

L-마트 상온 제품 종합물류센터 실시설계를 위한 시물레이션

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

전병학*, 장성용**

* 서울산업대학교 철도전문대학원 철도경영정책학과(siroomi@hanmail.net)

**서울산업대학교 산업정보시스템공학과(syjnag@snu.ac.kr)

Abstract

본 논문에서는 L-마트 상온 제품 종합물류센터 실시설계 대안별 검증을 통해 신뢰성을 향상하고 추가 보완사항을 발굴하여 개선하고 설계의 편의를 제공하기 위한 시물레이션 모델을 개발하여 물류센터 설비 및 레이아웃, 운영 방안에 대해 종합적인 대안을 제시하였다.

다양한 대안 검증을 위해 유연한 구조의 시물레이션 모델을 설계하였으며, 컨베이어 소터의 처리량과 컨베이어 선적 작업자와 컨베이어 하역 작업자의 이용률 및 필요 인원, 각 입/출고도크의 이용률 등을 컨베이어 소터 운영의 성능평가 요소로 정의 하였으며, 비소터 물량을 처리하는 수작업장의 운영의 성능평가 요소로서는 작업자의 이용률과 입고도크의 이용률을 반영하였다. 마지막으로 팔레트 물량을 처리하는 팔레트 작업에서는 팔레트 운반장비의 이용률과 입고도크의 이용률을 성능평가 요소로 반영하였다.

시물레이션 모델에서는 물류센터 설비 대안, Layout 변화에 따른 특성 분석을 반영하여 L-마트 물류센터 운영 프로세스를 정의하였다.

개발된 시물레이션 모델에서는 입력 데이터의 분석과 시물레이션 모델의 신뢰성 검증을 위해 운영을 위한 파라미터를 설정하고, 실제감이 있는 2D Animation을 통해 시물레이션 상의 물류의 이상 발생을 시각화하여 보여주도록 하였다.

시물레이션의 결과치에 대한 평가 요소 및 대안별 정량적 분석을 통해 L-마트 상온 제품 종합물류센터의 종합적인 운영방안을 제시하였다

1. 서론

1.1 종합물류센터 실시설계를 위한 시물레이션 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

→ 중도적환(中途積換)→ 하역, 배달 → 보관 → 개장(開裝)의 여러 과정을 거친다. 어떠한 수송 수단을 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·대량소비 시대의 추세가 되었으며, 그 사이를 잇는 물자의 흐름을 효율화할 필요성이 커졌기 때문이다. 근대기업에서는 상적 유통활동, 즉 거래의 부분만이 아니라, 제품을 소비자의 손에까지 정확하고 신속하게 배달할 물류활동이 중요한 부분으로서 부각되었다. 즉 경제발전과 함께, 생산비용의 인하만을 추구하다가 가는 격심한 기업경쟁에서 이길 수가 없으며, 유통비도 가능한 한 절감되도록 해야 한다는 견해가 대두되었다. 현재, 물적 유통합리화의 수단으로서, 대도시 주변에 물류센터·트럭 터미널·창고단지 등을 집중적으로 들어서게 하는 유통센터의 건설, 컨테이너나 팔레트를 이용하여 수송의 일관화를 꾀하는 유닛로드시스템(unit load system)이 추진된다. 각 수송기관의 유기적 결합으로 수송의 효율화를 지향하는 협동일관수송 등이 진행되고 있으며, 국가에서 조성하고 있는 곳도 있다.

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

본 논문에서는 L-마트가 추진하고 있는 신설 물류센터 중 상온 제품 종합물류센터의 실시설계를 위한 시물레이션 분석을 실시하였다. 시물레이션을 통하여 효율적인 운영방법을 제시 하려 하였으며, 또한 운영방법에 따른 프로세스 단계별 작업리소스의 필요한 적정수준을 제시하고자 한다.

1.2 종합물류센터 실시설계를 위한 시물레

이전의 개념 및 목적

1) 개념

'L-마트 상은 제품 종합물류센터 실시설계를 위한 시뮬레이션'(이하 '종합물류센터 시뮬레이션'이라고 함)을 다양한 조건하에서 시스템의 상태를 평가할 목적으로 현실 시스템이나 목표로 하는 시스템을 시뮬레이션 모델에 반영하여, 시스템의 상호 작용이나 시스템 통합에 대한 분석을 효율적으로 수행할 수 있는 있도록 하였다.

기본 설계안을 분석하여, 운영 대안에 불필요한 요소를 제거한 검증된 데이터를 근거로 가상의 시뮬레이션 모델을 완성 시킨다. 초기 모델링의 타당성을 검증하기 위하여 2D-Animation과 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.

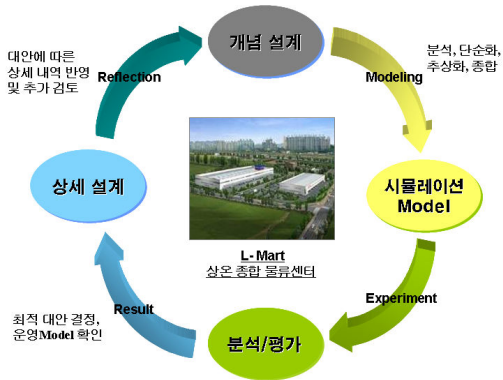


그림 1 종합물류센터 시뮬레이션의 개념

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.

다양한 대안 검증을 위해 유연한 구조의 시뮬레이션 모델을 설계 하고, 시뮬레이션을 통한 성능평가 요소를 설정한다. 또한 종합물류센터 시뮬레이션 모델에 설비 대안 별로 특성 및 모델 Layout 변화를 분석하고 모델 반영하여 롯데마트 신 물류센터 운영 프로세스 제시하고자 한다.

2. L-마트 상온 제품 종합물류센터 개요

2.1 제품흐름

L-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 입고 제품의

종류는 크게 마트제품과 슈퍼제품으로 분류되며, 제품을 분류하는 시기별로는 당일 분류하여 처리되는 TC제품(박스/RT/팔레트)과 특정 제품의 안전재고 및 헤지(hedge)재고의 목적으로 저장하는 DC제품(팔레트)으로 분류된다.

TC제품의 경우 처리 프로세스 별로 구분된다. 우선 기존의 크로스 도킹 방식을 개선하기 위한 소터(컨베이어 자동분류설비) 프로세스를 통하여 분류되는 박스제품과 제품의 특성상 소터를 이용할 수 없는 박스를 분류하는 크로스 도킹 방식의 비소터(Non-Sorter) 프로세스, 그리고 마트 또는 슈퍼의 이벤트(정기할인행사, 성수기)를 위한 대량의 물량을 팔레트 단위로 처리하는 팔레트 처리 프로세스가 있다.

DC물량은 저장을 위해 입고되며, 물류센터 입고 후 2층 저장창고에 입고되며 특정한 주문을 받으면 출고 되어진다. 출고 방법은 TC제품의 제품 특성 별로 세가지 처리 방법을 통하여 처리되어 진다. L-마트의 점별 분류의 운영 방법은 65개점으로 분류하며, 마트의 TC제품 입고는 1일 3편의 입고와 3편 출고를 한다. 슈퍼의 입고는 1일 단일 편수로 입/출고를 하며, 마트의 물량을 분류 후에 비소터 분류 제품은 저녁시간에 처리하고, 소터 분류 제품과 DC분류제품은 새벽에 분류를 한다.

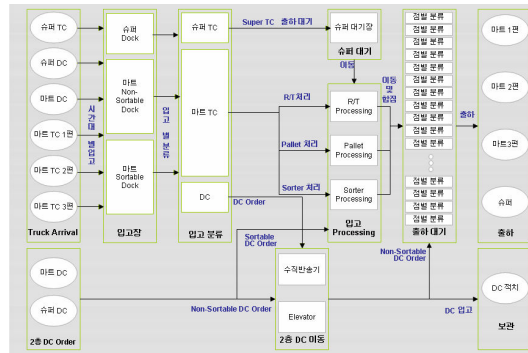


그림 2 종합물류센터의 제품분류 흐름도

2.2 시설 및 배치

종합물류센터의 시설의 구성은 입고도크, 출고도크, 제품 출고대기장, 출고도크, 2층 재고 보관창고 등 크게 다섯 구역으로 나누어진다.

입고도크는 컨베이어 분류시스템인 소터에 의해 처리되기 위한 소터 입고도크, 제품의 특성상 소터로 분류되지 않는 비소터 입고 및 슈퍼 제품의 입고를 하기위한 비소터&슈퍼 입고도크, 마트의 이벤트 및 행사를 위한 제품인 팔레트 제품과 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 슈트(Chute) 수와 동일하게 배정하였다. 이로 인해 출고도크의 처리 능력은 시뮬레이션 분석에서 충분한 능력이 검증되었으며 세부 분석은 배제하였다.

제품 출고대기장은 제품의 마트-TC제품, 마트-팔레트, 슈퍼 제품 분류대기장으로 구분되어 있다. 2층 재고 보관 창고는 마트-DC제품과 슈퍼-DC

제품이 보관된다. 제품의 출하시 사용되는 자원은 2층에서부터 직접 소터에 입고되기 위한 슈트와 엘리베이터를 사용하고, 제품 입고시에는 수직반송기를 통하여 2층으로 올려 진다.

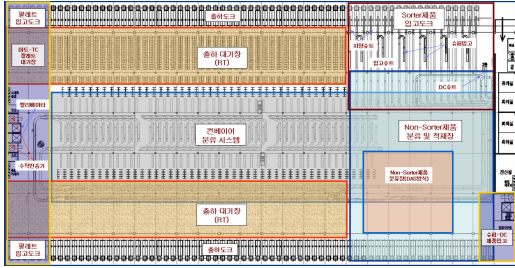


그림 3 종합물류센터 레이아웃

2.3 자원

1) 소터(Sorter)

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

입고 슬라이드 슈트는 입고도크에서 입력되는 19개의 투입 라인이 배치되며, 2층의 DC제품을 처리 하는 2개의 투입라인을 모델링에 반영하였다.

출고 슬라이드 슈트는 총 사용 가능한 슈트의 수는 77개며, 각 마트별 물동량에 비례하여 1~2개의 슈트(9개점 2개라인, 56개점 1개라인 배정)를 배정하였으며, 같은 비율로 TC 출고대기장을 배정하였다.

2) 작업자 및 운반 장비

제품이 입고도크에 도착하여 출고할 때까지 물류센터에서 처리되어지는 제품은 사람, 소터, 운반 장비를 이용하여 이동하게 된다. 작업자 및 운반 장비는 마트와 슈퍼의 물량을 모두 처리하고, 각 자원의 능력은 L-마트의 현재 운영 중인 자원의 처리능력을 최대한 반영하여 모델링에 반영하였고 물류센터 내의 신규업무 프로세스에 대한 처리능력은 각 작업별 동작을 구분하여 처리가능한 능력을 시뮬레이션을 분석을 통해 반영 하였다. 또한 물류센터 내 업무 프로세스에 따라 작업자, 포크리프트(Forklift) 작업을 결정 하고 이에 따른 작업 시간 고려하였다.

3) 2층 보관창고

2층 보관창고로 운반하는 장비는 엘리베이터와 수직반송기, 2층 DC 슬라이드 슈트가 있고, 1층에서 2층으로 올리는 작업은 수직반송기(2기: 마트DC제품, 1기:슈퍼DC제품)가 있으며, 2층에서 1층으로 내리는 작업은 엘리베이터(2기: 마트 비소터 분류 제품, 1기: 슈퍼 비소터 분류제품)와 2개 라인의 슬라이드 슈트(소터 분류제품)가 있다.

2층 보관창고의 용량은 제품보관에 대한 운영방안이 설정되지 않은 상태이며, 2층 창고의 용

량과 설비 배치에 대한 분석에 있어 본문에서는 2층 보관창고의 시뮬레이션은 입고와 출고 시 이용되어지는 입고도크에 대한 분석만을 실시하였다.

3. 운영

3.1 운영시간

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

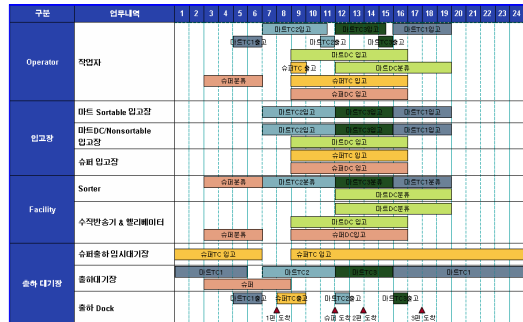


그림 4 제품 입/출고 및 운영 스케줄

위의 그림에서와 같이 작업자의 투입은 마트 TC 입/출고에 맞추어 투입되며 마트 TC는 총 3편의 입/출고 스케줄이 있으며, 마트 DC출고는 마트 TC출고와 편수를 같이하여 출고된다.

슈퍼 제품의 입고는 오전 9시부터 오후 4시까지 단일 편수로 구성하였으며, 슈퍼제품의 출고를 위한 분류작업은 입고 후 슈퍼 제품 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 구분되며, 제품의 특성(포장: 크기, 포장종류, 제품)별로 소터 분류 프로세스(규격박스), 비소터 분류프로세스(비규격박스), 팔레트 프로세스(팔레트)가 있다.

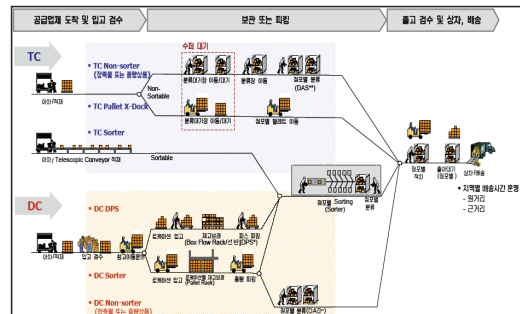


그림 5 제품별 분류프로세스 흐름도

3.3 시물레이션 적용 물동량

L-마트 상온 제품 종합물류센터의 제품 물동량은 향후 물류센터에서 처리해야 하는 피크물량을 기준으로 반영하였다. 마트 제품의 물동량은 13시간 기준으로 시간별로 물동량 배분(마트)시간별 물동량을 배부하는 1일 3편 배송을 기준으로 한 시간 별 물동량 균등 배분하였다.

비소터 물량(수작업 분류 물량)의 입고 시간을 가급적 빨리 배치함으로써 비소터 물량의 분류 공간을 슈퍼 물량 대기공간으로 활용하였다. 초기 비소터 물동량을 고려하여 편당 팔레트 입고 및 소터물량 입고시간대를 배분하였고, 소터 물량은 시간당 TC 입고 물량과 DC 출고 물량을 합하여 소터의 최대 용량을 넘지 않도록 배분하였다.

마트 및 슈퍼의 점별 물동량은 향후 5~7년의 점별 예상 매출액을 기반으로 산정하고, 소터의 슈트 및 대기장 공간은 점별 예상 물동량 기준으로 차등 배분하였다.

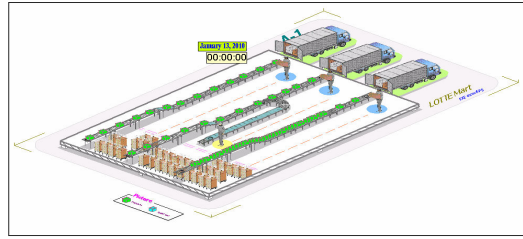


그림 7 소터 물량 입고 시물레이션

소터 입고도크에서의 적정 작업자 수 분석을 위해 입고 용량을 변경하면서 테스트를 실행하였다. 그 결과 초기입고도크의 유희시간과 소터 처리 능력이 입고 용량을 좌우 하였으며, 소터의 최종분류 지점의 슬라이드 슈트의 처리가 문제가 되어 작업 시작시 입하가능 도크 수만큼 초기 물량 발생을 하였다.

4 시물레이션 모델링 및 분석

종합 물류센터의 시물레이션 모델링은 기본 로직과 실제감 있는 2D-애니메이션으로 기본 로직이 2D-애니메이션에서 시각적인 확인이 가능하도록 하였다. 2D-Animation은 물류센터의 레이아웃을 바탕으로 하는 개요화면과 입고, 출고, 엘리베이터의 프로세스가 처리되어지는 과정을 세부적으로 표현 하였다.

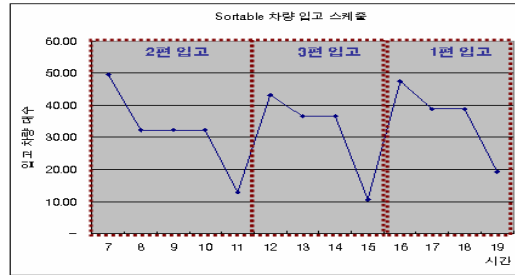


그림 8 소터물량 차량 입고 스케줄

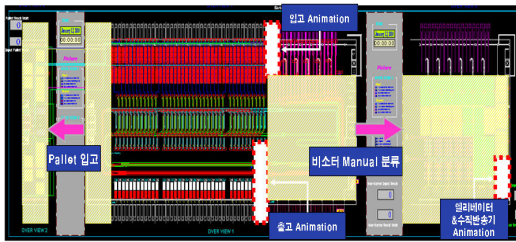


그림 6 개요

4.1 입고 시물레이션 실행 및 분석

제품의 입고는 차량에 의해 입고도크로 입고되며, 소터 물량 입고와 비소터 물량 입고, 팔레트 물량 입고로 구분되었다. 입고 차량은 8톤 트럭을 기준으로 트럭이 입고하여 입고 도트에 접안하는데까지는 5분으로 설정하여 시물레이션 실험을 하였다.

1) 소터 물량 입고

소터 물량 입고의 차량 접안 도크 수는 19개, 차량은 8t차량(평균적재 383박스)기준으로 하였고, 컨베이어 입력 시 박스 하역 작업 담당자는 협력업체 납품 담당자 1명으로 하였다. 각각의 편 구분에 의해 7시부터 19시까지 물량 발생시키고, 트럭 도착 시간 정보는 시간대별 입고 수량 지정된 트럭 수를 지수 분포로 발생하였다.

입고시 차량의 전체 센터 운영에 따른 시간대별 물동량 처리 용량을 검증하고자 한다. 트럭별 하역 작업 필요 인원수를 도출하였으며, 트럭의 입고 형태를 분석하였다.

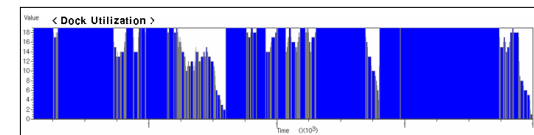


그림 9 소터물량 입고도크 가동률

[단위 : 분]

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

표 1 대안별 소터 물량 입고도크 시물레이션 결과

위의 표는 시뮬레이션 결과이며, 슬라이드 슈트의 용량은 영향을 받지 않게 하여 시뮬레이션을 실행한 결과 입고도크의 작업자 2명필요하며 이때의 처리율은 시간 내에 100%를 달성하게 되었다.

2) 비소터 입고도크

비소터 입고도크는 컨베이어 소터로 분류하지 못하는 마트 TC물량과 슈퍼 TC물량을 입고하는 도크이다.

마트 물량 전용 입고도크 수는 9개, 슈퍼 물량 전용 입고도크 수는 7개이며, 공용 3개의 입고도크는 슈퍼 물량과 마트 물량을 공유하여 사용하도록 하였다.

박스 하역 작업은 소터 물량 입고도크와 같이 협력업체 납품 담당자 1명으로 하였고, 작업 시작시 차량 발생은 소터물량 입고도크와 같은 방법으로 입고 가능 도크 수만큼 초기 물량 발생시켰다. 각각의 편 구분에 의해 마트 물량은 7시부터 14시까지의 물량을 발생시켰고, 슈퍼 물량은 9시부터 17시까지 발생시켰다.

그리고 슈퍼 물량은 마트 물량의 분류 완료 후 처리하는 운영 규칙에 따라 입고 시간때 별 물량을 작업시간 후반부에 갈수록 많이 입고되도록 하였으며, 마트 물량은 전반부에 많이 입고하도록 물량을 발생 시켰다.

비소터 물량은 수작업(DAS형 분류장)으로 분류하는 프로세스이다. 슈퍼 물량 대기공간을 위해 비소터 물량의 입하 시간을 최대한 앞당겼을 때의 입고처리가능 여부를 비소터 입고도크의 검증기준으로 하였다. 트럭 입고 시간 정보는 시간때 별 지수분포로 입력하였다.

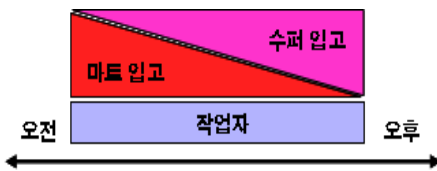


그림 10 비소터 물량의 시간별 마트/슈퍼입고 흐름

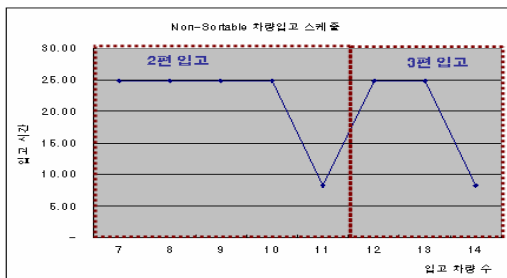


그림 11 비소터 차량 입고 스케줄

마트 비소터 물량 입고는 슈퍼 물량 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 비소터 물량 입고처리 작업자를 할당한 후 우선순위에 의하여 작업하고, 제품별 하역과 동시에

RT에 담아 제품별 검수 후 바로 수작업분류장으로 이동하여 작업을 처리함으로써 대기 공간의 필요성 최소화 및 입고도크 용량을 높이게 하였다. 따라서 전체 적인 비소터 입고도크의 용량은 예정된 입고스케줄에 의해 입고 시 큰 무리 없이 작업 가능하였다. 그러나 일부 상황에서 수작업분류장 대기 용량에 의해 약간의 입고 지연 발생하는 것을 알 수 있었다.

시뮬레이션 세부 결과는 우선 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 대기시간은 30.3분이 발생하였다. 마트전용 도크의 경우 이용률은 각각 도크별 81.63% ~ 86.77%로 적정한 수준이었다.

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

표 2 비소터 입고도크 시뮬레이션 결과

* 10~12번 도크 : 마트/슈퍼 공용

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

또한 10~12번의 공용 입고도크의 경우는 다른 입고도크보다 이용률이 90.42% ~ 91.94%로 높은 결과를 나타냈다. 이것은 마트 비소터 물량은 14시 이후로 입고되지 않고, 슈퍼 물량은 오전 9시부터 입고되는데 이용률을 오전 7시부터 오후 17시까지 집계하였기 때문이다.

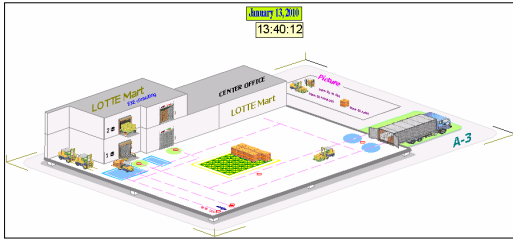


그림 12 비소터 입고도크

3) 팔레트 입고도크

슈퍼 DC 제품과 마트 DC 제품은 팔레트 입고도크로 입고된다. 즉 팔레트 입고도크를 따로 구분을 함은 입고하여 센터내의 이동이 박스/RT단위와 팔레트 단위로 이동이기 때문이다. 즉 비소터 입고도크로 들어오는 모든 제품은 차량에 선적되어 있는 단위가 박스, RT, 팔레트에 상관하지 않고 하역 시 모든 제품이 RT에 적재되어 운반되지만, 팔레트 입고도크로 입하되는 제품은 입고 시부터 센터내의 이동 적재가 팔레트 단위로 처리되기 때문이다.

팔레트 입고도크 또한 마트 입고도크와 슈퍼 입고도크로 각각의 입고도크와 팔레트 적재 위치가 다르다.

가) 마트 팔레트 입고도크

마트 팔레트 입고도크에서는 마트 TC 제품 중 팔레트 단위로 적재하였다 출고 편수에 맞추어 출고 되는 제품과 마트 DC제품을 처리하게 된다. 또한 사용되는 장비로는 포크리프트와 수직반송기가 이용된다. 팔레트 입고 Dock Door 수는 12개이며, 트럭 입고시간 정보는 다른 입고도크와 같이 지수분포로 입고된다.

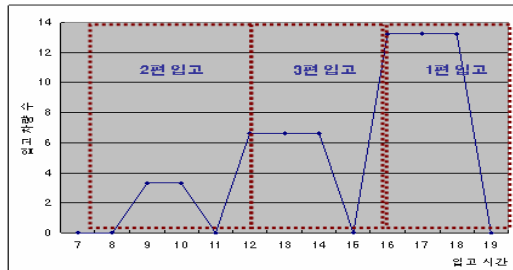


그림 13 마트 팔레트 차량 입고 스케줄

물류센터 왼쪽의 입고도크의 입고 용량을 분석하였으며, 비소터 물량의 오전 집중 처리를 위해 마트 팔레트 TC 제품 및 DC 전용 입고 시간대를 가급적 오후 시간대 (오후 1편 입고 시간 : 16시 ~ 19시)로 이동했을 때의 팔레트 입고 Dock에서의 시간대 물량 배분 처리가능 여부를 실험 하였다.

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

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

도크 번호	가동률	처리트럭	비고
1	46.79%	11.0 대	입고트럭: 110.5 처리트럭: 110.5 평균처리 시간: 20.6분 평균대기 시간: 0.1분
2	49.84%	11.6 대	
3	47.31%	11.3 대	
4	45.86%	11.4 대	
5	47.92%	11.2 대	
6	49.19%	11.2 대	
7	45.51%	11.0 대	
8	47.31%	10.9 대	
9	48.76%	11.0 대	
10	44.11%	10.2 대	
11	43.44%	10.6 대	
12	40.90%	10.1 대	

표 3 마트 팔레트 입고도크 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과로 확인할 수 있듯이 팔레트 입고도크는 물량에 비해 용량이 여유 있음을 확인할 수 있었다.

나) 슈퍼 DC 입고도크

슈퍼 팔레트 입고도크 수는 2개이며, TC제품은 처리하지 않는다. 따라서 추가적인 슈퍼팔레트 제품이 적재할 공간은 필요가 없다. 제품의 흐름은 하역 후 포크리프트로 슈퍼전용 수직반송기 대기장으로 이동했다가 수직반송기를 통해 2층 보관창고에 입고된다. 슈퍼 DC 입고도크에 배치된 포크리프트는 총 2대로 하였다. 시뮬레이션 결과는 평균 차량 도착은 10대로 처리율 100%를 만족시켰으며, 평균처리시간은 40.4분, 평균 대기시간 6분이 걸렸다.

4.2 분류 시뮬레이션 실행 및 분석

1) 소터 분류

소터 분류는 소터 물량 차량 입고도크에 19개, 2층 제품 처리에 이용되는 2개로 입고되며, Mid-Buffer컨베이어 통과한다. Mid-Buffer컨베이어 교차 컨베이어에서 목적 점포에 대한 속성에 따라 Main-Buffer 컨베이어로 들어간다. Main-Buffer컨베이어의 끝에서 각 목적지 판독한 다음 목적지 슬라이드 슈트로 출하된다. 소터 분류 능력을 검증하기 위해 우선 슬라이드 슈트에서 품종(Category)분류에 대한 작업자 배정에 대한 시뮬레이션 분석을 실행하였다.

가) 품종 분류 검증

슬라이드 슈트 끝에서 품종 분류에 따른 추가 이동 시간 및 작업 시간을 반영하였고, 슈트별 소터 물량에 대해 슈트별 최대 대기 박스를 40박스로 제한하였다. 작업자 이동 시간은 30m/분으로 하여 품종 미분류, 품종 4분류, 품종 8분류의 3가지 대안을 가지고 작업효율을 분석하였고, 슈트별 적정한 작업자할당을 분석하였다.

슬라이드 슈트에 발생 물동량은 물류센터의 일일 전체 소터 물량 박스 수를 총 65점포수로 나눈 평균 박스 수(약 3,000박스)를 발생하였다. 처리시간은 13시간 작업 기준으로 12.5시간 물

량 발생, 13시간 시뮬레이션을 실행하였다. 최초 1 슈트당 1 작업자 고정 할당하였고 처리 능력과 작업자 가동률을 분석하였다. 단 작업자의 휴식과 컨베이어의 고장시간은 고려하지 않았다.

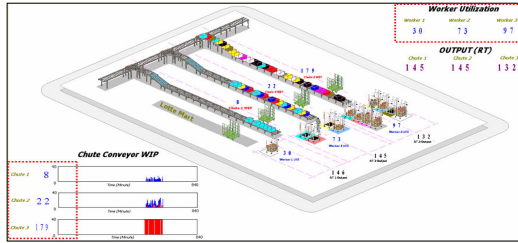


그림 14 슈트 품종 분류 시뮬레이션

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

구분	품종분류			단위	
	미분류	4분류	8분류		
작업시간	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	%

표 4 품종 분류 시뮬레이션 실행 결과

품종 분류 시뮬레이션의 결과 중 슬라이드 슈트의 작업시간을 품종 8분류 시간을 적용하여 종합물류센터 시뮬레이션에 반영하였다.

작업자 할당을 위해 물동량에 비례하여 물량을 발생시킨 후 가동률을 확인 한 결과 1슈트에서 작업시간내 처리가능한 박스 수는 2,570박스이고, 이때 80%의 가동률이 결과를 얻었다. 슈트당 작업자 배정은 3,379박스가 발생하는 11개 슈트에 2명, 2,600박스 ~ 3,379박스를 처리하는 32개 슈트에 1.5명, 1,621박스 ~ 2,600박스를 처리하는 26개 슈트에 1명, 2,600박스 이하를 처리하는 슈트는 0.5명을 할당하였다.

나)소터 분류 시뮬레이션 분석

종합물류센터에 사용되어질 소터 최대 처리 능력은 시간당 최대 24,000박스를 처리 할 수 있

는 설비이나 운영 처리능력을 감안했을 때의 능력은 시간당 17,500박스를 처리하는 능력을 가진 설비이다. 입고 슈트는 총 21개이며, 출하 슬라이드 슈트는 77개이다. 설계되어진 소터의 능력을 시뮬레이션 모델링에 반영하여 소터 분류 프로세스의 영향을 미치는 요인을 파악하였으며, 각 슬라이드 슈트의 작업자를 할당하였다.

초기 시뮬레이션에서 트럭에 선적되어진 제품으 출고지점 수로 분포를 0.5+Lognormal(6.25, 5.18) 분포로 발생하였다. 결과 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.

그림 15는 슬라이드 슈트의 미처리 박스 수가 나타내며, 박스 수가 40개 이상이면 용량초과가 발생하는 것이다, 작업시간 전체 중 대부분의 슬라이드 슈트에서 랜덤하게 발생하였다. 또한 각각의 슈트에 2명을 배치할 경우 실제 슈트에서의 작업자 가동률은 매우 낮았으나, 각 슈트의 선행 분류되는 슬라이드 슈트의 용량초과에 의한 작업 지체로 인해 실제 처리해야할 물량을 다 처리하지 못하였다.

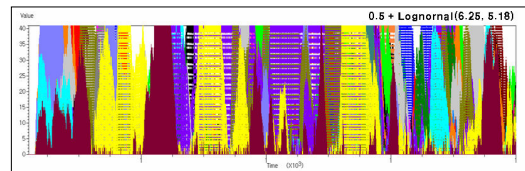


그림 15 슬라이드 슈트 미처리 박스 수

슬라이드 슈트의 용량초과 발생을 최소화 하기 위해, 출고지점 수를 19.5+Lognormal(6.25, 5.18) 분포로 발생하고, 슬라이드 슈트 품종 분류 검증 및 작업자 할당에 대한 분석결과를 반영하여 실험하였다.

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

4.3 비소터 분류 시뮬레이션 분석

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

수작업분류장 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.

4.4 대기장 시뮬레이션 분석

1) 출고대기장

출고대기장은 RT만을 적재하여 출고 대기를 하며, 각각 슈트별 출고 대기공간은 10개의 슈트에는 96개, 67개 슈트에는 48개의 RT를 적재할 수 있다. 출고대기장은 편별 출고되어지는 제품이 각 지점별로 대기하며 분류되어진 마트 물량과 슈퍼 물량이 시간때 별로 대기한다.

초기 시뮬레이션 결과 출고대기장은 그림 16에서와 같이 편별 분류가 약 2시간 30분이 지나면 대기공간이 포화상태가 되었다. 또한 편별 차량 적재시간의 지연으로 편별 출고시간을 지키지 못하는 제품들이 상당히 많았다.

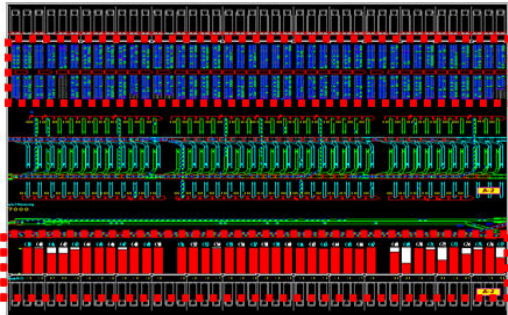


그림 16 편별 1회 출고 시 출고대기장

따라서 대기 공간의 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.

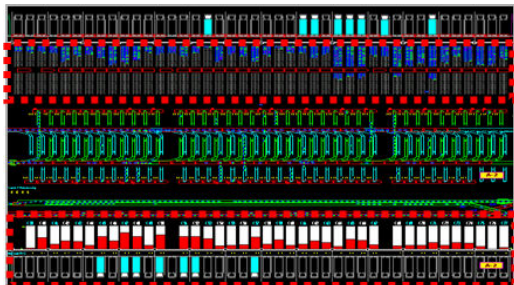


그림 17 트럭 1대 분량 분류 후 차량적재 출고대기장

2)슈퍼 제품 분류 대기장

슈퍼 제품 분류 대기장은 소터 제품 분류대기장, 비소터 제품 분류대기장, 팔레트 물량 대기장이 있다.

시뮬레이션 결과 슈퍼 제품 분류대기장의 공간은 충분하였다. 따라서 분류시 이동거리의 최소화하기 위하여 대기장의 위치를 배정하였다.

소터 제품 분류대기장은 슈퍼 입고 슈트에 가장 가까운 위치에 배정하였고, 비소터 제품 분류대기장은 수작업분류장으로 이동이 용이하도록 수작업분류장 옆에 배정하였으며, 팔레트 대기장은 벽쪽에 위치하도록 하였다.

또한 마트 비소터 물량이 수작업분류장에서 점 분류 이후 슈퍼 비소터 물량 역시 같은 분류하기 위하여 수작업분류장의 주변공간은 가

장 나중에 적재 되도록 운영 방법을 제시 하였다.



그림 18 슈퍼 대기장 레이아웃

5. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 물류의 중요성이 부각되는 시기에 물류의 효율성을 극대화 하기위한 L-마트의 상온 제품 종합 물류센터의 건설 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 적정 컨베이어 소터의 처리량과 컨베이어 선적 작업자와 컨베이어 하역 작업자의 이용률 및 초기 작업자를 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 내부시설과 설비의 검증뿐만 아니라 배송차량의 효율적인 운영에 대한 과학적인 검증을 하고, 각 지점별 배송 경로의 최적화를 통하여 물류의 흐름을 효율적으로 관리하여야 한다.

참고문헌

이의형, 박양병. (2005), L-마트 통과형 물류센터 운영개선을 위한 시뮬레이션 분석, 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, C10(2)
 kelton, Sadowski, Sturrock(2005), Arena를 이용한 시뮬레이션 3E, 교보문고, 서울.
 광재식, 심병태, 임석철 (2000), 시뮬레이션을 통한 Closed Loop 대차식 시스템의 성과분석, 시뮬레이션 학회 추계학술대회, 49-55
 Kevin R.(1999), The Effects of Trailer Scheduling on the Layout of Freight Terminals, Transpotaion Sciene, Vol 33, 419-428.
 박양병, 염대원 (2002), 국내 T물류센터에서의 팔레트 불출정책 대안에 대한 시뮬레이션 연구, 한국로지스틱스학회, 10(1), 1-15