자동화 컨테이너 터미널의 Shuttle Carrier 이송능력 분석

하태영*, 최용석*

Performance Analysis of A Shuttle Carrier at Automated Container Terminal

Tae Young Ha, Yong Seok Choi

Abstract

The purpose of this paper is to analyze transport ability of AGV(Automated Guided Vehicle) and SHC(SHuttle Carrier). The main difference between two types of transport vehicles is that AGV depends on container crane or transfer crane to do loading/unloading container, but SHC is very independent to it. Therefore, the transport ability of SHC is expected to be higher than AGV. So, in this paper, we established simulation model to evaluate two types of transport vehicles and analyzed the results. Simulation model was established to automated container terminal with perpendicular yard layout, and applied closed loop operation of transport vehicle between apron and stacking yard. In the result, SHC showed very superior than AGV aspect of container crane productivity and vehicle fleets.

Key Words : Automated Container Terminal, AGV, Shuttle carrier, Productivity

* 한국해양수산개발원 해운물류·항만연구센터

1. 서론

자동화 컨테이너 터미널의 하역시스템은 크게 3가지 영역의 하역작업으로 구성된 시스템으로, 하역장비 측면에서 안벽에서 선박 하역작업을 담당하는 안벽장비(Container Crane, C/C)와 장치장에서 컨터이너 하역작업을 담당하는 야드장비(Automated Transfer Crane, ATC)가 있으며, 이 두 작업영역간의 컨테이너 내부이송을 담당하는 이송장비로 야드트럭(Yard Truck, Y/T)과 무인운반차(Automated Guided Vehicle, AGV)가 있다. 야드트럭의 경우는 기존의 수평배치형 터미널에, 무인운반차의 경우는 수직배치형 자동화터미널에서 주로 사용되고 있다.

이들 이송장비는 자체 하역기능이 없어 안벽장비와 야드장비의 하역기능에 전적으로 의존하여 컨테이너 이송작업을 수행하나, 최근에 와서는 자체하역기능을 갖춘 장비로 셔틀 캐리어(Shuttle carrier, SHC)의 도입이 고려되고 있는 추세이다.

셔틀 캐리어는 기존의 Y/T나 AGV와 달리 컨테이너를 스스로 집고 내릴수 있기 때문에 이송작업시 안벽작업과 야드작업에서 C/C와 T/C의 의존도가 매우 낮아 작업지원력이 높다는 장점을 가지게 된다. 셔틀 캐리어와 유사한 자가하역차량으로 스트래들 캐리어(Straddle Carrier, S/C)가 있다. 이 장비는 T/C와 Y/T의 기능을 동시에 수행할 수 있으나 기동성이 떨어져 주로 야드장비로 일부 터미널에 도입되어 사용되고 있다.

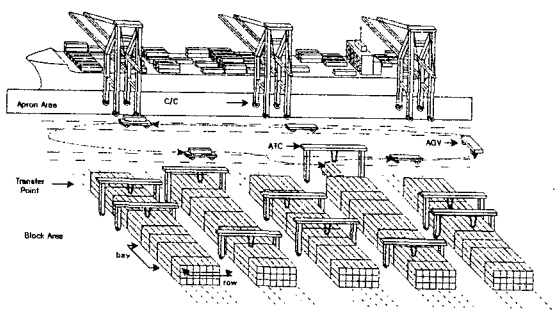
이러한 이송장비에 대한 기존연구로 하태영 외[1]는 터미널의 안벽, 이송, 야드작업의 능력을 장비간 결합생산성 측면에서 장비대수의 최적비율을 제시하였으며, 이와 유사하게 최용석 외[2]는 재래식 컨테이너 터미널을 대상으로 시뮬레이션 기법을 이용하여 야드트럭의 적정 소요대수를 산정하였다[2]. 하태영 외[3]는 자동화 터미널의 이송장비인 AGV에 대해 두 가지 운영방식(closed loop, cross lane)에 대한 이송능력을 평가한 연구를 수행하였으며, Evers, J.J.M 외[4]는 자동화 컨테이너 터미널을 대상으로 시뮬레이션 평가를 통해 AGV의 효율적 운영모델을 제시하였다. 그 외 이송장비의 작업효율을 높이기 위해 스프래들 캐리어의 운행거리를 최소화하는 연구[5] 와 야드트럭의 효율적인 작업할당기법을 제시한 연구가 있었다[6].

이상의 이전 연구에서 자동화 터미널을 대상으로 셔틀캐리어의 이송능력을 평가한 연구는 미미하며, 이에 본 연구에서는 자동화 터미널을 대상으로 기존의 AGV 이송시스템과 자체 하역기능을 탑재한 SHC 이송시스템를 안벽과 야드작업을 연계측면에서 이송능력을 분석해 보았다.

2. 자동화 컨테이너 터미널

2.1 터미널 하역시스템

기존의 자동화 컨테이너터미널은 <그림 1>과 같이 수직배치형 블록구조로 C/C, ATC, AGV의 3가지 하역장비로 이루어진 하역시스템으로 구성되어있으며, 이들 3가지의 연계작업으로 양하작업과 적하작업이 수행된다.



<그림 1> 자동화 컨테이너 터미널

양하작업은 선박에 적재된 컨테이너를 야드로 운반하여 장치하는 것이며, 적하작업은 양하작업의 반대방향으로 컨테이너를 운반하는 하역작업을 가리킨다.

이러한 양하 및 적하작업에서 이송장비는 C/C와 ATC를 연결해주는 중간개체로써 원활한 하역작업이 이루어지기 위해서 중요성이 높다고 할 수 있다.

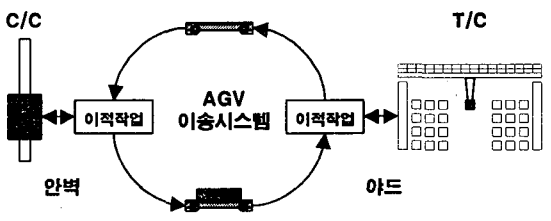
기존의 자동화 터미널에서는 이러한 이송작업에 자가하역 기능이 없는 AGV를 사용하고 있어 C/C와 ATC간의 접점부분에서 불가피하게 장비간 대기현상이 발생한다. 장비간 대기현상은 장비생산성을 저하시키고 따라서, 터미널의 하역생산성이 낮아지게 된다. 이에 자가하역기능을 가진 SHC는 AGV에 비해 향상된 장비생산성을 가지고 있으므로 터미널의 하역생산성을 높일 수 있을 것으로 본다.

이들 각 장비의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

2.2 AGV 이송장비

AGV 이송장비는 자체 하역기능이 없기 때문에 안벽과 야드작업에서 C/C와 T/C의 하역작업에 전적으로 의존해 컨테이너를 양하 또는 적하 받게 된다. 이들 장비의 하역시스템 구성도는 <그림 2>와 같다.

<그림 2>에서 AGV 이송시스템에서는 안벽과 야드에서 C/C나 T/C와 동시에 작업이 이루어져야하는 컨테이너 이적작업구조가 된다. 따라서, 각 장비의 작업싸이클(cycle)이 상이한 경우에는 장비간의 대기현상으로 작업지연이 발생한다. 따라서, 안벽과 야드장비의 생산성이 저하되지 않도록 충분한 이송장비의 운행대수와 운행속도가 요구된다고 할 수 있다.

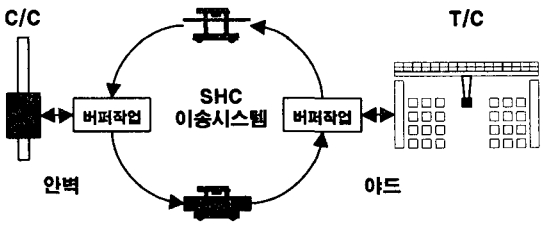


<그림 2> AGV 이송시스템 구성도

2.3 Shuttle Carrier 이송장비

SHC는 C/C나 ATC와 같이 컨테이너를 집거나 내려놓을 수 있는 하역기능을 가지고 있기 때문에, C/C와 T/C의 작업에 의존하지 않고 독립적으로 이송작업을 수행할 수 있다.

SHC로 구성된 하역시스템은 <그림 3>과 같다.



<그림 3> SHC 이송시스템 구성도

<그림 3>에서 SHC 이송시스템은 안벽과 야드의 작업지점에서 각 하역장비가 독립적으로 하역을 할 수 있는 버퍼작업구조를 가진다. 따라서, 각 영역의 장비들도 장비간의 작업대기현상이 상당부분 해소 될 수 있기 때문에 운행대수와 운행속도면에서 AGV보다 유리하다고 할 수 있다.

2.3 장비 특성 분석

YT와 AGV, SHC에 대한 이송장비의 기능과 특성을 간략히 비교하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 이송장비의 기능 및 특성

	YT	AGV	SHC
하역기능	×	×	O
하역시간	C/C, T/C에 의존		17초
운행속도	20km/hr	360m/min	300m/min

<표 1>에서 운행속도는 작업시의 주행속도를 의미하며, 터미널 하역시스템에서 실제 이송장비의 운행속도는 규정속도 20km/hr의 제한을 받으므로 이송장비간의 주행속도는 차이가 없다고 볼 수 있으며, 하역기능에서 두 가지

유형이 차이가 남을 알 수 있다.

3. 이송장비 모델

본 연구에서는 두 가지 유형의 이송장비에 대한 작업능력을 분석하기 위해 시뮬레이션 기법을 사용하였다. 본 기법을 적용하기 위해 자동화 컨테이너 터미널을 대상으로 두 장비의 시뮬레이션 모델을 수립하였다.

모델의 기본구성은 하역작업의 반복과정을 작업특성에 따라 작업상태로 세분화하고, 세분화된 작업상태간의 전이과정을 상태전이도로 구성하였다.

수립된 AGV와 SHC의 시뮬레이션 모델은 다음과 같다.

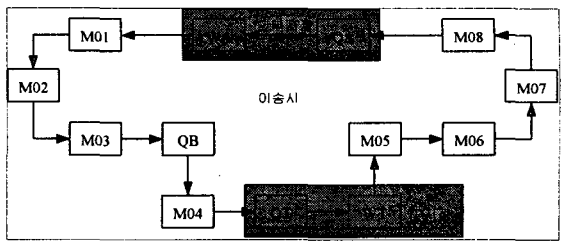
3.1 AGV 시뮬레이션 모델

① 상태정의

AGV 이송장비에 대해 총 13개의 작업상태를 정의하고 상태전이도를 구성하였다.

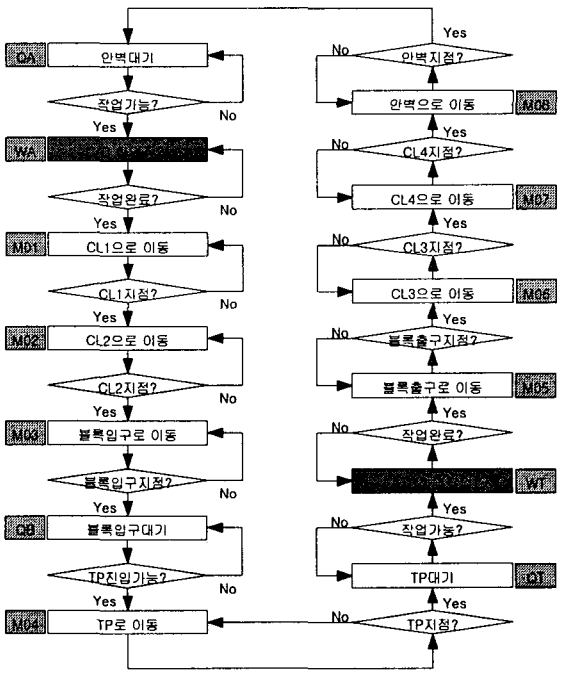
<표 2> AGV 이송장비 상태정의

상태	작업 내용
QA	안벽작업지점의 버퍼에서 대기중인 상태
WA	안벽작업지점에서 작업대기중인 상태
M01	안벽작업지점에서 CL1지점으로 주행중인 상태
M02	CL1지점에서 CL2지점으로 주행중인 상태
M03	안벽작업지점에서 블록입구지점으로 주행중인 상태
QB	블록입구지점에서 대기중인 상태
M04	블록입구지점에서 TP로 주행중인 상태
QT	블록 TP에서 대기중인 상태
WT	블록 TP에서 작업대기중인 상태
M05	블록 TP에서 블록출구지점으로 주행중인 상태
M06	블록출구지점에서 CL3지점으로 주행중인 상태
M07	CL3지점에서 CL4지점으로 주행중인 상태
M08	CL4지점에서 안벽작업지점으로 주행중인 상태



<그림 4> AGV의 상태전이도

AGV 작업상태와 상태전이도를 토대로 AGV 시뮬레이션 모델을 수립하면 <그림 5>와 같다.



<그림 5> AGV 시뮬레이션 모델

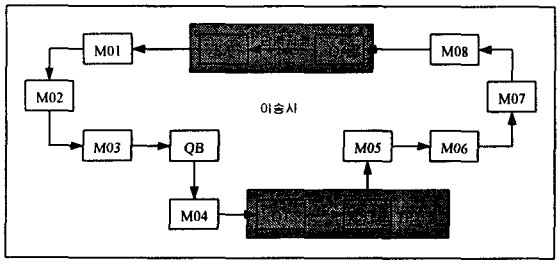
3.2 SHC 시뮬레이션 모델

① 상태정의

SHC 이송장비에 대해 총 13개의 작업상태를 정의하고 상태전이도를 구성하였다.

<표 3> SHC 이송장비 상태정의

상태	작업 내용
QA	안벽작업지점에서 대기중인 상태
SA	안벽작업지점에서 자가하역중인 상태
M01	안벽작업지점에서 CL1지점으로 주행중인 상태
M02	CL1지점에서 CL2지점으로 주행중인 상태
M03	안벽작업지점에서 블록입구지점으로 주행중인 상태
QB	블록입구지점에서 대기중인 상태
M04	블록입구지점에서 TP로 주행중인 상태
QT	블록 TP에서 대기중인 상태
ST	블록 TP에서 자가하역중인 상태
M05	블록 TP에서 블록출구지점으로 주행중인 상태
M06	블록출구지점에서 CL3지점으로 주행중인 상태
M07	CL3지점에서 CL4지점으로 주행중인 상태
M08	CL4지점에서 안벽작업지점으로 주행중인 상태

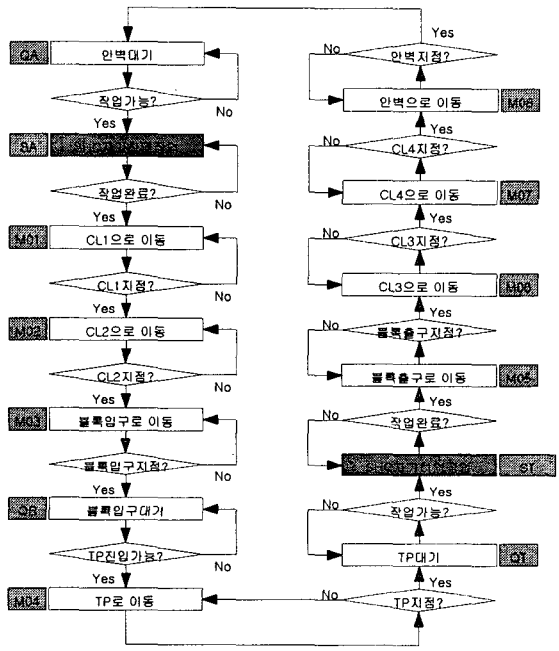


<그림 6> SHC의 상태전이도

SHC 작업상태와 상태전이도를 토대로 SHC 시뮬레이션 모델을 수립하면 <그림 7>과 같다.

수립된 두가지 모델은 작업상태와 상태전이도에서 매우 유사하나 자가하역기능에서 안벽과 야드 지점에서 대별된다. 따라서, 시뮬레이션 수행시 주어진 시간내에 작업싸이클의 반복횟수는 운행대수와 운행속도에서 AGV와 SHC가 상이하게 나타날 수 있으며, 작업싸이클의 반복횟수가 많을 수록 이송장비의 생산성이 높다고 할 수 있다.

이상의 시뮬레이션 모델을 통하여 두 가지 유형의 이송장비에 대한 시뮬레이션 분석을 수행하여 이송능력을 비교분석해 보았다.

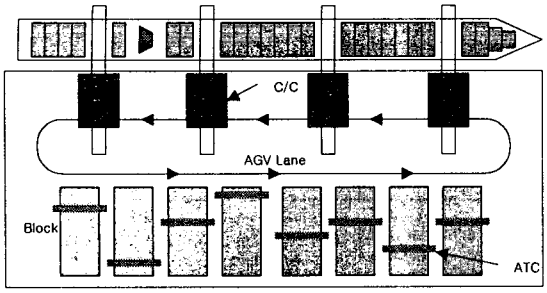


<그림 7> SHC 시뮬레이션 모델

4. 시뮬레이션 분석

4.1 터미널 설정 및 시나리오 구성

시뮬레이션에 사용될 터미널을 설정내용은 <표 4>와 <그림 8>과 같이 수직배치형 자동화 터미널로 1개 선석에 C/C 4대가 양하작업을 하며, 총 8개의 수직블록으로 구성되어 있다. 이송장비의 주행경로는 선석단위로 타원을 그리는 폐쇄형(Closed loop) 운행방향을 가지며 1대의 C/C에 다수의 이송장비가 고정적으로 배치되어 조별작업으로 가정하였다. 분석 시나리오 이송장비의 주행속도(6개안)와 운행대수(6개안)를 조합하여 총 36개안으로 구성하였다.



<그림 8> 대상 터미널 구성도

<표 4> 대상 터미널 설정

구분		설정
레이아웃		블록 8개, 41베이, 수직배치형
안벽	작업대수	1개 선석(400m)에 4대
	작업성능	최대 48.00(개/시간)
이송	주행설정	1.95~4.45m/sec, Closed loop
	할당방식	C/C당 1대~6대 고정할당
야드	주행속도	165m/min
	작업대수	8대, 선박양하작업 지원

이상의 대상 터미널에 대한 AGV와 SHC 이송장비 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

4.2 이송장비 시뮬레이션

이송장비 시뮬레이션은 안벽의 C/C 생산성을 최대로 달성할 수 있는 이송장비의 운행대수와 운행속도를 비교분석하는 것이 된다.

C/C의 생산성은 이송장비와의 대기시간이 거의 없을 경우에 최대생산성 48.00개/시간을 달성할 수 있으며, 장비간 대기시간이 증가함에 따라 생산성이 낮아지게 된다.

(1) C/C 생산성

AGV 이송시스템에서 안벽의 C/C 작업이 최대성능을 발휘하게 위한 요구대수는 총 24대로, 평균주행속도 4.45m/s의 고속 운행이 가능해야 하는 것으로 나타났다.

반면, SHC 이송시스템에서 안벽의 C/C 작업이 최대성능을 발휘하게 위한 요구대수는 각 주행속도별로 16대(3.45~4.45m/s), 20대(2.95~4.45m/s), 24대(2.45~4.45m/s)로 다양하게 나타났다.

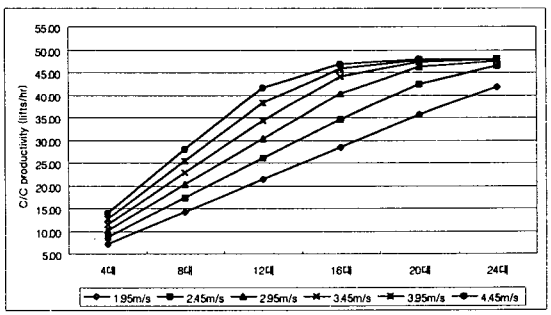
<표 5> AGV 이송시스템 적용시 C/C 생산성

속도 \ 대수	4대	8대	12대	16대	20대	24대
1.95m/s	7.13	14.52	21.38	28.42	35.58	41.86
2.45m/s	8.67	17.34	26.01	34.57	42.49	46.51
2.95m/s	10.12	20.22	30.35	40.28	46.26	47.57
3.45m/s	11.47	22.94	34.41	44.12	47.41	47.96
3.95m/s	12.72	25.44	38.13	45.94	47.87	47.96
4.45m/s	13.94	27.88	41.50	47.01	47.95	48.00

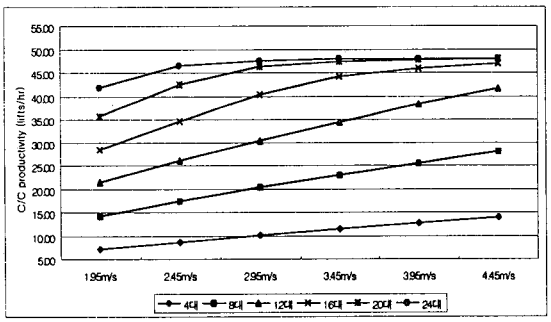
<표 6> SHC 이송시스템 수행결과

속도 \ 대수	4대	8대	12대	16대	20대	24대
1.95m/s	7.56	15.12	22.69	30.14	37.81	45.36
2.45m/s	9.29	18.58	27.87	37.04	46.46	48.00
2.95m/s	10.96	21.91	32.87	43.68	48.00	48.00
3.45m/s	12.53	25.05	37.59	48.00	48.00	48.00
3.95m/s	13.99	27.98	41.97	48.00	48.00	48.00
4.45m/s	15.47	30.92	46.39	48.00	48.00	48.00

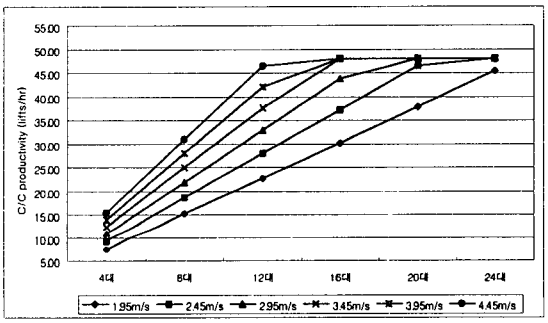
그 외 주행속도와 운행대수에서는 C/C가 최대 생산성에 도달하지 못하였으며, 주어진 시나리오에서 주행속도의 변화보다는 운행대수의 변화가 C/C 생산성에 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 이상의 내용은 <그림 9>, <그림 10>, <그림 11>, <그림 12>에 나타난 바와 같다.



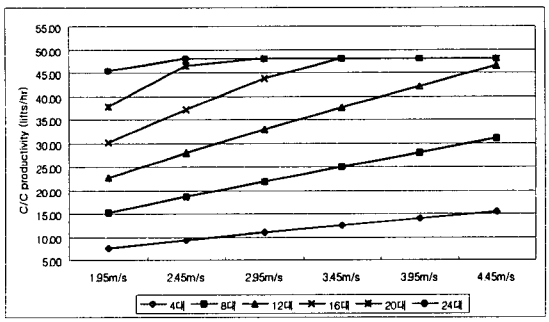
<그림 9> AGV 운행대수별 C/C 생산성



<그림 10> AGV 주행속도별 C/C 생산성



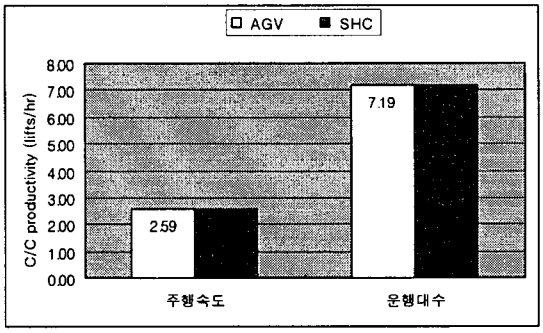
<그림 11> SHC 운행대수별 C/C 생산성



<그림 12> SHC 주행속도별 C/C 생산성

이송장비의 각 유형에 대한 주행속도와 운행대수의 변화에 따른 C/C 생산성 차이를 정리하면 다음 <그림 13>과 같으며, 속도변화와 대수변화에 따른 C/C 생산성 차이에서는 두 가지 유형의 장비간 거의 유사한 결과를 보였다.

결론적으로 C/C 생산성 달성도 측면에서 SHC는 AGV와 비교할 때 저속운행(2.45m/s)으로도 C/C의 최대생산성을 충족시킬 수 있으며 또한, 최대주행속도(4.45m/s) 기준에서 16대가 요구되므로 AGV의 24대에 비해 8대의 운행대수 절감 효과를 기대할 수 있는 것으로 요약된다.

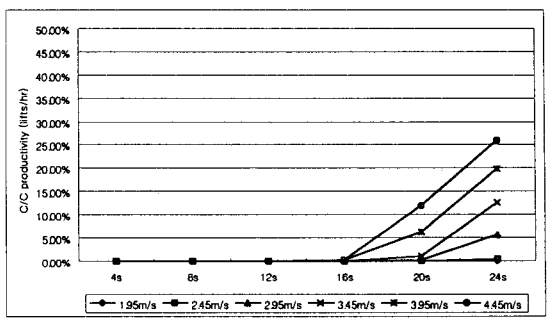


<그림 13> 주행속도 및 운행대수별 평균 C/C 생산성차이

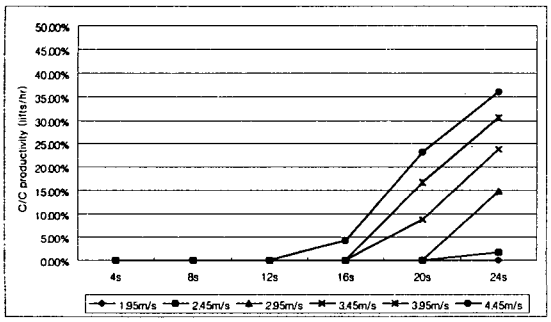
한편으로, 동일한 주행속도와 운행대수에서도 SHC가 C/C 생산성 달성도 측면에서 AGV보다 우수한 C/C 생산성을 나타내며, 이송장비 각각은 주행속도보다는 운행대수에서 효과적인 C/C 생산성을 달성할 수 있는 것으로 분석된다.

(2) C/C 대기시간

<그림 14>와 <그림 15>는 이송장비의 C/C 앞 대기시간으로 이송장비의 전체 운행시간에서 C/C 대기시간이 차지하는 비율을 그래프로 나타낸 것이다. 이 대기시간은 주행속도와 운행대수가 증가할 수 록 큰 폭으로 상승하는 현상을 보이고 있으며, 특히, SHC가 AGV보다 낮은 주행속도와 운행대수에서 발생하는 것을 알 수 있다.



<그림 14> AGV의 C/C 대기시간 비율

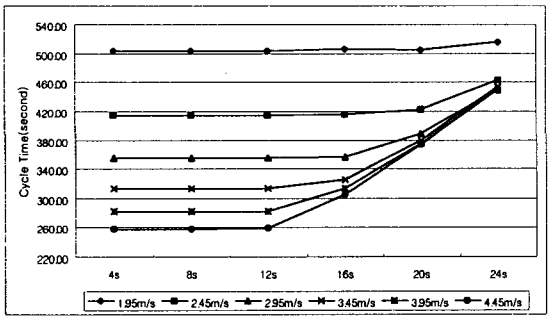


<그림 15> SHC의 C/C 대기시간 비율

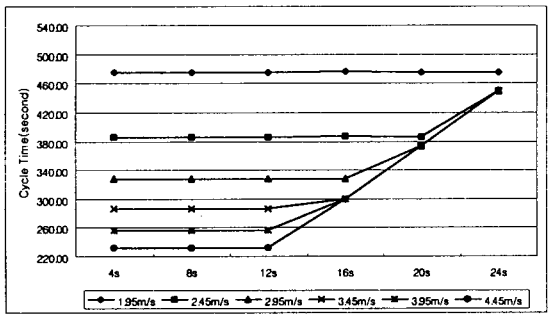
이 대기시간은 이론적으로 이송장비의 작업싸이클이 C/C의 작업싸이클 보다 짧아지는 경우에 발생하기 시작하기 때문에 AGV에 비해 SHC가 동일한 주행속도와 운행대수에서 단축된 작업싸이클을 가짐을 알 수 있다.

(3) 이송장비 작업싸이클

시뮬레이션 수행에서 얻은 이송장비의 평균 작업싸이클은 <그림 16>, <그림 17>과 같다.



<그림 16> AGV 작업싸이클 타임



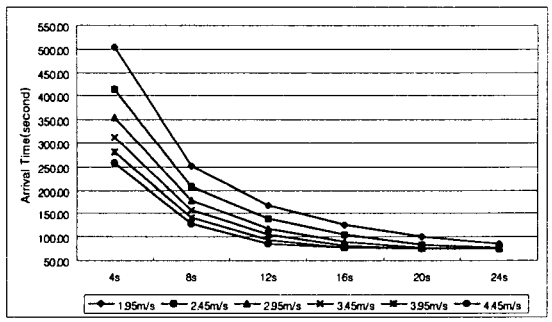
<그림 17> SHC 작업싸이클 타임

상위의 작업싸이클은 이송장비 각각의 싸이클 타임을 평균한 것으로 이송장비들간의 C/C 지점에서의 상호대기 간섭정도를 판별할 수 있다. 즉, 일정 주행속도와 운행대수를 초과하는 시점에서 이송장비들간의 대기현상으로 작업싸이클이 증가하게 되며, 이는 결국 적정운행대수를 결정할 수 있는 기준이 된다고 할 수 있고, 본 결과에서도 작업싸이클에 기초한 AGV와 SHC의 주행속도별 적정운행대수를 추정해 보았다.

<표 7> 작업싸이클에 따른 적정운행대수

속도 \ 대수	AGV	SHC
1.95m/s	24대	24대
2.45m/s	20-24대	20-24대
2.95m/s	16-20대	16-20대
3.45m/s	12-16대	12-16대
3.95m/s	12-16대	12-16대
4.45m/s	12-16대	12-16대

작업싸이클에 기초한 적정운행대수는 두 이송장비가 거의 동일한 결과를 가지는 것으로 분석되었다.

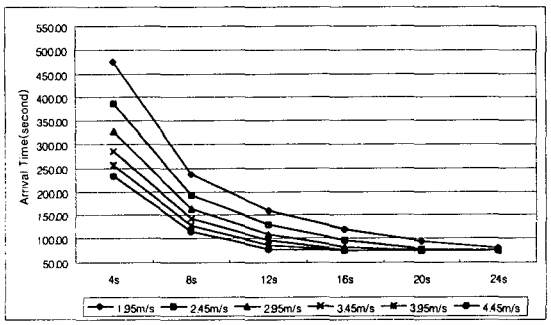


<그림 18> AGV 도착간격

(4) 이송장비의 도착간격

이송장비의 실제적인 C/C 지원능력은 C/C 앞 도착간격이라 할 수 있으며, 이론상 도착간격이 C/C의 작업싸이클 보다 단축될 경우 C/C의 이송장비 대기시간은 0이 되며 이때의 C/C

생산성은 최대가 될 수 있다. 이송장비의 도착간격의 측정결과는 다음과 같다.



<그림 19> SHC 도착간격

두 유형의 이송장비 도착간격을 주행속도와 운행대수에서 비교분석하면, SHC가 AGV에 비해 평균 9.92초 단축된 도착간격을 가지는 것으로 나타났다.

<표 8> SHC의 도착간격 단축효과

속도 \ 대수	4대	8대	12대	16대	20대	24대	평균
1.95m/s	29.13	14.54	9.72	7.22	5.98	6.68	12.21
2.45m/s	27.78	13.87	9.27	6.94	7.24	2.41	11.25
2.95m/s	27.20	13.69	9.07	6.97	2.83	0.07	9.97
3.45m/s	26.59	13.22	8.86	6.61	0.93	0.68	9.48
3.95m/s	25.67	12.81	8.65	3.37	0.20	0.06	8.46
4.45m/s	25.44	12.69	8.94	1.58	0.07	0.00	8.12
평균	26.97	13.47	9.08	5.45	2.88	1.65	9.92

이상의 두 가지 장비의 이송능력을 종합적으로 비교해 볼 때 SHC 이송시스템으로 구성된 하역시스템이 C/C의 생산성과 운행대수 측면에서 AGV 이송시스템보다 우수하다고 할 수 있겠다.

마지막으로 본 연구에서는 안벽의 C/C가 최대생산성의 95%를 기준으로 기존의 AGV 이송시스템에 SHC 이송시스템을 도입할 경우 하역작업시 요구되는 이송장비의 운행대수절감효과와 C/C 생산성 향상효과를 <표 9>와 <표 10>에 정리해 보았다.

<표 9> SHC에 의한 운행대수 절감효과

속도 \ 대수	AGV	SHC	운행대수 절감효과
2.45m/s	24대	20대	16.67%
2.95m/s	20대	20대	-
3.45m/s	20대	16대	20.00%
3.95m/s	16대	16대	-
4.45m/s	16대	12대	25.00%
종합	평균 20.56%의 운행대수 절감		

<표 9>과 <표 10>에서 SHC는 기존의 AGV 이송장비보다 평균 20.56%의 운행대수를 절감하면서 안벽의 C/C 작업지원을 원활히 할 수 있으며, 전체적으로 동일한 운행대수에서도 평균 6.30%의 C/C 생산성 향상효과를 거둘 수 있음을 알 수 있다.

<표 10> SHC에 의한 C/C 생산성 효과(%)

속도 \ 대수	4대	8대	12대	16대	20대	24대	평균
1.95m/s	6.12	6.11	6.14	6.05	6.28	8.37	6.51
2.45m/s	7.17	7.16	7.17	7.15	9.32	3.21	6.86
2.95m/s	8.28	8.33	8.28	8.45	3.76	0.91	6.34
3.45m/s	9.26	9.20	9.25	8.80	1.24	0.09	6.31
3.95m/s	9.98	9.95	10.08	4.49	0.27	0.08	5.81
4.45m/s	10.93	10.90	11.79	2.10	0.10	0.00	5.97
평균	8.62	8.61	8.97	6.17	3.50	2.11	6.30

5. 결론

본 연구에서는 컨테이너 터미널에서 안벽과 야드간의 컨테이너 운반작업을 담당하는 이송장비의 운행능력을 분석해 보았다. 이송장비는 기존의 단순운반작업만 가능한 AGV와 자가하역기능을 갖춘 SHC를 분석 대상으로 하였으며, 두 가지 이송장의 작업능력을 비교하기 위해 각 장비에 대한 시뮬레이션 모델을 수립하고 운행대수와 운행속도에 따라 시뮬레이션

을 수행하여 결과 비교검토해 보았다. 수행결과를 자가하역기능을 갖춘 SHC가 C/C의 생산성 측면에서 동일한 운행대수에서 AGV보다 평균 6.30%향상효과가 있었으며, 동일한 C/C 생산성 수준에서 AGV보다 20.56%의 운행대수 절감효과가 있는 것으로 분석되었다.

참고 문헌

[1] 하태영, 최용석, "시뮬레이션을 이용한 자동화 컨테이너터미널의 결합 생산성 분석", 대한산업공학회/한국경영과학회 2004 춘계 학술대회, pp. SB4-21~SB4-24, 2004.

[2] 최용석, 김우선, 하태영, "컨테이너터미널의 야드 트랙터 소요대수 추정", 한국항해항만학회지, 제28권, 제6호, 549-555, 2004.

[3] 하태영, 최용석, 김우선, "시뮬레이션을 이용한 자동화 컨테이너터미널의 AGV 운영평가", 한국항해항만학회지 제28권 제10호, pp. 891~897, 2004.

[4] Evers, J.J.M., Koppers, S.A.J., "Automated guided vehicle traffic control at a container terminal, Transporation Research 30A, 21-34, 1996.

[5] Kim, K.H., Kim, K.Y., Routing straddle carriers for the loading operation of container using a beam search algorithm, Computers and Industrial Engineering 36, 108-136, 1999c.

[6] Etsuko Nishimura, Akio Imai, Stratos Papadimitriou, Yard trailer routing at a maritime container terminal, Transportation Research Part E 41, 53-76, 2005.

주 작 성 자 : 하 태 영
논문투고일 : 2005. 06. 30
논문심사일 : 2005. 07. 21(1차), 2005. 07. 24(2차), 2005. 08. 01(3차)
심사판정일 : 2005. 08. 01

● 저자소개 ●

하태영
1998 한국해양대학교 물류시스템공학과 학사
2000 한국해양대학교 물류시스템공학과 석사
2002 한국해양대학교 물류시스템공학과 박사수료
2002 ~ 현재 한국해양수산개발원 항만시스템팀 연구원
관심분야: 컨테이너 터미널 하역시스템, Modeling and Simulation

최용석
1993 창원대학교 산업공학과 학사
1995 부산대학교 산업공학과 석사
2001 부산대학교 산업공학과 박사
2001 ~ 2002 (주)현대오토넷 선임연구원
2002 ~ 현재 한국해양수산개발원 항만시스템팀 책임연구원
관심분야: 객체지향시뮬레이션, 물류시스템