

롱비치 항구는 세계에서 가장 처리 용량이 많고 미국의 주요 항구로서 3200 에이커의 면적, 31 마일의 길이, 10개 Dock, 62개 정박소, 68개 갠트리 크레인을 갖는다. 롱비치 컨테이너 터미널은 3개의 정박소를 갖는 북미 최초의 전자동 컨테이너 터미널로서 브리지 크레인, AGV 및 자동 레일 크레인의 운영 기술을 사용한다. 여기서, AGV는 하적장과 도크 간, 레일과 하적장 간 컨테이너를 운송하는 역할을 하며, 터미널에는 총 72개의 AGV가 완전 자동화로 운영된다.

2.4 일본 나고야 항구

나고야 항구의 Tobishima 컨테이너 터미널은 일본 최초의 완전 자동화 컨테이너 터미널이며, 세계에서 가장 선진화 되고 자동화된 컨테이너 터미널 중의 하나로 인식되고 있다. 이 터미널은 2005년, 2008년에 운영이 시작된 2개의 정박소를 가진다. 특히, 일본은 많은 지진이 발생하는 나라이므로 컨테이너 터미널의 구조와 장비는 향상된 내진 설계 기술을 사용하였다. 나고야 항구는 완전 자동화 갠트리 컨테이너 크레인(The fully automatic tire-type gantry container crane: ARTG)을 사용하는 세계 유일의 자동화 컨테이너 터미널이다. 다음 장에서는 전 세계적으로 선적 및 하역 시간을 줄이고, 터미널 운영의 효율성을 높이기 위해 최첨단 컨테이너 터미널의 구축 솔루션들을 제공해 온 Toyota Industries의 사례를 살펴 본다.

3. Toyota Industries의 항구 물류 선진화용 컨테이너 터미널 자동화의 사례

3.1 작업 환경 개선의 추구

많은 컨테이너 터미널에서 컨테이너를 들어 올리는 크레인은 지상에서 40m 높이에 있기 때문에 크레인 운전자들은 열악한 환경에서 작업을 해야 한다. 그들은 끊임없이 바다 바람, 여름의 강렬한 태양, 겨울의 매서운 추위와 노출되며 종종 야간 작업까지 해오고 있다.

트레일러 트럭에 컨테이너를 싣는 것은 크레인과 트레일러 트럭 둘다 특정한 위치에 정확히 위치하는 것이 필요하므로 어려운 작업이다. 그래서 크레인과 트레일러 트럭 운전자는 높은 수준의 스킬과 이따금 그 작업을 수행하기 위한 감(Feel)을 가질 필요가 있다.

더 높은 효율성과 더 나은 작업 환경을 달성하기 위해 일본 아이치 현 나고야 항구의 컨테이너 터미널 운영회사인 Tobishima Container Berth Co., Ltd. (TCB)는 해상 컨테이너 터미널의 운영을 자동화하기 위해 대규모 컨테이너 운송 AGV를 도입하기로 결정했다. 그 회사는 항구의 발전과 성장에 기여하기 위한 목적으로 그들의 축적된 AGV 시스템 기술과 물류 노하우를 이 프로젝트에 결합하였다.

3.2 Toyota Industries의 강점 기반 성장에 기여

3.2.1 소프트웨어 개발 영역의 노력

모든 터미널을 포함하는 토탈 시스템을 구축

항구의 경쟁력을 높이기 위해 이 회사는 30년 이상 운송 및 보관 시스템의 개발을 해 온 상품 운송 최적화 분야의 노하우와 AGV 개발 경험을 결합하여 터미널 운영 효율성을 크게 향상 시켰다. 예를 들면, 컨테이너 운송 AGV 시스템은 선박에서 운송 AGV로 컨테이너를 운반하는 크레인과 터미널의 다른 요소들과 협업하여 AGV의 스케줄링을 JIT(Just-In-Time)으로 관리한다.

항구 교차로에서는 무정차 통제 시스템이 다수의 AGV가 동시에 교차로에 진입하는 것을 방지하여 교차로 서행, 정차 및 가속하는 것을 피해 연료 절감과 더 좋은 운송 성과를 제공해 준다.

AGV는 컨테이너를 적재한 후에 자동으로 항구 야적장까지의 최적의 경로를 선택할 수 있다. AGV는 JIT 운영이 가능하여 전체 터미널의 수하물 처리 취급 장비와 관리 시스템과 협력하여 운영된다. 이것은 높은 작업 능력을 실현시키기 위해 세계 최초로 시도된 것이다. Toyota Industries 회사는 전체 터미널의 운영을 체계화시켜, 물류 효율성을 증대시키는 물론, 작업 환경을 혁신적으로 개선시키는 데 기여할 수 있었다.

3.2.2 하드웨어 개발 영역의 노력

AGV 시스템 기술과 노하우 기반의 우수한 기능

회사는 내구성, 에너지 절감 능력, 힘든 운영 환경에서의 안전성을 보장하기 위해 다양한 기술들을 AGV에 통합하였다.

AGV는 길이 14 미터, 무게가 30톤 컨테이너를 싣을 때, 합산 50톤 이상이 되며 AGV의 상세 스펙은 아래와 같다. 이 거대한 차량은 시속 20 km로 자율 주행이 가능하며, 2 cm의 오차로 의도된 위치에 주차가 가능하다. 이렇게 높은 위치 정확도 수준은 AGV와 크레인 간에 컨테이너를 자동으로 운반을 가능하게 하여 작업 환경을 개선하는 데 큰 기여를 하였다.

- 길이: 14.3 meters
- 폭: 2.8 meters
- 높이: 1.8 meters
- 무게: 23.5 tons
- 허용 적재량: 30.5 tons
- 최고 속도: 25.0 km/h (컨테이너 적재시 20.0 km/h)
- 연료 시스템: Diesel-electric system

우수한 친환경 성과

컨테이너 운송 AGV는 전기 모터가 디젤 엔진에 의해 생성되는 동력을 사용하여 차량을 운행하는 디젤-전기 시스템을 사용한다. AGV 차량은 운행 상태에 따라 언제 동력을 사용하고 절감할 지를 결정함으로써 에너지를 효율적으로 사용하는 연료 절감 장치가 장착되어 있다. 차량 무게를 줄이고 운영 시스템을 수정하여 연비를 높였으며, 이산화탄소와 질소산화물(NOx) 배출을 줄였다.

다중 안전 기능

AGV 시스템은 잠재적 위험을 피하기 위해 다중 안전 기능을 제공한다. AGV는 이동 방향의 장애물을 탐지하기 위해 레이저 레이다(Laser Radar) 장치를 장착하여 경로상의 예기치 않는 (낙하) 장애물과의 최소한도의 접촉조차 피할 수 있다. 또한, AGV의 운영 통제 소프트웨어 프로그램은 AGV의 이동 방향을 통제함으로써 인접해 있는 다른 AGV들과의 충돌을 예방해 준다.

4. 결론

항구 물류 운영의 고효율성에 대한 고객들의 요구 사항에 대응하기 위해 인간의 세심한 주의 및 융통성과 기계의 정밀함 및 안전성을 결합하여 컨테이너 운송 AGV 시스템이 개발되고 활용되어 왔다.

AGV 자체의 성능을 개선할 뿐 아니라 전체적인 시스템 능력을 향상시키기 위해 조정되고 협력적인 접근 방법을 추구하면, 컨테이너 운송 AGV 시스템이 항구 물류 효율성과 인간의 삶을 더 개선시키는 데 크게 기여할 것이다.

5G의 출현과 3개 주요 특성들(저 지연, 고 대역폭, 초 고속)은 AGV의 응용 범위를 계속 확장할 것이며, AGV가 직면하는 환경은 더 다양화 될 것이며, AGV 기술의 요구사항들 또한 증가할 것이다.

미래의 AGV 발전 방향은 빅 데이터와 인공지능 기반으로 변화하는 프로세스에 적응하기 위해 새로운 생산 유닛을 빠르게 재조직할 수 있어야 할 것이다. 또한, 미래의 AGV는 산업 등급의 안정성과 정밀도를 전제로 AGV의 응용과 구현시 인간-기계간 협력을 통해 큰 융통성을 가져야 할 것이다.

<원문제목 1> AGV application in 4 major foreign automated ports, Feb. 9, 2020

<원문출처 1> AGVblog(Feb. 9, 2020) <http://www.agvblog.com/1222.html>

<원문제목 2> AGV application field and future development analysis, Dec. 10, 2020

<원문출처 2> AGVblog(Dec. 10, 2020) <http://www.agvblog.com/1368.html>

<원문제목 3> Toyota Industries' Container Transport AGV System Contributing to Evolution of Port Logistics

<원문출처 3> Toyota Industries Report 2013 (<https://www.toyota-industries.com/investors/items/p16e-p20e.pdf>)