

자동화 컨테이너 터미널의 AGV 및 ALV 기반 이송시스템의 생산성 비교

† 배효영* · 최이** · 박태진*** · 류광렬****

*,**,*** 부산대학교 대학원, **** 부산대학교 컴퓨터공학과 교수

요 약 : 오늘날 자동화 컨테이너 터미널은 대부분 AGV(Automated Guided Vehicle) 기반의 무인이송시스템을 운영하고 있다. AGV는 컨테이너의 상하차 작업 시 타장비의 도움을 필요로 한다. 이로 인하여 장비 간 대기시간이 발생하며, 이는 생산성을 떨어뜨리는 요인이 된다. 이와 같은 문제점을 해결한 무인이송장비로 ALV(Automated Lifting Vehicle)가 있다. ALV는 자가하역기능이 있어 타장비의 도움 없이 상하차 작업이 가능하다. 본 연구에서는 시뮬레이션을 통하여 각 이송시스템의 생산성을 비교하였다. 시뮬레이션은 이송시스템의 배차 방식과 안벽장비의 종류를 다양하게 설정하고, 무인이송장비의 가감속 운동 및 충돌을 고려하였다. 시뮬레이션 결과 소수의 경우를 제외하고는 ALV 기반의 이송시스템이 AGV 기반의 이송시스템보다 높은 생산성을 보여주었다.

핵심용어 : 자동화 컨테이너 터미널, AGV (Automated Guided Vehicle), ALV (Automated Lifting Vehicle), 생산성, 시뮬레이션

1. 서 론

항만물동량의 증가로 인하여 항만 경쟁이 치열해지고 기존의 재래식 하역장비로는 초대형 선박의 물량을 감당할 수 없게 되면서 세계적으로 터미널 자동화를 통하여 운영 효율성을 높이기 위한 노력이 계속되고 있다. 특히 하역 장비의 고효율화 및 첨단 자동화 장비 운영에 대한 관심이 증대되고 있다. 여기에는 선박과 안벽 간의 컨테이너의 운반을 담당하는 안벽 장비, 장치장에서 컨테이너 운반을 담당하는 야드 장비, 그리고 안벽 장비와 야드 장비 간의 컨테이너 운반을 위해 사용되는 이송장비가 포함된다. 특히 기존의 야드트럭을 대체할 무인이송장비로 AGV(Automated Guided Vehicle)와 ALV(Automated Lifting Vehicle) 등이 주목받고 있다.

AGV는 안벽과 장치장 사이에서 컨테이너를 운반하는 단순 무인이송장비이다. AGV는 타 장비에 지원을 받아 컨테이너의 상차·하차 작업을 수행하기 때문에 타 장비와 AGV 간의 동기화가 필요하며, 이로 인하여 발생하는 장비 간 대기시간은 터미널 생산성의 감소 요인이 된다. 이러한 장비 간 대기시간을 해소하기 위하여 현재 ALV(Automated Lifting Vehicle)에 대한 연구가 진행 중이다. ALV는 자가하역기능을 가지고 있어 타장비의 도움 없이 컨테이너의 상차·하차 작업이 가능하다. 따라서 타하역장비와 비동기적으로 운영할 수 있으며, 차량과 하역설비의 작업지점을 버퍼 공간으로 활용할 수 있다.

이러한 두 장비의 효율성을 비교한 연구로 [2], [3]이 있다. 두 연구에서 ALV 기반의 이송시스템이 AGV 기반의 이송시스템

보다 생산성 측면에서 우수하였다. 그러나 [2]와 [3]의 연구는 무인차량의 유도경로가 단순하며, 가감속이나 장비의 크기, 장비 간 충돌 등을 불충분하게 다루고 있다. 따라서 터미널의 실제 요소들을 보다 더 고려한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 실제 항만에서 사용 중인 유도경로를 취하고, 이송차량의 가감속이나 장비의 크기, 충돌 등을 고려한 시뮬레이션을 통하여 AGV 기반의 이송시스템과 ALV 기반의 이송시스템의 생산성을 측정하고 비교하였다. 또한 효율적인 이송시스템의 제안을 위하여 차량의 대수, 버퍼의 용량, 차량할당정책 등을 변화 시켜가며 생산성을 측정하였다.

2. 자동화 컨테이너 터미널

자동화 컨테이너 터미널의 레이아웃은 그림 1과 같다. 터미널의 3가지 주요 장비는 안벽 장비인 QC(Quay Crane), 무인이송장비인 AGV(또는 ALV), 그리고 무인야드장비인 ATC(Automated Transfer Crane)이다. 컨테이너 터미널의 작업은 크게 양하 작업과 적하 작업으로 나눌 수 있다. 양하 작업은 QC가 선박로부터 컨테이너를 하역하면, 이를 AGV 또는 ALV가 장치장(block)으로 운반하고, ATC는 운반된 컨테이너를 장치장에 적재하는 것으로 이루어진다. 적하 작업은 양하 작업의 역순으로 이루어진다.

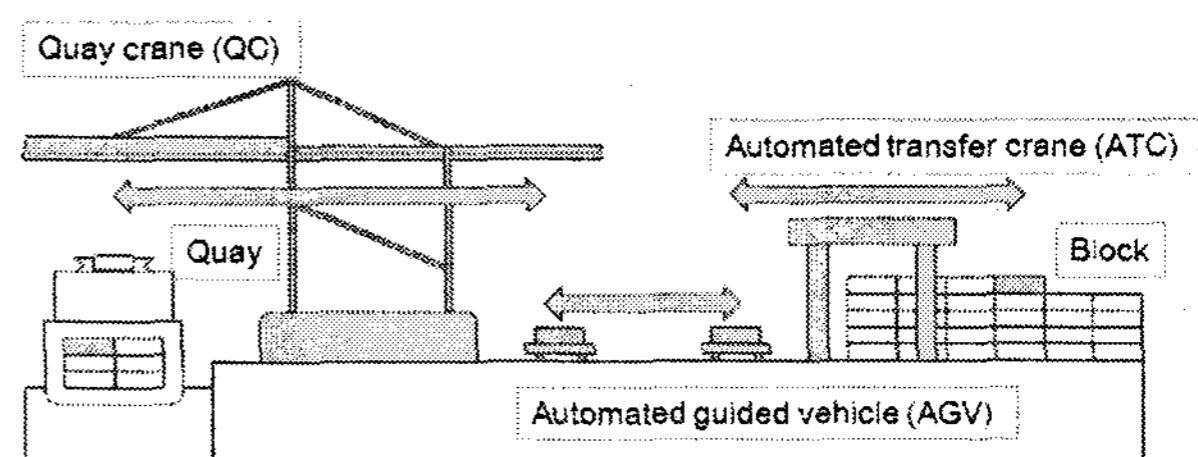


Fig. 1 Automated container terminal

† 교신저자 : 정희원, nextpage@pusan.ac.kr 051)510-3531

** 정희원, choilee@pusan.ac.kr 051)510-3531

*** 정희원, parkti@pusan.ac.kr 051)510-3531

****정신희원, krryu@pusan.ac.kr 051)510-2453

3. 무인이송시스템

자동화 컨테이너 터미널의 무인이송시스템은 크게 AGV 기반의 무인이송시스템과 ALV 기반의 무인이송시스템으로 나눌 수 있다. AGV의 경우, 컨테이너의 상차·하차 작업을 수행하기 위하여 타 장비의 도움을 필요로 한다. 이로 인하여 발생하는 대기 시간은 터미널 생산성을 감소시키는 요인이 되므로 AGV 기반 이송시스템의 운영 방식은 장비 간 대기시간을 최소화하는 것을 목표로 한다. ALV 기반 이송시스템에서는 ALV의 자가하역기능에 의하여 차량 작업과 타 하역장비의 작업의 분리가 가능하다. 따라서 AGV 기반의 이송시스템보다 원활한 운영이 가능하다. 또한 차량과 타 하역장비 간의 작업 영역을 장비 간 컨테이너 운반의 버퍼 공간으로 활용할 수 있다. 다만 ALV를 운영하는 경우, AGV 기반 시스템과 달리, 차량과 타 하역장비 간의 충돌을 고려해야한다는 문제점이 있다. 이 경우 무인이송차량의 유도경로를 제한함으로써 QC와의 충돌을 방지할 수 있지만 사용할 수 있는 경로 수가 제한됨으로서 차량 간의 간섭이 심화되어 교통 혼잡이 발생하게 된다.

무인이송시스템의 보다 효율적인 운영을 위해서는 적절한 차량할당정책이 필요하다. 차량할당정책은 크게 차량주도할당(vehicle initiated dispatching)방식과 설비주도할당(machine initiated dispatching)방식으로 나눌 수 있다. 차량주도할당 정책은 운반되어야 할 컨테이너가 여러 개인 경우, 차량이 적당한 컨테이너를 선택하는 것이다. 설비주도할당 정책은 여러 대의 차량이 작업할당 요청을 할 경우, 하역장비가 적당한 차량을 선택하는 것이다.

4. 실험 및 결과

시뮬레이션 실험은 QC 3대와 7개의 장치장(RMGC 7대)으로 구성된 한 선석을 대상으로 12시간의 양하작업을 수행하였다. 실험에서 사용한 QC type은 single-trolley type(52box/h), dual-trolley type(60box/h), supertainer type(90box/h)의 3가지이다. 장치장은 수직 장치장을 대상으로 하였으며 야드장비로는 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane; 20box/h)를 사용하였다. 차량의 대수는 3~18대로, ALV 기반의 이송시스템의 경우 안벽의 버퍼영역을 1~3개로 변화 시켜가며 수행하였다. 배차 방법은 차량주도 할당으로 EDF(earliest deadline first)와 인벤토리 기반 (inventory based dispatching) 방법을, 설비주도 할당으로 최장유효차량(longest idle vehicle)과 근거리차량(nearest-vehicle) 방법을 이용하였다.

그림 2는 single-trolley type QC를 이용한 경우 AGV와 ALV의 차량대수별 QC 생산성이다. 배차 방법은 인벤토리 기반 배차를 사용하였다. 차량의 수가 적을 때는 ALV가 우수하나, 차량의 수가 많아질수록 AGV와 ALV 간의 차이가 점차 줄어들어 가는 것을 확인할 수 있다.

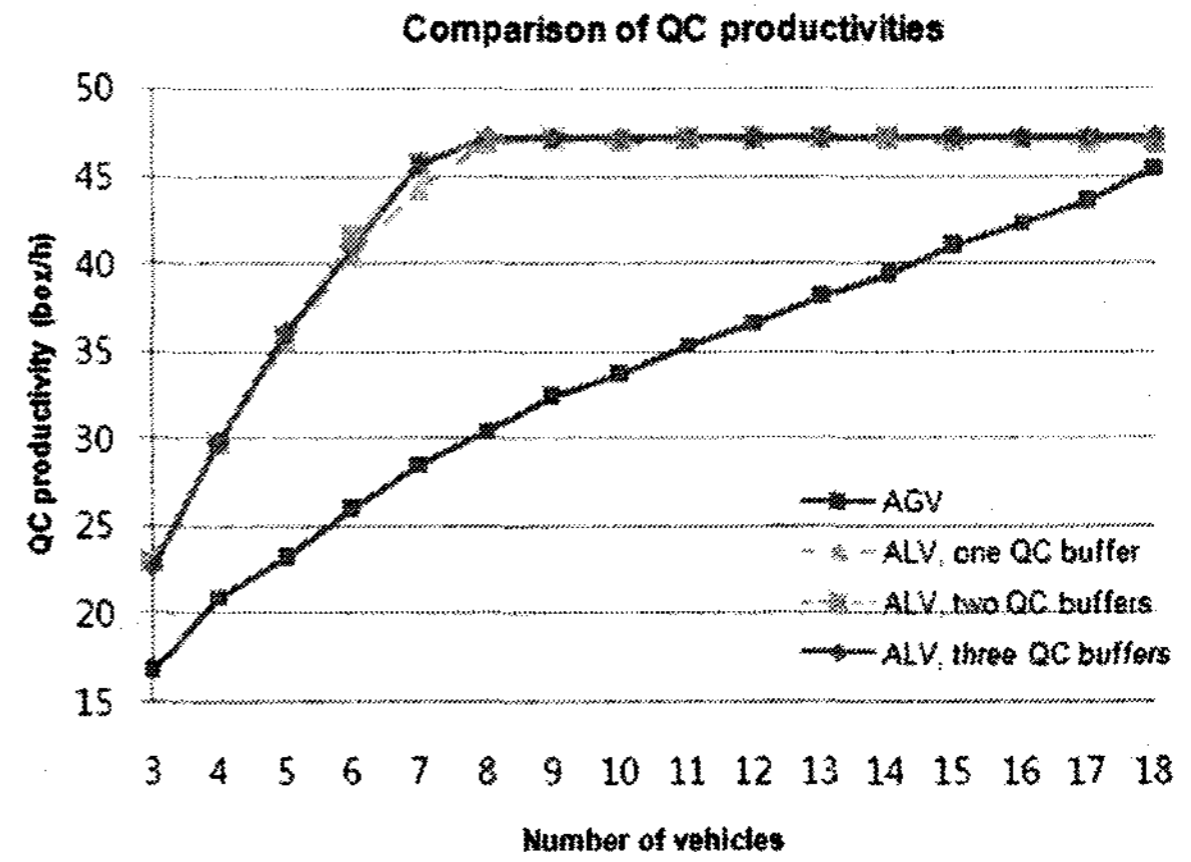


Fig. 2 A productivity comparison of vehicle types

5. 결론

본 연구는 AGV 기반의 이송시스템과 ALV 기반의 이송시스템의 생산성을 시뮬레이션을 통하여 측정하고 비교하였다. 시뮬레이션 시스템은 실제 시스템에 근접하도록 차량의 가감속과 충돌, 크기 등을 반영하였다. 시뮬레이션 실험 결과 차량의 대수가 적을 때는 ALV 기반의 이송시스템이 AGV 기반의 이송시스템보다 높은 생산성을 보여주었으며, 차량 대수가 늘어날수록 둘의 차이는 줄어들었다. 이것은 차량 대수가 늘어남으로 인하여 ALV 간의 간섭이 심화되기 때문이다. 이러한 간섭을 해소하기 위한 ALV에 최적화된 운영 방식에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] 최이, 박태진, 류광렬 (2006), "가감속을 고려한 교차없는 AGV 주행경로설정", 한국항해항만학회지, 제30권, 제10호, pp. 855-860
- [2] Chang Ho Yang, Young Seok Choi, and Tae Young Ha (2004), "Simulation-based performance evaluation of transport vehicles at automated container terminals", OR Spectrum, Vol. 26, pp. 149-179
- [3] Iris F.A. Vis and Ismael Harika (2004), "Comparison of vehicle types at an automated container terminal", OR Spectrum, Vol. 26, pp. 117-143
- [4] Dirk Briskorn, Andreas Drexel, and Sönke Hartmann, (2007), "Inventory-based dispatching of automated guided vehicles on container terminals", Container Terminals and Cargo Systems, pp. 195-214