

# 컨테이너 터미널의 효율적 운영을 위한 의사결정지원시스템\*

김갑환\*\* · 김홍배\*\*\* · 윤원영\*\* · 김종훈\*\*\*\* · 권봉재\*\*\*\*\* · 조지운\*\*\*\*\*

## A Decision Support System for the Efficient Operation of Container Port Terminals

Kap-Hwan Kim · Hong-Bae Kim · Won-Young Yun · Jong-Hoon Kim  
Bong-Jae Kwon · Chi-Wun Cho

### 〈Abstract〉

A decision support system is introduced for the efficient operation of port container terminals. It consists of ship planning subsystem, yard planning subsystem, resource management subsystem, real-time control subsystem, and simulation subsystem. The system is intended to support the planning process of the planners and the operation process of the administrators in the container terminals. It is assumed that the transfer cranes and the yard tractor/trailers are used to handle containers in the marshaling yard. The system is explained in terms of the functions of each subsystem and the data flows among various subsystems.

### 1. 서 론

국제시장의 단일화 및 개방화의 추세에 따른 국제무역의 양적인 증대와 일관 수송체계의 보편화로 인해 컨테이너 수송량은 급속히 증대되고 있다. 이에 따라 전세계적으로 컨테이너 터미널의 건설과 확장이 많아질 것으로 추정되며, 더불어 컨테이너 선박의 대형화로 모선 기항지가 축소됨으로 인해 모선의 기항 여부에 따라 지선항만(Feeder Port)과 중심항만(Hub Port)으로 양극화되는 추세가 두드러져 컨테이너 터미널간의 경쟁이 날로 심화될 것으로 예상된다. 따라서 컨테이너 터미널의 운영 주체는 더욱 나은 고객서비스를 제공하기 위해서 터미널 시설의 현대화와 운영 방식의 고도화를 추구할 수밖에

없을 것으로 보이며, 이는 새로 건설되는 항만에서 뿐만 아니라 시설을 확충하는 항만에서 보다 자동화되고 효율적인 항만 시설의 구축을 지향하게 될 것이며 이를 위해서 필연적으로 운영시스템의 구성 요소간의 통합화가 주요 과제로 등장하게 되었다.

본 연구에서는 컨테이너 터미널의 효율적 운영을 위한 의사결정지원시스템에 대한 개발 사례를 소개한다. 컨테이너 터미널의 운영을 위한 의사결정지원시스템 개발의 필요성을 살펴 보면 다음과 같다.

1) 컨테이너 터미널에 관한 운영 방식의 고도화 요구  
운영 측면에서의 터미널의 입장은 이용 선박의 접안시간 및

\* 본 연구는 현대중공업(주)의 연구비 지원에 의해서 수행되었음

\*\* 부산대학교 산업공학과, 기계기술연구소

\*\*\* 경성대학교 산업공학과

\*\*\*\* 현대중공업(주) 프랜트/해양 사업부

\*\*\*\*\* 현대중공업(주) 산업기술연구소

반출, 반입 차량의 대기시간 단축과 같은 외부 이용자에 대한 서비스의 질적 향상 뿐만 아니라 고용 인원의 축소, 과다 설비 투자의 방지와 관리, 운영비용의 절감과 같은 목표를 지닌다. 따라서 보다 고도화된 운영 방식을 개발하고 적용함으로써 자원(터미널장비,인원)의 효율을 극대화시킬 수 있고 컨테이너 터미널의 제반 비용을 절감하며 생산성을 향상시키는 효과를 거두게 될 것이다.

## 2) 시스템 구성 요소간의 통합화 요구

현재까지 컨테이너 터미널 운영을 위한 전산시스템의 대부분은 데이터저장과 단순한 정보 처리를 중심으로 구성되거나 일부 개별 기능에 국한하여 자동화된 의사결정이 지원되어 왔다. 그렇지만 이러한 접근은 개별 기능간의 연계가 미약하여 작업 부서간의 의사전달과 상호협조를 어렵게 하고 있다. 그러므로 터미널 운영에 필요한 개별 기능의 상호 관련성과 공유해야 할 정보를 분석하여 이를 바탕으로 통합시스템을 구축함으로써 기능과 데이터간의 일관성을 유지하고 추후의 확장 가능성도 대비할 수 있다.

## 3) 컨테이너 터미널 계획 및 운영에 대한 노하우의 체계화

다른 분야와 마찬가지로 컨테이너 터미널의 운영인력 확보도 점차 어려워지고 있다. 특히, 신규터미널의 경우에는 고임금의 숙련자 확보가 정상적인 운영의 중요한 선행조건이지만 급격히 늘어나는 전문인력의 수요에 따라 상당한 차질이 예상된다. 따라서 컨테이너 운영에 필요한 여러 분야의 전문지식을 다양한 현장으로부터 획득하여 이론적 검증을 통해 체계화하는 것은 매우 중요한 의미를 가진다. 체계화된 지식을 소프트웨어로 구현함으로써 현장에서 다소 비전문가라도 운영을 할 수 있게 하고 운영 인력의 절감도 가능하게 된다.

한편 컨테이너 터미널에 관한 국내외 연구는 컨테이너 물류 흐름의 복잡성으로 인하여 정부정책에 대한 연구나 거시적인 수송문제 대한 부분적인 연구나 컨테이너 터미널의 용량을 결정하기 위한 연구가 대부분이며 컨테이너 터미널의 운영에 관한 분석적인 연구는 미흡하다. 선석배정에 관한 연구 [5], 컨테이너 크레인의 일정계획과 소요덧수에 관한 연구 [6, 11], 장치장 계획과 장치 위치 결정에 관한 연구 [4, 17], 장치장에서 컨테이너 취급에 관한 연구 [15], 적하계획에 관한 연구 [1, 2, 10, 14], 시뮬레이션을 이용한 연구 [7, 8, 16, 20], 그리고 여러가지 전산 시스템 개발에 관한 사례 소개 [3, 12, 13, 18]

등이 있다.

그러나 선진 컨테이너 터미널에서는 이 분야에서 실무적인 개발이 많이 진행되어 왔다. 대표적인 선진 항만으로는 네델란드의 로테르담 항구, 싱가포르 항구, 홍콩 항구를 들 수 있다. 로테르담 항의 ECT 터미널은 완전 자동화된 터미널 [19]로서 유명하며 운영시스템 역시 많은 부분이 자동화되어 있다. 싱가포르항은 공용터미널로서 우리나라 터미널과 유사한 조건인데 국가가 정책적으로 투자를 많이 한 결과 운영과 시설측면에서 선두주자라고 할 수 있다. 운영시스템 역시 본 연구에서 다루고 있는 대부분의 내용을 포함하는 시스템이 사용되고 있으며 지금도 연구개발에 많은 투자가 계속되고 있다. 홍콩도 우리나라와 유사한 환경에서 싱가포르와 유사한 시스템이 개발되어 사용되고 있다. 이에 비하여 미국은 On-chassis 시스템을 사용하는 관계로 운영이 간편하여 운영시스템에 관한 개발이 활발하지 않은 실정이다.

대부분의 선진항만에서는 운영에 필요한 기능을 전산화하였으며 전산화된 형태는 컨테이너 취급장비의 자동화 정도와 밀접한 관련을 가지고 있다. 각 항만의 전산시스템은 극도의 기밀 사항에 속하므로 각 개별 항만에서 사용하는 항만 운영을 위한 계획 및 운영의 논리를 파악하기는 매우 어렵고 이들 논리에 대한 학계의 발표 실적도 미미한 실정이다. 그러므로 본 연구개발은 한국의 항만실태에 적합한 컨테이너 터미널 운영 시스템 개발을 위해 다음과 같은 개발목표를 설정하였다.

- (1) 계획 및 운영업무에 대해 분석적 기법과 접근을 통한 효율적 논리를 개발한다.
- (2) 체계적인 정보 관리체계를 구축하여 다양한 계획/운영 시스템의 통합이 쉽게 되도록 한다.
- (3) 시뮬레이션 기법을 도입하여 의사결정 결과의 평가와 수정이 가능하게 한다.

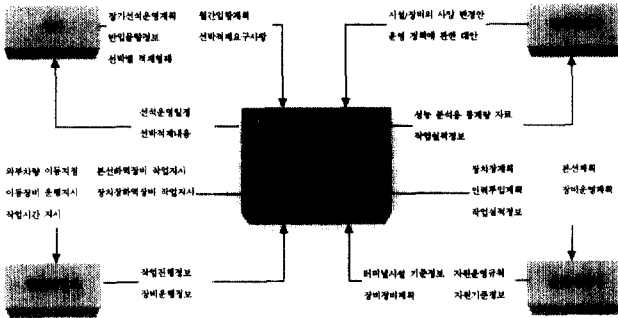
본 연구에서는 터미널 운영에 있어 주요 의사결정을 필요로 하는 선석, 장치장, 본선작업과 자원에 관한 계획업무와 게이트, 장치장 그리고 본선작업에 대한 운영업무를 통합 관리하는 전산시스템의 개발을 다루고자 한다.

다음으로 2절에서는 본 연구의 전반적 구성과 주요 기능에 대한 내용을 소개하고 3절과 4절에서는 계획기능을 수행하는 본선계획시스템과 장치장계획시스템을 설명한다. 계획의 수행과 조정을 위한 실시간 작업통제와 자원할당시스템에 관해서는 5절에서 그리고 개발시스템의 타당성 검토와 운영계획의

평가를 위한 시물레이션시스템에 대해서는 6절에서 언급한다. 7절에서는 본 연구가 지니는 의의와 특징에 대해 요약한다.

## 2. 개발시스템의 구성 및 내용

본 연구의 개발시스템은 계획, 운영/통제 그리고 타당성 검토 및 대안평가의 기능을 가진다. 계획기능은 외부로부터 전달되는 자료와 내부적으로 정리, 축적된 정보를 활용하여 미래에 대한 변화를 사전에 예측함으로써 선석, 장치장 그리고 장비 및 인력의 운영계획을 수립한다. 이의 목적은 컨테이너 터미널이 보유하는 자원을 효과적으로 배분하고 동시에 다양한 계획 기능간의 일관성을 유지하는 것이다. 운영/통제 기능에서는 수립된 계획이 차질 없이 진행되도록 작업자들에게 작업 내용을 지시한다. 또한 예상하지 못했던 현장상황을 지속적으로 감시, 추적함으로써 문제발생에 대해 작업자가 신속하게 대처할 수 있게 한다. 수립된 계획의 타당성이나 운영/통제의 효과를 미래의 불확실성 하에서 예측, 평가해 보고 터미널 시설, 장비 또는 다양한 운영방식의 적용에서 예상되는 효과를 평가하는 것이 타당성 검토 및 대안평가의 기능이다. <그림 1>은 본 연구 내용과 컨테이너 터미널의 운영업무와의 관련성을 보여준다.



<그림 1> 연구내용과 터미널 운영업무와의 관련성

본 연구에서 개발된 통합시스템은 본선계획시스템, 장치장 계획시스템, 실시간 작업통제 및 자원할당시스템 그리고 시물레이션시스템으로 구성된다. 컨테이너 터미널에 접안하는 선박의 접안위치와 접안시간에 대한 계획, 선박으로부터 컨테이너를 내려 장치장에 저장하는 양하작업, 장치장에 놓여 있는 컨테이너들을 선박에 싣는 적하작업은 본선계획으로 분류된다. 장치장계획은 장치장 운영정책결정지원, 수출입 컨테이너 장치장계획 기능을 가진다. 컨테이너 크레인, 트랜스퍼 크레인 등의 주요장비와 운영인력에 대한 배정, 외부 차량의 반출입

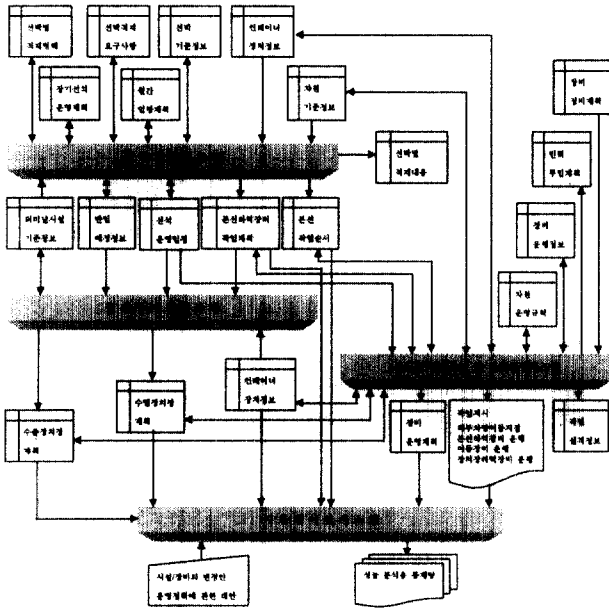
과정에 관한 통제 그리고 각 자원의 실시간의 정보 관리와 운영은 자원할당 및 실시간작업통제의 역할이다. 끝으로 시물레이션시스템은 본선계획, 장치장계획과 실시간 작업통제 및 자원할당에서 이루어지는 계획 및 운영의 결과에 대한 타당성을 살펴보는 계획/운영 시물레이션과 컨테이너 시설과 장비 투자에 대한 여러 대안에 대한 내용을 검토하기 위한 시물레이터를 포함한다.

<표 1>는 컨테이너 터미널의 효율적 운영을 위한 의사결정 지원시스템을 구성하는 서버시스템과 하위 모듈을 요약하여 설명한다. <그림 2>는 서버시스템을 통합 운영할 때 상호연계되는 정보의 흐름을 보여주는 설계이다.

<표 1> 개발시스템의 주요 내용

서버시스템	구성 모듈	설 명
본선계획 시스템	선석할당	입항선박에 대한 기준정보를 관리하고 터미널의 선석을 배정.
	본선하역장비 할당 및 작업계획	선석이 할당된 선박에 대해서 본선하역장비를 할당하고 각 장비별로 작업 일정을 작성.
	본선양적하 작업계획	입항선박의 양하작업과 적하작업에 대한 작업순서를 계획.
장치장계획 시스템	장치장 운영정책	장치장 운영에 관한 기준정보를 관리하며 능력과 수요에 대한 대략적 추이를 예측.
	수출장치장 계획	수출용 컨테이너를 위하여 장치장에서의 반입지점을 계획.
	수입장치장 계획	수입용 컨테이너를 위하여 장치장에서의 양하지점을 계획.
실시간 작업 통제 및 자원할당 시스템	실시간 작업통제	본선작업운영, 게이트운영과 장치장 운영을 위한 작업통제 및 작업지시.
	장비/인력 계획	터미널이 보유한 장비와 인력에 대한 작업계획.
시물레이션 시스템	계획/운영 평가용 시물레이션	운영시스템의 계획 및 운영 기능에 따른 효과의 타당성을 검토.
	시물레이터	터미널의 신규건설 및 기존 시설/장비의 변경에 따른 효과분석.

본 연구의 결과가 적용 가능한 컨테이너 터미널에서의 취급 장비 사양은 다음과 같다. 본선작업에 투입되는 선석 쪽의 본선하역장비로는 컨테이너 크레인(Container Crane), 장치장에서 하역장비는 트랜스퍼 크레인(Transfer Crane)이다. 선석과 장치장 사이 혹은 장치장 내에서의 컨테이너 이동은 야드

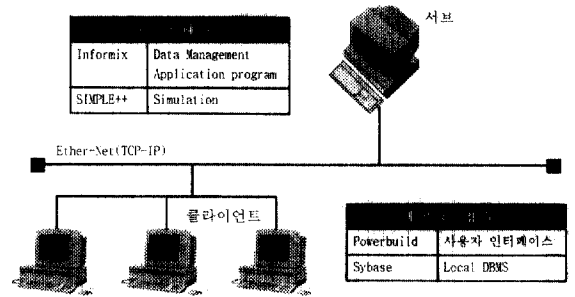


〈그림 2〉 개발시스템의 통합운영설계

트랙터/트레일러(Yard Tractor/Trailer)를 사용한다. 이들은 무인자동화 장비가 아니므로 작업자의 판단과 조작을 필요로 한다. 즉, 작업자가 어떤 작업을 수행해야 하는지는 시스템에서 지시를 하되 어떻게 처리하는가에 대해서는 작업자가 판단, 결정한다.

컨테이너 터미널의 계획/운영시스템은 용도와 여건에 따라 지리적으로 분산된 공간에서 상이한 기능으로 많은 사용자가 접근하여 사용하게 된다. 더구나 각 기능들 간의 복잡한 정보 흐름을 고려한다면 상호 연계되면서 일관된 정보를 관리하는 것은 매우 어렵고 중요하다. 사용자 입장에서는 사용의 편리함과 함께 추후의 보수, 유지도 고려되어야 한다. 따라서 이러한 점을 반영하기 위해 일부 자료의 관리 및 계산 그리고 사용자와의 인터페이스 역할은 개인용 컴퓨터에 분산시켜 구현한다. 반면 공유 정보에 대한 관리와 신속한 계산이 요구되는 기능은 서버의 장점을 활용한다. 이와 같은 Three-Tier 응용의 분산형 접근을 시도함으로써 클라이언트/서버 체계(Client/Server Architecture)의 통합시스템은 성능 향상과 안정성의 확보라는 이점을 가진다. 클라이언트에는 4GL 소프트웨어인 PowerBuilder를 사용하여 고객지향 인터페이스를 개발하였고 서버에 위치할 데이터베이스 엔진은 INFORMIX를 그리고 클라이언트의 데이터베이스로는 Sybase를 채택하였다. 시뮬레이션 패키지로는 객체지향프로그래밍 개념이 적용된 SIMPLE++

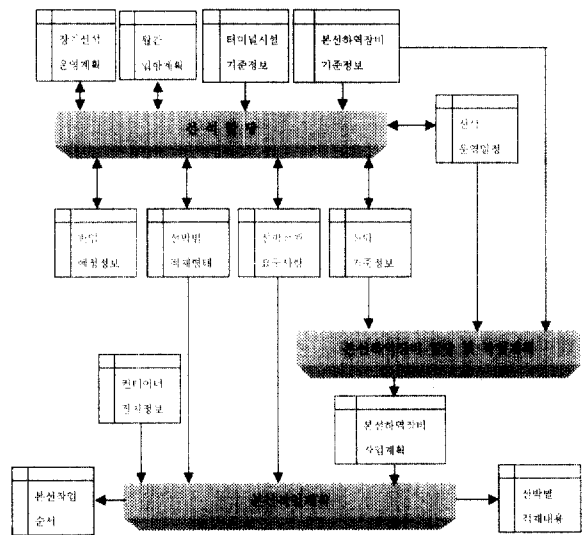
을 사용하였다. 아래의 그림은 개발 시스템이 구현될 수 있는 하드웨어와 소프트웨어의 구성을 보여준다.



〈그림 3〉 개발시스템을 구성하는 하드웨어와 소프트웨어

### 3. 본선계획시스템

컨테이너 터미널에 입항하는 선박들의 빈번한 변동상황에 능동적으로 대처하기 위해서는 체계적이고 신속한 의사결정이 가능하여야 하며, 컨테이너 터미널 전체의 장비상황을 정확하게 분석해야 한다. 터미널의 주요 자원인 선석과 고객서비스의 수준을 결정짓는 본선하역장비(컨테이너 크레인)를 효율적으로 관리함으로써 생산성과 활용도를 향상시키는 것이 본선 계획시스템의 목표이다. 주요 기능으로는 수시로 변경되는 선박의 입출항시간을 고려하여 접안시간과 접안지점에 대한 의

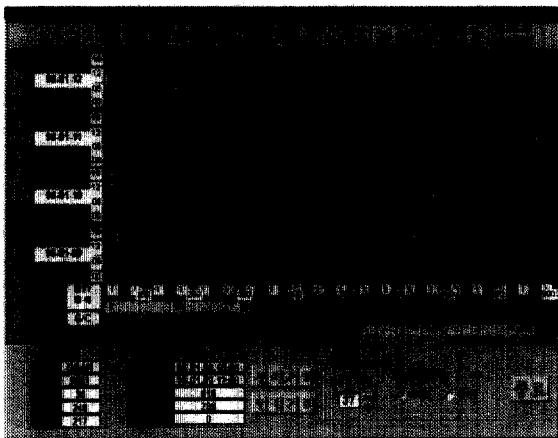


〈그림 4〉 본선계획시스템의 구성 모듈과 정보의 흐름

사결정을 지원하는 선석할당모듈, 각 선박 별로 부여된 접안 시간 내에 취급물량을 처리할 수 있는 본선하역장비의 소요대수를 산정/할당하는 본선하역장비의 할당계획모듈, 그리고 장비가 선박 내에서 어떠한 순서로 어느 위치에서 작업을 수행해야 하는 가를 결정하는 본선하역장비 작업계획모듈이 있다. 그리고 선박에서 양하 컨테이너들을 어떠한 순서로 내리고 지정된 위치에 터미널 내의 적하 컨테이너를 어떤 순서로 실을지를 결정하는 본선작업계획모듈도 포함된다. 본선계획시스템을 구성하는 주요 모듈과 입출력 정보의 흐름을 <그림 4>에 표현하였다.

3.1 선석할당모듈

선석할당모듈은 항만의 장기 선석운영계획과 선사로부터 접수된 월간 입항계획을 이용하여 한달간의 선석운영일정을 계획한다. 또한 선석운영에 필요한 선박의 제원 및 취급물량 그리고 입출항 요구 등의 관련정보를 관리한다. 개발시스템에서는 선석할당계획에 대하여 선박의 예정입항시간에 대한 잔여시간을 기준으로 할당계획이 확정 혹은 변경 가능한지를 제시함으로써 운영자의 상황 파악이 쉬워지고 수시로 변하는 고객의 요구사항에 신속하게 대처할 수 있게 하였다. 그리고 운영자가 다양한 대안들을 평가하는 과정에서 선박간의 작업영역 확보 등의 문제점을 사전에 파악할 수 있게 하였다. <그림 5>는 선석할당 모듈의 결과로서 선박의 접안지점을 확인하는 화면을 나타내고 있다.

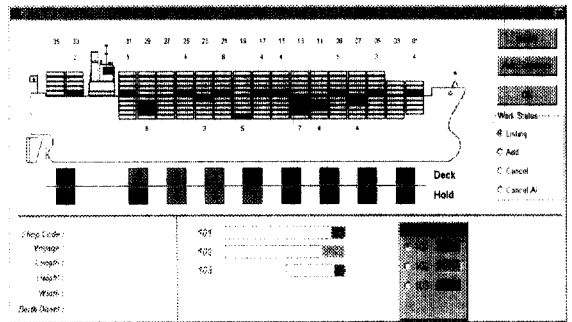


<그림 5> 선석할당에서 선박의 접안지점을 확인하는 출력화면

3.2 본선하역장비 할당 및 작업계획모듈

본선하역장비 할당은 선박들의 접안시간과 취급물량에 대한 정보를 가지고 어느 장비를 얼마동안 어느 선박에 배정할 것인가를 계획한다. 선석이 할당된 선박의 접안선석과 접안시간, 본선하역장비의 작업가능영역과 처리능력을 고려하여 선석할당모듈의 결과가 만족되도록 장비를 할당하고, 사용자가 할당결과를 조정할 수 있게 하였다.

본선하역장비의 작업계획은 할당계획에서 확정된 장비별 작업일정과 선박을 기초로 하여 각 본선하역장비에 대한 배정 선박 내에서의 베이 (Ship Bay)별 작업순서, 소요시간 그리고 작업내용을 작성한다. 장비가 요구하는 작업공간을 고려하여 안전한 작업여건을 확보하면서 장비들의 작업 부하를 평준화 시킴으로써 선박의 작업완료시간을 단축시킨다. 또한 본선작업이 발생하면서 선박의 기울어짐이 생기지 않도록 안정성을 고려해야 한다. 장비 작업계획의 목적은 양적하작업 동안에 각 장비들 간의 작업간섭을 방지하면서 효율적인 본선작업이 진행되고 안정적인 선석운영을 가능하게 하는데 있다. <그림 6>은 선박에 배정된 하역장비들의 작업계획 결과를 나타내고 있다.



<그림 6> 선박별 본선작업계획 실행 후의 결과화면

3.3 본선양하 작업계획모듈

본선양하 작업계획은 선박으로부터 컨테이너 터미널에 내려야 하는 컨테이너들을 현재 선박에 실려있는 위치를 고려하여 취급장비의 작업방향을 결정함으로써 컨테이너들을 어떤 순서로 내릴 지를 계획한다. 현장사용자들이 보유한 의사결정과정을 반영하는 휴리스틱 알고리즘을 적용하여 해법을 구하였다. 본선적하 작업계획은 장치장에 야적되어 있는 컨테이너들을

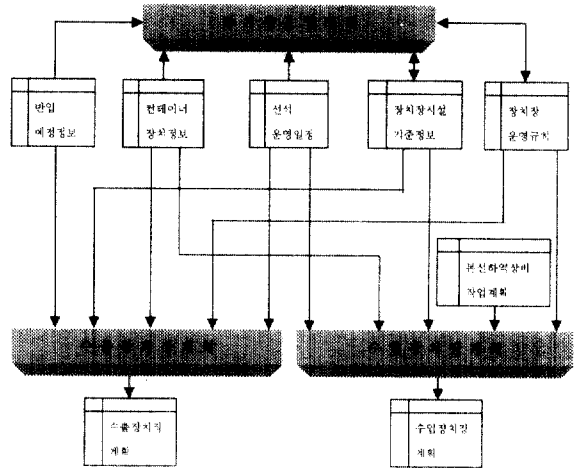
선사에서 지정한 선박의 해당위치에 실기 위해 어느 컨테이너를 어떤 순서로 적재할 것인지를 결정한다. 이때 선사의 요구는 개별 컨테이너에 대한 해당 적재 위치를 명시하지는 않고 일반적으로 목적항, 종류, 크기와 같이 그룹별로 지정된다. 따라서 적하작업계획의 목적은 제약을 만족시키면서 장비의 효율적인 운영을 통해 참여 장비간의 간섭이나 지연을 방지함으로써 전체적인 작업소요시간을 단축시켜 선박의 출항시간을 앞당기는 것이다. 그러므로 선박별 요구조건을 수용하면서 장치장에 적재되어 있는 여러 가능한 컨테이너를 탐색하여 장치장 하역장비의 작업시간을 최소화하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 사용자의 입장에서 해에 대한 만족수준과 계산소요시간의 균형을 유지시키는데 역점을 두었다.

#### 4. 장치장계획시스템

컨테이너 터미널에서 저장 기능을 담당하는 장치장에서 발생하는 물류 비용을 절감시키기 위해서는 의사결정을 위한 체계적인 시스템의 구축이 필요하다. 즉, 장치장 공간의 효과적인 활용과 장비의 능률적인 운영이 가능하도록 관리에 대한 계획과 운영을 실시함으로써 터미널의 생산성 향상과 선주와 화주에 대한 서비스의 질적 개선이라는 효과를 얻게 된다. 장치장계획시스템을 구성하는 주요 모듈과 관련정보를 <그림 7>에 표현하였다. 여기에는 장치장관리에 필요한 기준자료와 운영정책을 수립하는 장치장 운영정책모듈 그리고 적하 컨테이너와 양하 컨테이너의 장치장지점을 각각 배정하는 수출장치장 계획모듈과 수입장치장 계획모듈이 있다.

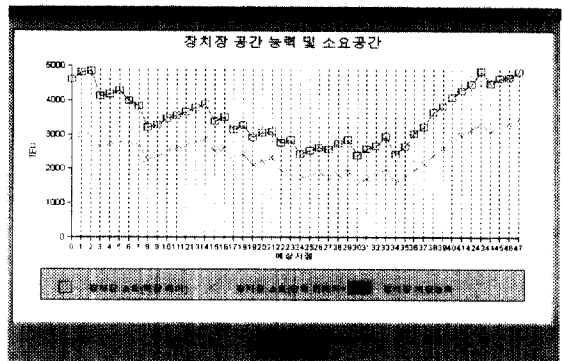
##### 4.1 장치장 운영정책모듈

장치장 운영정책모듈은 장치장을 터미널 장치장에 대한 전체적인 공간소요와 공급의 측면에서 분석하여 공간이라는 자원을 효율적으로 배분하기 위한 역할을 한다. 이 서브시스템은 기준정보관리와 운영정책결정의 기능을 가진다. 기준정보 관리는 컨테이너 터미널의 장치장 운영에 관한 기준정보를 손쉽게 관리할 수 있도록 체계화시킴으로써 장치장에 대한 계획 및 운영을 위한 기초자료를 제공한다. 운영정책결정은 시점별로 장치장의 적재능력과 공간소요의 추이를 예측하여 사용자가 적절한 운영방안을 수립할 수 있도록 한다. 가까운 미래에서 예견되는 문제상황을 제시함으로써 장치장의 허용적재단수와 선박별 반입허용일자 조정등의 터미널 운영 정책에 관한



<그림 7> 장치장 계획시스템의 주요모듈과 관련정보

의사결정을 지원한다. <그림 8>은 장치장 운영정책모듈의 결과화면이다.



<그림 8> 장치장 운영정책의 결과화면

##### 4.2 수출장치장 계획모듈

수출장치장 계획은 적하 컨테이너에 대해서 놓여질 특정 장치위치를 계획하는 것이다. '특정 선박의 적하 컨테이너를 위한 공간을 어느 블록(Yard Block)에 배정할 것이냐'하는 장치공간 할당과 '장치공간이 정해진 선박의 컨테이너에 대하여 어느 베이(Yard Bay)에 장치할 것이냐'하는 장치지점 할당으로 나눈다.

선박별 장치 공간 할당은 접안한 선박이 선식을 떠나므로 해서 발생하는 빈 공간을 사용하기 위해 선박의 출발시점마다

재계획하는 운영방식을 채택하여 장치장의 동적인 상황을 반영하도록 하였다. 이 접근의 기본적인 개념은 가까운 공간에 같은 선박에 적재될 컨테이너를 많이 장치함으로써 장치장 하역장비의 운행거리를 줄이고 접안선석과 가까운 공간에 배치함으로써 운반장비의 운행거리를 줄일 수 있다는 점에 착안하였다. 선박별 장치공간할당의 결과 접안한 선박이 선석을 떠나는 시점마다 선박별로 블록 할당량이 결정된다.

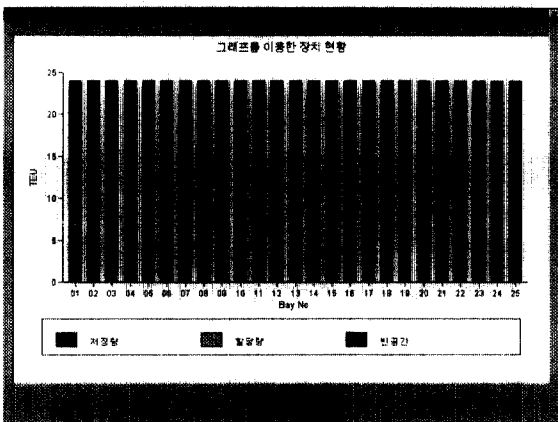
그 결과를 입력으로 해서 동일선박에 적하될 컨테이너들을 항구, 크기별로 그룹화하여 베이에 할당한다. 장치지점 할당은 계획시점에서의 장치장의 상태를 탐색하여 할당하는 휴리스틱 알고리즘을 사용하였다. 이의 적용논리를 간단히 설명하면 먼저 입항시점이 가까운 선박에 우선권을 부여하고 되도록 동일한 베이에는 동일 그룹의 컨테이너를 배치시키고 다음으로는 장치장하역장비의 작업 상황이 유리한 베이를 선정하여 장치계획을 수립한다. 이 때 현장전문가의 경험을 규칙화시켜 장치현황을 고려하여 그룹별 배치위치를 파악한 후 여러가지 베이별 장치우선순위를 정하였다. 즉, 장치장내 장비의 운행비용이 최소화되도록 각 베이에 컨테이너 그룹별 할당량을 결정한다. <그림 9>는 수출장치장 계획모듈에 따른 컨테이너 그룹의 할당 결과이다.

한다. 대상 선박에 배정된 하역장비별로 양하할 물량을 수용할 수 있는 저장공간을 확보해야 한다. 계획시점, 일반적으로 선박의 접안시점 직전마다의 장치장 현황과 기존의 대략적 능력계획 정보를 참조하여 수입 장치장에서 정책적 장치높이를 결정하고 작업소요시간, 작업간섭, 장비의 작업용이성 등을 고려하여 각 블럭별 및 각 베이별 평가치를 산출하여 장치가능공간을 산정한다. 장치공간을 최대한 활용하고 고단적재에 따른 재작업의 발생 가능성을 최소화시키고 장비의 작업 용이성을 고려함으로써 작업자의 작업생산성을 높일 수 있으며 이를 통해 하역시간을 단축시키며 또한 반출작업에서 외부트럭의 대기시간을 줄일 수 있다.

### 5. 실시간 작업통제 및 자원할당시스템

실시간 작업통제는 변해가는 현장의 상황을 반영하면서 계획을 수행해 나가는 역할을 한다. 지속적인 감시 기능을 통하여 터미널 내의 실시간 정보를 반영함으로써 운영 단계에서 계획에서 나타나는 문제점을 파악하고 실질적인 해결책을 제시하게 된다. 실시간 작업 통제의 주요 대상은 각 작업이 공유하게 되는 운영 장비와 작업 인력이다. 그러므로 지금까지의 언급되어진 계획 기능들이 특정 작업을 대상으로 효율을 개선시키는 부분에 초점을 맞추었다면 자원할당은 컨테이너 터미널에서 수행되는 각 작업들이 공유하는 장비와 인력의 효율적인 배분을 위해 각 작업에 소요될 자원을 할당함으로써 실시간 작업통제에 대한 기초 계획의 의미를 가진다.

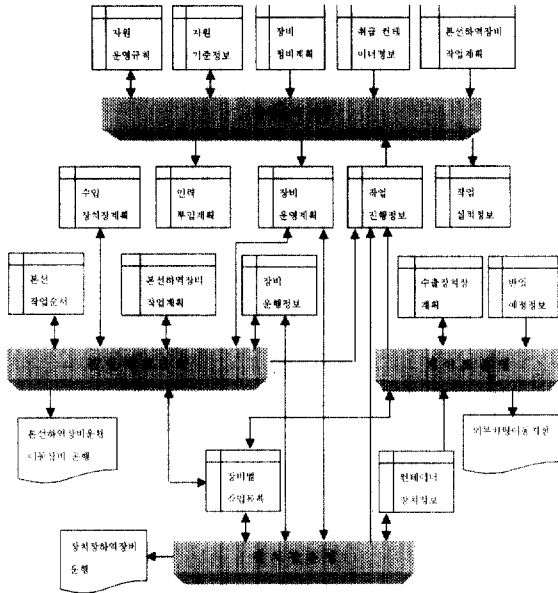
실시간 작업통제는 컨테이너 터미널 내에서의 작업진행상황과 장비의 움직임을 함께 모니터링함으로써 계획과 운영 내용을 비교하고 적절한 작업 지시를 내리게 된다. 본선작업의 경우를 살펴보면 본선작업계획과 장치장계획이 연계되어 작업이 이루어지는데 예상한 작업 진척에 비해 현장에서의 작업 진행이 지연되는 경우가 발생하게 되면 작업 편의성과 효과를 고려하여 일부 계획을 변경하여 전체적으로 작업의 진행이 무리없이 진행될 수 있도록 다양한 해결책을 제시하고 작업내용을 조정하게 된다. 자원/인력 계획은 기존 자료의 통합 관리와 대략적 운영계획을 작성함으로써 자원 활용에 대한 지침을 제시하며 실적에 대한 평가 자료를 제공한다. 자원을 효율적으로 배분하고 계획된 작업의 진행을 지원함으로써 전체적인 작업능률을 향상시켜 터미널의 처리 능력을 증대시키는 데 목적이 있다. <그림 10>은 실시간 작업통제 및 자원할당시스템이 지니는 주요 기능과 관련정보의 흐름을 보여준다.



<그림 9> 수출장치장 계획모듈의 장치지점 할당 결과 화면

### 4.3 수입장치장 계획모듈

수입장치장 계획은 터미널에 입항하는 선박의 하역 컨테이너에 대해서 장치될 블럭과 베이를 배정하는 것이다. 이때 장치장의 공간효율과 반출작업시에 발생하는 재작업을 고려해야



〈그림 10〉 실시간 작업통제 및 자원할당시스템의 구성

### 5.1 실시간 작업통제

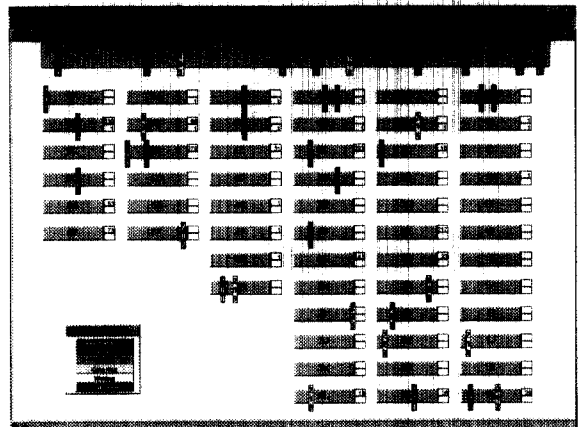
컨테이너 터미널 운영시스템에서 실시간 작업통제라고 하면 선박의 양적하작업을 진행하는 본산작업운영, 반출입차량을 통제하는 게이트운영 그리고 장치장하역장비의 작업을 지시하는 장치장운영과 같이 본산 및 장치장 하역/운반 장비의 운영과 관련된 모든 작업을 조정하고 구체적인 작업을 지시하는 것을 의미한다.

본산작업운영모듈은 본산하역장비의 양적하작업에 대한 감시, 통제와 조정 기능을 수행한다. 작업 완료 시간 예측, 작업 순서 변경 및 담당장비의 역할교체, 배차계획 및 추가배차 그리고 작업부하 평준화 및 작업계획 조정을 담당한다. 또한 양적하 작업지시와 문제발견 및 보고의 기능이 포함되었다. 양적하작업이 수행되기 위해서는 한 선박에 대해 몇 대의 본산 하역장비가 배정되고 여기에는 다시 이동장비 그리고 장치장 하역장비가 배정된다. 다양한 장비들이 공동으로 작업을 수행하므로 운영의 특징상 초기의 계획만으로는 장비에 대한 효율적인 활용이 힘들다. 또한 터미널의 규모가 점차 확대되는 추세에서 중앙집중형 통제방식으로 효율적인 관리를 이루기에는 통신량과 호스트의 부하가 급격히 증가하는 문제점을 가지게 되었다. 본 연구에서는 분산형 통제 방안을 제안함으로써 앞서 언급된 여러 문제점의 해결과 유연한 의사결정을 지원하고

있다.

게이트 운영모듈에서는 반입작업과 반출작업을 처리한다. 반입작업은 컨테이너를 적재한 외부차량으로부터 반입요구를 게이트에서 접수하여 반입장치지점 즉, 외부차량의 이동 위치를 지시한다. 이때 추후 적하작업이 신속하게 진행되고 장비들의 처리율이 증대되도록 수출장치장 계획정보를 이용하여 장치지점을 결정한다. 반출작업은 현재 장치장에 있는 컨테이너를 가져 나가려는 반출요구를 게이트에서 접수하여 차량의 행동을 지시하고 장치장 장비의 작업을 통제하는 과정을 의미한다.

장치장 운영모듈은 장치장 내의 하역장비에게 임무를 부여하고 수행작업을 지시한다. 게이트 운영모듈과 본산작업 운영모듈이 요청하는 장치장 작업을 각 장비의 현재 임무와 위치를 고려하여 작업지연이 최소화되도록 장비의 행동을 통제한다. 또한 각 작업들의 진행상황을 감독하면서 이들을 가용한 장비들에 배정하여 작업지시를 내린다. 반입작업을 담당하는 하역장비에겐 추후 적하작업의 용이성을 향상시키기 위해 현재의 장치모양과 도착컨테이너의 무게를 고려하여 장치위치 (Yard Slot)를 지시한다[4]. 반출작업을 지시 받은 장치장하역장비에 대해서는 재작업에 관한 작업내용도 함께 지시해야 한다. 그러므로 실제 작업진행 중에 돌발적으로 발생되는 처리을 저하요인을 발견하여 해결하고 작업 전체의 작업효율을 향상시켜 서비스의 질을 향상시키는 것이 장치장운영의 목적이다. 〈그림 11〉은 실시간 작업통제 모듈에서 컨테이너 터미널에서 운영되는 장비상황을 파악하는 모니터링 화면이다.



〈그림 11〉 실시간 작업통제 모듈의 모니터링화면



5.2 장비/인력 계획모듈

장비/인력 계획은 컨테이너 터미널이 보유하는 취급장비들을 본선하역장비, 장치장하역장비, 운반장비로 구분하여 각 장비에 관련된 정보를 관리하고 대략적 작업 부하 계획을 작성하는 장비관리의 역할과 투입작업인력에 대한 정보관리 및 계획수립을 위한 인력관리 역할을 지닌다. 인력 관리에는 기준 정보관리, 작업인력 일정계획과 생산성 분석의 기능이 있다.

자원관리에서는 복잡한 의사결정 과정을 도입하기 보다는 담당자의 의사결정사항과 예기치 못한 변동사항을 신속히 반영시킴으로써 타 업무와의 원활한 연계를 유지하는 것과 일관된 정보를 통합적으로 관리하는 것이 중요하다.

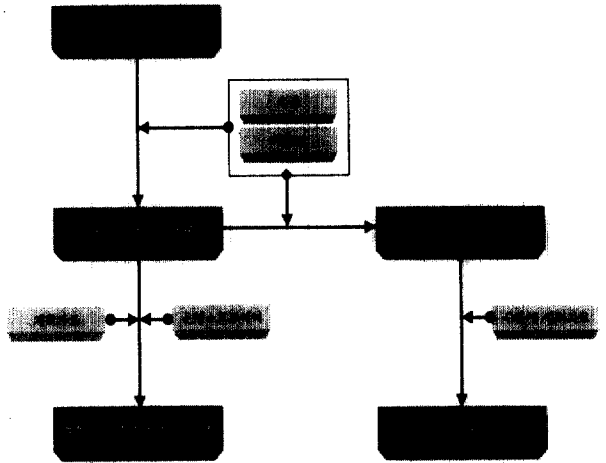
컨테이너 터미널의 운영에 필요한 컨테이너 크레인, 트랜스퍼 크레인, 야드 트랙터 등의 본선/장치장 하역, 운반 장비와 그에 따라 투입되는 인력을 통합하여 관리한다. 대상 장비와 관련된 여러 정보를 관리하며 각 장비들을 수행작업 별로 구분하여 터미널에서 발생하는 작업부하를 산출하여 가용한 작업인력을 배정하고 그에 따른 작업 일정을 작성하게 된다. 따라서 장비/인력 계획모듈의 주목적은 본선/장치장의 하역장비, 운반장비 및 작업인력에 대한 작업할당과 대략적인 계획 수립과 계획의 수행 과정에서 요구되는 변동사항이나 요청에 대한 정보관리이다. 이외에도 작업자들의 실적을 검토하여 생산성을 분석함으로써 실적결과를 제시하고 수행 결과에 대한 타당성 검토에 대한 근거 자료를 제시하게 된다.

6. 시물레이션 시스템

본 연구에서 시물레이션 시스템은 사용목적에 따라 계획/운영 평가용 시물레이션과 시설 평가용 시물레이터로 구분된다. 계획/운영 평가용 시물레이션은 개발시스템의 계획 및 운영논리의 성능을 평가하고 계획결과의 합리성을 사용자가 시물레이션을 통해 평가하여 사전에 문제점을 발견하여 보완케 함으로써 현장적용의 소요기간을 단축시킨다. 그리고 시물레이터는 항만의 초기 투자시의 대안 평가 및 시설물 혹은 장비변경에 관한 생산성 분석을 간편하게 한다[3,8].

시물레이션 시스템 개발을 위해 사용한 SIMPLE++는 객체지향구조를 가진 시물레이션 개발 전용 툴이다. 객체지향 모델링의 기본객체는 개발 툴이 제공하는 기본 속성값을 가진 객체로 고유한 하나의 기능만을 수행하도록 되어 있으며 사용자 정의 객체는 기본객체에 사용자가 요구하는 속성을 추가하

여 새로운 속성을 가진 객체를 만들어 낸 것이다[20]. 클래스 라이브러리는 기본객체와 사용자 정의 객체를 모아 두어 시스템의 개발과 수정, 확장, 재사용 등의 경우에 편리한 기능을 제공한다. 그리고 매소드는 객체간의 관계와 속성의 변화, 모델의 적용, 시스템 제어 등의 전체적인 시물레이션의 진행을 가능하도록 하는 제어기의 역할을 하며 데이터는 시물레이션을 실행시키기 위해 필요한 정보를 항목별로 분류하여 관리하도록 한다. <그림 12>는 시물레이션 시스템의 구성요소들 나타내고 있다.



<그림 12> 시물레이션 시스템 구성요소

6.1 계획/운영 평가용 시물레이션 모듈

먼저 대상 컨테이너 터미널에 대한 장치장, 선석, 차량경로 등에 대한 배치안이 사용자에 의해 기초 설계되어야 한다. 그렇지만 운영장비와 컨테이너 터미널의 운영에 대한 사항은 통합시스템의 공유 데이터베이스로부터 직접 읽어와 시물레이션에 반영시킨다. 운영 평가용 시물레이션에서는 주로 실시간 작업통제/자원할당 시스템의 운영논리와 성능을 평가한다. 예를 들면 게이트를 통해 접수되는 반입 요청을 생성시켜 수출장치장 계획에 근거한 게이트운영모듈이 다양한 요구에 대해서 효과적으로 적용되는 지를 살펴본다. 즉, 운영평가용 시물레이션은 계획단계에서 추정된 상황에 대하여 운영모듈이 계획결과를 작업지시로 올바르게 집행하는가와 계획의 작업물량 예측 범위를 벗어난 작업요청에 대해서도 유연하게 대처하는가를 점검한다. 그러므로 시물레이션은 작업지시가 요청되는 시점마다 실시간 작업통제의 본선작업운영모듈, 장치장운영모듈과 게이트운영모듈을 실행시킨 결과를 입력받아 다음 사건을 진

행시킨다. 사용자는 마치 현장과 동일한 환경을 갖춘 가상의 컨테이너 터미널에서 통합운영시스템이 정상적으로 운영되는 지를 확인하게 된다. 이 시스템을 이용하여 계획 및 운영 논리를 현장에 바로 적용하려고 할 때 예상하지 못했던 여러 상황에 의해서 생겨날 수 있는 문제점들을 개발단계에서 시뮬레이션을 통한 테스트를 거치게 됨으로써 그 완성도를 향상시킬 수 있다. 따라서 실제 현장에서 계획 및 운영 시스템을 사용하게 되는 환경과 유사하도록 시뮬레이션 모형을 구축하는 것이 중요하다. 특히 의사결정과정에서 주요한 근거가 되었던 계획정보와 운영기능이 상호 연계되어 생산성 분석을 위한 여러 통계량을 제시함으로써 논리에 있어 보완해야 할 부분이 무엇 인지를 쉽게 파악할 수 있도록 해야 한다.

반면에 계획 평가용 시뮬레이션에서는 계획단계에서 예상한 적정물량만을 생성시키면서 통합시스템의 공유 데이터베이스로부터 계획결과를 직접 읽어와 계획자가 예상한대로 작업이 진행되는지를 점검하게 된다. 따라서 운영 평가용 시뮬레이션과의 차이점은 시뮬레이션 내부에 대략적인 운영능리가 구현되어 단기간(보통 하루이내)내에 수행될 여러가지 운영계획의 타당성을 점검해 보기 위한 것이다. <그림 13>은 국내 P 컨테이너 터미널을 대상으로 구현된 계획 평가용 시뮬레이션의 수행화면이다.



<그림 13> 계획 평가용 시뮬레이션의 수행화면

6.2 시뮬레이터 모듈

시뮬레이터는 변경 가능한 요소를 다양하게 제시하여 사용자가 편리하게 여러 대안을 평가할 수 있게 지원하는 모듈이다. 컨테이너 터미널의 처리능력에 영향을 미치는 여러 요인

들을 간단한 입력작업과 조작만을 통해 시뮬레이션 모형이 구현되도록 설계하였다. 장비의 처리율, 장치장의 활용도 그리고 선석점유율 등의 주요 평가용 통계량이 간편하게 얻어진다. 시뮬레이터에서 사용자가 변경 가능한 주요 요인들을 <표 2>에 정리하였다.

시뮬레이터는 컨테이너 터미널을 구성하는 주요자원인 선석, 장비, 게이트와 장치장에 대한 SIMPLE++용 클래스 라이브러

<표 2> 시뮬레이터를 위한 주요 입력자료

대분류	중분류	소분류	입력항목	
운영 수익 변동 요인	실험 조건	시뮬레이션 실험조건	시뮬레이션 수행 시간	
			시뮬레이션 초기화 시간	
			시뮬레이션 수행 횟수	
		취급 컨테이너에 대한 정보	수출 컨테이너의 처리량	
	수입 컨테이너의 처리량			
	이선적 컨테이너의 처리량			
	운영 규칙	장치장 운영규칙	컨테이너의 크기별 비율	
			선박별 작업물량	
			반입허용시간	
	장비 운영규칙	장비 운영규칙	반출허용시간	
선석별 장치 블록				
트랜스퍼 크레인의 작업영역				
컨테 이너 취급 장비	장치장 하역장비	장치장 하역장비	선박당 투입 컨테이너 크레인 대수	
			컨테이너 크레인별 야드트랙트 대수	
	본선 하역장비	본선 하역장비	트랜스퍼 크레인의 투입 대수	
			트랜스퍼 크레인의 사양	
	이동장비	이동장비	컨테이너 크레인의 투입 대수	
			컨테이너 크레인의 사양	
	투자 비용 변동 요인	게이트	게이트	야드 트랙트의 투입대수
				야드 트랙트의 사양
				외부 트레일러의 사양
				입구 개수
장치장		장치장	장치장	출구 개수
				게이트 입구 서비스 시간
				게이트 출구 서비스 시간
				게이트와 장치장의 거리
				게이트와 장치장의 교차점
				장치장 배치
선석	선석	선석	블록 개수	
			차량운행경로	
			블록 내 배이의 개수	
			배이별 열수	
			배이별 단수	
			좌현/우현 접안 선택	
			선석의 수	
			선석과 장치장 이동 교차점	
			선석과 장치장의 거리	

리를 구현하였다. 그러므로 사용자는 각 자원이 지나는 변수 값만을 입력시킴으로써 시뮬레이션 모형이 생성되게 된다. 예를 들어 사용자가 장치장에 관한 내용을 변경시키면서 실험을 하게 될 경우에는 클래스 라이브러리에서 블록의 수, 블록에서의 배이 수 등의 장치공간에 대한 입력내용과 차량의 이동 경로를 재정의하면 된다. <그림 14>는 시뮬레이터에서 사용자가 장치장의 블록 배치 (국내 P컨테이너 터미널의 경우)에 관한 자료를 입력하는 화면을 보여준다. 계획 평가용 시뮬레이션과 비교할 때 대략적 운영논리를 내부에 구현한다는 점에서는 유사하지만 모든 입력자료를 통합시스템의 공유데이터베이스와는 별개로 생성, 관리한다는 것이 큰 차이점이다.

	string	string	string	string	string	string	string	string	string	string	string	string	string	string
string	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0			1		2		3		4		5		6	
1			5		5		5		5					
2	A	3	C	6	C	6	C	6	C	6	C			
3														
4	B	3	B	6	B	4	B	4	B	6	B	6		
5			1		2		2		1		1			
6	C						4		A	6	E	6		
7														
8	D													

<그림 14> 장치장 정의용 사용자 입력화면의 예

## 6. 결론

이상으로 컨테이너 터미널의 효율적인 운영을 위한 의사결정지원시스템의 주요 기능과 관련된 개발 내용을 소개하였다. 끝으로 본 연구를 통하여 구축된 통합 운영시스템의 의미와 특징을 요약하면 다음과 같다.

(1) 효율적 운영을 위한 자동 의사결정을 지원하는 의사결정지원 시스템을 개발하였다.

본 연구에서 제안하는 통합시스템은 단순한 정보관리 수준의 전산시스템도 아니고 그렇다고 작업자를 배제한 완전한 자

동화 의사결정 시스템도 아니다. 이들 상호의 단점을 보완하는 의사결정지원시스템이다. 반복적이고 일반적인 과정에 대해서는 시스템이 부분적으로 자동의사결정을 수행하지만 사용자의 판단이 요구되거나 예외적인 상황에 대해서는 작업자의 의사 결정을 충분히 반영할 수 있게 하였다. 또한 감시 및 예측기능을 가지고 있으므로 문제발생에 대한 예방과 의사결정의 타당성을 검증하는 효과를 얻을 수 있다.

(2) 자원활용의 효율화에 역점을 두었다.

기존의 운영 체제 내에서는 여러 계획 및 운영 모듈들이 개별적으로 분리되어 독립적인 의사결정을 수립함으로써 상호간의 자원 배분에 낭비 요인이 발생하기 쉽다. 또한 자원의 과도한 선점에 따른 생산성 저하의 원인이 사전에 조정되기 어렵고 실시간 정보에 대한 관리가 비효율적이었다. 하지만 본 개발시스템은 각 작업이 공유하는 장치장, 장비, 인력 등의 주요 자원을 중심으로 각 작업에 대한 계획과 운영이 통합적으로 관리, 운영됨으로써 개별 기능들의 사용 과정은 전체적인 자원 활용의 관점에서 조정을 거쳐 의사결정 정책을 수립하게 된다.

(3) 계획 및 운영논리의 평가를 위해 시뮬레이션을 도입하였다.

사용자는 시스템의 의사결정결과에 대해 의구심을 가질 수 있고 자신의 판단을 의사결정과정에서 일관되게 유지하기도 힘들다. 계획결과가 예상한 대로 시스템에서 반영되는 지 혹은 운영 논리가 설계한 의도대로 기능을 발휘하는가에 대한 검증은 실행 전에 반드시 평가 되어야 하는 부분이다. 그러므로 본 연구에서의 시뮬레이션 시스템은 비용절감, 손실예방, 시간 단축의 측면에서 일정 시점 후의 계획/운영에 대한 결과를 예측함으로써 결과적으로 시스템 성능에 대한 효과적인 타당성 검토 방안일 뿐만 아니라 사용자의 신뢰감을 향상시킨다.

본 연구에서 개발한 시스템은 현장의 자료를 이용하고 실무에의 적용을 목표로 개발되었지만 아직 실무에 적용한 것은 아니다. 따라서 실무적용 과정을 거치면서 그 구조나 논리가 많이 다듬어져야 할 것으로 생각한다. 그리고 향후 터미널의 추세가 자동화로 향하고 있다는 점과 자동화 터미널에서는 운영업무의 자동화, 지능화가 필수적임을 감안해 볼 때, 본 논문에서 제시된 여러가지 문제들은 앞으로도 계속하여 연구되어야 할 과제라고 할 수 있다.

## 【참 고 문 헌】

- [1] 김갑환, 김기영, 고창성, "컨테이너 터미널에서의 수출컨테이너의 적하순서문제의 수학적 모델," 한국생산관리학회지, 제8권, 제2호, pp.93-111, 1997.
- [2] 김갑환, 김기영, 고창성, "컨테이너 터미널에서의 유전자해법을 이용한 적하계획법," 대한산업공학회지, 제23권, 제4호, pp.645-660, 1997.
- [3] 김갑환, 김홍배, 홍봉희, 김기영, 배종욱, 최진오, 김두열, 이영기, 박영만, 박강태, 손행태, "수출입 컨테이너 장치장배정을 위한 소프트웨어의 개발," 경영과학, 제12호, 제3호, pp.1-15, 1995.
- [4] 김갑환, 박영만, "무게를 고려한 수출컨테이너의 장치위치결정법," 대한산업공학회지, 제22권, 제4호, pp.753-770, 1996.
- [5] 이홍걸, 이철영, "발견적 알고리즘에 의한 컨테이너 터미널의 선석 배정에 관한 연구," 한국항만학회지, 제9권, 제2호, pp.1-8, 1995.
- [6] 윤영철, 문성혁, "컨테이너 터미널 사용자 비용을 최소화하는 선석과 크레인의 최적 구성에 관한 연구," 한국항만학회지, 제9권, 제2호, pp.39-49, 1995.
- [7] 장성용, 박진우, "시뮬레이션 기법을 이용한 컨테이너 터미널의 운영시스템 결정," 대한산업공학회지, 제1권, 제1호, pp.49-62, 1988.
- [8] 조덕운, "컨테이너항 전산 모의실험 모형의 개발," 대한산업공학회지, 제11권, 제2호, pp.173-187, 1985.
- [9] Castilho, B. D. and Daganzo, C. F., "Handling Strategies for Import Containers at Marine Terminals", Transp. Res. B., Vol. 27b, No. 2, pp. 151-166, 1993
- [10] Cho, D. W., "Development of a Methodology for Containership Load Planning", Ph.D. Thesis, Oregon State University, 1982.
- [11] Daganzo, C. F., "The Crane Scheduling Problem", Transportation Research, Vol. 23B, No. 3, pp.159-175, 1989.
- [12] Engelhart, T. W. and Radomske, "Computer Assisted Terminal Operations Management Systems", Bulk Solids Handling, Vol. 2, No. 3, pp. 421-430, 1982
- [13] Heindel, D. S., "Integrated Control System for a Modern Coal Export Terminal", Bulk Solid Handling, Vol. 4, No. 1, pp. 29-37, 1984
- [14] Kim, K. Y. and Kim, K. H., "A Routing Algorithm for a Single Transfer Crane to Load Export Containers onto a Containership", Computers and Industrial Engineering, Vol. 33, No. 3-4, pp.673-676, 1997b.
- [15] McDowell, E., Cho, D., Martin, G., and West, T., "A Study of Maritime Container Handling", Oregon State Univ., Sea Grant College Program Ads 403, Publication no. ORESU-T-85-003, 1985
- [16] Silberholz, M. B., Golden, B. L. and Baker, E. K., "Using Simulation to Study the Impact of Work Rules on Productivity at Marine Container Terminals", Computers Ops. Res., Vol. 18, No. 5, pp. 433-452, 1991
- [17] Taleb-Ibrahimi, M., "Modeling and Analysis of Container Storage in Ports", Ph.D. Thesis, Univ. of California at Berkeley, 1989
- [18] Van Hee, K. M. and Wijbrands, R. J., "Decision Support System for Container Terminal Planning", European Journal of Operational Research 34, pp. 262-272, 1988
- [19] Watanabe, I., "An Approach to the Automated Container Terminals", Seminar Material on Automated Container Terminals by Korean Institute of Machinery & Materials, 1996. 11.
- [20] Yun, W. Y., Choi, Y. S., and Seo, J. H., "Development of an Object-Oriented Simulation System for the Operation and Planning of Port Container-Terminal," Proceedings of the 14th International Conference on Production Research, Osaka (Japan), pp.774-777, 1997.



김갑환  
 1977년 서울대학교 산업공학과 학사  
 1979년 한국과학기술원 공학석사  
 1987년 한국과학기술원 공학박사  
 현 재 부산대학교 산업공학과 교수  
 관심분야 물류관리, 생산관리



김중훈  
 1982년 동아대학교 전자공학과 학사  
 현 재 현대중공업(주) 프랜트/해양사업본부 전장설계부 차장  
 관심분야 항만자동화, 운반기계자동화, 메카트로닉스



김홍배  
 1981년 서울대학교 산업공학과 학사  
 1983년 한국과학기술원에서 공학석사  
 1997년 부산대학교 산업공학과 박사과정 수료  
 현 재 경성대학교 산업공학과 교수  
 관심분야 물류관리, 생산시스템의 전산화, 생산계획, 일정 관리



권봉재  
 1984년 부산대학교 기계공학과 학사  
 현 재 현대중공업(주) 산업기술연구소 선임연구원  
 관심분야 Simulation, 전문가 시스템, 자동화 장비 분석 및 설계



윤원영  
 1982년 서울대학교 산업공학과 학사  
 1984년 한국과학기술원 공학석사  
 1988년 한국과학기술원 공학박사  
 현 재 부산대학교 산업공학과 부교수  
 관심분야 신뢰성·보전성 공학, 시뮬레이션



조지운  
 1989년 울산대학교 산업공학과 학사  
 1992년 University of Missouri-Columbia 석사  
 현 재 현대중공업(주) 산업기술연구소 연구원  
 관심분야 물류자동화, CAD/CAM, Manufacturing Design & Analysis