

Rack의 이산적 특성을 고려한 창고설계

- Warehouse Design with Discrete Characteristic of Rack -

김 성 태*
Kim, Seong-Tae

Abstract

When designing a warehouse, one has to recognize that the number of racks in a warehouse takes on only integer value in reality. The existing solution procedures based on noninteger values may result in poor outcomes for the design of a warehouse. This paper deals with the determination of the optimal integer for the number of racks that minimize the total material handling cost associated with the warehouse. An optimum search procedure is proposed here and a number of numerical examples are used to evaluate the efficiency of the proposed procedure.

1. 서론

최근 교통의 체증, 인건비 및 地價의 상승, 원·부자재비의 상승등으로 인한 물류 환경의 악화로 기업에서의 물류비가 차지하는 비중이 점차 심각한 수준에 이르고 있고, 이에 대한 대응방안이 필요하게 되어, 물류 시스템 전반에 걸친 검토를 실시하고 있는 기업이 증가하고 있다.

물류의 5 대 기능인 수송, 보관, 하역, 포장, 정보를 각 비용요소로 나눌 때, <표 1>에서 볼 수 있듯이, 수송비가 가장 많은 비중을 차지하고 있고, 그 다음은 보관비, 하역비순으로 나타나고 있다[1, 2]. 이중 보관비와 하역비는 창고와 밀접한 관계를 가지고 있으며, 이 2 가지 부분의 비중은 전체 물류비의 30 - 40 %를 차지하고 있어 물류 시스템에서 중요 부문임에 틀림없다. 따라서, 창고의 관리를 어떤 방법으로 하느냐에 따라 보관비 및 하역비의 절감이 이루어지는가가 결정된다고 할 수 있다.

창고와 관련된 비용은 창고의 건축비, 유지비, 하역비 등을 들 수 있는데, 창고의 규모와 Rack의 배치 형태에 따라 그 효율성이 좌우된다고 할 수 있다.

창고는 그 역할에 따라, 물류센터 창고, 배송센터 창고, 하치장 창고등으로 나눌 수 있으며, 그 구조형태에 따라 자동창고, 반자동 창고, 기계식 창고, 수동창고등으로 구분할 수 있다. 창고의 규모는 재고의 규모와 밀접한 관계를 가지며, 재고는 매출과 관련된다. 따라서, 재고의 규모를 예측하고, 수·배송의 필요량에 따른 입지가 결정되면, 그 창고의 역할에 따른 창고를 설계하게 된다.

물류센터의 창고의 경우에는 Pallet에 실려진 상태로 입고되고 출고되는 경우가 대부분이며, 출고는 일부 소단위로 출고될 수도 있다. 물류센터와 물류센터간, 혹은 물류센터와 배송센터간의 물자의 흐름을 수송이라 정의하고, 물류센터에서 고객 또는 영업장까지의 물자의 흐름을 배

* 명지전문대학 공업경영과

< 표 1 > 물류비 기능별 구성비와 매출액 대비

단위: %

| 구 분 | 교통개발연구원 (1991) | 한국생산성본부 (1992) | 한국무역협회 (1993) | 대한상공회의소 (1995) |
|---------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 포 장 비 | 2.0 (0.14) | 6.4 (0.54) | 10.6 (1.72) | 14.0 (2.00) |
| 수배송비 | 72.5 (5.22) | 56.0 (4.76) | 54.6 (8.85) | 37.8 (5.41) |
| 보 관 비 | 14.7 (1.06) | 10.2 (0.87) | 13.4 (2.17) | 17.5 (2.50) |
| 상하역비 | 2.1 (0.15) | 13.5 (1.15) | 13.7 (2.22) | 14.6 (2.09) |
| 기 타 | 8.7 (0.63) | 13.9 (1.18) | 7.7 (1.24) | 16.1 (2.30) |
| 합 계 (매출액비) | 100.0 (7.2) | 100.0 (8.5) | 100.0 (16.2) | 100.0 (14.3) |

주(1): ()는 매출액대비

주(2): 기타물류비는 물류정보비 및 물류관리비

송이라 정의하면, 이러한 경우 물류센터의 창고는 수송을 위한 구역과 고객 또는 영업장의 주문을 처리하기 위하여 소단위 배송을 위한 Picking 구역이 필요하게 되는 데, 수송과 배송을 동시에 고려한 창고설계는 아직 연구가 미진하다. 그러나 수송만을 고려한 창고의 내부설계는 그간 많은 연구가 이루어져 왔다. 대부분의 연구는 Rack의 배치 방법과 창고의 규모를 결정하는 최적 방안을 검토하였는 데, Rack이 이산적으로 셀 수 있는 특징을 고려하지 않아 최적해로서 실행에서의 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 Rack의 이산적 특성을 고려한 창고의 내부의 Rack의 배치와 그 규모를 결정하는 해법을 제시하고자 한다.

2. 기존연구의 고찰

2.1 가정 및 용어설명

창고 내부의 Rack의 배치와 규모와 관련된 기존의 연구를 고찰하기 위한 가정과 용어들을 설명한다.

2.1.1 가정

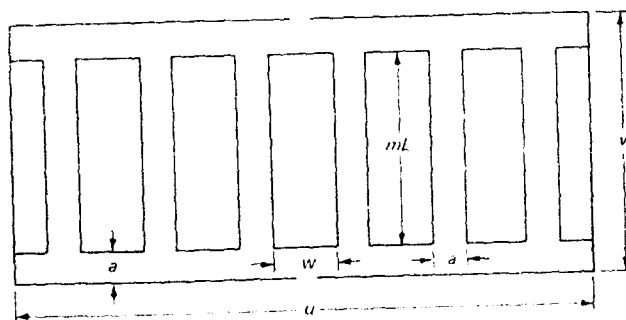
1. 상품은 Rack에 적재되고, Rack은 2개를 붙여 좌우로 양면을 사용하며, 건물의 양끝 벽면에는 단면 선반을 배치하는 데, 폭은 양면 Rack의 절반이다.
2. 창고의 대지 형태는 직각형이다. 이것은 창고에 Pallet으로 적재함에 있어 최적이라고 고려된다.
3. 창고의 제품들은 Pallet에 쌓인 상태로 입고되고 출고되어 진다.
4. Rack들과 벽들사이에는 검사의 실시 및 안전등을 고려하여 통행로를 확보한다.

5. 상품은 직각형태의 건물 한편으로 들어와서 반대편 문으로 나간다. 이것은 한 개의 문으로 입·출고를 하는 단일명령 (Single Command : 창고의 입고 또는 출고를 1 가지만 실행하는 명령) 과 동일하다는 가정이다. 문들이 있는 벽은 가로벽이라 칭하고 다른 벽은 세로벽 또는 횡단벽이라 칭한다.
6. Rack의 높이나 Pallet에 상품을 적재하는 단수는 창고 배치와 무관하다. 일반적으로 적재 높이는 상품의 형태나 취급장비에 따라 이미 결정되는 경우가 많다.

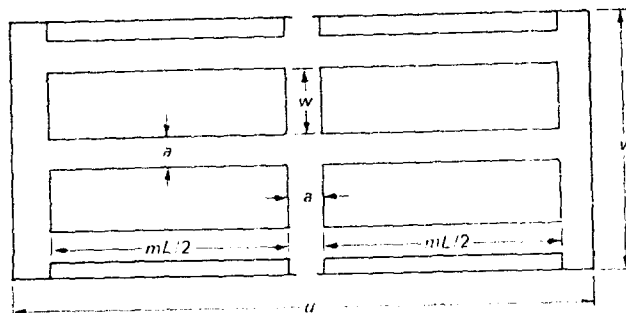
2.1.2 용어 설명

< 그림 1 >에 제시한 일반적인 창고의 형태를 감안한 필요 기호를 설명한다.

- w : Rack의 넓이
- L : Rack의 길이 (Pallet의 폭)
- m : 창고의 세로 방향으로의 Rack의 갯수
- h : 창고의 높이 방향으로의 Rack의 단 수
- n : 창고의 가로 방향으로의 Rack의 갯수
- K : 창고의 총 적재 가능한 Rack의 칸 수 ($K = 2nmh$)
- a : 창고의 Rack과 Rack사이의 복도의 넓이
- v : 창고의 세로방향 총 길이
- u : 창고의 가로방향 총 길이



(a) 세로방향 Rack 배치의 경우



(b) 가로방향 Rack 배치의 경우

< 그림 1 > 창고의 2 가지 Rack의 배치 형태

- d : 창고의 연간 처리량
 C_h : 단위당 제품취급비용
 C_s : 단위면적당 유지비용(보전비용등)
 C_p : 창고의 넓이에 따른 연간 건축비용

2.2 기존연구

창고의 내부 설계에서 고려해야 할 요인으로 첫째, 창고의 운영방법을 들 수 있는 데, 이는 제품을 같은 종류의 것을 지정장소를 정하여 운영할 것인지, 임의의 장소에 가장 가까운 빈 곳을 찾아 적재할 것인지에 따라 다르다. 둘째, 수요의 변화를 고려하여 결정할 것인지, 이미 결정된 처리량에 맞는 규모의 창고를 결정할지의 여부이다. 셋째, 고려하는 비용요소가 제품의 취급비, 건축비, 유지비중 어느 요소를 고려할 것인가의 여부이다.

White et al[10]은 수요의 변화를 고려한 임의 입·출고방식의 창고 규모를 결정하였다. 그러나 현실적으로 처리량은 설계되어질 창고의 입지와 수요량에 의하여 이미 정해져 있는 경우가 대부분이다. Mallette et al[8]은 창고의 규모가 결정되었을 때, 여러 종류의 제품을 적재할 구역을 결정하는 방법을 할당문제로 해법을 구하였다. Hausman et al[7]은 자동창고의 경우의 구역 지정방법에 대한 연구를 하였다. Francis[5]는 창고의 입출고를 위한 문이 1 개일 때, 문의 위치가 좌측 끝에 있을 때와 중앙에 있을 2 가지 경우에 대한 창고의 가로와 세로 방향 최적길이를 결정하는 모형을 개발하였다. 이 모형에서 사용한 비용 요소는 건축비와 제품의 취급비를 고려하였다.

본 연구에서는 일반적인 기계화 및 수동창고의 내부설계 모형을 다루고자 하며, 이러한 환경에서의 대표적인 연구는 Bassan et al[4]에 의하여 연구되었으며, 이에 대해서 언급하고자 한다.

Bassan et al은 < 그림 1 >에서의 2 가지 Rack의 배치 형태에 따른 최적 가로와 세로 방향의 Rack의 개수를 결정하는 모형을 개발하였다. 이 모형에서는 창고의 건축비, 유지비, 제품취급비가 고려 되었고, <그림 1>에서의 2 가지 배치방법 중 어느 방법이 더 좋은지의 결정방법도 제시하였다.

2.2.1 세로방향 배치의 경우

수요와 비용의 관계를 비교하여, $d < C_p / C_h$ 인 경우에는 세로 방향의 Rack 배치가 총비용을 최소로 하며 이 때의 m 과 n 은 다음과 같이 결정된다.

$$m_i^* = \frac{1}{L} \left[\frac{dC_h + 2aC_s + 2C_p}{2(dC_h + C_p)} \cdot \frac{K(w + a)L}{2h} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2-1)$$

$$n_i^* = \frac{1}{w + a} \left[\frac{2(dC_h + C_p)}{dC_h + 2aC_s + 2C_p} \cdot \frac{K(w + a)L}{2h} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2-2)$$

$$u_1 = n_i^*(w + a) \quad (2-3)$$

$$v_1 = 2a + m_i^* L \quad (2-4)$$

$$TC_1^* = 4a(dC_h + C_p) + SC_s + 2[S(dC_h + 4aC_s + 4C_p)]^{1/2} \quad (2-5)$$

2.2.2 가로방향 배치의 경우

수요와 비용의 관계를 비교하여, $d > 2C_p / C_h$ 인 경우에는 세로 방향의 Rack 배치가 총비용을 최소로 하며 이 때의 m 과 n 은 다음과 같이 결정된다.

$$m_2^* = \frac{1}{L} \left[\frac{2dC_h + 3aC_s + 2C_p}{dC_h + 2C_p} \cdot \frac{K(w+a)L}{2h} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2-6)$$

$$n_2^* = \frac{1}{w+a} \left[\frac{dC_h + 2C_p}{2dC_h + 3aC_s + 2C_p} \cdot \frac{K(w+a)L}{2h} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2-7)$$

$$u_2 = 3a + m_2^* L \quad (2-8)$$

$$v_2 = n_2^* (w+a) \quad (2-9)$$

$$TC_2^* = 3a(dC_h + 2C_p) + SC_s + 2[S(dC_h + 3aC_s + 2C_p)]^{1/2} \quad (2-10)$$

2.2.3 가로 또는 세로방향 배치가 가능한 경우

Bassan et al은 수요와 비용의 관계를 비교하여, $C_p / C_h < d < 2C_p / C_h$ 인 경우에는 가로 또는 세로 방향의 Rack 배치중 어느 것이 우수한지 결정할 수 없다고 하였다. 따라서 최적인 실수해는 식(2-1)과 (2-2)을 이용한 m 과 n 을 구하고, 식(2-6)과 (2-7)을 이용한 m 과 n 을 구한다. 여기서 얻어진 m 과 n 을 각각의 총비용식인 식(2-5)와 (2-10)에 대입하여, 그 중 작은 것을 최적으로 선택하여야 한다. 이 때의 창고의 가로와 세로방향의 길이는 식(2-3), (2-4) 또는 식(2-8), (2-9)로 결정되어진다.

3. 해법개발

본 최적 탐색 절차에서 결정하려는 변수는 m 과 n , 즉, 창고의 가로방향과 세로방향의 Rack의 개수를 결정하는 것이다. 이 때 주어지는 변수값은 창고의 구성요소인 w, L, h, a 와 매출량과 재고량에 따른 K, d 그리고 비용계수값인 C_h, C_s, C_p 가 주어진다.

<그림 1>에서 2가지 Rack의 배치 형태중 어느 것이 더 좋은 것인지는 Rack의 이산형 특성을 고려할 경우에는 판단할 방법이 없으므로 2가지를 모두 조사해 보아야 한다.

본 연구에서 제시하는 방법은 세로방향 배치방법중에 최적을 선택하는 단계와 가로방향 배치방법중에 최적을 선택하는 단계, 그리고 이 2 가지 방법중에 전체문제의 최적인 방법을 선택하는 3 단계로 이루어진다.

단계 1 : Rack의 세로방향 최적 m_1^*, n_1^* 을 선택하고 최소비용 TC_1^* 을 결정한다.

절차 1 : K 를 $2h$ 로 나누고 필요 Rack의 개수를 결정한다.

$$i = \lceil \frac{k}{2h} \rceil \quad i: \text{정수}$$

$$n = 1$$

절차 2 : if $n \leq i$ then $m = \lceil \frac{i}{n} \rceil$

이 때의 m 과 n 을 이용하여

$$TC_1 = d [4a + 2mL + n(w+a)]C_h + n(w+a)(2a+mL)C_s \\ + 2[2a+mL+n(w+a)]C_p$$

$TC_1^* = \min(TC_1)$ 를 구한다.

if $n > i$ then TC_1^* 를 구하고 STOP.

절차 3 : $n = n+1$

절차 2 로 간다.

단계 2 : Rack의 가로방향 최적 m_2^*, n_2^* 을 선택하고 최소비용 TC_2^* 을 결정한다.

절차 1 : K 를 $2h$ 로 나누고 필요 Rack의 개수를 결정한다.

$$i = \lceil \frac{k}{2h} \rceil \quad i: \text{정수}$$

$$n = 1$$

절차 2 : if $n \leq i$ then $m = \lceil \frac{i}{n} \rceil$

이 때의 m 과 n 을 이용하여

$$TC_2 = d [3a + mL + 2n(w+a)]C_h + n(w+a)(3a+mL)C_s \\ + 2[3a+mL+n(w+a)]C_p$$

$TC_2^* = \min(TC_2)$ 를 구한다.

if $n > i$ then TC_2^* 를 구하고 STOP.

절차 3 : $n = n+1$

절차 2 로 간다.

단계 3 : TC_2^* 과 TC_1^* 중 더 적은 값을 선택하고, 이 때의 m 과 n 을 결정한다.

4. 수치예제

Bassan et al의 방법과 본 연구에서의 제시한 방법을 R. H. Ballou[3]의 예제를 이용하여 수치예제를 풀어보고자 한다. 현실적으로 1 개의 Rack을 설치하는 데는 약 1 평이 소요된다. 창고의 크기가 우리나라의 경우 평균 1,570평이고, 일본의 경우는 평균 5,700평인 점을 감안하

여, 그 규모에 적당한 크기의 문제를 푼다. Bassan et al은 <그림 1>에서의 2 가지 배치 방법 중 하나를 선택하는 기준을 설정하였으므로, 각 구간에 해당되는 문제를 풀어 본연구와의 차이를 밝히고자 한다. 이 때, 구간의 결정은 C_h 와 C_p 및 d 의 관계에 따라 결정되므로 공통적인 환경은 다음과 같이 정의한다.

예제 : 창고 적재시 Pallet은 4*4*4 feet의 저장 공간(Rack)을 필요로 하며, 4 단 높이까지 적재가 가능하다. 양면 Rack의 폭은 8 feet이며, 복도의 넓이는 10 feet 이다.
창고는 연간 재고 물량의 회전율이 4 회전한다고 조사되었다.

4.1 세로방향 Rack의 배치의 경우

물자의 취급비(C_h)는 foot당 \$0.00001이고, 입방 foot당 면적 비용(C_s)은 \$3.0 이며, 외부 벽의 길이 foot당 연간 비용(C_p)은 \$3.3 일 경우

| | Bassan et al 의 방법(1) | | | | | 본연구 방법(2) | (2)/(1) % |
|------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------|
| | m*, n* TC | [m*],[n*] | [m*],[n*] | [m*],[n*] | [m*],[n*] | | |
| d = 32,000 1,000평 | 203.4, 4.9 227,953 | 204, 5 232,395 | 204, 4 infeasible | 203, 5 231,286 | 203, 4 infeasible | 200, 5 227,959 | 98.5 |
| d = 64,000 2,000평 | 277.1, 7.2 449,627 | 278, 8 498,986 | 278, 7 infeasible | 277, 8 497,227 | 277, 7 infeasible | 250, 8 449,720 | 90.4 |
| d = 96,000 3,000평 | 327.2, 9.2 670,471 | 328, 10 731,989 | 328, 9 infeasible | 327, 10 729,795 | 327, 9 infeasible | 300, 10 670,555 | 91.8 |
| d = 128,000 4,000평 | 365.2, 10.9 890,946 | 366, 11 896,649 | 366, 10 infeasible | 365, 11 894,237 | 365, 10 infeasible | 400, 10 891,057 | 99.6 |
| d = 160,000 5,000평 | 395.7, 12.6 1,111,219 | 396, 13 1,143,646 | 396, 12 infeasible | 395, 13 1,140,799 | 395, 12 infeasible | 500, 10 1,112,072 | 97.4 |
| d = 192,000 6,000평 | 420.9, 14.2 1,331,367 | 421, 15 1,400,330 | 421, 14 infeasible | 420, 15 1,397,048 | 420, 14 infeasible | 400, 15 1,331,413 | 95.3 |
| d = 224,000 7,000평 | 442.4, 15.8 1,551,435 | 443, 16 1,570,189 | 443, 15 infeasible | 442, 16 1,567,189 | 442, 15 infeasible | 500, 14 1,551,729 | 99.0 |
| d = 256,000 8,000평 | 460.9, 17.3 1,771,449 | 461, 18 1,836,622 | 461, 17 infeasible | 460, 18 1,832,687 | 460, 17 infeasible | 500, 16 1,771,593 | 96.6 |
| d = 288,000 9,000평 | 477.1, 18.8 1,991,427 | 478, 19 2,009,354 | 478, 18 infeasible | 477, 19 2,005,200 | 477, 18 infeasible | 500, 18 1,991,479 | 99.3 |
| d = 320,000 10,000평 | 491.5, 20.3 2,211,381 | 492, 21 2,283,941 | 492, 20 infeasible | 491, 21 2,279,353 | 491, 20 infeasible | 500, 20 2,211,388 | 97.0 |

수요가 연간 64,000일 경우, 실수 최적해를 구하여 반올림 또는 내림으로 정수값을 얻을 경우와 본 해법을 이용하여 얻은 결과의 차이가 90.4% 이고 128,000인 경우는 99.6%로 거의 차이가 없다. 창고의 비용중 10%의 차이는 보관 및 하역비가 물류비의 40%정도라 할 때, 전체 매출액에 대하여 0.14*0.40*0.1%를 차지하므로, 전체 매출액의 0.56%를 차지하는 비중이 된다. 보통 기업의 순이익이 매출액의 1 내지 4% 수준임을 고려한다면 순이익의 15 내지 50%정도의 커다란 비중을 의미한다.

4.2 가로방향 Rack의 배치의 경우

물자의 취급비(C_h)는 foot당 \$0.0001이고, 입방 foot당 면적 비용(C_s)은 \$1.5 이며, 외부 벽의 길이 foot당 연간 비용(C_p)은 \$1.0 일 경우

| | Bassan et al 의 방법(1) | | | | | 본연구 방법(2) | (2)/(1) % |
|------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------|
| | m*, n* TC | [m*],[n*] | [m*],[n*] | [m*],[n*] | [m*],[n*] | | |
| d = 32,000 1,000평 | 169.1, 5.9 80,573 | 170, 6 82,097 | 170, 5 infeasible | 169, 6 81,640 | 169, 5 infeasible | 200, 5 80,692 | 98.8 |
| d = 64,000 2,000평 | 209.4, 9.5 160,029 | 210, 10 167,622 | 210, 9 infeasible | 209, 10 166,864 | 209, 9 infeasible | 200, 10 160,046 | 95.9 |
| d = 96,000 3,000평 | 236.4, 12.6 240,216 | 237, 13 246,368 | 237, 12 infeasible | 236, 13 245,383 | 236, 12 infeasible | 250, 12 240,253 | 97.9 |
| d = 128,000 4,000평 | 258.3, 15.4 321,133 | 259, 16 332,087 | 259, 15 infeasible | 258, 16 330,872 | 258, 15 infeasible | 250, 16 321,150 | 97.0 |
| d = 160,000 5,000평 | 277.4, 18.1 402,741 | 278, 19 424,232 | 278, 18 403,046 | 277, 19 422,788 | 277, 18 infeasible | 250, 20 402,970 | 99.9 |
| d = 192,000 6,000평 | 294.6, 20.3 485,001 | 295, 21 499,891 | 295, 20 infeasible | 294, 21 498,290 | 294, 20 infeasible | 300, 20 485,010 | 97.3 |
| d = 224,000 7,000평 | 310.6, 22.5 567,879 | 311, 23 579,584 | 311, 22 infeasible | 310, 23 577,827 | 310, 22 infeasible | 280, 25 568,220 | 98.3 |
| d = 256,000 8,000평 | 325.5, 24.5 651,344 | 326, 25 655,336 | 326, 24 infeasible | 325, 25 660,928 | 325, 24 infeasible | 320, 25 651,356 | 98.5 |
| d = 288,000 9,000평 | 339.6, 26.5 735,730 | 340, 27 749,193 | 340, 26 infeasible | 339, 27 747,122 | 339, 26 infeasible | 360, 25 735,516 | 98.4 |
| d = 320,000 10,000평 | 353.1, 28.3 819,931 | 354, 29 840,396 | 354, 28 infeasible | 353, 29 838,168 | 353, 28 infeasible | 345, 29 820,344 | 97.8 |

4.3 가로 또는 세로방향 Rack의 배치가 가능한 경우

물자의 취급비(C_h)는 foot당 \$0.0001이고, 입방 foot당 면적 비용(C_s)은 \$3.2 이며, 외부 벽의 길이 foot당 연간 비용(C_p)은 \$3.0 일 경우

| | Bassan et al 의 방법(1) | | | | | 본연구 방법(2) | (2)/(1) % |
|----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------|
| | m*, n* TC | [m*],[n*] | [m*],[n*] | [m*],[n*] | [m*],[n*] | | |
| d = 32,000 1,000평 | 156.4, 6.3 232,273 | 157, 7 254,448 | 157, 6 infeasible | 156, 7 252,884 | 156, 6 infeasible | 143, 7 232,563 | 91.9 |
| d = 35,200 1,100평 | 227.1, 4.8 255,927 | 228, 5 264,894 | 228, 4 infeasible | 227, 5 263,774 | 227, 4 infeasible | 220, 5 255,936 | 97.0* |
| d = 38,400 1,200평 | 164.1, 7.3 277,969 | 165, 8 304,809 | 165, 7 infeasible | 164, 8 303,024 | 164, 7 infeasible | 150, 8 278,044 | 91.7 |
| d = 41,600 1,300평 | 167.4, 7.7 300,814 | 168, 8 310,650 | 168, 7 infeasible | 167, 8 308,864 | 167, 7 infeasible | 186, 7 301,368 | 97.5 |
| d = 44,800 1,400평 | 170.5, 8.2 323,658 | 171, 9 354,720 | 171, 8 infeasible | 170, 9 352,714 | 170, 8 infeasible | 175, 8 323,665 | 91.7 |
| d = 48,000 1,500평 | 173.3, 8.6 346,504 | 174, 9 361,246 | 174, 8 infeasible | 173, 9 359,238 | 173, 8 infeasible | 150, 10 346,736 | 96.5 |
| d = 51,200 1,600평 | 175.9, 9.1 369,350 | 176, 10 405,081 | 176, 9 infeasible | 175, 10 402,854 | 175, 9 infeasible | 160, 10 369,456 | 91.7 |
| d = 54,400 1,700평 | 178.3, 9.5 392,198 | 179, 10 412,289 | 179, 9 infeasible | 178, 10 410,060 | 178, 9 infeasible | 170, 10 390,227 | 95.1 |
| d = 57,600 1,800평 | 180.6, 9.9 415,049 | 181, 10 417,281 | 181, 9 infeasible | 180, 10 415,049 | 180, 9 infeasible | 180, 10 415,049 | 100.0 |
| d = 60,800 1,900평 | 182.7, 10.3 437,902 | 183, 11 463,116 | 183, 10 infeasible | 182, 11 460,665 | 182, 10 infeasible | 190, 10 437,923 | 95.0 |

* 가로방향 Rack 배치가 선택된 경우

5. 결론

본 연구에서는 물류센터의 처리량이 주어졌을 때, 최적의 가로방향과 세로방향의 길이와 그때 내부의 Rack 배치방법을 결정하는 최적탐색방법을 제시하였다. Bassan et al은 목적함수가 Convex임을 증명하고, 이를 이용한 최적 실수해를 구하는 해법을 제시하였다. 또한 목적함수가 최적해 근처에서 매우 평평하기 때문에 실수 최적해를 반올림 등의 방법으로 정수화하여 실제적용 값을 결정하여도 최적값의 1%를 벗어나지 않는다고 하였다. 그러나 본 연구의 수치예제에서 지적하였듯이 정수값을 가질 경우의 최적값은 현재의 실수 최적해 근처에만 있는 것이 아니라는 것을 알 수 있다. 따라서 실제에 적용을 위한 정수의 최적해를 구하기 위하여는 새로운 해법을 필요로 한다. 본 연구의 탐색방법의 효율은 목적함수의 계수값에 따라 변하며, 수치예제의 경우 실수값을 통한 정수해와 본 연구의 해와는 크기는 약 10%정도 총비용이 적음을 알 수 있다.

본 연구에서 제시한 최적탐색해법의 경우 IBM PC에서 약 3초 내외의 시간에 해를 구할 수 있어, 현실 문제의 규모로 볼 때 해법의 성능을 개선하기 위한 새로운 방법을 제시하는 것은 크게 의미가 없다고 본다. 물류센터의 문이 여러개 있는 경우에도 현재방법을 확장하기만 하면 된다.

향후의 연구 과제로는 저장방법의 변화, 즉 구역지정방법 등에 따른 배치방안과 Picking을 위한 구역을 포함하는 물류센터의 설계등이 필요하다고 생각한다.

참고 문헌

1. 대한상공회의소, "물류관리 실태 조사 보고" 1995. 8.
2. 한국물류협의회, "화물유통 효율화를 위한 물류표준화 추진방안 수립에 관한 보고" 1993. 12.
3. Ballou, h. R., *Business Logistics Management*, 3rd ed., Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey (1993).
4. Bassan, Y., Roll, Y. and M. J. Rosenblatt, "Internal Layout Design of a Warehouse, AIIE Transactions, 12, 4, pp 317-322 (1980).
5. Francis, R. L., "On Some Problems of Rectangular Warehouse Design and Layout," The Journal of Industrial Engineering, 18, 10, pp 595-604 (1967).
6. Francis, R. L. and J. A. White, *Facility Layout and Location, An Analytical Approach*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey (1974).
7. Hausman, W. H., Schwartz, L. B. and S. C. Graves, "Optimal Storage Assignment in Automatic Warehousing Systems," Management Science, 22, 6, pp 629-638 (1976).
8. Mallette, A. J. and R. L. Francis, "A Generalized Assignment approach to Optimal Facility Layout," AIIE Transactions, 4, 2, pp 144-147 (1972).
9. Roberts, S. D. and R. Reed, "Optimal Warehouse Bay Configurations," AIIE Transactions, 4, 3, pp 178-185 (1972).
10. White, J. A. and R. L. Francis, "Normative Models for Some Warehouse Sizing Problems," AIIE Transactions, 3, 3, pp 185-190 (1971).