

## 항만 통합 관리 시뮬레이터 개발에 관한 연구

이양민<sup>o</sup> 한희도 이재기  
 동아대학교 컴퓨터공학과

{manson<sup>o</sup>, ojingyou}@donga.ac.kr, jklee@dau.ac.kr

### A Study on Development for Port Integral Management Simulator

Yangmin Lee<sup>o</sup> Heuido Han Jeakee Lee

Dept of Computer Engineering, Dong-A University

#### 요 약

무역을 경제의 중심으로 이용하는 여러 선진국에서는 자국의 항만을 보다 효율적으로 관리하기 위해 정보통신기술을 물류 처리에 적극적으로 활용하고 있다. 특히 화물 처리의 최적화 방안으로 컴퓨터 시뮬레이션이 주로 사용된다. 본 논문에서는 항만 화물 처리과정에서 고려될 수 있는 다양한 인자에 대해 하역 단계를 5단계로 나누고 분할하여 각각 시뮬레이션 할 수 있는 항만 통합 관리 시뮬레이터 개발 방안을 제안한다. 또한 시뮬레이터를 최대한 정교하게 구현하기 위해 항만의 하역 장비에 대한 3D 모델링을 동시에 수행하였다. 이를 통하여 항만내에서의 화물 처리를 효율적으로 수행하기 위한 최적 인자 및 결과 도출이 가능하고, 부가적으로 시뮬레이션 과정을 가상 항만을 통하여 현실감 있게 관측할 수 있다.

미치게 된다.

본 논문에서는 화물 처리 과정의 최적화를 위해 분할 및 정복 기법(D&C)을 적용한 시뮬레이터를 구현한다. 하역 과정을 5 가지의 단계로 구분하는데 이는 선박과 컨테이너 크레인 운영, 컨테이너 크레인과 AGV 운영, AGV와 야드 크레인 운영, 야드 크레인과 야드 운영, Gate 자동화 운영이다.

각 단계에서 고려되어야 하는 주요 입력 인자와 도출되는 결과는 (표 1)과 같다[2][3]. (표 1)을 살펴보면 하역 단계별로 공통적인 입력 인자와 독립적인 입력 인자를 확인할 수 있으며, 각 단계에서 도출되는 결과는 단위 시간당 컨테이너의 처리 수임을 알 수 있다. 즉 하역 과정별로 각각 최적화 모듈을 구현할 수 있으며, 이에 대한 결과를 독립적으로도 활용할 수 있다. 도출되는 단위 시간당 컨테이너 처리 수의 경우, 각 단계에 맞추어 컨테이너 크레인, AGV, 야드 크레인 등이 처리하는 컨테이너의 수가 된다.

이들 모두를 고려한 시뮬레이터에 3D 생성 모듈을 적용하여 시뮬레이션 수행시 시각적 효과와 현실감을 부여한다. 3D 생성 모듈도 하역의 각 단계별로 구성되어 적용하고, 최종적으로 하나의 가상 항만이 구현될 수 있도록 시뮬레이터를 작성한다.

표 1 하역 단계별 주요 고려 인자

하역 단계	입력 인자	도출 결과
선박 및 컨테이너 크레인 운영	하역 요구량 선박의 수 및 규격 컨테이너 크레인의 수 및 규격	단위 시간당 컨테이너 처리 능력 (컨테이너 크레인 운영)
컨테이너 크레인 및 AGV 운영	컨테이너 크레인의 수 및 규격 AGV의 수 및 이동 속도, 규격	단위 시간당 컨테이너 처리 능력 (AGV 운영)
AGV 및 야드 크레인 운영	AGV의 수 및 이동 속도, 규격 컨테이너의 수 및 규격, 이동 속도, 분선	단위 시간당 컨테이너 처리 능력 (야드 크레인 운영)
야드 크레인 및 야드 운영	야드 크레인의 수 및 규격, 이동 속도, 분선 야드 할당도	단위 시간당 컨테이너 처리 능력 (야드 운영)
Gate 자동화 운영	야드의 크기, 면적 등 연속 기술 및 Gate 통과 시간	시간 당국 초출

#### 1. 서 론

바다와 접하고 있는 대부분의 국가에서 항만은 해륙의 연결 기능이 수행되는 중계지이자 국제 무역의 관문이며 화물유통의 거점으로서 국가 경제발전에 중요한 역할을 담당하고 있다. 특히 무역이 국가 경제의 중심인 나라의 항만은 화물의 발생지로 부터 최종 도착지까지의 총화물 유통 과정상의 핵심부문으로서 하역, 보관, 이송, 심지어 유통가공에 이르기까지를 담당하여 화물의 부가가치를 창출한다. 그러므로 우리나라는 최첨단 항만 시설이 국가의 사활을 좌우하고 있는 중요한 사회 기반 시설이라 할 수 있다[1].

그러나 현재 국내에서는 항만으로의 물류는 증대되고 있는 반면 이를 원활하게 처리할 능력을 가진 항만의 수가 적어 많은 물류를 타국의 경쟁 항만에 넘겨주고 있다. 주요 원인은 화물과 입항하는 선박의 항만 대기 시간 증가와 이로 인한 물류 처리 비용의 증가이다. 항만내에서의 화물 처리에 걸리는 시간 감소를 위해 항만 시설의 확장이 필요하나 무조건적인 시설의 확충이 모든 문제를 해결하는 것은 아니다.

제한된 항만 자원에 대해 활용을 극대화할 수 있는 방법은 화물의 적하, 출하 방법을 최적화 시키는 것이며, 이런 최적화 방법을 도출하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 적용하는 것이 가장 효율적인 것으로 알려져 있다[2][3].

본 논문은 항만의 화물 처리 과정을 최적화할 수 있는 시뮬레이터 개발 기법에 대해 연구하였다. 항만의 화물 처리 과정을 5단계로 나누고 각 과정별 모듈의 독립적으로 운영한다. 각 과정의 최적화 모듈이 시뮬레이터의 결과로서 도출되면 이에 대한 3D 모델링을 수행하여 항만 운영 상태에 대한 현실감을 부여하고 시각화를 달성한다[4].

본 논문의 구성은 1장의 서론을 시작으로 2장에서는 시뮬레이터 구성에 대해 언급한다. 3장에서는 시뮬레이터 모듈에 대한 3D 모델링 기법을 설명하고 4장의 구현 결과와 5장의 결론으로 맺는다.

#### 2. 시뮬레이터 구성

##### 2.1 시뮬레이터 구성에서의 고려 사항

항만에서 화물의 효율적인 처리를 위해 고려되어야 하는 요소들은 매우 다양하다. 많은 하역 장비와 적재 장소가 있고, 입항하는 선박과 화물의 처리 우선 순위 등이 변수로서 영향을

##### 2.2 시뮬레이터 구성도

시뮬레이터는 항만 하역 과정을 5 가지의 단계로 구분하고 이를 각각 모듈화하여 구성한다. (그림 1)에 나타나 있는 것처럼 하역을 위한 4개의 모듈과 항만으로의 입만출을 담당하는 Gate 자동화 모듈로 구성된다.

하역의 각 단계에 맞추어 모듈이 구성되며 이들에 대해 주요 인자가 입력된다. 시뮬레이터를 구성하는 각 모듈은 독립적인

시뮬레이션이 가능하도록 설계하여 단일 과정에서의 최적 인자 및 처리 결과를 도출할 수 있다.

모듈별로 도출된 독립적인 결과에 3D 생성 모듈을 적용하여 3차원 시뮬레이션을 실행할 수 있도록 구성하였고, 5개의 모듈에서 최적화 및 시뮬레이션이 종료되면 결과를 통합하고 3차원 가상 향만을 구성한다.

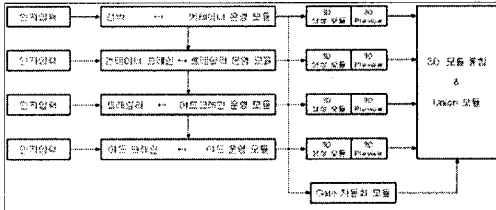


그림 1. 시뮬레이터 구성도

2.3 선박 & 컨테이너 크레인 운영 모듈

컨테이너 선박이 임항할 경우 컨테이너 크레인이 선박으로부터 컨테이너를 하역하는 과정을 처리하는 모듈이다. 입력 인자는 선박으로부터 컨테이너를 처리하는 하역 알고리즘과 크레인의 수 및 규격이다.

처리과정은 하역 알고리즘을 결정하고 선박의 수와 용량을 입력한다. 다음으로 컨테이너 크레인의 수와 규격을 입력한 후 각 입력 인자의 정확성 여부를 확인한다. 이후 시뮬레이션을 수행하고 그 결과가 최적인 경우에는 3D 생성 모듈을 적용하고 최적 결과가 아닌 경우는 처음의 입력으로 복귀하여 반복적으로 입력을 수행하고 시뮬레이션 한다. (그림 2)에 처리 과정을 나타내었다.

2.4 컨테이너 크레인 & AGV 운영 모듈

컨테이너 크레인이 선박으로부터 컨테이너를 AGV로 적하하는 부분을 처리하는 모듈이다. 컨테이너 크레인의 수와 컨테이너를 견인할 AGV의 수가 주요 입력 인자가 된다.

처리과정은 단위 시간당 컨테이너 크레인의 컨테이너 처리수를 최우선적으로 입력하고, AGV의 수 및 트레일러 이동 속도의 입력을 수행한다. 단위 시간당 컨테이너 크레인의 컨테이너 처리수는 선행 모듈의 결과를 이용하면 된다. 만일 컨테이너 크레인 & AGV 운영 모듈을 독립적으로 수행하고자 할 경우에는 직접 값을 입력하여 시뮬레이션을 수행할 수 있다.

입력이 완료되면 시뮬레이션을 수행하고 결과가 최적인 경우 3D 생성 모듈을 적용하며, 그렇지 않은 경우는 입력으로 복귀하여 다시 최적 결과를 위한 시뮬레이션을 반복한다(그림 3).

2.5 AGV & 야드 크레인 운영 모듈

AGV가 이동하여 적재 장소인 야드 부근에 있는 야드 크레인으로 컨테이너를 이동시키는데 이 부분을 담당하는 모듈이다. 주요 입력 인자로는 선행 모듈의 결과인 단위 시간당 AGV의 컨테이너 처리량과 야드 크레인의 수 및 이동 속도 등이다.

처리과정은 야드 크레인의 수 및 이동 속도, 동선 등을 입력하고 입력에 대한 확인을 수행한다. 이후 시뮬레이션을 수행하고 최적의 경우는 3D 생성을 수행한다(그림 4).

2.6 야드 크레인 & 야드 운영 모듈

야드 크레인이 적재 장소인 야드에 컨테이너들을 적재하는 과정을 담당하는 모듈이다. 야드에 컨테이너를 적재하는 방법과 화물의 입반출 우선 순위 등이 시뮬레이션 상황에서 가장 중요한 인자가 된다.

처리과정은 선행 모듈의 결과인 야드 크레인의 컨테이너 처리량을 우선 입력하고, 적재 장소 입력, 적재 알고리즘 입력을

수행한다. 입력 확인 후 시뮬레이션을 수행하고 다른 모듈들과 마찬가지로 최적인지 아닌지의 여부를 판단하여 시뮬레이션을 수행한다(그림 5).

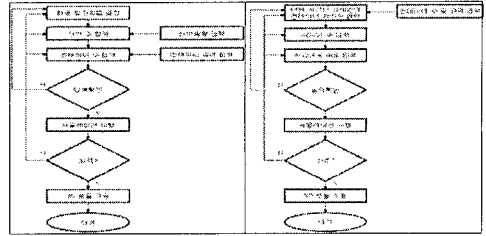


그림 2. 처리도-1

그림 3. 처리도-2

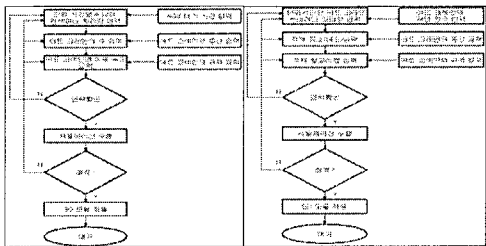


그림 4. 처리도-3

그림 5. 처리도-4

2.7 Gate 자동화 운영 모듈

항만으로의 화물 입반출은 Gate를 통과함으로써 이루어진다. 이 모듈의 경우 기존의 수동적인 입반출 절차를 RFID 태그를 활용하여 자동적으로 수행하는 부분을 담당한다. 4개의 선행 모듈 결과를 입력값으로 받고 이에 따른 Gate 통과 화물량을 설정하여 시뮬레이션을 수행한다. 시뮬레이션을 통해서 컨테이너 처리에 걸리는 시간을 확인할 수 있고, 최적의 경우에 3D 생성 모듈을 적용한다. (그림 6)에 처리 절차가 나타나 있다.

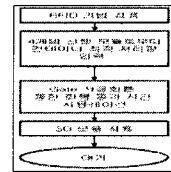


그림 6. 처리도-5

3. 3D 모델링 기법

3.1 시각화 및 3D 생성 모듈

본 논문에서 제안하는 시뮬레이터는 광양항 1차 부지를 기반으로 구성하였다. 초기에 모듈을 구성할 때는 항만을 상공에서 내려다 본 위치에서 항만을 2차원 평면으로 간주하고 필요한 정보들을 입력한다. 카메라의 시각을 항만 부지의 중심 상공에 위치하도록 하고 선박의 접안이 가능한 위치에 컨테이너 크레인의 수를 입력하여 배치할 수 있도록 구현한다. 선박 또한 유사한 과정을 거쳐 입력이 가능하며, 선박의 용량과 수를 입력하면 각각의 위치에 배치가 수행된다. 야드 크레인과 AGV의 경우도 수와 동선, 크기 등을 입력하면 초기 값에 근거하여 자동적으로 배치가 되도록 구현한다.

각각의 입력은 2장에서 언급한 모듈별로 수행하여 독립적으로 시뮬레이션이 가능하다. 항만 부지를 2차원 평면으로 보던 서 입력을 하지만 실제 관측 영역은 3차원으로 구성되어 시뮬레이터를 구현한다. 따라서 3차원 생성 모듈의 역할은 관측 카메라의 시점을 자유롭게 바꾸어 주는 것이 된다. (그림 7)의

상단처럼 초기 카메라의 시점을 (그림 7)의 하단처럼 바꾸어 주고, 키보드로나 마우스를 통하여 관측 공간 내에서 네비게이션이 되도록 하는 역할을 3D 생성 모듈이 담당하게 된다.

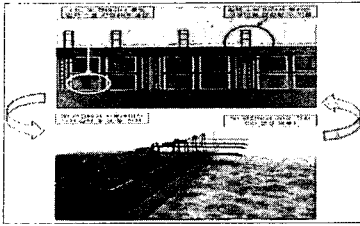


그림 7. 3D 생성 모듈의 역할

### 3.2 3D 모델링

본 논문에서 항만의 고정 장비 및 이송 장비에 대한 3D 모델링은 다음의 단계를 통하여 수행하였다. 초기에 현장 답사를 통하여 디지털 카메라를 통해서 항만 하역 장비의 모습을 획득한다. 더불어 하역 장비에 대한 도면과 규격을 현장 답사를 통하여 획득하였다. 이러한 정보를 AutoCAD와 같은 그래픽 에디터를 활용하여 1차적으로 그래픽 객체를 표현한 후 이를 다시 3D MAX와 같은 3D 그래픽 에디터를 통하여 3D 모델링화하고 최종적으로 Visual C와 같은 언어에서 사용할 수 있는 형태의 파일로 전환하여 항만 하역 장비들을 생성하였다.

단계별로 요약하면 첫째, 디지털 카메라로 항만의 하역 장비를 촬영한 후 둘째, 이를 Auto CAD를 이용하여 와이어 프레임 형태의 2D 객체로 전환한다. 셋째, CAD 파일을 3D Max에서 로딩하여 3D 객체로 전환한다. 넷째, 3D Max 파일을 Visual C에서 사용할 수 있도록 \*.X 파일로 전환한다. 마지막으로 Visual C에서 DirectX API를 호출하고 3D 모델링된 객체를 로딩하여 원하는 위치에 존재할 수 있도록 구현한다. (그림 8)에 이와 같은 과정을 간단히 나타내었다.

### 3.2 3D 모델링 결과

구현된 객체와 이를 반영하는 시뮬레이터의 인터페이스는 (그림 9)에 나타나 있다. 시뮬레이션 알고리즘을 결정할 수 있는 메뉴와 시뮬레이션의 시작 및 중지 여부를 결정하는 메뉴가 포함되어 있다. 결과의 확인은 프로그램 하단의 작업창에서 확인이 가능하도록 구현한다. 키보드의 방향키와 일반 문자키를 이용하여 가상 항만의 내부를 탐색할 수 있다.

(그림 10)은 시뮬레이터 설계 방법과 3D 모델링을 통해 구현한 가상 항만의 일부 모습이다. 그림에서 확인할 수 있듯 현실감을 반영한 항만 하역 장비들과 광양항의 1차 부지 모습을 확인할 수 있다.

### 4. 결론 및 향후 과제

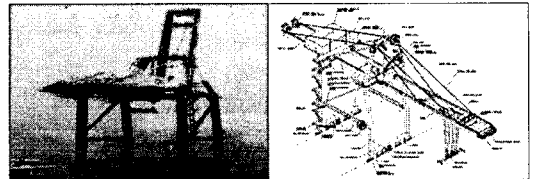
본 논문의 항만 통합 관리 시뮬레이터 개발 방안에 관한 연구에서는 두 가지를 제안하였다. 첫째, 항만의 하역 과정에는 매우 많은 입력 인자와 단계가 존재하므로 각 과정별로 분리하고 문제 해결 방안을 단순화 시킬 수 있는 시뮬레이터를 구현한다. 둘째, 하역 과정별로 모듈을 구성하고, 여기에 대한 3D를 적용하여 현실감과 더불어 시각적 효과까지를 고려한다.

첫째 제안은 하역 과정을 5단계로 분리하여 각각의 독립적인 모듈로 구성하고, 이를 향후에 통합하는 방식을 취함으로써 달성하였다. 둘째 제안의 경우는 현재 게임 등의 개발에 다양하게 적용되는 Direct 3D API를 적용하고 3D 장비 생성에는 이미지 생성물을 활용함으로써 달성하였다.

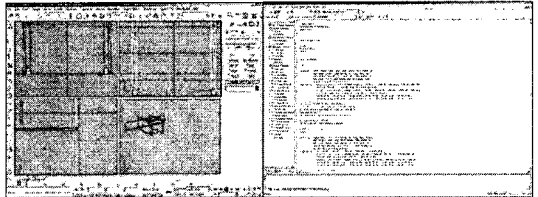
이를 통하여 항만 하역 과정에 대한 효율적인 시뮬레이션을 수행할 수 있고, 최적 처리 과정을 빠르게 도출할 수 있다. 더불어 시뮬레이션 과정을 가상 항만의 움직임과 함께 확인할 수

있어 실제 항만에서의 하역 과정을 유사하게 묘사할 수 있다.

향후 과제로는 항만에 실제 존재하는 풍속, 파도의 움직임 등을 고려하고 더불어 배후 부지 및 도로 등과 연계할 수 있는 시뮬레이터를 개발, 구현하는 것이다.



① 디지털 카메라 촬영 ② AutoCAD 파일로 전환



③ 3D MAX 이용(3차원 객체) ④ \*.X 파일로 전환 후 구현

그림 8. 하역장비 모델링 단계

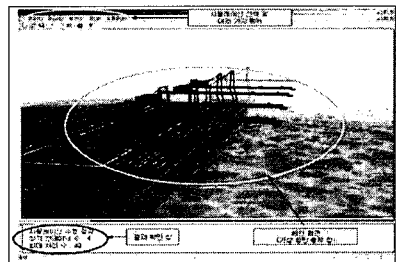


그림 9. 시뮬레이터 실행 화면

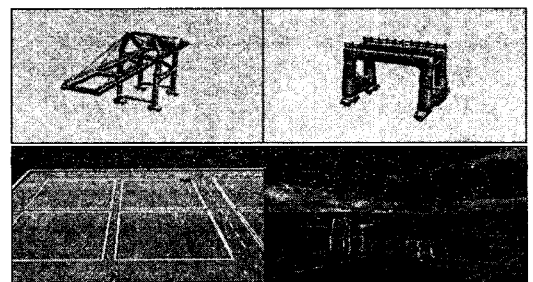


그림 10. 3D 구현 결과물

### 참고 문헌

- [1] 오세용 외 2명, "항만과 지역 경제간의 동태적 모델에 관한 연구", 학술대회, 2001.
- [2] 홍도희, 정태충 "자동화항만의 야드 운영시스템 레이아웃 설계", 정보처리학회논문지 제 10-D권, 제 1호, 2003. 2
- [3] 박경택, "항만물류 시스템 지능화 기술", 한국정보통신학회지 제19권 제2호, 2002. 2
- [4] 김동영, 이재기, "항만 하역 장비 3차원 시뮬레이터 개발, 한국정보과학회 학술발표논문집 Vol.26, No. 2, 1999. 10
- [5] 이철영, "항만물류시스템", 효성출판사, 1997.
- [6] <http://www.pba.or.kr/> : 부산 항만 공사