

# A-마트 상온 제품 종합물류센터 실시설계를 위한 시뮬레이션

전병학<sup>1</sup> · 장성용<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>서울산업대학교 철도전문대학원 철도경영정책학과 / <sup>2</sup>서울산업대학교 산업정보시스템공학과

## A Simulation Study for Detailed Design of A-Mart Logistics Center for General Products

Byoung-Hack Jeon<sup>1</sup> · Seong Young Jang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Railroad Management and Policy, Graduate School of Railroad,  
Seoul National University of Technology, Seoul 139-743

<sup>2</sup>Department of Industrial & Information Systems Engineering, Seoul National University of Technology, Seoul 139-743

This paper deals with the simulation model for A-Mart logistic center design and operations. In developed simulation model, receiving docks, conveyor sorter, conveyor system, shipping docks, material handling devices and manual sorting stations are considered. Three types of cargo such as transfer center cargo, distribution center cargo and supermarket cargo are considered. The simulation model and process animation are developed using the simulation package ARENA.

Among various design and operation alternatives consisting of the number of workers of receiving dock, allocation of receiving docks by cargo types, conveyor sorter velocity, the number of folk-lift, the number of manual sorting operators and overall layout, the best alternatives of each subsystem are selected by simulation analysis. The major performance measures such as sorter throughput, utilization of operators at each station, receiving docks utilization and folk-lift utilization are considered for the alternative evaluation.

**Keyword:** distribution center, simulation analysis, resource allocation

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경

물류란 생산자로부터 소비자에게 제품·재화를 효과적으로 옮겨주는 기능 또는 활동으로, 일반적으로 포장·하역·수송·보관 및 정보와 같은 여러 활동을 말한다. 제품·재화를 수송하는 데는 포장 → 보관 → 집하(集荷), 적재 → 수송 → 중

도적환(中途積換) → 하역, 배달 → 보관 → 개장(開裝)의 여러 과정을 거친다. 어떠한 수송수단을 이용하든 이러한 과정을 거치지 않고는 제품·재화의 이동은 불가능하다. 이러한 이동의 전체를 종합적으로 보는 것이 물류이다.

본래 물류활동은 인류의 경제활동 자체의 일부로서 새삼스러운 것은 아니지만, 물류라는 개념이 자주 쓰이고 이러한 측면이 특히 주목되기 시작한 것은, 대량생산·대량판매·대량소비가 시대의 추세가 되었으며, 그 사이를 잇는 물자의 흐름

\*연락처 : 장성용 교수, 139-743 서울시 노원구 공릉2동 172번지 서울산업대학교 산업정보시스템공학과, Fax : 02-974-2849,

E-mail : syjang@snut.ac.kr

2006년 07월 접수, 1회 수정 후 2006년 11월 게재확정.

을 효율화할 필요성이 커졌기 때문이다. 근대기업에서는 상적 유통활동, 즉 거래의 부분만이 아니라, 제품을 소비자의 손에 까지 정확하고 신속하게 배달할 물류활동이 중요한 부분으로서 부각되었다. 즉 경제발전과 함께, 생산비용의 인하만을 추구하다가 가는 격심한 기업경쟁에서 이길 수가 없으며, 유통비도 가능한 절감되도록 해야 한다는 견해가 대두되었다. 현재, 물적 유통 합리화의 수단으로서, 대도시 주변에 물류 센터·트럭 터미널·창고단지 등을 집중적으로 들어서게 하는 유통 센터의 건설, 컨테이너나 팔레트를 이용하여 수송의 일관화를 꾀하는 유닛로드시스템(unit load system)이 추진된다. 각 수송기관의 유기적 결합으로 수송의 효율화를 지향하는 협동일괄수송 등이 진행되고 있으며, 국가에서 조성하고 있는 곳도 있다(Theme Dictionary).

이와 같은 상황에서 대형할인점 및 대형마트에서 물류의 단계 중 중도적환 단계인 물류센터가 가장 효율적으로 운영관리되어야 한다. 물류센터는 물류의 단계 중에서 가장 비용이 많이 들며, 물류센터의 효율적인 운영관리를 통하여 물류비를 혁신적으로 절감할 수 있다.

본 논문에서는 A-마트가 추진하고 있는 신설 물류센터 중 상온 제품 종합물류센터의 실시설계를 위한 시뮬레이션 분석을 실시하였다. 시뮬레이션을 통하여 효율적인 운영방법을 제시하려 하였으며, 또한 운영방법에 따른 프로세스 단계별 작업 리소스의 필요한 적정수준을 제시하고자 한다.

1.2 기존 연구의 검토

물류센터에 관련한 기존연구는 크게 물류센터의 개념적인 형태 분류에 관한 연구와 계획과 운영사의 제어에 관한 연구로 분류되어 진행되었다.

국내의 연구에서는 박명섭, 김선희, 박병인은 물류센터를 건설하기 위해 피킹과 패킹의 자동화 등 기본적인 시설투자가 이루어져야 하고, 기업경영성과에 기여하기 위해 고부가가치 물류 서비스를 제공이 가능해야 될 것이라고 하였다(Park et al., 2000).

또한 제 3자 물류에서 제 4자 물류로 전환함에 따라 물류센터는 일반적인 제품의 배송 및 보관, 조달 장소로서의 역할이 아닌 독립적으로 이윤을 추구하는 개체로 존재해야 한다고 하였다(Lee et al., 2003).

전통적인 물류센터의 기능 중 가장 많은 비용을 차지하며 관리하기 어려운 오더피킹과 저장단계를 제거한 크로스도킹 방식을 도입하게 되는데 이로 인해 유통비용의 감축과 노동비용의 절감, 재고삭감, 운송 리드타임 단축, 수송량 및 고객 만족도 증대의 이점을 확보할 수 있게 되었다(Lee et al., 2005). 그러나 아직까지도 실제 작업환경에서는 다양한 상품종류와 주문 특성, 포장단위의 차이로 인해 비효율적으로 운영되고 있어 물류센터의 단순화와 공정개선이 시급한 실정이다.

물류센터 운영에 관한 국외 연구를 살펴보면 Ashayeri와 Gelders는 시뮬레이션을 통한 분석적 접근방법을 사용하여 물

류센터 제품 보관에 관련된 제품 보관량과 제품 도착 시점에 따른 재고관리 모델을 제시하였고(Ashayeri and Gelders, 1985), 운영상 제어에 관련된 연구로 Gray와 Karmarker는 물류센터의 주문 통합에 대해서 물류센터 운영에 관한 주된 연구와 모델을 제시했다(Gray et al., 1992). Kevin은 혼재(LTL: less-than-truck-load)트레일러 화물을 분류 처리하여 출고되는 화물터미널에 대한 운영정책을 시뮬레이션을 기법으로 연구하여 효율적인 화물터미널의 운영 정책을 제시하였다(Kevin, 1999).

국내 연구를 살펴보면 이의형, 박양인은 크로스도킹 방식으로 운영하는 물류센터의 도크할당과 수/배송 분야를 통합하여 전반적인 문제점을 파악하고 개선안을 도출하기위해 시뮬레이션 기법을 이용하여 운영개선안을 제시하였다(Lee and Pack, 2005). 황홍석, 김호근, 조규성은 시뮬레이션 기법을 활용한 냉동 및 냉장 물류센터를 대상으로 운반설비 오더피킹시스템의 적정한 운반설비를 계획하기 위한 운행계획을 제시하였다[4]. 이재준, 박영재, 정태원 중장기적인 관점에서 예측된 수요를 고려하여 재고, 수/배송, 납기시간을 줄일 수 있는 거점과 수/배송을 결정하는 물류네트워크 구축을 목적으로 하는 연구를 하였다. 이에 대하여 건축도료를 생산하는 회사를 대상으로 물류환경 변화 하에서 현재 대고객 서비스 수준을 유지하면서, 최소의 비용으로 적정 재고수준을 보장하기 위한 최적의 물류네트워크 구축 및 적정의 물류센터 규모를 산정하기 위하여 시뮬레이션 기법을 활용하였다(Lee et al., 2005).

본 연구에서는 국내 대표적인 대형할인마트인 A-마트의 크로스도킹 방식으로 운영하기 위한 상온제품 신 물류센터의 효율적인 운영 방안에 대한 시뮬레이션 방법으로 접근하였다.

1.3 연구의 개념 및 목적

1.3.1 개념

‘A-마트 상온 제품 종합물류센터 실시설계를 위한 시뮬레이션’을 다양한 조건하에서 시스템의 상태를 평가할 목적으로 현재 물류센터의 시스템에 대한 상황을 반영하여, 처리 프로세스간의 상호 작용이나 시스템 통합에 대한 분석을 효율적으로 수행할 수 있는 있도록 하였다.

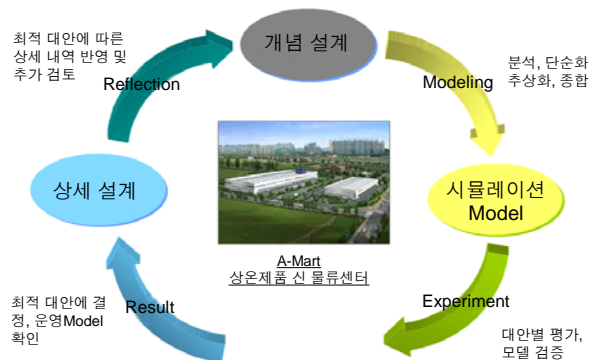


그림 1. 종합물류센터 시뮬레이션의 개념

기본 설계안을 분석하여, 운영 대안에 불필요한 요소를 제거한 검증된 데이터를 근거로 가상의 시뮬레이션 모델을 완성하였다. 초기 모델링의 타당성을 검증하기 위하여 2차원 애니메이션과 데이터의 결과로 유효성을 검증 후 반복실험을 실시하여, 시스템의 성능을 평가하고 시스템에 따르는 하위 프로세스의 운영방법 및 프로세스 작업리소스를 제시하였다. 또한 이 안을 상세설계에 반영하여 대안에 따른 상세 내역을 반영 및 추가 검토 후 목표로 하는 시스템에 반영하여 보다 효율적인 운영방안을 제시한다.

1.3.2 목적

종합물류센터의 상세 설계 대안 별 검증과 추가 보완사항을 발굴하여 개선함으로써 설계의 편의 제공하고, 시뮬레이션 모델을 바탕으로 물류센터 설비 및 레이아웃, 운영 방안에 대해 종합적인 대안을 제시함으로써 물류센터 상세설계 결과의 신뢰성을 향상시키고자 한다.

대안 검증을 위해 유연한 구조의 시뮬레이션 모델을 설계하고, 시뮬레이션을 통한 성능평가 요소를 설정한다. 또한 종합물류센터의 시뮬레이션 모델링에 실시설계의 레이아웃을 반영하여 실험하고 결과의 분석을 통하여 A-마트 신 물류센터 운영 프로세스 제시하고자 한다.

2. A-마트 상온 제품 종합물류센터

2.1 제품흐름

A-마트는 상온 종합물류센터를 서울, 경기도, 충청도, 강원도의 현재 또는 향후 계획되어진 마트와 슈퍼에 대한 상온 제품의 효율적인 물류유통을 위하여 대형 물류센터를 계획하고 있다.

종합물류센터에서 처리되어지는 제품의 종류는 크게 마트 제품과 슈퍼제품으로 분류되며, 제품을 분류하는 시기별로는 당일 분류하여 처리되는 통관(TC: Transfer Center) 제품과 특정 제품의 안전재고 및 헤지(hedge) 재고의 목적으로 저장하는 보관(DC: Distribution Center) 제품으로 분류된다.

통관제품의 경우 포장의 특성별로 세 가지 프로세스로 구분된다. 우선 기존의 크로스 도킹 방식을 개선하기 위한 소터(Sorter: 컨베이어 자동분류설비) 프로세스를 통하여 분류되는 박스제품과 제품의 특성상 소터를 이용할 수 없는 제품은 수작업(비소터제품 분류) 분류장에서 작업자에 의해 수작업으로 처리되는 프로세스, 그리고 마트 또는 슈퍼의 이벤트(정기할인행사, 성수기)를 위한 대량의 물량을 팔레트 단위로 처리하는 팔레트 처리 프로세스가 있다.

보관제품은 일정시간 저장을 위해 입고되며, 물류센터 입고 후 2층 저장창고에 저장되며 특정한 주문을 받으면 출고되어진다. 출고 방법은 통관제품과 같이 제품 특성 별로 세 가지 처리 프로세스를 통하여 처리되어진다. A-마트의 할인마트 점별 제품분류는 65개점으로 분류된다.

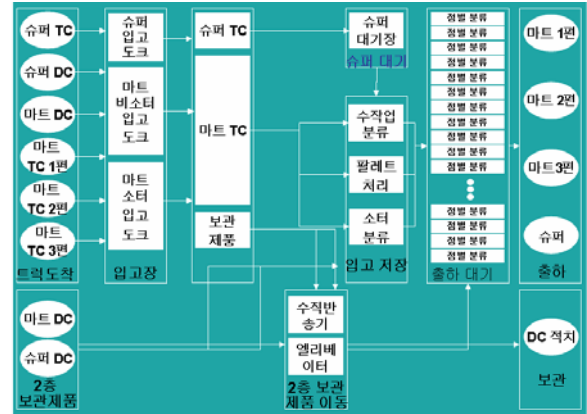


그림 2. 종합물류센터의 제품분류 흐름도

2.2 시설 및 배치

종합물류센터의 시설의 구성은 입고도크, 출고도크, 제품 대기장, 소터, 수작업 분류장, 2층 재고 보관창고 등 크게 여섯 구역으로 나누어진다.

입고도크는 컨베이어 분류시스템인 소터에 의해 처리되기 위한 소터 입고도크, 제품의 특성상 소터로 분류되지 않는 비소터제품 입고 및 슈퍼제품의 입고를 하기위한 비소터제품&슈퍼제품 입고도크, 마트의 이벤트 및 행사를 위한 제품인 팔레트제품과 마트의 안전재고 및 헤지 재고를 위한 제품이 입고되는 팔레트 입고도크가 있다.

출고도크는 각 지점별 물량에 따라 1~2개의 도크를 할당하였고, 출고되는 제품에 유형에는 구분이 없도록 하였으며, 이것은 출력 슬라이드 슈트(Outbound Slide Chute: 제품이 소터에서 분류되어 내려오는 경사컨베이어) 수와 동일하게 배정하였다. 이로 인해 출고도크의 처리 능력은 시뮬레이션 분석에서 충분한 능력이 검증되었으며 세부 분석은 배제하였다.

제품 대기장은 제품의 통관제품 출고대기장, 팔레트제품 출고대기장, 슈퍼-제품 분류대기장으로 구분되어 있다. 통관제품 출고대기장은 출고도크 앞에 지정되고, 팔레트 출고대기장은 각 점별 출고대기가 아니며 적재상태에서 점별 트럭에 상차단계가 분류 프로세스이다. 슈퍼-제품 분류대기장은 주간에 입고된 슈퍼-제품을 야간에 분류하기 위하여 대기하는 장소이다.

소터는 컨베이어 자동 분류장치로 전체적으로 1층의 중앙에 설치되며, 컨베이어 밑으로는 통로가 있어 롤테이너(Roll-tainer: 박스단위의 제품을 보관 운반하기 위한 장비)나 팔레트 등을 보관한다.

수작업 분류장은 수작업으로 분류하는 제품이 처리되는 공간으로 적재공간이 부족할 경우 제품을 임시 적재할 수 있다.

2층 재고 보관 창고는 마트-보관제품과 슈퍼-보관제품이 보관된다. 제품의 입고와 출고에 이용되어지는 자원은 2층에서부터 직접 소터에 입고되기 위한 입력 슬라이드 슈트와 엘리베이터를 이용하고, 제품 입고시에는 수직반송기를 통하여 2층으로 올려진다.

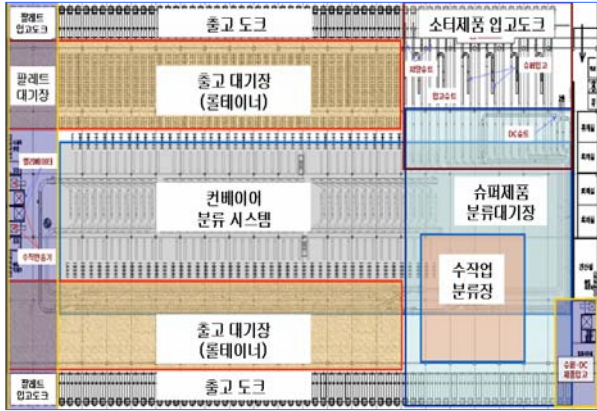


그림 3. 종합물류센터 레이아웃

2.3 자원

2.3.1 소터(Sorter)

A-마트의 상온 종합물류센터의 설비는 향후 5년~7년 후의 물동량 처리를 위한 슬라이드 슈트 타입(Slide Shoe Type)의 소터(운용 능력: 17,500박스/시간)를 기준으로 하며, 물동량의 처리에 있어 소터의 능력을 뒷받침할 수 있는 인적자원과 운반장비의 적정 배치와 이러한 자원을 효율적으로 이용할 수 있는 운영대안을 설정하는 것에 중점을 두었다.

입력 슬라이드 슈트는 입고도크에서 입력되는 19개의 투입라인이 배치되며, 2층의 보관제품을 처리 하는 2개의 투입라인을 모델링에 반영하였다.

출력 슬라이드 슈트는 총 사용 가능한 수는 77개며, 각 마트별 물동량에 비례하여 1~2개의 출력 슬라이드 슈트(9개점 2개 라인, 56개점 1개 라인 배정)를 배정하였으며, 같은 비율로 점별 출고대기장을 배정하였다.

2.3.2 작업자 및 운반장비

제품이 입고도크에 도착하여 출고할 때까지 물류센터에서 처리되어지는 제품은 사람, 소터, 운반장비를 이용하여 이동하게 된다. 작업자 및 운반장비는 마트와 슈퍼의 물량을 모두 처리하고, 각 자원의 능력은 A-마트의 현재 운영 중인 자원의 처리능력을 최대한 반영하여 모델링에 반영하였다. 물류센터 내의 소터에 입력/출력작업에 대한 처리능력은 각 작업별 동작을 구분하여 처리 가능한 능력을 시뮬레이션을 분석을 통해 반영 하였다. 또한 물류센터 내 업무 프로세스에 따라 작업자, 포크리프트(Forklift: 팔레트 운반장비) 작업을 결정하고 이에 따른 작업 시간 고려하였다.

2.3.3 2층 보관창고

2층 보관창고로 운반하는 장비는 엘리베이터와 수직반송기, 입력 슬라이드 슈트가 있다. 2층 보관제품 중 소터로 분류하는 제품을 위한 입력 슬라이드 슈트가 2개 있고, 1층에서 2층으로 올리는 작업은 수직반송기(2기: 마트-보관제품 전용, 1기: 슈퍼

-보관제품 전용)가 3기가 있으며, 2층에서 1층으로 내리는 작업은 엘리베이터(2기: 마트-비소터제품 전용, 1기: 슈퍼-비소터제품) 3기가 있다.

2층 보관창고의 용량은 제품보관에 대한 운영방안이 설정되지 않은 상태이며, 2층 창고의 용량과 설비 배치에 대한 분석에 있어 본문에서는 2층 보관창고의 시뮬레이션 실행은 입고와 출고 시 이용되어지는 입고도크에 대한 분석만을 실시하였다.

3. 운영

3.1 운영시간

종합물류센터의 운영시간은 하루 24시간 운영된다. 운영시간 스케줄은 제품 입고와 출고에 맞추어 크게 4가지로 적용하였다. 운영시간 스케줄은 입/출고의 기본 스케줄에 맞추어 작업자, 설비 스케줄과 시설의 운영에 대한 스케줄을 반영하였다.

구분	업무내역	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
운영자	마트 입고																								
	마트 제품 출고																								
	슈퍼 출고/마트 분류																								
	슈퍼 입고/분류																								
입고장	마트 소터 입고																								
	마트 통관제품																								
	마트 보관제품																								
	슈퍼 입고장																								
설비	소터																								
	수직반송기 & 엘리베이터																								
	슈퍼출하 임시대기장																								
	슈퍼출하 임시대기장																								
출고대기장	출하대기장																								
	출하 Dock																								
	출하 Dock																								
	출하 Dock																								

그림 4. 제품 입/출고 및 운영 스케줄

위의 <그림 4>에서와 같이 작업자의 투입은 제품의 입/출고에 맞추어 투입된다. 물류센터의 저장 능력을 고려한 마트의 운영은 시간 때별 편(차량이 입/출고, 분류되는 시간 때를 정한 단위)으로 구분된다. 마트-통관제품은 총 3편의 입/출고 스케줄이 있으며, 마트-보관제품 출고는 마트통관제품 출고와 편수를 같이하여 출고된다.

슈퍼제품의 입고는 오전 9시부터 오후 4시까지 단일 편수로 구성하였으며, 슈퍼제품의 출고를 위한 분류작업은 입고 후 슈퍼제품 분류대기장에서 대기 하였다가 모든 마트제품이 처리되어진 후 저녁시간과 새벽에 분류하는 것으로 하였다. 야간의 슈퍼제품 분류작업을 위해 야간 작업자의 투입이 이루어지게 되었다.

3.2 분류 프로세스

분류프로세스는 크게 3가지로 구분된다. <그림 5>와 같이

제품의 특성(포장: 크기, 포장종류, 제품)별로 소터 분류프로세스(규격박스), 비소터 분류프로세스(비규격박스), 팔레트 프로세스(팔레트)가 있다.

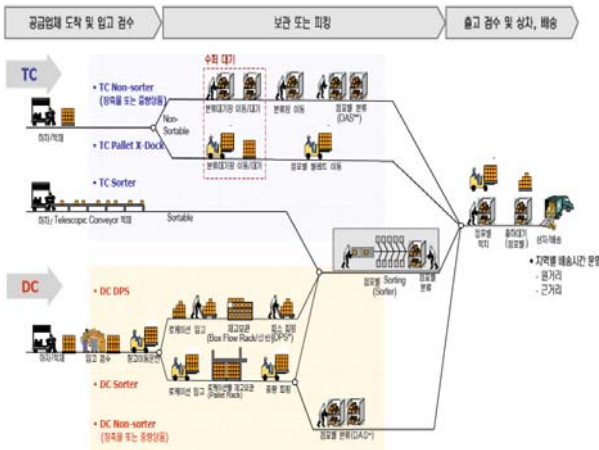


그림 5. 제품별 분류프로세스 흐름도

3.3 시뮬레이션 적용 물동량

A-마트 상온 제품 종합물류센터의 제품 물동량은 향후 물류센터에서 처리해야 하는 최대 물동량을 기준으로 반영하였다. 마트제품의 물동량은 13시간 기준으로 시간 매별로 1일 3편 배송을 기준으로 물동량을 균등히 배분하였다.

비소터제품의 입고 시간을 가급적 빨리 배치함으로써 비소터제품의 분류장을 슈퍼제품 대기공간으로 활용하였다. 초기 비소터제품 물동량을 고려하여 편당 팔레트제품 입고 및 소터 제품 입고시간대를 배분하였고, 소터제품은 시간당 입고 통관 제품과 보관제품, 출고제품을 합하여 소터의 최대 용량을 넘지 않도록 배분하였다.

마트 및 슈퍼의 점별 물동량은 향후 5년에서 7년 후의 점별 예상 매출액을 기반으로 산정하고, 소터의 출력 슬라이드 슈트 및 대기장 공간은 점별 예상 물동량 기준으로 차등 배분하였다.

4. 시뮬레이션 대안 설정 및 실행

종합 물류센터의 시뮬레이션 모델링은 기본 로직과 실제감 있는 2차원-애니메이션으로 기본 로직이 2차원 애니메이션에서 시각적인 확인이 가능 하도록 하였다. <그림 6>은 2차원 애니메이션은 물류센터의 레이아웃을 바탕으로 하는 개요화면이며, 2차원 애니메이션으로 표현할 때 잘 알아 볼 수 없는 팔레트 처리 프로세스와 수작업 분류 프로세스는 양 옆쪽으로 따로 표현하였다. 또한 주요 작업인 입고(<그림 8>), 엘리베이터(<그림 13>), 출고(<그림 15>) 등의 프로세스를 쉽게 이해할 수 있도록 처리되어지는 과정을 세부적으로 표현하였다.

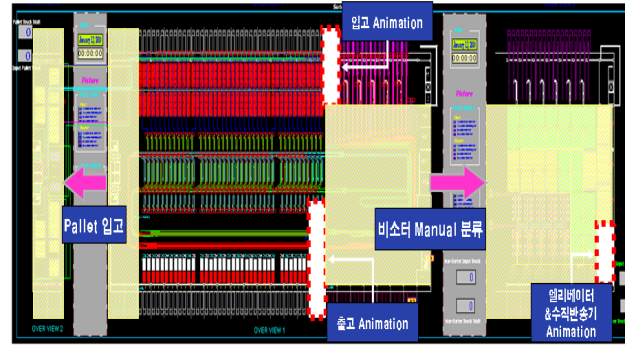


그림 6. 시뮬레이션 개요

4.1 시뮬레이션 대안 설정

물류센터의 시뮬레이션 모델링은 실시설계를 반영하여 모델링하였다. 따라서 레이아웃의 설정은 확정되어 있고, 추가 변동사항은 없다. 물류센터에 제품이 입하되는 순간부터 출하되는 시점까지에 설계상황을 최대한 현실에 맞게 모델링하였다. 소터의 컨베이어 라인과 슬라이드 슈트의 접지 및 분기, 각 컨베이어 라인의 속도등을 반영하였고, 작업자의 작업시간을 고려하였다. 또한 이동거리에 비례한 이동시간을 반영하였다.

따라서 실험에 대한 시나리오는 종합적인 모델링을 바탕으로 입하도크부터 순차적으로 자원을 할당해 나가는 방식으로 하였다.

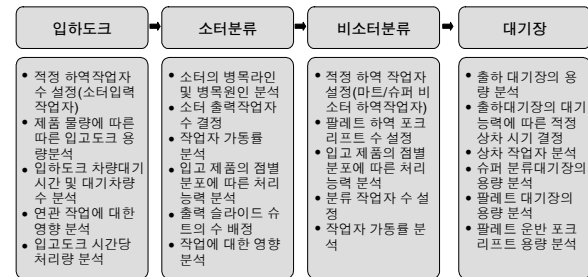


그림 7. 시뮬레이션 실험 시나리오

4.2 입고 시뮬레이션 실행 및 분석

제품의 입고는 차량에 의해 입고도크로 입고 되며, 소터제품 입고와 비소터제품 입고, 팔레트제품 입고로 구분되었다. 입고 차량은 8톤 트럭이 기준이며, 입고하여 입고도크에 접안하는데 까지 소요되는 시간은 5분, 하역작업 후 트럭이 입고도크를 떠나는 시간을 5분으로 설정하여 시뮬레이션 실험을 하였다. 트럭 1대분의 작업은 하역 작업자의 능력에 따라 시간이 달라지도록 하였다.

4.2.1 소터제품 입고

소터제품 입고의 차량 접안 도크 수는 19개, 차량은 8톤 차량(평균적재 383박스)기준으로 하였고, 컨베이어 입력 시 박스

하역 작업 담당자는 협력업체 납품 담당자 1명으로 하였다. 각각의 편 구분에 의해 7시부터 19시까지 제품 발생시키고, 트럭 도착 시간 정보는 시간대별 입고량을 각점별 예상 물동량을 분석하여 적용하였으며, 각 도착량은 물류센터 운영측의 일정한 관리를 가정하였으며, <그림 8>의 입력 트럭 수를 시간대별 지수 분포로 발생하였다.

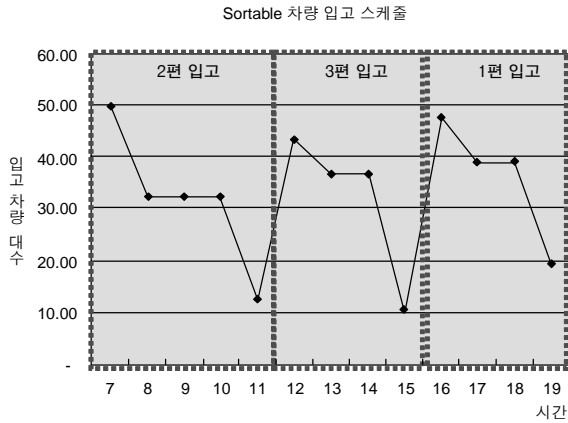


그림 8. 소터제품 차량 입고 스케줄

입고시 차량의 전체 센터 운영에 따른 시간대별 물동량 처리 용량을 검증하고자 한다. 트럭별 하역 작업 필요 인원수를 도출하였다.

입고도크의 작업 형태를 쉽게 확인할 수 있도록 <그림 9>와 같이 2차원 애니메이션으로 표현하였다.

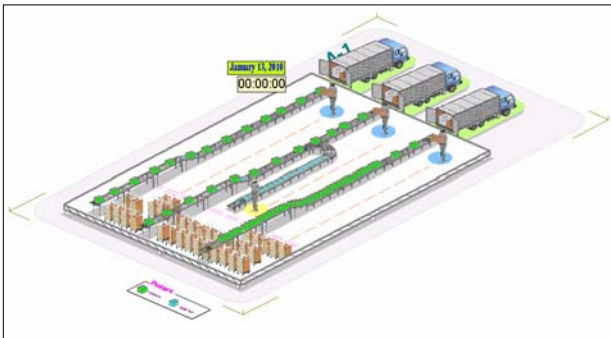


그림 9. 소터제품 입고 시뮬레이션

소터 입고도크에서의 적정 작업자 수 분석을 위해 작업자 수를 변경하면서 실험을 하였다. 그 결과 초기 입고도크의 유휴시간과 소터 처리 능력이 입고 용량을 좌우 하였으며, 소터의 최종분류 지점의 출력 슬라이드 슈트의 처리가 문제가 되어 작업 시작 시 입하가능 도크 수만큼 초기 물량 발생을 하였다.

시뮬레이션 실행 결과를 분석하여 본 결과 입하 작업자를 증가시키더라도 출력 슬라이드 슈트에서의 작업자를 증가시키지 않을 경우 소터 입하도크의 하역 처리량에 거의 영향을 주지 못하였다. 즉 출력 슬라이드 슈트에서의 처리 능력이 충

분하지 못할 경우 <표 1>과 같이 트럭 처리율이 50%이하로 하역 작업자 수에는 영향을 받지 않는 것으로 나타나고 있다. 이것은 출력 슬라이드 슈트의 작업이 입고도크의 작업까지 영향을 주는 것임을 확인하는 결과였다.

입고도크에 영향을 주는 출력 슬라이드 슈트의 작업자 수를 2명으로 설정하여 입고 도크의 작업자 수를 1명일 때와 2명일 때의 시뮬레이션 실험을 하였다. <표 1>의 결과처럼 최종적인 소터제품 입고도크의 시간당 처리가능 차량 수 최대 28.9 대이며, 시간당 입고 가능 박스 수 최대 11,070박스를 처리할 수 있었다. 업체 배송 기사 1명이 컨베이어에 입력 시 센터 직원의 도움이 필요하게 되는데, 원활한 소터제품 입고도크의 운영을 위해서 트럭별 하역 작업 필요 인원수는 만 차의 경우 평균 2명으로 적용하는 것이 바람직하였다. 이때의 처리율은 시간 내에 100%를 달성하게 되었다.

표 1. 대안별 소터제품 입고도크 시뮬레이션 결과

(단위: 분)

인원	평균 대기	처리시간			처리차량	처리율 (%)	출력 슬라이드 슈트 작업자
		최소	평균	최대			
1명	177.8	227	488	42	215/431	49.88	1명
2명	178.8	220	584	31	213.430	49.53	1명
2명	7.83	39.4	63	30	424/424	100	2명

<그림 10>은 입고 도크에서 입고 트럭의 처리를 원활하게 할 때 업무시간의 19개의 소터제품 입고도크의 가동률의 합을 보여 주는 그래프이다. 그래프의 결과에서 보듯이 제품 입고 편수 마감시간은 입고도크의 용량의 여유가 있는 것을 알 수 있었다.

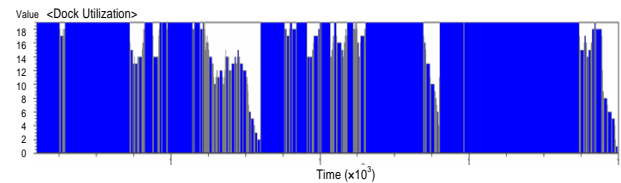


그림 10. 소터제품 입고도크 가동 수

4.2.2 비소터 입고도크

비소터 입고도크는 컨베이어 소터로 분류하지 못하는 마트-통관제품과 슈퍼-통관제품을 입고하는 도크이다.

마트제품 전용 입고도크 수는 9개, 슈퍼제품 전용 입고도크 수는 7개이며, 공용 3개의 입고도크는 슈퍼제품과 마트제품을 공유하여 사용하도록 하였다.

박스 하역 작업은 소터제품 입고도크와 같이 협력업체 납품 담당자 1명으로 하였고, 작업 시작 시 차량 발생은 소터제품 입고도크와 같은 방법으로 입고 가능 도크 수만큼 초기 물량 발생시켰다. 각각의 편 구분에 의해 마트제품은 <그림 12>와 같

이 7시부터 14시까지의 물량을 발생시켰고, 슈퍼제품은 9시부터 17시까지 발생시켰다.

그리고 슈퍼제품은 마트제품의 분류 완료 후 처리하는 운영 규칙에 따라 입고 시간대 별 물량을 작업시간 후반부에 갈수록 많이 입고되도록 하였으며, 마트제품은 전반부에 많이 입고하도록 물량을 발생 시켰다.

비소터제품은 수작업으로 분류하는 프로세스이다. 슈퍼제품 대기공간을 위해 비소터제품의 입하 시간을 최대한 앞당겼을 때의 입고처리가능 여부를 비소터 입고도크의 검증기준으로 하였다. 트럭 입고 시간 정보는 시간대 별 지수분포로 입력하였다.

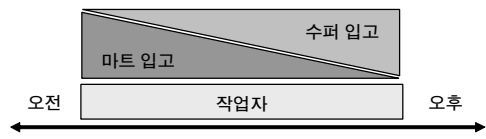


그림 11. 비소터제품의 시간별 마트/슈퍼 입고 흐름

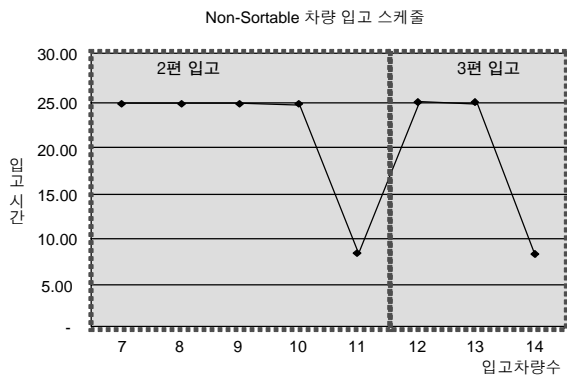


그림 12. 비소터 차량 입고 스케줄

마트 비소터제품 입고는 슈퍼제품 입고와 함께 동시 처리되며, 대기공간 확보 및 입고 용량을 높이기 위해 입하에서부터 수작업분류 처리까지의 프로세스를 연계하여 처리한다. 시간에 따라 입고 물량은 비소터 입고와 마트 및 슈퍼 입고를 공유하는 형태로 시뮬레이션을 실행하였다.

전체 비소터제품 입고처리 작업자를 할당할 후 우선순위에 의하여 작업하고, 제품별 하역과 동시에 롤테이너에 담아 제품별 검수 후 바로 수작업 분류장으로 이동하여 작업을 처리함으로써 대기공간을 최소화 하고 입고도크의 용량을 높게 하였다. 따라서 전체 적인 비소터 입고도크의 용량은 예정된 입고 스케줄에 의해 입고 시 큰 무리 없이 작업 가능하였다. 그러나 일부 상황에서 수작업 분류장의 대기 용량에 의해 약간의 입고 지연 발생하는 것을 알 수 있었다.

시뮬레이션 세부 결과는 <표 2>의 결과에서 보듯이 마트 입고도크의 발생 트럭은 평균 총 155대(8트럭)가 입고하였으며, 처리율을 100%로 시간 내에 모두 처리 하였다. 입고에서 처리완료까지 평균소요시간은 66.2분이 걸렸으며, 평균 대기

시간은 30.3분이 발생하였다. 마트전용 도크의 경우 이용률은 각각 도크별 81.63%~86.77%로 적정한 수준이었다.

표 2. 비소터 입고도크 시뮬레이션 결과

도크 번호	가동률	처리 트럭	비고
1	86.77%	13.6대	입고트럭: 155 처리트럭: 155 평균처리시간: 66.2분 평균대기시간: 30.3분
2	84.51%	13.4대	
3	85.23%	14.3대	
4	84.69%	14.2대	
5	84.01%	14.1대	
6	83.45%	14.0대	
7	82.24%	13.8대	
8	82.25%	13.8대	
9	81.63%	13.7대	
10	91.94%	15.4대	입고트럭: 90 처리트럭: 90 평균처리시간: 57분 평균대기시간: 21.6분
11	90.70%	15.5대	
12	90.42%	14.7대	
13	77.23%	13.7대	
14	76.80%	13.5대	
15	75.25%	13.2대	
16	74.01%	13.0대	
17	72.93%	12.5대	
18	73.13%	12.8대	
19	69.20%	12.2대	

10~12번 도크: 마트/슈퍼 공용

슈퍼 입고 트럭은 총 90대 입고에 처리트럭 90대로 역시 시간 내에 모두 처리 하였다. 평균 처리시간은 57분이었으며, 평균대기시간은 21.6분이었다. 슈퍼 입고도크의 이용률은 69.2%~77.23% 나왔다.

또한 10~12번의 공유 입고도크의 경우 이용률이 90.42%~91.94%로 다른 입고도크보다 높은 결과를 나타냈다. 이것은 마트-비소터제품이 7시부터 14시까지 입고되고, 슈퍼제품은 오전 9시부터 17시까지 입고된다. 따라서 이용률을 오전 7시부터 오후 17시까지 집계하였기 때문에 공용도크의 이용률이 높게 나타나는 것이다. 그러나 비소터 입고도크의 물량 처리에는 문제가 없는 것으로 나타났다.

4.2.3 팔레트 및 보관제품 입고도크

슈퍼-보관제품과 마트-보관제품은 팔레트 입고도크로 입고된다. 즉 팔레트 입고도크를 따로 구분을 함은 입고하여 센터내의 이동이 박스/롤테이너단위와 팔레트 단위로 이동이기 때문이다. 즉 비소터 입고도크로 들어오는 모든 제품은 차량에 선적되어 있는 단위가 박스, 롤테이너, 팔레트에 상관하지 않고 하역 시 모든 제품이 롤테이너에 적재되어 운반되지만, 팔레트 입고도크로 입하되는 제품은 입고시부터 센터내의 이동 적재가 팔레트 단위로 처리된다.

팔레트제품 입고도크는 마트-팔레트제품 입고도크와 슈퍼-

팔레트제품 입고도크로 나누어 할당되었으며, 각 구분되는 제품별 팔레트 적재 위치가 다르다.



그림 13. 보관제품 입고도크 및 엘리베이터 시뮬레이션

1) 마트 팔레트 입고도크

마트 팔레트 입고도크에서는 마트-통관제품 중 팔레트 단위로 적재하였다. 출고 편수에 맞추어 출고 되는 제품과 마트-보관제품을 처리하게 된다. 또한 사용되는 장비로는 포크리프트와 수직반송기가 이용된다. 팔레트 입고 도크 도어 수는 12개이며, 트럭 입고시간 정보는 다른 입고도크와 같이 지수분포로 입고된다. 마트-팔레트제품의 입고 차량은 <그림 14>와 같이 발상하게 된다.

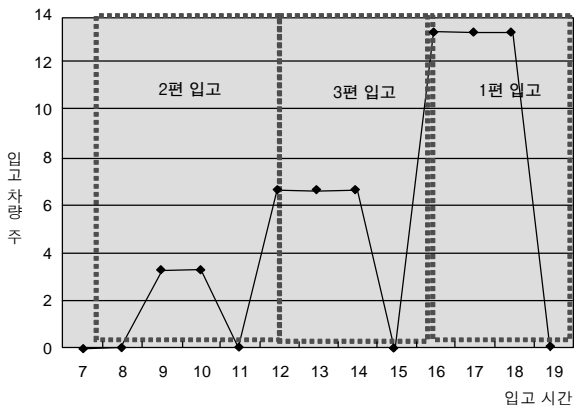


그림 14. 마트 팔레트 차량 입고 스케줄

물류센터 왼쪽의 입고도크의 입고 용량을 분석 하였으며, 비소터제품의 오전 집중 처리를 위해 마트 팔레트 통관제품 및 보관제품의 입고 시간대를 가급적 오후 시간대(오후 1편 입고 시간: 16시~19시)로 이동했을 때의 팔레트 입고 도크에서의 시간 특별 물량 배분 처리가능 여부를 실험 하였다.

팔레트 이동 장비인 포크리프트는 총 6대로 가정하였으며, 팔레트 당 하역 시간은 1분, 이동거리는 평균 140m로 가정하였다.

팔레트 입고는 소터제품 및 비소터제품 입고에 비해 상대적으로 물량이 작고 큰 작업 공간을 필요로 하지 않는 것을 감안하여 소터 및 비소터의 제품 입고를 우선으로 하여 작업자 및 물동량 배치가 가능한지를 확인하였다.

표 3. 마트 팔레트 입고도크 시뮬레이션 결과

도크번호	가동률	처리트럭	비고
1	46.79%	11.0대	입고트럭: 110.5 처리트럭: 110.5 평균처리시간: 0.6분 평균대기시간: 0.1분
2	49.84%	11.6대	
3	47.31%	11.3대	
4	45.86%	11.4대	
5	47.92%	11.2대	
6	49.19%	11.2대	
7	45.51%	11.0대	
8	47.31%	10.9대	
9	48.76%	11.0대	
10	44.11%	10.2대	
11	43.44%	10.6대	
12	40.90%	10.1대	

시뮬레이션 결과 <표 3>에서 확인할 수 있듯이 팔레트 입고도크는 물량에 비해 용량이 여유 있음을 확인할 수 있었다.

2) 슈퍼-보관제품 입고도크

슈퍼 팔레트 입고도크 수는 2개이며, 통관제품은 처리하지 않는다. 따라서 추가적인 슈퍼팔레트제품이 적재할 공간은 필요가 없다. 제품의 흐름은 하역 후 포크리프트로 슈퍼전용 수직반송기 대기장으로 이동했다가 수직반송기를 통해 2층 보관창고에 입고된다. 슈퍼-보관제품 입고도크에 배치된 포크리프트는 총 2대로 하였다.

시뮬레이션 결과는 평균 차량 도착은 10대로 처리율 100%를 만족시켰으며, 평균처리시간은 40.4분, 평균 대기시간 6분이 걸렸다.

4.3 분류 시뮬레이션 실행 및 분석

4.3.1 소터 분류

소터 분류는 소터제품이 선적된 차량이 이용하는 입고도크가 19개, 2층 보관-통관제품 처리에 이용되는 2개로 입고되며, 중간 버퍼(Mid-Buffer) 컨베이어 통과한다. 중간 버퍼 컨베이어 교차 컨베이어에서 목적 점포에 대한 속성에 따라 메인 버퍼(Main-Buffer) 컨베이어로 입력된다. 메인 버퍼 컨베이어의 끝에서 각 목적지 관독한 다음 목적지 출력 슬라이드 슈트로 출하된다. 소터 분류 능력을 검증하기위해 우선 출력 슬라이드 슈트에서 품종(Category) 분류에 대한 작업자 배정에 대한 시뮬레이션 분석을 실행하였다.

1) 품종 분류 검증

출력 슬라이드 슈트 끝에서 품종 분류에 따른 추가 이동 시간 및 작업 시간을 반영하였고, 출력 슬라이드 슈트별 소터제품의 물량에 대해 출력 슬라이드 슈트별 최대 대기 박스를 40 박스로 제한하였다. 작업자 이동 시간은 30m/분으로 하여 품



중 비분류, 품종 4분류, 품종 8분류의 3가지 대안을 가지고 작업효율을 분석하였고, 출력 슬라이드 슈트별 적정한 작업자할당을 분석하였다.

출력 슬라이드 슈트에 발생 물동량은 물류센터의 일일 전체 소터제품 박스 수를 총 65점포로 나눈 평균 박스 수(약 3,000박스)를 발생하였다. 처리시간은 13시간 작업 기준으로 12.5시간 물량 발생, 13시간 시뮬레이션을 실행하였다. 최초 한 개의 출력 슬라이드 슈트 당 1명의 작업자를 고정 할당하였고 처리 능력과 작업자 가동률을 분석하였다. 단 작업자의 휴식과 컨베이어의 고장시간은 고려하지 않았다.

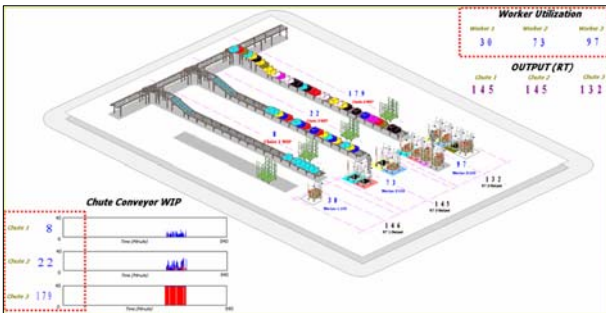


그림 15. 출력 슬라이드 슈트 품종 분류 시뮬레이션

품종 분류에 대한 시뮬레이션 실행 결과 <표 4>와 같이 평균 작업시간은 비분류 4.29초, 4분류 10.48초, 8분류는 14.61초였다. 또한 제품이 발생하여 출력 슬라이드 슈트에 입력되어 처리되지 않은 제품(Work in Process: WIP)의 평균 박스 수는 품종 비분류 1.78박스, 품종 4분류 7.34박스, 품종 8분류 60.92박스로 품종 8분류 시 많은 용량초과(Overflow)가 발생하였다. 또한 품종 4분류는 평상시 순조로운 처리를 하지만 물량의 순간 폭발적으로 발생하게 되면 용량초과가 발생하였다. 가동률은 품종 비분류 25.7%, 품종 4분류 67.7%, 품종 8분류 93.5% 등의 결과가 나왔다. 따라서 물류센터의 품종 8분류를 할 경우 휴식 시간 및 식사 시간을 감안할 경우 약 80%의 가동률의 유지가 바람직하며, 작업자는 가동률 80% 이상의 출력 슬라이드 슈트에는 작업자를 추가로 배치해야 한다.

표 4. 품종 분류 시뮬레이션 실행 결과

구 분	품종분류			단위	
	미 분류	4분류	8분류		
작업 시간	최소	4.00	8.00	8.00	초
	평균	4.29	10.48	14.61	
	최대	9.00	20.00	30.00	
WIP	평균	1.78	7.34	60.92	박스
	최대	26.00	76.00	303.00	
가동률		27.5	67.7	93.5	%

품종 분류 시뮬레이션의 결과 중 출력 슬라이드 슈트의 작

업시간을 품종 8분류 시간을 적용하여 종합물류센터 시뮬레이션에 반영하였다.

작업자 할당을 위해 물동량에 비례하여 물량을 발생시킨 후 가동률을 확인 한 결과 1개의 출력 슬라이드 슈트에서 작업 시간 내 처리 가능한 박스 수는 2,570박스이고, 이때 80%의 가동률이 결과를 얻었다. 출력 슬라이드 슈트 당 작업자 배정은 3,379박스 이상이 발생하는 11개의 출력 슬라이드 슈트에 2명을, 2,600박스~3,379박스를 처리하는 32개의 출력 슬라이드 슈트에 1.5명을, 1,621박스~2,600박스를 처리하는 26개의 출력 슬라이드 슈트에 1명을, 2,600박스 이하를 처리하는 출력 슬라이드 슈트는 0.5명을 할당하였다.

2) 소터 분류 시뮬레이션 분석

종합물류센터에 사용되어질 소터 최대 처리 능력은 시간당 최대 24,000박스를 처리 할 수 있는 설비이나 운영 처리능력을 감안했을 때의 능력은 시간당 17,500박스를 처리하는 능력을 가진 설비이다. 입력 슬라이드 슈트는 총 21개이며, 출력 슬라이드 슈트는 77개이다. 설계되어진 소터의 능력을 시뮬레이션 모델링에 반영하여 소터 분류 프로세스의 영향을 미치는 요인을 파악하였으며, 각 출력 슬라이드 슈트의 작업자를 할당하였다.

초기 시뮬레이션에서 트럭에 선적되어진 제품의 출고지점 수로 분포를 추정하여 초기 입력되어지는 출고지점 분포를 0.5+Lognormal(6.25, 5.18)로 발생하였다. 결과 출력 슬라이드 슈트별에 작업자를 2명 배치했으나 물량이 많은 점에 대하여 소터를 활용하지 않거나 수작업으로 처리하는 등의 사전 처리가 없는 경우 순간적으로 특정 점포에 물량이 많이 발생할 경우 용량초과가 발생하였다.

출력 슬라이드 슈트의 대기 용량을 40박스로 제한하였다. <그림 16>은 시뮬레이션 시간 중의 용량초과가 되는 77개의 출력 슬라이드 슈트의 그래프를 겹쳐 놓은 결과 작업시간 전체 중 대부분이 출력 슬라이드 슈트의 1개 이상이 용량초과가 되었으며, 이 결과 소터의 분류능력에 영향을 주는 것을 확인하였다. 또한 각각의 출력 슬라이드 슈트에 2명을 배치할 경우 실제 출력 슬라이드 슈트에서의 작업자 가동률은 매우 낮았으나, 각 출력 슬라이드 슈트의 선행 분류되는 출력 슬라이드 슈트의 용량초과에 의한 작업 지체로 인해 실제 처리해야할 물량을 다 처리하지 못하였다.

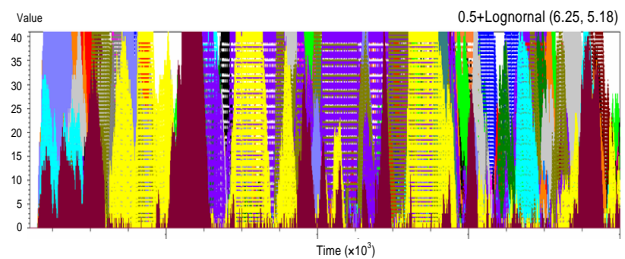


그림 16. 출력 슬라이드 슈트 미처리 박스 수

출력 슬라이드 슈트의 용량초과 발생을 최소화하기 위해, 출고지점 수를 19.5+Lognormal(6.25, 5.18) 분포로 트럭내의 제품의 분포를 크게 하여 제품을 발생하고, 출력 슬라이드 슈트 품종 분류 검증 및 작업자 할당에 대한 분석결과를 반영하여 실험하였다.

시뮬레이션 결과 소터 처리시간 13시간 동안 발생한 물량 모두 처리가능 하였다. 하지만 작업자를 2명씩 배치하고 물량이 많은 제품에 대해 순간적으로 용량초과가 발생하였다. 즉 순간적인 물동량의 급증에 의해 언제든지 용량초과가 발생 가능하며, 이를 막기 위해서는 입고시 점별 물량이 많은 경우 소터를 이용하지 않고 수작업 분류가 필요하다.

4.4 비소터제품 분류 시뮬레이션 분석

수작업 분류장은 65개점의 최대 3개 품종 분류를 위한 최소 공간 할당하였다. 마트제품 입고에서부터 수작업분류 후 대기장 이동을 위한 센터 작업자 30명 할당하고 시뮬레이션 분석을 하였다.

수작업 분류장 운영 용량은 인력 투입에 의해 쉽게 확보가 가능하였고, 인력이 많을수록 이동시 작업 효율성이 떨어졌다. 효율적 공간 활용 및 작업 용량을 올리기 위해선 이동 동선을 고려하여 적정 운영인력의 효율적 활용이 필요한 것을 검증 할 수 있었다.

4.5 대기장 시뮬레이션 분석

4.5.1 출고대기장

출고대기장은 롤테이너만을 적재하여 출고 대기를 하며, 각각 출력 슬라이드 슈트별 출고 대기공간의 할당한 것을 살펴 보면 10개의 출력 슬라이드 슈트에는 96개, 67개 출력 슬라이드 슈트에는 48개의 롤테이너를 적재할 수 있다. 출고대기장은 편별 출고되어지는 제품이 각 지점별로 대기하며 분류되어진 마트제품과 슈퍼제품이 시간대 별로 대기한다.

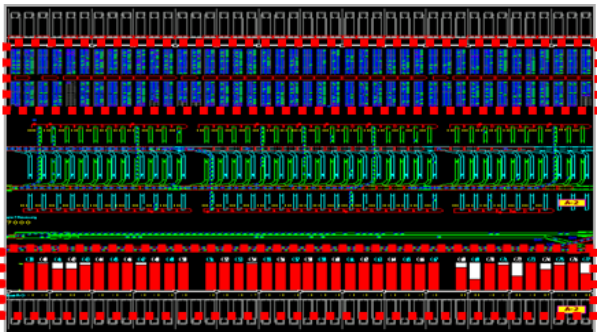


그림 17. 편별 1회 출고 시 출고대기장

초기 시뮬레이션 결과 출고대기장은 <그림 17>에서의 청색으로 표현되는 부분은 롤테이너가 적재된 것을 애니메이션

으로 표현한 것이며, 하단에 적색의 그래프는 롤테이너의 적재량과 대기장에 적재될 수 있는 능력을 그래프로 표현하였다. <그림 17>에서 보듯이 편별 분류가 약 2시간 30분이 지나면 대기공간이 포화상태가 되었다. 또한 편별 차량 적재시간의 지연으로 편별 출고시간을 지키지 못하는 제품들이 상당히 많았다.

따라서 대기공간의 부족 현상을 극복하기 위해서 30분 단위의 물량 확인을 통해 1대 트럭분량 이상이면 점별 출고 트럭에 의해 적재되도록 시뮬레이션 모델링에 반영하여 실험 결과, 대기장의 공간이 충분히 확보되었다.

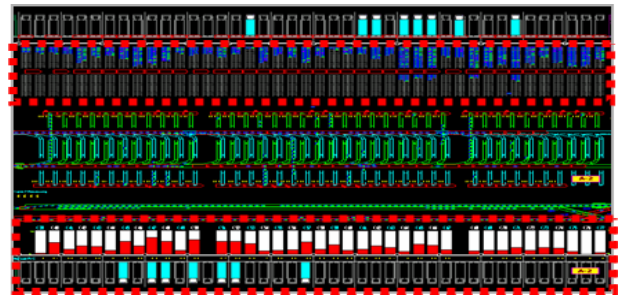


그림 18. 트럭 1대 분량 분류 후 차량상차 시 출고대기장

4.5.2 슈퍼제품 분류 대기장

슈퍼제품 분류 대기장은 <그림 19>에서 볼 수 있듯이 소터 제품 분류대기장, 비소터제품 분류대기장, 팔레트제품 대기장이 있다.

시뮬레이션 결과 슈퍼제품 분류대기장의 공간은 충분하였다. 따라서 분류 시 이동거리의 최소화하기 위하여 대기장의 위치를 배정하였다.

소터제품 분류대기장은 슈퍼 입력 슬라이드 슈트에 가장 가까운 위치에 배정하였고, 비소터제품 분류대기장은 수작업 분류장으로 이동이 용이하도록 수작업 분류장 옆에 배정하였으며, 팔레트 대기장은 벽 쪽에 위치하도록 하였다.

또한 마트 비소터제품이 수작업 분류장에서 점 분류 이후 슈퍼.비소터 물량 역시 같은 장소에서 분류하기 위하여 수작업 분류장의 주변공간은 가장 나중에 적재 되도록 운영 방법을 제시하였다.



그림 19. 슈퍼 대기장 레이아웃

#### 4.6 시뮬레이션 실험의 종합 결론

A-마트는 상온 종합물류센터 시뮬레이션 실험에 대한 시나리오는 종합적인 모델링을 바탕으로 입하도크부터 순차적으로 자원을 할당해 나가는 방식으로 하였다.

입고도크의 실험 결과 소터제품 입고도크의 영향을 주는 요인으로는 입력 슬라이드 슈트의 작업자와 출력 슬라이드 슈트의 처리능력이 있었으며, 입력 슬라이드의 작업자의 적정 수로는 트럭 만차의 경우는 2명의 작업자가 필요한 것을 알았다. 또한 입고도크는 편별 입고 마감시간에 약간의 여유가 있음을 파악하였다. 비소터 입고도크의 경우는 마트 전용도크의 경우 이용률은 81.63%~86.77%로 적당하였고, 슈퍼 전용도크의 경우 69.2%~77.23%로 좀 여유가 있었으며, 마트와 슈퍼의 공용 입고도크의 경우는 90.42%~91.94%로 전용도크보다는 이용률이 많은 것으로 나타났다.

분류 시뮬레이션 분석에서는 소터의 능력을 검증하고, 출력 슬라이드 슈트의 품종분류에 대한 실험을 하였다. 품종분류에 대한 실험 결과 비분류 작업시간은 4.29초, 4분류 작업시간은 10.48초, 8분류 작업시간은 14.61초 이었다, 출력 슬라이드 슈트 당 작업자 배정은 3,379박스 이상이 발생하는 11개의 출력 슬라이드 슈트에 2명, 2,600박스~3,379박스를 처리하는 32개의 출력 슬라이드 슈트에 1.5명, 1,621박스~2,600박스를 처리하는 26개의 출력 슬라이드 슈트에 1명, 2,600박스 이하를 처리하는 출력 슬라이드 슈트는 0.5명을 할당하였다. 또한 마트 점별 물량 분포를 최대한 넓게 하여 물량 집중에 의한 출력 슬라이드 초과에 대한 문제를 발생을 막아야 할 것이다.

비소터제품 분류 시뮬레이션 분석 결과 효율적인 동선의 적용이 중요했으며, 물량 처리 능력은 작업자의 수를 조절하여 해결하였다.

마지막으로 출고 대기장은 분류 중 상차하지 않으면 약 2시간 30분이 지나면 용량이 초과 되므로 약 30분 단위로 점별 할당된 분류대기장을 확인하여 트럭 1대분이상인 점은 상차하여 출고대기장의 용량을 확보해야 할 것이다. 슈퍼제품 분류 대기장과 마트-팔레트제품의 대기장의 경우 수용능력은 충분한 것으로 나타났다.

#### 5. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 물류의 중요성이 부각되는 시기에 물류의 효율성을 극대화 하기위한 A-마트의 상온 제품 종합 물류센터의 건

설 이전에 설계단계에서부터 센터의 종합적인 능력을 시뮬레이션 기법을 통하여 검증하였으며, 시각적으로 표현하였다.

다양한 대안 검증을 위해 유연한 구조의 시뮬레이션 모델 설계 하여 처리 프로세스별 신뢰성 있는 검증과 운영대안을 제시하였다. 시뮬레이션을 통한 설계된 소터 컨베이어의 처리 능력을 검증하였으며, 입력 슬라이드 슈트의 작업자와 출력 슬라이드 슈트의 작업자에 대한 이용률과 처리 능력을 분석하여 적정 작업자를 할당 하였다. 각 입/출고도크의 용량을 검증하였고, 대기장의 공간 이용에 대한 운영대안을 제시하였다.

물류센터에 운영 시뮬레이션을 보다 신뢰성 있게 검증하기 위해서는 운영 단계에서 실제 적용되고 검증이 필요한 부분을 계속해서 분석하고 개선해야 할 것이다. 또한 물류센터 내부 시설과 설비의 검증뿐만 아니라 배송차량의 효율적인 운영에 대한 과학적인 검증을 하고, 각 지점별 배송 경로의 최적화를 통하여 물류의 흐름을 효율적으로 관리하여야 한다.

#### 참고문헌

- Ashayeri, J. and Gelders, L. F. (1985) Warehouse design optimization, *European Journal of Operational Research*, 21, 258-294.
- Gray, A. E., Karmarkar, U. S. and Seidmann (1992) A Design and operation of an order-consolidation warehouse, *Models and application, European Journal of Operational Research*, 58, 14-16.
- Hwang, H. S., Kim, H. K. and Cho, K. S. (2002), Transporter Operation Planning for Refrigerated Warehouse Using Simulation Method, *IE Interfaces*, 15, 382-390.
- Kelton, Sadowski, Sturrock (2003), *Simulation With Arena*, 3rd Edition, McGraw-Hill.
- Kevin R. (1999), The Effects of Trailer Scheduling on the Layout of Freight Terminals, *Transportation Science*, 33, 419-428.
- Kwak, J. S., Sim, B. T. and Im, S. C. (2000), Performance Analysis of the Cart Type at Closed Loop System with Simulation, *Proceeding of the 2000 KSS Fall Conference*, 49-55.
- Lee, J. J., Pack, Y. J. and Jung, T. O. (2005), Restructuring of the Logistics Network and Calculating of the Distribution Center Size Based on Simulation Method, *Proceeding of the 2003 IE & MS Spring Conference*, 93-99.
- Lee, S. K., Kim, K. B. and Jung, B. J. (2003), A study of inventory policy selection in fourth party logistics environment, *Proceeding of the 2003 IE & MS Fall Conference*, 708-716.
- Lee, Y. H. and Pack, Y. B. (2005), A Simulation Analysis of the Operation Improvement at L-Mart Transfer Center, *Proceeding of the 2005 IE Fall Conference*, C10(2).
- Park, M. S., Kim, S. H., and Park, B. I. (2000), A Study on the public warehousing in manufacturing companies, *Korean Management Review*, 29(1), 1-18.
- Theme Dictionary, Available at <http://100.naver.com/100.nhn?docid=66317>.

**전 병 학**

2004 서울산업대학교 산업정보시스템공학과  
학사

현재: 서울산업대학교 철도전문대학원 철도  
경영정책학과 석사과정

관심분야: 산업공학, 생산관리, 철도운영, 모  
델링&시뮬레이션, 스케줄링,

**장 성 용**

서울대학교 산업공학과 학사

서울대학교 대학원 산업공학 석사

서울대학교 산업공학과 공학박사

현재: 서울산업대학교 산업정보시스템공학과  
교수

관심분야: 생산 및 물류시스템 운영 및 설계,  
시뮬레이션, e-비즈니스, 제약이론(TOC)