

# 보관시설의 작업공간 배치 알고리즘 개발

## Development of Layout Design Algorithm for Warehouse

이석†

김영주\*

권용장\*\*

Suk Lee

Young-Joo Kim

Yong-Jang Kwon

---

### ABSTRACT

This paper deals with the development of warehouse layout design algorithm. In the developed model, receiving/outgoing areas, storage areas, picking/distribution areas, value-added operation areas and support areas are considered. For more efficient use of the warehouse floor space, a mezzanine floor is also considered. We develop heuristic algorithms of warehouse layout design for several cases: three types of warehouse and three types of flow.

This study is expected to be used as a guideline in warehouse layout design phase.

---

### 1. 서론

과거 보관시설은 단순히 화물이나 상품의 보관을 위한 공간으로 인식되어 왔으나 최근에는 보관뿐만 아니라 포장, 가공 등 다양한 기능을 수행하며 부가가치를 창출하는 공간으로 역할이 확대되고 있다. 보관시설의 중요성에 대한 인식은 날로 증대되고 있지만 국내 보관분야 관련 연구는 미미하며, 2000년 창고업 자율화 이후 난립한 보관시설의 경쟁력 확보방안이 시급한 실정이다.

보관시설에서는 물품의 저장 및 입출고를 위하여 다양한 물류활동이 발생한다. 도착한 물품의 하차 및 검품·검수, 저장을 위한 재적재, 보관시설내 물품의 이동, 랙 등을 이용한 저장, 물품의 반출을 위한 피킹/분배, 반출할 물품의 상차 등의 작업뿐만 아니라 최근 그 요구가 많이 늘어나고 있는 포장, 라벨링과 같은 부가가치 창출 작업 등이 그 예이다. 이러한 다양한 활동을 원활히 수행하기 위해서는 보관시설 내부 작업장 및 설비의 효율적인 배치가 필수적이지만 국내 보관시설의 경우 물류활동에 대한 고려 없이 구축된 경우가 많다.

비효율적으로 건축된 보관시설은 변경이 불가능하거나 구조 변경을 위한 추가비용이 발생한다. 이에 보관시설을 기획하고 설계하는 초기단계부터 보관시설의 운영형태와 장비 등을 고려하여 구축되어야 하나, 보관시설 설계에 대한 가이드라인의 부재로 전문가의 도움 없이 보관시설의 개략적인 밑그림을 그리는 작업도 어려운 것이 현실이다. 이에 본 논문에서는 보관시설 내부에서 발생하는 여러 가지 활동들을 위한 작업공간을 간편하고 신속하게 효율적으로 배치할 수 있는 알고리즘을 개발하는 것을 목적으로 한다.

### 2. 선행연구 분석

Francis 외(1992), Aikens 외(1985), Hansen 외(1987) 등은 주로 분석적인 접근방법을 바탕으로 보관시설의 최적 위치 선정에 관한 내용을 다루고 있다. 차중곤 외(1993)는 물류센터 건립을 위한 시설계

---

† 책임저자 : 정희원, 한국철도기술연구원, 물류표준화연구단, 선임연구원

E-mail : slee@krii.re.kr

TEL : (031)460-5474 FAX : (031)460-5499

\* 정희원, 한국철도기술연구원, 물류표준화연구단, 선임연구원

\*\* 정희원, 한국철도기술연구원, 물류표준화연구단, 책임연구원

획, 입지선정, 레이아웃에 대하여 제시하고 있으며, 우리나라 기업의 사례 및 정부의 지원방안을 제시하고 있다. 임기식(2006)은 냉장/냉동창고의 설계 초기부터 시공에 이르는 과정을 case study를 통하여 제시하고 있다.

자동창고의 설계와 관련하여 Karasawa 외(1980), Ashayeri 외(1985) 등은 자동창고의 최적설계를 위한 수리적 모형에 대한 연구를 수행하였다. 또한 Rosenblatt 외(1993)는 최적화 모형과 시뮬레이션 모형을 결합한 방법으로 자동창고를 설계하는 연구를 수행하였고, 이영혜 외(1996)는 자동창고 최적설계를 위한 입력데이터 분석 및 자동창고 운영방법 결정을 위한 소프트웨어 설계에 대한 내용을 다루고 있다. 그 외에도 Bozer 외(1990, 1996)는 오더피킹 시스템의 최적 설계를 위한 수리모형을 제시하고 있다.

이와 같이 보관시설 설계에 관한 연구는 자동창고를 중심으로 이루어져 왔고, 보관시설의 전반적인 배치보다 특정부분의 최적 설계에 초점이 맞추어져 연구가 진행되어 왔다.

### 3. 보관시설 및 작업공간의 구분

본 연구에서는 차량의 보관시설 진입도로, 부지내 통로, 차양길이 및 높이, 보의 높이, 기둥간격, 작업장 바닥 강도 등 기반시설에 대한 부분을 제외하고 보관시설 내부의 작업공간에 대한 배치의 문제를 다루고 있다.

보관시설은 운영형태에 따라 DC(Distribution Center)형, TC(Transfer Center)형, 복합센터형으로 구분할 수 있다. 운영형태에 따른 보관시설의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

#### (1) DC형 보관시설

DC형 보관시설은 상품을 보관한 뒤 필요한 시기에 공급하는 방식의 보관시설이다. 일반적으로 상품 보관이 필요하므로 입·출고 공간과 작업 공간을 최소로 하고 상품의 보관면적을 최대로 하는 레이아웃을 채택한다. 최근에는 유통가공, 포장, 라벨링과 같은 부가가치 서비스를 제공할 수 있는 공간에 대한 요구가 증가하고 있다.

#### (2) TC형 보관시설

TC형 보관시설은 상품이 입고된 뒤 분류과정만을 거쳐 필요한 지점에 즉시 보내는 방식의 시설이다. 상품의 저장 없이 상품을 지역별이나 고객별로 구분하여 출고하기 때문에 입고와 출고를 구분하여 작업 프로세스가 단일방향으로 이루어지게 배치하는 것이 일반적이다.

#### (3) 복합센터형 보관시설

복합센터형 보관시설은 취급화물별로 분류 후 신속하게 출하시키는 운영형태와 분류 후 보관을 거쳐 유통가공 후 출고시키는 운영형태를 동시에 수행할 수 있는 보관시설이다.

일반적으로 보관시설은 도착한 물품의 하차 및 검수·검품을 위한 입고 공간, 랙 등을 이용하여 입고된 물품을 저장하는 저장 공간, 저장된 물품의 반출을 위한 피킹/분배 공간, 반출할 물품의 상차를 위한 출고 공간, 부가가치 작업을 위한 공간, 사무실, 휴게실, 화장실 등의 지원 공간으로 구성된다. 본 논문에서는 보관시설 작업공간을 입고 공간, 출고 공간, 저장 공간, 피킹/분배 공간, 기타 공간으로 구분하였다. 또한 저장 공간은 팔렛트 랙 공간, 평치 공간으로 세분화하고, 기타 공간은 부가가치 작업공간과 지원공간으로 구분하였다.

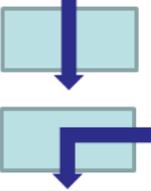
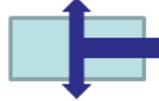
이렇게 구성된 각각의 공간들에 대하여 유닛로드의 종류 및 규격, 입출고량, 보관량 등을 고려하여 필요한 면적을 산출하고, 보관시설의 운영형태 및 동선 등을 고려한 배치를 통하여 효율적인 보관시설을 설계하였다.

#### 4. 보관시설 작업공간 배치 알고리즘 개발

보관시설의 각 영역은 직사각형을 기본으로 배치하고, 공간의 효율적인 활용을 위하여 중이층의 사용에 따른 배치 알고리즘을 개발하였다. 저장 공간은 파렛트를 사용하여 보관하는 물품을 기준으로 파렛트 랙과 평치의 두 가지 저장방법을 고려하였다. 또한 피킹/분배의 경우, 소팅머신, 컨베이어, DPS(Digital Picking System)/DAS(Digital Assorting System) 등 사용자의 요구에 의하여 주문 제작되는 설비들을 제외하고 파렛트 및 롤테이너를 이용하여 수작업으로 피킹/분배하는 작업을 기준으로 면적을 산정하여 배치하였다.

보관시설의 주동선에 따라 작업공간의 배치가 상이하므로 보관시설의 입·출고 방향에 따라 [표 1]과 같이 4가지로 구분하여 알고리즘을 개발하였다. 단, DC형 보관시설의 경우에는 보관기능을 위주로 운영되기 때문에 입출고가 여러 방향에서 이루어지면 공간사용의 효율성이 떨어지므로 한 방향에서 입고와 출고가 동시에 이루어지는 U자형 동선만을 고려하였다.

표 1. 주동선의 분류

1방향	2방향	3방향
		

#### 4.1 작업공간의 영역 산정

##### (1) 입고/출고 공간

입고 및 출고장의 길이( $L_{i(o)}$ )는 필요 dock 수 및 규격, dock 사이의 여유공간을 통하여 결정할 수 있다. 이렇게 결정된 입고 및 출고장의 길이는 필요한 최소의 길이로 다른 영역에 대한 배치가 진행되는 과정에서 계속적으로 갱신되어진다. 입고 및 출고장의 폭( $W_{i(o)}$ )은 입출고대기 unit 수와 작업을 위한 통로 폭을 더하여 산정한다. 입출하시 사용되는 트럭의 종류와 장비에 따라 입출고 대기공간의 폭과 통로 폭은 달라진다.

$$L_{i(o)} = (\text{dock 길이}) \times (\text{필요 dock 수}) + (\text{dock 사이 여유공간}) \times (\text{필요 dock 수} - 1)$$

$$W_{i(o)} = (\text{입출고대기 unit 수} / 2) + \text{통로 폭}$$

##### (2) 저장 공간

저장 공간은 랙 저장이나 평치의 unit 길이( $l_s$ )와 폭( $w_s$ ), 평균 저장량으로부터 산정된 랙 저장이나 평치가 필요한 셀 수( $N_s$ ) 및 단수 정보를 바탕으로 산정한다. [그림 1]은 랙이나 평치의 unit을 설정하는 방법을 보여준다. 랙 저장이나 평치가 필요한 셀 수를 만족시키는 길이와 폭의 조합이 다양하기 때문에

사용자로부터 저장 공간의 폭( $W_s$ )에 대한 정보를 입력받아 저장 공간의 길이( $L_s$ )를 결정한다. 이는 보관시설의 부지 면적이나 모양에 의하여 보관시설의 폭이 제한을 받거나 효율적인 보관시설의 입출고를 위하여 저장 공간의 폭을 제한하는 경우가 많기 때문이다. 이를 수리모형으로 표현하면 다음과 같고  $L_s$ 가  $l_s$ 의 배수이기 때문에 간단하게 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } L_s \\
 & \text{s.t. } \lfloor L_s/l_s \rfloor \times \lfloor W_s/w_s \rfloor \times (\text{단수}) \times (\text{unit당 셀 수}) \geq N_s \\
 & \quad L_s \geq L_{i(o)} \\
 & \quad L_s : l_s \text{의 배수}
 \end{aligned}$$

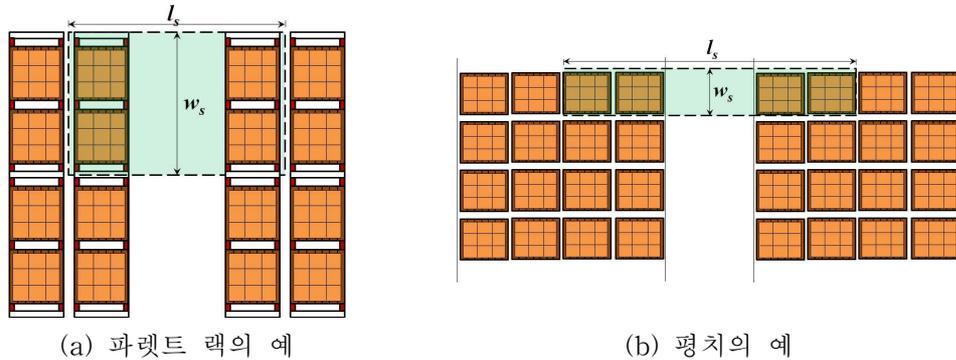


그림 1. 저장 공간의 unit

저장 공간에 팔레트 랙과 평치가 섞여 있는 경우, 각각의 저장형태별로 위의 방법을 활용한 길이 산정을 통하여 총 저장 공간의 길이를 결정할 수 있고, 평치구역의 상단부분은 공간의 효율적 사용을 위한 중이층을 고려할 수 있다.

### (3) 피킹/분배 공간

피킹/분배 공간의 길이( $L_p$ )와 폭( $W_p$ )도 저장 공간의 길이와 폭을 산정하는 방식과 유사하게 산정한다. 피킹/분배의 unit 길이( $l_p$ )와 폭( $w_p$ ), 피킹/분배에 필요한 셀 수( $N_p$ )를 바탕으로 산정한다. 피킹/분배에 필요한 셀 수를 만족시키는 길이와 폭의 조합이 다양하기 때문에 사용자로부터 피킹/분배 공간의 폭( $W_p$ )에 대한 정보를 입력받아 피킹/분배 공간의 길이( $L_p$ )를 결정한다. 이를 수리모형으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } L_p \\
 & \text{s.t. } \lfloor L_p/l_p \rfloor \times \lfloor W_p/w_p \rfloor \geq N_p \\
 & \quad L_p : l_p \text{의 배수}
 \end{aligned}$$

### (4) 기타 공간

부가가치 작업공간 및 지원 공간으로 구성된 기타 공간의 필요 면적은 수요자의 요구조건에 따라 결정한다. 공간의 효율적인 활용을 위하여 중이층 설치가 가능한 입고/출고 공간과 피킹/분배 공간의 상단의 면적을 산정하여 기타 공간을 배치한다. 중이층에 기타 공간을 전부 배치할 수 없을 경우 우선순위에 따라 중이층에 해당 공간을 배치하고 나머지 공간은 1층에 배치한다.

## 4.2 보관시설 적업공간 배치 알고리즘

위에서 언급한 사항들을 기초로 입고/출고 공간, 저장 공간 및 피킹/분배 공간, 기타 공간을 순차적으로 배치하는 보관시설 작업공간 배치 알고리즘을 개발하였다. 모든 작업공간을 동시에 고려하여 배치하는 것이 최적의 보관시설 설계방법이지만, 최적의 레이아웃 설계안을 수리적으로 도출하기가 어렵기 때문에 실제 현장에서 손쉽게 사용할 수 있는 휴리스틱 알고리즘을 개발하였다. 보관시설 작업공간 배치는 수요자의 요구조건을 바탕으로 현장에서 사용되는 장비 및 규격들을 활용하여 단계적으로 수행한다. 보관시설 작업공간의 개략적인 배치 절차는 다음과 같다.

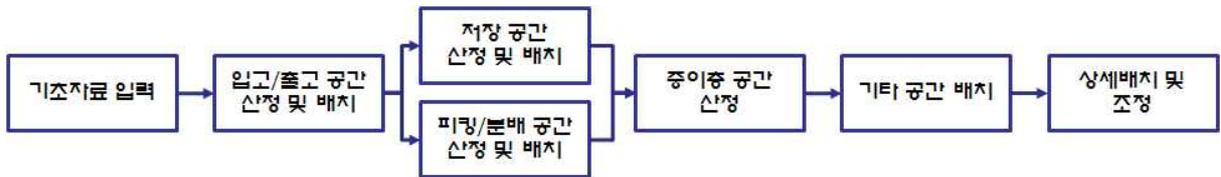


그림 2. 보관시설 작업공간 배치 알고리즘 개요

보관시설의 운영형태에 따라 작업의 종류, 동선 등이 상이함으로 세 가지 형태(DC, TC, 복합)의 보관시설 각각에 대하여 동선별로 상세한 배치 알고리즘을 개발하였다. DC센터의 경우, 피킹/분배 작업이 없으므로 해당공간에 대한 할당이 생략되고 입고 공간 및 평치 공간의 상단부분의 중이층을 고려하였다. TC센터 경우, 저장 작업이 없으므로 해당공간에 대한 할당이 생략되고 보관시설의 층고를 높게 설계할 필요가 없어 중이층을 고려하지 않고 1층에 기타 공간을 배치하는 알고리즘을 개발하였다. 복합센터의 경우, 저장 공간 및 피킹/분배 공간을 모두 고려하였고 입고 공간, 평치 공간, 피킹/분배 공간의 상단부분의 중이층을 고려하여 설계하는 알고리즘을 제시하고 있다.

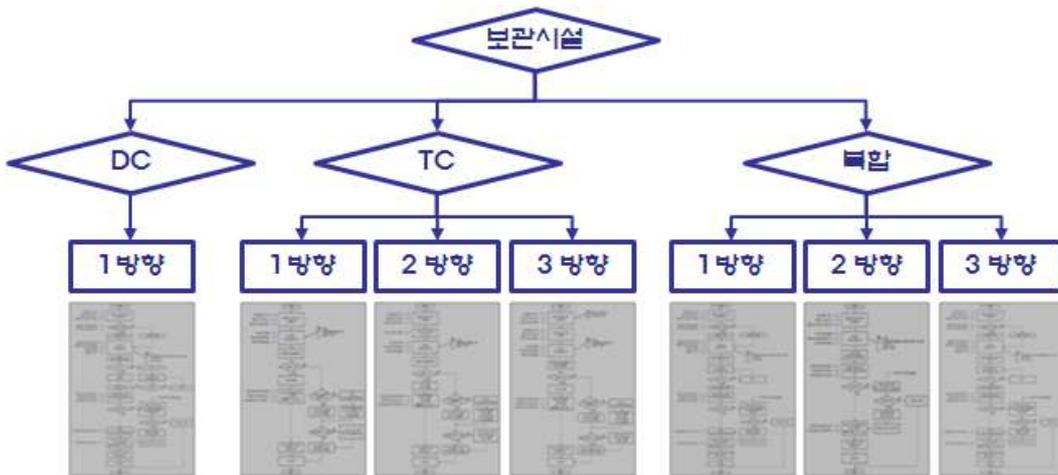


그림 3. 보관시설 작업공간 배치 상세 알고리즘

## 5. 결론

보관시설은 수동적인 단순보관 개념에서 생산과 판매를 지원하고 부가가치를 창출하는 공간으로 변화하고 있으며, 기업의 물류환경 변화에 따라 보관시설이 점차 대형화, 전문화되고 전체 공급사슬에서의 역할이 증대되고 있다. 보관시설의 기능 및 역할의 변화에도 불구하고 물류활동에 대한 고려 없이 구축된 사례가 많고, 효율적인 보관시설 구축을 위한 표준 및 가이드라인이 제시되고 있지 못하다.

본 연구에서는 보관시설 내부에서 발생하는 입출고, 저장, 피킹/분배, 부가가치 작업 등에 대하여 작업공간의 영역을 산정하는 방법 및 보관시설의 운영형태 및 동선에 따라 작업공간을 간편하고 효율적으로 배치할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

보관시설의 작업공간 배치 알고리즘을 통하여 보관시설 구축에 대한 전문적인 지식이 없는 화주에게 보관시설의 개략적인 규모, 보관시설 내부 작업공간의 배치 등에 대한 가이드라인을 제시함으로써 보관시설 구축에 소요되는 비용과 시간을 절약하고 효율적인 보관시설 설계의 기초가 될 것으로 기대된다.

앞으로 콜드체인의 확대에 인하여 그 중요성이 증가하고 있는 냉동/냉장 보관시설의 작업공간 배치에 대한 추가적인 연구가 필요하며, 본 연구에서 제시된 가이드라인을 바탕으로 보관시설 설계의 전문가가 아니더라도 간편하게 보관시설 내부의 설계 및 수정이 가능한 보관시설 설계 프로그램의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

### Acknowledgement

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비 지원(R&D/07교통체계-물류04)에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. 이영해, 김성식, 배효점, “자동창고 최적 설계 및 자동견적 지원시스템 구축사례: 삼성항공산업주식회사”, ie 매거진, Vol.3, No.1, pp.31-38, 1996.
2. 임기식, “냉동창고 관련 턴키 업무수행 사례 및 고찰”, 대우엔지니어링기수보, Vol.22, No.1, pp.186-198, 2006.
3. 전일수 외, “물류센터 기획에서 운영까지”, 도서출판 범한, 2007.
4. 차중곤, 김형구, “우리나라의 물류센터 설립에 대한 소고”, 물류학회지, Vol.3, pp.193-238, 1993.
5. Aikens, C.H., “Facility Location and Layout Planning”, European Journal of Operational Research, Vol.22, No.3, pp.263-279, 1985.
6. Bozer, Y.A., White, J.A., “Design and performance models for end-of-aisle order-picking systems”, Management Science, Vol.36, No.7, pp.852-866, 1990.
7. Bozer, Y.A., White, J.A., “A generalized design and performance models for end-of-aisle order-picking systems”, IIE Transactions, Vol.28, pp.271-280, 1996.
8. Francis, R.L., McGinnis, L.F., White, J.A, "Facility Layout & Location: an Analytical Approach", Prentice Hall, 1992.
9. Hansen, P., Labbe, M., Peeters, D., Thisse, J.F., "Single Facility Location on Networks", Annals of Discrete Mathematics, Vol.31, pp.113-145, 1987.
10. Karaswa, Y., Nakayama, H., Doli, S., "Trade-off analysis for optimal design of automated warehouses", International Journal of Production Research, Vol.11, pp.567-576, 1980.
11. Rosenblatt, M.J., Roll, Y., Zyser, V., “A combined optimization and simulation approach for designing automated storage/retrieval systems”, IIE Transactions, Vol.25, No.1, pp.40-50, 1993.