

# 출고빈도별 제품 로케이션 배치에 따른 피킹효율 영향 분석

임우택\* · 박현호\*\* · 강경식\*\*\*

\*주식회사 북센, \*\*밸류체인씨엔티

\*\*\*명지대학교 산업경영공학과

## Warehouse Picking Efficiency influence Analysis of Product location by Delivery Frequency

Woo-Taek Yim\* · Hyun-Ho Park\*\* · Kyung-Sik Kang\*\*\*

\*Booxen Co., Ltd., \*\*Value Chain C&T

\*\*\*Department of Industrial Management Engineering, Myongji University

### Abstract

During the fierce competition among the companies, improvement of logistics center managing efficiency is importantly recognized. Among them, studies on improvement of picking work process on about 55% of logistics center managing costs are continuously conducted. And, most of studies focus on analysis on strengths and weaknesses of picking method performable on the stage of logistics center design, etc, so the purposes of this research are to define load location rule by product releasing frequency in logistics managing environment based on conveyer and suggest expected effects by simulation analyzing method to improve picking managing efficiency.

**Keywords :** Order Picking performance, Picking Simulation, Inventory Management, Logistics, Order Frequency

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적

기업간 경쟁이 치열해지는 가운데 물류센터의 역할이 중요하게 부각되고 있다. 물류센터의 작업공정은 크게 입고, 보관, 피킹, 포장, 출하 형태로 구분되어지며, 물류센터 활동 중 피킹공정은 물류창고 운영비의 약 55% 수준을 차지하고 있는 고 노동 집약형 활동 중 하나이다.[1] 따라서 많은 기업들은 피킹공정의 운영 효율성을 높이기 위해 다양한 연구를 진행하여 왔으며, 크게 1. 피킹작업 방식에 대한 연구 2. 피킹이동 동선 최적화에 대한 연구 3. 피킹효율을 높이기 위한 아이템

배치 방법에 대한 연구 형태로 구분되어 질 수 있다. 물류센터 설계단계에서는 위에서 언급한 방안들에 대해 모두 검토하는 것이 가능하나, 센터 운영 중에는 적용할 수 있는 방안이 상대적으로 제한될 수 밖에 없는 실정이다. 최근 IT 기술의 발달로 정보의 실시간 교환이 가능해짐에 따라 고객의 니즈의 변화 트렌드도 급가속화 되었으며, 그에 따른 영향으로 재고배치에 따른 피킹효율이 크게 영향을 받고 있으나, 일부 물류센터에서는 제품 로케이션 구성 시 과학적 배치보다는 일반적인 직관에 의해 배치하고 있는 실정이다[5]. 따라서 본 논문에서는 제품출고 빈도에 따른 피킹운영 효율 및 작업생산성에 어떠한 영향을 미치는 지에 대해 연구하고자 한다.

† Corresponding Author : Woo-Taek Yim, Booxen Co., Ltd.

77, Munbal-ro, Paju-si, Gyeonggi-do. M · P : 010-3720-5588, E-mail: jirisan911@hotmail.com

Received July 20, 2014; Revision Received September 15, 2013; Accepted September 20, 2014.

### 1.2 연구방법 및 범위

상기 기술한 연구목적 달성을 위해 국내 출판유통 전문회사인 B사의 실제운영Data를 바탕으로 진행하고 자 한다. 기존 피킹분야 연구의 경우 피킹방식 및 동선 최적화 형태로 진행되고 있으나, 본 연구에서는 물류센터 내 출고빈도별 아이템을 구분하여, Location을 설정 함에 따라 피킹작업 생산성에 어떤 영향이 있는지 확인하고자 하며, 기본적 모델링은 Simulation 프로그램 인 Arena를 사용하였으며, 출고빈도에 따른 Location 배치 효과 검증을 위해 Heuristic Algorithm을 Add-on 하는 형태로 구성하였다.



[Figure 1] Operational location status (B Company)

### 2. 문제정의 및 모형설계

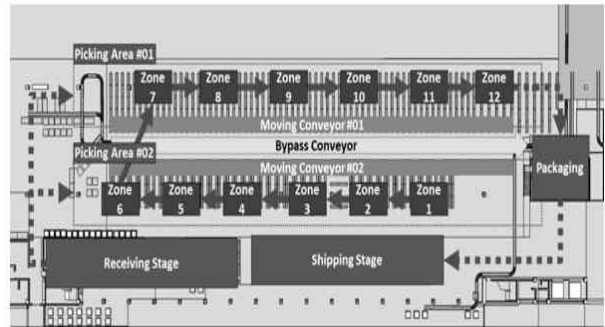
연구의 목적에서 언급한 피킹 작업효율은 단위시간 동안 최대 생산가능 작업량 중 실제 작업완료 된 수량 의 형태로 표현될 수 있고, 작업생산성은 동일한 물량 의 제품이 피킹완료되는 시간을 측정함으로써 표현될 수 있다. 따라서 전체적인 피킹작업 운영효율 향상을 위해 아래와 같은 형태로 피킹작업효율이 최대화 됨과 동시에 작업시간이 최소화 될 수 있는 제품배치가 이 루어 질 수 있도록 목적함수를 정의하였다. 단, 물류센 터의 특성에 따라 작업시간 단축과 생산성 향상의 비 율을 조정할 수 있도록 α,β로 정의하였으며, 이는 운영 경험 및 전략에 따라 바뀌어 질 수 있는 값으로 본 실 험에서는 각각 0.5를 입력하여 수행하였다.

$$\text{Obeject Function} = \text{Max} \left[ \frac{\alpha * \text{Picking efficiency}}{\beta * \text{Total working Time}} \right]^{\ast}$$

$$\text{picking efficiency} = \frac{\sum_{t=0}^{\text{work end}} \text{Picked Item}}{\text{Total Working Time} * \text{Picking Capacity per hour}}$$

$$\text{Total working Time} = T_{\text{work end}} - T_0^{\ast}$$

(단, α,β>0)



[Figure 2] Layout setting and job movement flow(B Company)

모델링할 물류센터의 운영 레이아웃은 논리적 피킹 구역은 2개, 각 구역별 물리적 로케이션은 6개로 구성 되어 있어, 전체 피킹구역 내 총 12개의 물리적 피킹 존이 존재한다. 각 피킹작업 존에는 1명의 작업자가 정 의되어 있으며, 거래처 단위로 피킹이 진행되게 된다. 거래처의 주문형태에 따라 전체 피킹 존을 거치지 않 고 피킹작업이 완료될 수 있으며, 피킹지시서에 있는 모든 제품의 피킹이 완료 된 거래처는 나머지 피킹 존 을 거치지 않고, 가운데 위치한 Bypass Conveyor를 통 해 신속하게 다음 공정인 포장 단계로 이동할 수 있도 록 설계되었다.

<Table 1> Operation status of the conveyor system(B Company)

Picking Zone	6->7 Zone	6->7 Zone을 제외한 나머지 Zone
ⒶConveyor Length	20M	16M
ⒷBuckt LLength	1M	
ⒸMax Capacity(Ⓐ/Ⓑ)	20Buckets/CO V	16Buckets/CO V

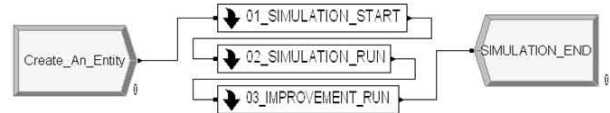
<Table 2> Location definition by Delivery frequency

제품 그룹	㉠출고 수량	㉡출고 아이템수	㉢아이템 별 평균 출고량 (a/㉡)
1	1.769	2	885
2	1.619	4	405
3	1.760	5	352
4	1.819	6	303
5	1.879	7	268
6	1.708	7	244
7	1.715	8	214
8	1.862	11	169
9	1.814	13	140
10	1.812	18	101
11	1.111	18	62
12	1.228	66	19

추가 피킹이 필요한 거래처는 피킹완료 된 제품을 Bucket에 담아 Moving Conveyor에 적재 후 다음 피킹 존으로 자동으로 이동하게 되며, 후속 공정의 작업자가 작업 중이거나, 후속 공정 Conveyor의 적재용량이 부족할 경우 Bucket 이동이 제한되며, 그에 따른 영향으로 전 단계 작업자의 Conveyor이동이 제한될 수 있다. 이런 경우 해당 존 작업자는 Conveyor 적재용량 확보될 때까지 피킹작업을 대기하게 된다. 피킹 존 Conveyor의 적재가능 용량은 Conveyor 길이를 Bucket 길이로 나눈 값으로 정의된다. Moving Conveyor의 평균이동 속도는 시간 당 3.6km 수준이며, 피킹완료 거래처의 신속한 다음 공정 이동을 위해 Bypass Conveyor의 평균 이동속도는 시간 당 5.0km로 운영되고 있다. 실제 운영환경에서 작업자별 피킹생산성은 상이하나, 본 연구에서는 피킹 생산성을 시간 당 700 Item동일하게 정의하였다.

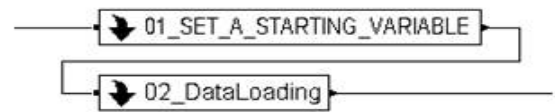
제품출고 빈도별 로케이션 정의를 위해 출고오더를 분석하여 출고 빈도별 제품 그룹을 지정해 주었다. 분석에 사용 된 출고오더는 '13년 12월 자료를 기준으로 진행 되었으며, 출고 물량은 총 20,096개 / 대상 아이템 품목 수는 165개 품목이다. 출고량 상위제품 그룹을 기준으로 제품 그룹을 정의하였으며, 그룹 간 로케이션 크기를 동일하게 하여 로케이션 교환이 Slotting 형태로 이루어질 수 있도록 제품 그룹 간 출고량의 합이 유사하도록 설계 하였다. 한 개의 피킹 존에는 한 개의 제품 그룹만이 존재할 수 있도록 정의하였다.

### 3. Simulation모델링



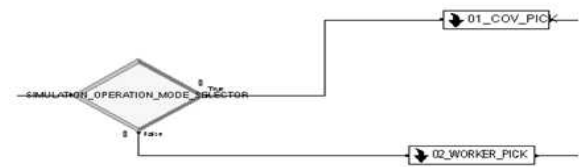
[Figure 4] Simulation Procedure

위에서 정의된 물류센터 운영환경 정보를 바탕으로 Simulation 모델을 작성하였으며, 전체적인 Simulation 수행 절차는 총 3단계로 구성하였다.



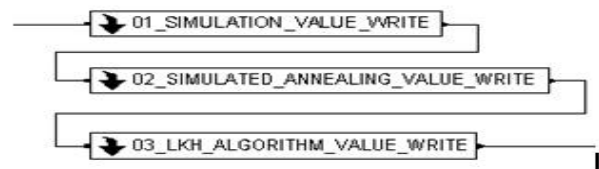
[Figure 4] Input variable Definition procedure

1단계) Simulation을 수행하기 위한 변수를 초기화하고, Access Data로 구성 된 주문 정보를 Simulation 수행에 적합한 형태로 읽는 과정을 수행한다. Heuristic Algorithm의 원활한 운영을 위하여 광역변수 초기화가 진행되면 안되므로 Simulation 수행 횟수는 1회로 제한하고, 내부에 가상의 수행 단계를 정의하여 Simulation이 실행되도록 하였다.



[Figure 5] Select Simulation Type

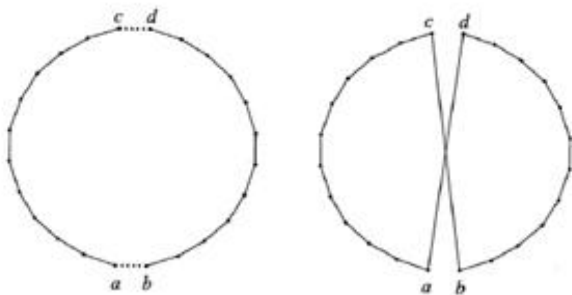
2단계) 사전 정의한 물류센터 레이아웃 및 프로세스 특성을 모델링하여, Simulation 수행의 기초 환경을 제공하였다. 각 Simulation 단계별 Heuristic Algorithm에 의한 해집합의 비교 및 교환이 이루어지는 관계로 작업자의 생산성과 같은 변수는 Constant Formula 형태로 항상 고정된 값이 적용될 수 있도록 정의하였다.



[Figure 6] Heuristic Algorithm Procedure

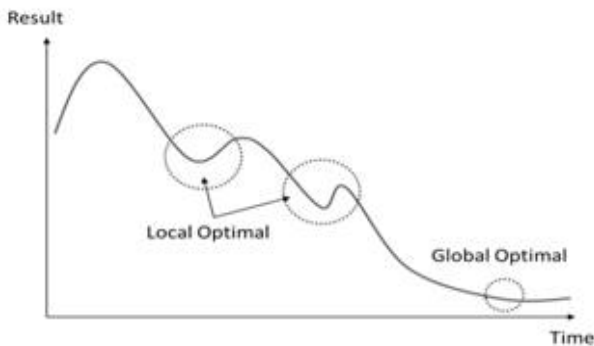
3단계) Simulation 완료 후 작업 효율을 측정하여 결과 값을 향상시키는 방향으로 제품 그룹별 로케이션을 변경하는 형태의 Heuristic Algorithm을 수행한다. 출고빈도별 최적 Location배치 값 탐색을 위해 기존 Simulation 과정 외 추가적으로 Heuristic Algorithm을 Arena VBA 모듈을 사용하여 구현하였다.

Heuristic Algorithm 방식은 일반적인 LP 형태와 같은 해의 도출이 어려운 경우에 사용되는 방식이며, TSP 문제와 같은 NP-hard 문제에 널리 이용되고 있다. 본 연구에서는 해집합의 전체적인 윤곽을 그리기 위하여 2-Opt Change를 사용하였으며, 해 집합의 다양한 변화를 제공하기 위해 Simulated Annealing 방식을 적용하여 기존의 해 집합이 Local Optimal 영역에 고착되는 것을 막고자 하였다.



[Figure 7] 2-Opt Change Algorithm

해집합의 전체적 윤곽을 그리기 위해 사용된 2-Opt Change Algorithm은 초기의 주어진 해의 Node들 중에서 2개를 선택하여 상호 교환 후 Path의 Length산출 형태로 수행되며[3], 본 연구에서는 Location의 자리 값을 하나의 Node로 정의하여, 전체 Node Set을 Hamiltonian Cycle path 형태로 구성 후 해집합을 개선하는 형태로 정의하였다.



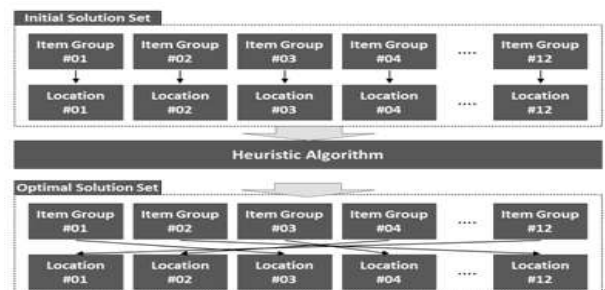
[Figure 8] Simulated Annealing Algorithm

두 번째로 사용된 Simulated Annealing 알고리즘은 Greedy Algorithm의 한 종류로 일정한 확률로 Local Optimal을 벗어날 수 있는 기회를 제공하여, 전체 해 집합이 보다 좋은 쪽으로 개선될 수 있는 기회를 제공하여 준다. Local Optimal을 벗어날 수 있는 기회를 Simulated Annealing에서는 temperature 라는 개념으로 접근하며, 초기의 temperature가 매 회 algorithm을 반복 수행하면서 일정 비율로 Cooling되어 가는 과정을 통해 시간이 흐를수록 점차 낮은 개선확률을 제공해 준다.[4] 본 연구에서는 온도 T에서의 개선확률을 다음과 같이 정의하였다.

$$Current\ Probability = e^{\frac{[Best\ Result - Current\ Result] * \alpha}{T_{now}}}$$

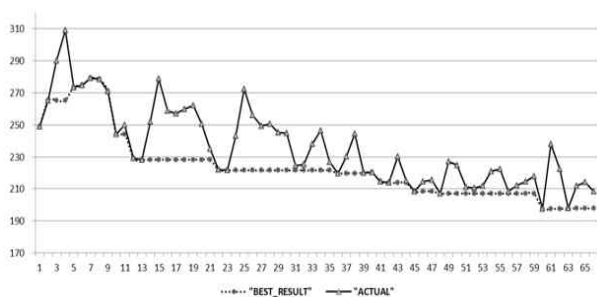
(단,  $\alpha > 0$ )

새롭게 산출된 해와 현재 최적해 간의 간극이 좁고, 온도 T가 높을수록 보다 높은 개선확률을 제공하게 된다. 하지만 해의 Variation이 작은 경우 해 집합 간극이 좁게 표현되는 문제점이 있으므로, weight factor  $\alpha$ 를 적용하여 기존 간극을 증폭시키는 역할을 수행하도록 하였다. Algorithm이 수행됨에 따라 Location을 아래와 같은 형태로 교환하게 되는 방식으로 작동한다.



[Figure 9] Example of Heuristic Algorithm Procedure

#### 4. 실험결과 및 분석



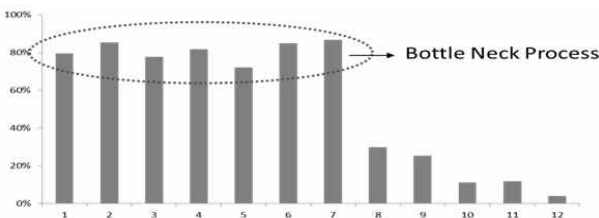
[Figure 10] Change of Productivity by Optimize location

B사의 실제 주문Data를 바탕으로 Simulation해 본결과 438개의 거래처 물량을 작업하기 위해서 초기 Location 집합으로는 12명의 작업자가 피킹업무를 수행하여 249분의 작업 소요시간을 기록 하였으며, 출고 빈도별 Location 재 분배 단계를 진행하여 최종적으로 완료 된 Location할당규칙 적용 시 초기 작업시간 대비 21% 단축 된 198분의 작업시간을 기록하였다. 이 때의 Location 할당결과는 아래의 표와 같이, 고출고 빈도의 제품과 저 출고 빈도의 제품을 혼합 배치하는 것이 피킹효율을 극대화 할 수 있는 효과적인 Location 규칙인 것으로 확인되었다.

<Table 3> Final result of Simulation

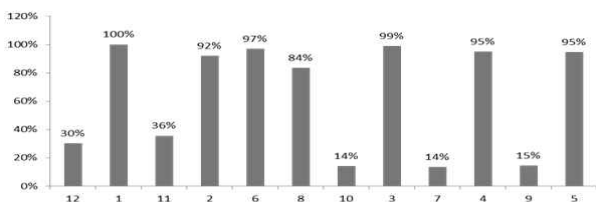
Location	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Item Group	12	1	11	2	6	8	10	3	7	4	9	5

실제 위 Simulation 환경과 같은 레이아웃 형태로 운영되는 피킹작업 라인에서 특정 구역에 고 빈도 물량을 집중 배치하여 Location 운영 규칙을 정의하는 경우 Load가 집중되어, 고 빈도 아이템 보관 구역이 Bottle neck Process화 되어 전체적인 작업 대기시간이 증가하는 현상이 발생할 수 있었다.



[Figure 11] Effect of High-frequently-order product focused on placement

출고빈도에 따른 혼합 Location 규칙 적용 시 특정한 구역에 집중되어 있던 작업자 Load분산에 의해 상대적으로 업무 Load가 낮은 작업구역을 Buffer로 활용하여, Load 집중에 의한 작업대기 시간 감소가 이루어졌으며, 그에 따른 피킹작업 효율 향상을 이끌어 낼 수 있었다.



[Figure 12] Mix-Location Placement by considering of Delivery Quantity

## 5. 결론 및 향후 과제

실험결과 제품출고 빈도에 따른 Location 재 배치가 특정지역 작업Load 집중현상을 방지하여, 작업공정 간 대기시간 최소화 효과를 발생시킨다는 점을 확인할 수 있었으며, 그에 따른 결과로 전체적인 피킹작업 시간이 단축되어 운영효율이 향상된다는 결과를 도출할 수 있었다. 또한 업무 간의 Load Balancing에 Buffer 효과가 발생하는 작업 Zone에 대해 피킹 작업자를 공유하여 사용하는 형태로 고 빈도 작업 Zone의 Load 및 전반적인 작업인력 감소효과를 추가적으로 발생시킬 수 있을 것으로 예상된다. 다만, Simulation 접근방식의 특징인 현실세계의 다양한 변수를 고려하기 어렵고, 모델링을 하기위해 정의 된 많은 제약조건 등에 의해 현재 도출된 결과 값이 실제 운영환경에서 동일한 결과를 보증하기 어렵다는 점과 Heuristic Algorithm 의 특징인 적당한 시간에 적당한 최적해를 도출하는 방식에 의해 현재 도출된 값이 최적해를 보장하기 어렵다는 점이 이번 연구의 한계점으로 인식된다. 따라서 향후 연구방향으로 기존의 Static Simulation 방식의 단점인 현실세계의 정형화 이슈를 Dynamic Simulation 방식을 적용하여 보다 현실세계를 반영할 수 있도록 검토 진행예정이며, Heuristic Algorithm 개선을 통해 보다 더 향상 된 결과를 제공하는 형태로 추가 연구를 진행할 예정이다.

## 6. References

- [1] Byung Chun Park, Order Picking Performance : Strategies, Issues, and Measures, Korean Institute of Industrial Engineers, Vol.37, No.4, 2011, pp.271-278
- [2] Kil-Young Sung, Sung-Joo Yeo, Jae-Ho Bae, Ji-Nam Wang, Sang Chul Park Simulation Analysis of the effect on distribution center with MBA, The Korean Institute of Industrial Engineers Vol.2008 No.11 , 247-253 (7 pages)
- [3] Li Jin, Yongdae Lee, Sheung-kown Kim,, An Evaluation of Routing Methods and the Golden Zone Effect in the Warehouses Order Picking System, Journal of the Korea society for simulation, Vol.20, No.2, 2011, pp.67-76
- [4] 유우연 외, 물류센터 분산재고 관리 방안연구, Korean Institute of Industrial Engineers Vol.2008 No.11 [2008] 951-958 (8 pages)
- [5] Kang Chul You, Jae Cheon Shin, Ho Seob Shim,

Kyung Sik Kang, The Impact of Picking Performance by the Zone Arrangement Method in Pick to Light Order Picking System, Journal of Korea Safety Management & Science, No.12, Vo.13, 2010

- [6] Dueck, G. and Scheuer, T. "Threshold Accepting: A General Purpose Optimization Algorithm Appearing Superior to Simulated Annealing." J. Comp.

Phys. 90, 161-175, 1990

- [7] E. H. L. Aarts and J. K. Lenstra, Local Search in Combinatorial Optimization, John Wiley and Sons, 1997, pp. 215-310  
 [8] Rene de koster, Tho Le-Duc and Kees Jan Roodbergen, Design and Control of Warehouse Order Picking : a literature review, ERIM, 2006

## 저 자 소 개

### 임 우 택



전남대학교에서 학사를 졸업하고 서경대학교에서 석사를 취득하였고, 명지대 산업경영공학과 박사과정 중이며, (주)북센에 재직 중. 관심분야는 물류센터 및 수배송혁신, 3PL 등이다

주소 : 서울 구로구 구일로 154-17, 2동 903호(구로동 우방아파트)

### 박 현 호



충실대학교에서 산업정보시스템 공학 학사를 졸업하고 웅진그룹 북센 물류기획 업무를 지내고 현재는 밸류체인씨엔티 컨설턴트로 재직하고 있다. 관심분야는 물류 프로세스 및 레이아웃 디자인 등이다.

주소 : 서울시 용산구 이태원로 27길 62-34 더플러스III 2층

### 강 경 식



인하대학교 산업공학과에서 학사·석사·박사와 연세대학교·경희대학교에서 경영학 석사·박사 취득. North Dakota State Univ.에서 Post -Doc과 Adjunct Professor 역임.

현재 명지대학교 산업경영공학과 교수로 재직 중. 주요 관심분야

는 생산관리, 물류관리, 안전경영 등

주소 : 경기도 용인시 처인구 남동 산 38-1 명지대학교 산업경영공학과