

Development of the Order Picking Algorithm for Warehouse Management System in SCM Environment

조종남 *, 남호기 **, 박상민 **, 오성환 ***

Abstract

The SCM is that Supply Chain Network is Promptly and Voluntarily Optimized in Unstable Market Change Environment. The Cash flow Efficiency of Hole Supply Chain Network is Improved by Changing the Information and Changing the Foundation of Business Processes. The Role of WMS has been Changing Importantly with the Introduction of SCM. WMS Needed to Change to the Information Center in Order to Change Information in Real Time and the WMS of Information Storing in Order to Support an Idea Decision. This Development was Defined about the Importance of WMS in SCM Environment. The Criterion of Valuation is Normally Measured Time between Taking a Order Receive and Bringing the Items to Customer. The Decreasing Move Time of Order Picker in Warehouse is Directly Influence to the Job Execution. So, this Research is Defined about the Optimized Route of Order Picker and Suggests Algorithm. To do this, Past Algorithm is Studied. It's Easy to Introduce and this Study is Looking for Method about the Noticing of Order Picker. The Algorithm will Improve to be Adapt to Standard Process System.

1. 서 론

창고는 공급망을 연결하는 아주 중요한 요소이다. 일반적으로 제품은 임시적으로 창고에 보관되어지며, 고객의 주문에 따라 보관되어져 있는 제품을 출하함으로써 고객 주문을 수행한다. 창고는 제품을 취급하고 이동하는데 있어서 얼마나 많은 시간을 소비하느냐에 대해서 고려해야 한다. 창고에 있어서 제품 취급 시간을 줄이는 방법으로는 완전히 창고의 배치를 새롭게 바꾸는 방법이 있다. 하지만, 이는 기업의 입장에서 매우 힘들 뿐 아니라, 근본적인 업무 수행절차의 변화가 이루어지지 않을 경우 효율성이 떨어진다. 창고에서의 업무는 일반적으로 입하, 보관, 오더피킹 (Order Picking), 출하 등의 작업으로 크게 구분된다. 전문가들의 연구결과와 창고 관리자 등의 경험에 비추어 볼 때, 창고 전체 운영비용 중 50%이상을 차지하고 있는 오더피킹 업

본 연구는 한국과학재단 지정 인천대학교 동북아전자물류연구센터의 지원으로 연구되었음.

* 인천대학교 산업공학과 대학원

** 인천대학교 산업공학과 교수

*** 명지대학교 산업공학과 대학원

무는 창고에서의 생산성 향상을 위해 집중적으로 관리되어야 하는 업무로 인식되어지고 있다. 창고에서 생산성을 향상시키는 것과 직접적으로 관련이 있는 평가척도는 주로 주문을 접수하고 접수된 주문 품목을 저장장소에서 꺼내어 고객에게 인도하기까지 걸리는 시간으로 평가한다. 이러한 평가척도를 향상시키기 위해서는 수행도 향상에 직접적으로 가장 큰 영향을 미치는 오더피킹 업무에서의 주문처리 시간을 줄여야 한다. 특히, 오더피킹 업무에서 50%이상을 차지하는 오더피커의 이동시간을 줄이는 것은 창고의 수행도 향상에 직접적인 영향을 줄 수 있다. 이는 고객주문 수행을 위해서 오더 당 평균 이동시간으로 표현할 수 있다.

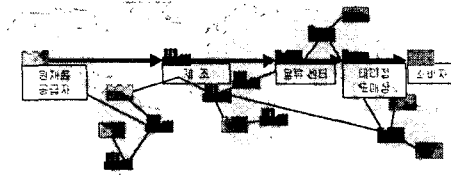
이러한 점을 고려하여 본 연구에서는 자동화되지 않은 수동 창고에서 일반 PC를 이용하여 창고를 관리할 수 있는 창고 관리 시스템에서 오더피킹 업무의 효율을 높이는 최적 이동경로에 대한 연구를 수행하여 제시하고자 한다. 본 연구에서는 작업자 혹은 지게차 등의 단위화물 운반 장비를 사용하는 일반적인 직사각 수동 창고시스템에서 사용 가능한 최적 경로 알고리즘과 이를 관리할 수 있는 창고관리 시스템에 대한 연구로 제한하였다. 또한 대상이 되는 창고는 공장에 속해 있지 않은 완제품을 취급하는 배송센터에 초점을 맞추었다.

2. 이론적 고찰

2.1 SCM에 대한 고찰

공급망은 고객의 요구로부터 시작되어 상품이나 서비스가 고객에게 전달되고 그에 상응하는 비용을 공급자에게 전달하는 일련의 흐름으로 정의되는데, 이에 직접 또는 간접적으로 관련되어 있는 모든 단계들의 구성 요소를 공급망이라 한다.

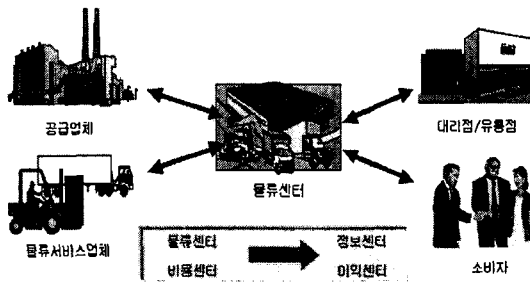
이러한 공급망은 공급망 내에서 창출되는 모든 가치를 최대화하려는 목적을 가지고 있으며, 이러한 가치는 최종 제품의 가치와 그 제품을 고객에게 전달하기까지의 모든 공급망 단계에서의 노력에 따라 달라진다. 이러한 공급망의 이익은 모든 단계에서 얻어지는 이익의 총합으로 나타낼 수 있다. 이러한 공급망 전체의 이익이 높을수록 공급망은 보다 더 성공적으로 구성된 것이며, 이러한 성공은 개별적인 단계에서의 이익이 아닌 공급망 전체의 이익에 따라 결정된다. 이러한 공급망은 공급망 각 단계의 개별적인 최적화를 성공하다 할지라도, 이것이 오히려 전체 이익을 감소시키는 결과를 가져올 수도 있다. 이러한 특징을 가진 공급망은 정보, 재화의 흐름이 공급망에서 가치를 창출하기 때문에 공급망 관리는 매우 중요한 관심사가 되고 있다.



[그림 1] Overview of Global Supply chain

위의 [그림 1]은 글로벌한 환경의 공급망의 흐름을 표현한 것이다.

2.2 SCM에서 창고관리 시스템의 중요성



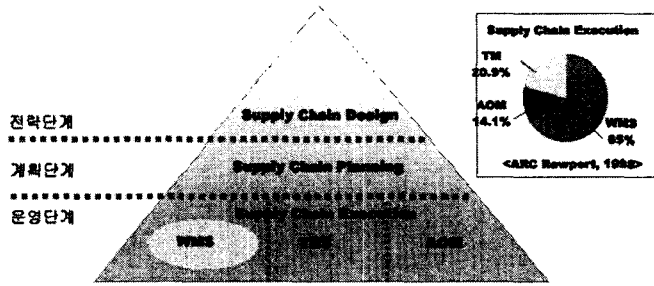
[그림 2] New Phase of Warehouse

SCM의 도입과 더불어서 과거에 비해 창고관리시스템의 역할이 매우 크게 변하고 있다. 오늘날의 추세는 창고나 유통센터의 수를 줄이는 반면, 사이즈를 크게 함으로써 제품을 재 포장하거나, 라벨을 부착하고, 고객의 요구에 맞게 추가 가공하는 것과 같은 부가가치 서비스의 기능을 높이고자 한다. 최근 들어서 창고관리 시스템은 선진 피킹 시스템, 생산성 향상 기술 및 자동화 인식 등을 포함하고 있다. 이러한 기술들은 모두 설비 및 노동력의 활용에 있어서 최적화를 향하여 발전하고 있다.

또한, 과거의 단순한 창고에서 현대의 창고는 정보센터화가 되고 있다. 즉, 실시간 정보를 제공할 수 있는 정보센터로의 위상 변화와, 의사결정 지원을 위한 정보 축적의 창고 관리 시스템이 필요하게 되었다.

최근 들어서 제 3자 물류의 증가 또한 창고관리 시스템의 중요성이 증가하는 원인이 되고 있다. 고객이 모든 물류를 일괄적으로 3PL업체에게 위탁하는 추세이며, 3PL 전문 물류를 통한 사업 영역이 대폭 확대되고 있는 추세이다. 이러한 변화와 더불어 물류센터의 위상에 많은 변화가 일어나고 있다. 앞의 [그림2]는 이러한 변화를 표현한 것이다.

아래의 [그림3]은 SCM에서 창고관리시스템의 위치를 표현하고 있다. SCM의 운영단계는 창고관리시스템과 운송관리 시스템, 자동주무관리 시스템으로 이루어져 있다. 이러한 실행단계에서 창고관리 시스템은 실행 단계의 전체 비용의 65%를 차지하고 있다. 성공적인 SCM의 구축을 위해서는 창고관리시스템의 역할이 매우 중요하다는 것을 알 수 있다.

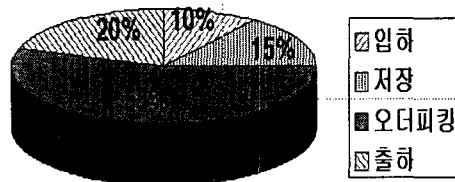


[그림 3] WMS Position on the SCM

2.3 오더피킹 알고리즘에 대한 고찰

오더피킹은 고객의 주문 품목들을 창고의 저장소로부터 꺼내는 과정을 말한다. 창고 전문가들의 경험에 비추어볼 때 오더피킹 업무는 창고 관리 영역 중에서 가장 집중적으로 관리되어야 할 영역으로 인식되고 있다. 이유는 <표 1>에서 보는 바와 같이 오더피킹 업무가 전체 창고 운영비용 중에서 50% 이상을 차지하고 있기 때문이다. 또한 JIT, QR과 같은 새로운 운영방식으로 인해 물자의 취급회수가 증가하고, 많은 품목을 보다 신속하게 취급해야 하기 때문이다.

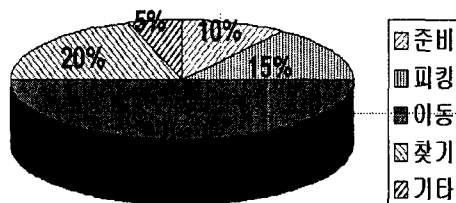
<표 1> The component ratio of Warehouse working expenses



일반적으로 오더피킹 업무의 구성은 오더피커의 이동, 찾기, 피킹 준비 및 기타 활동으로 구분되어질 수 있다. 오더피킹 업무에서 소요되는 시간구성비는 <표 2>와 같다.

<표 2>에 나타난 바와 같이 오더피커의 이동시간은 전체 오더피킹 업무 중 50%이상을 차지한다. 이는 오더피킹 업무 안에서 오더피커의 이동시간이 중요한 관리 대상이며, 오더피커의 이동시간의 절감은 창고 수행도 향상과 가장 직접적으로 관련이 있음을 나타낸다.

<표 2> The component ratio of Operation hours in order picking



따라서, 창고의 수행도를 높이기 위해 제품의 저장방식, 오더피커 장비, 창고의 형태, 오더피킹 정책, 창고 설비문제, 오더피커의 이동방식 등에 관한 연구가 많이 이루어져 왔다. 특히 오더피커의 이동방식과 제품의 저장방식은 창고의 수행도를 높이기 위한 대표적인 연구분야로 인식되어 왔다. 창고 내에서 오더피커의 이동시간을 줄여 창고의 수행도를 향상시키기 위한 대표적인 기존 연구는 다음과 같다.

Ben Mahmend는 도크(Dock)의 위치에 따른 복도의 방향에 관한 연구를 통하여 복도의 방향이 도크에 직각일 때 이동거리를 줄일 수 있음을 확인하였다. 그리고 수직복도(Cross aisle)가 있으면 이동거리를 줄일 수 있음을 증명하였다. Jarvis와 Mcdowell은 일반적 창고에서 S-shape 방식을 이용할 경우 이동시간을 최소로 하는 제품배치에 관한 연구를 하였는데 주문 빈도수가 높은 품목을 도크에 가까운 곳에 저장시키는 것이 오더피커의 이동 거리를 최소로 한다는 것을 증명하였다.

일반적인 직사각 창고에서 오더피커의 최적 이동 경로를 구하기 위해 Ratiliff와 Rosenthal은 외판원 문제(Traveling Salesman Problem : TSP)를 이용하여 폴리노미얼 알고리즘(Polynomial Algorithm)을 제시하였다.

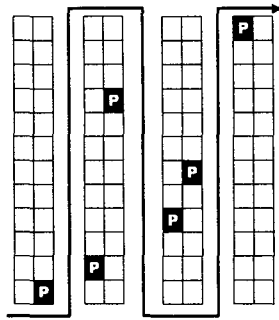
Petersen은 수동 창고에서 적용할 수 있는 휴리스틱 경로 이동방식(S-shape 방식, Return 방식, Midpoint 방식, Largest gap 방식, Composit 방식)과 Ratliff와 Rosenthal이 제시한 최적 이동경로를 사용해 오더피커의 이동거리에 관한 비교를 하였는데 도크 위치와 창고의 크기를 변경하면서 수행한 시뮬레이션의 결과를 통해 최적 이동경로를 사용하는 것이 다른 방식에 비해 5% ~ 30%의 이동거리를 절감할 수 있음을 관찰하였고 창고의 모양 및 도크의 위치가 오더피킹 업무 수행도에 영향을 미친다는 사실을 알아내었다. Koster와 Poot는 전통적인 창고와 현대의 창고에서 이용할 수 있는 최적경로 이동방식 알고리즘을 개발하였고, S자 이동방식 및 Ratliff와 Rosenthal이 제시한 최적 경로 이동방식과 비교함으로써 오더피커의 이동시간이 창고의 형태와 창고의 운영방법에 많은 영향을 받는다는 것을 보여주었다.

2.3.1 오더피킹 시스템에서의 이동 경로 방식

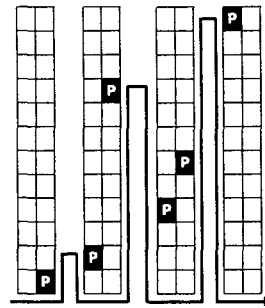
Ratliff와 Rosenthal에 의해 제시된 최적 경로 이동방식은 휴리스틱 경로 이동방식에 비해 오더피커의 이동거리를 분명하게 줄여줄 수 있지만, 계산하기가 상당히 복잡하여 실제 창고에서 적용하기에는 어려운 단점을 가지고 있다. 따라서 기존의 휴리스틱 경로 이동방식보다 이동거리를 줄일 수 있고, 오더피커가 쉽게 이해 할 수 있는 휴리스틱 방법이 계속 연구되어져왔다. 오더피커의 이동방식은 휴리스틱 방법과 최적화 방법으로 구분할 수 있다.

(1) 휴리스틱 이동 경로방식

- ① S-shape : 이 방식은 Traversal 방식이라고도 불리며, 처리할 품목이 어떤 복도에 있을 때 오더피커는 방문한 복도를 무조건 직진하고 불출할 품목이 없는 복도가 있다면, 처리할 품목이 있는 다음 복도로 이동하여 주문처리를 한다. 이 방식에서 마지막 품목을 불출한 후에는 가장 빠른 이동경로를 통해 도크로 돌아온다. 이 방식은 다른 방식에 비해 오더피커의 이동거리는 길지만 오더피커가 이해하기 쉽고, 아주 간편하기 때문에 많이 사용된다. S-shape는 다음의 [그림 4]와 같다.

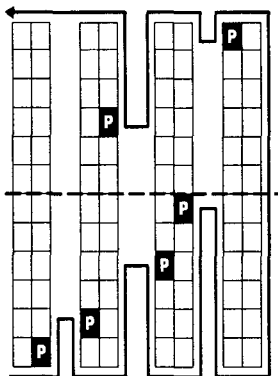


[그림 4] S-shape Method

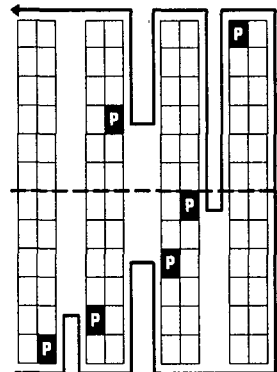


[그림 5] Return Method

- ② **Return 방식** : 이 방식은 주문 품목이 있는 복도로 진입하여 해당 복도에 있는 마지막 주문 품목까지 불출한 후 진입했던 곳으로 되돌아온 후 주문 품목이 있는 다른 복도로 이동하여 같은 방식으로 주문품을 불출한다. Return 방식은 [그림5]와 같다.

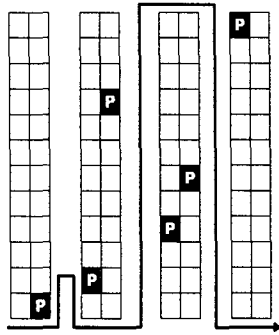


[그림 6] Midpoint Method

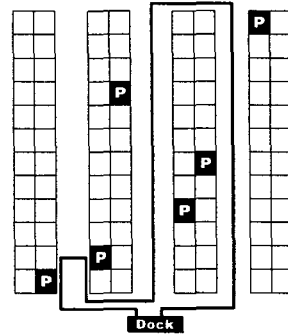


[그림 7] Largest Gap Method

- ③ **Midpoint 방식** : 이 방식은 복도의 $\frac{1}{2}$ 되는 지점을 기준으로 하여 $\frac{1}{2}$ 지점을 통과하지 않고 돌아오는 방식이다. 즉, 복도의 한쪽 끝에서 진입하면 $\frac{1}{2}$ 지점 이전에 있는 품목만 불출하고 같은 복도내의 나머지 주문 품목에 대해서는 반대편에서 진입하여 불출한다. Midpoint 방식은 [그림 6]과 같다.
- ④ **Largest Gap 방식** : 이 방식은 인접한 주문 품목의 거리가 가장 먼 품목을 선정하고 그 선정된 품목까지 불출한다. 즉, 도크에 가까운 주문 품목에 대해서는 도크 방향 쪽으로 되돌아 나오고 그렇지 않을 때에는 도크에서 먼 쪽의 복도로 돌아 나오는 방식이다. Largest Gap 방식은 [그림 7]과 같다
- ⑤ **Composite 방식** : 이 방식은 Patersen이 제안한 경로 이동방식으로 Largest Gap 방식과 S자 이동방식을 서로 혼합하여 사용한다. Composite 방식은 [그림 8]과 같다.



[그림 8] Composite Method



[그림 9] Optimal Method

(2) 최적 이동 경로 방식

① **Optimal 방식** : 이 방식은 Ratliff와 Rosenthal이 개발하였으며, 일반적인 창고에서 주문 처리를 위해 오더피커가 이동할 수 있는 모든 경우를 계산하고 다시 역으로 추적하여 최적 경로를 찾아내는 방식이다. 이 방식은 오더피커가 이동할 수 있는 모든 경우에서 최적 이동경로를 선택하기 때문에 계산이 복잡하다는 단점이 있다. 앞장의 [그림 9]는 Optimal 방식을 나타낸 것이다.

3. 휴리스틱을 이용한 향상된 오더피킹 알고리즘

본 절에서는 앞에서 작성된 피킹 리스트를 가지고, 실제 창고에서 작업자가 오더피킹 작업을 수행할 때 좀더 명확하고, 이해하기 쉬운 구조의 이동 경로를 생성하기 위한 방법을 제시하고자 한다. 여기서 제시하는 방법은 오더피커가 위치를 찾는데 소비하는 시간을 줄이고, 오더피커의 오류로 인한 손실을 줄일 수 있다. 피킹 주문품목이 포함되어 있는 모든 종속된 통로를 정확하게 지나갈 수 있도록 하는 방법이 될 것이다. 본 연구에서는 선행 연구에서와 마찬가지로 모든 경로는 depot에서 시작해서 끝난다고 가정한다. 오더 피커는 피킹할 주문품목을 포함하고 있는 가장 왼쪽의 통로에서 주문품목을 포함하는 가장 먼 블록을 향해서 이동하게 된다. 가장 멀리 떨어진 블록의 종속된 통로는 왼쪽에서부터 오른쪽으로 순차적으로 방문하게 된다. 그런 다음 오더피커는 다음 블록(depot에 좀더 가까운)으로 이동하게 된다. 그리고 이 블록의 모든 주문품목이 피킹 된다. 이러한 과정은 모든 블록을 방문할 때까지 반복된다. 각각의 종속된 통로는 완전히 통과되거나, 오더피커가 들어온 방향으로 나가게 된다. 또는 피킹할 품목이 없을 경우에는 진입하지 않고 건너뛴다. 여기서 셋 중에 하나의 방법을 선택하는 것은 다음에 표현하는 동적계획법을 이용해서 선택하게 되며, 또한, 수식에서 표현이 가능하다.

본 연구에서는 제시하는 휴리스틱 알고리즘은 Ratliff와 Rosenthal[25]이 제시한 외판원 문제(Travelling Salesman Problem)에서 사용한 가지분지법(branch-and-bound) 절차를 응용하였다.

3.1 변수 정의

다음과 같이 변수를 정의한다.

k = 블록의 수

n = 피킹통로의 수

창고 내에서의 물리적인 위치는 다음과 같이 표현할 수 있다.

a_{ij} = 각각의 블록 i 에서 종속된 통로 j 가 끝나는 위치이다.

($i=1, \dots, k$ 이고, $j=1, \dots, n$ 이다.)

b_{ij} = 각각의 블록 i 에서 종속된 통로 j 가 시작하는 위치이다.

($i=1, \dots, k$ 이고, $j=1, \dots, n$ 이다.)

d = depot 이다.

$i=1, 2, \dots, k-1$ 이기 때문에, $b_{ij} = a_{i+1, j}$ 이라 할 수 있다.

이는 오더피커가 종속된 통로를 빠져 나올 때, 수직통로 폭의 중간까지 나온다는 가정 때문이며, 선행연구에서도 그 이유를 설명하였다.

각각의 블록에서의 이동경로는 동적계획법을 이용하게 될 것이다. 계속해서 동적계획법에 대해서 설명할 것이며, 여기서는 각각의 단일한 블록에 대해서 이동경로를 찾는 것에 대해서만 설명하겠다.

3.2 동적계획법을 이용한 방법

여기서는 하나의 블록 $i(i=1, \dots, k)$ 에서 오더피커의 이동경로를 찾기 위한 동적계획법에 대해서만 설명하겠다. 이동경로는 피킹할 주문품목(l)을 포함하는 블록의 가장 왼쪽에 있는 종속된 통로에서 시작하여, 피킹할 주문품목(r)을 포함하는 가장 오른쪽에 있는 종속된 통로에서 끝난다.

종속된 통로 j 에 있는 주문품목 l 이 있는 피킹장소로 가기 위한 부분적인 이동경로를 T_j 라고 정의한다면, 다음과 같은 두 가지 이동경로로 구분할 수 있다.

T_j^a = 종속된 통로 j 의 뒤에서 진입하는 경로,

T_j^b = 종속된 통로 j 의 앞에서 진입하는 경로

또한, 여기서 종속된 통로 $j-1$ 에서 종속된 통로 j 로 이동하는 방법은 다음과 같은 두 가지 방법으로 구분할 수 있다.

t_a = 블록의 뒷부분에서 이동하는 경우,
 t_b = 블록의 앞부분에서 이동하는 경우

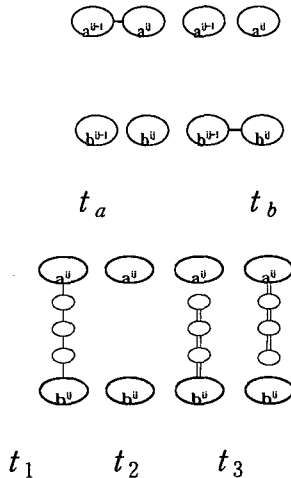
종속된 통로 j 에 있는 주문품목을 모두 피킹하는 방법은 다음과 같은 네 가지 방법으로 구분할 수 있다.

- t_1 = 종속된 통로를 통과하는 경우,
- t_2 = 종속된 통로에 진입하지 않는 경우,
- t_3 = 블록의 앞부분에서 진입하였다가 다시 나가는 경우,
- t_4 = 블록의 뒷부분에서 진입하였다가 다시 나가는 경우

여기서 t_2 는 종속된 통로에 주문품목이 포함되지 않은 경우에만 해당된다.

부분적인 경로 T_j 는 앞에서 설명한 변수 t_w ($w=1,2,3,4,a,b$)를 포함하는 T_j+t_w 로 확장할 수 있다. 이를 통하여, 통합된 시간은 함수 $f(\dots)$ 의 형태로 표현할 수 있다. 예를 들어서, 함수 $f(T_j+t_1)$ 는 부분적인 경로 T_j 로 이동하는 시간에 t_1 을 수행하는 시간의 합이라 할 수 있다. 여기에 덧붙여 이 함수로 표현되는 이동경로가 어떤 방법으로 종속된 통로에 진입하고 빠져나가는지에 대한 정보도 포함되어 있다. 따라서, 종속된 통로를 통과하는 정확한 경로는 피킹장소에 따라서 결정된다.

본 연구에서는 이를 통하여, 가능한 경우의 수와 이동시간을 고려하는 동적계획법을 이용하여, 하나의 블록에서의 이동경로에 대해서 결정을 하도록 하겠다. 각각의 블록에 대한 독립적인 이동경로를 연결하면, 전체 창고에서의 오더피킹 경로가 완성 될 것이다.



[그림 10] Possible travelling graph

Step 1.

여기서는 블록 i 라 가정하고, 이것만을 고려하여 보겠다.

만약에 블록 i 가 피킹할 주문품목을 포함하는, 그리고 depot로부터 가장 멀리 있는 블록이라

면, depot을 출발하여 이 블록에 있는 피킹할 주문품목을 포함하는 종속된 통로 l 에 접근하는 두 가지 부분적인 경로는 다음과 같다.

T_l^a = 노드 b_{il} 에서 출발하여 노드 a_{il} 에서 끝난다. 그리고 t_1 과정을 거친다.

T_l^b = 노드 b_{il} 에서 출발하여 노드 b_{il} 로 되돌아온다. 그리고 t_3 을 과정을 거친다.

다른 방법을 사용한다면, 다음과 같을 것이다.

T_l^a = 노드 a_{il} 에서 출발하여 노드 a_{il} 로 되돌아온다. 그리고 t_4 과정을 거친다.

T_l^b = 노드 a_{il} 에서 출발하여 노드 b_{il} 에서 끝난다. 그리고 t_1 과정을 거친다.

Step 2.

각각의 다음에 연속되는 종속된 통로 j ($l < j < r$)에 대하여, 종속된 통로 j 가 피킹할 주문품목을 포함하고 있다면, T_j^a , 와 T_j^b 는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$T_j^a = T_{j-1}^a + t_a + t_4 \text{ if, } f(T_{j-1}^a + t_a + t_4) < f(T_{j-1}^b + t_b + t_1)$$

$$T_j^a = T_{j-1}^b + t_b + t_1, \text{ otherwise}$$

$$T_j^b = T_{j-1}^b + t_b + t_3 \text{ if, } f(T_{j-1}^b + t_b + t_3) < f(T_{j-1}^a + t_a + t_1)$$

$$T_j^b = T_{j-1}^a + t_a + t_1, \text{ otherwise}$$

만약에, 종속된 통로 j 가 피킹할 주문품목을 포함하고 있지 않다면,

$$\begin{aligned} T_j^a &= T_{j-1}^a + t_a, \\ T_j^b &= T_{j-1}^b + t_b. \end{aligned} \text{ 와 같이 정의할 수 있다.}$$

Step 3.

블록의 마지막 종속된 통로 (종속된 통로 r)에 대하여, 다음과 같이 정의한다.

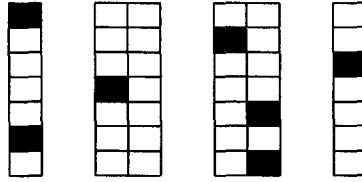
$$T_r^b = T_{r-1}^b + t_b + t_3 \text{ if, } f(T_{r-1}^b + t_b + t_3) < f(T_{r-1}^a + t_a + t_1)$$

$$T_r^b = T_{r-1}^a + t_a + t_1, \text{ otherwise}$$

결과적으로, T_r^b 의 형태가 오더피킹 경로의 마지막 형태를 결정하게 된다. 여기서는 T_r^a 는 고려되지 않는다. 그 이유는 가장 먼 거리에 있는 블록의 오더피킹을 끝내면, depot에서 가까운 앞쪽의 블록의 오더피킹으로 이어지기 때문에 뒤쪽으로 나가는 경우는 의미가 없기 때문이다.

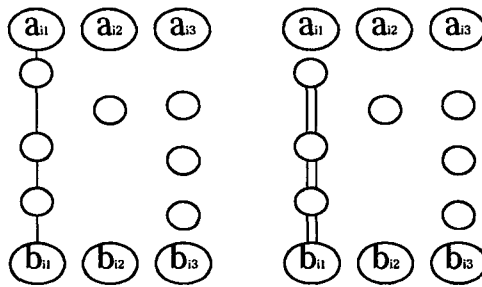
3.3 동적계획법의 적용

여기서는 세 개의 종속된 통로를 가지는 하나의 블록만을 고려하여 동적계획법을 적용하겠다. 계산의 편의를 위하여, 주문품목이 저장되는 각각의 Cell(혹은slot)간의 거리는 1m라고 가정하였으며, 종속된 통로간의 거리는 4m, 오더피커의 이동시간은 초당 1m라 가정하였다. 앞에서부터 고려한바와 같이 여기에서도 가장 왼쪽에 있는 종속된 통로부터 출발하며, 현재의 위치는 블록의 앞쪽에 있다고 가정하였다. 또한, 가장 왼쪽에 있는 종속된 통로부터 종속된 통로 j ($j=1,2,3$)이라 한다. 다음의 [그림 11]에서 검은색을 표시된 slot은 피킹장소를 의미한다.



[그림 11] Example situation for dynamic programming 1

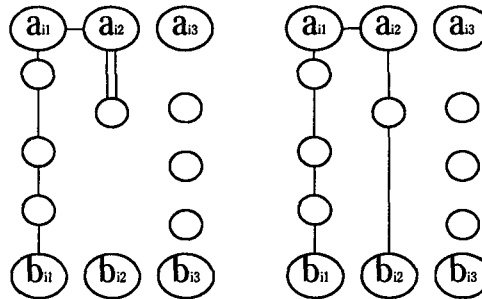
다음의 그림은 각 단계별 결과를 그림으로 표현한 것이다.



$$T_1^a = t_1$$

$$T_1^b = t_3$$

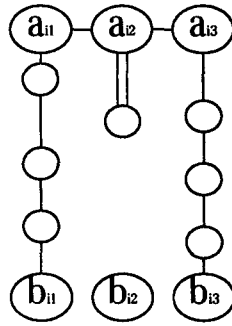
[그림 12] Visualization of STEP 1



$$T_2^a = T_1^a + t_a + t_4$$

$$T_2^b = T_1^a + t_a + t_1$$

[그림 13] Visualization of STEP 2



$$T_3^b = T_2^a + t_a + t_1$$

[그림 14] Visualization of STEP 3

4. 결 론

창고 혹은 분배센터 내의 업무 중 오더피킹 업무는 가장 집중적으로 관리되어야 할 부분으로 인식된다. 특히, 최근 동향을 살펴보면, SCM 개념의 등장으로 인하여 공급망 내에서 가장 많은 비용을 차지하는 실행 부분은 창고관리 부분이다. 또한 오더피킹 업무는 고객의 주문에 신속하게 대응하기 위해 가장 직접적으로 관계가 있으며 창고나 분배센터의 업무 중 오더피킹 업무는 운영비용이 가장 많이 차지하고 있기 때문이다. 또한 오더피킹의 특성상 자동화나 기계화를 하기 어려울 뿐 아니라, 작업의 특성상 스케줄링 등의 기법을 사용하는 것은 거의 불가능하다. 특히, 자동화되지 않은 수동창고에서는 오더피킹 업무의 효율적인 관리를 위한 노력이 절실히 요구되고 있다. 하지만, 대부분의 기업은 이러한 부분을 외면하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 피킹 작업자에게 창고내의 이동경로를 효율적으로 제시함으로써 피킹 작업을 하는 동안의 창고내의 이동시간(Travel Time)을 줄일 수 있을 것이라 생각된다.

제시된 알고리즘을 시스템 상에서 표현하는 방법에 대한 연구가 좀더 심도 있게 진행되어야 할 것이다. 이를 위하여, 상용화된 패키지에 대한 심도 있는 연구와 이를 바탕으로 한 개발이 이루어져야 할 것이다. 또한 주문의 특성에 맞게, 적절한 피킹정책을 사용할 수 있도록 제시하였다. 이를 바탕으로 SCM의 개념에서 가장 중요한 역할을 하는 창고관리부분에서, 가장 큰 비중을 차지하는 오더피킹 작업에 대한 개선을 시도하였다.

최근 창고의 역할이 중요해지면서 자동화되지 않은 창고에서는 기존의 설비 변경을 최소화 하면서 오더피킹 업무에서의 효율적인 관리를 위한 지원수단이 절실하며, 오더피커가 쉽게 최적의 이동경로를 통해 주문처리를 할 수 있는 지원 수단이 요구되고 있다. 이러한 점을 고려할 때 본 연구에서는 오더피킹에 대한 표준 프로세스의 정의 및 최적의 이동경로를 산출하는 알고리즘을 제시한데 큰 의의를 갖는다.

5. 참 고 문 헌

- [1] 김현수, 한명수, 신우용, 양제한(2001), 「21세기 기업생존을 위한 초우량 서플라이 체인」, 범한도서.
- [2] 노부호 외 10명(1998), 「물류관리의 종합적 이해」, 형설출판사, pp.137~204.
- [3] 삼성경제연구소(1998), 「국내기업환경을 고려한 SCM의 전략적 도입방안」, 삼성경제연구소, pp.41-43.
- [4] 유인선 옮김(1997), 「산업공학 공업경영 대사전(하)」, 기다리, p.1078.
- [5] 이문재(1996), “물류관리와 물류정보”, 도서출판 동서, pp.4~90.
- [6] 이정우(2000), “ERP를 이용한 개선된 Warehouse Management Model 구축”, 인천대학교 석사학위논문.
- [7] 홍성덕(2001), “전자산업의 SCM 환경에서 생산프로세스 모델을 활용한 향상된 MPS에 관한 연구”, 인천대학교 석사학위논문.
- [8] A.J.R.M Gademann, Jeroen P. van den Berg and Hassan H. van den Hoff(2001), “An Order Batching algorithm for wave picking in a parallel-aisle warehouse”, *IIE Transactions*, Vol.33, pp385~398.
- [9] Ballou R. H.(1992), 「Business Logistics Management」, Prentice Hall, P.603.
- [10] *ibid.*, p.603
- [11] Ben-Mahmaud Y.(1987), 「The Effect of Warehouse Layout on Order Picking Efficiency」, Oregon state University, Corvallis, OR.
- [12] Caron F., Marchet G. and Perego A.(1998), “Routing Policies and COI-based Storage Policies in Picker-to-part Systems”, *International Journal of Production Research*, Vol.36, NO. 3, pp.713~732.
- [13] Christopher M.(1992), 「Logistics and Supply Chain Management」, Pitman Publishing.
- [14] Corrnier G. and Gunn E. A.(1992), “A Review of Warehouse Model”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 58, pp.3~13.
- [15] De Koster R. and Van der Proot E. S.(1998), “Routing Orderpickers in a Warehouse : A Comparison Between Optimal and Heuristic Solutions”, *IEE Transactions*, Vol. 30, No. 5, pp.469~480.
- [16] Drury J.(1988), “Towards More Efficient Order Picking”, *IMM Monograph No. 1*, The Institute of Materials Management, Cranfield, U.K.
- [17] Frazelle E. H., Griffin P. M., Hackman S. T. and Vlatsa D. A.(1998), *Benchmarking Warehousing and Distribution Operations : An Input-Output Approach*, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia.
- [18] Goetschalkx M. and Ratliff H. D.(1988), “Order picking in an aisle”, *IEE Transactions*, Vol.25, pp 53 ~ 62.
- [19] Jarvis J. M. and McDowell E. D.(1991), “Optimal Product Layout in an Order Picking Warehouse”, *IIE Transactions*, Vol. 23, No.1, pp.93~102.

- [20] Lawrence D. Fredendall and Ed Hill(2001), 「Basics of Supply Chain Management」, St.Lucie & APICS, pp.3~10.
- [21] Petersen C. G.(1995), "Routing and Storage Policy Interaction in Order Picking Operations." *Decision Sciences Institute Proceedings*, Vol. 3, pp.1614~1616.
- [22] Petersen C. G.(1997), "An Evaluation of Order Picking Routing Policies", *International Journal of Operation and Production Management*, Vol. 17, No.11, pp. 1098 ~1111.
- [23] Pertersen C. G. and Schmenner R. W.(1999), "An Evaluation of Routing and Volume-based Storage Policies in an Order Picking", *Decision Science*, Vol. 30, No. 2, pp.481~501.
- [24] Ratliff H. D. and Rosenthal A. D.(1983), "Order Picking in a rectangular warehouse : a solvable case of the traveling salesman problem", *Operations Research*, Vol. 31, pp.507~521.
- [25] *ibid.*
- [26] Ravi Kalakota and Marcia Robinson(2001), 「e-Business 2.0 Roadmap for Success」, Addison Wesley.
- [27] Robert B. Hadfield and Ernest L. Nichols Jr.(1999), *Introduction to Supply Chain Management*, Prentice Hall, pp61~64.
- [28] *ibid*, pp1~12
- [29] Sunil Chopra and Peter Meindl(2001), 「Supply Chain Management Strategy, Planning and Operation」, Prentice Hall, pp3~5.
- [30] *ibid*, pp421~445
- [31] *ibid*, pp359~384
- [32] Tompkins J. A., White J. A., Bozer Y. Z., Frazelle E. H., Tanchoco J. M. A. and Trevino J.(1996), 「Facility Planning」, John Wiley & Sons Inc, New York, pp.389~390.
- [33] *ibid*, p.435
- [34] Vaughan R. S, and Petersen C. G.(1999), "The effect of warehouse cross aisles on order picking efficiency", *International Journal of Production Research*, Vol.37, pp 881 ~897.
- [35] William C.(1997), 「Supply Chain Management」, Copacino & APICS.