

반도체 Back-end Process의 Miniload AS/RS 개발 및 구현 (사례연구)

장용훈¹, 판야카미², 장윤석³⁺

¹랩투마켓

²NXP Manufacturing Thailand(ATBK)

³한국항공대학교 항공교통물류학부

Develop and implementation of Miniload AS/RS in Semiconductor Back-end Process-A Case Study

Yong Hoon Jang¹, Panya Kammee², Yoon Seok Chang³

¹Lab to Market Inc., Engineering

²NXP Manufacturing Thailand(ATBK)

³School of Air Transport & Logistics, Korea Aerospace University

A Miniload AS/RS system is a logistics automation system that supports the storage and in/outbound of various types of cargo. It can hold up to 50kg of cargo per tote box and is widely used in places that require the storage of small quantities of various types of goods. Mini-Load system is already applied in various types of Logistics warehouses. This study conducted a study on introducing Mini-load AS/RS to improve logistics work in the semiconductor back-end process. We gathered and analyzed various types of data considering the overall production environment, which includes the processing time, transportation time of worker/WIP and requirements/constraints of the field. By automating labor-intensive, inefficient work environments such as transporting and picking work that depends only on human resources, improvements such as minimizing picking work time, operator's travel distance, and reducing workspace were obtained. To demonstrate the superiority and efficiency of Miniload AS/RS, we compared travel distance, working time and space utilization using real data. From the results, we verify that the proposed automation system can enhance productivity and improve the working environment.

Keywords: AS/RS 자동보관창고, Miniload 미니로드, 자동화 Automation

논문접수일 : 2022.06.10.

심사완료일 : 2022.06.24.

게재확정일 : 2022.06.24.

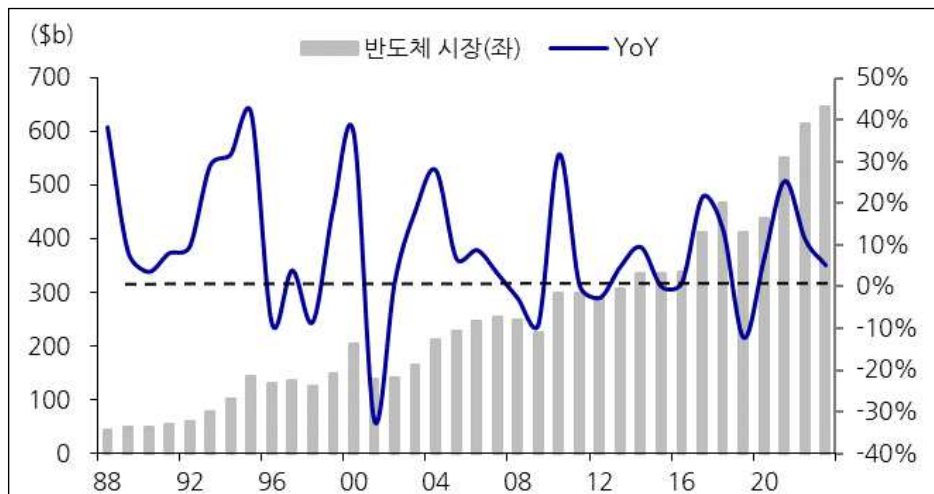
본 연구는 2019년도 정부(산업통상자원부)의 혁신성장 글로벌인재양성사업(P0008747)의 사업의 지원을 받아 수행되었음.

† Corresponding Author: yoonchang@kau.ac.kr

1. 서론

최근 기업들은 생산성 향상과 원가절감을 위해 자동화의 필요성이 대두됨에 따라 자동 창고 시스템 (Automated storage and retrieval system: AS/RS)을 도입 운영함으로써 재고관리 등 물류관리의 효율 개선을 도모하고 있다.

최근 통신, 자동차, 헬스케어, 가전 등 다양한 산업에서 반도체 수요가 급증하고 있고 인공지능, 전기차 및 커넥티드 카, 사물인터넷 (IoT) 기술의 활용도가 증가함에 따라 반도체 수요가 급격하게 증가하고 있다.



source: 유진투자증권, 2022 반도체산업전망 Revision, 2022

Figure 1. 반도체 시장 규모 추이 유진투자증권

반도체 산업의 수급 불균형을 해소하기 위해 반도체 제조기업들은 혁신적인 방법을 모색 중이며 관련 투자를 해 나갈 의지를 보인다. TSMC, 삼성 및 인텔은 모두 2022년에 자본 지출을 늘릴 계획이라고 발표했으며, TSMC의 경우 400억~440억 달러를 지출할 계획이라고 밝혔다.

반도체 기업들은 생산비용 절감, 수율 향상, 생산성 향상, 납기 준수, 지속적이고 안정적인 생산을 실현할 수 있는 고도의 생산 운영 방법에 관심을 두고 있다.

반도체 산업 내 생산 기술의 향상에 따라 반도체 생산량이 증가하였으며, 생산 가능 용량이 증대되었으며, 이에 따른 피킹(Picking) 인력과 피킹 시간의 절감, 피킹 정확도 향상, 보관효율 향상에 대한 이슈가 커지고 있다.

자동창고 시스템 도입은 초기 투자 비용이 높기 때문에 현장 분석, 레이아웃 검토 등을 필요로 하며, 시스템 초기 설계 단계부터 운영 프로세스 정립, 크레인(stacker Crane) 사양, 랙(Rack) 높이, 토트(Tote) 크기 등을 결정해야 한다.

본 연구는 Mini-load AS/RS 도입 시 어떠한 사항을 고려해야 하는지 제시하였다. 고려 사항은 실제 현장 도입사례와 문헌 연구를 기반으로 도출되었으며, 각 고려 사항별로 확인해야 할 사항을 정리하였다. 또한 본 연구는 Mini-load AS/RS 도입 시 제시된 고려사항을 검토하여 시행착오를 최소화하는 것에 초점을 맞추었다.

본 연구에서는 반도체 물류 프로세스의 개선을 위한 자동화 시스템 연구, 시뮬레이션 분석을 통해 개선 효과를 제시할 예정이다.

2. 연구 대상 및 선행연구

2.1 도입 현장

N社は 글로벌 반도체 기업이며 Miniload AS/RS를 도입한 곳은 태국에 위치한 공장이다. 이 공장은 반도체 제조 공정 중 후 공정 공장으로서, 어셈블리(Assembly) 및 테스트(Test) 공정을 위한 시설이다.

기존 N社は 반도체 생산 기술의 향상으로 단위 생산량이 증가하였으며, 물류 효율 개선에 대한 지속적인 고민을 하고 있었다. N社 태국 공장은 인력에 의존하여 화물 이송 및 선반 보관을 진행하는 비효율적인 물류 작업 처리의 문제점이 존재하였다. 이에 따라 마지막 공정인 Pack Area에 Bottle Neck이 걸리는 사실을 인지하고 있었다.

기존 운영 프로세스는 Pack Area (면적 : 67,291mm X 23,705mm)에 분포된 94개 선반에 (1개 선반은 3단으로 이루어짐)에 물건을 쌓아 놓는 형식으로 상위 시스템(MES, Manufacturing Execution System)에서 오더가 생성되면 작업자가 해당 선반에 물건을 찾아오는 형식이다. 인력에 의존함에 따라 현장 작업자가 하루 수십km 이상 이동하는 등 비효율적인 작업이 이뤄지고 있었다.



Figure 2. 인력에 의존적인 상품 피킹 작업 현황

2.2 도입 시스템 (Miniload AS/RS)

AS/RS는 화물의 취급, 운반, 저장, 반출을 정확하고 빠른 시간 내에 수행하기 위한 자동 창고 시스템이다. AS/RS는 장비와 제어장치의 복합체로서 물건을 보관하는 랙(Rack)과 랙 사이를 이동하며 물건을 입/출고하는 크레인 (Stacker Crane) 또는 Storage/Retrieval Machine (S/R Machine) 및 입/출고 스테이션으로 구성되어 있다. AS/RS는 크게 Unit load AS/RS, Miniload AS/RS, Vertical Lift Modules (VLMs), Carousel system, Mobile-Rack AS/RS로 구분할 수 있다. 셔틀(Shuttle)은 AS/RS에서 랙 사이의 레일과 리프트를 통해 수평, 수직으로 이동하는 운반기구로서 높은 처리 능력을 필요로 하는 물류센터에서 활용되고 있다. 크레인은 지게차(Forklift) 타입의 크레인으로서 창고 내의 통로에 설치된 트랙을 따라 이동하며, 포크(Fork)를 사용하여 보관 창고의 랙에 화물을 저장하거나 반출한다.

Mini-Load AS/RS는 보통 30 - 50 kg 범위의 물품이 담겨 있는 작은 컨테이너나 토트(Totes)를 처리하는 물류 자동화 시스템이며, 시간당 처리량이 많고, 공간을 집약적으로 활용할 수 있는 시스템이다.

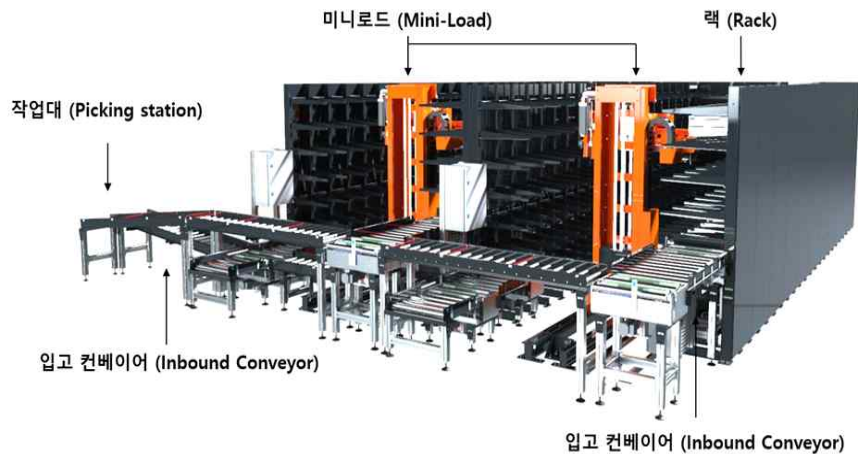


Figure 3. N社 적용 Miniload AS/RS

Mini-Load AS/RS의 시스템 구성 및 정의는 아래와 같다.

- 1) Miniload 크레인 : 랙과 랙 사이에 설치된 레일 위에서 수평, 수직 방향으로 주행하며 토트를 랙에 저장 혹은 반출하는 장비
- 2) 입고 컨베이어(Inbound Conveyor) : 랙에 화물을 저장하기 위해 크레인에 토트를 전달하는 컨베이어
- 3) 출고 컨베이어(Outbound Conveyor) : 랙에 저장된 화물을 꺼내기 위해 크레인에 의해 출고된 토트를 전달받는 컨베이어
- 4) 입/출고 작업대 : 입/출고 지점과 연결되어 있는 부분으로서, 작업자가 토트에서 상품을 꺼내는 등 작업을 하는 공간

2.3 Miniload AS/RS 선행연구

AS/RS 시스템이 개발된 이래로 AS/RS의 설계 및 운영을 위해 많은 연구가 이루어져 왔다. Roodbergen & Vis[1]는 AS/RS 관련하여 기존에 어떤 연구가 행해졌는지 분석하여 시스템 디자인, 이동 시간 예측, 보관 할당, 대기 위치, 스케줄링 등 다양한 연구 이슈 중 정적 스케줄링 및 시스템 설계에 대한 연구가 많이 수행되었음을 확인하였다.

Gagliardi, Renaud, & Ruiz[2] 또한 연구에 적용된 다양한 가정 사항을 중심으로 기존에 수행된 연구를 분석하였다.

Gu, Goetschalckx, & McGinnis[3]는 창고 운영에 대해 기존에 수행된 연구를 다양한 카테고리로 구분하여 정리하였다. 여기에서도 다수의 연구가 AS/RS를 대상으로 수행된 것을 확인할 수 있다. 저자들은 결론에서 연구 성과가 실제 현장에서 많이 반영되고 있지 않음을 지적하였다.

Bozer & White[4]는 다수의 물품 토트 도크를 가진 Miniload 시스템을 대상으로 지정된 보관 용량과 처리량을 만족하는 최소 복도 수를 가지는 시스템을 설계하는 방법을 제시하였다. 시스템 처리량을 산정하기 위해 작업자의 가동률을 추정하였으며 두 개의 물품 토트 도크가 설치된 시스템에 비해 네 개의 물품 토트 도크가 설치된 시스템이 피킹 성능이 좋음을 보였다.

Foley & Frazelle[5]는 두 개의 물품 토트 도크를 가진 Miniload 시스템을 대상으로 최대 입/출고 성능을 산정하기 위한 수리 모델을 제시하였다. 작업자의 피킹 시간에 편차가 있을 경우 그렇지 않은 경우보다 입/출고 성능이 떨어질 수 있음을 보였다.

Lee, Kim, & Chang[6]는 피킹 작업자의 피로를 줄이기 위한 워크스테이션 형태에 대해 연구하였다. 도크의 높이 및 기울기, 버튼 및 디스플레이의 높이에 따라 작업자의 피로도가 어떻게 변화하는지 설문 및 근전도 검사를 통하여 분석하였다.

Gller and Hegmanns[7]는 에이전트 기반 모델링 방법을 사용하여 셔틀 기반 AS/RS Miniload 시스템을 모델링하였다. 오더 매니저 에이전트, 셔틀 에이전트, 리프트 에이전트로 구성되는 시뮬레이션 모델을 구현하여 오더 프로파일에 따른 시스템 처리량과 평균 사이클 타임의 변화를 분석하였다.

Lee[8]는 단일 물품 토트 도크와 복수의 오더 토트 도크로 구성된 자동화 워크스테이션의 레이아웃에 대한 연구를 수행했다. 도크의 배열, 토트의 도킹 방향에 따른 피킹 처리량을 시뮬레이션을 통하여 분석하였다.

Knemann, Bosch, & de Looze[9]는 두 개의 물품 토트 도크와 네 개의 오더 토트 도크로 구성된 자동화 워크스테이션에서 작업자의 피킹 작업을 관찰하였다. 물품 토트 도크에서 화물을 꺼내고, 오더 토트 도크에 화물을 넣고, 버튼을 누르는 일련의 작업을 관찰하여 화물의 무게 및 물품을 놓아야 하는 도크의 위치에 따라 작업자가 피킹하는 방식이 어떻게 달라지는지 분석하였다.

Andriansyah, de Koning, Jordan, Etman, & Rooda[10]는 프로세스 대수 (process algebra)를 기반으로 하여 Miniload AS/RS 시뮬레이션 모델을 만들었다. 분산 모델의 장점을 살려 다양한 형태의 시스템에 적용이 용이한 시스템 모델을 제시하였다.

Bozer and White[11]는 Miniload AS/RS 시스템에서 적절한 피킹 작업자 수를 산정하는 수리 모델을 제시하였다. 피킹 작업자는 한 복도만을 전담하지 않고 복수의 복도를 이동하며 피킹 작업을 수행한다고 가정하였다. 또 한 작업자의 가동률을 높이기 위해 출고 토트의 순서를 조절하는 방법을 제시하였다.

Mahajan, Rao and Peters[12]는 Miniload AS/RS의 출고 성능을 높이기 위해 최근린 전략 (nearest-neighbour)을 사용하여 출고 작업의 순서를 변경하는 알고리즘을 제시하였다. 제시된 방법이 기존 방법에 비해 5 ~ 15 % 정도 향상된 결과를 낼 수 있음을 시뮬레이션을 통해 나타냈다.

Schmidt and Follert[13]는 루프 컨베이어를 가지는 Miniload AS/RS에 대해서 연구하였다. 복수의 AS/RS 입/출고 지점은 복수의 피킹 작업대와 루프 컨베이어를 통해 연결된다. 랙에서 출고된 토트는 다수의 작업대 중 한 곳으로 운반되어 피킹이 수행된다. 출고된 토트가 방향 작업대를 결정하기 위해 중앙 제어 방식과 분산 제어 방식을 각각 적용한 후 피킹 성능을 비교하였다.

Paul Hahn-Woernle & Willibald A. Günthner[14]는 미니로드 시스템의 에너지 효율, 전력 측정 등 관리 방법에 대해 연구하였다. 미니로드 시스템의 제어동작을 분석하여 운영방법에 따른 전력효율개선 및 운영 비용 절감에 관한 연구내용을 다루었다.

R. Gaku and S. Takakuwa[15]는 리프트, 셔틀차량형 미니로드(Shuttle Vehicle-type Mini-load), 컨베이어 등 시스템 적용에 관한 논문이며, 효율적인 시스템의 운영 레이아웃 분석에 관한 연구내용을 다루었다.

H. Kim, D. Lim and S. Lee[16]는 반도체 포백 시설(semiconductor fabrication facility-FAB)에 보관 자동화 기술 도입 및 운영 스케줄링을 제시하였다. 자동화 시스템의 리프트, 컨베이어 등 Bottle-neck을 고려하여 작업오더 할당방법에 관한 연구내용을 다루었다.

3. 자동화 시스템 도입

N社 Miniload AS/RS 도입은 현장 분석, 프로세스 구축, 하드웨어, 소프트웨어 설계 및 개발 단계를 거쳐 수행되었다. 현장 분석단계에서는 기존 작업 프로세스와 상품 특성, 공간 특성, 물동량 분석을 수행하였다. 선반 위치를 숙지하지 못한 작업자들은 작업 대상 선반 위치를 탐색하는 데 많은 시간이 소요되었으며, 작업 대상 선반 내에서도 물품을 찾는 데 한번 더 시간이 소요되고 있었다. 1개의 상품을 피킹하는데 작업 선반까지 이동하는 시간, 선반 위치를 탐색하는 시간, 선반 안에서 상품을 찾는 시간 등 많은 시간이 소요되었다. N社 물류 관리 담당자는 이를 개선하기 위한 해결책을 모색하고 있었다.

프로세스 구축단계에서는 Miniload AS/RS 운영계획, Miniload AS/RS의 소프트웨어와 N社 소프트웨어의 연계 방안 및 실제 현장 작업자들의 의견을 반영하여 적용 방안을 도출하였다. 설계 및 개발 단계에서는 기존 프로세스와 Layout 및 N社을 의견을 기반으로 하드웨어 및 소프트웨어를 개발하였다.

3.1 프로세스 분석

Miniload AS/RS 도입을 위해 AS-IS 프로세스 분석이 우선적으로 시행하였다. Pack Area 모든 화물은 전 공정인 Final Test에서 작업이 끝난 화물들은 4시간 기준으로 Final Test 소속 작업자에 의해 LOT 단위로 운반이 된다. Pack Area로 운반된 화물들은 Incoming Shelf에 우선적으로 1차 집화가 된다. 그 이후, 작업자는 MES 오더에 의해 지정된 Pack Machine 근처에 위치한 지정 선반으로 2차 집화가 이루어진다. MES에서 Pack Machine 가동 오더가 생성되면, 해당 LOT을 찾아 Pack Machine을 가동한다.



Figure 4. 기존 작업 프로세스

3.2 화물 특성 분석

Miniload AS/RS가 보관할 토트박스 선정하기 위해, 보관 상품에 대한 특성을 고려하였다. 먼저 N社は 상품의 10가지 중, Tray, Cassette, J-Dec 및 FFC 4가지 상품을 우선적으로 Miniload AS/RS에 보관하여 시범운행을 한 후, 차후에 상품 종류 수를 증가할 계획이었다. 하지만 향후 다른 10가지 상품 모두 Miniload AS/RS에 보관 가능성을 염두에 두어 Miniload AS/RS 설계에 반영하였다. Miniload AS/RS은 반도체 후 공정 라인에 도입되었기 때문에 보관상품의 파손 방지를 위해 정전기 방지를 위한 Electro Static Discharge(ESD) proof 자재 사용이 요구된다. 또한 토트박스를 보관하는 랙, 크레인 등 시스템 외관은 Anti-Static 자재를 사용하여 조립 및 설치하였다.

items	Type	width (cm)	long (cm)	high (cm)	Weight (Kg)	pic	pic
1	Tray	23	57	7	6.1		
2	J-DEC	16	37	24	5.2		
3	cassette	30	29	12(8)	7.1		
4	FFC	29	15	28	8		
5-1	Box LOV(S)	9	53	2	0.4		
5-2	Box LOV(M)	10	55	5	2.4		
5-3	Box LOV(L)	15	56	8	3.2		
6	J-DEC LOV	16	37	24	3		
7	Instrip LOV	7	25	12	1.5		
8	FFC LOV	34	35	3	1.3		
9	Can	7	7	8	0.5		
10	Tube	0.5	52	0.1	0.5		

Figure 5. N社 화물 종류

3.3 물동량 분석

물동량 분석은 N社 태국 제조공장의 2018년 04월부터 06월까지의 입고 데이터를 기반으로 분석을 시행하였다. Figure 5는 N社 Miniload AS/RS에 시범 운행하고자 하는 4가지 상품의 일별 입고량, 최대 입고량에 대해서 분석하였다. 일별 입고량은 N社가 지정한 4가지 상품의 개별 입고량을 나타낸 결과이다. 일별 입고량 분석 결과, 입고량은 Tray, Cassette, FFC, J-Dec 순으로 많으며, 타제품에 비해 Tray 입고량이 현저히 높음을 알 수 있었다.



Figure 6. AS/RS 1차 보관 상품

일별 출고량 합은 N社가 지정한 4가지 상품의 입고량 합을 나타낸 결과이다. 일별 출고량 합의 분석 결과 이상점인 4월 13일~4월 16일 4개의 이상 점을 제외한 날 중 평균 700개의 LOT이 입고되었으며, 최대 900개의 LOT이 하루에 입고되었다.

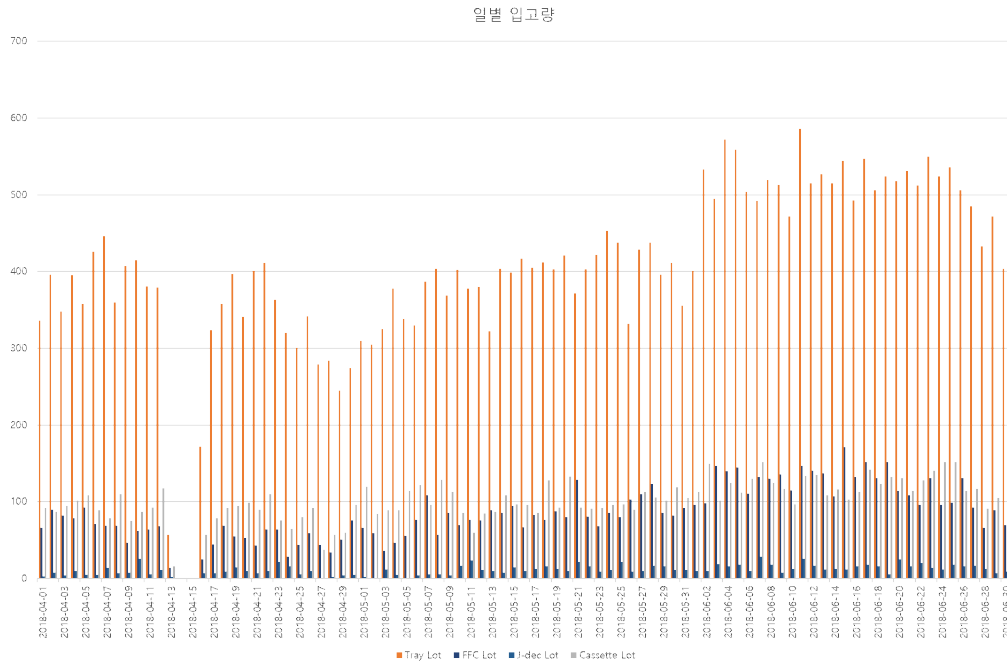


Figure 7. 일별 입고량

3.4 운영 요구사항 분석

Miniload AS/RS 설치를 위해 N社 측과 설치 가능 공간 및 설치 규모에 대한 논의가 이루어졌다. 논의 결과, Miniload AS/RS 설치 가능 공간은 Pack Area에 9m*7m를 지정해주었으며, 취급상품 10가지 중 4가지를 우선적으로 시범운행을 한 후 점진적인 확장을 결정하였다. 이런 N社 요구사항들을 고려하여 Miniload AS/RS 설계에 반영하였다.

N社 적용 시스템은 주행레일 8m, 랙 높이 2.3m, 워크스테이션 7기로 설계되어 적용되었으며, 시스템 1기 당 화물 보관량(높이 7칸 x 길이 21칸 x 랙 2개=294cell), 직/후진 주행 속도 2m/s, 승하강 속도 1m/s 규모로 적용되었다.



Figure 8. Miniload AS/RS 설치공간

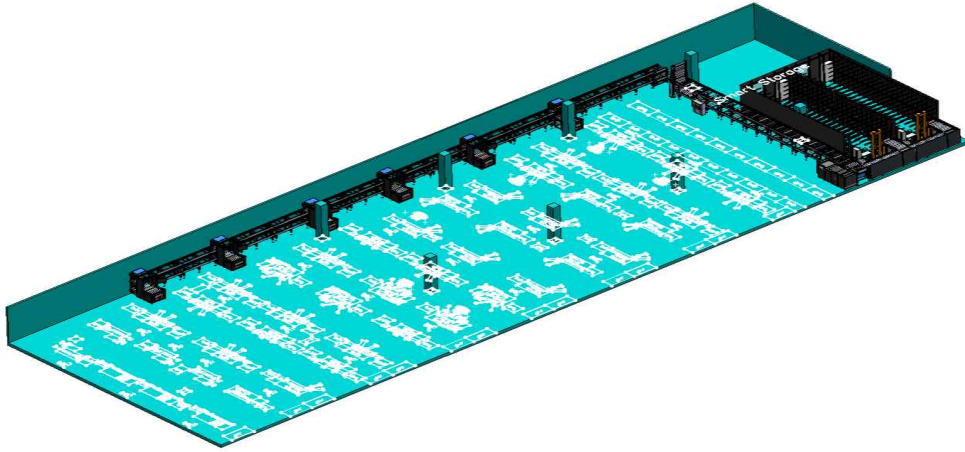


Figure 9. 도입 Miniload AS/RS의 3D 도면

3.5 운영 요구사항 분석

1) Miniload AS/RS 설계

Miniload AS/RS 설계는 자동화 도입 시 고려 사항과 N社의 현장 요구사항들을 고려하여 시행되었으며, 협의하에 주어진 설치 공간에 시스템 설계를 진행하였다. 그 이후, N社 상위 시스템과 작업 연계를 위한 소프트웨어에 및 하드웨어 개발이 동시에 진행되었다.



Mini-load AS/RS	
• System speed	
-	Max 5 m/s
• System Volume	
-	Height : 2285mm
-	Length : 8446mm
-	Width : 2878mm
• Handling weight	
-	Max 50kg
• Handling weight	
• Remark	
-	Material : ESD Proof
-	Tote size : 610(L) x 350(W) x 200(H)





Figure 10. N社 적용 Miniload AS/RS

4. 도입 시스템 효과 분석

4.1 분석 방법

시뮬레이션 분석 전 AS-IS, TO-BE 프로세스에 대한 상세한 분석을 시행하였으며, 이를 기준으로 시뮬레이션 설계 및 데이터 입력이 진행되었다.

조사 및 분석된 자료를 기반으로 Miniload AS/RS 도입 전후 작업 시뮬레이션을 구축하였다. 시뮬레이션 툴은 Flexsim을 사용하였으며, Miniload AS/RS 도입에 따른 도입 효과를 비교·분석하기 위해 24시간 작업 기준으로 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션 시나리오는 N社 입고 데이터를 바탕으로 최대 입고량인 900개 LOT을 처리하기 위해, Miniload AS/RS를 도입 후 작업자 이동 거리 및 작업 소요 시간을 분석하였다.

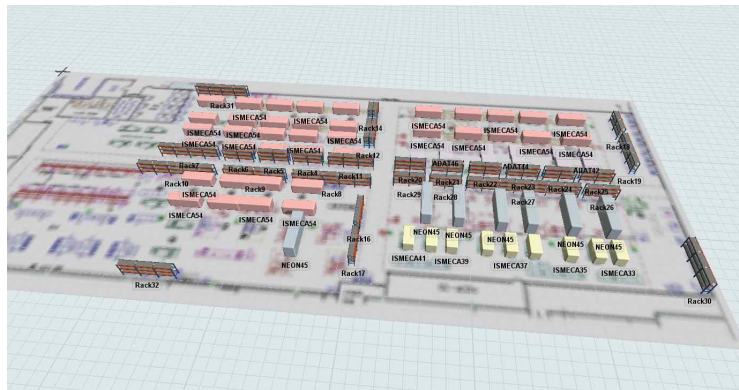


Figure 11. Miniload AS/RS 도입 전 시뮬레이션

Figure 11은 기존 Miniload AS/RS도입 전 작업 프로세스 기반으로 시뮬레이션을 구현하였다. 시뮬레이션 가정 사항은 N社가 프로세스를 기준으로 Pack area 입고, 집화, MES 등록 및 분배, Pack Machine 전달 단계로 구분하여 구축하였다. Searching 시간은 최대 120초, 최소 30초로 실제 측정한 시간을 기초로 한 데이터를 입력하였으며, 시뮬레이션 시간은 24시간 900개 LOT이 입고되는 것으로 설정하였다. 작업자 수는 기존 N社 작업 프로세스와 동일하게 입고 인원 4명, Pack Machine 운반 인원 4명 총 8명(1회 최대 5개 LOT 이동)으로 설정하였다.

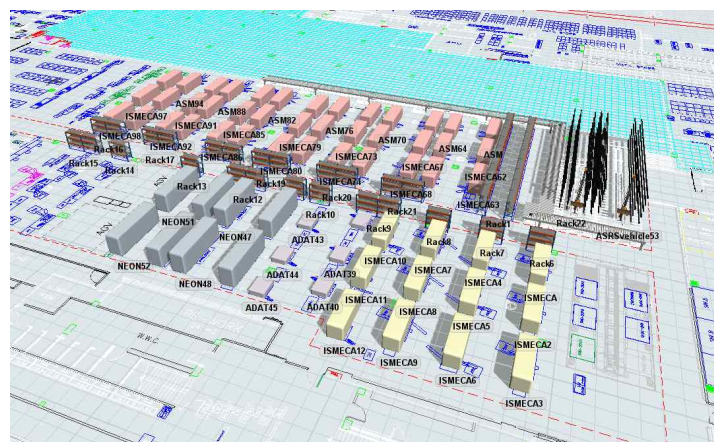


Figure 12. Miniload AS/RS 도입 후 시뮬레이션 설계

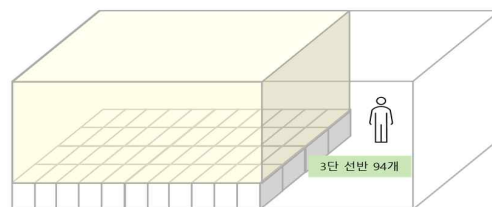
Figure 12는 Miniload AS/RS 설치된 현장에 대한 시뮬레이션을 구현하였다. 시뮬레이션 가정 사항은 Miniload AS/RS 분배 시간은 최소 30초, 최대 40초로 설정하였으며, 시뮬레이션 시간은 Miniload AS/RS 도입 전 시간과 동일하게 24시간 900개 LOT(4시간 간격으로 평균 150개 LOT 입고)으로 설정하였다.

4.1 분석 결과

Miniload AS/RS 도입 전후의 가장 큰 차이점은 크게 Picking 시간 및 작업자 이동 거리 감소 및 기존 수작업 작업공간 대비 사용 면적 절감하였다. 기존에 94개 선반에 화물이 보관되어 있었고 집하가 2번 이루어지는 반면 Miniload AS/RS 도입 후 집하는 1번에 처리되었다. N社 자체 Manufacturing Executing system(MES) 시스템에서 전달받은 작업리스트(Order list)의 시간 정보를 활용하여 예약 시스템을 도입함으로써 물품의 작업 시간에 맞춰 자동 분출을 통한 Picking 시간 감소를 기대할 수 있었다. Pack Area 중앙에 위치한 1차 선반이 아닌 Pack Area 입구에 위치한 Miniload AS/RS에 입고하여 이동 거리 및 작업 시간의 감소를 기대할 수 있었다.

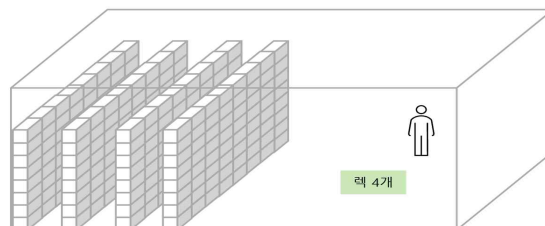
1) Miniload AS/RS 도입 후 공간 효율성 향상

기존 N社는 94개의 3단 선반(1340x290x1,230mm)에 모든 화물을 분산 보관하였다. 하지만 Miniload AS/RS 도입 후 상부 공간을 이용하여 수납 효율을 향상하며, 빈 공간이 최대한 없이 활용함으로써, 수납 효율을 크게 향상해 집약 보관이 가능해졌으며 기존 대비 60%의 선반을 절감하였다.



$$\text{사용공간} : (1.340 \times 94) \times (0.290 \times 94) \times 1.230 = 4223\text{m}^3$$

$$\text{낭비공간} : (1.340 \times 94) \times (0.290 \times 94) \times (2.800 - 1.230) = 5390\text{m}^3$$



$$\text{사용공간} : 8.4 \times 2.80 \times 2.8 = 65.856\text{m}^3$$

Figure 13. Miniload AS/RS 도입 전후 공간 효율성 비교

2) Miniload AS/RS 도입 후 피킹 시간 감소

기존 N社는 노동 집약적인 형태로 피킹 작업이 진행되고 있었다. 피킹 프로세스는 상위 MES 시간별 작업 리스트 하달, 94개 선반 중 해당 선반으로 이동, 화물 수색, 화물을 피킹 그리고 데스크 이동 후 일률 바코드 스캐닝 순이다. 모든 작업은 100% 인력에 의존하고 있는 형태였으며, 선반에서 물품을 꺼내는 작업에 소요 되는 시간은 선반의 위치, 품목 수량, 작업자의 숙련도 등의 요소에 의해 좌우되는 상황이었다.

Miniload AS/RS 도입 후 MES는 Miniload AS/RS에 출고 명령이 자동 하달되었으며, 해당 워크스테이션으로 자동 운반을 통해 작업자가 상품을 찾는 데 필요한 시간을 단축할 수 있었다.

피킹 시간비교:

Miniload AS/RS 도입 전 : 작업자 화물 Searching time 최대 120sec

Miniload AS/RS 도입 후 : Miniload AS/RS 화물 분출 시간 최대 40sec

3) Miniload AS/RS 도입 후 이동 거리 감소

Miniload AS/RS 도입 전 작업자들은 1차 집하된 LOT을 MES에 생산된 작업 리스트를 통해 지정된 Pack Machine에 이동해야 했다. 하지만 Miniload AS/RS도입 후 Miniload AS/RS는 6개 워크스테이션중 Pack Machine 에 가장 가까운 스테이션으로 분출하여 작업자 이동 거리를 단축 및 작업자 작업 소요 시간을 단축할 수 있었다.



Figure 14. Miniload AS/RS 도입 후 2D 레이아웃 (6개 워크스테이션)

이동거리 비교:

Miniload AS/RS 도입 전 작업자 이동 거리 총 합 : 103,122.8 m

Miniload AS/RS 도입 후 작업자 이동 거리 총 합 : 40,576.14 m

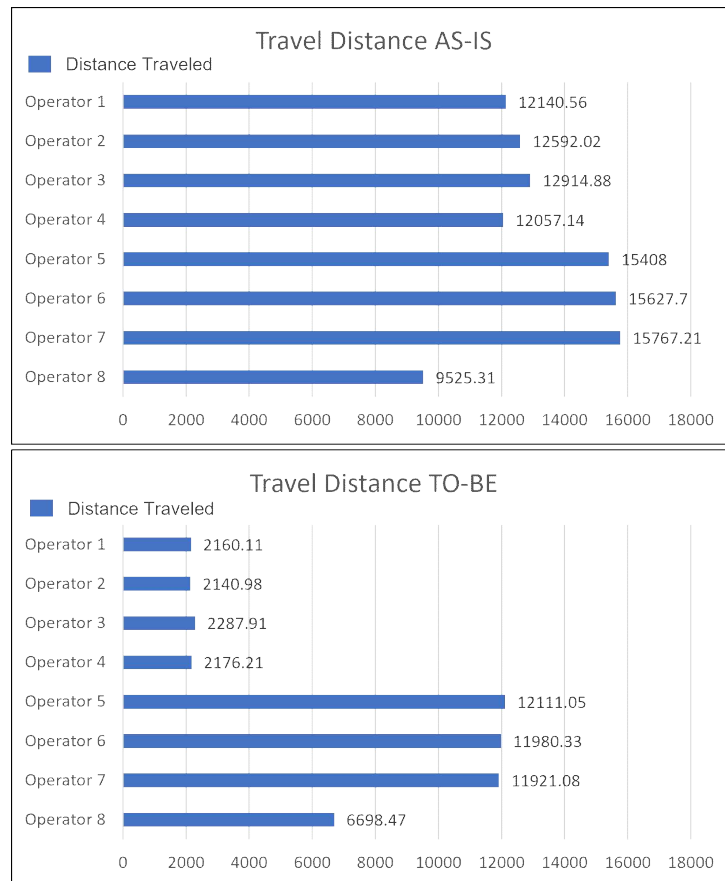


Figure 15. Miniload AS/RS 도입 전후 작업자 이동거리 비교

5. 결론

본 연구에서는 반도체 Back-end 공정 내 물류 작업을 개선하기 위한 Miniload AS/RS 도입에 대한 연구를 진행하였다. 기존 인력에 의존된 화물 이송, 피킹 작업 등 노동집약적인 비효율적인 작업환경을 자동화하여 피킹 작업 시간 및 작업자 이동 거리 최소화, 작업 공간 절감 등 개선 효과를 얻었다. Miniload AS/RS를 활용한 자동화 모델은 반도체 공장 외 물류 창고 및 전자 부품 제조 등 다양한 산업에 활용 및 적용이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- Roodbergen, K. J., & Vis, I. F. A. (2009). A survey of literature on automated storage and retrieval systems. *European Journal of Operational Research*, 194(2), 343-362.
- Gagliardi, J.-P., Renaud, J., & Ruiz, A. (2012). Models for automated storage and retrieval systems: A literature review. *International Journal of Production Research*, 50(24), 7110-7125.
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 203(3),
- Bozer, Y. A., & White, J. A. (1990). Design and performance models for end-of-aisle order picking systems. *Management Science*, 36(7), 852-866.
- Foley, R. D., & Frazelle, E. H. (1991). Analytical results for miniload throughput and the distribution of dual command travel time. *IIE Transactions*, 23(3), 273-281.
- Lee, E. Y., Kim, M. K., & Chang, Y. S. (2016). Development of an advanced picking station considering human factors. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 26(6), 700-712.
- Guller, M., & Hegmanns, T. (2014). Simulation-based Performance Analysis of a Miniload Multishuttle Order Picking System. *Procedia CIRP*, 17, 475-480.
- Lee, S. H. (2014). A study on the work efficiency considering the layout of picking station (Master's dissertation). Korea Aerospace University, Goyang, Republic of Korea.
- Konemann, R., Bosch, T., & de Looze, M. (2012). Movement strategy and performance in a high-volume order picking workstation. *Work*, 41(Supplement 1), 1311-1315.
- Andriansyah, R., de Koning, W. W. H., Jordan, R. M. E., Etman, L. F. P., & Rooda, J. E. (2011). A process algebra based simulation model of a miniload-workstation order picking system. *Computers in Industry*, 62(3), 292-300.
- Bozer, Y. A., & White, J. A. (1996). A generalized design and performance analysis model for end-of-aisle order-picking systems. *IIE Transactions*, 28(4), 271-280.
- Mahajan, S., Rao, B. V., & Peters, B. A. (1998). A retrieval sequencing heuristic for miniload end-of-aisle automated storage/retrieval systems. *International Journal of Production Research*, 36(6), 1715-1731.
- Schmidt, T., & Follert, G. (2008). Analysis of decentral order-picking control concepts. In *Dynamics in Logistics* (pp. 457-465). Springer Berlin Heidelberg.
- Paul Hahn-Woernle & Willibald A. Günthner (2018) Power-load management reduces energy-dependent costs of multi-aisle mini-load automated storage and retrieval systems, *International Journal of Production Research*, 56:3, 1269-1285, DOI: 10.1080/00207543.2017.1395487
- R. Gaku and S. Takakuwa, "SIMULATION ANALYSIS OF LARGE-SCALE SHUTTLE VEHICLE-TYPE MINI-LOAD AS/RS SYSTEMS," 2018 Winter Simulation Conference (WSC), 2018, pp. 2966-2976, doi: 10.1109/WSC.2018.8632394.

H. Kim, D. Lim and S. Lee, "Deep Learning-Based Dynamic Scheduling for Semiconductor Manufacturing With High Uncertainty of Automated Material Handling System Capability," in *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, vol. 33, no. 1, pp. 13-22, Feb. 2020, doi: 10.1109/TSM.2020.2965293.