

시뮬레이션 기법을 이용한 AS/RS 구조적 특성에 관한 연구*

Simulation Analysis of AS/RS Structure Characteristics

이욱기**, 김상호***, 박성진****

목 차

- | | |
|--------------------|---------------------------------|
| I. 서 론 | 2. 장비 가공시간의 밸런스 효과 및
물류흐름 분석 |
| II. 시뮬레이션 모형 및 가정 | 3. 장비간 거리효과 |
| 1. 시뮬레이션 가정 | 4. 장비의 cycle time 효과 |
| 2. AS/RS의 구성 | IV. 결론 및 추후 연구 |
| III. 시뮬레이션 수행결과 분석 | |
| 1. R/M의 이용률 분석 | |

Key Words : Automated Storage and Retrieval System(AS/RS), RackMaster(R/M)

Abstract

A large scale automated material handling system (AMHS) is simulated using real industrial input data to analyze its performance so that one can scrutinize the critical factors that affect the AS/RS performance. The factors included in this study are line balancing efficiency, the distance between machines, and cycle time of the machines.

The performance of AS/RS is measured in terms of R/M utilities that are latter used to classify the AS/RS structure into three types such as Good, Normal, and Poor. Among the three factors considered in this study, the line balance efficiency within each AS/RS is found as the most critical factor which statistically affect the AS/RS performance.

* 이 논문은 금오공과대학교 지역협력연구센터(RRC)의 지원을 받아 연구되었음

** 금오공과대학교 산업경영학과 교수, wookgee@kumoh.ac.kr, (054)478-7844

*** 금오공과대학교 신소재시스템공학부 교수, kimsh@kumoh.ac.kr, (054)478-7656

**** 금오공과대학교 일반대학원 산업경영학과, jini@kumoh.ac.kr, (054)478-7858

I. 서론

고부가가치를 추구하는 현대의 공장 특히, 첨단 제품을 생산하는 반도체 및 디스플레이 산업에서 설비구매비용은 전체 공장 자본의 80% 이상을 차지하고 있으며 공장들은 대량 생산 및 생산과정의 첨단화 등의 이유로 공장자동화는 필수요건으로 인식되고 있다. 특히 자동화된 자재 취급시스템(automated material handling system: AMHS)은 제조사이클의 감소 및 장비 사용을 향상을 위한 기본적 공장자동화 설비이다. 따라서 최근의 자재취급시스템은 생산기기(Robot 등), 물류기기(Conveyor, AGV 등)의 각 분야에 대한 자동화와 이의 유기적 관계를 효과적으로 제어하고 물품의 보관 및 운반문제를 정확하면서 빠르게 해결할 뿐만 아니라 물품에 대한 정보처리의 기능이 가능한 자동창고 시스템(Automated Storage/Retrieval System: 이하 AS/RS)으로 빠르게 대체되고 있다

즉, 전통적인 창고의 기능은 보관이 전부였지만 현대의 창고기능은 물자의 흐름을 단순한 물자의 이동으로 보는 것이 아니라 물자와 그에 관계되는 정보가 같이 움직이는 흐름으로 생각하게 되었고 이러한 흐름을 원만히 해결할 수 있는 창고로써 AS/RS가 도입된 것이다.

특히, AS/RS와 같은 AMHS의 수행 능력에 영향을 주는 요소로서 a)공장의 구조 b) AMHS의 사양, c) 이동장비 사양, d) 생산계획 및 스케줄링, e) 생산제어 및 창고운영관리 등이 제시되고 있으며 이러한 요소들의 운영 수행도는 궁극적으로 전체공장의 제조능력과 밀접하게 연결되고 있다. 일반적으로 효율적인 AS/RS의 운영

시에 기대할 수 있는 효과로는 공간이용의 증대, 현품손실 감소, 재고량 감소, 재고현황 파악의 용이, 그리고 물품저장 및 불출시의 작업능력 향상 등을 들 수 있다(황학, 1998).

그러나 이와 같은 AS/RS의 다양한 이점에도 불구하고 보급상태는 아직까지 대기업에 국한되고 있는 실정이다. 이의 주된 이유로는 초기투자 비용이 높다는 점과 운영방법에 대한 노하우가 충분히 축적되지 않음으로 인해 투자가치만큼이나 자동창고의 이점들을 살릴 수 있을지의 여부가 불투명하기 때문인 것으로 보인다. 따라서 AS/RS는 초기 도입단계에서 사용 목적에 적합한 구조와 규모를 갖추도록 설계되어야 초기 투자비 및 운영비 절감 등의 목적을 달성할 수 있다(문기주, 1997 등).

이러한 측면에서 기존의 연구에서 이와 관련된 다양한 연구사례를 살펴볼 수 있다. 예를 들어 창고의 크기, 창고운영규칙, 자동운반장치의 효율성 등이 AS/RS의 운영 수행도에 영향을 끼치는 요소로서 제시되고 있으며(김종화, 1999; 손권익, 1994 등), 특히 창고운영규칙(예, 저장규칙 및 저장장소 분할 등)은 창고 수행도(단위 시간당 저장이나, 회수의 횟수 및 평균적인 입·출고시간과 거리)에 현저한 영향을 주는 것으로 많은 연구에서 제시되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 실제 기업에 적용된 것과 유사한 대형 생산시스템에 실제 현장에 적용된 자료를 이용하여 AS/RS의 수행도를 시뮬레이션에 의해 평가함으로써 설치된 AS/RS 들의 수행도를 평가하고 또한, 이 수행도에 영향을 끼치는 보다 다양한 물리적 요소를 도출하는 것을 그 연구 목적으로 한다.

II. 시뮬레이션 모형 및 가정

본 연구에서 AS/RS의 수행도를 분석하기 위해 시뮬레이션 기법을 이용하였다. 기존의 2차원 모형기법, 수학적 모형화 기법, 그래프 기법 등의 수리적기법에 비해 시뮬레이션 기법은 비록 최적화 기법은 아니지만 매우 복잡한 동적환경을 구현하기에 가장 최적의 도구로 알려져 있으며 현실세계의 실시스템 동작을 이해하고 분석, 예측하는 과학적 방법으로 대상시스템을 소프트웨어로 표현하여 이를 컴퓨터 실험에 의해 분석함으로써 실 시스템의 운영전략 등을 다양하게 평가 및 시스템의 동작을 이해할 수 있게 하는 것으로 알려져 있다(Christy and Waston, 1983; Cochran and Savory, 1995; Lane, 1993). 이와 같은 기존의 연구 결과에 의하면 시뮬레이션 기법을 AMHS의 수행도 분석에 활용할 경우, 모형 내에서 운영상의 제약을 충분히 반영할 수 있어서 시스템의 형태를 비교적 정확히 예측할 수 있는 것으로 밝히고 있다.

1 시뮬레이션 가정

AMHS의 공간적 특징은 시스템의 수행도에 지대한 영향을 끼치므로 매우 중요한 사항이다. 본 연구에서 구현하고자하는 공정 모형은 Interbay와 Intrabay를 가진 대형 AS/RS 모형으로서 10 베이와 2 층 구조로 형성되었다. 각 베이는 독립적인 AS/RS 시스템으로 두대의 운반장치, 즉 두 대의 R/M(RackMaster)에 의해 운행되는 dual R/M 시스템이며, 베이 통로를 통해 R/M는 수평 및 수직의 자유운동을 통해 랙(rack) 및 가공장비에 화물을 이동시킨다. 또한,

화물을 랙 및 가공장비로부터 들거나 내리는 시간은 13초로 동일하게 가정하였다.

각 베이에 입고되는 화물은 컨베이어를 통해 먼저 베이 통로의 끝지점에 위치한 저장소에 저장되고 R/M에 의해 들어올린 후 랙 및 가공장비의 목적장소로 이동한다. 한편 출고되는 제품은 입고와 반대의 순서로 진행된다. 이와 같은 구조에서 자재운반 제어 및 R/M의 제어는 전체 공정 수행도에 영향을 주는 핵심적인 요소로서 이들에 관한 제어는 공정흐름의 from-to-chart에 의해 결정되며 자재운반제어 로직은 다음과 같은 특징에 의해 결정된다.

① R/M의 업무할당은 할당된 업무가 없는 것 중 가장 가까운 거리에 있는 장비를 우선 순위로 하여 할당된다.

② R/M의 정차위치, 즉 화물을 내려놓은 장소에서 다음 작업지시가 있을 때까지 기다리는 규칙과 특정 지정된 장소로 이동하여 기다리는 원칙이 주어질 수 있다.

③ bumping logic-휴지기에 있는 운반장치가 다시 가동되는 절차에 관한 것으로 다른 운반장치가 그 지점을 통과하고자 할 때 지나갈 수 있도록 하기 위해서이다.

기존의 연구에서 적용된 바와 같이 본 연구에서 R/M는 크게 Retrieve, Delivery, Avoidance, Idle 4가지 형태로 구동한다.

① Retrieve : 현시점에서 물류이동을 위해 call 되어진 시점까지의 이동

② Delivery : call 된 시점으로부터 destination 까지의 물류이동

③ Avoidance : 다른 물류시스템의 원활한 흐

름을 위해 현시점에서 이동

④ Idle : 물류시스템내에서 물류흐름이 없어 정지하고 있는 상태

AS/RS에 저장되는 화물은 랙으로부터 랜덤하게 저장하는 것을 원칙으로 하며, 입출고는 선입선출(FIFO)로 운영된다. R/M의 속도는 1.95m/s이고 가속도는 1m/s이며, R/M가 휴식할 동안은 지정된 장소에서 기다리는 것으로 가정한다. 그리고 모형의 최초 투입은 1382초마다 1 로트 씩 지속적으로 투입되며 가공 및 저장 장소가 없을 경우에는 생산 여유가 발생할 때까지 발생 중지된다. 시뮬레이션 총 시간은 2610시간(90일) 동안 수행하고, 제품의 생산주기가 일정하게 유지되는 처음 1440시간(60일)은 초기화 과정으로 설정함으로써, 실제 분석에 이용된 시간은 1440시간(60일)에서 2160시간(90일) 사이의 30일에 대한 자료이다.

2. AS/RS의 구성

〈표 1〉은 각 AS/RS에 관련된 장비 및 물량에 관한 정보를 제시하는 것으로 총 10개의 AS/RS가 존재하며 하나의 AS/RS는 dual R/M 시스템으로 형성되어 있으며, 같은 공정을 수행하는 장비들이 분산되어 각기 다른 AS/RS에 속하여 존재할 수 있으며, 가공순서 및 재 작업등에 의해 처리하는 물량이 달라질 수 있으므로 AS/RS별로 처리하는 물량의 총량이 서로 상이하다. 또한 AS/RS의 shelf(또는 Rack)수 및 물리적 크기도 서로 상이하게 구성하였다.

한편, 〈표 1〉에서 장비가동률로 제시된 자료는 고장률을 고려한 실제 장비 최대 가동률을 의미하며, 물량의 비율은 각 AS/RS로 반입된 물량 중 각 장비를 방문하는 비율을 의미한다. 즉, 특정 장비의 물량이 50%인 경우, 투입된 100%의 물량 중 50%는 기 장비에서 작업이 이루어지고 나머지 50%는 기 장비를 거치지 않고 다른 장비에서 가공 및 타 AS/RS에 존재하는 동종장비에서 가공이 이루어진다는 것을 의미한다.

〈표 1〉 AS/RS별 장비정보

AS/RS	장비(대수)	물량	# of process	Cycle Time (초)	장비가동률(%)	shelf수	길이(m)
01	A(1)	20%	3	26	100	56	95
	B(2)	100%	1	50	99.7		
	C(3)	100%	1	20	98.4		
	D(3)	100%	1	51	99.7		
	E(2)	60%	1	52	99.7		
02	A(2)	100%	2	27.5	97.9	46	85
	B(1)	50%	1	45	93.1		
	C(2)	100%	1	35	92.3		
	D(1)	40%	1	112	99.7		
	E(1)	20%	3	53	100		
	F(3)	20%	3	66.6	100		
	G(1)	20%	3	25	100		
03	A(2)	100%	1	56.5	92.3	35	85
	B(2)	100%	1	35	92.3		
	C(1)	50%	1	45	93.1		
	D(2)	100%	1	28.5	88.2		
04	A(1)	100%	1	47	100	59	88
	B(1)	33%	1	57	88.2		
	C(3)	100%	1	30	88.2		
	D(1)	40%	1	90	88.2		
05	A(2)	100%	2	30	98.4	19	64
	B(2)	100%	2	27.5	97.9		
	C(2)	100%	1	40.5	100		
	D(1)	20%	1	26	100		
06	A(1)	75%	1	60	98.4	51	93
	B(1)	75%	1	55	97.9		
	C(2)	50%	1	18.75	100		
	D(2)	50%	1	79.5	100		
	E(5)	50%	1	80	100		
07	A(2)	100%	1	45	95.9	19	91
	B(1)	20%	2	11.8	100		
	C(1)	20%	2	11.8	100		
	D(2)	20%	2	90	100		
	E(1)	20%	2	25	100		
	F(1)	20%	2	53	100		
	G(2)	100%	1	45	95.9		
	H(2)	100%	1	45	95.9		
08	A(1)	100%	1	55	97.9	58	100
	B(2)	60%	1	45	88.2		
09	A(2)	100%	1	45	95.9	82	107
	B(2)	100%	1	45	95.9		
	C(1)	20%	2	11.8	100		
	D(1)	20%	2	11.8	100		
	E(1)	20%	2	25	100		
	F(1)	20%	2	100	100		
	G(1)	20%	2	53	100		
10	A(1)	50%	1	8.3	100	50	62
	B(2)	50%	1	158.2	100		
	C(5)	50%	1	80	100		
	D(3)	50%	1	80	100		
	E(4)	50%	1	53	100		

Ⅲ. 시뮬레이션 수행결과 분석

시뮬레이션에 의해 생성된 자료의 분석은 시뮬레이션 모형이 안정화 단계에 들어간 것으로 판단되는 자료들을 대상으로 분석을 실시하고 있다. 모형의 안정화 및 불안정화의 판단 기준으로는 원자재가 투입되어 완제품이 생산되는 주기(본 연구에서는 TAT: turn around time)에 근거한다. 따라서, 본 연구에서는 TAT를 시간별로 추출하여 충분히 TAT가 일정하게 도출되고 판단되는 특정 시점 이후의 자료를 대상으로 분석하였다. 즉, TAT가 충분히 안정화된 것으로 판단되는 시점 이후 30일간의 시뮬레이션 결과 자료에 근거하여 AS/RS의 수행도를 분석하였다.

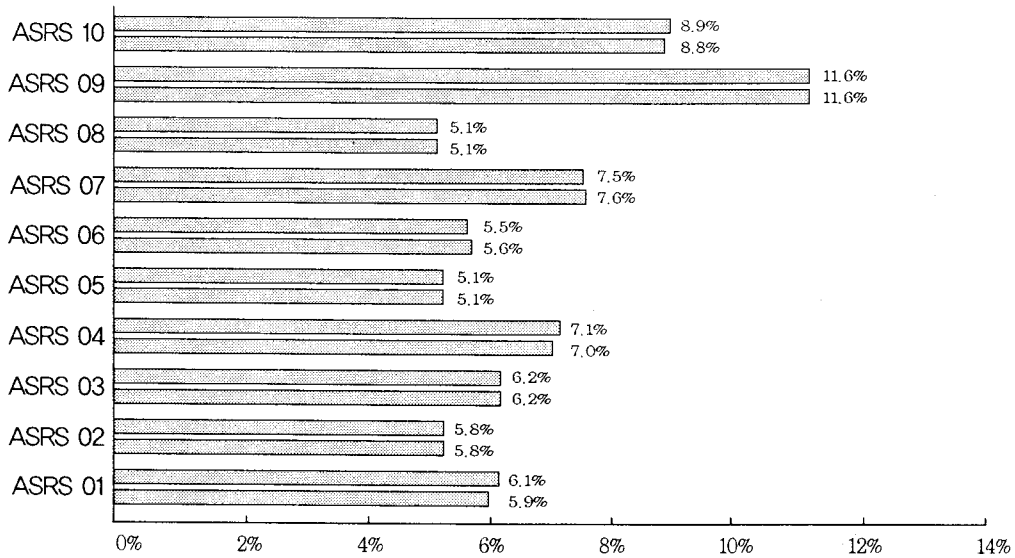
1. R/M의 이용률 분석

R/M의 이용률은 전체 운영시간 대비 실제 가동시간의 비율이며, R/M의 실제 가동시간은 전체 운영시간에서 R/M가 이동시킬 화물이 없어 정지하고 있는 시간을 제외한 시간으로 정의된다. 따라서 R/M의 이용률이 50%라는 것은 전체 분석 시간 중 50%시간만 실제 화물 수송에 이용

되었음을 의미한다.

그러나, 본 연구에서 구성한 물류흐름에 의하면 각 AS/RS를 통과하는 물량이 각기 상이함으로 인해 R/M 이용률의 비교분석에는 제한이 따른다. 즉 많은 물량이 흐르는 AS/RS의 R/M 이용률은 적은 물량이 흐르는 AS/RS에 비해 R/M 이용률이 상승할 것이 자명하다. 따라서 <표 1>에서 제시되었던 각 AS/RS의 통과 물량대비 R/M의 이용률을 표준화(Normalization)함으로써 상대비교가 가능하도록 하였다. 예를들어, 표준화된 R/M 이용률은 $\text{비표준화R/M이용률} / \text{총물량} * 100$ 으로 구할 수 있다.

이에 대한 결과를 <그림 1>에 나타내었다. 표준화된 R/M의 이용률은 AS/RS 01에서 AS/RS 08까지는 7.5%이하이고, AS/RS 10이 8.9%이며, AS/RS 09가 11.6%로 가장 높게 나타났다. 즉 AS/RS 09는 동일한 물량을 처리함에도 불구하고 다른 AS/RS보다 R/M의 이용률이 높다는 것은 AS/RS의 물리적 구조(장비간 거리, 장비와 가공시간, AS/RS 길이 등)가 타 AS/RS에 비해 상이하계(본 연구자의 관점에서는 비효율적 설계로 해석함) 설계되었음을 의미한다고 할 수 있다. 이는 동일한 물량을 소화하기 위해서 과도하게 AS/RS의 길이가 설계되었음에 기인한다.



〈그림 1〉 물류량으로 표준화된 R/M 이용률

한편 R/M 이용률을 대상으로 군집분석을 실시함으로써 이용률을 분류하였다(〈표 2〉, 〈표 3〉)(김종섭, 1998). 유형1은 R/M 이용률이 낮은 집단으로 유형2, 3에 비해 AS/RS의 구조가 상대적으로 잘 설계되었음을 의미한다. 한편, 유형별로 R/M의 이용률이 다르게 나타나는 현상은 물리적인 측면에서 AS/RS의 설계가 서로 상이

함을 의미한다. 따라서 R/M의 이용률에 영향을 끼치는 인자로서 AS/RS내에 존재하는 장비들의 cycle time, 장비들 간의 설치거리 및 장비들 간의 가공시간 밸런스(line balancing)등을 대상으로 세부 분석을 실시하였다. 이들 인자들은 현장 설계경험 및 기존 연구 결과로부터 도출하였다.

〈표 2〉 분류된 3가지 유형

분류	AS/RS
유형1	01 - 08
유형2	10
유형3	09

〈표 3〉 유형별 R/M 이용률에 대한 분산분석 결과

Source	DF	SS	MS	F	P
type	2	0.0063508	0.0031754	49.87	0.000
Error	17	0.0010824	0.0000637		
Total	19	0.0074332			

Individual 95% CIs For Mean based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	16	0.06044	0.00849
2	2	0.08850	0.00071
3	2	0.11600	0.00000

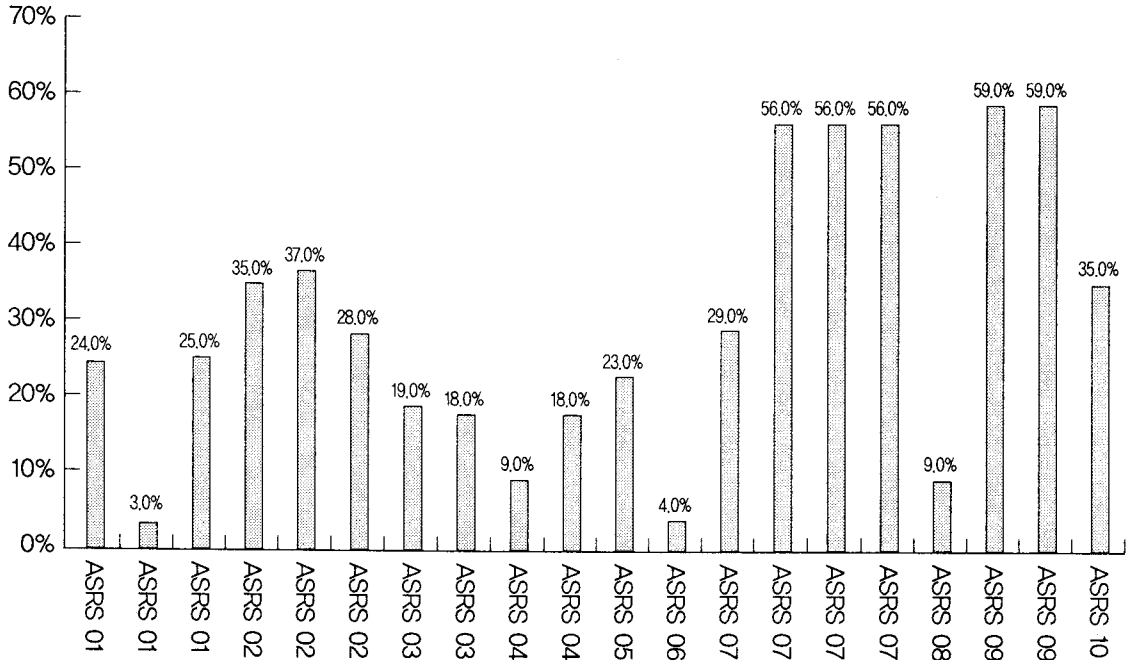
Pooled StDev = 0.00798

2. 장비 가공시간의 밸런스 효과(line balancing effect) 및 물류흐름분석

각 AS/RS 내에 존재하는 장비들의 line balancing 정도를 라인 손실률로 정의하였다. 라인 손실률은 각 AS/RS 내에 존재하는 특정 병목장비가 AS/RS의 수행도에 끼치는 영향으로 기존의 밸런스효과와 상반된 지표로서 손실율은 1-밸런스효과로 표현될 수 있다. 따라서 기존의 연구 결과에서 나타난 바와 같이, AS/RS 내의 장비 가공시간 간에 밸런스가 좋을수록 손실률은 낮아지게 된다.

라인손실률 = (공정수 * 병목공정 사이클타임) - (sum(총 사이클타임)) / (공정수* 병목공정 사이클 타임)

분석 결과에 의하면(〈그림 2〉, 〈표 4〉) 유형1의 장비 간 라인 손실률의 평균은 26.4%로 가장 낮게 나타났으며, 유형3은 59%로 가장 높게 나타났다. 또한 유형별로 밸런스 정도는 유의수준 10%에서 (P_값=0.054) 통계적으로 유의성을 보이고 있다. 이러한 결과를 종합하면 가장 낮은 R/M 이용률을 보인 유형1 그룹의 AS/RS들은 타 그룹 AS/RS들에 비해 각 AS/RS내에 설치된 장비들 간의 가공시간 밸런스가 균형적으로 이루어져 있음을 알 수 있다. 즉, 장비가공시간의 라인밸런스가 좋을수록 보다 효율적으로 AS/RS가 운영됨을 알 수 있다.



〈그림 2〉 AS/RS별 line 손실률

〈표 4〉 AS/RS 유형별 라인 손실률에 대한 분산분석

Source	DF	SS	MS	F	P
type	2	0.1926	0.0963	3.49	0.054
Error	17	0.4694	0.0276		
Total	19	0.6620			

Individual 95% CIs For Mean based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	17	0.2641	0.1713
2	1	0.3500	0.0000
3	2	0.5900	0.0000

Pooled StDev = 0.1662

한편 라인밸런싱의 효과는 물류흐름의 특성분석에서도 확인되었다. 즉, 균형된 라인밸런싱이 구축된 AS/RS에서는 한 장비에서 가공이 끝난 화물이 후속장비에서 곧바로 가공이 가능하기 때문에 후속장비로 직행하게 된다. 이와 반대로 불균형이 될 경우에는 후속장비가 작업 가능할 때까지 AS/RS에 적재되어 가능할 때까지 기다릴 것이다. 따라서 유형1은 장비에서 장비로 직

행하는 비율이 타 유형에 비해 높을 것이다. 이에 대한 결과를 <표 5>와 <표 6>에서 확인할 수 있다. 결과에 의하면 직행률이 높은 AS/RS는 1번(46.3%), 2번(45.6%)이고, 직행률이 낮은 AS/RS는 4번(39.4%), 9번(39.2%)등으로 나타났다. 평균적으로 유형1은 직행률이 평균 43.6%, 유형2는 42.6%, 유형3은 39.2%로 나타났다.

<표 5> AS/RS 유형별 물류흐름 특성에 대한 자료

AS/RS	장비-장비(횟수)	장비-shelf(횟수)	장비-장비(%)	장비-shelf(%)
1	8874	10309	46.3	53.7
2	11354	13519	45.6	54.4
3	5842	7996	42.2	57.8
4	4879	7505	39.4	60.6
5	8730	11278	43.6	56.4
6	7254	8487	46.1	53.9
7	10261	14867	40.8	59.2
8	2858	3541	44.7	55.3
9	7780	12057	39.2	60.8
10	6247	8425	42.6	57.4

<표 6> AS/RS 유형별 물류흐름에 대한 분산분석

Source	DF	SS	MS	F	P
type	2	0.001734	0.000867	1.31	0.328
Error	7	0.004619	0.000660		
Total	9	0.006353			

Individual 95% CIs For Mean based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	8	0.43588	0.02569
2	1	0.42600	0.00000
3	1	0.39200	0.00000

Pooled StDev = 0.02569

3. 장비간 거리효과(distance effect between machines)

장비들이 셀 형태로 모여 있을 경우 R/M가 이동하는 거리가 단축됨으로서 R/M의 이용률이 낮아질 것이다. 이러한 관점에서 AS/RS 내에 설치된 장비들 간의 거리를 산출하여 유형별 차이가 존재하는지에 대한 분석 결과(〈표 7〉), 유

형1에 속하는 AS/RS들의 장비간 거리가 가장 긴(11.27m) 것으로 나타났으며, 유형2는 7.54m로서 가장 낮게 나타났다. 즉, 유형별로 일관성 있는 차이를 보이지 않으며 통계적으로도 유의성을 보이지 않고 있다. 이러한 측면에서 본 연구에서 이용된 공정의 설계 측면에서는 장비간 거리가 R/M의 이용률에 결정적인 인자로서 작용한다고 할 수 없다.

〈표 7〉 AS/RS 유형별 장비간 거리에 대한 분산분석

Source	DF	SS	MS	F	P
type	2	138.6	69.3	2.01	0.141
Error	71	2443.5	34.4		
Total	73	2582.2			

Individual 95% CIs For Mean based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	58	11.276	6.069
2	9	7.556	6.064
3	7	8.571	2.878

Pooled StDev = 5.866

4. 장비의 cycle time 효과

각 유형내에 존재하는 장비들의 개별 가공시간을 대상으로 즉, 개별장비의 cycle time이 유형별로 차이가 있는지를 분석하였다. 유형1에

속한 장비의 cycle time이 가장 큰(68.7초) 것으로 나타났으며, 유형2는 52.3초, 유형3은 41.6초로 나타났다(〈표 8〉). 그러나 통계적으로 유의성을 보이고 있지는 않다.

〈표 8〉 AS/RS 유형별 cycle time에 대한 분산분석

Source	DF	SS	MS	F	P
type	2	5252	2626	0.51	0.602
Error	57	292270	5128		
Total	59	297522			

Individual 95% CIs For Mean based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	48	68.73	77.31
2	5	52.28	37.91
3	7	41.66	30.59

Pooled StDev = 71.61

IV. 결론 및 추후연구

AS/RS의 수행도에 영향을 주는 인자를 도출하기 위하여 실시된 본 연구에서 AS/RS 내의 장비라인밸런싱, cycle time 및 장비간 거리등과 같은 물리적 AS/RS설계인자를 대상으로 분

석한 결과 라인밸런싱은 90% 신뢰수준에서 유의한 결과를 도출하였으며 다른 인자는 유의성이 없는 것으로 밝혀졌다(〈표 9〉). 이러한 결과에 의하면, AS/RS시스템 설계시 라인밸런싱을 고려할 경우 자재운반 시스템인 R/M의 부하를 낮추면서 높은 생산량을 얻을 수 있다는 시사점을 도출할 수 있다.

〈표 9〉 인자별 통계적 유의성

	P value	비고
Line balancing	0.054	* (유의수준 10%)
장비간 거리	0.141	유의차없음
Cycle time	0.602	유의차없음
물류흐름	0.328	유의차없음

한편, 수행도 평가 인자들에서 AS/RS가 비효율적으로 나타났던 AS/RS09, AS/RS10의 경우 물량의 여유와 무관하게 높은 R/M 이용률을 보이고 있다. 이러한 원인은 라인손실률(〈그림 2〉)에서 AS/RS09는 59%, AS/RS10은 35%로 타 AS/RS에 비해 높은 비효율성을 보이고 있다. 이로 인해 장비에서 shelf로 물류가 이동하는 비율이 장비간 이동하는 직행률보다 타 AS/RS에 비해 AS/RS09는 60.8%, AS/RS10은 57.4%로 높은 것을 〈표 5〉에서 확인할 수 있었다.

또한 AS/RS04의 경우 라인손실률이 매우 낮음에도 불구하고 비표준화 R/M이용률은 높은 것으로 나타났다(〈그림 1〉, 〈그림 2〉). 이는 공정의 특성에 의한 것으로 사료된다. 즉, AS/RS04에 적재되는 화물은 타 AS/RS와 직접관련이 없고 본 연구 영역에서 물류흐름 시나리오에 의하면 외부하청 물류로 분류하고자 하였던 화물로서 단순히 생산되어 AS/RS04에 보관된 뒤 외부하청으로 소진되는 부분이다. 따라서 위와 같은 현상이 나타난 것으로 사료된다.

AS/RS03, 04의 경우 손실률이 낮음에도 불구하고 비표준화 R/M 이용률이 높거나, 직행률이 저조(AS/RS03 : 42.2%, AS/RS04 : 39.4%)한 것은 장비의 고장률이 타 장비에 비해 높아

연동장비 고장시 shelf로 이동하는 빈도가 높아짐으로 인해 이러한 현상이 나타난 것으로 추측할 수 있다.

한편, 본 연구에서 사용된 장비간 거리는 셀 시스템에서 매우 중요한 개념임에도 불구하고 AS/RS의 수행도에 유의한 영향을 보이지 않는 것으로 분석되었다. 그러나, 본 연구에서의 장비간 거리는 AS/RS의 크기에 의존할 수 있으므로 추후연구에서는 AS/RS 크기를 고려한 장비간 거리 효과를 분석해야 할 것이다. 이와 같이, 본 연구에서 유의성이 없는 것으로 또는 고려되지 못한 인자들이 일반적으로 완벽하게 본 연구와 일치할 것이라는 일반성을 확보하기는 어렵다. 즉, 다양한 실제조건에서는 본 연구와 상이한 결과를 보일 수도 있다.

결론적으로 효율적인 AS/RS를 설계하기 위해서 본 연구에서의 시도와 같이 AS/RS의 수행도에 영향을 주는 여러 조건들을 밝혀 공장 자동화 추세에 따른 생산설비의 증가, 제품다양화 추세에 따른 생산공정의 복잡성, 기술발전의 속도가 빨라짐에 따른 신속한 설비대체 및 설비이용도 향상 등 여러 측면에서 더욱 생산성을 향상시키기 위한 일환으로 연구되어야 하겠다.

참 고 문 헌

1. 김종섭, SAS를 이용한 통계자료분석방법, 학문사, 1998
2. 김종화, 김명훈, 이중명령운행 시스템에서 블록별 저장방식 및 주문처리에 관한 연구, 건국대학교, 1999.
3. 문기주, 박재영, 입출하 크기 다양성 하에서의 AS/RS 최적 운영방안 동아대학교, 1997.
4. 손권익, 김창덕, 조용환, 자동창고 시스템의 저장위치 선정에 관한 시뮬레이션 연구, 강원대학교, 1994.
5. 황학, 황홍석, 김갑환, 이문규, 고창성, 문덕희, 임준목 공저, 설비계획론, 영지문화사, 2004.
6. Christy, D.P. and Waston, H.J., The Application of Simulation: A Survey of Industrial Practice, Interface, Vol. 13, No. 5, pp.47-52, 1983.
7. Cochran, J.K., Mackulak, G.T. and Savory, P.A., Simulation Project Characteristics in Industrial Settings, Interface, Vol. 25, No. 4, pp.104-113, 1995.
8. Lane, M.s., Operations Research Techniques : A Longitudinal Update 1973-1988, Interface, Vol. 23, No. 2, pp.63-68, 1993.