

자동창고시스템에 있어서 최단거리모형을
이용한 주문처리결정방법

A Sequencing Algorithm for Order Processing by using
the Shortest Distance Model in
an Automated Storage/Retrieval Systems

박 하 수*

Park, Ha-Soo

김 민 규**

Kim, Min-Kyu

Abstract

An Automated Storage/Retrieval Systems(AS/RS) has been gradually emphasized because of the change of production and distribution environment. This paper develops algorithm and Shortest Distance Model that can reduce the traveling time of a stacker crane for efficient operation of AS/RS. In order to reduce the traveling time of a stacker crane, we determine the order processing and then the sequencing of storage/retrieval for each item. Order processing is determined based on the SPT(Shortest Processing Time) concept considering a criterion of retrieval coordinate. The sequencing of storage/retrieval is determined based on the Shortest Distance Model by using a modified SPP(Shortest Path Problem) of network problem.

A numerical example is provided to illustrate the developed algorithm and Shortest Distance Model.

1. 서 론

생산환경과 유통환경의 변화에 따라 물자의 취급 및 보관, 하역 등의 물류시스템이 강조되어 왔다. 생산현장과 소비자를 연결하는 물류의 원활화에 중요한 역할을 하는 부분중의 하나가 자동적재 및 인출시스템(Automated Storage/Retrieval System ; AS/RS)으로 정의되는 자동창고라 할 수 있다. 자동창고시스템의 도입에 따른 이점은 다음과 같다[8].

- 보관능력을 향상시킬 수 있다.
- 보안을 개선하고 도난의 위험을 줄인다.
- 보관작업의 노무비를 줄인다.
- 재고관리 기능을 개선한다.

* : 숭실대 산업공학과

** : 한국표준협회

자동창고는 설비위주의 하드웨어가 결정된 후에는 주로 입·출고와 관련된 운영적 측면의 설계와 개선을 통하여 전체 창고시스템의 효율성을 높일 수 있다. 특히, 입·출고 방법에 따라서 스택어 크레인의 운행시간과 소요시간이 크게 변하므로 그 만큼 개선의 여지가 많다고 할 것이다.

자동창고와 관련된 연구논문은 설계문제와 운영문제로 나누어서 연구가 진행되어 왔고 운영문제는 오더 피킹 문제, 팔레트 할당문제 그리고 저장공간 할당문제로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 운영문제중 오더 피킹 문제에 대해서 연구하고자 한다.

오더 피킹 문제의 연구목적은 일련의 작업수행에서 스택어 크레인의 운행시간 및 거리를 최소화하는 주문의 처리 순서를 결정하는 것이다. Elsayed[2]는 오더 피킹 문제로 주문들의 그룹을 형성한 후 TSP 알고리즘을 적용하여 창고내의 스택어 크레인의 총 운행시간을 최소화하는 주문처리 순서를 찾는 발견적 해법을 개발하였다. Hwang[5]은 위의 논문과는 달리 집단화(Clustering) 알고리즘을 이용하여 주문의 순서를 결정하는 것으로 Elsayed가 제시한 알고리즘과 비교했을 때 좋은 해를 얻을 수 있음을 보였다. 위의 논문은 TSP 알고리즘을 이용하여 주문처리 순서를 결정하였는데, TSP 알고리즘은 변수의 수가 증가하면 해를 구하는데 많은 시간이 소요되므로 실제 시스템에 적용할 때 제한적 범위를 갖는다. Bozer[1]는 오더 피킹 시스템의 설계와 분석에 대한 방법을 시뮬레이션을 통해서 저장통로의 수를 최소화시키는 모델을 개발하였고, Jarvis[6]은 자동창고안에서 제품의 최적위치를 결정한 후 특정요소들이 주문처리 효율에 미치는 영향에 대해서 대칭창고에서의 제품배치의 필요충분한 최적조건과 비대칭 창고에서의 제품배치의 발견적 해법을 제시하였다.

Han[4]는 M개의 출고요구와 N개의 비어있는 랙을 결합하여 서로 가까운 거리에서 입고와 출고가 연속으로 발생하는 최단위치법(Nearest Neighbor Rule)으로 입·출고의 순서를 결정하는 발견적 방법을 개발하였다. 이 논문은 주문처리 순서를 고려하지 못하였으며, 입고지점과 출고지점간의 운행거리는 단축시킬 수 있지만 전체를 고려한다면 총 스택어 크레인의 운행거리가 증가할 수 있다. Eynan[3]은 Han의 논문을 확장한 것으로 최단위치선택법을 이용하여 정사각형과 직사각형 형태의 창고에 대한 이중운행시간을 결정하는 방법을 제시하였다.

본 연구에서는 Han이 제시한 입·출고 순서의 발견적 해법인 입고지점과 출고지점간의 운행시간을 단축시키는 해법과는 달리 최단경로문제를 이용하여 총 스택어 크레인의 운행시간을 줄일 수 있는 방법을 제시하고자 한다. 그리고, 단위 시간당 처리량을 증가시킬 수 있고 동시에 스택어 크레인의 총 운행시간을 단축할 수 있는 방법으로 주문처리 순서를 결정한 후 제품별 입·출고 순서를 결정할 수 있는 알고리즘과 최단거리모형(Shortest Distance Model)을 제시하고자 한다.

본 연구는 다음과 같은 가정하에서 연구된다.

1. 스택어 크레인의 운행은 이중운행만 고려한다.
2. 스택어 크레인은 수직 및 수평방향으로 동시에 움직일 수 있다.

따라서, 임의의 선반까지 운반시간은 체비셰프 운행방식(Tchebychev Travel Method)에 의해서 수직방향과 수평방향 이동시간중 제일 큰 값이 된다.

3. 팔레트에는 하나의 제품만 적재할 수 있다.
4. 선반은 정규화된 것으로 모두 동일한 크기를 갖는다.
5. 제품이 저장된 지점중 제품이 출고될 경우 그 지점은 입고가능한 지점으로 고려하지 않는다.

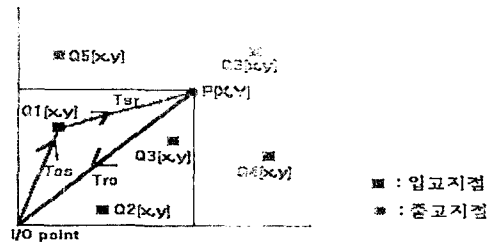
2. 주문처리 순서와 제품별 입·출고 순서 결정모형

창고작업중에서 주로 애로공정으로 파악되는 피킹작업의 방법에는 주문별 피킹(Order Picking)과 제품별 피킹(Batch Picking)이 있으며, 본 연구에서는 주문별 피킹의 경우에 주문처리 순서와 주문별 제품의 입·출고 순서를 결정하는 것으로 주문처리 순서를 먼저 결정한 후 제품별 입·출고 순서를 결정한다.

2.1 주문처리 순서 결정방법

2.1.1 출고지점을 기준으로 한 입고지점의 경계선

본 연구에서는 입고와 출고가 동시에 이루어질 때 출고지점을 기준으로 입고지점을 선택한다. [그림 1]은 스택커 크레인이 이중운행을 할 경우 주문한 제품중 입·출고 작업장에서 임의의 출고지점을 선택 하였을 때 입고가 가능한 경계선을 찾는 것을 설명한 것이다.



[그림 1] 출고지점을 기준으로 한
입고가능한 경계선

[그림 1]에서는 하나의 출고지점에 대응하여 $Q(x, y)$ 로 표현되는 여러 개의 입고지점이 나타나 있고, 임의 저장방식을 적용하기 때문에 입고지점은 어느 지점이나 저장이 가능하다. 따라서, 출고지점이 선택 되면 스택커 크레인의 운행시간을 최소화하는 입고지점이 선택된다.

[그림 1]에 있는 기호는 다음과 같은 의미를 갖는다.

T_{os} : 입·출고 작업장에서 입고지점까지의 시간.

T_{sr} : 입고지점에서 출고지점까지의 시간.

T_{ro} : 출고지점에서 입·출고 작업장까지의 시간.

체비세프 운행방식에 의해서, 선택가능한 입고좌표를 (x, y) , 출고될 제품이 저장된 좌표를 (X, Y) , 스택커 크레인의 수평 및 수직 운행속도가 각각 V_h, V_v 일 경우 각 좌표간의 스택커 크레인의 운행시간은 식 (2-1), (2-2), (2-3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{os} = \max \left(\frac{x}{V_h}, \frac{y}{V_v} \right) \quad (2-1)$$

$$T_{sr} = \max \left(\frac{|X-x|}{V_h}, \frac{|Y-y|}{V_v} \right) \quad (2-2)$$

$$T_{ro} = \max \left(\frac{X}{V_h}, \frac{Y}{V_v} \right) \quad (2-3)$$

[그림 1]과 같이, 선택가능한 입고지점이 출고지점 $P(X, Y)$ 를 기준으로 $x \leq X, y \leq Y$ 를 만족하는 입고가능지점 $Q(x, y)$ 가 다수개 존재하면, 스택어 크레인이 이중운행으로 운행될 경우 운행시간이 단축된다. 왜냐하면, $(T_{os} + T_{sp})$ 의 값을 최소화하는 입고지점의 선택은 최단거리모형을 이용하기 때문이다.

2.1.2 주문처리 순서

주문처리 순서의 결정과정은 주문대상이 되는 출고제품들의 좌표값을 바탕으로 다음과 같이 수행된다. 먼저, k 개 주문들에 대해서 제품별로 총 몇 개의 주문이 들어왔는가를 산출한다. 만약, j 제품에 대한 총 주문량을 P_j 라 두면 이 값은 취급제품의 총 품목수인 l 개 이하다 된다. 출고대상이 되는 제품들의 저장위치가 P_j 개 이상 있으면 입·출고 작업장을 기준으로 식 (2-3)에 의해서 계산되는 스택어 크레인의 운행시간이 최소가 되는 것부터 처리할 수 있도록 오름차순에 따른 P_j 개의 저장위치를 선정한다. 만약, 같은 값이 존재하는 저장위치가 두개 이상 있으면 임의로 한 개를 선택한다.

다음은 주문처리 순서의 결정시 중요한 척도가 되는 주문별 평가지수 S_i 를 식 (2-4)와 같이 구한다.

$$S_i = \sum_{j \in O_i} \frac{\sum_{l=1}^{P_j} \max \left(\frac{X_{j,l}}{V_h}, \frac{Y_{j,l}}{V_v} \right)}{P_j}, \quad i=1, \dots, k \quad (2-4)$$

여기서, O_i 는 주문 i 에 속하는 제품들의 집합, $X_{j,l}, Y_{j,l}$ 는 각각 j 제품에 대해서 입·출고 작업장을 기준으로 정렬된(Sorting) l 번째 있는 저장위치의 X, Y 좌표값을 의미한다. S_i 는 주문 i 에 속하는 모든 제품들을 출고하는데 소요되는 스택어 크레인의 평균운행시간을 의미한다. 따라서, S_i 값이 적은 것부터 우선적으로 처리하는 것은 k 개의 주문을 처리하는데 필요한 전체 소요시간(Makespan)을 최소화하는 결과를 가져온다.

[성 질] : S_i 의 값을 오름차순으로 나열하여 주문처리 순서를 결정하면, 스택어 크레인의 평균 운행시간이 최소가 된다.

증명 : S_i 값을 오름차순으로 나열하게 되면 이것은 일정계획문제의 순서를 결정하는 것과 같으므로 SPT(Shortest Processing Time)기준을 적용하는 것과 동일하다. 여기서, $T[d]$ 를 d 번째 주문처리시 운행시간, S 는 SPT를 적용하지 않은 주문처리 순서, S' 는 SPT를 적용한 후의 주문처리 순서일 경우 다음과 같이 [그림 2]와 식으로 표현할 수 있다($T_f > T_g$)[7]. $TD_i(S)$ 는 순서(sequencing) S 에 있어서 주문 i 의 운행시간이라 하면, $\sum_{i=1}^k TD_i$ 값은 순서 S 보다 순서 S' 의 값이 더 작게 된다. 따라서, 순

서 S 와 순서 S' 의 $TD_i(S)$ 의 값을 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^k TD_i(S) &= \sum_{i \in A} TD_i(S) + TD_f(S) + TD_g(S) + \sum_{i \in B} F_i(S) \\ &= \sum_{i \in A} TD_i(S) + (T_B + T_f) + (T_B + T_f + T_g) + \sum_{i \in B} F_i(S) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^k TD_i(S) &= \sum_{i \in A} TD_i(S) + TD_g(S) + TD_f(S) + \sum_{i \in E} F_i(S) \\ &= \sum_{i \in A} TD_i(S) + (T_B + T_g) + (T_B + T_g + T_f) + \sum_{i \in E} F_i(S) \end{aligned}$$

그러므로, $\sum_{i=1}^k TD_i(S) - \sum_{i=1}^k TD_i(S') = T_f - T_g > 0$ 이 된다. 결국, S_i 값을 오름차순(SPT)으로

나열하여 주문처리 순서를 결정하면 출고와 관련된 스택어 크레인의 운행시간이 최소가 된다.■

2.3 제품별 입·출고 순서 결정방법

본 연구에서 입·출고 순서를 결정할 때 기준이 되는 것은 출고제품으로, 입고제품과는 상관없이 출고될 제품의 저장지점인 $X_{j|j}$, $Y_{j|j}$ 가 선택되면, 자동적으로 입고될 지점이 선택된다.

제품별 입·출고 순서를 결정하기 위해서는 d 번째 처리되는 주문 i 의 제품을 출고할 때, 입고가 가능한 영역을 $OZ_i[d]$ 라 하면, 먼저 출고지점을 기준으로 $OZ_i[d]$ 의 영역을 찾고, $OZ_i[d]$ 의 영역 안에서 최단거리모형을 이용하여 제품별 입·출고 순서를 결정하면 된다.

2.3.1 입고가능한 지점의 수와 출고지점의 수

입고가능한 지점의 수와 출고지점의 수는 주문처리 순서에 따라 $OZ_i[d]$ 에 의해서 결정된다. $OZ_i[d]$ 는 알고리즘 <단계 5>에서 결정되는 것으로 영역 내에 존재하는 입고가능한 지점과 출고지점간의 관계를 두 가지 경우에 대해서 비교하여야 한다.

경우 1) $NPO_{ij} \leq NPI_i$ 일 경우

경우 2) $NPO_{ij} > NPI_i$ 일 경우

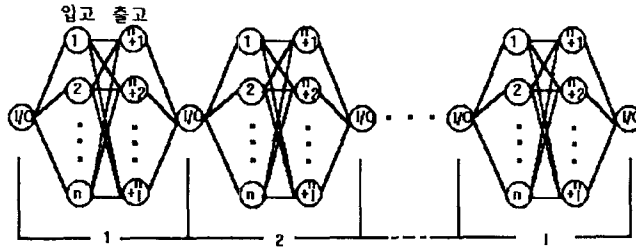
여기서, NPO_{ij} 는 주문 i 의 $OZ_i[d]$ 영역 내에 존재하는 출고될 제품 j 의 수, NPI_i 는 주문 i 의 $OZ_i[d]$ 영역 내에 존재하는 입고가능한 지점의 수이다.

경우 1)은 $OZ_i[d]$ 내부에 출고지점 보다 입고가능한 지점의 수가 많은 것으로 $OZ_i[d]$ 의 영역을 변화시키지 않고 입·출고 순서를 결정할 수 있다. 그러나, 경우 2)는 $OZ_i[d]$ 내부에 출고지점보다 입고가능한 지점의 수가 적은 것으로 $OZ_i[d]$ 의 영역을 변화시켜야 한다. 왜냐하면, 본 연구에서는 이중운행을 고려하기 때문에 항상 출고지점 보다 입고가능한 지점의 수가 많거나 같아야 하기 때문이다. 따라서, 경우 2)는 $OZ_i[d]$ 의 영역에 X 와 Y 좌표값을 각각 1만큼씩 증가시켜주면 된다.

2.3.2 네트워크의 형성

입·출고 순서를 결정하기 위해서 변형된 최단경로문제를 이용하여 제품별 입·출고 순서를 결정한다. 본 연구에서 입·출고 순서를 결정하는데 사용되는 최단거리모형은 네트워크 문제중 최단경로문제를 변형한 것이다. 네트워크의 교점은 입·출고 작업장, 입고지점, 출고지점으로 나눌 수 있고, 호선의 가중치는 스택어 크레인의 운행시간이다. 즉, 입·출고 작업장에서 입고지점, 입고지점에서 출고지점, 출고지점에서 입·출고 작업장까지의 시간이 된다. 네트워크에 있어서 각 마디는 서로 독립이지만 자동창고에 있어서 마디들은 종속적이다. 따라서, 네트워크에 있어서 시점(Start)과 종점(Destination)은 항상 입·출고 작업장이 된다. [그림 2]는 입·출고 순서를 결정하기 위해서 네트워크로 표현한 것으로, 하위네트워크의

수가 l 개 이고, 마디의 수는 $(n + l + 2 * r * l)$ 개가 존재한다. 따라서, 마디들은 종속적이므로 첫번째 하위네트워크에서의 입고지점 1과 출고지점 $n+1$ 이 의미하는 것과 l 번째 하위네트워크에서의 입고지점 1과 출고지점 $n+1$ 은 같은 의미를 갖는다.



[그림 2] 출고지점을 고려한 네트워크

2.4 수식모형

본 연구에서 사용되는 최단거리모형은 첫번째 하위네트워크에서 선택된 입고지점과 출고지점이 나머지 하위네트워크에서는 선택되지 않아야 되므로 기존의 최단경로문제의 수식모형에 제약식을 추가하여야 한다.

따라서, 제품별 입·출고 순서를 결정하는 최단거리모형은 다음과 같다.

[최단거리모형]

$$Min \sum_{e=1}^l \sum_{p=r}^n \sum_{q=n+1}^r T_{epq} X_{epq}$$

$$s.t. \sum_{e=1}^l \sum_{q=n+1}^r X_{epq} - \sum_{e=1}^l \sum_{k=n+1}^r X_{ekp} = \begin{cases} 1 & \text{if } p=r \\ 0 & \text{if } p \neq r \text{ or } n \\ -1 & \text{if } p=n \end{cases} \quad (2-5)$$

$$\sum_{e=1}^l X_{epq} \leq 1 \quad , \quad p=r, q=1, 2, \dots, n \quad (2-6)$$

$$\sum_{e=1}^l X_{epq} \leq 1 \quad , \quad p=n+1, \dots, n+l, q=r \quad (2-7)$$

$$\sum_{e=1}^l X_{epq} = 1 \quad , \quad p=1, 2, \dots, n, q \in NPO_{ij} \quad (2-8)$$

$$X_{epq} \geq 0$$

여기서, X_{epq} 는 마디들 간의 흐름을 나타내는 결정변수이고, T_{epq} 는 호선의 가중치로 이동시간을 의미한다.

제약식 (2-5)은 각 지점들 간의 모든 흐름을 나타내는 제약식이다. 제약식 (2-6), (2-7)은 하위네트워크 수만큼 지점들 간의 흐름이 있을 수 있는데, 흐름의 중복을 피하기 위해서 첫번째 하위네트워크에서 선택된 지점(즉, 입·출고 작업장에서 입고지점, 출고지점에서 입·출고 작업장)은 l 번째 하위네트워크에서는 선택이 되지 않도록 하는 제약조건이다. (2-8)은 출고제품 j 가 저장된 지점이 여러 개가 있을 경우 NPO_{ij} 중 하나만 선택한다는 제약이다.

3. 알고리즘 및 적용 예

3.1 알고리즘

이 절에서는 주문처리 순서에 따라 제품별 입·출고 순서를 결정하는 알고리즘을 제시하고자 한다.

본 연구에서의 알고리즘은 7단계로 구성되어 있다. <단계 1,2,3>에서는 주문처리 순서를 결정하기 위해서 식 (2-4)에 의한 S_j 값을 산출한다. <단계 4,5>에서는 결정된 주문처리 순서에 따라 입고가 가능한 영역의 경계선의 좌표를 찾는다. <단계 6,7>에서는 주문처리 순서에 따라 NPO_{ij} , NPI_i 들의 관계를 비교한 후 최단거리모형을 이용하여 제품별 입·출고 순서를 결정한다.

[알고리즘]

<단계 1> 주문제품별로 저장된 모든 위치를 확인하여 제품별 정렬을 한다.

<단계 2> $P_j, \max(\frac{X_{jt}}{V_h}, \frac{Y_{jt}}{V_v}), j=1, \dots, l, t=1, \dots, P_j$ 를 산출한다.

<단계 3> 식 (2-4)를 이용하여 S_j 를 구한 후 오름차순에 의한 주문처리 순서를 결정한다.

<단계 4> 주문처리 순서에 따라 주문별 출고될 제품의 저장위치중 가장 가까운 위치를 찾는다.

<단계 5> <단계 4>의 결과로부터 주문처리 순서에 따라 주문별 입고가 가능한 영역의 경계선의 좌표인 $OZ_i[d]$ 를 구한다.

<단계 6> 주문처리 순서에 따라 최단거리모형을 이용하여 제품별 입·출고 순서를 결정하고 그 결과에 따라서 $OZ_i[d]$ 의 영역에서 선택된 입고지점과 출고지점을 제외시킨다.

다음 주문을 처리할 경우 $OZ_i[d+1]$ 의 영역이,

만약 경우 1)이면,

다음 주문을 처리하고 더 이상 처리할 주문이 없을 경우 알고리즘을 종료한다.

만약 경우 2)이면, <단계 7>로 간다.

<단계 7> $OZ_i[d+1]$ 영역의 X 와 Y 좌표값을 각각 1만큼씩 증가시킨 후 <단계 6>으로 간다.

3.2 적용 예

앞절에서 개발한 알고리즘을 적용하기 위해서 주문의 수는 3개(<표 1>), 창고내 제품이 6개가 저장된 정규화된 창고([그림 3])에 있어서 주문처리 순서와 제품별 입·출고 순서를 결정하는 단계는 다음과 같다. 본 연구에서 입·출고순서 결정에 사용한 정수계획법 프로그램은 MIP83이다.

<표 1> 주문내역

주문 \ 제품	1	2	3	4	5	6
1	1	0	1	0	1	0
2	1	1	0	1	0	0
3	0	0	1	0	1	1

	4	㉔	5'	6'	㉕	㉖
㉗	1**	㉘	3'	2	㉙	
3	㉚	4'	㉛	㉜	㉝	
㉞	1'	㉟	2'	㊱	5	
㊲*	6''	㊳	4''	1''	㊴	
3''	㊵	㊶	㊷	㊸	6	
I/O						

[그림 3] 자동창고내 빈 선반과 저장된 선반
 * : 빈 선반 , ** : 저장된 선반 , I/O : 입·출고 작업장

<단계 1> 주문제품의 좌표는 <표 2>와 같다.

<단계 2> i) P_j 는 다음과 같다.

$$P_1 : 2\text{회}, P_2 : 1\text{회}, P_3 : 2\text{회}, P_4 : 1\text{회}, P_5 : 2\text{회}, P_6 : 1\text{회}$$

ii) $X_{j|d}$, $Y_{j|d}$ 는 <표 3>과 같다.

<단계 3> i) S_i 를 산출한 다음 오름차순으로 나열한다.

$$S_i = \sum_{j \in o_i} \frac{\sum_{j=1}^{P_j} \max \left(\frac{X_{j|d}}{V_h}, \frac{Y_{j|d}}{V_v} \right)}{P_j}, \quad i=1, \dots, k$$

$$S_1 = \left(\frac{5+3}{2} + \frac{4+1}{2} + \frac{6+6}{2} \right) = 12.5$$

$$S_2 = \left(\frac{5+3}{2} + 4 + 4 \right) = 12$$

$$S_3 = \left(\frac{4+1}{2} + \frac{6+6}{2} + 2 \right) = 10.5$$

주문처리 순서는 3 - 2 - 1이 된다.

<단계 4> 주문처리 순서에 따라서 주문별 출고될 제품의 좌표중 최소값을 갖는 지점은 <표 4>와 같다.

<단계 5> <표 4>로부터 주문처리 순서에 따라 주문 i 를 출고할 때 입고가 가능한 영역의 경계선인 좌표 $OZ_i[d] = (OZ_a, OZ_b)$ 를 구한다.

$$OZ_3[1] = (6, 3) \quad OZ_2[2] = (4, 3) \quad OZ_1[3] = (3, 6)$$

<단계 6> <단계 5>로부터 주문처리 순서에 따라 경우 1)과 경우 2)로 나누어서 최단거리모형을 이용하여 제품별 입·출고 순서를 결정한다.

$$OZ_3[1] = (6, 3)$$

$$\text{주문 3 : } \textcircled{1} \rightarrow 6'' \rightarrow \textcircled{6} \rightarrow 5 \rightarrow \textcircled{3} \rightarrow 3''$$

$OZ_2[2] = (4, 3)$, $OZ_1[3] = (3, 6)$ 이 경우 1)에 해당됨으로 <단계 6>을 계속 적용한 결과는 다음과 같다.

$$\text{주문 2 : } \textcircled{6} \rightarrow 2' \rightarrow \textcircled{1} \rightarrow 4' \rightarrow \textcircled{5} \rightarrow 1'$$

<표 2> 주문제품의 좌표

주문	출고제품	저장위치
주문 1	1	(2,3), (2,5), (5,2)
	3	(1,1), (1,4), (4,5)
	5	(3,6), (6,3)
주문 2	1	(2,3), (2,5), (5,2)
	2	(4,3), (5,5)
	4	(4,2), (3,4), (1,6)
주문 3	3	(1,1), (1,4), (4,5)
	5	(3,6), (6,3)
	6	(2,2), (4,6), (6,1)

<표 3> P_i에 의해서 선택된 출고제품의 좌표

출고제품	저장위치
1	(2,3), (2,5)
2	(4,3)
3	(1,1), (1,4)
4	(4,2)
5	(6,3), (3,6)

<표 4> 주문별 출고제품별 최소은행 시간을 갖는 저장위치

주문	출고제품	저장위치
주문 3	3	(1,1)
	5	(6,3)
	6	(2,2)
주문 2	1	(2,3)
	2	(4,3)
	4	(4,2)
주문 1	1	(2,5)
	3	(1,4)
	5	(3,6)

주문 1 : ㉔ → 1 → ㉕ → 3 → ㉑ → 5'

주문처리 순서를 정하여 출고제품의 입·출고 순서를 결정한 결과, 주문에 따라서 처리할 경우 스택커 크레인의 총 운행시간은 74로 최소값을 갖는다.

4. 결 론

자동창고 시스템은 초기 투자비용이 상당히 많이 들고, 한 번 설치하면 그것을 다시 수정하기가 힘들다. 자동창고의 수행능력을 평가하는 가장 중요한 기준으로 기술력 및 투자비용이 들지 않는 하나의 방법으로 주문된 제품을 입·출고할 때 보다 효율적으로 운영하기 위해서 주문처리 순서를 결정한 후 제품별 입·출고 순서를 결정하는 알고리즘과 최단거리모형을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 주문처리 순서를 결정하는 알고리즘과 제품별 입·출고 순서를 결정하는 최단거리모형은 스택커 크레인의 총 운행시간의 단축과 단위시간당 입·출고 횟수를 증가시킬 수 있고, 시스템의 효율을 최대화시킬 수 있다. 이것은 자동창고에 대한 운용관리의 개선을 통하여 구성설비의 효율을 제고할 수 있으며, 최소비용으로써 필요한 설비의 최적규모를 결정할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] BOZER Y. and J.A. WHITE, "Design and Performance Models for End-of-aisle Order Picking Systems", Management Science, Vol. 36, No. 7, 1990, pp. 852-866.
- [2] ELSAYED, E.A. and RICHARD G. STERN, "Computerized Algorithms for Order Processing in Automated Warehousing Systems", INT. J. PROD. RES., 1983, Vol. 21, No. 4, pp. 579-586.
- [3] EYNAN A. and M.J. ROSENBLATT, "An Interleaving Policy in Automated Storage/Retrieval Systems", INT. J. PROD. RES., 1993, Vol. 31, No. 1, pp. 1-18.
- [4] HAN MIN HONG, L. MCGINNIS, J.S., SHIEH and J.A., WHITE, "On Sequencing Retrievals in an Automated Storage/Retrieval Systems", IIE Transactions, 1987, pp. 1693-1704.
- [5] HWANG HARK, BAEK, W.J. and LEE, M.K., "Clustering Algorithms for Order Picking in an Automated Storage/Retrieval Systems", INT. J. PROD. RES., 1988, Vol. 26, No. 2, pp. 189-201.
- [6] JARVIS J.M. and E. D. MCDOWEEL, "Optimal Product Layout in an Order Picking Warehouse", IIE Transactions, 1991, Vol. 23, No. 1, pp. 93-102.
- [7] BAKER, K.R., "INTRODUCTION TO SEQUENCING AND SCHEDULING", Wiley.(1974)
- [8] GROOVER M. P., "AUTOMATION, PRODUCTION SYSTEMS AND COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING", Prentice Hall. (1991)