

## 시뮬레이션을 이용한 인천항 기능 재배치에 관한 연구

- The study on the rearrangement of  
Incheon port function using simulation -

최 광 역\*  
이 창 호\*

### Abstract

인천항은 동북아 경제권의 중심항만으로 경인공업지대 및 수도권지역에 각종 원자재를 공급하며 수도권 일대에서 필요로 하는 소비물자의 적기공급등 국가경제발전에 중추적 역할을 담당하고 있다. 또한 인천항은 대 중국화물, 장래 남북화물을 유치하는데 아주 유리한 여건에 있어 인천지역의 물동량은 해마다 더욱 증가할 것으로 예상된다. 하지만 인천항의 처리능력의 한계를 이미 넘어섰고 이로 인해 만성적인 체선·체화현상이 발생하고 있다. 이러한 항만시설의 부족은 항만시설의 신규건설을 통한 항만공급능력의 확대가 장기적으로 바람직하나 현실적으로는 항만시설의 기능재배치를 통한 운영효율화로 시설능력을 증대해야 한다.

본 연구에서는 시뮬레이션을 이용하여 시설소요 화물량과 하역능력을 비교하여 하역능력이 절대적으로 낮은 화물과 하역능력이 높은 화물을 부두별로 재배치함으로써 시설능력의 증대를 도모하고자 한다. 특히 인천항의 기능재배치의 시뮬레이션을 위한 본 시스템은 화물의 이동이나 화물량의 변화, 선석의 배정규칙을 변경하여 여러 가지의 시나리오를 설정할 수 있고, 이에 대한 결과를 하역사, 화물군, 부두별로 분석하여 영향을 검토함으로써 항만운영계획에 대한 의사결정을 지원할 수 있을 것이다.

### 1. 서 론

21C의 본격적인 탈냉전, 탈국경화시대를 맞아 WTO 세계경제체제 등 국경을 초월한 세계화가 진전되면서 한 국가나 한 도시의 경제구조라도 국제경쟁력을 갖춘 국가나 도시만이 생존 번영할 수 있으며 세계의 주요기업은 세계 시장을 단일 시장으로 보고 생산과 판매활동을 전 세계적으로 전개하고 있다. 우리나라의 인천지역은 여러 가지 측면에서 물류산업의 입지여건이 꾸준히 좋아지고 있다. 하지만 인천항의 시설확보율은 현재 77.8%에 불과하여 심각한 체선·체화현상을 보이고 있으며 특히 선거내항, 북항,

\* 인하대학교 산업공학과

남항, 연안항의 각 부두가 전용화 되지 않아 운영효율마저 저하되어 있다. 또한, 선거내에서 하역된 비가공 화물의 도심지 통과로 인해 교통혼잡, 소음, 분진 등 환경문제가 발생되고 있는 실정이다.

이러한 항만시설의 부족과 공해성 화물로 인한 끊임없이 제기되는 민원을 위해 장기적으로는 항만시설의 신규건설을 통한 항만공급능력의 확대가 바람직하나 본 연구에서는 현실적으로 가능한 항만시설의 기능재배치를 통한 운영효율화로 시설능력의 증대에 대해 제안하고자 한다. 즉 하역능력이 절대적으로 낮은 화물과 하역능력이 높은 화물을 부두별로 재배치함으로써 시설능력의 증대를 도모하는 것이다. 또한 인근도시지역과 근접한 내항에서 고철, 원목 등 공해성 화물을 북항이나 새로이 개발되는 항만으로 전배시키고 내항에서는 잡화, 자동차등 청정화물을 처리하여 도시기능과의 조화도 함께 모색하게 될 것이다.

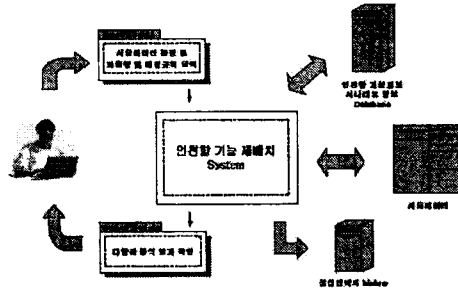
## 2. 인천항의 개발과 기능재배치

시설 부족으로 인한 만성적인 체선·체화에 대한 문제를 해결하고자 북항과 남항의 개발을 시행중에 있고 남외항(신항만)건설을 추진중에 있다. 인천항 개발의 기본방향은 21세기를 대비한 미래지향적인 환황해권의 중심항만 건설이라는 목표하에 항만과 도시기능이 조화된 종합물류·정보 거점공간 조성하여 항구별 기능특화를 통하여 항만운영 효율성을 제고하는 것이다. 항구별 기능특화를 보면 선거내항에는 청정화물 위주로 부두기능 역할 재조정하게 되며 북항에서는 원목, 고철등 선거내 공해화물 전이처리하게 된다. 또한 남항은 연안 및 중국등 인접국가 교역 중소형부두 및 컨테이너처리를 하게 되고 신항만은 2000년대를 대비한 수도권 관문항으로 확충을 목표로 하게 된다.

이러한 시설확충과 병행하여 항구간의 기능재배치를 통해 운영효율화가 이루어져야 한다. 기능재배치는 항만시설과 도시기능과의 조화와 사회적 비용 최소화, 부두별 선석 기능특화를 기본방향으로 이루어져야 한다. 현재 제8부두에서 처리되는 고철과 제2·3부두에서 처리되는 사료용부원료의 비산먼지로 인해 인근 주민들로부터 지속적인 민원이 제기 되고 있으며 시설확보율이 낮은 만큼 시설소요 화물량과 하역능력을 비교하여 하역능력이 절대적으로 낮은 화물과 하역능력이 높은 화물을 부두별로 재배치함으로써 시설 능력의 증대를 도모해야 한다.

## 3. 인천항 기능재배치의 시뮬레이션 시스템

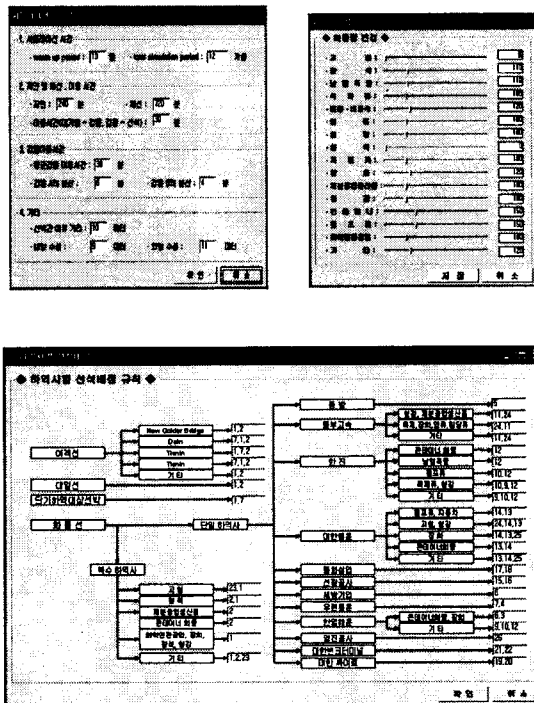
본 연구에서는 인천항 기능재배치를 위한 시뮬레이션 시행을 위한 시스템을 개발하였으며 이에 대한 시스템 흐름도는 다음의 <그림 1>과 같다. 시스템은 사용자의 보다 용이한 관리를 위한 User Interface를 개발함으로써 다루기 복잡한 정보를 쉽고 빠르게 입력하고 또 결과를 분석하기 위한 기능으로 구성되었다.



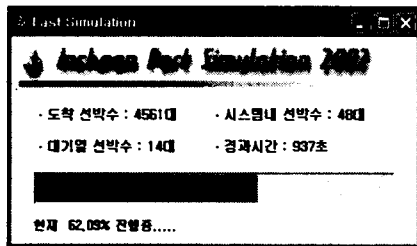
<그림 1> 시스템 흐름도

다음의 <그림 2>는 시뮬레이션의 환경을 수정할 수 있는 화면, 화물량의 수정화면, 선박에 대한 하역사별, 화물별 선석배정규칙의 수정화면으로 여러 가지 시나리오에 대한 시뮬레이션이 가능하도록 하는 관리화면이다.

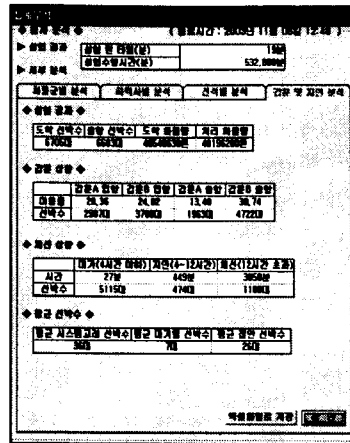
시뮬레이션은 인천항의 입·출항 데이터를 기초로 하여 화물군별 도착간격, 화물량, 서비스율, 그리고 각종 입항선박특성등의 기초자료를 분석하여 화물분포를 추정하였으며, 모델은 Next-Event Time Advancing 방식을 이용한 이산사건 기반 시뮬레이션 시스템으로 구축되었다.



<그림 2> 시뮬레이션 설정 관리화면



<그림 3> 시뮬레이션의 진행화면



<그림 4> 결과분석 화면

<그림 3>은 시뮬레이션 진행 상태를 보여주는 화면이고 <그림 4>은 시뮬레이션 결과에 대한 화면으로 시뮬레이션의 수행시간과 전체 생성 선박수, 화물량, 지연 및 체선 선박수, 갑문 이용현황 등의 기본적인 정보와 함께 화물군별, 선석별, 부두별, 하역사별로 선박수와 화물량 그리고 체선 선박수의 정보를 제공한다. 또한 시뮬레이션을 실행한 결과의 자료보전을 위하여 엑셀파일로 저장이 가능하고 생성된 선박의 모든 히스토리는 데이터베이스에 저장된다.

#### 4. 시나리오의 분석

본 연구에서는 몇 가지의 기능재배치 시나리오를 만들고 이를 구축된 시뮬레이션을 이용하여 실행시키고 결과를 분석하고자 한다.

시나리오는 해양수산부의 인천항 개발계획을 기초로 만들었다. 우선 모든 시나리오 공통적으로 교통체증유발화물이며 공해성 화물인 고철과 원목을 복합의 개발과 함께 이전한다고 가정했으며, 현재 가장 많이 증가하고 있는 잡화와 컨테이너를 대상으로 시나리오1은 잡화의 증가, 시나리오2는 컨테이너의 증가에 대한 실험이며, 시나리오 3, 4, 5의 경우엔 다양한 화물들의 복합적 증가가 이루어질 경우에 대한 실험이다.

<표 1> 시나리오의 체선율

	실제데이터	시나리오1	시나리오2	시나리오3	시나리오4	시나리오5
체선율	20.5 %	21.3 %	12.5 %	15.9 %	15.3 %	11.5 %

<표 1>의 결과를 보면 잡화를 증가시킨 시나리오1만이 실제데이터의 체선율이 비슷하고 다른 시나리오들은 체선율이 줄어들었음을 알 수 있다. 즉 고철과 원목의 경우 선석에서 장기간 작업이 이루어지는 작업으로 체선을 유발했고 잡화의 경우에도 비슷한 정도의 하역시간으로 체선을 유발시키는 화물임을 알 수 있다. 이를 위해 시나리오 1을 대상으로 잡화의 하역속도를 증가시켰을 때 체선율의 변화를 실험해 보면 <표 2>와 같은 결과가 나오게 된다.

<표 2> 시나리오1에서 잡화의 하역속도 증가

	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
체선율	18.0 %	15.9 %	14.2 %	11.8 %	10.4 %

위의 결과에서 한 화물의 하역속도가 체선에 어느정도의 영향을 주는지 알 수 있고 이를 통해 체선을 유발하는 화물의 하역장비의 개선이나 작업방식을 개선하여 하역속도를 증가시켜야 체선을 줄일 수 있음을 알 수 있다.

또 시나리오 중 가장 적은 체선이 나온 시나리오5를 대상으로 단순한 기능재배치만으로 화물량을 얼마나 늘릴 수 있는지 실험을 하였다.

<표 3> 시나리오5에서 화물량을 증가

	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %
체선율	14.2 %	15.9 %	17.9 %	20.3 %	25.2 %

<표 3>의 결과를 보면 현재의 화물량보다 20% 증가된 화물을 처리해도 실제와 동일한 체선율을 유지할 수 있음을 알 수 있다.

## 5. 결론 및 추후연구과제

본 연구에서는 인천항의 만성적인 체선·체화를 해결하고자 인천항의 개발로 인하여 강조되고 있는 항구간의 기능재배치를 통한 운영효율화에 대해 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 시뮬레이션은 기능재배치에 대한 여러 가지 방안에 대해 많은 시나리오를 작성하고 이를 분석하여 중·장기 의사결정에 도움이 되고자 하였다. 시뮬레이션 분석을 위한 시스템은 여러 가지 시나리오에 대한 용이한 관리를 위한 User Interface를

개발하였으며 다양한 분석이 가능하여 이를 통하여 항만의 장기운영전략수립, 즉 기계화장비 도입으로 서비스능력의 향상, 인근항 개발로 인한 화물량의 이전, 입항 선박 및 화물량의 증대와 같은 제반 환경변화의 분석을 지원할 수 있을 것으로 기대된다.

추후 연구과제로는 하역장비나 야적장의 여유, 부두 전용화에 따른 서비스 시간의 보다 정확한 산정문제등을 들 수 있으며, 기계화 장비의 도입에 따른 경제성분석 등을 들 수가 있다.

## 6. 참고문헌

- [1] 강범구, "인천항 개발 계획", 동북아 HUB-PORT 지향 인천시민 대토론회 자료, 2001.
- [2] 김동희, "仁川港을 위한 시뮬레이터와 선석배정지원시스템 開發", 인하대학교 산업공학과 석사학위논문, 2000.
- [3] 문일경, 윤원영, 조규갑, 최원준, "ARENA를 이용한 시뮬레이션", 교보문고, 1999
- [4] 박제원, "선석의 연속관리를 고려한 개선된 실시간 DSS 개발", 인하대학교 산업공학과 석사학위논문, 2001.
- [5] 이승규, "선진항만으로의 발전을 위한 제언", 한국지능정보시스템학회, 춘계학술대회논문집, 2002.
- [6] 장황호, "공급자 입장에서 인천항의 전반적인 문제점진단", 동북아 HUB-PORT 지향 인천시민 대토론회 자료, 2001.
- [7] 최현규, "선석의 연속관리를 고려한 인천항의 시뮬레이션 연구", 인하대학교 산업공학과 석사학위논문, 2001.
- [8] Ramani,K.V., "An Interactive Simulation Model for the Logistics Planning of Container Operations in Seaports", *Simulation*, Vol.66, No.5, 1996.
- [9] Roberts,C.A. and Y.M.Dessouky, "An Overview of Object-Oriented Simulation", *Simulation*, Vol.70, No.6, 1998..
- [10] Thiers,G.F. and G.K.Janssens, "A Port Simulation Model as a Permanent Decision Instrument", *Simulation*, Vol 71, No.2, 1998.