

論 文

## 인천항의 효율적 선석운영을 위한 실시간 의사결정지원시스템 구축<sup>+</sup>

유재성\* · 김동희\*\* · 김봉선\*\*\* · 이창호\*\*\*

Development of Real-Time Decision Support System  
for the Efficient Berth Operation of Incheon Port

*J. S. Yoo · D. H. Kim · B. S. Kim · C. H. Lee*

**Key Words** : 실시간(Real-Time), 지식기반 의사결정지원시스템(Knowledge-Based DSS), 선석  
배정문제(Berth Allocation Problem), 그래픽사용자인터페이스(GUI)

### Abstract

The purpose of this paper is to develop a knowledge-based real-time decision support system to support decision makers for efficient berth operation of Incheon Port. In these days, the berth operation problems have been many studied. The berth operation rules differ from port to port and the problem is highly dependent on natural, geographical and operational environment of port. In Incheon Port, the ship's entrance into port and departure from port is extremely affected status of dock.

In this paper, we analyzed some effects of dock a specific character of Incheon Port, with a real data of ship's in Incheon Port. And reconstruct a previous expert's knowledge of berth allocating problem in Incheon Port. Also, the mechanism for the efficient berth operation has been studied by repeatedly dispatching in order to obtain a best effect of berth allocation,

---

+ 본 연구는 한국과학재단 지정 인하대학교 황해권수송시스템연구센터의 1998년도 연구비 지원으로 수행됨

\* 한국철도기술연구원 시험인증연구팀 인턴연구원

\*\* 인하대학교 대학원 산업공학과, 박사과정

\*\*\* 정회원, 인하대학교 산업공학과 교수

with real-time updated information for delay at service time of a specific berth and changing of a working-berth.

The system is developed with graphic user interface(GUI) concept using user interactive approach. And this system will be provide decision support maker with an efficient and fast way to berth allocating, and reduce wastes of time, space, and manpower in Incheon Port operation.

## 1. 서 론

21세기 수·출입에 있어서 항만관련 산업은 주력산업으로서 그 역할이 더욱 커질 것으로 기대되며, 효율적인 항만운영 시스템의 구축은 국가경쟁력 향상을 위한 필수요소가 되리라 여겨진다. 앞으로 동북아의 물류중심지로서 역할이 기대되는 인천항의 비효율적인 요소들은 지속적인 연구를 통하여 빠른 시일 내에 그 개선책이 마련되어야 하겠다.<sup>1)</sup> 그러나, 앞으로 물류의 중심역할을 담당해야 할 항구는 낙후된 설비와 정보관리체제의 미비로 인하여 그 경쟁력을 상실하고 있는 실정이다. 특히, 항만에 입항하는 선박에 대해 화물을 양적하할 수 있는 선석을 배정하는 작업은 항만운영 및 관리의 첫 단계로 볼 수 있다. 선석을 배정하는 문제는 부두운영에 있어 기본적으로 전략적인 부분이며 동시에 효율적이고 합리적인 부두운영을 위하여 신속·정확한 의사결정이 요구되는 부분이다. 인천항은 입항하고자 하는 선박에 대한 선석 배정문제는 선박 접안 하루 전에 선석회의를 통하여 다음 날의 부두사용을 배정하는 방식으로 운영되고 있다.<sup>2,3)</sup>

본 연구에서는 최고 10m에 달하는 조수간만의 차를 극복하기 위한 시설인 갑문의 사용과 1997년 3월부터 시행한 부두운영회사제도(terminal operation company : TOC)하에서 화물 및 선박종류의 다양성, 선석접안조건의 복잡성, 부두하역시설상황 등으로 인해 선석배정에 어려움을 겪고 있는 인천항을 대상으로 1997년도 실제 입·출항 자료를 토대로 가장 큰 특성이라고 할 수 있는 갑문의 영향을 분석하고, 선석배정에 관련된 기존의 전문가 지

식을 재구성하여 관련 데이터 베이스화 하였다. 또한, 특정 선석에서 작업시간의 지연, 접안선석의 변화 등에 대한 정보를 실시간으로 업데이트함으로써 예측하지 못한 상황들까지 반영하고, 일정기간 반복적인 모의배정을 수행하여 가장 타당한 결과를 토대로 선석을 배정함으로써 보다 효율적으로 인천항 운영을 지원할 수 있는 실시간 의사결정지원시스템을 구축하였다.

## 2. 인천항의 운영방식<sup>2,3)</sup>

인천항에 입항하는 선박의 입·출항 절차를 간략히 살펴보면 Fig 1과 같다. 21세기 정보화시대를 맞이하여 항만의 경쟁력 제고에 있어 중요한 관건이라 할 수 있는 항만정보시스템(port information system)으로 PORT-MIS와 KL-NET을 이용한 정보처리 전산화가 진행되고 있으나 아직 기초단계에 있으며, 선박의 입항에서 출항까지 전체 업무과정을 포괄적으로 다루지는 못하고 있는 실정이다.<sup>5)</sup>

항만에 입항하는 선박에 대해 화물을 양적하할 수 있는 선석을 지정하는 작업은 항만 운영 및 관리의 첫 단계로 볼 수 있으며, 선석배정문제는 입항하는 선박에 대한 입항시간 및 특성 등의 정보가 얼마나 충분히 항만운영주체에게 제공되는가에 크게 좌우되며, 항만의 운영은 선석을 지정하는 단계와 선박이 접안하여 화물을 양적하 하는 두 가지의 단계로 크게 나누어 볼 수 있다. 항만운영 효율화의 면에서 이 두 가지 단계를 같이 통합하여 고려하는 문제가 대두되는데, 많은 요소가 포함되어야

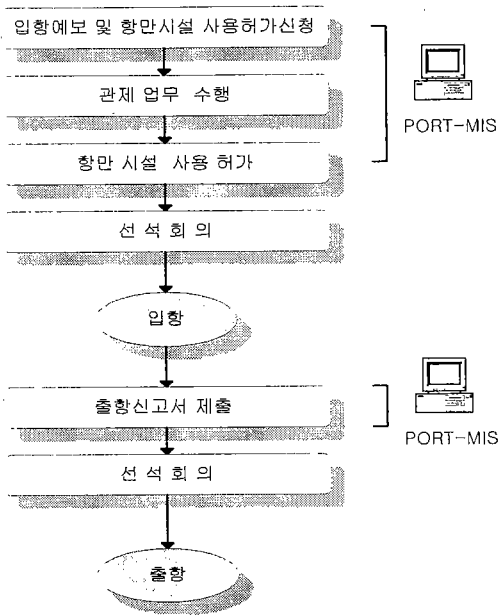


Fig. 1 Arrival and departure flow

하므로 수학적인 정식화 및 해법은 상당히 난해하다.<sup>9,10)</sup> 특히 항만 운영의 환경이 항만마다 다르며 접안 선석의 이동, 작업의 지연 등과 같이 실시간으로 다변하는 동적인 상황으로 인해 수리계획법적인 정식화는 불가능하다고 할 수 있다. 따라서 항만 운영의 문제는 공식적인 규칙, 전문가의 경험으로 구성된 지식 베이스를 기반으로 한 대화식 접근방법의 사용이 적당하다고 할 수 있다.<sup>7,8)</sup>

가. 갑문사용 우선 순위 결정(배정규칙 1)

입항선박의 선석배정은 기본적으로 입항예정시간(Expected Time of Arrival : ETA)을 기준으로 입항예정 시간이 빠른 선박이 우선권을 가지게 되지만, 입항시 사용 가능한 갑문유형(1만톤, 5만톤급)에 따라서 입항예정시간이 빠른 선박일지라도 우선 순위에서 뒤쳐질 수 있게 된다. 인천항에 입항한 선박의 속성이 자국적선과 수출선인 경우에는 입항예정시간을 조정하여 주게 되는데, 자국적선인 경우에는 24시간의 혜택을, 수출선의 경우에

는 당일 우선권을 준다.

여객선부터 외항작업선까지는 Table 1과 같은 순서로 ETA와 무관하게 우선적으로 갑문사용을 지정하게 되고, 기타 선박들에 대해서는 ETA를 기준으로 갑문사용순위를 결정하게 된다.

출항선박의 경우 작업완료 후 출항예정시간(Expected Time of Departure : ETA)를 기준으로 갑문사용순위를 결정하게 된다.

Table 1 Priority in dock usage

우선순위	선박속성
1	여객선
2	조달선
3	대일선
4	단기하역선
5	컨테이너
6	자동차
7	정기선
8	외항작업

본 연구에서는 입항과 출항을 동시에 고려하여 갑문 사용 순위를 결정하게 되는데 위에서 언급한 바와 같은 입·출항 우선순위를 기반으로 가장 빨리 갑문을 사용할 수 있는 기산으로 환산하여, 이를 기준으로 갑문 사용우선순위를 결정하게 된다.

갑문 통과 소요시간은 Table 2과 같다.

Table 2 Throughput time of dock

수위차 (m)		3	5	7
시간(분)	1만톤급 갑문	26	32	40
	5만톤급 갑문	30	36	44

나. 하역사별-화물별 선석배정(배정규칙 2)

인천항은 기본적으로 화물별 선석배정 규칙에 따라서 선석을 배정하였으나, 1997년 3월부터 시행한 부두운영회사제도에 따라서 하역업체와 화물을

동시 고려하여 선석을 배정하고 있다. 하역업체에 따라서 지정된 선석에 접안하되, 화물의 종류에 선석배정에 우선 순위가 정해지게 된다.

먼저, 하역업체에 영향을 받지 않고 선석배정이 이루어지는 선박의 종류를 살펴보면, 인천항에 취항하고 있는 여객선은 모두 중국을 왕래하는 선박으로 New Golden Bridge호는 14번 선석에, Dain호는 26번, 14번, 25번 선석에, Tienin호는 14번, 26번 선석에, Tain in 2호는 26번, 25번, 14번, 11번 선석에 주로 접안하며, 대일선의 경우에는 15번, 16번, 14번, 18번 선석에 주로 접안하고 있다.

하역업체가 두 개 이상의 선박인 경우에는 공용부두에 접안하는 것을 원칙으로 1부두 전체와 74번 선석에 접안하게 된다. 공용부두에 접안하게 되는 선박의 경우 화물종류에 따라서 접안선석의 우선 순위가 정해지게 되는데, 화물의 종류가 컨테이너 화물인 경우에는 11번, 15번 선석에, 화학연관공업, 잡화, 광석 및 철강의 경우에는 11번, 12번, 10번, 13번 선석에, 고철의 경우에는 74번, 10번 선석에, 원목의 경우에는 18번, 10번, 19번 선석에, 제분공업생산품의 경우에는 17번, 18번, 19번 선석에 접안하게 되며, 그 외의 화물인 경우에는 모든 공용선석에 접안 가능하다. 단일 하역업체의 경우에는 각 하역사별로 지정된 선석을 관리하고 있으며 이는 Table 3와 같다.

Table 3 Allocated berth numbers to companies

하역사	지정선석	하역사	지정선석
(주)동방	22, 23	세방기업(주)	30, 31, 32
(주)동부고속	35, 36, 80, 81	우련통운(주)	21, 25, 26
(주)한진	33, 34, 40, 41, 42	한염해운(주)	20, 24
대한통운(주)	43, 44, 50, 82	(주)영진공사	83
동화실업(주)	60, 61, 62	(주)대한벌크 터미널	70, 71
(주)선광공사	51, 52, 53	대한싸이로(주)	72, 73

다. 선박의 선석접안(배정규칙 3)

인천항 선거내 수위와 화물을 실은 선박의 흘수(Draft)와의 최소차이는 선박의 안전을 위하여 0.3m로 제한한다. 또한 원칙적으로는 하나의 선석에 한 척의 선박만이 접안하도록 되어있다.<sup>1)</sup>

### 3. 시스템의 구성

가. 전체 Flow

개발된 의사결정지원시스템은 입·출력 부분과 정식화된 규칙에 의하여 시스템 스스로 선석배정을 하는 자동배정부분과 선석배정이 이루어진 후에 예측하지 못한 상황발생 시 이를 해결하기 위한 동적 반영부분, 시스템의 상황에 따라 사용자의 의견을 받아들여 선석배정을 수행하는 수동배정으로 구성되어진다.<sup>1)</sup> 본 시스템의 흐름도는 Fig. 2와 같다.

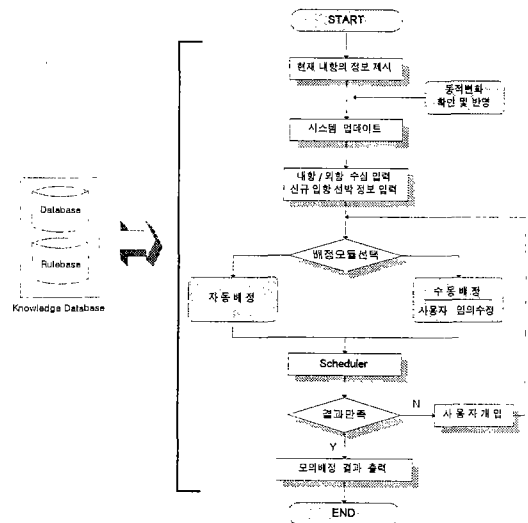


Fig. 2 DSS flowchart

나. Scheduler

스케줄러 모듈은 미래에 발생할 동적인 사건들에 대한 처리문제를 해결하기 위하여 이산사건 모델(discrete-event model)을 기반으로 주어진 계획 기간까지 다음에 발생할 사건을 계획하고 발생한 사건을 처리해 나가는 방식으로 구동된다.<sup>6)</sup> 시스템의 상태는 사건의 발생 시각에 따라 변화하며, 시스템의 유희기간(inactivity period)은 사건시각에서 다음의 사건시각으로 시간을 증가시킴으로써 생략된다.

Fig. 3과 Fig. 4는 스케줄러와 그 내부에서 사용하는 서브-스케줄러에 대한 흐름도이다.

다. 자동배정

자동배정모듈은 선석배정 규칙들에 따라 시스템이 자동으로 선석을 배정할 수 있는 모듈이다. 시스템은 동적모듈을 통하여 시스템 정보가 수정된 후, 신규입항선박이 존재하면 이를 입항대기 선박 목록에 추가하여 배정규칙 1에 따라서 갑문사용 우선 순위를 결정하게 된다. 자동배정은 갑문사용 우

선 순위가 결정된 입항 대기선박 목록과 내항에서 출항하기 위해 대기하고 있는 출항대기 선박목록을 비교하여, 두 선박목록 중에서 갑문을 사용할 시점이 가장 빠른 선박을 선택하여 그 선박이 사용할 갑문의 유형과 갑문사용시작 시간을 정하게 된다. 갑문의 유형은 선택된 선박의 톤급에 따라 1만 톤급 갑문과 5만톤급 갑문 중 하나가 정해지게 되며, 갑문사용 시작시간이 정해지게 되면 동시에 갑문사용종료 시간도 정해지게 된다. 이와 같은 방법으로 계획 기간동안의 갑문사용에 대한 계획이 결정되며, 갑문을 사용하는 선박이 입항선박인 경우에는 배정규칙2와 배정규칙3에 의하여 가능한 선석을 찾아 조건에 맞는 선석을 배정하게 된다.

라. 수동배정

수동배정모듈은 사용자가 임의로 시스템의 정보를 변경시켜 수동적으로 선석배정을 수행할 수 있는 모듈이다. 즉, 입항선박에 대하여 접안선석 및 갑문사용시점을 지정하거나, 배정규칙1에 의해서 정해진 입항선박에 대한 갑문사용 우선순위를 변경시키거나, 또는 출항선박에 대한 갑문사용 우선

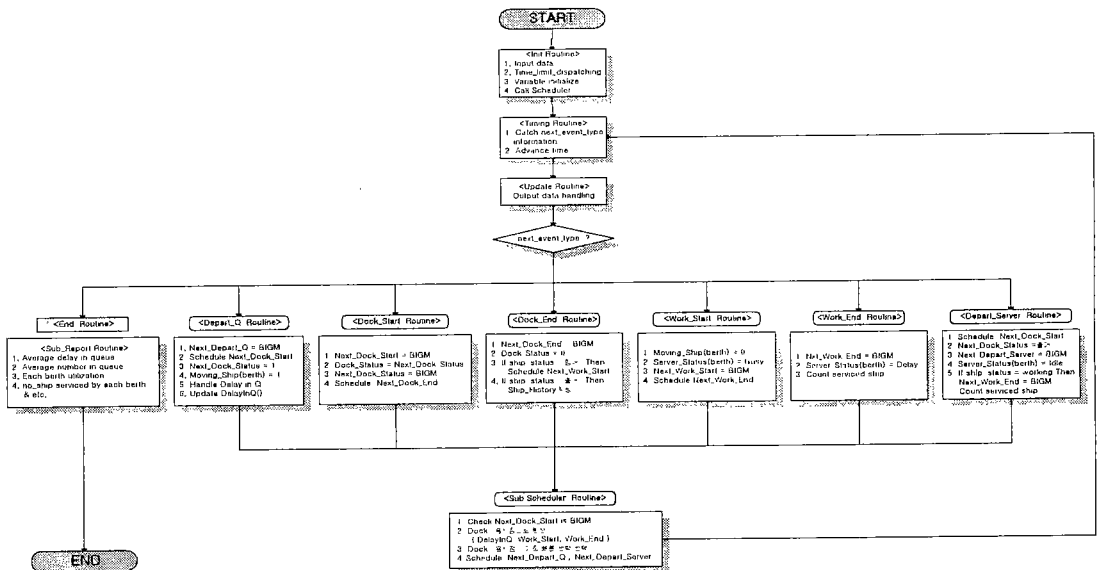


Fig. 3 Scheduler

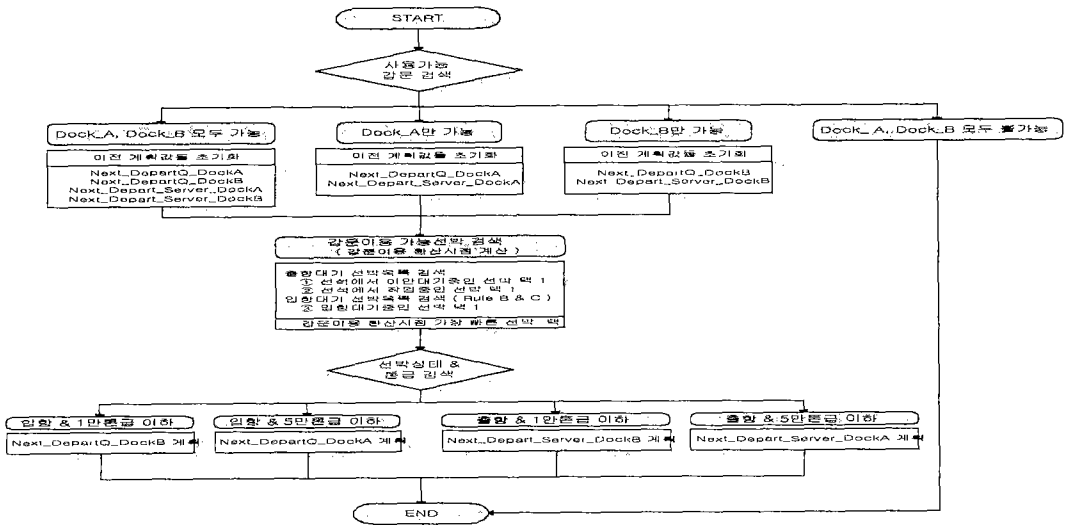


Fig. 4 Sub-scheduler

순위를 변경시켜 봄으로써 보다 나은 대안을 찾거나 시스템이 반영하지 못하는 대안으로 유도하는데 사용된다.

다. 동적배정

선석배정이 이루어진 후 계획을 실행 중 예측하지 못했던 상황, 즉 선석에서 작업중인 선박의 작업시간이 계획된 시간보다 늦어지는 경우 혹은 내항내 선석의 예기치 못한 사정으로 다른 선석으로 선박의 이동 등이 발생했을 때 이를 실시간으로 시스템에 반영시킬 수 있는 모듈이 필요하게 된다. 동적반영모듈은 이와 같이 시시각각 다변하는 동적인 상황들을 실시간으로 시스템에 반영해줄 수 있는 부분이다.

인천항의 운영적 측면에서 볼 때 특수한 시설인 갑문의 영향과 만성적인 채선·채화로 인하여 인천항의 선석운영은 계획대로 진행되지 못하는 경우가 자주 발생하며, 상황에 따라서 상당히 유동적으로 운영되고 있다. 이러한 이유로 동적반영 모듈은 인천항을 효율적으로 운영하기 위해서 반드시 필요한 모듈이고, 그 역할이 매우 중요하다고

하겠다.

바. 지식베이스 및 데이터베이스

본 시스템에서는 선석배정에 관한 전문가의 지식을 의사결정지원시스템에서 사용하기 위해 지식베이스로 재구성하였다. 위에서 언급한 바 있는 입항선박에 대한 갑문사용 우선순위 결정 규칙이 이에 속한다. 또한 인천항은 현재 공용부두와 민자운영부두로 나뉘어져 있으며 공용부두에서는 화물별로 선석배정이 이루어지고 있고, 민자운영 부두에서는 하역사별-화물별로 선석배정이 이루어지고 있다. 본 시스템의 선석배정을 위한 지식베이스 구축을 위해 1997년도 인천항 입·출항 자료를 가지고 하역사별, 선석별 접안건수 및 선석별, 화물별 접안건수 등 여러 측면에서 분석을 수행하였다.

본 시스템에서는 입항선박 데이터베이스, 선석정보 데이터베이스, 출항선박 데이터베이스등 세 가지의 데이터베이스가 사용된다. 입항선박 데이터베이스에는 선석배정일에 인천항으로 입항한다는 입항예보를 행한 선박의 선명, 속성, 길이, 너비, 톤급, 흘수, 국적, 하역사 수, 하역사, 선사, 선적된 화물

의 종류, 화물량, 입항일시, 선석사용 목적, 선석사용 시간 등의 정보와 함께 인천항에 입항한 선박순으로 부여받은 고유번호를 저장·관리하게 된다. 입항예보를 행한 선박에 부여되는 고유번호는 해당 선박이 입항해서 작업을 시작하고, 작업을 마치고 출항할 때까지 각 선박에 대해서 고유키(primary key)로서 사용되어진다.

선석정보 데이터베이스는 인천 내항의 각 부두의 선석에 관한 정보를 가지고 있는 데이터베이스로서 각 선석의 번호, 길이, 수심, 하역사, 접안능력에 대한 정보를 저장·관리하게 된다. 선석정보 데이터베이스는 인천항에 입항하는 모든 선박에 대해서 선석을 배정하기 위해 선박의 선석접안 조건을 따져보는 배정규칙 3을 적용하는 단계에서 사용되어진다.

출항선박 데이터베이스는 입항해서 모든 작업을 끝내고 갑문을 통과하여 출항한 선박들에 대한 정보를 저장하는 데이터베이스로 입항정보 데이터베이스의 각 필드들을 포함하여 갑문사용 시작시간(입출거시작), 갑문사용 종료시간(입출거종료), 작업시작시간, 작업종료시간, 접안선석 등의 정보를 저장·관리하는 데이터베이스이다. 출항선박 데이터베이스는 인천항의 모든 입·출항 선박들에 대한 기록을 담고 있는 데이터베이스로서 중요하게 관리되어진다.

#### 4. 실시간 의사결정지원시스템

본 시스템은 Fig 5과 같이 현재의 선석상황을 사용자에게 알려주는 주화면으로 시작되고 있으며, 각각의 선석이나, 갑문의 아이콘을 클릭하면 해당 부분의 현재 상황을 보여준다. 다음으로 현재의 수심을 입력하는 과정과 모의배정을 원하는 기간을 입력하는 과정으로 자동배정이 진행된다.

해당기간동안의 모의배정이 완료되면 Fig 6과 같이 선석 모의배정 결과 창이 뜨게 되고, 사용자가 모의배정결과를 전체, 갑문, 선석, 선박이나, 모

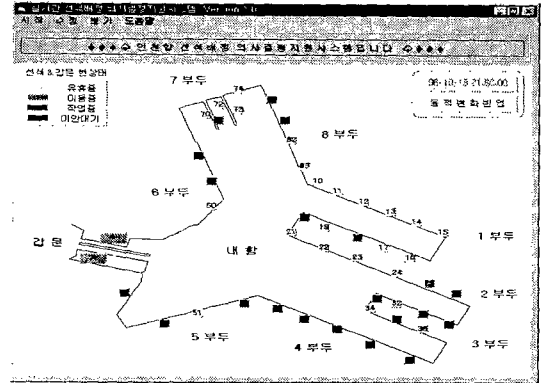


Fig. 5 Main screen in DSS

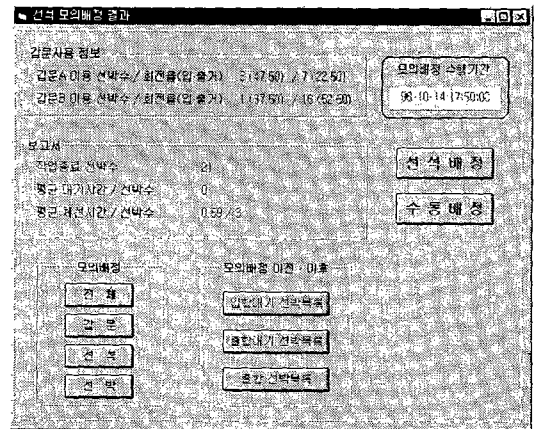


Fig. 6 Simulated allocation results

의배정 이전과 이후의 결과를 입항대기 선박, 출항대기 선박, 출항 선박 목록등의 아이콘을 클릭하여 확인할 수 있다.

모의배정결과에 만족스럽지 못한 경우에는 사용자에게 의해서 내항 내 일부 정보를 수정하여 다시 배정하는 수동배정모듈을 호출하게 된다.

수동배정모듈은 시스템을 보다 효율적으로 운영하기 위해서 시스템 관리자가 임의로 시스템 상황을 수정한 후, 모의배정을 수행하여 배정결과가 만족할 만한 경우 이에 따라서 선석배정을 수행하는 모듈로서, 수동배정은 자동배정을 통하여 시스템이 제시한 결과 중에서 만족스럽지 못한 부분에 대한

수정뿐 아니라, 이미 접안한 선박을 다른 선석으로 재 배정하는 내항 내 선석이동 등 인천항의 운영 면에서 보다 효율적으로 항만운영을 가능하게 해 주는 부분이다. 이러한 수동배정 부분은 시스템관리자가 선석배정에 관한 업무에 익숙한 전문가인 경우 그 효과는 더욱 크다고 할 수 있다. 수동배정 반영모듈은 Fig. 7과 같다.

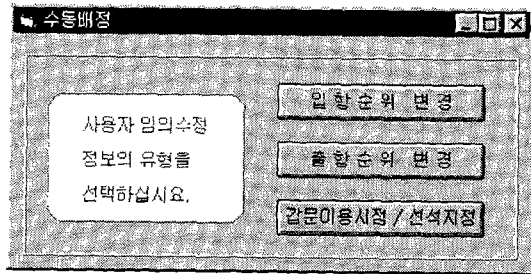


Fig. 7 User interface module

모의배정결과에 만족하게 되면 다음의 동적상황이 발생하기 전까지 모의배정결과에 따라서 선석배정이 이루어지게 된다. 본 의사결정지원시스템에 의한 선석배정 결과에 따른 출항선박정보는 Fig. 8와 같은 화면으로 보여지게 된다.

본 시스템의 선석배정은 전문가들의 지식을 토대로 정식화한 배정규칙1, 2, 3에 따라서 이루어지지만, 선석배정이 이루어진 후 예측하지 못했던 상황, 즉 선석에서 작업중인 선박의 작업시간이 계획된 시간보다 늦어지는 경우, 내항 내 선석의 예기치 못한 사정으로 이미 배정된 선석이 아닌 다른 선석으로의 접안 등이 발생하는 경우, 이를 실시간으로 시스템에 반영시킬 수 있는 동적 반영모듈에서는 이러한 상황이 발생되기 적어도 2시간 전에 시스템 관리자가 파악할 수 있는 환경으로 가정한다. 시스템정보를 업데이트 할 필요가 생기게 되면, 주화면의 동적변화 반응을 클릭하여 동적변화에 대한 정보를 수정한 후 일정기간 동안 자동배정모듈을 사용하여 모의배정을 하게 된다. 동적 반영모듈은 Fig. 9와 같다.

선명	선박고유번호	출항정보
CHANG YOUNG	7	
JIANG TIAN	속 경	조달선
HIGHWAY	등급	2360
HUA	하역사	한염해운
HUME	화물종류	철강
IN YOUNG	도착일시	98-10-12 01:30:00
CHUN JI	입항일시	98-10-13 03:00:00
SOLDROTT	입거시작	98-10-13 03:30:00
FENG	입거종료	98-10-13 04:00:00
ODD03	입거갑문	BIG
Daln	접안선석	24
CLYMENE	접안일시	98-10-13 04:30:00
BK004	작업종료	98-10-13 17:00:00
WTTY	출항일시	98-10-13 17:00:00
AAA02	출거시작	98-10-13 17:30:00
AAA01	출거종료	98-10-13 18:00:00
CCC02	출거갑문	SMALL
PAN		
BBB01		
AAA04		
EEE02		
KEUN		
DD02		
BBB02		
Temp Ship		
EEE01		

자세한 정보는 출항선박 DB를 참고하십시오.

확인

Fig. 8 Information of departure ships

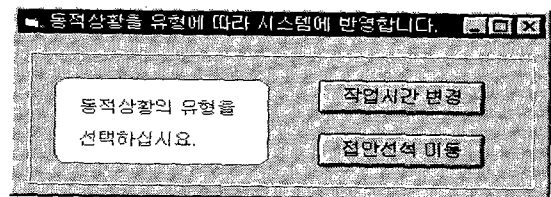


Fig. 9 Dynamic module

전문가에 의한 선석배정과 본 시스템을 사용한 선석배정에 대한 비교는 Table 5와 같다.

## 5. 결론 및 추후연구과제

본 연구에서는 항만운영의 중요한 요소인 선석배정 문제에 있어 인천항을 대상으로 인천항의 체



Table 5 Comparison current DSS with human experts

항 목	선석회의	의사결정지원시스템
선석배정	하루 1 회	수시 가능
소요인원	관계자 20여명	사용자 1명
소요시간	(1시간~1시간 30분)+ $\alpha$	수분 ~ 10분
실시간 처리	불가능	가 능
특수사항처리	불가능	가 능
PORT-MIS와 연계	수작업	자동화 가능
지식활용	다년간의 경험	계속적인 지식획득 및 보완

선·체화의 주요 원인이 되는 갑문에 대한 분석과 1997년부터 시행한 부두운영회사제도하에서 전문가의 경험적인 지식을 바탕으로 배정규칙1, 2, 3을 재구성하였으며, 선석배정을 지원할 수 있는 지식 기반 실시간 의사결정지원시스템을 구축하였다. 개발된 시스템은 선석배정을 보다 빠르고 편리하게 지원할 수 있어 항만운영의 시간적, 공간적, 인력상 낭비요소들을 절감하여, 인천 항만운영의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 개발된 시스템을 실제 환경에 적용하여 결과를 얻지는 못하였으나 본 연구의 가능성은 선석배정 전문가들로부터 인정받았다.

앞으로의 연구과제로는 갑문을 중심으로한 전·후 교차제한사항, 선석의 연속관리를 통한 복수선박의 접안가능등을 고려한 선석배정문제를 들 수 있다. 또한 보다 효율적인 선석배정이 이루어질 수 있도록 전문가와 시스템과의 효과적인 인터페이스 관계 등을 생각할 수 있다.

참고문헌

- 1) 김동희, 허동은, 김봉선, 이창호, 효율적 선석운명을 위한 의사결정지원시스템에 관한 연구, 대한산업공학회지, 1998.
- 2) 인천지방해운항만청, 인천항항만시설운영세칙, 인천지방해양수산청, 1998.
- 3) 인천지방해운항만청, 인천항백서, 인천지방해양수산청, 1997.
- 4) 장성용, 컴퓨터 시뮬레이션, 서울산업대학교, 1993.
- 5) (주)한진해운 인천지점, 항만(부두)의 관리 운영과 개발실태 및 애로현황, (주)한진해운 인천지점, 1996.
- 6) Law, A. M. and Kelton, W. D. Simulation Modeling & Analysis, McGraw-Hill, 1991
- 7) Kao, C. and Lee, H. T., "Coordinated Dock Operations : Integrating Dock Arrangement with Ship Discharging", Computers in Industry, Vol. 28, 1996.
- 8) 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.
- 9) Akoumianakis, D. and Stephanidis, C. "Knowledge-Based Support for User Adapted Interaction Design", Expert system with application, Vol. 12, No. 2, 1997.
- 10) Ramani, K. V., "An Interactive Simulation Model for the Logistics Planning of Container Operations in Seaports", Simulation, Vol. 66, No. 5, 1996.