

# A-마트 저온제품 종합물류센터 실시설계를 위한 시물레이션

전병학<sup>1</sup> · 장성용<sup>2\*</sup>

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

Jeon, Byoung-hack · Jang, Seong Young

### ABSTRACT

This paper deals with the simulation model for design and operations of A-Mart logistic center for low temperature products. In developed simulation model, receiving docks, digital classification system (DCS), shipping docks, material handling devices and manual sorting stations are considered. Five types of cargo such as fruits, palletized fruits, delicatessen and fisheries, vegetables and refrigerated cargoes 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, DCS capacity, 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 DCS throughput, utilization of operators at each station, receiving docks utilization and folk-lift utilization are considered for the alternative evaluation.

**Key words :** Distribution center, Simulation analysis, Resource allocation

### 요약

본 논문에서는 A-마트 저온제품 종합물류센터 실시설계 대안별 검증율 향상을 통해 신뢰성을 향상하고, 추가 보완사항을 발굴하여 개선하고, 설계의 편의를 제공하기 위한 시물레이션 모델을 개발하여 물류센터 설비 및 레이아웃, 운영 방안 등에 대해 종합적인 대안을 제시하였다. 시물레이션을 통한 총 5가지 품종을 65점별로 분류하는 작업장과 각 마트별 출고 대기장을 모델링에 반영하였으며, 운영시간 내에 처리 가능한 작업 파트별 작업자의 수와 작업자 가동률, 각 작업 대기장 및 하역장의 대기용량의 수준을 평가요소로 반영하였다. 또한 입/출고 도크의 가동률과, 팔레트 처리를 위한 운반장비의 가동률을 성능평가 요소로 반영하였다. 개발된 시물레이션 모델에서는 실제감 있는 2차원 애니메이션을 통해 시물레이션 상의 물류의 이상 발생을 시각화하여 보여주도록 하였다. 시물레이션의 결과에 대한 평가 요소 및 대안별 정량적 분석을 통해 A-마트 저온제품 종합물류센터의 종합적인 운영방안을 제시하였다.

**주요어 :** 물류센터, 시물레이션 분석, 자원할당

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경

근대기업에서는 상적 유통활동, 즉 거래의 부분만이 아

니라, 제품을 소비자의 손에까지 정확하고 신속하게 배달할 물류활동이 중요한 부분으로서 부각되었다. 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 협동일관수송 등이 진행되고 있으며, 국가에서 조성하고 있는 곳도 있다.

공급사슬에서의 물류센터에 관한 연구는 제3자 물류와

2006년 7월 14일 접수, 2006년 9월 25일 채택

<sup>1)</sup> 서울산업대학교 철도전문대학원 철도경영정책학과

<sup>2)</sup> 서울산업대학교 산업정보시스템공학과

주 저자 : 전병학

교신저자 : 장성용

E-mail: syjang@snu.ac.kr

제4자 물류에 대한 초점이 되고 있다. 3자 물류와 4자 물류는 생산자와 소비자 사이에 물류흐름을 주관하는 기업에 대하여 효율적이고 보다 정확한 물류흐름에 대한 연구들이다.<sup>[4]</sup>

제3자 물류는 하주기업이 고객서비스 향상, 물류비용 절감 등 물류활동을 효율화할 수 있도록 공급사슬 기능의 전체 혹은 일부를 대행하여 수행하는 업종으로 정의한다.<sup>[4]</sup> 그러나 현실적으로 대부분의 생산자들이 아직 해당 기업의 물류관리에 대한 충분한 서비스를 제공받지 못하며, 이에 대해 제4자 물류에 대한 개념이 대두되고 있다.

또한 최근의 국민소득수준의 향상에 따라 수산물의 물동량이 급증하게 되어 냉장·냉동물류센터의 효과적인 연구가 요구되고 있다.<sup>[3]</sup>

이와 같은 상황에서 대형할인점 및 대형마트는 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 필요가 있다.

### 1.2 선행 연구 검토

일반적으로 물류 네트워크는 거점(Node)과 수/배송(Link)의 형태로 구성된다. 거점과 수/배송간의 연결 형태에 따라 물류 관련 비용과 납기시간이 달라진다. 따라서 이와 관련하여 수리적 기법(최적화, 휴리스틱 등)과 시물레이션 기법을 통한 거점의 위치와 수, 규모를 결정하고, 수/배송 시스템에서의 운송수단과 차량배차를 결정하기위한 연구는 다수 있다.

그러나 거점, 즉 물류센터의 운영에 관련한 연구는 소수이며, 이와 관련된 연구에서는 많은 물류센터내의 변수를 수리적 모형으로 표현하기가 매우 어렵고, 최적해를 찾는 데도 많은 시간이 소요된다. 또한 해답을 찾는다고 할지라도 시간흐름에 따라 변화를 모형에 담을 수 없기 때문에 현실에 적용하기 어려울 수 있다.

물류센터 운영에 관한 기존 연구를 살펴보면 “L-마트 통과형 물류센터 운영 개선을 위한 시물레이션 분석”에서는 크로스도킹 방식으로 운영하는 물류센터의 도크할당과 수/배송 분야를 통합하여 전반적인 문제점을 파악하고 개선안을 도출하기 위해 시물레이션 기법을 이용하여 운영개선안을 제시하였다.<sup>[1]</sup>

“시물레이션 방법을 이용한 냉장물류센터 운반설비의 적정계획”에서는 시물레이션 기법을 활용한 냉동 및 냉장 물류센터를 대상으로 운반설비오더피킹시스템의 적정한 운반설비를 계획하기 위한 운영계획을 제시하였다.<sup>[5]</sup>

“시물레이션을 활용한 신 물류체계 구축과 물류센터 규모산정에 관한 연구”에서는 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 시물레이션 기법을 활용하였다.<sup>[8]</sup>

Kavin은 LTL(less-than-truckload)트레일러를 분류 처리하여 출고되는 화물터미널에 대한 운영정책을 시물레이션을 기법으로 연구하여 효율적인 화물터미널의 운영정책을 제시하였다.<sup>[7]</sup>

본 연구에서는 선행연구를 검토를 통하여 연구의 방향을 향후 5에서 10년까지의 신 물류센터의 최대 예측 물량을 처리할 수 있는 운영방안에 대한 자원 할당을 위해 시물레이션 기법을 이용하고자 한다.

### 1.3 연구의 목적

물류센터는 연계수송, 환적, 집/배송, 보관 등의 기능을 갖추고 있으며, 지역 간 수송과 지역 내 수/배송의 업무가 유기적으로 이루어지는 곳으로 물류센터를 중심으로 물류기능이 집약화 되는 것이 최근 추세이다. 이러한 추세에 부응하고 기여할 수 있는 물류센터를 건설하기 위해 피킹, 패키징의 자동화 등 기본적인 시설투자가 이루어져야 하고, 기업경영성과에 기여하기 위해 고부가가치 물류서비스를 제공 가능해야 할 것이다.<sup>[6]</sup>

이러한 상황에서 많은 기업들이 신속반응, 고품질추구, 고객서비스 개선, 작업자 안전 등을 고려한 덕분에 물류센터 운영분야는 지속적으로 혁신되어 왔으나 여전히 비과학적 관리와 한정된 자원으로 인해 운영상의 어려움을 겪고 있다. 이를 해결하기 위해 전통적인 물류센터의 기능 중 가장 많은 비용을 차지하며 관리하기 어려운 오더 피킹과 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.<sup>[1]</sup> 그러나 아직까지도 실제 작업환경에서는 다양한 상품종류와 주문특성, 포장단위의 차이로 인해 비효율적으로 운영되고 있어 물류센터의 단순화와 공정개선이 시급한 실정이다.

A-마트는 현재 국내의 수십 개의 대형할인점을 운영하고 있다. 할인점의 가장 큰 힘은 ‘가격 경쟁력’이다. 하지

만 이 같은 가격 경쟁력도 체계적인 물류 시스템이 없이는 ‘공염불’에 지나지 않는다. 대규모 물류센터를 통해 대량 구매, 필요한 유통 경로 생략, 관리 단계 단순화 등을 통한 원가절감에 대한 노력을 하고 있다. ‘물류가 곧 기업 경쟁력’이라며 효율적이고 선진화된 물류망을 구축하고자 한다.

A-마트가 제품이 입고된 뒤 분류과정만을 거쳐 필요한 지점에 즉시 보내는 통관방식을 채택하였고, 일부 제품을 일시 보관한 뒤 필요한 시기에 전국으로 공급하는 보관 방식을 시행하고 있다. 그러나 수년 내 국내의 할인점 추가로 오픈예정이며 이때의 물동량은 현재의 물류센터의 능력을 초과할 것으로 예상하고 있다. 이에 따라 신 물류센터를 추진 중에 있고, 물류센터를 중심으로 한 물류 네트워크를 개발하고 있다. 이 중 물류 네트워크의 거점인 물류센터의 운영에 대한 연구 방안으로 시뮬레이션 기법을 적용하여 효율적으로 운영에 필요한 자원할당을 계획하고자 한다.

본 연구에서는 A-마트가 추진하고 있는 신설 저온제품 종합물류센터 중 디지털 분류 시스템의 운영을 통한 크로스도킹 방식으로 통관물류처리를 하는 물류센터의 실시설계를 바탕으로 시뮬레이션 기법을 적용하였다. 시뮬레이션 실행의 결과를 분석하여 효율적인 운영방법을 제시하고자 한다.

## 2. A-마트 저온제품 종합물류센터 개요

### 2.1 제품흐름

A-마트는 저온제품 종합물류센터를 서울, 경기도, 충청도, 강원도의 현재 또는 향후 계획되어진 대형할인마트에 공급할 저온제품에 대한 효율적인 물류유통을 위하여

신 물류센터를 계획하고 있다.

저온제품 종합물류센터에서 처리되어지는 입고 제품의 품종은 청과, 야채, 델리카, 수산/기공냉장, 청과팔레트 등으로 구분되며, 모든 제품은 당일 분류하여 처리되는 통관(TC: Transfer Center)제품과 계절별 과일의 대량 유통을 위한 팔레트 단위로 입/출고 되는 팔레트 제품, 특정 제품의 안전재고 및 헤지(Hedge)재고의 목적으로 저장하는 보관(DC: Distribution Center)제품으로 분류된다. 그러나 본 논문은 다량의 입고고가 이루어지는 통관제품과 계절별 과일에 대한 저온제품만을 대상으로 하였다.

### 2.2 레이아웃 및 운반 장비

저온 종합물류센터의 설비는 향후의 물동량 처리를 위한 디지털 분류 시스템(Digital Assorting System :RF기반) 운영을 기준으로 하였고, 저온센터 1층은 10℃ 보관 제품을 처리하기 위한 것이다. 디지털 분류 시스템 운영 기반의 레이아웃을 구성하고, 가능한 범위에서 제품의 입고와 출고가 분리되게 동선을 배치하고, 분류 후 출하대기 동선에 따라 이동장비 및 인원의 동선이 혼선되지 않는 공간으로 배치하였다.

저온 종합물류센터의 1층에는 입/출고 도크가 건축제약으로 양면(남,북)으로 구성되며 동시 접안 가능한 도크 수는 최대 94개이고, 가능한 범위에서 입고와 출고 도크를 분리된다. 제품의 동선에 따라 입고와 출고가 분리되게 하였으며, 분류 후 출하대기 하역동선은 분리하였다. 물동량이 많은 제품군은 팔레트 중심으로 배치하였고, 물동량이 적은 제품군은 팔레트 또는 롤테이너로 배치하였다.

제품이 입고도크에 도착하여 출고할 때까지 제품은 사람, 로우리프트(롤테이너 운반장비)와 포크리프트(팔레트

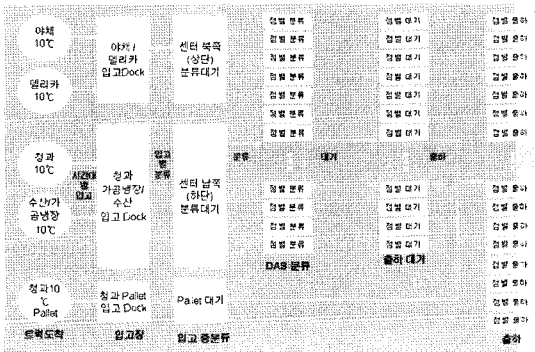


그림 1. 저온 종합물류센터 제품 흐름도

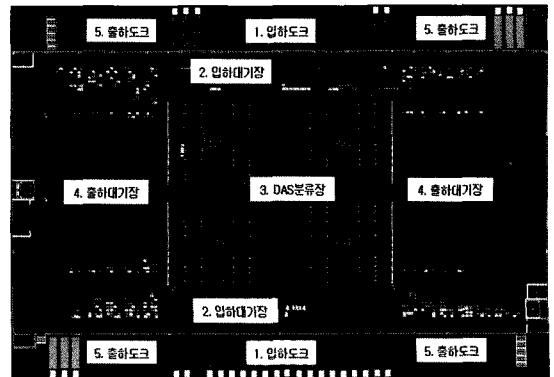


그림 2. 저온 종합물류센터 레이아웃

운반장비)를 이용하여 이동하게 된다. 각각의 작업에 발생하는 작업자 및 운반장비의 가동률을 평가하기 위하여 이동 자원별 작업을 분리하였다. 센터 내 업무 프로세스에 따라 작업자, 포크리프트와 로우리프트의 작업을 결정하고 이에 따른 작업 시간 고려하여 시뮬레이션 실험을 하였다.

### 2.3 운영시간 및 물동량

종합물류센터의 운영시간은 21시부터 06시까지 야간 운영을 하며, 제품차량 입고 시간은 21시부터 03시까지이다. 운영시간 스케줄은 입/출고의 기본 스케줄에 맞추어 작업자, 설비 스케줄과 시설의 운영에 대한 스케줄을 반영 하였다.

저온 종합물류센터의 운영시간에 맞춰 8시간 동안 차량이 입하하고, 하역은 공급업체 담당자가 처리한다. 일일 운영시간 시작 시 도크의 유휴시간을 줄이도록 품종에 할당된 도크 수만큼 초기 물량 발생하게 하였으며, 21시부터 04시까지 물량 발생시켰다. 물량이 적은 수산과 가공 냉장

은 같은 도크를 사용하여 처리되며, 시간 때를 달리하여 입고하도록 하였다. 그러나 수산과 가공냉장은 같은 위치에서 입고, 분류, 출고되는 동일한 프로세스를 가진다.

## 3. 시뮬레이션 시나리오 및 모델링

### 3.1 시뮬레이션 시나리오 고려 사항

앞 장에서 살펴보았듯이 A-마트의 물류센터의 운영에 대한 종합적인 자원할당을 계획하고자 한다. 현재 레아웃 중 고정 자원은 입하도크와 디지털 분류 시스템, 출하도크, 입하 대기장과 출하 대기장이다. 고정 자원의 용량 분석과 운영방식에 따른 하역작업자의 수와 입하 대기장의 운반작업자 수, 디지털 분류 시스템 내의 운반장비인 로우리프트 및 작업자 수(대당 작업자 2명), 디지털 분류 시스템에서 출하 대기장까지 롤테이너를 운반하는 로우리프트 수, 출하 대기장에서 제품 상차 작업자 수, 계절별 과일을 운반에 사용되는 포크리프트 수 등의 설비를

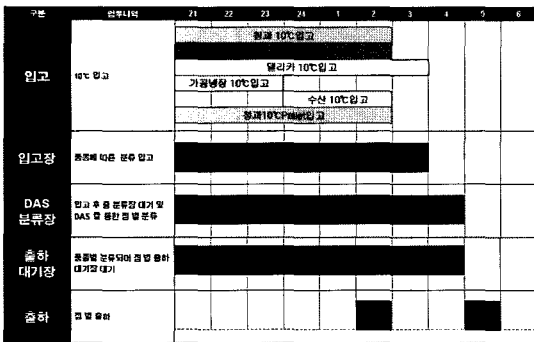


그림 3. 운영 스케줄

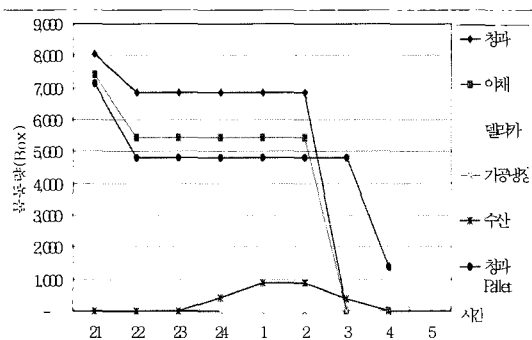


그림 4. 품종별 입고물량

표 1. 자원

구분	자원	분석내용
고정 자원	입하도크	입하도크 가동률
	입하 대기장	입하 대기장의 능력이 하역작업에 미치는 영향
	디지털 분류 시스템	제품 물량 분류 설비 및 작업자 수 결정
	출하 대기장	최대 적재 물량에 도달하는 시간
	출하도크	고정 도크의 정시 출하에 대한 가능여부 확인
	계절과일 입/출하 도크	입하 능력 및 정시 출하에 대한 가능여부 확인
	계절과일 출하 대기장	상하역 포크리프트 수 결정
변동 자원	하역작업자	입하도크에 미치는 영향, 하역작업자 가동률 및 수
	중분류 작업자	입하 대기장에 대한 미치는 영향, 하역작업자 수 및 가동률
	디지털 분류 시스템 로우리프트	제품 물량 분류에 필요한 수 및 가동률
	이동 로우리프트	디지털 분류 시스템에서부터 출하 대기장까지의 이동에 필요한 수 및 가동률
	상차 작업자	상차에 필요한 작업자 수 및 가동률
	계절과일 이동 포크리프트	입하 능력 및 정시 출하에 필요한 수 및 가동률

적정 수를 할당할 계획이다.

위에 (표 1)에 제시한 자원을 고려하여 시물레이션 모델링에 반영하고 프로세스의 전후 작업이 해당 작업에 영향을 미치는 요인을 분석하고, 각 자원들의 용량 및 가동률을 바탕으로 적정자원을 계획할 수 있도록 하였다.

### 3.2 시물레이션 시나리오

신 물류센터의 시물레이션 모델링은 실시설계를 반영하여 모델링하였다. 따라서 레이아웃의 설정은 확정되어 있다. 따라서 여러 레이아웃의 변형은 없으며, 물류센터에 제품이 입하되는 순간부터 출하되는 시점까지에 설계상황을 최대한 현실에 맞게 모델링하였다. 따라서 실험에 대한 시나리오는 종합적인 모델링을 바탕으로 입하도크부터 순차적으로 자원을 할당해 나가는 방식으로 하였다.

### 3.3 저온제품 종합물류센터 모델링

일반적으로 국내에서 사용하고 있는 시물레이션 전용 애플리케이션은 AutoMod, Arena, AweSim 등을 사용하고 있다. Arena(SAMAN언어)는 객체지향형의 애플리케이션이며, 일반적으로 통계적 분석이 강점이며, 추가적인 애니메이션이 가능하다. 이에 본 연구에서 시물레이션 적용 애플리케이션을 Arena 7.0을 사용하였다.

저온제품 종합물류센터의 업무는 트럭이 도착하고 입하도크에서 제품을 하역하게 된다. 하역된 제품은 입하대기장에서 작업자에 의해 제품종류 별 중분류(제품종류: 야채, 청과, 수산/가공냉장, 델리카)가 되고, 이 제품을 로우리프트로 디지털 분류 시스템을 사용하는 분류장에 분류를 한다. 분류장에서 롤테이너 1개 분량이 되면 로우리프트를 통해 출하대기장으로 이동/대기하였다가 상차되므로 작업이 종료가 된다.

이러한 일련의 작업 순서를 (표 1)을 고려하여 프로우

차트 모듈로 모델링을 하였다. 프로우 차트 모듈에선 제품의 이동을 확인하기 어려운 점이 있어, 쉽게 제품의 흐름을 파악하기 위하여 (그림 2)와 같이 설계도면을 바탕으로 2차원 애니메이션을 표현하였다.

모델링의 검증은 2차원 애니메이션을 활용하여 작업의 순서가 올바르게 적용되었는지를 검증하였으며, 모델링의 실험을 통하여 결과로 얻어진 데이터를 바탕으로 적합성을 검증하였다. 시물레이션 분석 기간을 30일로 가정하였으며, 초기 2일을 Warm-Up기간으로 설정하여 총 시물레이션 시간을 32일을 10회씩 실험하였다.

## 4. 시물레이션 실행 및 분석

### 4.1 입하도크

저온 종합물류센터의 도크의 배치를 보면 북측은 델리카(6도크), 야채(11도크), 델리카-야채공용(3도크), 청과 팔레트(3도크), 남측은 수산/가공냉장(2도크), 청과(15도크), 청과 수산/가공냉장공용(3도크), 청과 팔레트(3도크)가 배정되어 있다. 품종에 따른 도크별 용량과 가동률, 품

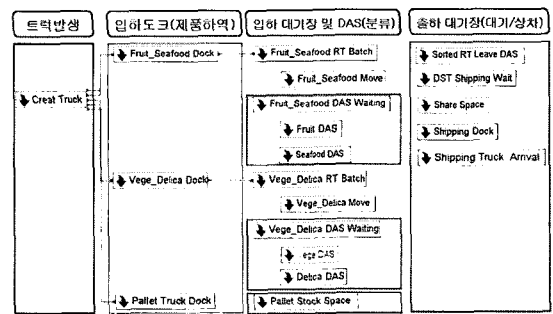


그림 6. 시물레이션 플로우차트 모듈

표 2. 초기 입하도크 시물레이션 결과

품종	도크 (공용)	하역 시간 (평균)	평균차량대기		차량처리		도크가동률	
			시간 (분)	차량 수(대)	완료 (대)	입고 (대)		전용 (%)
델리카	6(3)	46.9	12.3	6.23	68.7	80.7	94.1	92.3
야채	11(3)	94.4	9.0	3.02	49.8	57.4	87.7	
수산/가공냉장	2(3)	124.9	7.7	0.58	6.6	9.4	81.2	94.2
청과	15(3)	94.7	9.8	5.70	69.2	83.9	95.2	
청과 팔레트	6(0)	27.1	4.5	0.83	81.2	81.2	76.1	

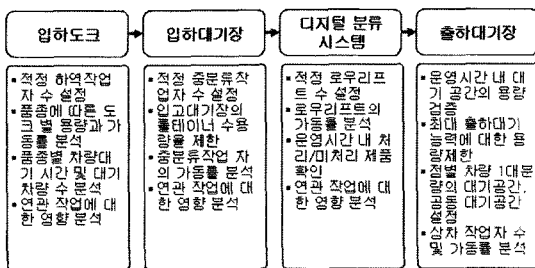


그림 5. 시물레이션 실험 시나리오

종별 차량대기 시간 및 대기차량 수를 검증 기준으로 분석하였다.

초기결과 (표 2)에서 입하 대기장의 부족으로 차량 하역시간이 길어지면서 도크의 가동률은 81.2%에서 95.2%까지 전체적으로 높은 결과였으나 미처리 차량의 수는 품종별 4대에서 12대로 입하 능력이 부족하였다. 입하 대기장의 능력 부족에 영향을 받는 것을 고려하였다. 입하 대기장의 능력을 증가하기 위해 입하 대기장의 작업자 수를 증가하여 실험하였으나, 입하도크별 하역작업자 1명을 할당하는 것은 하역 능력이 부족하다는 것을 확인하였다. 입하도크별 하역 작업자를 2명으로 적용한 결과 (표 2)와 같이 입하도크의 가동률은 낮아지고 운영시간 내 처리를 완료하였고, 일부 늦게 입고한 차량만이 하역작업과 분류작업이 진행되는 것으로 분석되었다.

#### 4.2 입하 대기장

각각의 도크별 하역 및 검수 후 중분류장 이동전까지 8개 롤테이너가 대기 가능하며, 검수 및 이동을 고려할 경우 남/북측 각각 168 롤테이너를 대기할 수 있는 공간이 있다. 작업 시간이 빠른 품종의 경우 차량의 입/출고 시간에 크게 영향을 받기 때문에 입하 대기장의 공간은 물동량 뿐만 아니라 품종에 따른 입하 시간을 고려하여 작업자 수를 배치하기 위한 입하 대기장 시뮬레이션 실험을 하였다.

시뮬레이션 실행의 결과 작업 중 유희시간을 1시간 작업 시 약 10분의 휴식을 고려하여 작업자 가동률 80%가 적정 수준으로 보고, 이것을 기준으로 작업자 수를 추정하였다. 또한 입고도크와 입고 대기장의 롤테이너 수용량을 제한된 상황에서 작업자 수를 늘려가면서 실험하여 적정

작업자 수를 분석하였다. 최초 실험결과(표 3)에서와 같이 북쪽(야채/텔리카) 입고 대기장의 작업자 6명, 남쪽(수산/가공냉장/청과) 입고 대기장의 작업자 4명을 배정한 실험에서는 작업자의 가동률(약98%), 미처리 트럭 발생, 높은 도크 가동률이 결과로 나타났다. 작업자 수를 북쪽과 남쪽에 각각 8명 6명을 배정하고 실험하였을 때의 결과에서 입고트럭을 모두 처리하였고, 도크 가동률은 60~80%로 나타났으나 작업자 가동률이 93%로 높게 나타났다. 따라서 작업자의 적정 수를 찾기 위한 실험을 하여 분석하였다.

시뮬레이션 결과 텔리카-야채의 입하 대기장의 작업자 수는 20명(가동률85.19%)에서 22(가동률79.89%)명이 적당한 수준이었으며, 수산/가공냉장-청과의 입하 대기장은 12명(가동률81.77%)에서 14명(가동률79.19%)이 적당한 수준으로 분석되었다.

표 4. 입고 대기장 시뮬레이션 실험 결과

품종	작업자		트럭 하차 평균 통계량			트럭입고		도크 가동률	
	인원 (명)	가동률 (%)	처리 시간 (분)	대기 시간 (분)	대기 차량 (대)	처리	입고	전용 (%)	공용 (%)
텔리카 야채	6	98.3	38.9	5.3	2.34	81.7	84.2	89.5	85.5
			90.8	3.6	1.15	51.3	53.1	79.6	
수산/가 공냉장 청과	4	98.4	112.9	4.5	0.62	5.3	9.0	85.2	88.2
			79.8	7.0	3.99	77.7	84.7	86.5	

표 3. 하역작업자 및 입하 대기장 작업자 추가 후 시뮬레이션 결과

품종	도크 (공용)	하역 시간 (평균)	평균차량대기		차량처리		도크가동률	
			시간 (분)	차량 수(대)	완료 (대)	입고 (대)		전용 (%)
텔리카	6(3)	38.9	5.3	2.34	81.7	84.2	89.5	85.5
야채	11(3)	90.8	3.6	1.15	51.3	53.1	79.6	
수산/가 공냉장	2(3)	112.9	4.5	0.62	5.3	9.0	85.2	88.3
청과	15(3)	79.8	6.9	3.99	77.7	84.7	86.5	
청과 팔레트	6(0)	27.2	4.1	0.64	79.1	79.1	74.3	

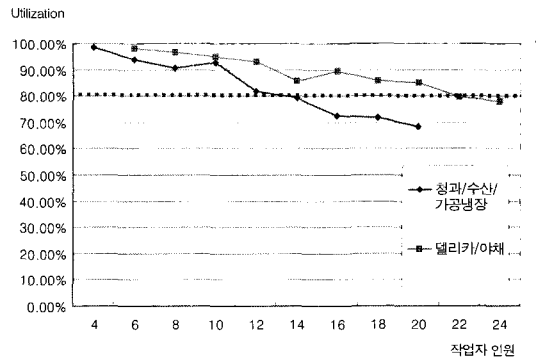


그림 7. 입하 대기장 작업자 수 대비 가동률

### 4.3 디지털 분류 시스템 분류장

입하 대기장에서 중분류된 제품은 로우리프트를 이용하여 디지털 분류 시스템 분류장에서 점별 분류를 한다. 디지털 분류 시스템 분류장은 총 8개의 라인으로 65개 점을 좌우로 나누어 좌측 4라인 32개점, 우측 4라인 33개점

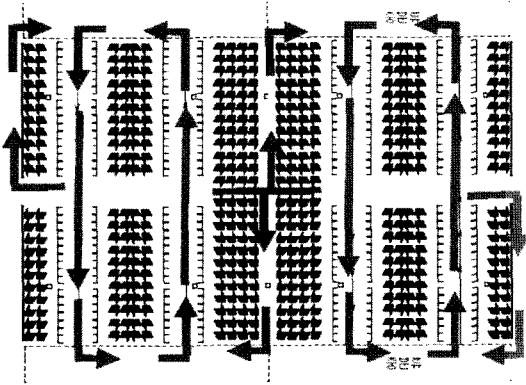


그림 8. 디지털 분류 시스템 분류장 작업 동선

표 5. 좌측 분류장 시뮬레이션 실험 결과

로우리프트 수	가동률 (%)	운영 시간 내 미처리 롤테이너				
		델리카	청과	수산	야채	합계
12	95.6	51.2	79.4	71.4	150.0	452.0
16	93.6	30.3	13.2	46.4	32.2	122.1
18	90.9	3.6	-	-	4.6	8.2
19	83.9	0.6	-	-	0.1	0.7
20	80.5	-	-	-	-	-
24	69.8	-	-	-	-	-

표 6. 우측 분류장 시뮬레이션 실험 결과

로우리프트 수	가동률 (%)	운영 시간 내 미처리 롤테이너				
		델리카	청과	수산	야채	합계
12	96.2	181.7	51.4	51.5	179.2	463.8
16	93.5	46.2	7.4	7.5	46.4	107.5
18	90.2	16.9	-	-	16.7	33.6
19	83.7	4.2	-	-	4.2	8.4
20	79.6	-	-	-	-	-
24	70.4	-	-	-	-	-

이 각각 델리카, 야채, 수산/가공냉장, 청과 라인으로 품종이 분류된다.

제품 분류는 두 개의 라인이 마주보게 되며 그 사이를 로우리프트 2대가 한 방향으로 이동하며 제품을 점별 분류한다. 통로의 넓이는 로우리프트 3대가 통과할 수 있도록 설계되어 있어 뒤에 오는 로우리프트의 추월이 가능하다. 남쪽에서 중분류된 제품의 롤테이너를 북쪽방향으로 로우리프트로 이동하면서 분류하고, 분류가 끝나면 북측의 중분류된 제품의 롤테이너를 남쪽방향으로 분류하는 순환형 동선이다.

로우리프트 1대당 작업자 2명을 배치하여 점별 작업을 한다. 좌우 디지털 분류 시스템분류장의 로우리프트 수를 12대부터 총 24대까지 증가하면서 실험한 결과 좌우측 모두 19대 또는 20대의 로우리프트 수가 적당한 것으로 분석 되었다. 이때 각각의 로우리프트 수의 가동률과 운영시간 내 미처리 롤테이너수는 19대 일때 좌측은 가동률 83.9%, 평균 미처리 롤테이너 0.7개, 우측은 가동률 83.7%, 평균 미처리 롤테이너 8.4개 이다. 로우리프트 수가 20대이면 미처리 롤테이너는 없으며 가동률은 좌측 80.5%, 우측 79.6%의 결과가 나왔다.

### 4.4 출하 대기장

출하 대기장은 최대 출하대기 가능 롤테이너 수 2,918개이고 디지털 분류 시스템 분류장 좌우측으로 분류된 제품이 출하대기 하며, 점별 차량 1대 대기공간을 지정 (24롤테이너) 하였다.

출하 대기장의 지정 대기공간에 1대 이상의 물량은 통합 대기한다. 입고 시작 5시간 이후 지정 대기공간에 차량 1대분의 물량이 있는 지점은 상차하고, 나머지 물량에

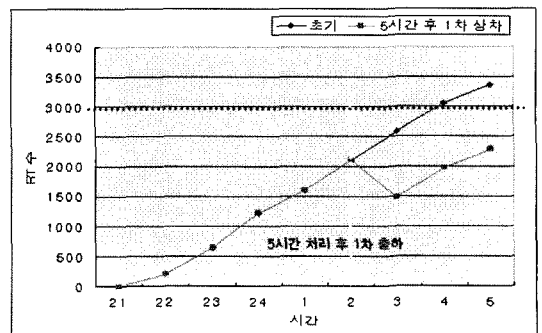


그림 9. 출하 대기장 롤테이너 수

대해 일일 운영시간 종료 시에 상차할 경우 대기 공간의 용량을 검증하였다.

실험 결과 운영시간 5시간 후 1대 이상의 물량(24롤테이너) 발생점은 평균 45.5개점, 이때 상차한 롤테이너 수는 1,092 롤테이너, 운영시간 종료 시에 상차한 롤테이너 수는 2,276롤테이너였다. 운영시간 5시간 후에 1차 출하를 하고 나머지를 운영시간 종료시에 상차할 경우 대기 공간의 용량은 충분한 것으로 분석되었다.

#### 4.5 시물레이션 종합 결과

시물레이션의 종합 결과를 정리 하면 다음과 같다. 고정 자원은 변동 자원의 할당된 수에 의해 많은 연관이 있다. 특히 입하도크의 능력과 입하 대기장의 능력은 상호 영향을 준다.

표 7. 시물레이션 종합 결과

구분	고정자원	변동자원	비고
	능력확인	작업자 수	
입하도크	입하도크 가동률	하역작업자	중분류 작업에 영향 받음
	평균60~80% (능력충분)	2명	
입하 대기장	입하대기 용량	작업자 수	입하대기 용량은 하역작업 능력과 중분류 작업 능력에 영향을 받음
	변동	텔리카-야채: 22명 수산/가공냉장-청과: 12명	
분류장	디지털 분류 시스템	로우리프트	
	65점 사용 (최대 80점)	좌우측 22대	
출하 대기장	출하대기 용량	상차작업자	출하대기 용량 초과, 5시간 분류 후 트럭 1대분량 점상차
	2,918 롤테이너	도크별 1명	

### 5. 결론 및 향후 과제

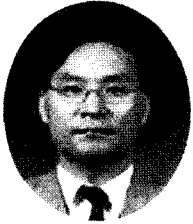
본 연구에서는 물류의 중요성이 부각되는 시기에 물류의 효율성을 극대화 하기위한 A-마트의 저온제품 종합 물류센터의 건설 이전에 설계단계에서부터 센터의 종합적인 능력을 시물레이션 기법을 통하여 검증하였으며, 시각적으로 표현하였다.

물류센터에 운영 시물레이션을 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.

### 참고 문헌

- [1] 이의형, 박양병 (2005), L-마트 통과형 물류센터 운영개선을 위한 시물레이션 분석, 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, C10(2).
- [2] Kelton, Sadowski, Sturrock (2005), Arena를 이용한 시물레이션 3E, 교보문고, 서울.
- [3] 광재식, 심병태, 임석철 (2000), 시물레이션을 통한 Closed Loop 대차식 시스템의 성과분석, 시물레이션 학회 추계학술대회, pp. 49-55.
- [4] 이수권, 김기범, 정봉주 (2003), 제 4차물환경에서 물류센터의 재고정책 선택에 관한 연구, 한국경영과학회/대한산업공학회 2003 춘계공동학술대회, Vol. 2003, No. 0.
- [5] 황홍석, 김호균, 조규성 (2002), 냉장물류센터 내 운반장비 운영계획에 관한 연구, 대한산업공학회, Vol. 15, No. 4.
- [6] 박명섭, 김선희, 박병인 (2002), 제조기업 물류센터 공동화에 관한연구, 한국경영과학회, 경영학연구, Vol. 29, No. 1.
- [7] Kevin R.(1999), The Effects of Trailer Scheduling on the Layout of Freight Terminals, Transportation Science, Vol 33, pp. 419-428.
- [8] 이재준, 박영재, 정재원 (2005), 시물레이션을 활용한 신 물류체계 구축과 물류센터 규모 선정에 관한 연구, 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, pp. 93-99.

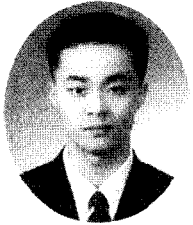




**장성웅** (syjang@snut.ac.kr)

1980년 서울대학교 산업공학과 학사  
1982년 서울대학교 대학원 산업공학 석사  
1991년 서울대학교 산업공학과 공학박사  
1987년~현재 서울산업대학교 산업정보시스템공학과 교수

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



**전병학** (siroomi@hanmail.net)

2004년 서울산업대학교 산업정보시스템공학과 학사  
2005년~현재 서울산업대학교 철도전문대학원 철도경영정책학과 석사과정

관심분야 : 산업공학, 생산관리, 철도운영, 모델링&시뮬레이션, 스케줄링,