

# 공동영역의 설정에 의한 AS/RS의 등급별 저장정책 개선 방안 연구\*

문기주\*\* · 김광필\*\*\*

## Improvement of AS/RS Class-based Storage Policy by Common Zone Allocation\*

Geeju Moon\*\* · Gwang-Pill Kim\*\*\*

### ■ Abstract ■

It has been concluded that the performance of class-based storage policy is better than the performance of random storage policy in the literature. However, the rack shortage problem assigned to the 1st class items makes the decision hard to apply the class-based storage policy in practice. In this paper, a new common zone concept is introduced between two classes to resolve the problem with class-based storage policy. The common zone is the area to accept items from both classes. An AS/RS model is developed for computer simulation study and the effect of common area sizes with various AS/RS operation conditions is analyzed.

## 1. 서 론

자동창고의 운영 연구에 있어서 지금까지 제시된 가정으로는 크레인의 이동에 관한 것, 수요율에 관한 것, 팔렛의 저장형태에 관한 것, I/O점의 위치나 입고형태에 관한 것 등이 있다. 초기 자동창고

의 연구이후 이러한 가정들이 수정 혹은 완화되었지만 아직까지 그 연구 결과가 현실에서 그대로 적용되지 않고 있는 실정이다. 이 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 지금까지의 자동창고 연구에서 당연시되어온 여러 가지 가정들 가운데 가장 비현실적인 가정을 없애거나 현실적 기준에 맞도록

\* 이 논문은 1998학년도 동아대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

\*\* 동아대학교 산업시스템공학과 교수

\*\*\*동아대학교 생산기술 연구소 연구원

수정함으로써 연구결과와 현실 운영사례와의 불일치를 없애고 실제 현장에서 그대로 적용될 수 있는 운영방안을 제시하고자 하였다.

현실에서 바로 적용되지 못하고 있는 사례 중 운영방안에 대한 연구결과들이 많이 나타나고 있는데, 이것은 등급별 저장에 임의저장에 비해 많은 장점을 가지고는 있지만 1등급에 할당된 저장 공간의 부족현상이라는 단점 때문일 것이다. 등급별 저장에서 저장 공간의 부족현상이 발생하면 출고 품목이 발생하기 전에는 입고를 실행할 수 없게 되는 반면, 임의저장에서는 전체 공간을 모두 입고 가능한 공간으로 취급하므로 저장 공간의 부족현상이 생기지 않는다는 장점이 있다. 이러한 점 때문에 대부분의 자동창고의 도입업체에서는 임의저장을 기본운영방안으로 채택하고 있다. 본 연구에서는 공동영역이라고 명명한 공간을 도입하여 이 문제점들을 해결하고자 하였다. 공동영역을 도입함으로써 등급별 저장의 특징들이 실제 현장에서도 나타날 수 있으면서 공간부족 현상이 발생하지 않는 AS/RS 운영방안을 개발·제시하였다.

## 2. 문헌연구

자동창고에 대한 연구는 주로 입고와 출고의 운영정책을 중심으로 이루어지고 있으며, 효율적인 창고작업의 수행을 위한 설계대안, 그리고 크레인의 이동거리를 최소화함으로써 작업요구를 빠른 시간에 마칠 수 있는 크레인의 유희점이나 경로의 구성 등에 대한 문제를 많이 다루고 있다. 이 중에서도 특히 입고와 출고의 운영정책을 다루는 문제가 가장 빈번하게 연구되고 있는데, 다른 측면에서의 문제해결 방식을 택하더라도 결국은 운영정책에 대한 연구의 확장으로 귀결된다 할 수 있다.

Hausman[5, 6]등은 입·출고점에서 랙(rack)의 가장 먼 행까지 가는 시간과 랙의 가장 먼 열까지 가는 시간이 같다는 전제하에 스택크레인(stacker crane)의 평균 운행시간을 계산하였다. 그리고 시뮬레이션을 통해 평가한 결과 회전율에 의한 저장이

스택크레인의 평균 운행시간을 가장 많이 줄인다고 결론지었다. Rosenblatt와 Eynan[9]은 등급별 저장에 있어서 최적의 등급간의 경계치를 결정하고자 하였다. 이들은 등급의 수가 많을수록 이동시간이 줄어드는 경향이 있기는 하지만 회전율에 의한 저장이 현실적이지 못한 점이 있기 때문에 적당한 수-10개 이하의 등급으로 나누었을 때 큰 효과를 얻을 수 있다고 발표하였다.

Kouvelis와 Papanicolaou[7]는 가장 먼 곳까지의 크레인 수직이동시간과 수평이동시간이 같은 형태의 자동창고가 2등급으로 운영될 때의 이동시간 모형과 최적의 등급간 경계를 결정하는 문제를 다루었다.

Bozer와 White[1]는 Hausman[6]등이 가정한 랙 형태를 변환시켜 shape factor라는 모수를 도입하여, 행과 열로의 도달시간이 다른 랙의 형태일 때 임의저장에 의한 스택크레인의 평균 운행시간을 이론적으로 계산하였다.

Randhawa[10, 11]등은 입고점과 출고점이 각각 2개씩 존재하는 창고에서 어떤 형태의 배치안이 최적의 수행도를 보이는지 입고와 출고정책의 조합으로 된 4가지 운영방안에 대해 시뮬레이션을 수행하여 분석하였다. Chow[4]는 단위적재의 형태를 가진, 스택크레인이 아닌 몇 개의 물품을 실을 수 있는, on-board storage를 가진 DAH(direct access handler)가 작업을 수행하는 AS/RS를 연구하였다. Muralidharan등은[8]은 크레인의 유희시간을 이용해서 앞으로의 작업을 빠른 시간에 마칠 수 있도록 작업이 빈번한 물품을 크레인의 이동시간이 짧은 앞쪽으로 이동시키고, 빈번하지 않은 물품은 상대적으로 긴 시간이 걸리는 뒤쪽으로 이동시키는 경로를 선택하기 위한 두 가지 알고리즘을 제시하였다. Chang과 Egbelu[2, 3]는 입출고 작업이 이루어지지 않는 시간에 크레인이 있어야 할 유희지점을 결정하는 문제를 다루었다.

지금까지의 등급별 저장형태가 임의 저장형태에 비해 우수하다고 결론지은 많은 연구 결과들에도 불구하고 현장에서의 자동창고 운영방안으로서의

도입은 활발하지 못한 실정이다. 이미 많은 기존의 연구에서 등급별 저장에 단위작업 당 크레인의 이동시간, 작업요구에 대한 평균 반응시간, 처리량의 측면에서 장점을 보이며, 다만 전체 필요저장공간에 있어서 임의저장이 등급별 저장보다 적은 공간을 필요로 한다고는 하나 전체적으로는 임의저장에 비해 좋은 수행상태를 보이는 것으로 결론짓고 있다. 그러나 현실에 있어서는 임의저장의 형태가 일반적으로 적용되고 있는 것이 사실이다. 이와 같이 연구에서의 결과가 현장에서 도입되지 못하고 있는 것은 연구를 위해 설정한 환경과 생산현장의 환경에서 많은 차이가 있기 때문일 것이다. 예를 들어 현실적으로 자주 나타나는 현장에서의 생산 계획변화를 연구에서 반영하지 못하거나, 또는 수요율의 고정과 같이 하나의 가정으로 둔 조건들이 현실적으로 적합하지 않기 때문일 것이다.

이 같은 문제점을 인식해서 Muralidharan 등의 [8] 연구에서는 이 두 저장정책의 장점을 도입하기 위한 시도로 입고는 임의저장형태로 어떠한 영역의 구분 없이 입고하고 난 뒤, 출고시 등급별 저장의 장점을 가지도록 저장 중인 품목의 위치를 재조정하는 방안을 제시하고 있다. 그러나 이 논문에서 제시한 방안은 겉으로 나타나는 결과에서는 두 저장정책의 장점을 도입한 것처럼 보이나 여기에는 크레인의 추가적인 가동과 재배치 후의 입고처리 시간의 증대라는 요인이 발생할 수 있게 된다. 자동창고는 설비 도입시 투자되는 비용이 매우 클 뿐 아니라 운영하는데 있어서 필요한 비용도 일반 창고의 경우와 비교할 때도 많은 비용이 투입되는 실비이다. 그런데 추가적인 크레인 이동을 통해서 등급별 정책의 이점을 얻기 위해 자동창고의 운영비를 증가시킨다는 것 또한 현실적으로 도입이 어렵게 만드는 이유가 될 수 있다.

이와 같은 문제점으로 인하여 본 연구에서는 현실의 상황변화에 적응하면서도 또한 기존 연구에서 나타나는 결과들을 보이는 운영방안을 개발하여 생산현장에서 등급별 정책의 도입을 가능케 하고자 하였다.

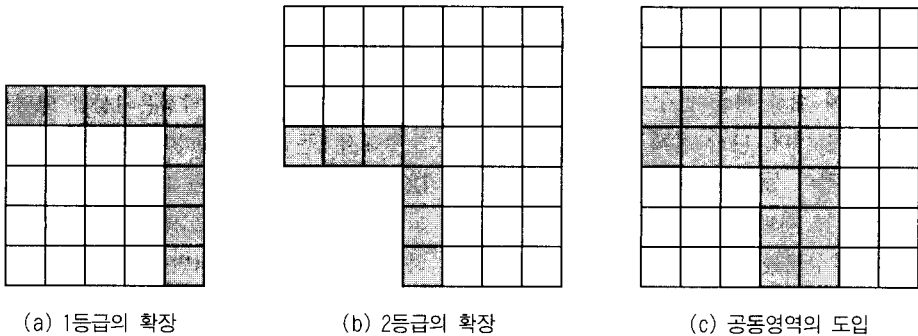
### 3. 공동영역의 도입

등급별 저장형태의 약점은 1등급 영역의 공간이 부족해서 1등급의 입고 지연이 발생한다는 것이다. I/O점에 가까운 랙들을 1등급 영역으로 할당하게 되면 입고 비율과 출고 비율이 비슷하더라도 취급하는 품목수가 많게 되면 모든 1등급 영역이 채워지게 될 가능성이 있다. 또 입고 비율이 출고 비율보다 조금 높아지는 경우가 생기면 1등급 영역이 부족하게 될 수 있다. 이와 같은 현상이 발생하면 전체적인 자동창고의 작업 지연으로 임의저장보다 우수한 수행상태를 보일 수 없게 된다.

본 연구에서는 이처럼 등급별 저장의 1등급 영역에서 발생하는 저장공간의 부족과 임의저장에서 발생하는 이동시간의 증가라는 단점을 해소할 수 있는 방안으로서 1등급과 2등급의 영역사이에 두 가지 등급의 품목이 동시에 저장될 수 있는 공동영역을 도입하였다.

공동영역은 [그림 1]에서 보는 것처럼 먼저 1등급을 해당 영역에서 발생할 수 있는 랙의 부족현상을 없애기 위해 I/O 점에서 먼 쪽으로 공간을 넓히고, 2등급은 평균 이동거리를 줄이기 위해 1등급 영역으로 공간을 확장하는 방식을 택하는 것이다. 이렇게 해서 두 부분을 합치게 되면 1등급과 2등급의 영역 사이에 두 등급의 품목이 동시에 저장할 수 있는 공간이 생기게 된다.

이와 같이 공동영역을 도입하게 되면 전체 저장공간은 1등급 품목만이 저장되는 영역과 1등급과 2등급이 같이 저장되는 영역, 2등급 품목만이 저장되는 영역으로 구분된다. 1등급 품목만이 저장되는 영역에는 회전율이 높은 1등급 품목들로 채워지고, 2등급 품목만이 저장되는 영역에는 상대적으로 사용빈도가 적은 2등급품목만 저장된다. 그리고 중간 공동영역에는 1등급과 2등급이 임의저장형태로 저장되어 각 등급이 가지는 단점을 해소하게 된다. 1, 2등급이 같이 저장되는 영역의 도입으로 1등급의 공간이 추가로 확보되어 1등급 공간의 부족현상을 막을 수 있고, 2등급의 저장품목은 상대적으



[그림 1] 공동 영역

로 I/O점과 가까운 공간에 저장되기 때문에 크레인의 평균 이동거리가 단축되어 현장에서의 요구에 빨리 대응할 수 있다는 1등급의 장점을 가지게 된다.

기존의 임의저장이나 등급별 저장은 모든 저장공간이 공동영역인 경우와 저장공간에 공동영역이 하나도 없는 경우로 공동영역을 도입한 자동창고의 특수한 형태로 분류할 수 있다. 공동영역의 공간이 전체 공간에 비해 적으면 등급별 저장이 가지는 장점을 최대화하는 것이 되어 크레인의 이동시간과 대기시간이 줄어들게 된다. 반면 공동영역이 많은 공간을 차지하게 되면 1등급의 공간부족해소와 2등급의 빠른 입출고라는 이점을 자동창고에 도입하게 되는 것이다.

본 연구에서는 전체 창고공간에서 어느 정도의 공동영역을 가지고 있을 경우에 1등급과 임의저장의 단점이 최소가 되는지 알아보고 최적 공동영역의 크기를 알아보려 하였다. 이와 같은 연구를 통해 그 수행의 우수함에도 불구하고 공간부족이라는 단점으로 인해 현장에서 적용되지 않고 있는 등급별 저장의 도입을 유도할 수 있다. 또한 1등급의 공간부족을 해소함으로써 저장을 위한 대기시간을 줄이게 된다.

#### 4. 공동영역의 시뮬레이션 모형

공동영역의 도입효과에 대한 시뮬레이션 모형은

전체 랙의 크기가 한 면으로 10×20의 저장공간을 가지는 일반적인 자동창고로 설정하였다. 그리고 크레인의 이동시 가장 먼 랙까지의 이동시간은 수직과 수평이동시간이 같으며, 수직과 수평이동을 동시에 수행하고 단일명령의 이동경로를 가지는 것으로 했다. 단일명령의 이동경로만을 가지게 한 것은 공동영역의 도입에 따른 수행도 결과의 요인 중 복수명령의 요인을 제거함으로써 공동영역 도입의 효과를 좀 더 정확히 반영하기 위한 것이다. 만약 입고 중 공간부족현상이 발생하면 해당 품목의 입고를 발생시키지 않으므로써 대기열이 지나치게 길어지는 것을 방지하였다. 반면 출고는 FIFO (First In First Out) 형태로 출고가 이루어지도록 하였다.

총 시뮬레이션 시간은 500,000단위시간을 수행했으며, 처음 100,000단위시간은 자동창고의 수행이 정상상태에 도달하는 시간으로 간주해서 분석에서는 제외하였다. 공동영역에서의 저장은 1등급과 2등급이 같이 저장되면서 그 영역의 구분이 없는 임의저장의 형태가 되며 공동영역의 앞과 뒤쪽으로 1등급만의 공간과 2등급만의 공간이 확보된다. 가령 1등급의 품목이 도착하면 1등급만의 공간과 공동영역의 빈 공간중 임의의 공간을 할당하게 되고, 2등급의 품목이 도착하면 공동영역과 2등급만의 공간 중 임의의 공간을 저장공간으로 할당하게 된다. 또 공동영역에서 2등급이 차지하는 비율을 50%로 제한하였는데 이는 1등급의 공간확보라

는 공동영역의 취지를 살리기 위하여 설정한 것이다.

시물레이션의 분석은 작업부하, 공동 영역의 크기, 수요율에 따라서 수행하였다. 작업부하에 따른 시물레이션은 다시 세 가지 형태로 나누어 부하가 많은 경우와 적은 경우, 그리고 그 중간형태의 작업부하를 가지는 경우로 나누었으며 작업부하를 표현하기 위한 부품의 도착시간간격은 지수분포를 따르며 그 평균은 각각 120초, 160초, 200초로 하였다. 다음으로 공동영역의 크기에 따라서 자동창고의 수행상태가 어떤 변화를 보이는지 알아보기 위하여 0%에서 100%로 공동영역의 크기를 달리하면서 시물레이션을 수행하였다. 가령 20%의 공동영역의 크기라 하면 전체 저장공간 중에서 공동영역이 차지하는 공간의 비율이 20%라는 것을 의미한다. 그러므로 총 100개의 저장공간이 있다고 하면 이중 공동영역으로 할당되는 저장공간이 20개가 된다. 0%의 공동영역을 가진다는 것은 공동영역으로 할당된 공간이 없다는 것으로 이것은 기존의 등급별 저장 형태가 되고, 100%의 공동영역을 가진다는 것은 모든 공간을 공동영역으로 할당하게 되므로 임의저장의 형태가 된다.

마지막으로 수요율에 따른 시물레이션 결과를 알아보기 위해 1등급이 차지하는 4가지 수요율의 크기에 따라서 시물레이션을 수행하였다. 수요율의 크기로는 입출고 요구가 많은 상위 상위 20%의 품목이 전체 부품 수요의 60%를 차지하는 20/60인 경우와 20/70, 20/80, 20/90 등의 경우로 가정하였다. 본 연구에서는 모두 20개의 품목을 대상으로 하였고 이중 1등급에 해당하는 품목수는 4개가 된다. 이와 같은 수요율별 시물레이션을 통해서 다양한 생산 형태에서의 공동영역의 도입 효과를 분석하였다.

## 5. 시물레이션의 결과 및 분석

<표 1>은 작업부하가 많은 경우의 공동영역 크기별, 수요율별 시물레이션 결과를 요약한 것으로 각 행은 10회 반복 실험한 결과의 평균을 의미한

다. 먼저 첫 열은 공동영역의 크기를 나타내고 두 번째 'Full'은 1등급의 공간이 모두 채워져서 더 이상 1등급의 입고를 수행할 수 없는 상황이 발생한 회수를 의미한다. 결과를 보면 공동영역의 크기가 많을수록 그 회수가 줄어들고 있음을 알 수 있다. 공동영역의 크기가 많음은 1등급의 저장공간이 많아진다는 것을 의미하므로 공간부족현상이 발생하지 않게 된다.

그리고 'Crane'은 크레인의 이용율을 나타낸 것인데 공동영역의 크기가 증가할수록 높아지는 경향을 보이고 있다. 이것은 1등급을 입고하고 출고하는 비율이 높으므로 1등급의 저장공간이 확대되어 먼 곳까지 크레인 이동하기 때문이다. '1'MT'는 1등급의 평균 이동시간이고 '2'MT'는 2등급의 평균 이동시간을 나타낸 것이다. 크레인이 단일명령만을 수행하므로 평균 이동시간은 모두 단일명령에 의한 이동시간을 나타낸다. 이렇게 따로 이동시간을 구한 것은 집중 관리해야 할 1등급의 품목들이 공동영역의 크기에 따라서 어떠한 경향을 보이는지 자세히 살펴보기 위한 것인데 1등급의 이동시간이 점점 길어지고 있는 반면 2등급의 이동시간은 거의 비슷한 값을 나타내고 있다. 마지막으로 'Thro'는 입출고한 처리량을 의미한다. 입출고 처리량은 30%이하의 공동영역에서는 증가하는 경향을 보이다가 30%이후의 공동영역에서는 비슷한 수치를 보이고 있다.

<표 1>에서 수요율에 따른 결과의 차이를 살펴보면 수요율이 차이가 난다고 해서 처리량과 1등급과 2등급의 이동시간이 변한다고 할만큼의 차이를 보이지는 않는다. 반면 1등급의 저장공간 부족현상의 발생회수는 수요율이 증가할수록 많아지고 있는데 이는 같은 크기의 공간에서 1등급의 수요율이 많으므로 나타나는 결과로 볼 수 있다. [그림 2]는 작업부하가 많은 경우, 저장공간의 부족현상 발생회수와 처리량의 차이를 나타낸 것이다. x축은 공동영역의 크기로 1은 0%의 공동영역을 의미한다. 그래프에서 보면 공간부족현상이 공동영역이 많아질수록 감소하다가 9번째 공동영역의 크기에

〈표 1〉 작업부하가 많은 경우의 수요율별 시뮬레이션 결과

20/60	Full	Crane	1'MT	2'MT	Thro
0%	214	31.2	12.07	31.13	6238
10%	179	33.4	16.18	31.67	6269
20%	128	35.0	15.53	31.87	6313
30%	88	37.3	17.42	32.27	6415
40%	52	38.8	19.01	32.11	6434
50%	26	40.2	20.48	31.92	6440
60%	17	41.5	22.01	31.45	6462
70%	0	42.5	23.55	30.64	6457
80%	0	44.3	26.96	30.06	6446
90%	0	44.3	26.53	29.31	6422
100%	0	44.8	27.74	28.36	6405

(a) 수요율이 20/60인 경우의 결과

20/70	Full	Crane	1'MT	2'MT	Thro
0%	234	28.1	12.14	31.09	6187
10%	203	30.4	14.17	31.67	6225
20%	150	33.1	15.87	32.12	6352
30%	89	35.8	17.71	32.49	6431
40%	85	36.9	19.11	32.15	6439
50%	66	39.0	20.95	32.08	6441
60%	31	39.7	21.90	31.58	6432
70%	20	41.7	35.78	29.52	6440
80%	0	42.8	25.12	30.35	6441
90%	0	43.7	23.36	27.47	6425
100%	0	44.8	27.87	28.25	6413

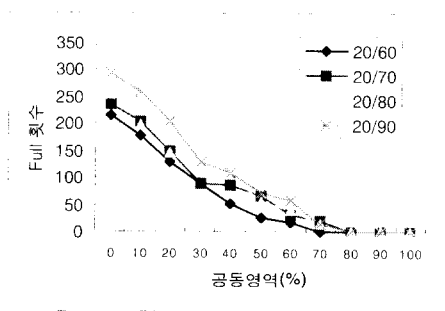
(b) 수요율이 20/70인 경우의 결과

20/80	Full	Crane	1'MT	2'MT	Thro
0%	279	24.9	12.17	30.99	6146
10%	198	27.7	14.11	31.80	6256
20%	147	30.4	16.05	32.05	6303
30%	112	33.1	17.65	32.20	6467
40%	106	35.3	19.26	32.22	6478
50%	54	37.3	20.98	31.81	6464
60%	40	38.9	22.09	31.55	6472
70%	13	40.6	23.74	30.95	6459
80%	0	42.5	25.22	30.17	6484
90%	0	43.8	26.54	29.29	6482
100%	0	44.9	27.66	28.39	6480

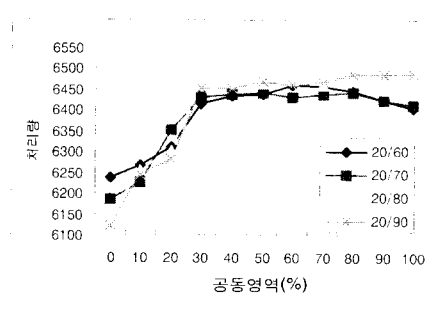
(c) 수요율이 20/80인 경우의 결과

20/90	Full	Crane	1'MT	2'MT	Thro
0%	293	21.8	12.17	30.85	6124
10%	258	25.2	14.32	31.67	6246
20%	203	27.7	15.99	31.94	6281
30%	130	31.3	17.95	32.30	6455
40%	110	33.6	19.52	32.61	6455
50%	72	35.7	20.91	32.23	6470
60%	56	37.0	22.34	31.71	6459
70%	14	40.5	24.11	30.90	6469
80%	0	42.3	25.32	29.96	6486
90%	0	43.8	26.51	29.26	6488
100%	0	45.5	27.99	28.10	6486

(d) 수요율이 20/90인 경우의 결과



(a) 공간부족현상의 발생회수



(b) 처리량의 차이

〔그림 2〕 작업부하가 많은 경우의 시뮬레이션 결과

80% 이후에서는 거의 발생하지 않음을 알 수 있고, 처리량의 경우 수요율에 따라서 많은 차이가 없음을 확인할 수 있다. 그리고 [그림 2]에서 공동

영역의 크기가 적은 경우, 입고지연이 많이 발생할수록 처리량이 줄어들고 있지만 공동영역의 크기가 30% 이상에서는 입고지연이 발생하더라도 처리

〈표 2〉 작업부하가 중간형태인 경우의 수요율별 시뮬레이션 결과

20/60	Full	Crane	1'MT	2'MT	Thro
0%	170	23.7	12.05	31.49	4662
10%	147	25.1	14.19	31.72	4689
20%	85	27.1	15.85	32.26	4810
30%	38	28.2	17.70	32.30	4839
40%	14	29.4	19.31	32.10	4831
50%	13	30.0	20.65	31.68	4834
60%	7	30.6	21.69	31.19	4822
70%	0	31.8	23.48	30.77	4820
80%	0	32.5	25.00	30.20	4823
90%	0	33.3	26.40	29.60	4823
100%	0	33.7	27.85	28.28	4811

(a) 수요율이 20/60인 경우의 결과

20/70	Full	Crane	1'MT	2'MT	Thro
0%	200	20.8	12.11	31.07	4594
10%	121	23.2	14.17	31.67	4740
20%	63	24.8	16.09	32.04	4792
30%	35	26.5	17.69	32.09	4823
40%	32	27.8	19.13	32.26	4831
50%	18	29.0	20.76	31.76	4844
60%	3	29.8	22.25	31.26	4828
70%	0	31.2	23.69	30.73	4854
80%	0	31.9	24.86	29.81	4861
90%	0	32.9	26.47	29.19	4839
100%	0	33.9	28.06	28.22	4858

(b) 수요율이 20/70인 경우의 결과

20/80	Full	Crane	1'MT	2'MT	Thro
0%	194	18.1	12.10	31.02	4497
10%	124	21.1	14.30	31.67	4749
20%	55	23.5	16.11	32.12	4848
30%	36	25.3	17.87	32.48	4883
40%	12	26.4	19.37	31.88	4872
50%	6	28.1	21.01	31.46	4879
60%	1	29.5	22.39	31.08	4900
70%	0	30.3	23.80	30.11	4847
80%	0	31.6	25.14	29.99	4860
90%	0	33.4	26.75	29.06	4897
100%	0	34.0	27.91	28.35	4861

(c) 수요율이 20/80인 경우의 결과

20/90	Full	Crane	1'MT	2'MT	Thro
0%	314	15.7	12.15	30.84	4410
10%	135	18.7	14.37	31.67	4650
20%	106	21.2	16.22	31.91	4766
30%	62	23.4	18.00	32.58	4847
40%	28	25.2	19.55	31.97	4860
50%	22	26.6	20.96	31.83	4848
60%	1	28.1	22.22	31.24	4869
70%	0	30.0	24.03	32.20	4868
80%	0	31.2	24.99	29.52	4874
90%	0	33.0	26.60	28.88	4875
100%	0	34.2	28.20	28.14	4872

(d) 수요율이 20/90인 경우의 결과

량에 있어서는 많은 차이가 없음을 알 수 있다.

〈표 2〉는 작업부하가 중간정도인 경우의 수요율별 결과를 요약한 것이고, 〈표 3〉은 작업부하가

적은 경우의 수요율별 결과를 요약한 것이다. 그리고 그 각각의 결과는 〈표 1〉의 경우와 거의 비슷한 형태를 보이고 있다. 〈표 1, 2, 3〉의 결과를 보

〈표 3〉 작업부하가 적은 경우의 수요율별 시뮬레이션 결과

20/60	Full	Crane	1'MT	2'MT	Thro
0%	94	18.5	12.11	31.23	3748
10%	57	20.1	14.18	31.67	3792
20%	45	21.7	16.12	32.17	3876
30%	11	22.5	17.63	32.06	3913
40%	4	23.6	19.43	32.01	3904
50%	0	24.3	20.77	31.50	3898
60%	0	25.1	22.25	30.91	3905
70%	0	25.6	23.43	30.53	3915
80%	0	26.4	25.05	30.27	3909
90%	0	26.7	26.55	29.01	3882
100%	0	27.2	28.18	28.29	3884

(a) 수요율이 20/60인 경우의 결과

20/70	Full	Crane	1'MT	2'MT	Thro
0%	114	17.0	12.14	31.30	3742
10%	80	18.3	14.38	31.67	3803
20%	54	20.2	16.21	32.30	3868
30%	13	21.3	17.56	31.76	3907
40%	6	22.4	19.20	32.08	3900
50%	5	23.5	21.07	31.49	3895
60%	0	24.1	22.17	31.45	3885
70%	0	25.1	23.96	30.70	3882
80%	0	26.0	25.04	30.35	3913
90%	0	26.9	26.50	29.25	3915
100%	0	27.1	28.33	28.37	3904

(b) 수요율이 20/70인 경우의 결과

〈표 3〉 작업부하가 적은 경우의 수요율별 시뮬레이션 결과(계속)

20/80	Full	Crane	1'MT	2'MT	Thro
0%	170	14.7	12.14	31.15	3620
10%	88	17.1	14.35	31.67	3821
20%	67	18.3	16.20	32.04	3858
30%	21	20.4	18.01	32.37	3894
40%	19	21.5	19.59	32.64	3891
50%	12	22.4	20.94	31.35	3907
60%	1	23.2	22.23	30.94	3878
70%	0	24.5	23.95	30.95	3875
80%	0	25.5	25.35	30.28	3894
90%	0	26.0	26.52	29.52	3870
100%	0	27.1	28.02	28.14	3878

(c) 수요율이 20/80인 경우의 결과

20/90	Full	Crane	1'MT	2'MT	Thro
0%	198	12.9	12.19	30.89	3603
10%	105	14.9	14.24	31.67	3763
20%	74	17.1	16.22	31.77	3856
30%	39	19.1	17.99	32.53	3887
40%	24	20.1	19.49	32.26	3894
50%	7	21.4	21.04	31.66	3904
60%	2	22.9	22.64	31.18	3903
70%	0	24.0	24.02	30.55	3904
80%	0	25.2	25.34	29.88	3914
90%	0	26.3	26.79	29.36	3904
100%	0	27.2	27.87	28.58	3900

(d) 수요율이 20/90인 경우의 결과

고 작업부하에 따른 차이를 살펴보면 작업부하가 증가할수록 처리량이 많아지고 있음을 알 수 있다. 또 작업부하가 증가할수록 입고지연의 발생회수가 많아지고, 크레인 이용율이 증가하고 있다는 것을 표에서 확인할 수 있다. 그러나 1등급과 2등급의 이동시간은 어떤 형태의 시뮬레이션 결과라고 해도 거의 같은 값을 가지고 있다.

다음으로는 최적의 공동영역 크기를 결정해야 한다. 최적의 공동영역 크기라고 하는 것은 기존의 등급별 저장의 단점인 입고지연 회수와 임의저장의 단점인 이동시간을 줄이면서 많은 처리량을 가져야 된다. 이와 같은 관점에서 볼 때 30%의 공동영역 크기에서 입고지연 회수는 줄이면서 처리량에 있어서는 많은 처리량을 가지는 것으로 나타났다. 30% 이상의 공동영역 크기에서는 입고지연 회수가 개선되고 있으나 이동시간과 크레인 이용율의 경우 그 수행상태가 악화되기 때문에 적당한 크기의 공동영역이라고는 할 수 없겠다.

## 6. 결 론

본 연구는 자동창고 운영 관련 연구결과가 현장에서 바로 적용되지 않고 있는 이유를 찾아서 그 해결방안을 제시한 것이다. 등급별 저장의 1등급 공간부족에 의한 입고지연이라는 단점과 임의저장의 이동시간 증가라는 단점을 해결하기 위해 기존

의 등급별 저장에서 사용하던 등급 구분선을 공간으로 확장해서 공동영역이라는 새로운 개념을 도입하였다. 공동영역의 도입 효과를 알아보기 위해 단일명령의 형태로 이동하는 스택커 크레인이 있는 자동창고를 대상으로 시뮬레이션하였고, 작업부하와 공동영역의 크기, 수요율을 동시에 분석하여 어느 정도의 공동영역을 도입하는 것이 타당한지를 알아보았다.

본 연구는 1등급과 2등급의 2개 등급만이 존재하는 경우를 다루었다. 그러나 등급의 수가 많은 경우에도 연구결과는 적용될 수 있을 것이다. 왜냐하면, 3개 등급으로 나누는 경우, 1등급은 그대로 두고, 2등급을 2등급과 3등급으로 분리하여 작업을 수행하므로 3등급 이상의 처리량은 작아서 자동창고 전체 수행결과에 미미한 영향만 미칠 것이기 때문이다.

이 연구를 통해 지금까지 현장에서 등급별 저장을 도입하는데 있어서 문제시되어온 1등급의 저장 공간 부족에 의한 입고지연과 그로 인한 등급별 저장의 현장 적용문제를 해결하면서 이동시간의 증가없이 처리량을 높일 수 있는 방안을 개발·제시하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] Bozer, Y. A. and J. A. White, "Travel-Time



- Models for Automated Storage/ Retrieval System," *IIE Transactions*, Vol.16, No.4 (1984), pp.329-338.
- [2] Chang, S. H. and P. J. Egbelu., "Relative pre-positioning of storage/retrieval machines in automated storage/retrieval system to minimize maximum system response time," *IIE Transactions*, Vol.29(1997), pp.303-312.
- [3] Chang S. H. and P. J. Egbelu, "Relative pre-positioning of storage/retrieval machines in automated storage/retrieval system to minimize expected system response time," *IIE Transactions*, Vol.29(1997), pp.313-322.
- [4] Chow, W. M., "An Analysis of AS/RS in Manufacturing Assembly Lines," *IIE Transactions*, Vol.20(1986), pp.204-214.
- [5] Graves, S. C., W. H. Hausman and L. B. Schwarz, "Storage/Retrieval Interleaving in Automatic Warehouse Systems," *Management Science*, Vol.23(1977), pp.935-945.
- [6] Hausman, W. H., L. B. Schwarz and S. C. Graves, "Optimal Storage Assignment in Automatic Warehouse Systems," *Management Science*, Vol.22, No.6(1976), pp.629-638.
- [7] Kouvelis, P. and V. Papanicolaou, "Expected travel time and optimal boundary formulas for a two-class-based automated storage/retrieval system," *Int. J. Prod. Res.*, Vol.33, No.10(1995), pp.2889-2905.
- [8] Muralidharan, B., R. J. Linn and R. Pandit, "Shuffling heuristics for the storage location assignment in an AS/RS," *Int. J. Prod. Res.*, Vol.33, No.6(1995), pp.1661-1672.
- [9] Rosenblatt, M. J. and A. Eynan, "Deriving the Optimal Boundaries for Class-Based Automatic Storage/Retrieval Systems," *Management Science*, Vol.35, No.12(1989), pp.1519-1524.
- [10] Randhawa, S. U., E. D. McDowell and W. T. Wang, "Evaluation of Scheduling rules for single and dual-dock automated storage/retrieval systems," *Com & I. E.*, Vol.20 No.4(1995), pp.401-410.
- [11] Randhawa, S. U. and R. Shroff, "Simulation-based design evaluation of unit load automated storage/retrieval systems," *Com & I. E.*, Vol.28, No.1(1995), pp.71-79.