

# 창고 시스템의 효율성 평가를 위한 교육용 프로그램 개발

## A Development of Educational Program for Evaluating the Efficiency of Warehouse System

김 문 기\*, 김 희 성\*\*

Moon-Ki Kim\*, Hee-Sung Kim\*\*

### 요 약

현대 산업 사회에서 창고의 역할은 보관창고의 개념에서 정보시스템의 도입을 통해 구매, 생산, 저장 및 분배 활동을 원활히 하는 유통창고의 개념으로 바뀌어 창고의 중요성은 계속 커지고 있다. 본 연구에서는 자동창고의 효율성을 평가할 수 있는 프로그램이 C#을 이용하여 개발되었다. 저장법, 자동창고의 배치형태 및 명령수행절차의 세 가지 운영조건 조합으로 8가지의 방안에 대하여 모의실험이 이루어졌고, 프로그램에 동일한 입출고 데이터를 입력하여 스택커 크레인의 이동거리 값을 산출하였으며, 결과 값을 토대로 원인을 분석하고 최적의 운영방안을 제시할 수 있다. 이 프로그램은 모의실험을 통해 프로그램의 효율성과 응용가능성을 보여주었고, 공장설비 관련 교과목에 활용되어질 수 있다.

**Key Words** : Automated Storage and Retrieval System(AS/RS), Warehouse system, IN/OUT data

### ABSTRACT

The importance of warehouse is increasing since the role of warehouse in modern industry is changing from concept of storage to concept of circulation which facilitates purchasing, production, storage and distribution activities by induction of information system. In this study, a program is developed using C# for evaluating efficiency of automated storage and retrieval system(AS/RS). A simulation work is done for eight operating schemes under the combination of three conditions, which are storing method, the shape of automatic warehouse and the sequence of command performs, and the moving distance of stacker crane is calculated using the same gateway data. Using this program, the optimal operating scheme can be proposed based on the analyzed results of simulation. This program shows the effectiveness and applicability through the simulation work and can be utilized for courses which are related to factory facilities.

---

\* 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부(mkkim@kut.ac.kr)

\*\* 한국기술교육대학교 대학원 메카트로닉스공학과(kimejang@kut.ac.kr)

제1저자 (First Author) : 김문기

교신저자 : 김문기

접수일자 : 2012년 5월 30일

수정일자 : 2012년 6월 07일

확정일자 : 2012년 6월 12일

## I. 서론

창고의 기능은 산업 사회에서 매우 중요하다. 특히, 요즘은 정보 기술의 발전과 함께 제조 시스템에서의 창고의 역할이 단순히 저장하는 기능만이 아니라 종류와 양을 조절하여 구매, 생산, 저장 및 분배활동 등을 원활하게 하기 위한 동적 재고관리(dynamic inventory control)의 기능을 수행하고 있어 그 중요성은 날로 커지고 있다. 즉 과거의 보관창고의 개념에서 유통창고의 개념으로 바뀌어가고 있고, 자동화 기술의 급속한 발전과 함께 창고시스템을 자동화하는 추세이다.

그러므로 산업체에서 필요로 하는 기술 인력을 양성하는 대학에서도 공학 교육이 실무지향적이 되어야 함에 따라 물류 및 창고설비 관련 교과목들이 많이 늘어나고 있고, 관련 연구도 증가 추세에 있다.

창고시스템의 개선 및 자동화에 대한 연구는 끊임 없이 이루어지고 있는데, 최근에는 RFID 기술의 연구와 도입으로 자동창고 물류정보화의 향상과 효율의 증대를 가져왔고<sup>[1]</sup>, 각 제품군의 특색에 맞는 다양한 종류의 창고형태와 운영방안들이 많은 연구가들에 의해 진행되었다. 또한, 스택크레인(stacker crane)과 입/출고 반응시간의 연구<sup>[2]</sup>, 랙과 운영방안 등의 설계에 관한 연구의 발전으로<sup>[3],[4]</sup> 자동창고 설치비용과 유지비용의 절감, 공간 활용의 향상 등을 이루고 있다.

이에따라 대학에서도 창고시스템의 효율성을 간접적으로나마 평가해 보고, 운영방안들의 조합을 통해 자동창고 내부적인 운용효율을 높일 수 있는 가능성을 타진해 볼 수 있는 교육이 필요하다.

따라서, 본 논문에서는 동일한 입/출고 데이터를 주었을 때 자동창고에 여러 운영방안들의 조합을 도입하여 자동창고 내부에서 활동하는 스택크레인의 활동량을 줄여 운용비용을 줄일 수 있는 운영방안을 찾을 수 있는 프로그램을 개발하고자 한다. 이를 위해 C#이 사용되었고, 여러 운영방안의 조합에 따른 시스템의 수행도를 모의실험을 통해 분석 및 평가해 봄으로써 그 효율성 및 적용성을 알아보았다.

## II. 프로그래밍

자동창고 시스템의 운영방법 차이에 따른 효율성 분석을 위하여 C# 언어로 프로그램을 개발하였다. 입/출고량은 일정하다는 가정 하에 저장법, 창고 배

치형태 및 명령 수행절차의 세 가지 조건들의 조합으로 스택크레인의 총 이동거리 값을 산출하도록 하였다.

### 1. 설계

#### 1.1 운영방안 조건의 조합

수행도 평가를 위한 8가지 경우의 수는 저장법이 임의 또는 지정일 경우, 창고내의 입/출고점의 방향이 같거나 다른 경우 그리고 명령수행 절차가 단일 또는 이중일 경우의 조합에 의해서 만들어 지며, 그림 1과 같다.

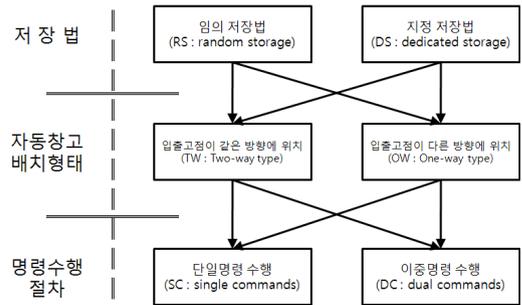


그림 1 운영방안의 가능한 조합  
Fig. 1 Possible combinations of operating schemes

저장법에 따른 두 가지 운영방안 중 임의저장법은 입고 시 비어있는 가장 가까운 셀에 입고를 하고, 지정저장법은 전체 셀에 입고를 해야 할 품목들이 정해져 있어서 가장 가까운 셀 영역이 비어있다 하더라도 지정되어 있는 셀에 입고를 하게 된다.

명령 수행 절차에 따른 스택크레인의 운행방식은 단일명령 수행의 경우 순차적으로 하나씩의 명령만을 수행하기 때문에 하나의 명령 수행 뒤에는 입고점으로 복귀하게 되지만, 이중명령은 한 명령집합에 입/출고명령이 중복되어 있는 경우 입고명령을 수행한 뒤에 바로 출고점으로 이동하여 출고명령을 수행한 후 복귀한다.

실질적인 자동창고의 운영에 있어서 스택크레인의 총 이동거리에 영향을 주는 요소는 본 연구에서 제시한 세 가지 이외에도 다양한 다른 조건들이 있지만 편의상 다른 조건들은 일정하다는 가정 하에 프로그래밍 하였다.

#### 1.2 지정저장법에 의한 품목위치 결정

임의저장법과는 달리 지정저장 시에는 자동창고의 배치형태에 따라 다른 형태를 띠게 된다. 입고점과 출고점이 한 방향에 있는 Two-way type의 경우는

입고점에서 가장 가까운 공간이 출고점과 가장 가까기 때문에 입고점에서 가장 가까운 지점들이 우선적인 배치순위를 가질 수 있지만, One-way type의 경우는 입고점과 출고점이 랙의 양 끝단에 각각 위치하기 때문에 입고점에서 가깝더라도 출고 시에는 반대편에 있는 출고점으로 이동하므로 총 이동거리는 같은 수평선상에 위치한 구역들은 동일하다.

지정저장의 경우는 정해진 품목의 위치에 따라 효율이 크게 변하므로 입/출고데이터를 토대로 품목의 저장위치를 결정하여야 한다.

## 2. 프로그래밍

프로그램은 크게 입력값 정리단계와 입/출고 수행 단계로 실행된다.

### 2.1 입력값 정리

우선 입력된 값을 순위 별로 정렬하여 그룹화한다. 단일명령의 경우는 특별한 순서상의 변경이 있어도 결과 값에는 변동이 없기 때문에 순차적으로 입/출고 명령을 수행하게 되지만 이중명령의 경우는 같은 순위 내에서의 입/출고 순서는 제약이 없다는 가정을 하여 입력 값의 순서로 최소한의 이동거리가 나오도록 정리된다.

### 2.2 입/출고 수행단계

입고 수행 단계에서는 스택크레인이 현재 위치에서 입고위치로 이동한 후, 입고할 품목을 들고 최단거리의 비어 있는 랙을 찾아서 이동한다. 그리고 들고 있는 품목을 랙에 넣은 뒤에 입고점으로 다시 이동을 한다. 만약 이중명령을 수행할 경우에는 입고점 복귀의 단계가 무시된다.

출고 수행 단계에서는 출고명령을 받은 스택크레인은 선입선출의 조건을 배제하였기 때문에 해당하는 품목까지의 최단거리를 계산한 뒤 가장 가까운 랙으로 이동한다. 그리고는 입고 되어있는 품목을 꺼낸 뒤에 출고점으로 이동하여 출고과정을 끝내게 된다. 만약 다음 명령이 출고명령일 경우 출고점에서 대기하게 되지만 더 이상 수행명령이 없거나 다음 수행동작이 입고명령일 경우에는 입고점으로 복귀하게 된다.

입고나 출고를 시작하기 전에 이미 스택크레인이 어떠한 품목을 가지고 있는 경우는 출고위치로 복귀하고 물건을 내려놓는 출고명령을 수행하게 된다. 이 과정은 더 이상 처리할 품목이 없을때까지 반복된다. 그림 2는 이 모든

과정을 보여준다.

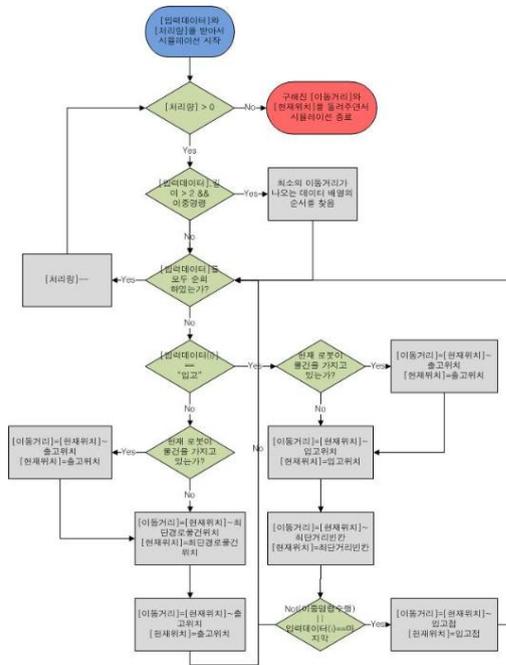


그림 2 프로그램 알고리즘  
Fig. 2 Program algorithm

### 2.3 프로그램 실행

완성된 프로그램을 실행하면 그림 3과 같이 초기설정 화면으로 시작된다. 프로그램 초기설정 단계에서는 셀 크기, 입고방식 및 기타 설정의 세 가지를 지정한다.

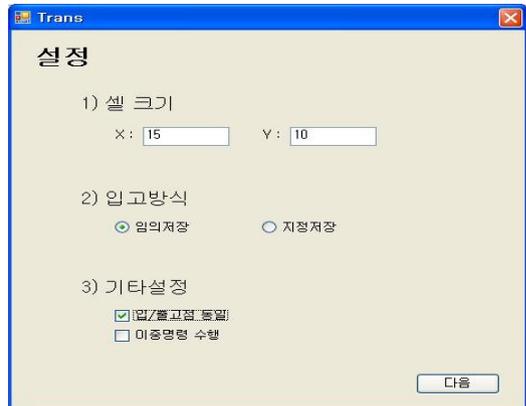


그림 3 초기 조건 설정  
Fig. 3 Set up for initial condition

입고방식에서는 임의 또는 지정 배치 여부를 묻고 기타 설정에서는 자동창고의 배치형태와 명령수행 절차 방법을 묻는다.

입/출고 데이터 입력 단계에선, 명령서에 따

라 그림 4와 같이 순번, 품목, 입/출고명령 및 수량을 입력한다.



그림 4 입출고 데이터 입력  
Fig. 4 Input/output data

만약 품목별 최대 허용입고량을 넘어서는 입고명령이 주어지거나 현재의 재고량을 넘어서는 출고명령이 주어지는 등 입/출고 데이터나 지정위치를 잘못 지정하여 잘못된 동작수행을 감지할 경우 그림 5와 같이 오류메시지를 넣어 다시 확인하여 수정할 수 있도록 하였다.



그림 5 오류 경고 메시지  
Fig. 5 Error warning message

### III. 모의실험

본 연구에서 개발한 프로그램의 효율성과 응용가능성을 타진하기 위하여 모의실험을 실시하였다.

#### 1. 조건

사용하는 입의의 품목은 A, B, C, D 및 E로 총 5가지이다. 이 품목들은 모두 동일한 크기의 팔렛(pallet)에 적재되어 있으며 사용될 수량의 한 단위는

팔렛 한 단위를 의미한다. 5가지의 품목을 토대로 본 실험에 사용될 입/출고 명령서는 표 1과 같다.

	A	B	C	D	E
작업1	입고40		입고20		
작업2		입고50			
작업3	출고30			입고20	
작업4	입고30	출고15			입고10
작업5	입고20	출고15		입고20	
작업6	출고30		출고20		
작업7				출고30	출고10
작업8	출고20	출고15	입고20		
작업9		입고40		출고10	
작업10	입고20				
작업11	입고20	출고25			입고10
작업12				입고20	
작업13	출고40				
작업14		출고20			
작업15	입고30		출고20	입고20	

표 1 입출고 명령서  
Table 1 Order sheet for IN/OUT

자동창고의 크기는 지정배치 시에 각 품목별로 최대 수량을 모두 저장할 수 있는 공간과 스택크레인의 효율성을 고려하여 15X12(총180칸) 크기의 셀을 가진 랙을 설정하였다.

입고점과 출고점의 위치는 자동창고의 배치형태에 따라 다르다. Two-way type의 경우 입/출고점이 한 방향에 위치하게 되기 때문에 랙의 왼쪽에 입/출고점이 위치하여 자동창고 랙 최하단의 왼쪽 첫 번째 셀의 좌표가 (1,0) 이라고 가정했을 시에 P/D station이 위치한 입/출고점의 좌표는 (0,0)이 되는 것이다. 이와 마찬가지로 입/출고점이 양 끝단에 나뉘어 있는 one-way type의 경우는 랙 최하단 좌측 첫번째 셀의 좌표가 (1,0), 마지막 셀의 좌표가 (15,0) 이라고 하였을 때 입고점은 (0,0), 출고점은 (16,0)에 위치하게 되는 것이다. 여기서 이동은 직각이동을 하며, 수직 및 수평 이동속도는 동일하다고 가정한다.

#### 2. 지정저장법에 의한 품목위치 결정

표 1의 입/출고 데이터를 기준으로 하였을 때 총 690회의 입/출고 명령을 반복하여 수행하는데, 각 품목의 활동 비율과 작업 순번별로 진행되었을 때 창고 내에 남아있게 되는 각 품목별 최대 재고 용량 및 각 품목의 활동/공간 비율은 표 2와 같다. 그러므로 C-A-B-D-E의 순으로 이동거리가 짧은 공간에 위치를 지정해 준다.

품목	최대 재고 용량	활동 비율	활동 공간 비율	순위
A	60	40%	0.66	2
B	50	25%	0.5	3
C	20	14%	0.7	1
D	40	17%	0.425	4
E	10	4%	0.4	5

표 2 품목별 활동/공간 비율  
Table 2 Ratio of activity/space for items

### 3. 결과값

입력이 완료되면 각 조건별 조합에 따른 8개의 결과 값이 그림 6 및 그림 7과 같이 임의저장법 및 지정 저장법을 모의실험 조건으로 사용한 4가지 방안에 대해 각각 출력된다.

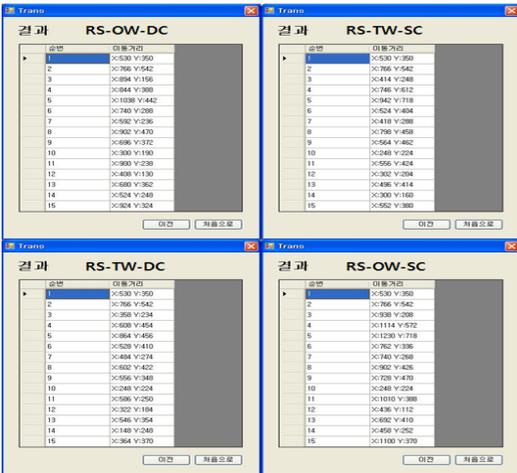


그림 6 모의실험 결과1 (임의저장)  
Fig. 6 Simulation result 1(Random Storage)

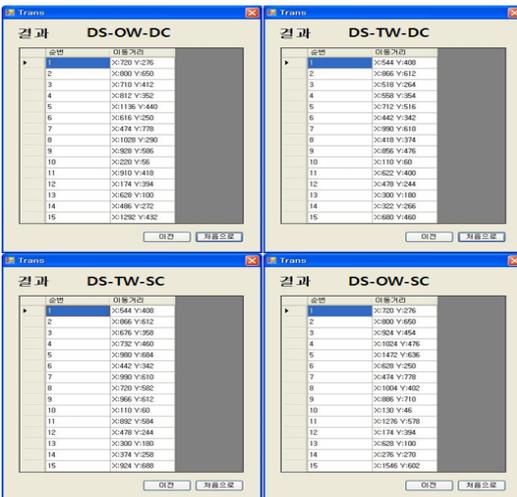


그림 7 모의실험 결과2 (지정저장)  
Fig. 7 Simulation result 1(Dedicated Storage)

결과 확인 이후 '이전' 명령을 수행하면 다시 입/출고 데이터 메뉴로 돌려지기 때문에 데이터 수정이나 다음 명령 지시 등을 수행할 수 있다.

이들 결과 값을 정리하면 표 3과 같고, 이를 그래프로 표시하면 그림 8과 같다.

저장법	창고 배치형태	명령수행절차	결과값
임의저장법	한방향에 위치	단일명령	14044
		이중명령	12630
	양방향에 위치	단일명령	17300
		이중명령	15474
지정저장법	한방향에 위치	단일명령	16676
		이중명령	13982
	양방향에 위치	단일명령	18584
		이중명령	16640

표 3 모의실험 결과  
Table 3 Simulation results

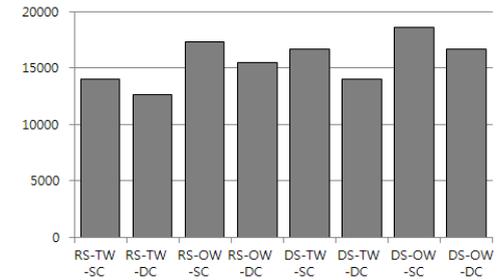


그림 8 모의실험 결과  
Fig. 8 Simulation results

그림 8을 보면 두번째 방안이었던 RS-TW-DC(임의배치-한 방향 입/출고점-이중명령)가 동일한 조건 내에서 가장 적은 스택크레인의 활동량을 보였고, 단일명령 보다는 이중명령을 수행 시 더 좋은 효율을 보임을 알 수 있다. 또한 입/출고점이 양 끝에 위치하면 효율이 좋지 않음을 알 수 있다.

### 4. 분석 및 고찰

활동 효율이 높다는 것은 동일한 조건 시 이동거리가 작음을 의미한다. 결과 값을 토대로 각 세부방안 별 스택크레인의 활동 효율을 알아보았다.

#### 4.1 저장법에 따른 세부 분석

표 3에 의거하여 각 저장법에 따른 평균값을 비교했을때 임의 저장법(평균; 14862)이 지정 저장법(평균; 16470)보다 9.76% 향상된 효율을 보인다. 가장 큰 영향을 준 구간은 7구간, 11구간 및 15구간인데, 이 구간은 모두 지정배치가 임의배치보다 두배가 넘는 스택크레인 이동량을 보였다. 이처럼 이동거리로 인한 AS/RS의 효율로만 본다면 임의배치가 지정

배치보다 좋음을 알 수 있다.

#### 4.2 배치형태에 따른 세부 분석

각 배치형태에 따른 평균값을 비교하면 Two way type(평균; 14333)이 One way type(평균; 17000)보다 15.69% 향상된 효율을 보인다. 즉, 입/출고점이 한 방향에 있는 경우가 더 효율이 좋고, 저장법 상에서 비교하였을 때 지정배치에서의 배치형태 방안별 결과 값의 격차가 적은 것을 알 수 있다.

#### 4.3 명령수행 절차에 따른 세부 분석

이중명령의 경우가 단일명령 시 보다 더 나은 효율을 보였다. 작업구간(순번)별로 비교해 봤을 때 큰 차이를 보이는 곳은 4구간, 5구간, 8구간, 9구간, 11구간 및 15구간인데, 모두 이중명령이 수행된 구간들이다.

### IV. 결론

본 논문에서 소개한 창고 시스템 프로그램은 C# 언어로 구성되었고, 창고의 효율성을 평가하는데 유용하게 활용될 수 있음을 보이기 위해 모의실험을 실시하였다.

AS/RS의 내부적인 효율 향상, 즉 창고 내에서 운행하는 스택크레인의 이동거리의 감소를 통한 운용비용 절감을 목적으로 배치법, 창고 배치형태 및 명령 수행 절차의 세 가지 조건들을 8가지 방안의 조합으로 구성하여 각각의 이동거리 값에 대한 결과를 토대로 효율성을 비교/분석하였고, 입의배치법과 Two-way type 및 이중명령을 수행했을 때 다른 방안보다 더 효율이 좋았음을 알 수 있었다.

본 프로그램은 메카트로닉스공학부 4학년에 개설되는 공장설비 관련 교과목에 활용되어 전체 생산 공정 중 한 영역인 창고시스템을 최적으로 설계하는데 도움을 줄 수 있고, 산업현장에서의 적응력을 키울 수 있다.

이번 연구에서는 단순히 크레인의 이동거리만을 고려하여 효율성을 검토해 보았지만, 랙이용율이나 입/출고 대기시간 등 여러 가지 요인들도 고려된다면 다양한 목적에 따라 적절한 운영방안의 선정이 달라질 수 있다.

실제의 AS/RS 시스템은 품목의 회전률, 입지조건, 품목의 용도 및 수명 등 다양한 조건들이 접목되어지는 복잡한 시스템을 형성하고 있으므로 향후 좀 더 다양한 운영조건들을 적용

한 알고리즘 개선을 통하여 물류창고 분야에서 의 광범위한 활용을 기대한다.

### 감사의 글

이 논문은 2010년도 한국기술교육대학교 교육연구진흥비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

- [1] 현대진의 4인, "RFID를 이용한 3차원 창고 관리 시스템", 한국정보과학회, Vol.32, No2. pp481~483, 2005.
- [2] Chang. S. H. and Egbelu, P. J., "Relative pre-positioning of storage/ retrieval machines in automated storage/retrieval system to minimize maximum system response time," IIE Transactions, Vol. 29, pp.303~312, 1997
- [3] 박재영, 문기주, "입출하 크기 다양성 하에서의 AS/RS 최적 운영방안", 대한설비관리학회, Vol.5, No2. pp15~27, 2000,
- [4] 이영해, 전성진, "전문가 시스템과 수리모델을 이용한 이형랙을 가진 자동창고 최적 설계 시스템 개발", 대한산업공학회, Vol.12, No2. pp237~246, 1999

김 문 기 (Moon-Ki Kim)

정희원



1991년 6월 : (미) 일리노이주립대(Ph.D.)  
 1992년 1월~현재 : 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부 교수  
 관심분야: 전산응용가공, 공장자동화, 생산관리

김 희 성 (Hee-Sung Kim)



2007년 2월 : 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부 (공학사)  
 2010년 8월 : 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학과 (공학석사)  
 관심분야: 물류관리, CAD/CAM