

우리나라에 적합한 자동화 터미널의 운영시스템 모델 설계

홍 동 희*

Optimized design for operating system model of automated container terminal in Korea.

Dong-Hee Hong*

요 약

동북아 중심 항만의 기반을 다지기 위해 자동화터미널의 건설이 시급히 요청되고 있다. 따라서 우리나라에 적합한 자동화터미널의 운영시스템 설계방안을 제시하고자 한다. 본 논문에서는 자동화터미널의 운영시스템이 추구해야할 목표를 충족시키며, 각 자동화 장비를 통한 화물의 수출입 이동경로에 따라 운영시스템의 기본 모델을 4가지로 구분하고, 여러 입력 요소들을 변경시켜 가며 Trial and Error 방법을 통하여 동적으로 분석해 나감으로서 최적의 운영시스템 모델을 설계하였다. 본 논문의 운영시스템에서 기술한 장비들은 Quay Crane을 제외한 모든 야드 장비가 완전자동화를 전제로 한 것이다.

Abstract

Construction of automated terminal is urgently demanded to gain the foundation of hub-port in north east Asia. Therefore I suggest an adequate operating system model of automated terminal in Korea. In this paper the aim of automated terminal operating system is satisfied, four basic models are divided according to moving course of export and import cargo of each automated equipments, several input data are changed and analyzed dynamically by Trial and Error method, and then an optimized operating system model is designed. It is a premise that all the yard equipments described in this paper must be automatic except quay crane.

I. 서론

우리나라는 동북아 첨단 자동화 터미널의 선도적 입지를 구축하여 중심항만(Hub-port)의 기반을 다지고, 동북아 물류 중심 국가로 나아가기 위해, 보다 경쟁력 있고 우리 실정에 적합한 저비용, 고효율의 자동화 터미널 개발을 계획하고 있다. 따라서 이 연구에서는 향후 개발되어야 할 우리나라 여건에 적합한 자동화 항만의 운영시스템 모델을 설계하고자 한다.

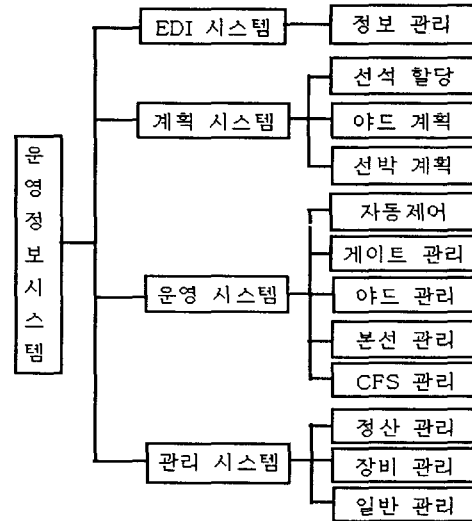


그림 1. 운영정보시스템 구성도

Fig 1. Configuration of operating information system

II. 운영시스템의 구성

2.1 개요

자동화 터미널의 운영시스템이 추구하여야 할 목표는 사전 정보 입수체계 구축, 계획업무의 자동화 구현, 하역 생산성의 제고, 자동화장비 운영에 따른 대상정보의 자동 전달체계 구축, 그리고 운영컴퓨터시스템 및 통신시스템의 분산처리체계 구축 등이다.

2.2 구성도

자동화터미널을 관장하는 전체시스템은 그림 1에 나타난 바와 같이 크게 4개의 하위시스템으로 구성되어 있으며, 그 중 터미널 운영의 효율성에 가장 많은 영향을 미치는 부분이 계획시스템과 운영시스템이라 할 수 있다.

2.2.1 계획 시스템

터미널 계획업무는 선석계획, 야드계획, 선적계획으로 구분되며, 자동화된 소프트웨어 패키지를 이용한다. 이 계획시스템의 자동화가 추구하는 목표는 첫째, 계획시간 단축 둘째, 야드에서의 Re-handling의 최소화 셋째, 작업비의 동선 최소화와 장비교체의 최소화 넷째, 야드장비의 작업간섭 방지 및 효율적인 작업흐름 확인 다섯째, 계획

에 투입되는 인원 및 제반비용 절감 여섯째, 터미널의 생산성 증대에 의한 경제성 제고 등이다.

① 선석 계획 : EDI로 입수된 본선자료와 Long-ter Schedule자료를 기초로 시뮬레이션에 의한 선석 자동계획을 수립한다.

② 야드 계획 : 수출입화물에 대한 야드 장치계획을 수립한다. 다음의 그림 2는 야드 계획시스템의 자동화 흐름도를 나타낸 것이다.

③ 선적 계획 : 사용자 지식을 규칙화하는 인공지능의 전문가시스템과 계획과정 중 정식화가 쉽고 빠른 계산시간을 필요로 하는 야드 장비의 동선 시뮬레이션, 무게 시뮬레이션 및 선박·안정성 계산 등에 적용하기 위한 OR시스템을 기반으로 계획을 수립한다. 다음의 그림 3은 선적 계획시스템의 자동화 흐름도를 나타낸 것이다.

2.2.2 운영 시스템

① 자동제어관리 : 자동화장비를 제어하는 부분과 모든 하역작업자에게 자동으로 작업을 지시하는 데이터 제어부분으로 구분된다. 자동화장비는 게이트와 야드 장비, 그리고 야드 트랙터가 그 대상이 된다. 다음의 그림 4는 자동화 장비(야드 트랙터)의 제어흐름을 나타낸 것이다.

② 게이트관리 : 자동화터미널의 게이트는 타워형 구조물에 영상처리시스템으로 운영하는 것이 바람직하다.

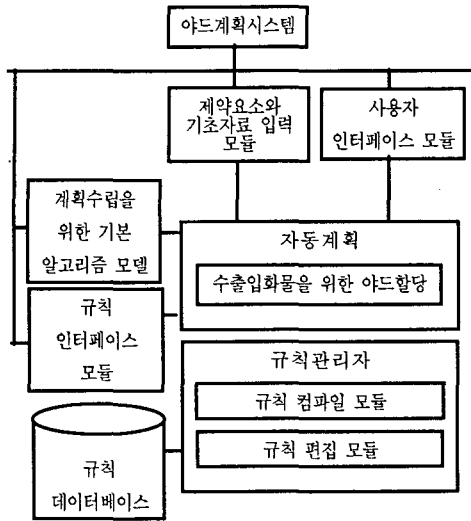


그림 2. 야드계획시스템의 자동화 흐름도
Fig 2. Automated process of Yard planning syste

이 방식은 이동체에 적용되는 가장 적합한 작업제어시스템이다. 또한 이 시스템은 대상장비의 자동화 유·무와는 상관없이 적용될 수 있다.

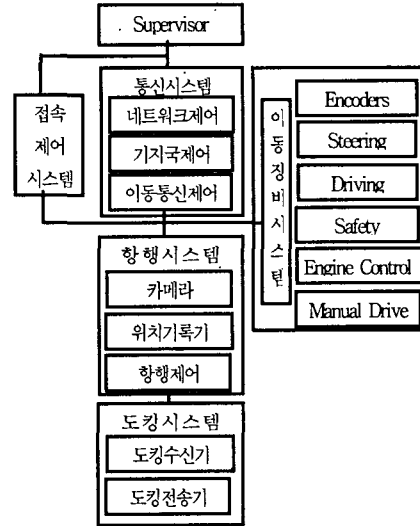


그림 4. 자동화장비의 제어 흐름도
Fig 4. Control process of Automated equipment

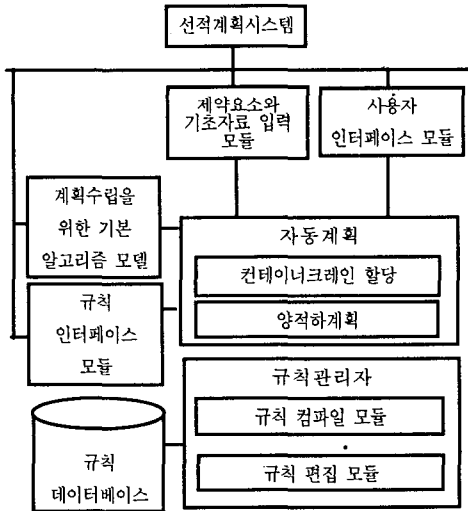


그림 3. 선적계획시스템의 자동화 흐름도
Fig 3. Automated process of Ship loading/Unloading pl

③ 야드 관리 : 야드 관리에 있어서 가장 중요한 요소는 야드 장치장 작업을 위한 야드 작업의 제어, 즉 통신시스템의 구축이다. 일반적으로 야드 작업제어에 적용될 수 있는 통신방식은 PSA(Port of Singapore Authority Combined Terminal) 등 선전터미널에서 하고 있는 RDT(Radio Data Transmission)방식을 적용한

④ 본선관리 : 본선 양적하 작업을 위한 제어시스템으로 야드 관리에서 이용하는 RDT방식을 이용할 수 있으나 레일 위를 일정한 방향으로 움직이는 컨테이너크레인의 특성상 유선, 특히 광통신시스템을 적용한다.

⑤ CFS(Container Freight Station)관리 : Host와 연결된 클라이언트시스템으로 워크스테이션이나 PC로 운영하며, 세관시스템과 연계된 통신망을 이용하고, 입출고관리, 적입출관리, 재고관리 등으로 구성된다.

Ⅲ. 운영시스템 모델 설계

3.1 방법론

운영시스템을 설계하기 위해 야드의 기본 모델을 설정하는 데에는 여러 가지 제약 조건이 있다. 이 조건에는 터미널의 안벽길이, 선석수, 자동화장비의 기준사양 등과 같은 터미널의 정보, 운영정보, 취급기능물량과 대상지역

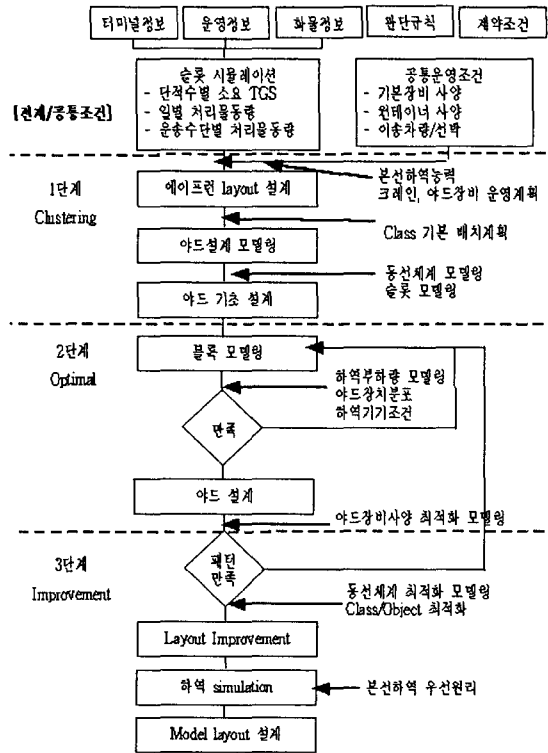
의 화물별 분포비율과 같은 화물정보, 설계를 위한 판단 기준, 주변환경과 여건에 적합한지를 판단하는 조건 등이 있다. 이러한 정보를 바탕으로 야드 시뮬레이션을 수행하기 위한 기초작업에 들어가며, 여기에서는 단적수별 소요 TGS(TEU Ground Slot), 일별 처리 물동량, 운송수단별 처리 물동량 등에 관한 데이터를 산출하고 기본 장비와 컨테이너사양, 이송차량 및 선박사양 등을 정한다.

전제와 공통조건이 완성되면 제1단계인 초기 야드 배치 모델링과 야드 기초설계에 들어가며 이 과정에서 각종 정보를 바탕으로 본선하역능력, 장비설계사양 및 운영계획, 야드 기본배치계획, 동선체계 모델링, 각 Slot 모델링을 계획한다. 야드 기초설계가 완성되면 제2단계로 최적화작업에 들어간다. 상세한 각 블록 모델링을 수행하며 각 화물정보, 판단기준, 제약조건 및 초기 슬롯 시뮬레이션을 만족하면 야드 설계로 들어가고 그렇지 않으면 다시 블록 모델링을 수행하면서 조건이 만족할 때까지 계속적으로 재작업을 한다. 이 과정에서 하역 부하량 모델링을 실시하고 야드장치분포, 하역기기 조건을 감안하여 작업을 수행한다. 제2단계를 완성하면 완성된 layout을 바탕으로 layout을 개선한 후 제2단계에서 만족된 야드 설계를 가지고 수출입 운송패턴을 만족하는지 여부를 검토하여 만족하지 못하면 반복적으로 실시하며 이 단계에서 야드 장비사양의 최적화작업을 실시한다. 수출입운송패턴을 만족시키면 동선체계 최적화, 각 단계 및 목표를 최적화하여 터미널 layout을 향상시키고 본선하역 우선원리를 적용하여 하역 시뮬레이션을 수행하고 최종적으로 모델 layout 설계를 확정짓는다. 이러한 과정을 본 논문에서는 4가지 모델을 설계하여 결과를 비교, 최적에 해당하는 모델을 선택한다. 다음의 그림 5는 야드 시뮬레이션의 설계 과정을 나타낸 것이다.

3.2 운영시스템의 대안 모델

자동화터미널의 운영시스템을 다음과 같이 4가지 모델로 나누어 설계를 추진하였는데, 환적, 수입, 수출물량 발생시 각 자동화 장비를 통한 컨테이너의 이동경로에 따라 각 모델별로 구분하였다. 본 운영시스템에 적용된 장비들은 Quay Crane을 제외한 전 야드장비가 완전 자동화를 전제로 한 것이다.

3.2.1 모델 1



모델 1의 운영시스템은 환적물량 발생시 선석에서 Quay

그림 5. 야드 시뮬레이션의 설계 과정
Fig 5. Design flow of Yard simulation

Crane을 통하여 AGV(Automated Guided Vehicle)로 옮기고 다시 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane)를 통하여 야드로 적재되며, 반출시에는 이의 역순을 거치는 과정이 발생된다. 수입물량 발생시 선석에서 Quay Crane을 통하여 AGV로 옮겨지고 다시 RMGC를 통하여 수입야드로 적재되며 외부 반출시 야드 RMGC에서 일부는 AGV를 통하여 레일로 외부 반출되고 일부는 외부 트럭을 통하여 반출되는 과정을 거친다. 수출물량은 레일 및 게이트를 통하여 반입된 컨테이너가 AGV 및 외부 트럭에서 야드 RMGC를 거쳐 수출야드에 일정기간 장치되어 있다가 다시 야드 RMGC에서 AGV를 거쳐 선박에 적재되는 흐름을 갖는다(그림 6).

3.2.2 모델 2

다른 처리 흐름은 모델 1과 같으나 외부 반출시 야드 RMGC에서 일부는 AGV를 거치지 않고 레일이 설치된 야드에서 외부 반출되고 일부는 외부트럭을 통하여 반출

되는 과정을 거친다. 수출물량은 레일 및 트럭을 통하여 반입된 컨테이너가 야드 RMGC를 거쳐 수출야드에 일정 기간 장치되어 있다가 다시 야드 RMGC에서 AGV를 거쳐 선박에 적재되는 흐름을 갖는다(그림 7).

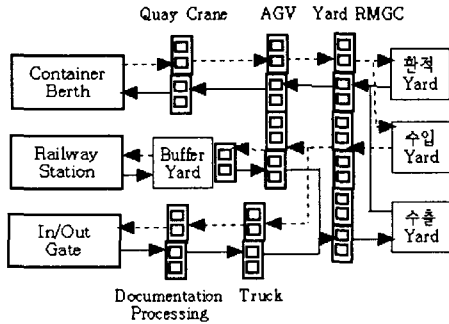


그림 6. 모델 1
Fig 6. Model 1

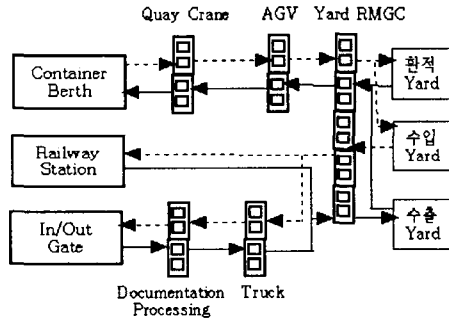


그림 7. 모델 2
Fig 7. Model 2

3.2.3 모델 3

모델 3의 운영시스템은 환적물량 발생시 선석에서 Quay Crane을 통하여 AGV로 옮겨지고 다시 OHBC (Over He Bridge Crane)를 통하여 환적야드로 적재되며, 반출시에 이의 역순을 거치는 과정이 발생된다. 수입물량 발생시 선석에서 Quay Crane을 통하여 AGV로 옮겨지고 다시 RMGC를 통하여 수입야드로 적재되며 외부 반출시 야드 RMGC에서 일부는 AGV를 거치지 않고 레일이 설치된 야드에서 외부로 반출되고 일부는 외부 트럭을 통하여 반출되는 과정을 거친다. 수출물량 중 레일물량은 레일버퍼야드의 레일 RMGC에서 AGV를 이용하고 야드 OHBC를 거쳐 수출야드에 장치되고 외부 트럭을 통하여 반입된 컨테이너는 트럭버퍼야드의 RMGC에서 AGV를 통하여 야드 OHBC를 거쳐 수출야드에 일정기간 장치되며 다시 야

드 OHBC에서 AGV를 거쳐 선박에 적재되는 흐름을 갖는다(그림 8).

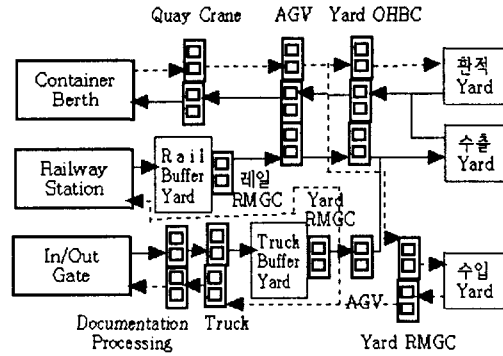


그림 8. 모델 3
Fig 8. Model 3

3.2.4 모델 4

다른 처리 흐름은 모델 3과 같으나 OHBC대신 ASC (Automated Stacking Crane)를 이용하며, 외부 반출시 드 ASC에서 일부는 AGV를 거쳐 레일버퍼야드에서 레일 RMGC로 외부 반출되고 일부는 AGV를 거쳐 트럭버퍼야드에서 RMGC로 외부 반출되는 과정을 거친다(그림 9).

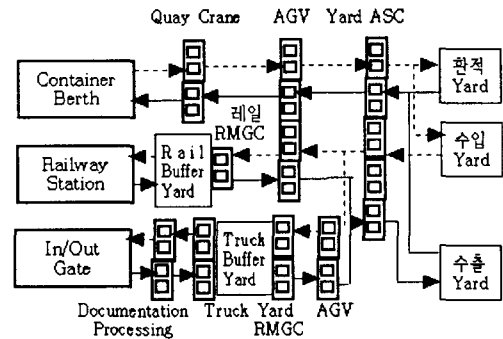


그림 9. 모델 4
Fig 9. Model 4

3.3 운영시스템의 대안 모델 비교 평가

운영시스템의 설계를 위해 야드의 대안 모델들은 토지 활용도, 작업의 단순화 정도, 생산성, 소요비용 등 4가지 측면에서 비교 평가할 수 있다. 여기에서는 각 모델들이 장비의 이동경로를 중심으로 설계했기 때문에 반출입시의 cycle time을 측정하는 생산성 측면을 비교해 보고자 한다.

다음의 표 1은 각 모델들을 앞에서 설명한 야드 시물

레이션을 이용하여 컨테이너가 목적지에 도달하는 시간을 나타낸 것이다. AGV의 cycle time이 모델 4가 가장 짧은 이유는 AGV의 이동거리가 가장 짧기 때문이나 다른 모델들도 각 장비간 cycle time이 약 1-2초 정도의 차이로 그다지 큰 차이를 보이고 있지는 않으나 Queue 모델에 의한 전체적인 컨테이너 흐름을 보면 모델별로 많은 차이가 있다. 모델 3을 제외한 모델 1,2,4의 경우 수입과 수출 컨테이너의 도달시간이 동일하며 이중 레일과 연계되는 도달시간의 경우 모델 2가 가장 우수하고(모델2>모델4>모델1의 순), 트럭과 연계되는 경우는 모델 1이 가장 짧은 시간을 보이고 있다(모델1>모델2>모델4의 순). 모델 3의 경우에는 운영체제가 근본적으로 수입과 수출시 연계되는 장비의 종류가 달라 두 값의 차이를 보이고 있다. 따라서 4개의 모델을 비교해 본 결과 전반적으로 모델 2가 레일, 트럭의 연계시와 수입과 수출 흐름에 있어 가장 짧은 cycle time을 보이고 있는데, 이것은 가장 간단하고 단순한 야드 운영체제에 기인한 것으로 판단된다.

표 1. 모델별 장비들의 사이클 시간(단위: 분)
Tab 1. Cycle time of equipments for each mod

구분		모델 1	모델 2	모델 3	모델4
AGV	본선/처리용	10.43	11.75	11.08	9.03
	반출입처리용	10.43	11.75	11.08	9.03
RMG	본선/처리용	1.82	1.98	1.69	1.75
C	반출입처리용	2.07	2.25	1.94	2.00
OHBC	본선/처리용			2.25	
	반출입처리용			2.57	
ASC	본선/처리용				2.91
	반출입처리용				3.33
계	수입화물	레일: 26.98 트럭: 14.32	15.98	14.71	26.30
	수출화물	레일: 26.98 트럭: 14.32	15.98	28.92	26.30

VI. 결론

자동화터미널의 운영시스템 모델을 설계하는 데에는 무엇보다도 어떠한 자동화 장비를 사용하느냐에 따라 그 생산성이 달라진다. 그러나 현실적으로 비용측면과 기존의 수작업 또는 반자동화 작업의 흐름을 도외시킬 수 없

으며, 그에 따라 기존의 작업 흐름을 최적화하고, 기존 장비와 자동화장비의 대체로 작업의 혼선이 발생하지 않는 방법이 가장 효율성을 기대할 수 있을 것이다. 따라서 이 논문에서 제시한 모델 2의 방법이 위의 상황을 가장 만족시킬 수 있다고 할 수 있다. 그러나 이 논문에서 분석한 생산성 측면 뿐 만 아니라 토지활용도, 작업의 단순화 정도, 그리고 인건비를 포함한 기타 소요비용 등을 종합적으로 비교 분석하여야만 보다 정확한 운영시스템 설계가 이루어질 것이다.

참고문헌

- [1] 한국해양수산개발원, 「자동화 컨테이너터미널 개발사업 타당성 검토 용역」, 1998. 12.
- [2] 임재민, 유병세, 김홍태, 「항만 물류시스템 분석을 위한 시뮬레이션 모델 개발」, 한국항만학회, '98 추계학술대회논문집, pp. 99 - 105.
- [3] 김창곤, 「시뮬레이션 모델을 이용한 컨테이너터미널 안벽능력분석」, 한국해양수산개발원, 2000. 12.
- [4] 류명욱, 「컨테이너 터미널에서의 작업시간에 관한 연구」, 부산대학교 대학원, 1998. 2.
- [5] TAO CHEN, "Yard operations in cont terminal - a study in the 'unprodu moves'", marit. pol., 1999, vol.26, no. 1, 2
- [6] Jan van Beemen, Ruud van der Ham, Nagel, "Feasibility Study for Autom Container Terminal in Korea", Review of report, 1998

저자소개



홍 동 희

1987~1999 한국해양수산개발원 정보시스템연구실 책임연구원

1999 경희대학교 대학원 전자계산공학과 박사과정 수료

현재 동원대학 e-비즈니스과 겸임교수