

# 자율 분산형 컨테이너 터미널 시스템

배민주\* · 김환성\*\*

\*한국해양대학교 대학원 물류시스템공학과, \*\*한국해양대학교 물류시스템공학과

## Autonomous Decentralized Container Terminal Operating System

Min-Ju Bae\* · Hwan-Seong Kim\*\*

\*Graduate school Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

\*\*Dept. of Logistics Engineering, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**요 약** : 대규모의 시스템은 운영상 복잡성을 심화시키고, 하위 시스템간의 간섭도를 증가시킨다. 본 논문에서는 이러한 문제의 해결방안으로 떠오르고 있는 자율 분산형 시스템을 컨테이너 터미널이라는 대규모 시스템에 적용하였다. 컨테이너 터미널의 운영체제를 이해하고 이에 적절한 자율 분산형 시스템을 제안하였다. 또한 현재의 컨테이너 터미널 운영체제의 문제점을 도출해내고, 이에 대한 해결책을 자율분산형 시스템에서 찾아내었다. 마지막으로, 제안된 자율 분산형 컨테이너 터미널 시스템 각각의 서브시스템 기능을 정의하고, 이 시스템에서의 운영방안을 장비들의 작업계획에 중점을 두고 흐름도로 나타내었다.

**핵심용어** : 자율 분산형 시스템, 컨테이너 터미널, 하역장비, 운영방안

**ABSTRACT** : In these days, a scale of system is more and more complex and large. The centralized system has the operation management method to be limited in the large scale system. In this paper, we proposed ACOS(Autonomous decentralized Container terminal Operating System). It is applied to container terminal using by autonomous decentralized system which can solve the problem of the centralized operation system. Also, we can defined a function of the ACOS's sub-system and showed a flowchart on operation method for the ACOS.

**KEY WORDS** : Autonomous Decentralized System, Container Terminal, Handling Equipment, Operation Method

## 1. 서 론

시스템의 고도화, 대규모화는 보다 복잡한 운영체제를 형성하게 되고, 이에 따라 운영방식의 변화를 요구하게 되었다. 또한, 현대사회가 "정보화 사회"로 접어들면서 단일화, 집중화를 중시하던 풍조가 다양화, 분산화 되면서 자율분산 시스템에 대한 연구가 각계 각 분야에서 이루어지고 있다.

자율분산이란 전체에 있어서의 개체의 관계를 중시하고, 분산한 개체의 서브시스템이 자율적이며 상호 협조적으로 행동하는 시스템이다. 각 서브시스템은 상위, 하위의 관계없이 각각의 자율성에 의존하여 수행하므로 전체적인 성능은 다소 떨어지나, 하나의 서브시스템이 가동불능상태라 할지라도 다른 서브시스템은 각각의 담당영역

에는 지장이 없다. 자율분산의 이러한 특징은 각 서브시스템간의 상호 협조성이 아주 중요한데, 이를 위해서 먼저 정보의 공유가 이루어져야 한다.

자율분산시스템은 주로 생산시스템 분야에 도입되어져 왔다. 그 중 AGV의 대수결정 문제, 경로결정문제, 반송 시스템 문제 등에 관한 연구<sup>[1],[6]</sup>와 배전계통운영체제에 대한 연구<sup>[4]</sup> 등이 수행되어져 왔다. 하지만 이러한 분야들은 하나의 서브시스템에 대한 자율성 및 알고리즘 구성에 관해 주로 연구되었다.

최근에 들어 전체 시스템의 관점에서 자율분산연구가 이루어지고 있다. 일본의 자율 분산형 수송관리 시스템 ATOS(Autonomous decentralized Transport Operation control System)<sup>[3]</sup>가 그 대표적 예이다.

본 논문에서는 자율 분산 협조 시스템을 위한 계층화 기법<sup>[5]</sup> 연구에서 제시된 대규모 자율분산시스템의 항간 컨테이너 터미널 적용 예를 구체화하여 자율 분산형 컨테이너 터미널 시스템을 제안한다. 현재의 컨테이너 터미

\*kaminadia@bada.hhu.ac.kr 011)9095-5181

\*\*종신회원, kimhs@hhu.ac.kr 051)410-4334

을 임의로 제어가능하기 때문에 시스템 전체의 목적달성

널의 운영체제와 문제점을 짚어보고 해결방안으로써 자율 분산형 컨테이너 터미널 시스템을 제안한다. 마지막으로 자율 분산형 컨테이너 터미널의 서브시스템들의 주요 기능을 정의해보고, 새로운 시스템에서의 터미널 운영방안을 하역장비들의 작업절차에 중점을 두고 제시하여 기존의 터미널 운영방식과의 차이점을 보여준다.

## 2. Container Terminal 운영체제

### 2.1 Container Terminal의 개요

컨테이너 터미널은 Fig. 1에 나타나는 바와 같이 선박이 안벽에 접안하여 컨테이너의 양하·적하 작업이 이루어지는 곳으로서 컨테이너를 보관하는 장치장, 선박이 접안하여 하역작업을 하는 안벽 및 육상으로 컨테이너를 반입 및 반출하는 게이트로 구성된다<sup>[2]</sup>. 수입컨테이너의 작업 흐름은 선박이 안벽에 도착한 후 갠트릭크레인에 의해 하역되어 미리 작성된 야드장치계획에 의해 지정된 장치장으로 S/C 또는 AGV에 적재되어 이송된다. 장치장 내에서 하역·이송 작업을 수행하는 트랜스퍼 크레인도 AGV로부터 이송된 컨테이너를 인도받아, 지정된 장치장에 적재한다. 반대로 수출컨테이너의 작업은 트럭, 열차, 연안피더선 등에 의해 터미널에 도착한 컨테이너를 Gate에서 장치할 위치를 지정 받아 지정블록으로 간 후 S/C 또는 AGV에 의해 미리 지정된 블록으로 이송·장치된다. 적하계획이 수립되면, 트랜스퍼 크레인에 의해 작업되어 AGV에 의해 정해진 갠트릭크레인으로 이송된다.

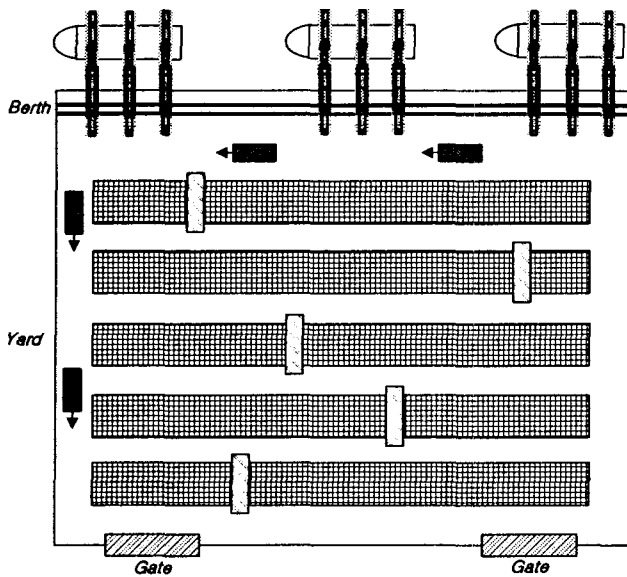


Fig. 1 Configuration of Container Terminal

### 2.2 Container Terminal 운영체제와 문제점

컨테이너 터미널의 기존 운영시스템을 살펴보면 중앙 통제실에서 모든 하위 시스템을 관리하는데 선석할당, 컨테이너 정보, 장치장 계획, 반출입 시스템 등 모든 작업을 관할하고 있다. 터미널 내에서는 모든 컨테이너 정보가 실시간으로 파악되며 즉각 운영계획에 반영된다. 하지만 터미널 내의 하역장비들에 대한 정보가 실시간으로 반영되지 않고, 또한 중앙통제방식이기 때문에 고장제어 시에는 많은 문제점을 유발한다. 주요한 문제점들은 다음과 같이 정리된다.

첫째, 각 작업구간별 하역장비정보의 부족 문제이다. 컨테이너의 정보는 터미널을 떠나게 되는 순간까지 실시간으로 전송 되지만, 하역장비에 대한 정보는 다루어지지 않아 고장 혹은 외란 발생시 인력에 의한 확인작업을 필요로 한다.

둘째, 모든 고장제어는 수작업으로 처리된다는 것이다. 하역작업 중 고장이 발생하게 되면, 각 작업구간의 운영권이 중앙통제실에 있기 때문에 중앙통제실의 명령을 기다려야 하고 고장정보가 컴퓨터시스템으로 실시간 전달이 되지 않기 때문에 무전기를 이용한 수작업으로 처리되고 있다.

셋째, 지연처리방식이다. 고장 혹은 외란이 발생하게 되면 작업흐름에 영향을 미치게 되는데 기존방식에서는 고장이 해결되어 가동이 정상화될 때까지의 지연기간을 컴퓨터 시스템의 리소스를 사체·처리하는 방식으로 운영되고 있다.

넷째, 운영계획 관리 문제이다. 각 작업구간에서 수행되어지는 작업은 중앙에서 계획, 명령하게 되는데 이러한 작업 스케줄은 중앙에서 수정을 하게 되거나, 작업도중 외란 발생으로 인해 스케줄의 수정이 필요한 경우에 수정된 작업 스케줄의 정보처리가 원만하지 못해 작업에 차질을 빚는 수가 있다.

## 3. 자율 분산형 컨테이너 터미널 시스템

본 장에서는 2장에서 제기된 중앙통제식 운영방식의 문제점을 해결하기 위한 방안으로, 자율 분산형 컨테이너 터미널 시스템을 제안한다. 자율 분산형 컨테이너 터미널의 구성체계를 도식화하고 이 시스템의 서브시스템들의 주요기능을 정의한다.

### 3.1 자율 분산형 컨테이너 터미널의 개요

Fig. 2는 자율 분산형 컨테이너 터미널의 구성체계를 나타

낸 것이다. 독립적으로 운영되지만, 서브시스템간의 상호협조에 의해 전체의 행동이 결정되는 메커니즘으로서 다음의 사항들을 염두에 두고 구성되었다.

첫째, 분산된 각각의 서브시스템은 명확한 자기의 책임 하에서 본인만 제어하도록 한다. 둘째, 본인 이외의 서브시스템의 상황을 항상 파악하고 있도록 한다. 셋째, 각각의 서브시스템은 전체 시스템 내지는 주위와의 긴밀한 유대관계를 가지고 있도록 한다.

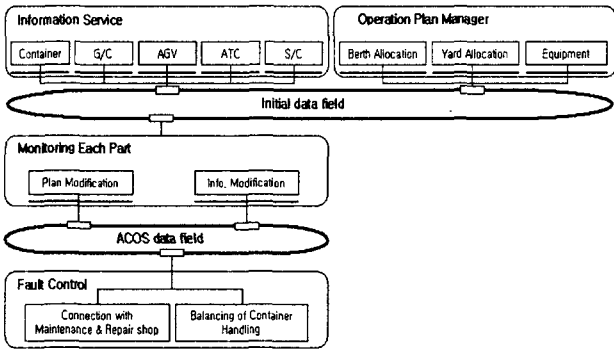


Fig. 2 Configurational Framework of ACOS

### 3.3 자율 분산형 컨테이너 터미널의 주요구성기능

자율 분산형 컨테이너 터미널의 서브시스템들의 주요구성기능은 Table. 1에 나타난 것과 같이 운영계획관리 시스템에서는 초기의 선박정보, 물동량 정보 및 터미널 내의 제한 정보를 고려한 선석할당계획, 장치장 할당계획, 장비운영 계획 등의 정보를 데이터 필드에 입력한다. 운영계획수정 시스템에서는 모니터링을 통해 운영계획의 유연성을 높이고, 고장발생 정보를 입력하여 ACOS 데이터 필드를 형성한다. 고장발생 정보를 접하게 되면 고장제어 시스템에서는 즉각 조치를 취할 수 있는데, 주로 장비 고장이 발생하면 간 작업 간 부하를 최소화 시키고 평균 작업량을 유지할 수 있도록 각 장비의 운영이 독립적이면서도 다른 장비의 작업을 고려하여 이루어진다. 정보서비스 시스템은 컨테이너 정보뿐만이 아니라, 하역장비의 정보도 제공하여 운영가능여부를 항상 확인할 수 있다.

Table. 1 Function of the Sub-system

기능	내용
운영계획관리	기초 데이터를 이용한 터미널 운영계획 설립
운영계획수정	모니터링을 통해 실시간 운영계획의 수정관리
고장제어	모니터링을 통한 고장 혹은 외란 발견 시 실시간 서비스를 통한 즉각 대응
정보서비스	컨테이너, 하역장비 정보의 제공

## 4. 시스템 운영방안

본 절에서는 3절에서 제안된 자율 분산형 컨테이너 터미널의 운영방안을 제시한다. 하역과 이송작업 시, 장비들의 운영 계획에 있어 정상운전 상태와 고장발생을 대비한 예방보전 상태를 모두 고려하여 작업 흐름도를 제시한다.

### 4.1 전체 터미널 운영방안

수입컨테이너 적·양하 작업을 중심으로 한 운영은 Fig. 3과 같다.

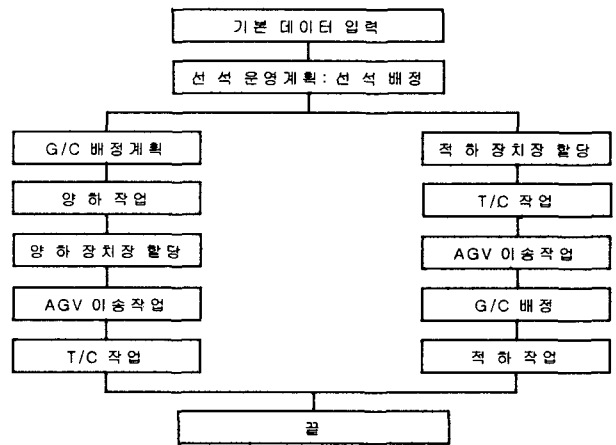


Fig. 3 Flowchart on Total Operation Method

### 4.2 상세 운영방안

터미널에서 실질적인 작업을 수행하는 주요장비들의 운영방안은 예방보전을 고려하여 작성되었다.

#### 4.2.1 갠트리 크레인

갠트리 크레인은 Bay Plan과 선박 Profile 및 선박접안방향, 컨테이너 정보 등을 입력받아 작업에 투입할 개수를 구하고, Hatch와의 배치산정을 통해 작업부분을 할당받게 된다. 이때, 갠트리 크레인간의 간섭도를 계산하게 되고, 간섭도가 일정치 이상 발생하게 되면, Hatch를 다시 배정하고 크레인의 추가투입 혹은 투입해제를 통해 운영일정을 정한다.

여기서 갠트리크레인의 작업속도 및 각 갠트리 크레인의 생산성은 장비에 무리를 주지 않는 한도 내에서 최대성능원칙을 따른다.

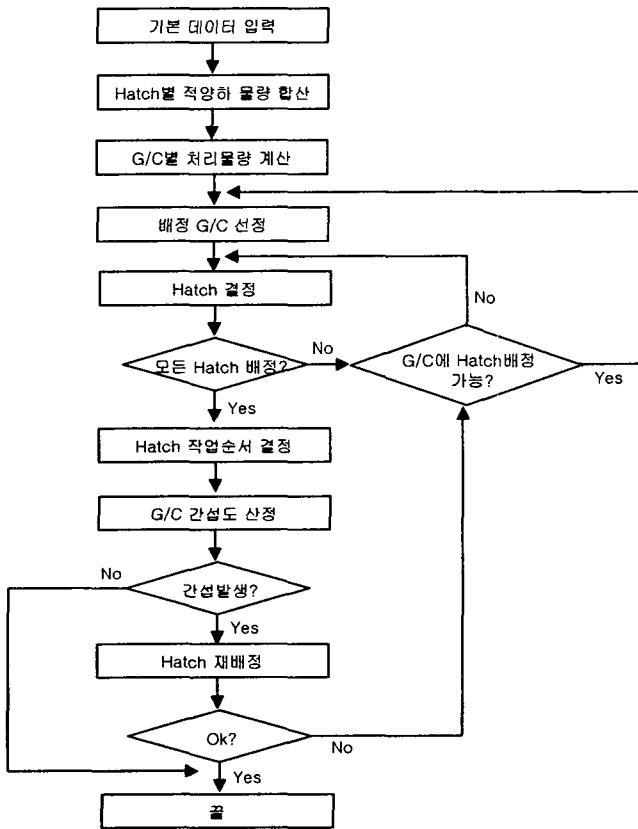


Fig. 4 Flowchart on G/C Allocation Planning

#### 4.2.2 AGV

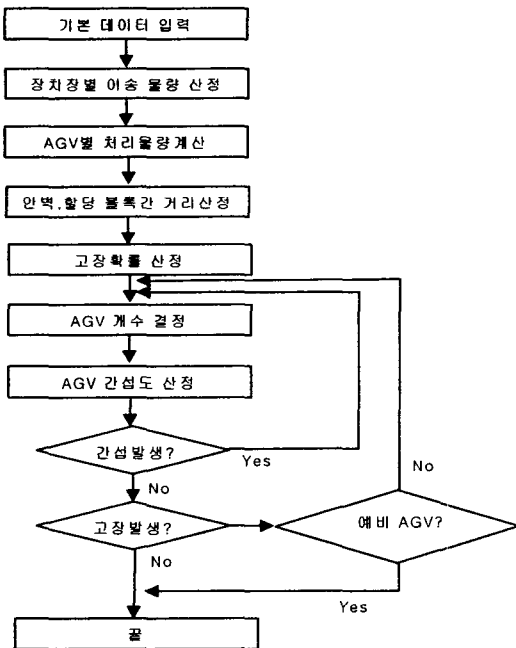


Fig. 5 Flowchart on Determination of Number and Operation Method of AGV

AGV는 장치장별 이송 물량이 산정되면, 각 장치장 수와 AGV별 처리물량, 안벽에서 할당된 장치장-블록간의 거리를 산정하여, 투입 AGV개수를 구하게 된다. AGV간의 간섭도 역시 고려되며, 이때부터는 AGV의 고장을 또한 고려된다. 전체 작업의 원활함을 위해 예방보전의 개념을 사용하여, 일반적인 AGV의 고장율 데이터를 확보하여, 투입개수 산정 시 예비 AGV의 개수를 포함하도록 한다.

#### 4.2.3 트랜스퍼 크레인

트랜스퍼 크레인의 작업은 일반적으로 수직 이동거리가 상이한 두개의 트랜스퍼 크레인이 장치장 한 블록을 담당하도록 하고 있다. 따라서 간섭도는 발생하지 않는 것으로 보고, 대신 생산성에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 주행거리와 작업의 부하를 들 수 있는데, 이는 최소작업시간 원칙과 작업부하균등화 원칙을 따르는 것으로 한다.

장치장내에서의 AGV작업은 트랜스퍼 크레인작업에 영향을 미치지 않는다는 것을 원칙으로 하지만 트랜스퍼 크레인의 고장을 고려할 때는 문제가 될 수 있다. 일반적으로 트랜스퍼 크레인의 고장 발생시에는 유휴 트랜스퍼 크레인을 이용하거나, 대체 장비인 리치스태커를 이용하게 된다. 유휴 트랜스퍼 크레인을 이용할 경우에는 문제 될 것이 없으나, 리치 스태커를 이용할 경우에는 AGV나 Y/T와의 간섭도를 고려해야 한다.

### 5. 결 론

자율 분산형 시스템은 다양한 분야로의 적용이 가능하여 앞으로의 귀추가 주목되는 분야이다. 생산관리 등 제조분야에서 시작된 자율 분산의 개념은 점차적으로 확대되고 있다. 본 연구에서는 기존의 중앙집중형 혹은 중앙통제식 운영 방식의 문제점을 기술하고, 이를 위한 해결방안으로 컨테이너 터미널이라는 대규모 시스템에 자율분산의 개념을 적용시켜 보았다. 이론적 원리에 따른 자율 분산형 컨테이너 터미널 시스템의 장점을 설명하고, 예상되는 각 서브시스템의 기능적 특징을 서술하였다. 그리고 마지막으로, 자율 분산형 컨테이너 터미널에서 제시된 고장제어 시스템을 주요장비들의 운영관리에 반영하여 그에 따른 운영 흐름을 도시화하였다.

하지만 이러한 시스템은 무엇보다도 정보화 시스템에 기반을 둔 것이기 때문에, 각 시스템 간 정보공유 및 교환이 꼭 필요하다. 현재 컨테이너 터미널의 정보시스템은 관목할만한 성장을 하고 있다. 앞으로는 이러한 정보시스템의 보안화 된 공유방법에 대해 연구해 볼 필요가 있다. 또한, 처리물량에 적절한 장비 투입율과 고장율을 고려한 예비 장비 투입개수를 수리 모형화하여 최적의 해를 찾아내는 연구를 추후과제로 하고 있다.

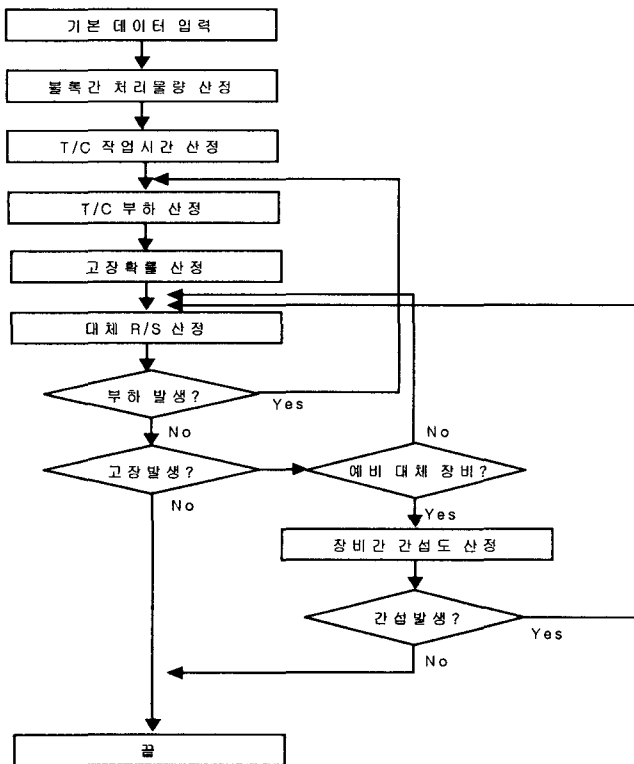


Fig. 6 Flowchart on Operation method of T/C

### 참 고 문 헌

- [1] 광규석 외(1997), “효율적인 컨테이너 터미널 계획 및 운영을 위한 모형개발”, 건설교통부
- [2] 광규석 외(2001), “컨테이너 장치장 하역장비 배정을 위한 모형 보완”, 건설교통부
- [3] 김영훈, 홍순흠(2003), “자율 분산형 수송관리시스템의 소개”, 한국철도기술웹진, 43호
- [4] 김재언(1997), “차세대 배전계통 운영체제와 자율분산 제어기술”, 대한전기학회, 제46권, 제8호, pp.12-20
- [5] 김환성, 문형수, 정희균, 이철영(1999), “자율분산협조 시스템을 위한 계층화 기법”, 제14차 한국자동제어학술회의, D권, pp.182-185
- [6] 김환성, 이상훈(2001), “GA를 이용한 다중경로 시스템의 AGV 대수 결정문제”, 제어·자동화·시스템 공학회, Vol.7, No.4, pp.319-325
- [7] 이철영(1998), “항만물류시스템”, 효성출판사, pp.236-246
- [8] 이채민, 신재영(2003), “장치장 모니터링 시스템과 통합된 효율적인 수출 장치장 계획 시스템”, 한국항해항만학회지, 제27권, 제1호, pp.31-40