창고 운영방식 및 능력 검증: 자동창고 운영을 위한 초기 시뮬레이션

Validation of storage operation rule and capacity : Basic simulation for Automated Storage and Retrieval System operation

*#이동건 [1], 송영주 [1], 이주영 [2], 이규봉 [2], 신종계 [3]

*#D. K. Lee[1](imleedk1@snu.ac.kr), Y. J. Song[1] , J. Y. Lee[2], K. B. Lee[2], J. G. Shin[3]

[1] 서울대학교 조선해양공학과, [2] 한국생산기술연구원 생산공정기술본부, [3] 서울대학교 해양시스템 연구소

Key words : ASRS(Automated Storage and Retrieval Systems), Simulation, Operation

1. 서론

자동창고(ASRS, Automated Storage and Retrieval Systems) 구축은 물류 흐름의 효율화, 창고 운영비의 절감을 위해서 수행된다. 물류 흐름이 방대해 질 경우, 주문량에 대한 신속한 대응이 어려워지고, 관련된 모든 업무가 체계적으로 관리되지 못할 가능성이 높아진다. 또한 이를 해결하기 위해 물품의 포장부터 수급까지 많은 수의 작업자 배원이 필요하여, 이 과정에서 많은 비용이 낭비될 수 있다. 특히 최근 들어 주문부터 제품을 인도하기까지의 리드타임(Lead time)의 획기적인 단축이 요구되기 때문에, 자동창고의 초기 투자비가 많음에도 불구하고, 대다수의 물류 업체에서 이에 대한 요구사항이 증가하고 있는 실정이다.

자동창고는 물류 흐름의 임시저장기능을 포함하고 있으며, 수요량에 따른 물류량을 조정할 수 있어야 한다. 또한, 설계시에 예상 수요량을 반영하여 창고의 능력 설계 및 설비 배치를 수행할 것이 요구된다. 이러한 복잡한 시스템의 정착을 위해서는 설계 단계에서부터 자동창고가 설치될 환경에 대한 분석과 예상 수요량과 결부된 미래상황에 대한 예측이 반드시 수행되어, 운영 전략을 도출할 것이 요구된다.

이에 본 연구에서는 시뮬레이션을 통해 자동창고에 대한 설계 오류를 최소화 하고, 초기 운영안의 검증을 수행하며, 미래 상황에 대한 실적데이터(Master data)를 공급함으로써, 물류 창고의 운영방식 및 능력을 검증하고자 한다.

본 연구의 대상이 된 물류 창고는 자동창고 시스템과 무인운반차(AGV, Automatic Guided Vehicle) 및 컨베이어 등의 관련 시스템이 복합적으로 구성되어 있으며, 3D 시뮬레이션을 통해 설계 오류를 최소화 하고 초기 운영안을 검증하고자 한다.

2. 자동물류창고 시스템

물류 창고는 수집(Assembling), 포장(Packing), 분류(Sorting), 검사(Checking) 기능을 수행하며, 물류의 집화(Gathering)와 배송(Distribution)을 책임진다. 자동물류창고는 기존의 물류 창고에 자동창고 시스템(ASRS)을 도입 운영함으로써 효율적인 창고물류를 도모한다. 자동물류창고 시스템을 구축함으로써 원자재, 재공품, 재고품 및 완제품 등의 입고, 집화 및 출고, 배송을 자동화하여 실시간 재고관리가 가능하게 하고, 추후 재고관리 대상의 종류와 수량이 증가함에 따라 발생하는 복잡한 입출고 작업도 원활히 해결할 수 있다. 그러나 현실적으로 사전에 충분한 검토를 통해서 도입 업체의 여건에 맞는 자동창고 시스템을 구축하여 운영하는 기업들도 있지만 도입한 시스템이 제 기능을 수행하지 못하고 오히려 기업에 재무적인 부담만을 가중시키는 경우도 있다. 자동창고 시스템은 도입 시 초기 투자비용이 클 뿐만 아니라 일단 도입한 후에는 시스템 설비 변경이 용이하지 못하므로 기획단계에서 기업의 여건 및 환경에 맞는 시스템을 설계하고 운영안을 도출하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 창고의 운영방식을 기반으로 시스템 설계 단계에서 고려해야 할 변수(Parameter)인 통로(Aisle)의 수, 랙(Rack)의 높이, 길이, 그리고 스태커 크레인(Stacker Crane, 이하 S/C)의 사양 등에 대한 복합적인 고려가 불가피하다.

Table 1 Key factor of ASRS system analysis

Palletization	Standardization of product packing, Decision of pallet type and specification, Decision of product lot-size
Pallet capacity	Stock plan, Capacity plan of each op.scenario, Ratio of storage and retrieval.
Area capacity	Estimation of need area, maximum utilization scenario of area
In/Output capacity	Daily/hourly in/output capacity plan, Diverter/home-position plan
Unit load/Order-picking capacity	Detail scheduling of order-picking, General material flow plan
Data flow	Detailed process, material and data flow plan, Synchronization of material-data flow
Systems investigation	Aggregated investigation of ASRS system, Investigation of system improvement, Plan of addition facilities

본 연구에서 다루는 자동창고 시스템은 부여시에 위치한 K 자동물류창고로 복합 시스템 다품종 통로 끝 오더픽킹 형태의 자동창고이다. 본 자동물류창고의 기본적인 운영 방식은 아래와 같다. 생산 공장 등지에서 입하된 물품들은 기 정의된 분류원칙에 따라 지게차용 팔레트(Pallet)채로 자동창고 랙 설비로의 입고를 돕는 컨베이어(Conveyor) 시스템에 이동되고, 시스템 내에서 자동창고 시스템의 전용 팔레트로 적재되어 할당된 랙 설비의 입고버퍼로 이동하여 스태커 크레인을 기다린다. 기본적으로 랙 설비는 할당된 물품을 처리하게 되며, 할당된 랙 설비 그룹 내에서는 동일한 비율의 저장규칙을 포함한다. 스태커 크레인은 랙 설비 입고버퍼에 대기하고 있는 물품을 싣고 할당된 랙 저장공간으로 이동하여 물품을 이동시킨 후에 입출고 위치로 돌아오는 작업을 수행한다. 이때, 기 정의된 물품의 정보에 따라 중량물일 경우 1 단 적재를 우선시하는 조건을 따른다. 출고명령 또한 입출고 크레인이 해당물품이 보관된 위치로 이동하여 물품을 싣고 출고버퍼로 와서 내려놓는다. 출고시에는 컨베이어 시스템과 AGV 에 의해 출고가 진행되며, 물품은 피킹장이나 별도의 저장공간으로 이동하게 된다.

3. 자동물류창고 운영방식 및 능력 시뮬레이션

자동물류창고 시스템은 저장관리의 표준화를 성립하고 컴퓨터에 의한 일일수불집계, 입/출고 작업을 S/C 를 통해 자동운전하기 때문에 데이터를 시뮬레이션을 통해 관리하는데 용이하다. 기본적인 시뮬레이션 기반의 설계는 생산활동, 생산 흐름, 생산 공간의 분석을 3 대 요소로 시스템을 분석하고 설계한다. 개념 설계(Conceptual Design)을 통해 대상의 프로세스를 구조화하며, 생산 정보(Master Data)를 분석하여 계획생산능력을 도출하고 완제품의 계획 생산 일정과 자재관리 시스템(MHS, Material Handling System)을 통해 비용을 산출한다. 이에, 반복적인 시뮬레이션을 통해 연산된 값을 검증하며, 공장배치와 계획생산능력을 바탕으로 대상의 동적인 거동을 살펴 최소의 생산비용과 최적의 제품구성(Product mix), 최적생산전략(공정능력계획, 설비운영계획, 자원소요계획, 일정계획 등)을 제공하고자 한다. 자동물류 창고 시뮬레이션은 크게 데이터 수집, 물류 흐름 및

레이아웃 분석, 입/출고 물류 프로세스 정의, 프로덕트 모델링, 프로세스 모델링, 리소스 모델링을 수행한다.

시뮬레이션 모델링을 위한 기본적인 자료는 창고의 건축 2D 도면, 창고설비 레이아웃도, 창고 설비 성능서, 기초 창고 물류 계획서 등을 포함된다. 자동창고 시스템 시뮬레이션에 있어서 모델링의 대상은 S/C, 랙(Rack), 컨베이어, AGV 이 있다. 랙은 건축물의 일종으로 고정된 제약조건으로 고려할 수 있으며 S/C 및 AGV 의 경우, 모델링 상세 정도에 따라 시스템 검증 정합성에 큰 영향을 끼치는 리소스이다. 따라서 시뮬레이션에서는 제품 특성이 반영된 랙의 운영안과 이에 대한 상세한 동작규칙이 포함되어야 하며 AGV 과 컨베이어가 동시에 고려되는 물류 시스템에 대한 모델링이 필요하다. (Table 2)

Table 2 Implementation of Stacker Crane in Modeling

Real Stacker Crane	Virtual Stacker Crane
S/C rail	AGV Segment
Movement on rail	AGV moving on a segment
Z axis elevator	Sub-resource attached to an AGV
Y axis forking device	Sub-resource attached to an AGV elevator
X axis traveling device	AGV moving on segment
Elevator movement	Elevator sub-resource moving on an AGV
Forking device movement	Forker sub-resource moving on an elevator
Traveling movement speed	Assigned speed at AGV class level
Forking job movement	Add or remove parts from sub-resource
Stock in cell	Buffers(Racks) with stack point locations
Home-position	Buffers(Conveyor) with stack point locations
S/C max load size	Current part size loaded
S/C op. time during day	Shifts for AGVs
S/C failures	AGV failures

본 시뮬레이션 모델은 기본적으로 설비 배치 로직, 버퍼 정책, Push/Pull 생산 속성, 요구/선택 규정을 갖는 복합 공정 등과 같은 각각의 자원과 연동되어 사용될 수 있는 분산 로직을 포함하며, 이를 통해 실제 설비의 거동이 복합적으로 연계(Emulation)될 수 있다. 또한 물리적인 길이, 속도, 가속/감속도 등과 같은 실제의 생산 변수들과 반송장치 및 작업자에 미치는 영향 역시 반영되어야 한다.

초기단계에 창고 운영안을 검증하기 위해 랙 내 8624 개의 셀을 재화의 저장규칙에 따라 그룹화하였다. 실제로 물품의 저장은 랙 별로 랙의 지역별로 할당되기 때문에 셀을 그룹화하여 처리하여도 무리가 없었다. S/C, AGV 등 운송기계장치에 대해서는 처리능력을 사건별 시간 값이 아닌 기계의 성능치로 반영함으로써 실제 운영 환경과 같은 시뮬레이션 모델을 구축하도록 하였다.

운송장치들은 가감속도, 주행속도를 기본속성으로 적용하였으며, S/C 의 경우에는 상/하, 좌/우의 운동성을 반영하기 위하여 호이스팅/포킹장치와 같은 부가물에 대한 성능을 반영하였다. 또한, 추후 발생할 수 있는 S/C 운영변경에 유연하게 대처하기 위해 작동 단위 별로 모듈화하여 시뮬레이터에 적용하여, 향후 세부작동단위로 수정이 가능토록 하였다.

Table 3 Stacker crane event case in simulation model

Stacker Crane Controller	Stacker Crane
PART_AT_DEC	MOVE_AGV
AGV_REQUEST	STOP_AGV
AGV_REACHING_DEC	CONTINUE_MOVE
AGV_AT_DEC	NEXT_MOVE
CMD_COMPLETED	CHECK_PENDING
AGV_READY_TO_DEPART	LOAD_AGV
AGV_LEAVING_DEC	UNLOAD_AGV
PENDING_PART_AT_DEC	WAIT_AGV
AGV_UNAVAILABLE	
AGV_AVILABLE	

또한 컨베이어 시스템의 경우 디버터(diverter), 홈포지션(Home-position)장치를 포함한 모델링을 실시하여 물류가 이동하는 시간뿐 아니라, 실제 물류의 분기 시 발생하는 시간과 시스템간 물류 전달 시 발생하는 시간을 모두 고려할 수 있도록 하였다.

이렇게 모델링 된 리소스들은 그 자체로는 기계장치 외의 의미는 갖지 않으며, 물류프로세스 로직 할당을 통해 작동되게 된다. 창고 운영안의 반영은 바로 프로세스 로직을 통해 이루어지게 되며, 프로세스 로직은 다수의 운영안이 적용 가능하도록 구성되어 있다.

창고의 운영안은 재화의 랙 저장방식에 좌우된다. 이때 랙 물품 저장량에 영향을 주는 것이 바로 컨베이어 시스템이며, 이를 위해 컨베이어 흐름에서 벌어지는 사건들을 중심으로 프로세스 로직을 설계하였다. 예를 들어, 특정 물품이 컨베이어 시스템 내 특정 디버터에 위치할 경우 디버터는 물품의 정보를 파악하여, 정해진 물류 규칙(입고/출고, 재료품, 완제품 등)에 따라 해당 물품에 맞는 거동을 보이게 된다. (Fig. 1) 이러한 개별적인 거동들은 시뮬레이션 모델의 요소마다 모두 부여되어 있으며, 이것들은 복합적으로 작동하여 각종 정보들이 시뮬레이션 된다.

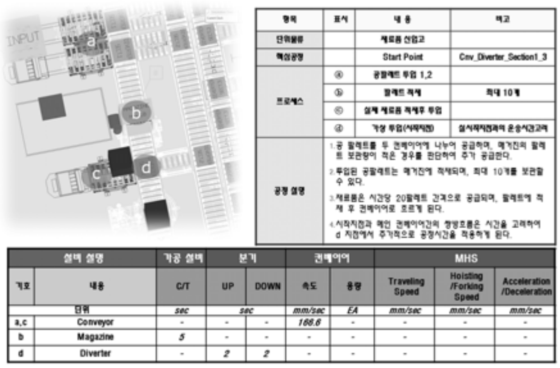

Fig 1 Example of material flow process case modeling

4. 결론

본 논문에서는 자동창고 시스템과 무인 운반차 그리고 컨베이어 및 관련 시스템을 중심으로 시뮬레이션 모델을 구축하였다. 다양한 운영안의 입력에 대비하여 모델의 핵심요소들을 모듈화하였으며, 설비 변경의 문제를 반영할 수 있도록 유연한 모델을 구축하였다.

또한, 초기 설계 자료를 바탕으로 한 시뮬레이션 작업을 통해 설계 데이터와 운영안을 검증하였다. 이는 기존의 물류 프로젝트와는 차별되는 것으로, 물류 효율성 향상 외의 공정 성숙도의 문제에 접근하고자 하였다는 데에 의의가 있다.

향후, 완성된 운영안 및 최종 창고 레이아웃에 근거하여, 해당 시스템의 완성도를 높여 구현할 예정이며 창고 운영 시스템에 대한 실시간 데이터와의 연동할 예정이다.

참고문헌

1. 김갑환, 원승환, 양창호, 김영훈, 배종욱, "시뮬레이션을 사용한 자동화 컨테이너 터미널 레이아웃의 평가," 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회, 2001.
2. 정석재, 김경섭, 이재준, 정태원, 박영재, "시뮬레이션을 활용한 신 물류체계 구축과 물류센터 규모 산정에 관한 연구," 한국시뮬레이션학회 춘계학술대회 논문집, 64-73, 2005.
3. Clifford A.Smith, "Simulation Model Used As Design Improvement Decision Tool for Warehouse Material Flow," Degrees of Master, Massachusetts Institute of Technology, 2005.