

**개선된 User Interface를 고려한 인천항 선석운영 DSS 개발**  
 - A Study on the Development of DSS with Improved User Interface in the  
 Inchon Berth Operation -

박 제 원\*  
*JeWon, Park*  
 김 영 민\*  
*YoungMin, Kim*  
 이 창 호\*  
*ChangHo, Lee*

**요 약**

선석배정문제는 항만운영 및 관리의 첫단계이며, 각 항만의 지리적, 자연적 특성에 따라 매우 독특하면서 복잡한 성향을 띠고 있다. 특히, 인천항은 그 지리적 특성상 갑문이라는 특수한 시스템과 많은 종류의 화물을 취급하기 때문에 만성적인 체선·체화 현상을 보이고 있으며 많은 물류비의 상승 등 경쟁력을 상실하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 인천항의 갑문이용과 선석의 배정문제에 있어서 실제 인천항을 운영하는 전문가 집단의 지식을 규칙화하고, 실제자료를 토대로 갑문의 영향을 분석하여 보다 효율적으로 운영할 수 있는 시스템과 예기치 못한 상황에 대한 대처를 원활히 할 수 있는 선석운영 의사결정지원시스템을 구축하였다.

특히 본 연구에서는 기존 연구에서 고려하지 못한 갑문을 중심으로 교차제한사항과 선석운영의 효율을 높일 수 있는 이안을 예상한 입항선박을 고려하였으며, 더 나아가 사용자로 하여금 쉽고 빠르게 선석을 운용할 수 있도록 개선된 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic user interface)를 갖는 대화식 접근법(User interactive approach)체제의 실시간 선석운영 의사결정지원시스템을 개발하였다.

## 1. 서 론

항만은 국가경제를 선도하는 중요한 사회간접자본시설이자 지역경제발전의 견인차 역할을 담당하고 있으며, 한반도는 항만시설의 지속적인 확충을 통해 동아시아의 물류 중심국가로 새롭게 발돋움하고 있다.

그러나 인천항은 국내 제2의 수출입항임에도 불구하고 처리한계를 넘어섰을 뿐 아니라 만성적인 체선, 체화로 인해 물류비용증가 등의 문제점을 야기하고 있으며, 낙후된 설비와 정보관리체제의 미비로 인하여 그 경쟁력을 상실하고 있는 실정이다.

---

\* 인하대학교 산업공학과

인천항 부두운영에 있어서 가장 기본이 되며, 효율적이고 합리적으로 처리되어야 할 부분인 입항하는 선박에 대해 화물을 양적·할 수 있는 선석을 배정하는 작업은 신속·정확한 의사결정이 요구된다. 실제로 인천항은 이러한 선석배정문제를 선박의 접안 하루 전에 선석회의를 통하여 다음 날의 부두사용을 배정하는 방식으로 운영되고 있다.

본 연구에서는 2개의 갑문시설과 이미 시행중인 부두운영회사제도(Terminal Operation Company : TOC)하에서 화물 및 선박종류의 다양성과 복잡성으로 인해 선석배정에 어려움을 겪고 있는 인천항을 대상으로 실제 자료를 토대로 가장 큰 특성이 라고 할 수 있는 갑문의 영향을 분석하고, 선석배정에 관련된 기존의 전문가 지식을 재구성하여 관련 데이터 베이스화 하였으며, 특정 선석에서 작업시간의 지연, 접안선석의 변화 등에 대한 정보를 실시간으로 업데이트함으로써 예측하지 못한 상황들까지 반영하였다.

기존 연구[2]에서는 2개의 갑문시스템과 45개의 선석배정에 관련된 일반적인 사항은 연구되었으나, 특히 고려하지 못한 사항 중에 갑문을 중심으로 전·후의 선박 충돌을 방지하기 위한 교차제한 사항과 접안 중인 선박의 이안을 예상하고 미리 입항하는 선박에 대한 연구로 기존연구보다 현실에 더 가깝게 고려하게 되었으며, 선석운영 효율을 향상시킬 수 있었다. 또한 사용자로 하여금 신속하고, 효과적인 의사결정을 지원할 수 있도록 개선된 User Interface로 가장 타당한 선석 배정을 함으로써 보다 효율적으로 인천항 운영을 지원할 수 있는 실시간 선석배정 의사결정시스템을 구축하였다.

## 2. 인천항의 운영방식

현재 선박의 입항에서 출항까지 전체업무과정을 포괄적으로 다루지는 못하는 기초 단계에 있지만, 항만정보시스템(Port information system)으로 PORT-MIS와 KL-NET을 이용한 정보처리 전산화가 진행되고 있다. 항만의 운영은 크게 선석을 지정하는 단계와 화물을 양적·할 하는 단계로 나눌 수 있는데, 현재는 실시간으로 변하는 동적인 상황은 원활하게 반영하지는 못하고 “선석회의”라는 모양을 통하여서 1일 1회에 한하여 선석배정을 하고 있다.

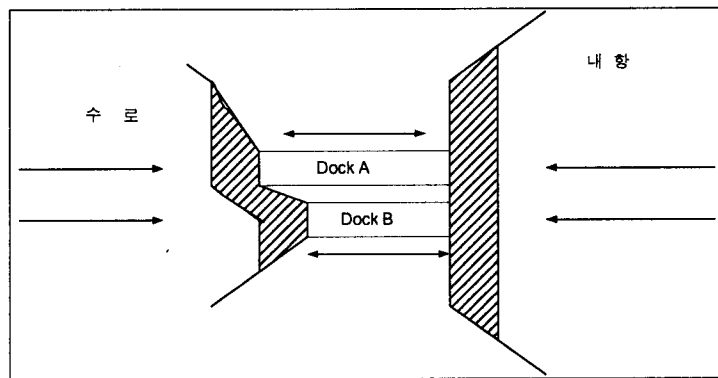
선박의 입·출항에서 가장 중요한 선석회의는 인천항 관계자들이 다음날의 선석사용을 갑문유형(1만톤급, 5만톤급)에 따른 사용갑문과 부두운영회사제도, 내항수심, 갑문을 중심으로 전·후의 교체제한 사항들을 종합적으로 고려하여 입·출거시간과 접안선석을 결정하게 된다.

선석배정 규칙은 크게 세가지로 나눌 수 있는데 먼저 기본적으로 입항선박은 입항예정시간을 기준으로 입항이 이루어지며, 자국적선과 수출선 및 특수선박에 한하여 우선권의 혜택을 주는 갑문사용 우선순위 결정규칙(배정규칙1)과 부두운영회사제도에 따라서 하역사나 화물별 선석을 배정하는 하역사별-하물별 선석배정규칙(배정규칙2), 접안선석의 안전을 위해 화물을 실은 선박의 흘수(Draft)와 선거내 수위를 최소 0.3m로 제

한하는 선박의 선석접안규칙(배정규칙3)으로 나뉜다[1], [2]. 다음은 본 연구에서 추가로 고려한 갑문을 중심으로 한 전·후의 교차제한 사항과 이안예상 입항에 관한 내용이다.

**가. 갑문을 중심으로 전·후의 교차제한사항**

갑문을 중심으로 내항쪽과 수로쪽으로 선박의 이동경로는 <그림1>와 같으며, 빗금 친 부분은 각각 선박이 5분동안 이동하게 되는 구간으로 선박의 충돌사고에 대한 고려사항으로 두 대이상의 선박이 동시에 해당구간에서 이동할 수 없도록 되어있다.



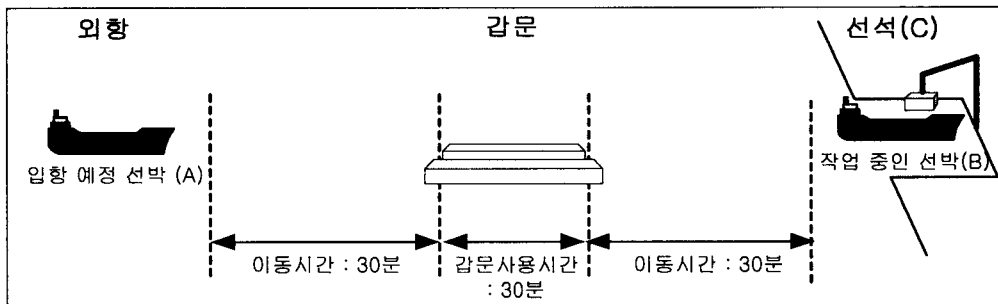
<그림 1> 갑문주위의 선박이동 상황과 교차 제한 구간

**나. 이안예상 입항**

본 시스템에서는 선석운영의 효율을 높이기 위해서 작업중인 선박의 작업종료 시간을 예상하고 미리 입항예정인 선박을 입항시킬 수 있도록 구현하였다.

이를 설명하기 위해 현재 시간을 12시 30분이라고 하고, <그림 2>과 같이 외항에 선박 A 한 대가 입항하려고 대기하고 있으며, 선석 C에는 선박 B가 작업중이고 작업종료예상시간을 14시라 가정하자.

먼저 이안예상 입항을 고려하지 않는다면 입항을 위해 대기중인 선박 A는 선석 C에 접안하기 위해 선박 B의 작업이 끝나고 선석에서 이안하게 되는 14시에 선박 A가 입항할 수 있다



<그림 2> 갑문주위의 선박이동 상황과 교차 제한 구간

선박 A가 14시에 입항하기 시작하여 갑문까지 이동(30분), 갑문이용(30분), 선석까지의 이동(30분)을 거쳐, 15시 30분이 되어서야 접안하여 작업을 할 수 있게 된다. 따라서, 선석 C는 14시부터 15시30분까지 1시간 30분동안 유힬중인 상태로 있으며, 선박 A는 14시가 되어야 출발하게 되므로 1시간 30분동안 입항을 위해 대기하게 된다.

하지만, 같은 상황을 이안예상 입항을 적용한다면, 작업종료시간 14시를 예상하고 미리 출발하여 선박 A는 갑문까지의 이동시간 30분, 갑문사용시간 30분, 선석까지의 이동시간 30분을 고려하여 12시 30분에 출발하여 14시부터 선석에 접안하여 작업을 시작할 수 있게 된다.

그러므로 선석은 유힬시간 없이 작업이 진행되고 선박 A는 입항을 위해 대기하는 시간을 최소로 할 수 있다. 이러한 사항과 위에서 언급한 규칙 및 45개의 선석과 2개의 갑문시스템, 갑문을 중심으로 전·후의 교차사항 등을 종합적으로 고려하여 시스템에 반영하였다.

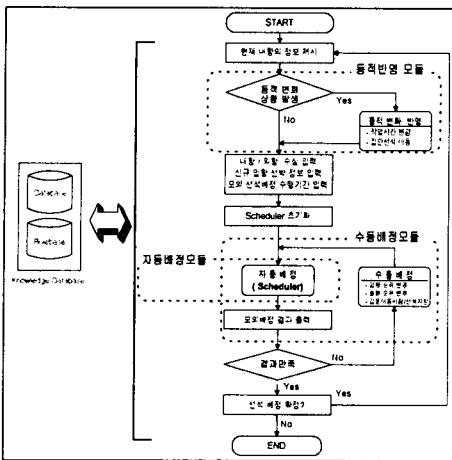
### 3. 시스템의 구성

#### 가. 시스템 전체 Flow

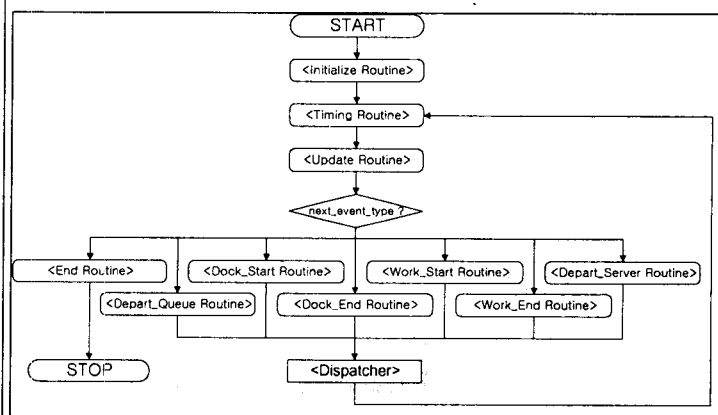
선석배정 의사결정지원시스템은 크게 세부분으로 나뉘며, 첫째로 시스템 스스로 선석을 배정하는 자동배정모듈과 시스템의 상황에 따라 사용자의 경험을 바탕으로 한 의견을 받아들여 선석배정을 수행하는 수동배정모듈, 마지막으로 예측하지 못한 동적으로 변하는 상황에 대해 이를 시스템에 반영하여 해결할 수 있는 동적반영모듈로 구성되어 있다. 본 시스템의 흐름도는 <그림 3>와 같다.

#### 나. Scheduler

스케줄러는 다음에 발생할 사건을 계획하고 발생한 사건을 처리해 주는 이산사건 모델(discrete-event model)을 기반으로 구동된다.



<그림 3> 시스템 전체 흐름도



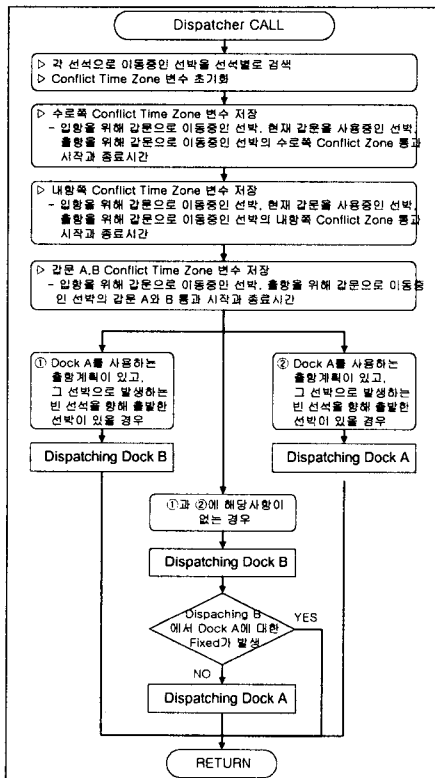
<그림 4> Scheduler 흐름도

시스템 전체 Flow에서 Scheduler을 호출하게 되면 <그림 4>와 같은 Scheduler가 실행되며 다음 발생할 사건을 처리하고 Dispatcher를 호출하게 된다.

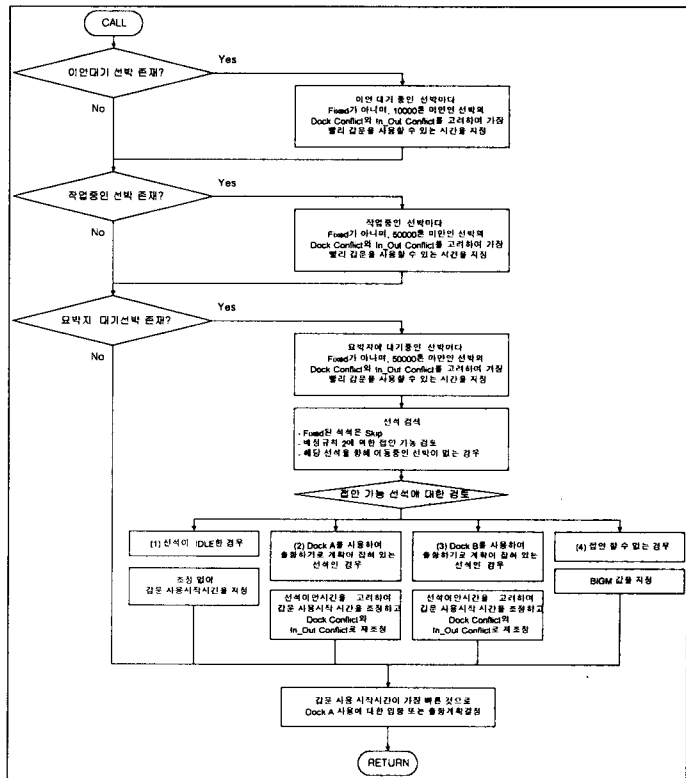
다음으로<그림 5>의 Dispatcher가 실행되면, 갑문을 중심으로 전,후의 교차제한구간과 갑문 사용의 충돌을 계산하여 사용 가능한 갑문을 지정하게 된다.

지정된 갑문을 사용하여 실제로 입항이나 출항을 하게될 선박의 갑문 사용계획을 수립하는 부분은 Dispatching DockA와 Dispatching DockB에서 이루어진다.

<그림 6>은 Dispatching DockA의 흐름도를 간략히 보여주고 있다.



<그림 5> Dispatcher 흐름도



<그림 6> Dispatching DockA 흐름도

**다. 자동배정모듈**

자동배정모듈은 먼저 새롭게 입항하려는 선박의 정보를 입항예정 선박목록에 추가한 후, 갑문사용 우선순위 결정규칙에 의하여 순위를 정한다.

갑문사용 우선순위가 결정된 입항예정 선박목록의 선박들과 출항하려는 선박의 갑문 사용시작시간을 갑문주위의 선박 교차제한구간과 하역사별-화물별 선석배정규칙과 선박의 선석점안 규칙을 종합적으로 고려하여 현재시점 이후의 선석배정을 결정하게 된다.

**라. 수동배정모듈**

수동배정모듈은 사용자로 하여금 갑문사용 우선 순위 결정규칙에 의해 입항하게될

선박의 우선순위와 출항선박의 갑문사용 우선순위를 변경시키거나, 입항선박에 한하여 접안선석 및 갑문사용시점을 지정하는 것과 같은 시스템의 정보를 변경시켜 보다 나은 대안을 찾아 반영할 수 있다.

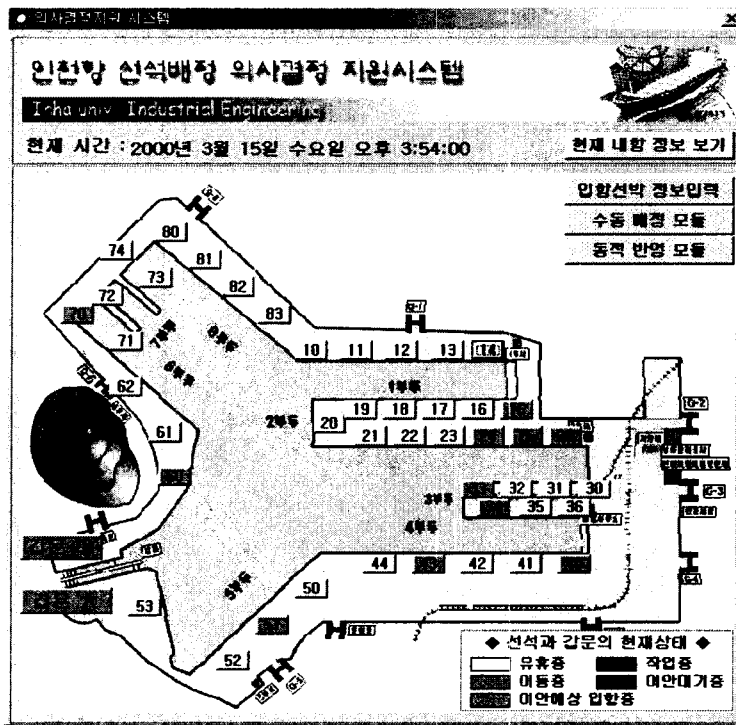
**마. 동적배정모듈**

인천항은 갑문이라는 특수한 시설과 만성적인 체선·체화로 인하여 선석운영이 계획대로 진행되기 어려운 경우가 자주발생하며, 이러한 상황에는 선석에서 작업중인 선박의 작업시간 연장이나, 다른 선석으로 접안중인 선박을 이동시키는 것과 같은 예측하지 못했던 동적으로 변하는 경우들을 실시간으로 시스템에 반영해줄 수 있는 모듈이다.

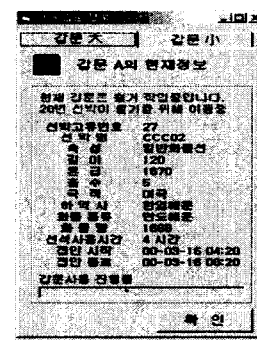
**바. 지식베이스와 데이터베이스**

선석배정에 있어서 입항선박에 대한 갑문사용 우선순위 결정 규칙과 같은 전문가의 지식이나, 1997년 인천항 입·출항 자료를 근거로 분석한 하역사별-화물별 선석배정과 같은 내용을 선석배정 의사결정지원시스템에서 사용하기 위해 지식베이스로 재구성하였다. 데이터베이스는 입항선박의 정보, 선석정보, 출항선박의 정보로 나누어 관리 운용하고 있다.

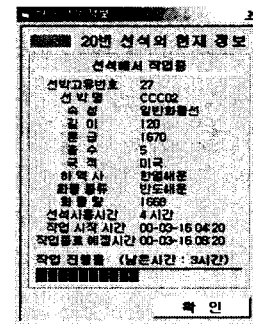
**4. 선석배정 운영시스템의 운용**



<그림 7> 시스템 메인화면



<그림 8> 현재 갑문상황

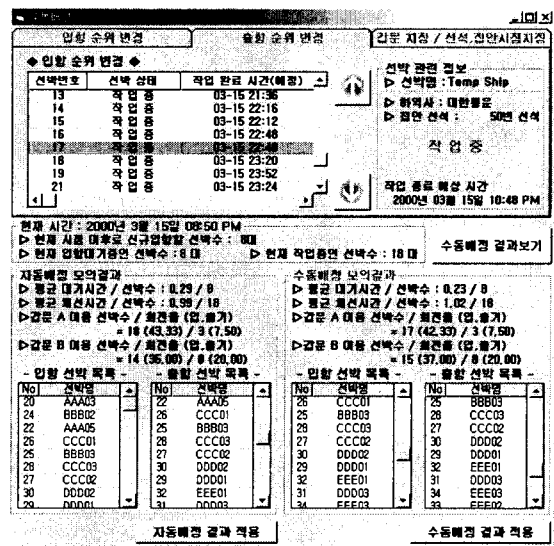


<그림 9> 현재 선석 상황

본 시스템은 현재시점의 인천항 선석상황을 사용자에게 보여주는 <그림 7>과 같은 메인화면으로부터 시작한다. 각 선석이나 갑문 아이콘을 클릭하면 현재 선석이나 갑문의 상황을 <그림 8>과 <그림 9>와 같이 보여준다.

수동배정이나 동적반영 아이콘을 클릭하여, 사용자가 임의로 변경하고자 하는 부분이나, 예측하지 못한 동적으로 변하는 상황을 시스템에 반영할 수 있는 화면이 보여지게 된다.

먼저, 시스템의 현재시점 이후로 입항하거나, 출항하려는 선박의 입항 우선순위나 출항우선순위, 갑문유형과 선석 및 접안시점을 사용자가 직접 지정하고자 할 때 메인화면의 “수동배정모듈” 아이콘을 클릭하여 현재 수심을 입력하면 <그림 10>과 같은 수동 배정 모듈화면으로 이동하게 된다.



<그림 10> 수동배정 모듈 - 입항 순위 변경

<그림 11> 수동배정 모듈 - 출항 순위 변경



<그림 12> 수동배정모듈 - 갑문 지정/선석, 접안시점 지정

수동반영모듈에서 지원하는 입항 순위 변경, 출항 순위 변경, 갑문지정/선석 접안시점 지정등의 내용은 <그림 10>, <그림 11>, <그림12>와 같은 수동반영모듈 화면상단에 있으며 좌하단의 “자동배정 모의결과”는 순수하게 현재 인천항내에 있거나, 입항 예정인 선박들을 아무 변경사항 없이 앞에서 언급한 갑문사용 우선순위 결정규칙, 하역사별-화물별 선석배정규칙, 선박의 선석접안규칙, 갑문을 중심으로 전·후의 교차제한 구간사항과 이안예상 입항 등과 같은 여러 가지 사항을 시스템이 완전히 자동으로 선석을 배정했을 때의 결과를 이 부분에서 보여주게 된다.

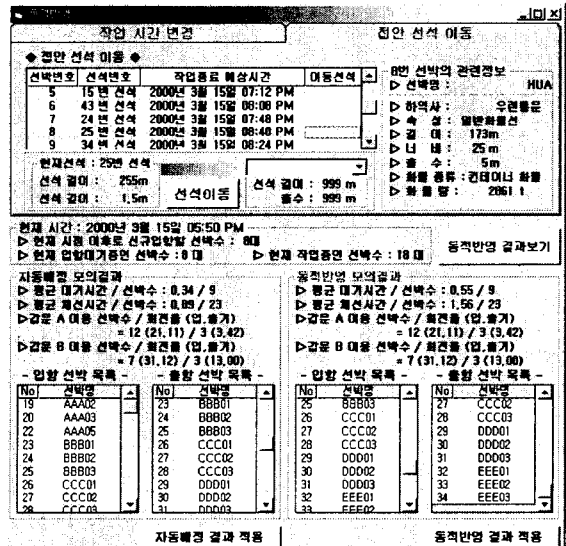
사용자가 원하는 내용을 간단한 마우스 조작과 키보드 입력으로 조정한 후 “수동배정결과 보기”아이콘을 클릭하면 화면 우하단의 “수동배정 모의결과”부분에 현재시점 이후 사용자가 입력한 변경사항을 반영하여 자동으로 선석배정을 한 결과가 나타나게 된다. 이러한 모의배정은 만족한 결과가 얻어질 때까지 계속되며, 만족한 결과가 얻어지면 “수동배정 결과적용”아이콘을 클릭하여 해당 내용을 시스템에 반영한다. 하지만 만족한 결과를 얻지 못할 경우 “자동배정 결과적용”아이콘을 클릭하면 시스템이 자동으로 배정한 결과를 반영 수행하게 된다.

다시 메인화면이 보여지며 “현재 내항정보 보기”아이콘을 클릭할 때마다 시스템은 현재시점의 내항정보를 화면에 보여줌과 동시에 시스템을 현재시점으로 업데이트한다.

이렇게 실시간으로 진행되는 도중에 예측하지 못한 동적으로 변하는 상황, 예를 들어 접안하여 작업중인 선박의 작업시간 연장변경이나, 이미 접안한 선박을 다른 선석으로 재 배정하는 내항 내 선석이동 등은 “동적반영 모듈”아이콘을 클릭하면 시스템에 반영할 수 있다.



<그림 13> 동적반영 모듈 - 작업 시간 변경



<그림 14> 동적반영 모듈 - 접안 선석 이동

동적반영모듈은 <그림13>, <그림14>와 같은 화면으로 구성되어 있다. 시스템에 동적으로 발생하는 상황을 반영시키는 방법은 수동배정모듈과 비슷하며, 이 또한 사용자가 만족한 결과를 얻어낼 때까지 현재시점이후의 선석배정을 모의로 실행시킬 수 있



다.

아울러 접안 선석에서 선박의 이안을 예상하고 미리 입항하려는 선박이 존재할 경우 수동배정모듈이나 동적반영모듈이 시스템에 반영될 경우 심각한 오류가 발생할 소지가 있다. 이를 보완하기 위해 본 시스템은 현재시점을 기준으로 2시간 내로 발생할 내용에 대해서는 사용자의 개입을 불가능하게 하였으며, 또한 이에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 조작도 미연에 방지하고 있다.

## 5. 결론 및 추후연구과제

본 연구에서는 인천항을 대상으로 체선·체화의 주요 원인인 갑문에 대한 분석과 선석배정 문제를 부두운영회사제도하에서 전문가의 경험적인 지식을 바탕으로 재구성하여 선석배정을 지원할 수 있는 지식기반 선석배정 운영시스템 구축하였다.

또한 사용자가 수정하고자 하는 입항과 출항에 관련된 사항과 실시간으로 변하는 인천항의 예기치 못한 상황을 시스템이 반영할 수 있도록 구축하였으며, 갑문을 중심으로 전·후의 교차 제한사항과 이안을 예상한 입항을 추가로 고려하여 보다 현실에 가깝고 선석운영의 효율을 높일 수 있도록 개발하였다. 아울러 보다 사용자가 쉽고 신속하게 만족할만한 결과를 인천항 선석운영에 적용시킬 수 있도록 개선된 User Interface로 시스템을 구축하였다.

앞으로의 연구과제로는 실시간 변하는 인천항의 수심을 자동으로 시스템에 반영할 수 있는 방안과 선석운영의 효율을 향상시킬 수 있는 선석의 연속관리가 고려된 선석배정문제를 들 수 있다.

### - 참고문헌 -

- [1] 김동희, 김봉선, 이창호, "인천내항을 위한 시뮬레이션 모델 개발", 한국항만학회 춘계학술대회, 1999
- [2] 유재성, 김동희, 김봉선, 이창호, "인천항의 효율적 선석운영을 위한 실시간 의사결정지원시스템 구축", 한국항만학회, 제13권, 제2호, 1999.
- [3] 인천지방해운항만청, 인천항백서, 인천지방해양수산청, 1997
- [4] 인천지방해운항만청, 인천항항만시설운영세칙, 인천지방해양수산청, 1998
- [5] 장성용, 컴퓨터 시뮬레이션, 서울산업대학교, 1993
- [6] 한진해운(주) 인천지점, 항만(부두)의 관리 운영과 개발실태 및 애로현황, 한진해운(주) 인천지점, 1996
- [7] A. M. Law and W. D. Kelton, Simulation Modeling & Analysis, McGraw-Hill, 1991
- [8] D. Akoumianakis and C. Stephanidis, "Knowledge-Based Support for User

- Adapted Interaction Design", Expert system with application, Vol.12, No.2, 1997
- [9] Kao, C. and Lee, H. T., "Coordinated Dock Operations : Integrating Dock Arrangement with Ship Discharging", Computers in Industry, Vol.28, 1996
- [10] Kao, C. Li, D.-C., Wu, C. and Tsai, C.-C., "Knowledge-based Approach to the Optimal Dock Arrangement", International Journal of Systems Science, Vol.21, No.11, 1990
- [11] K. V. Ramani,, "An Interactive Simulation Model for the Logistics Planning of Container Operations in Seaports", Simulation, Vol.66, N0.5, 1996