

자동화 컨테이너터미널에서 컨테이너의 장치 위치 결정에 관한 연구

정봉진*, 최형림*, 박남규**, 권해경***

동아대학교 경영정보과학부*

동명정보대학교 유통경영학과**

동아대학교 항만물류시스템학과***

A Study on the Storage Allocation of Container in Automated Container Terminals

Bong Jin Jung, Hyung Rim Choi*, Nam Kyu Park**, Hae Kyoung Kwon****

** Division of management information science, Dong-A University, Busan, Korea*

*** Department of distribution management, Tongmyong University of Information and Technology, Busan Korea*

**** Department of port and logistics systems, Dong-A University, Busan, Korea*

요 약 : 컨테이너터미널에서 생산성을 향상시키기 위해서는 야드를 효율적으로 운영하는 것이 중요하다. 자동화 컨테이너터미널의 경우 수직형 자동화 야드로서 기존의 수평형 장치장과는 다른 장치장 특성을 가지게 된다. 자동화 컨테이너터미널에서 자동화 야드는 자동화 장비가 운영되므로 자동화 장비와 외부트럭, 본선작업 등과 연계된 효율적인 장치장 계획이 필요하다. 그러나 기존의 장치장 계획은 공간할당 문제이므로 자동화 컨테이너터미널에서 사용된다면 실시간으로 변화하는 장비 및 장치장 상황이 반영되지 않기 때문에 장치장의 효율성이 저하되고 하역시간의 증가를 초래하게 된다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 본선계획과 장치장 현황, ATC의 상황을 고려한 실시간 컨테이너의 장치 위치를 결정하는 알고리즘을 제안하고자 한다.

핵심용어 : 자동화 컨테이너터미널, 장치위치, 알고리즘, 시뮬레이션

ABSTRACT : It's important to operate the yard for improving to the productivity in container terminal effectively. Because the automated container terminal(ACT) has storage yard of automation and horizon, it's character is different from conventional terminal. As the automation yard in ACT is operated by the automated equipments, it needs to an efficient storage plan which is connected the automated equipment, the external truck, the shipment etc.. But the traditional method of storage plan is the space assignment problem. The efficiency of yard decreases and it is brought about increase of shipment time, because real-time automated equipments and present yard status is not reflected in. In order to solve this problems, we propose the algorithm for real-time storage location of container considering shipment plan, yard status and the state of ATC.

KEY WORDS : algorithm evaluation, real-time, location, simulation

1. 서 론

물류 중심기지로의 발전을 위해서는 국제 시장의 개방화에 따른 컨테이너 처리량의 증가, 화주로부터의 물류비 절감요구, 컨테이너 선사들의 단위당 수송비용 절감요구를 수용할 수 있도록 컨테이너터미널의 경쟁력을 제고시켜야 한다. 컨테이너터미널의 경쟁력 제고에는 인력 위주의 하역작업을 탈피하고, 저비용, 고효율의 첨단기능을 보유한 자동화가 주요과제라 할 수

있다. 이와 관련해서 선진항만에서는 자동화 컨테이너터미널 개발을 미래 항만산업으로 적극 추진하여 이미 실용화 되어 발전 단계에 들어서고 있다. 자동화 컨테이너터미널의 효율적인 운영을 위해서는 터미널에 반입되는 컨테이너를 수직형 배치 형태인 장치장에 컨테이너를 효율적으로 장치하는 것이 필요하다. 그러나 지금까지 수행된 대부분의 컨테이너터미널 관련 연구는 재래식 컨테이너터미널을 연구대상으로 수행되었다. 자동화 컨테이너터미널을 대상으로 한 장치장 계획에 관한 연구들

도 공간할당 문제만 다루었으므로 기존의 개발된 알고리즘이나 운영방법은 자동화 컨테이너터미널의 실시간으로 변화하는 장비 및 장치장 상황이 반영되지 않기 때문에 장치장의 효율성이 저하되고 하역시간의 증가를 초래하게 되었다. 장치장과 장비들의 실시간 상황을 반영한 장치위치 결정을 한다면 하역시간의 단축, 장치장 효율성 증가, 장비 가동률 향상을 가져올 수 있다.

본 연구에서는 외부트럭이 자동화컨테이너터미널에 도착 시 실시간으로 컨테이너의 장치 위치를 결정하기 위해서 본선계획과 장치장 현황, ATC의 상황을 고려한 장치위치 결정 알고리즘을 제안하고자 한다. 이를 위해 2장에서 반입 컨테이너의 장치위치 결정을 위한 고려사항을 도출하고, 3장에서 도출된 요소를 고려한 장치위치 결정 알고리즘을 제시한다. 그리고 4장에서 알고리즘을 평가하기 위한 시뮬레이션을 모형화 하고 시뮬레이션을 통해서 효율적인 알고리즘을 찾아내고자 한다.

2. 자동화 컨테이너터미널의 자동화 야드

본 장에서는 자동화 컨테이너터미널의 자동화 야드의 특성과 자동화 야드 운영과 계획을 위한 기본 문헌 연구를 통해 자동화 컨테이너터미널에서 장치위치 결정 문제의 중요성과 해결 방안을 제시하고자 한다.

2.1 자동화 컨테이너 터미널의 운영 특성

자동화 컨테이너터미널은 컨테이너터미널의 핵심 업무인 하역, 이송, 장치 작업을 자동화한 컨테이너터미널로 완전 자동화 컨테이너터미널의 경우 이송, 장치 작업이 자동화 장비에 의해서 이루어지는 터미널이다. 이러한 완전자동화 컨테이너터미널의 경우 주로 야드의 배치가 수직형으로 기존의 재래식 컨테이너터미널과는 다른 배치형태를 가진다. 이러한 배치형태는 외부트럭과 자동화 장비의 충돌을 방지하고, 이송장비(AGV)와 야드장비(ATC)의 작업 인터페이스를 가능하게 한다.

수직형 야드 형태는 본선작업 및 장치장 작업을 기존의 컨테이너터미널과는 다른 운영을 필요로 한다. 재래식 컨테이너터미널에서 이루어지는 장치장 계획의 경우 선적되는 선박, 목적항, 무게 등의 그룹으로 동일 그룹의 컨테이너를 한 블록에 장치하여 하역 작업 시 블록에 집중적인 작업을 가능하게 하는 방법을 사용하고 있으나, 수직형 야드 배치의 경우 야드 장비인 ATC가 블록에 1~2대가 고정되어 있으므로 블록에 컨테이너를 적절하게 분산시켜 장비의 활용율을 높이고 본선작업 시 장비간의 대기를 줄이는 것이 중요하다. 그리고 재래식 컨테이너터미널의 장치장 계획은 본선 접안 4~5일 전에 반입 될 컨테이너의 대략적인 장치 예정 물량을 예측하여 장치장을 할당하는 방법으로 장치장의 활용율을 저하시키는 문제를 가지고 있다. 자동화 컨테이너터미널에서는 이러한 문제를 해결하고, 자동화 장비의 운영을 원활하게 하기 위해서는 실시간으로 장치 위치를 결정해야 한다.

2.2 관련 문헌 연구

기존의 연구에서 컨테이너터미널의 장치위치결정과 관련된 방법들을 제시하고 있다. 기존의 연구 내용을 통해 컨테이너터미널의 장치위치 결정 요소와 방법을 찾아보고, 연구의 한계를 찾아보고자 한다.

Kim 등(1997, 2000, 2003)은 재래식 컨테이너터미널에서 출하에 소요되는 시간을 단축하여 장치장 효율을 증대시키기 위해서는 재 취급의 발생 빈도를 최소화시키는 것이 중요하다고 하였으며, 이를 위해 휴리스틱 기법들을 제안하고 평가하였다. 재래식 컨테이너터미널의 수평 야드배치를 반영하여 자동화 컨테이너터미널의 수직 야드배치에는 적용하기 어렵다

김두열(1995)은 부산항 컨테이너터미널을 대상으로 선박의 접안시간과 야드 하역장비(S/C)의 운행거리를 최소화시킬 수 있도록 수출 컨테이너의 선박별 블록 공간 할당방법을 제시하였으며, Quadratic Programming으로 모델링하여 해를 구했다. 재래식 장비를 적용하여 기존의 자동화 컨테이너터미널의 운영 방식 및 장비에는 적용하기 어렵다.

하태영(2000)은 양·적하 계획을 위한 시스템설계와 수리적인 모형을 수립하고, 실시간 작업계획 수립이 가능한 휴리스틱(Heuristic)해법을 제시하였으나 공간할당 모형에서 벗어나지 못하고 Block, Bay, Row을 고려하였으나 Slot까지 반영하지 못하였다.

김기영, 김갑환(1997)은 컨테이너 적하 계획에서 수출 컨테이너의 적하 순서를 결정하는 정수계획모형을 수립하고, 해법으로 유전 알고리즘(Genetic Algorithm)을 이용하였다. 그러나 단지 블록을 수출입으로 구분하였고 실시간으로 변화하는 컨테이너터미널의 상황을 고려하지 못하였다.

이상훈(2002)은 자동화 컨테이너터미널내의 장치장에서 ATC작업시간 최소화와 공간 할당을 위해 유전 알고리즘(Genetic Alforithm)을 이용하였으나 복잡한 터미널 상황을 단순화한 모형으로 많은 제약조건을 사용하여 실제 컨테이너터미널의 상황들을 배제하였다.

Richard Linna 등(2003)은 알고리즘과 수학적 모델을 사용하여 야드의 효율적 운영을 위해서 야드 크레인의 배치모형을 컨테이너터미널의 야드로부터 실제로 운영되는 운영데이터로부터 배치하였다.

Zhang 등(2000, 2002), Imai 등(2001)은 선석의 스케줄에 따른 선석할당 문제, 선석에 QC할당, 블록별로 컨테이너 형태에 따른 다양한 공간을 할당하고, 컨테이너의 정확한 블록 위치를 결정한 후 여러 RTGC(Rubber Tired Gantry Crane) 중 작업할 RTGC의 할당문제 등 다양한 문제들을 제시하였다. 그러나 실제로 각 장비들 간의 할당 문제들을 고려하였지만 장비들 간의 인터페이스를 배제하였고, 각 장비들 간의 event 발생 시 고려사항들을 배제하였다.

기존의 문헌 연구는 사전에 장치장에 장치 공간을 확보해 놓는 장치장 계획에 머무르고 있으며, 자동화 컨테이너터미널의 형태인 수직형 장치장의 특성을 고려하지 못하였다는 것을

알 수 있다. 자동화 컨테이너터미널의 효율적인 운영을 위해서는 자동화 컨테이너터미널의 운영 특성을 고려한 효율적인 실시간 장치장 계획이 수립이 필요하다.

3. 컨테이너의 장치 위치 결정을 위한 알고리즘

컨테이너터미널에서 장치위치 결정이 필요한 경우는 크게 네 시점으로 나눌 수 있다. 첫째, 터미널에 도착해서 장치장에 장치되는 반입 컨테이너의 경우 게이트 통과 시 장치위치를 결정해야 한다. 이 경우 본선 작업과 외부 트럭의 반·출입처리시간(turnaround time) 및 장치장 현황을 고려한 장치위가 필요하다. 둘째, 선박에서 컨테이너 양하 시 장치장 위치를 결정해야 한다. 이 경우는 컨테이너의 환적 될 선박의 본선작업, 반출 컨테이너의 경우 반출예정 작업을 고려한 장치위치 결정이 필요하다. 셋째, 장치장에 장치되어 있는 컨테이너가 작업이 될 때 컨테이너의 재취급이 발생될 경우 재취급 컨테이너의 이적 위치가 결정이 되어야 한다. 이를 위해서는 재취급 위치를 최소화 할 수 있는 위치를 찾아야 한다. 그리고 마지막으로 효율적인 본선 및 장치장 작업을 위한 리마살링 작업 시 리마살링 될 컨테이너의 위치를 결정하여야 한다. 또한 자동화 컨테이너터미널에서는 장비의 운영현황과 장치장 상황을 고려한 장치 위치 결정이 필요하다. 본 장에서는 반입 컨테이너의 장치위치 결정 시 고려되어야 할 사항들의 찾아보고, 이에 기반한 단계별 장치 위치 결정 알고리즘을 제안한다.

3.1 반입 컨테이너의 장치위치 결정을 위한 고려사항

컨테이너터미널에서 장치위치 결정이 필요한 시점은 크게 4가지의 상황이 있으나, 본 연구에서는 반입 컨테이너의 장치위치 결정을 위한 알고리즘을 제안하고자 한다. 수출 컨테이너가 게이트를 통하여 반입될 때 야드에 장치될 위치를 효율적으로 결정할 수 있다면 야드에서 발생하는 재취급 횟수를 줄일 수 있으며, 본선작업 시 장비간의 대기시간을 줄이고, ATC의 작업 부하를 줄임으로 컨테이너터미널의 하역 생산성을 높일 수 있다.

이러한 반입 컨테이너의 장치 위치 결정 시 고려되어야 할 사항을 아래와 같이 크게 세 가지로 나누어 구분하였다. 첫째, 반입 컨테이너의 상태를 고려한 반입 컨테이너를 장치하는 것이다. 컨테이너는 도착시점이 불규칙하고 무게 및 목적항, 선적 선박 등 컨테이너의 상태가 다양하다. 본 논문에서는 동일한 선박에 선적될 컨테이너를 무게, 목적항, 크기에 따라 그룹으로 지정하여 장치 위치를 결정하여 장치한다면, 본선 작업의 효율을 높이고 재취급 횟수를 줄일 수 있다.

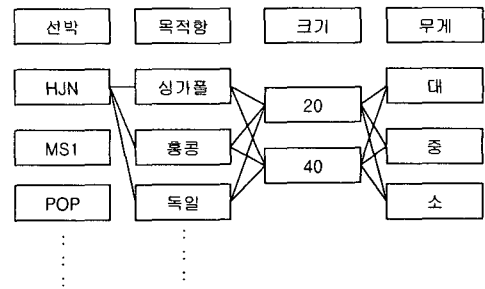


Fig. 1 Example of the container grouping

둘째, 장치장 현황을 고려한 반입 컨테이너를 장치하는 것이다. 장치장 동일 그룹 컨테이너 위치 정보는 선박의 대기 시간을 최소화 하고, 재취급 횟수를 최소화 시키고 장비의 작업의 용이성을 고려함으로써 작업자의 작업 생산성을 높일 수 있으며 이를 통해 하역시간의 단축을 가져온다. 그리고 블록 밸런스(블록 야드 밀도)를 고려한 장치 위치 결정은 장치장의 효율을 높일 뿐 아니라 ATC의 대기 시간을 줄이고 작업 부하를 분산 시키고 AGV의 traffic jam 및 대기 시간을 줄일 수 있다. 셋째, 장비들 간의 상황을 고려한 장치 위치 결정이다. Gate에서 장치블록 결정 시 ATC의 운영 상태(작업 부하)를 고려하여 장치 위치를 결정하여 ATC의 효율을 높이고, 외부 트럭의 반·출입 처리 시간을 단축할 수 있다. 또한, ATC의 이동 거리를 최소화 할 수 있는 블록에 장치 위치를 결정하면 ATC의 빈 상태의 이동을 최소화시켜 ATC의 효율을 향상시킬 수 있다. 그리고 선적 시 하역장비의 운행거리를 줄이고 점안선석 가까운 공간에 배치함으로써 AGV의 이동거리를 고려하여 장치 위치를 결정하면 AGV의 운행거리를 줄일 수 있고 장치장내의 운행비용을 최소화, 동일 선박에 대한 공간 배정 횟수가 줄어서 공간 할당 시 유리하다.

3.2 반입 컨테이너의 단계별 장치 위치 결정 알고리즘

자동화 컨테이너터미널에서 반입되는 컨테이너를 효율적으로 장치하기 위하여 필요한 장치 위치 결정시 고려사항을 포함한 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 기존의 장치장 계획과는 달리 반입 컨테이너가 게이트에 도착 시 실시간으로 컨테이너의 상태, 장치장의 현황, 장비 현황을 고려하여 장치장 블록의 위치를 결정하고, TP(Transfer Point)에 도착 시 장치장 현황, 장비 현황을 고려하여 정확한 저장 위치를 결정하는 단계별 장치 위치 결정 알고리즘이다.

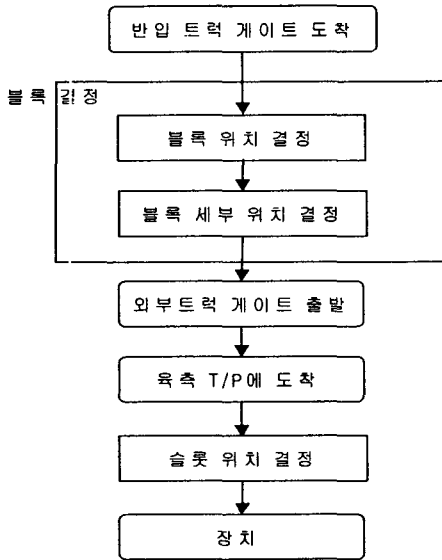


Fig. 2 Process of storage allocation of received container

게이트 도착 시 블록의 위치를 결정하기 위해서는 무게, 목적항, 선적 선박 선석의 위치, 야드 밀도, ATC의 작업 부하를 고려하여 컨테이너가 장치될 블록의 위치를 결정한다. 우선, 선적될 선박이 접안할 선석과 접안될 선박의 컨테이너 처리 예상량에 따라 대안 블록의 개수를 선정한다. 선석과 블록의 거리, 접안될 선박의 예상량에 따른 블록의 결정은 아래의 표와 같다. 적하 시 블록 그룹과 각 선석과의 평균거리는 아래와 같으며, 이를 통해 컨테이너가 선적될 컨테이너 선박의 배정 선석에 따라 블록 그룹의 우선순위가 결정된다.

Table 1 Average distance between block groups and berths

블록 그룹 (블록 번호)	선석1과의 거리 (우선순위번호)	선석2와의 거리 (우선순위번호)	선석3과의 거리 (우선순위번호)
그룹1(1~7)	408.6(1)	745.57(3)	1075.6(3)
그룹2(8~14)	716.4(2)	317.86(1)	1031.4(2)
그룹3(15~21)	1024(3)	622.86(2)	345.86(1)

그리고, 선석과의 거리만으로 컨테이너의 블록을 결정하는 것 보다 선박에 양하될 작업량에 따라 대안 블록의 개수를 결정한다면, 장치장 효율과 본선작업 시 장치장 장비의 효율성을 향상시킬 수 있을 것이다. 이에 대한 선형별 평균 개수와 이에 따른 대안 블록의 개수는 아래의 표와 같다.

Table 2 Average loading container & block figure according to vessel type

	선박당 양하 작업량 (LPS :lift per call)			비율 구성 (%)	하역 컨테이너 개수	대안 블록 개수
	최소	최대	평균			
A	2,500	5,200	4,000	0.0	1,701~	8
B	1,750	3,250	2,500	0.0		
C	1,190	2,210	1,700	5.5	951~1,700	7
D	980	1,820	1,400	17.3		
E	665	1,235	950	19.5	531~950	6
F	455	845	560	29.3		
G	371	689	530	28.4	0~530	5

대상 블록을 결정한 후 컨테이너의 상태인 무게, 목적항, 선적 선박의 경우 동일 그룹으로 처리를 하여 동일한 그룹의 컨테이너가 위치해 있는 블록에 컨테이너를 장치하고 동일 그룹이 두 개 이상이거나, 동일 그룹이 없다면 장치장 밀도와 ATC의 작업 부하, 선적될 선박의 선적량을 고려하여 장치 블록을 결정한다. 이를 위해 각 요소에 대한 가중치를 부여하여 최소값을 가지는 블록을 장치 블록으로 선정한다.

$$\text{Min } W_d \cdot Y_d + W_e \cdot A_i$$

$$Y_d = W_y \cdot R_y + W_v \cdot R_v$$

R_y = 블록당 적재량/블록당 적재 가능량

R_v = 블록당 적재량/대상 선박 컨테이너 반입량

Y_d : 장치장 밀도

A_i : ATC 작업 부하

R_y : 장치장 활용율

R_v : 선박 장치블록 점유율

W_y, W_v, W_e, W_d : 가중치

블록의 위치를 결정하기 위한 절차는 아래의 그림과 같다.

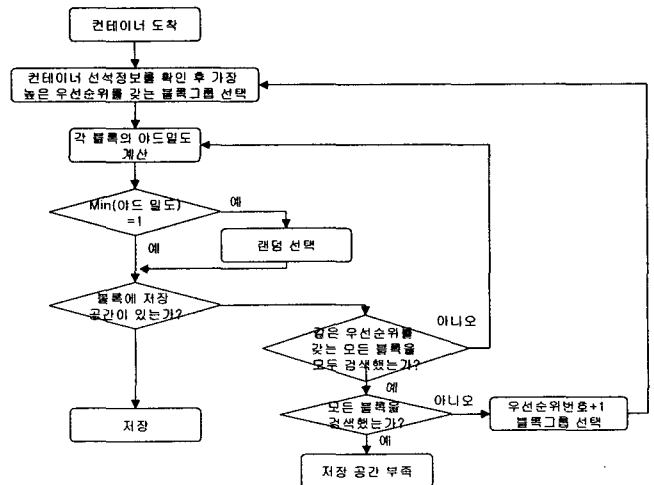


Fig. 3 The process of allocate block

게이트에서 블록의 위치가 결정되고 반입 트럭이 TP에 도착하면, 다시 정확한 장치위치를 결정하게 된다. 이를 위해 블록을 수출입을 구분하여 결정을 하는 방법과 구분하지 않는 방법에 따라 컨테이너의 장치 위치를 결정하고, 컨테이너의 그룹을 구분한 경우 장치장에 동일 그룹의 컨테이너가 있으면 그 위에 장치 위치를 결정하고, 동일 그룹의 컨테이너가 없거나 장치공간이 없는 경우 stack 단위로 장치장의 위치를 결정한다.

4. 장치 위치 결정 알고리즘 평가를 위한 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 대상 및 목적

자동화 컨테이너터미널의 장치 위치 결정 알고리즘을 평가하기 위해 시뮬레이션 모형을 구축하고, 제안된 장치위치 결정 알고리즘을 평가한다. 시뮬레이션 모형의 측정 지표는 컨테이너가 선박에 양·적하되는데 소요되는 처리시간과 외부트럭의 평균 반출입 시간, 자동화 장비 가동율을 측정하고자 한다. 제안된 알고리즘을 다양한 상황에서 시뮬레이션 하였을 때 측정 지표가 최소가 되는 알고리즘은 효율적인 알고리즘이 될 수 있는지를 평가한다.

이를 위해 시뮬레이션 모형을 구축하여 아래와 같은 여러 고려사항들에 대한 규칙에 대한 실험을 통해 최적의 장치위치 결정 방안을 찾아 내고자 한다.

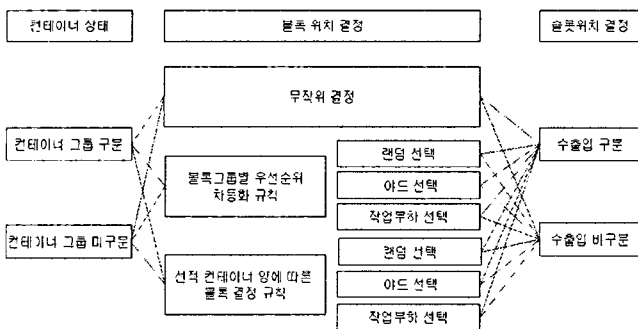


Fig. 4 The subject of simulation

4.2 시뮬레이션 모형 구축

시뮬레이션 모형은 그림3과 같이 자동화 컨테이너터미널의 하역 전체를 모델링하여, 일정 기간동안 컨테이너터미널에서 처리되는 컨테이너의 하역에 소요되는 시간을 측정하고자 한다. 이를 위해서는 하역 장비인 ATC, AGV, CC의 운영 프로세스를 모델링한다. ATC의 경우 한 개의 블록에 두 대의 ATC가 운영이 되므로, 두 대의 ATC간의 교착과 간섭을 고려하여 모델링하고, ATC의 운영방안은 2대의 ATC의 역할을 구분하고, 작업배정 규칙은 FIFO를 사용한다. AGV운영의 경우 AGV의 작업 할당을 위해 최소이동경로 할당 규칙을 사용하고, 이동 경로 결정은 CC와 블록간의 평균 이동 거리를 사용하여 모델링

한다. CC의 경우 평균처리 개수를 사용하여 CC운영을 모델링한다. 그리고, 장비 간 컨테이너 이송 시 발생하는 대기기를 시뮬레이션 모형을 통해 구현한다.

Table 3 Simulation factor for handling equipments

장비	장비 운영 방안	장비 속도 및 처리
ATC	역할 구분 작업할당 : FIFO	주행 3m/s, 횡행 2m/s, 권상 1m/s
AGV	작업할당 : 최소 이동 경로 할당 이동 경로 결정 : C/C와 블록간의 평균 이동 거리	평균 6m/s
CC	-	1 Mov/Min

컨테이너터미널에 도착하는 컨테이너의 모형화와 하역되는 컨테이너의 모형화를 위해서 기존의 터미널의 실제 반출입, 하역 데이터를 이용하여 이벤트를 발생시킨다. 시뮬레이션 모형을 협업 다이어그램으로 나타내면 Fig. 5와 같다.

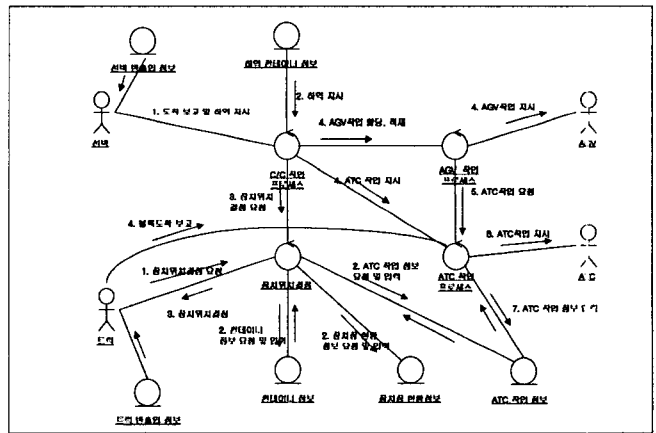


Fig. 5 Collaboration diagram for simulation model

6. 결론

자동화 컨테이너터미널은 기존의 재래식 컨테이너터미널과는 다른 특성을 가지는데, 본 연구를 통해 컨테이너터미널의 핵심 작업인 장치장 계획의 장치위치 결정을 위한 고려사항을 알아 보았고, 최적의 장치 위치 결정을 위해 장치 위치 결정 시 고려해야 할 사항을 적용시킨 장치 위치 결정 알고리즘을 제안하였다. 그리고, 제안된 알고리즘을 평가하기 위한 시뮬레이션을 모형화 하였다. 이후 시뮬레이션 실험을 통해, 자동화 컨테이너터미널에서 반입 컨테이너의 효율적인 장치위치를 실시간

으로 결정할 수 있는 방안을 찾아낼 수 있을 것이다. 그리고, 반입 컨테이너 뿐만 아니라 이적이나, 본선 양하 시 장치위치 결정을 위한 실시간 장치위치 결정 알고리즘에 대한 연구를 진행하여 최적의 알고리즘을 찾아 낸다면 자동화 컨테이너터미널의 장치 계획 시스템 자동화에 사용됨으로 자동화 컨테이너터미널의 효율을 향상시킬 수 있을 것이다.

crane deployment in container storage yards.",
Transportation Research B-36 (6), 537-555

후 기

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 김갑환, 박영민(1996), "무게를 고려한 수출 컨테이너 장치 위치 결정법.", 대한산업공학회지, Vol. 22, No. 4, pp.753-769
- [2] 김기영, 김갑환(1997), "컨테이너터미널에서의 유전자 해법을 이용한 적하계획법.", 대한산업공학회지, Vol. 23, No. 4, pp. 645-650
- [3] 김두열(1995), "컨테이너 터미널의 수출 컨테이너에 대한 장치장 공간할당 계획시스템." 부산대학교 석사학위논문
- [4] 이상훈(2002), "ATC 작업 효율화를 위한 자동화 컨테이너 터미널의 장치장 할당 모형.", 한국해양대학교 석사학위논문
- [5] 하태영(2000), "효율적인 하역장비 운용을 위한 컨테이너터미널의 선석계획 시스템.", 한국해양대학교 석사학위논문
- [6] Ima, A., Ni-shimura, E., Papadimitriou, S.(2001), "The dynamic berth allocation problem for a container port.", Transportation Research Part B 35 (4), 401-417
- [8] Kim K H (1997) "Evaluation of the number of rehandles in container yard." Computers & Industrial Engineering 32: 701.711
- [9] Kim K H, Park Y M, Ryu K-R (2000), "Deriving decision rules to locate export containers in container yards." European Journal of Operational Research 124: 89.101 Container terminal operation and operations research 43
- [7] Kim K H, Park K T (2003), "A note on dynamic space-allocation method for outbound containers." European Journal of Operational Research 148(1): 92.101
- [10] Richard Linna, Ji-yin Liub, Yat-wah Wanb, Chuqian Zhangc, Katta G. Murtyd(2003), "Rubber tired gantry crane deployment for container yard operation." Computers & Industrial Engineering 45, pp. 429 - 442
- [11] Zhang, C.(2000), "Resource planning in container storage yards.", Ph.D. Thesis, The Hong Kong University of Science and Technology
- [12] Zhang, C., Y.-w., Liu, J., Linn, R.(2002), " Dynamic