

## 편의점 유통물류센터의 AGV 도입에 대한 시뮬레이션 분석

김정훈, 김연진, 이흥철\*  
고려대학교 산업경영공학과

### Simulation analysis of AGV introduction in the convenience store logistics distribution centers

Jeonghoon Kim, Younjin Kim, Hongchul Lee\*

Department of Industrial and Management Engineering, Korea University

**요약** 2000년 이후 1인가구수의 폭발적인 증가로 국내 편의점 시장 또한 급속히 성장하고 있지만, 아직 국내물류산업의 여건상 수작업 중심으로 이루어져 있어서 시장의 폭발적인 수요증대를 대부분 작업자들에게 의존하고 있다. 이로 인해 전자, 자동차 등 제조업에서 많이 수행되고 있는 자동화를 통한 효율성 증대와 관련된 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 국내 유명 편의점 기업인 A사의 유통물류센터를 대상으로 자동화 설비의 도입을 위한 투자 타당성 분석을 수행하였다. 시간과 인력이 가장 많이 소요되는 피킹 프로세스를 대상으로 시뮬레이션을 이용하여 무인운반차 장비 도입에 따른 생산성 증가 및 비용절감 효과를 분석하였다. 시뮬레이션 결과로 피킹 프로세스에 도입한 AGV 장비는 현재 수작업 대비 시간당 효율성을 증가시키고, 비용을 절감하는 효과도 존재하였다. 아울러, 꾸준히 성장하고 있는 A사 편의점 유통물류센터의 처리물량을 감안하여 적정 AGV 대수를 예측하였다. 물류산업 종사자들의 인건비가 빠르게 증가하는 요즘, 대규모 신규 자동화 센터 구축에 앞서 단위 프로세스 별 부분 자동화를 통한 생산성 증대와 비용감소에 고민하는 투자 의사결정권자들에게 좋은 정보를 줄 수 있을 것으로 기대된다.

**Abstract** Since 2000, the market of convenient stores in Korea has developed rapidly due to the explosive growth in single households but it still consists mainly of manual work due to the nature of the domestic industry. Hence the explosive increase in demand in the market is mostly due to workers. Therefore, the research aimed at encouraging efficiency via automation, which is carried out in manufacturing, such as electronic, cars and so on, is inadequate. This study performed a feasibility analysis of investment for introducing an automated system on brand A, which is domestic famous convenience store company. Productivity growth according to the introduction of an automated guided vehicle and the cost-benefits was studied with using a simulation for the picking process, which is most personnel and time consuming. As a result, the simulation showed that the equipment AGV introduced for choosing the process has the effects of cost saving and increased time efficiency for performing manual labor. Furthermore, appropriate numbers of AGV were forecasted considering the capacity of the distribution Center in the brand A convenient store, which has been growing steadily. There are increasing numbers of worker labor costs in the distribution industry these days. Before building a large new automate center, it is expected to provide a good information to investors who are considering increasing productivity through partial automation of each of unit process to achieve some cost reduction.

**Keywords :** AGV, Automation, Convenience store, Distribution center, Order Picking, Simulation

---

\*Corresponding Author: Hongchul Lee(Korea University)

Tel: +82-11-9049-3389 email: hclee@korea.ac.kr

Received May 3, 2016

Revised May 26, 2016

Accepted June 2, 2016

Published June 30, 2016

## 1. 서론

국내 편의점 시장은 2000년대 이후 경제시장의 불황, 글로벌 경제 위기 등이 있었으나 편의점 시장의 규모는 위축되지 않고, 단 한 번의 하락세도 없이 매출액이 급증하였으며, 점포수 또한 꾸준히 증가하고 있다[Fig. 1][1]. 편의점시장이 성장하는 대표적 요인은 1~2인 가구 증가, 소량 구매 패턴 확산, 높은 접근성, 다양한 PB(Private Brand)상품 등장 그리고 다양한 콘텐츠의 발전 등으로 설명할 수 있다. 시장의 규모는 지속적으로 성장하는 반면, 유통물류센터의 운영 형태는 시장의 성장 속도를 따라가지 못하고 수작업 위주의 운영을 고수하고 있어 많은 작업이 작업자에 의존하고 있다. 그러나 유통물류센터에서 일하는 작업자의 충성도는 매우 낮으며, 작업의 능률에 따른 편차가 존재한다. 또한 작업자의 구성은 정규직 직원보다 비정규직 직원의 비율이 상대적으로 높기 때문에, 제 시간에 인력을 충원하지 못하면 상품의 지연 납품 및 절품 등이 발생한다. 이는 계획된 시간에 공급되어야 하는 편의점 유통의 특성상 치명적인 손해를 초래할 수 있다. 편의점 상품은 유통기한이 짧은 유통 식품과 신선 식품의 비중이 높기 때문에, 지연 납품 및 절품이 야기하는 손실을 기업에서 부담하게 된다. 가맹점주 또한 상품의 부재로 인해 판매할 수 없는 상황이

이어지고, 이는 소비자 손실로 연결되며 인근 편의점 간의 경쟁력 약화로 인해 기회비용의 손실이 발생한다. 따라서 유통물류센터는 위와 같은 손실을 피하기 위해 피킹 작업에 대한 효율적이고 체계적인 관리가 요구된다. 더욱이 편의점 시장은 지속적으로 성장하고 있기 때문에 현재 구축된 운영 형태에서 향후 증가하는 오더 물량 또한 대비해야한다. 유통물류센터에서 시간 단축을 중시하는 움직임은 다른 영역, 특히 물류 공급망 전체에 퍼지고 있다[2]. 또한 전체 공급 체인을 효율적으로 운영하기 위해 최적의 오더 피킹 프로세스를 설계해야 한다[3]. 따라서 본 연구는 기존 수작업 위주의 편의점 유통물류센터를 운영함에 있어 자동화 방법을 도입하는 개선 방안을 제안한다. 편의점 유통물류센터는 제안하는 개선 방안을 통해 피킹 작업의 제어와 작업시간의 편차에 대한 표준화를 기대할 수 있다.

이후 본 논문 순서도는 다음과 같다. 먼저 현재 운영되고 있는 유통물류센터를 분석하고, 현재의 문제점 및 개선사항을 제시한다. 그리고 시뮬레이션을 통해 피킹 프로세스에 무인운반차량(Automated Guided Vehicle: AGV)의 개선 효과와 적정 투입 대수를 산출하며, 투자 타당성 분석을 통해 장비 도입에 대한 타당성을 입증한 후, 결론을 맺는다[Fig. 2].

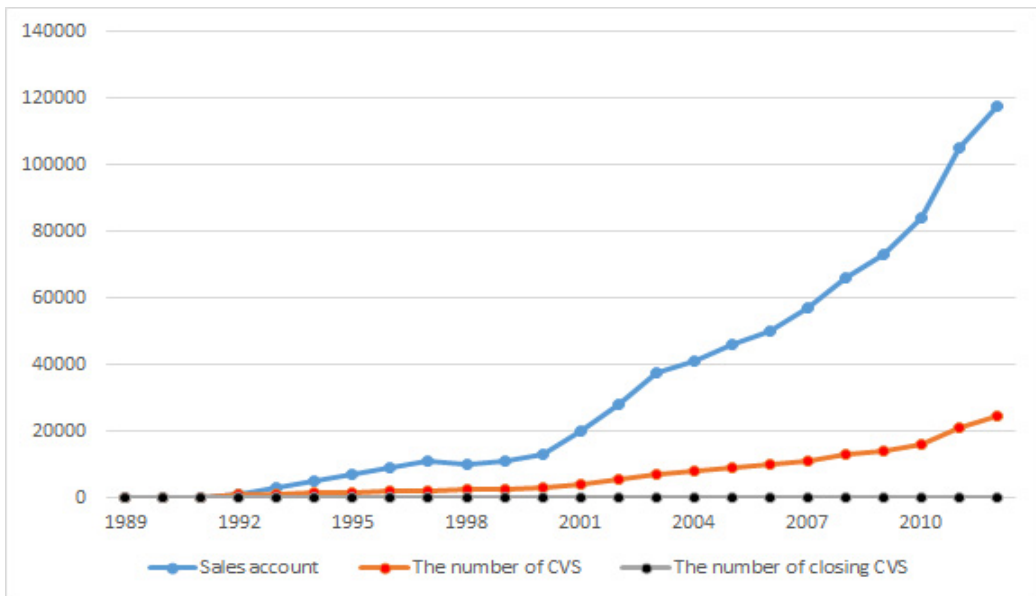


Fig. 1. Domestic convenience store count and sales trends

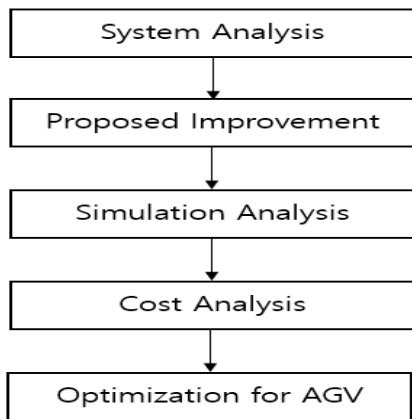


Fig. 2. Logistics distribution centers procedure flow chart

## 2. 기존 연구 고찰

기업이 경쟁력을 갖추기 위해선 생산성 향상이라는 목표를 위해 다각의 방법으로 노력해야 한다[4]. 이러한 이유로 물류현장에서 생산성을 향상을 위해 가장 많이 연구하고 있는 방법 중 하나가 AGV의 운영계획 및 도입에 관한 많은 연구들이다. AGV 도입에 대한 이유로는 국내 물류자동화시장은 90년대 이후부터 급부상 하고 있다. 전자상거래 시장의 증가로, 온라인 쇼핑물 등의 물류센터에서 다품종의 물건을 운반하는 수단이 강구 되고 있어 이에 대한 대책으로 자동운반 설비의 대표적인 무인 운반차(AGV)의 사용이 급격히 증가하고 있는 추세이다[5].

AGV 시스템은 전체 생산 시스템의 성능을 향상시키는 매우 중요한 요인이다. 특히, 물류센터에서 가장 높은 고정비용 중 하나인 인건비는 원가를 상승시켜 가격 경쟁력을 약화시키는 주요 원인이므로, 무인 공급을 통해 물류 인력을 감축시킬 수 있다는 것은 AGV의 매우 큰 장점이라고 말할 수 있다[6]. 현재 자동 창고 시스템(ASRS)은 공급체인 상에서 30%이상의 매우 중요한 역할을 차지하고 있다. 자동 창고 시스템을 구현하고, 자동화의 중요한 부분을 AGV를 통해 물류창고의 전체에 미치는 영향을 살펴보면[7], Klaus Moeller는 물류창고에서 랙(Rack)의 레이아웃은 작업의 고효율을 보장하기 위해 매우 중요하다고 언급했다[8]. 또한, Petersen은 AGV 시스템의 라우팅 정책을 위한 휴리스틱 알고리즘을 제시하였다[9]. Hsieh & Huang은 데이터마이닝 기법을 이용

하여 작업자의 작업율과 이동 시간 측면에서 개선을 이끌어 내기 위한 분석도 시도해왔다[10]. 또한, Mun-Sup & Sang-Yong은 SIMAN을 이용하여 시스템의 정적, 동적인 특성을 정의 하여 시스템 모델을 변경하지 않고 실험적 구조에서 시뮬레이션의 조건만을 변형시켰다[11]. 그 이외에 물류센터와 관련된 시뮬레이션 연구에는 산업공학용 시뮬레이터라 할 수 있는 ARENA, AutoMod, Flexsim 등이 분석 툴로 활용되고 있으며, 물류 작업과 물류장비 등의 다양한 논리 및 수리모델을 기반으로 보관 장소 할당, 오더 피킹, 장비활용, 자재흐름 등의 최적화를 다룬 논문 등이 있다[12].

그러나 지금까지의 연구들은 실제로 물류현장에서 발생할 수 있는 여러 가지 동적상황을 고려하지 않고, 수치적인 분석 연구들이 대부분이다. 또한 물류센터의 작업 분석과 레이아웃 등을 분석한 기존의 연구 논문들은 바로 현장 적용이 어려운 내용들을 서술하고 있으며, 현장의 특성에 맞춰 대응하기에 어려움을 따르고 있다. 이에 본 논문에서는 유통물류센터의 현상 및 문제점을 분석하고, 그 물류특성과 개선방향에 맞춰 시뮬레이션 모델을 수립하고, 생산성과 비용측면에서 그에 대한 실질적인 대안을 제시하고 결과를 검증한다.

## 3. 편의점 유통물류센터 운영 현황

일반적인 편의점 물류센터의 프로세스는 크게 4가지로 구성되어 있다. 첫 번째 입고 프로세스로 물품이 외부에서 유통물류센터로 운송되어 저장하기 위해 유통물류센터 내에 적재 전까지 단계를 말한다. 두 번째 보관 프로세스로 입고된 물품을 각 포지션에 할당하여 이동하고, 해당 창고 및 랙에 저장하는 것이다. 세 번째 피킹 프로세스이다. 본 논문에서 개선방안으로 제시할 프로세스로 피킹 방법에는 크게 2가지로 나눌 수 있다. 총량 피킹과 오더 피킹으로 나눌 수 있는데 편의점 유통물류센터에서 대부분의 피킹 전략으로 오더 피킹 방법으로 운영하고 있어, 본 논문에서도 운영 전략을 오더 피킹 방법으로 가정한다. 마지막 출고 프로세스로 점포 별 피킹이 완료된 물품들을 검수를 통해 수량, 물품 정보를 확인한 다음 운송차량에 상차 후 지정된 구역으로 출발을 한다.

일반적인 편의점 유통물류센터의 경우 물품의 적재되어 있는 형태에 따라 랙의 레이아웃은 크게 2가지의 형

태로 나누어져 있다. 첫 번째 소품 판매 존으로 날개 단위의 스낵류, 음료류, 안주류 그리고 식품류 등 날개 단위의 제품들이 작은 바스켓에 피킹되어 컨베이어로 이동한다. 날개 단위의 제품들은 바스켓에 피킹하기 전, 제품 모두 상품바코드를 활용해 피킹 작업과 검수 작업 동시에 진행 하고 있다. 소품 판매 존은 현재 컨베이어를 이용하여 최적 상태로 운영된다고 판단되어 본 논문에서는 언급하지 않는다.

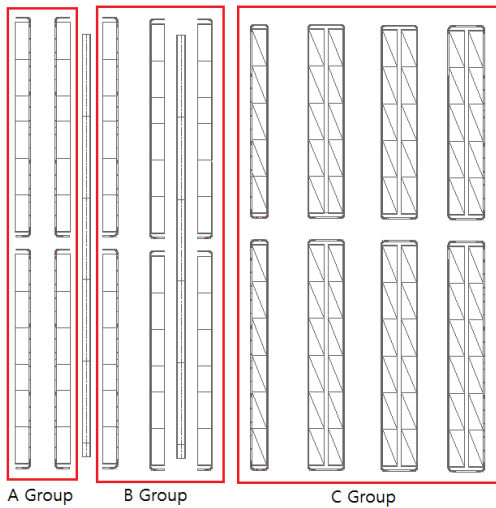


Fig. 3. Logistics distribution center of layout and grouping

두 번째 박스 단위의 존으로 A group은 주류와 물, B Group은 음료 그리고 C group은 스낵 과 라면으로 구성되어 있다[Fig 3]. 현재 박스 단위의 피킹 방법으로 DPS(Digital Picking System: DPS)방법으로 운영하고 있는데 개선하기 전 유통물류센터의 운영 전략은 제품의 운송용도로는 롤테이너와 두 개의 컨베이어를 혼합하여 사용하고 있다.

레이아웃 A, B group 사이에는 컨베이어가 총 2대가 설치되어 있다[Fig. 3]. 각 랙에는 모두 모니터와 버튼이 설치되어 있다. 중앙 시스템에서 점포 별 필요한 수만큼 해당 랙의 모니터에 숫자가 점등 된다. 현장에 있는 작업자는 해당 랙에 점등된 수만큼 물품을 꺼내 컨베이어에 올리고 버튼을 눌러 초기화 시킨다. 컨베이어를 타고간 물품은 다른 작업자가 받아 롤테이너를 이용하여 점포별로 피킹을 실시한다. A group에서 피킹이 완료되면 B group으로 이동을 한다. B group에서 피킹이 완료되면

C group에서 피킹을 끝낸 롤테이너와 출고 존으로 이동한다. 그렇기 때문에 한 개의 점포당 2개의 롤테이너를 가진다.

소품 판매존의 경우 컨베이어를 랙에서 출고 존까지 연결되어 있어 한 점포의 물량을 바스켓에 피킹해서 운영하게 되면 점포 별 물품들이 섞이지 않고 분류하기 용이하다. 하지만 박스 단위의 존은 저장 랙에서 출고 존까지 컨베이어를 설치해 운영하게 되면 물품의 부피가 크기 때문에 물품을 날개별로 이동하게 되며, 이를 받는 작업자는 점포 별 분류작업을 실시해야 한다. 이는 작업의 효율성 저하에 큰 요인이 되며, 출고 존에서 혼란을 야기 시키기에 컨베이어를 설치하지 않거나, 해당 랙 사이에서 랙의 끝으로 보내는 용도로 사용하고 있다.

#### 4. 자동화 유통물류센터 운영 전략

##### 4.1 유통물류 센터의 문제점 및 이슈

작업 형태를 분석하는 과정에서 크게 2가지의 작업 비효율성을 확인하였다. 첫 번째 B group의 랙에서 물품을 꺼내 컨베이어로 옮기기 까지 물품을 한번 취급하고, 컨베이어를 타고 간 물품을 롤테이너로 옮기기 때문에 물품을 2번 취급하게 된다. 또한 점포별 물건을 실은 롤테이너를 출고 존에 이동 후 검수 작업을 실시하고 상차 작업을 위해 출고 존 바닥에 진열하게 되어 있는데, 이때 물건을 취급하게 된다. 한 물품을 랙에서 출고 존까지 이동시 총 3번의 물품을 취급해 불필요하게 반복된 행동을 한다.

두 번째 랙을 양쪽에 두고 그 가운데 작업자가 위치하고 있다. 이때 한 점포의 피킹 작업량을 예상하지 못하기 때문에 작업자는 무조건적으로 랙의 끝에서 끝으로 이동을 한다. 이에 비효율적인 이동거리가 증가하게 되며, 이는 곧 시간당 처리량에 지대한 영향을 미치게 되고, 점포별 피킹 작업 시간에 일정한 편차가 존재한다.

어느 물류센터나 마찬가지로 제일 중요한 포인트는 항상 정해진 시간 내에 작업을 완료할 수 있어야 한다. 하지만 물류센터를 운영함에 있어, 피킹 시간의 편차가 발생하게 되면 구체적인 계획을 수립하지 못하고, 필요 작업자의 수를 계산 하지 못해 곧 비용 상승으로 이어질 수 있다.

C group은 컨베이어가 없어 작업자가 카트 또는 롤

테이너를 직접 끌고 다니며 랙 위에 표시된 모니터에 점등된 수만큼 피킹을 하고, 버튼을 눌러 초기화를 시키고 있다. 이 또한 빈 카드 또는 롤테이너를 가지고 다닐 때의 이동속도와 물품을 채운 후 이동속도는 작업자가 인지할 수 있을 정도의 차이가 발생되며, 작업자의 피로도를 증가시키는 요인으로 작용하게 된다. 이러한 요인들은 시간이 지날수록 작업자의 작업 처리 효율이 현저하게 저하된다. 위와 같은 문제점들 확인할 수 있던 바, 본문에서 AGV를 도입하여 발생하는 효과를 설명하고 시뮬레이션을 통해 정확한 수치를 제공하고 검증하려 한다.

#### 4.2 AGV 도입 후 운영 전략

앞서 현재 편의점 유통물류센터 운영 시스템에서 비효율적인 작업 방식들을 확인 할 수 있었다. 이에 본 논문에서 AGV를 도입해 효율적인 오더 피킹 방법을 제시하고 AGV의 운영계획 및 최적 운영 대수를 선정한다. 현재 운영되고 있는 유통물류센터에서 레이아웃을 바꾸지 않고, AGV를 도입한다. 그림에 표시된 포인트 지점은 피킹을 위해 AGV가 잠시 멈추는 곳을 나타낸다[Fig. 4].

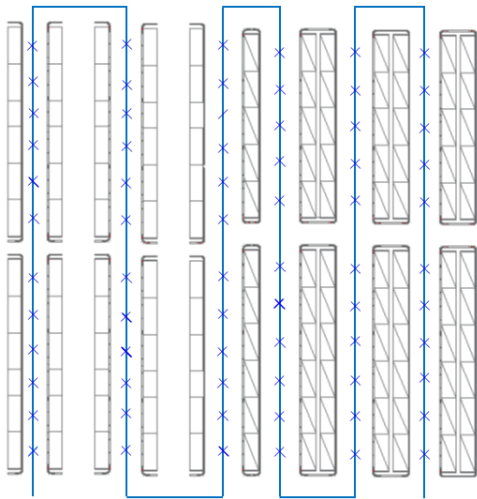


Fig. 4. AGV path in logistics distribution center layout

이와 같은 방법으로 투자비용을 최소화 시키면서 이윤을 최대로 가져가려 한다. AGV의 운영 방법은 AGV 한 대와 작업자 한명이 한 세트를 이뤄 고정된 루트를 이동하며 AGV가 멈추게 되면 AGV모니터에 표시된 수량을 체크 한 후 해당 물품이 있는 랙에서 물품을 취급

한 후 AGV 모니터 옆 버튼을 눌러 피킹을 완료하고 다음 물품을 피킹 할 포인트로 이동한다. 이와 같은 반복 작업으로 한 점포 물량의 피킹이 끝나면 마지막 포인트로 이동한다. 마지막 포인트의 작업은 AGV에 연결되어 피킹이 완료된 롤테이너를 빈 롤테이너와 교체 하는 작업을 하고 난 후, 다시 시작 포인트로 가서 다음 점포에 대한 피킹을 시작한다.

유통물류센터에 AGV를 도입하여 운영하게 되면 미리 정해진 고정된 경로를 이용해서 피킹을 하게 되는데 기존운영 형태인 A group과 B group에서 구역에서 피킹을 하여 출고 존에서 내려놓기까지 총 3번의 물품을 취급하는 행동을 AGV에 연결된 롤 테이너에 한번 들어 올리고 출고 존에서 롤테이너 있는 물품을 꺼내어 내리기 까지 총 2번으로 감소한다. 이는 불필요한 작업행동수를 줄여줌으로써 물품을 취급하는 시간만큼 얻게 되며, 고정된 경로를 이용하기 때문에 불필요한 이동거리를 최소화시켜 줄 수 있다. C group에서는 물품의 이동을 AGV가 대신해줌으로써 작업자의 피로도를 감소시켜 피킹 작업 효율을 증가 시키고, A group과 B group에서 얻은 효과와 동일하게 고정된 경로를 이용하기 때문에 불필요한 이동거리를 최소화시켜 줄 수 있다. 수치화 시킬 수 없는 추가 효과로, 작업자들의 작업 환경부분에서도 불필요한 행위를 줄여줌으로써 긍정적인 요인으로 작용될 수 있다.

### 5. 시뮬레이션을 이용한 투자 타당성 검증

#### 5.1 시뮬레이션 전제조건

AGV 도입에 관한 시뮬레이션 작업 환경은 AutoMod를 통해 구현하였으며 2가지의 전제 조건을 가지고 있다. 첫 번째 AGV는 앞서가는 AGV를 추월 할 수 없다. 두 번째 유통물류센터의 특성을 살려 Distribution형태로 운영을 하고 있기 때문에 물품의 재고량은 항상 일정 수준을 유지한다. 그리하여 재고량이 부족하여 재 입고에 대한 부분은 고려하지 않고 오더 피킹 작업을 진행한다고 가정한다.

#### 5.2 시뮬레이션 모델링

본 논문은 최적 AGV 대수를 산출하기 위해 시뮬레이

션을 실시하였다. 제한 조건으로는 AGV 도입 이전의 지출 금액을 예산 한도로 설정한다.

시뮬레이션 환경은 국내 A편의점 유통물류센터를 기준으로 실시하며, 레이아웃은 CAD파일의 실제 거리를 측정하여 반영하였다[Fig 4]. 산업 공학적 시뮬레이션 소프트웨어인 AutoMod에 반영 하여 실제 모델과 같은 환경으로 구현하였다[Fig. 5].

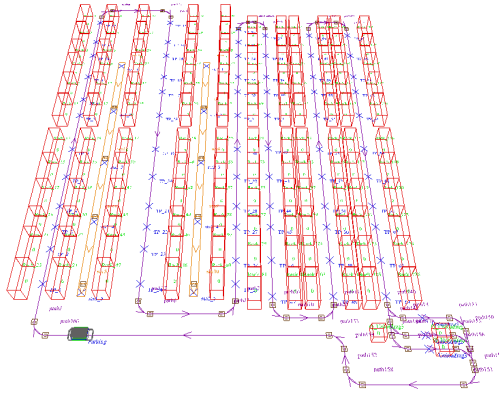


Fig. 5. Distribution center simulation model

국내 A편의점 유통물류센터의 한 달 동안의 일별 처리량의 평균값을 이용하였으며, A group에서는 3630개, B group에서는 6106개, C group에서는 5028개로 하루 평균 총 14764개의 물량이 처리되고 있다. Table 1은 A 기업에서 실제로 발생하는 데이터로써 AGV도입에 관한 시뮬레이션에 사용될 기초 자료이다. Group은 유통물류센터에서 물품 별로 구분 해 놓은 것을 말하며 운송 되어야할 점포는 모두 650 점포로 동일하다. 각 Group별로 4명씩 작업을 하고 있으며 Group마다 피킹 건수는 각각 다르게 나타나고 있다. 마지막으로 제일 중요한 작업 완료 시간인데 물류의 특성상 마지막 물품까지 피킹이 완료되어 출고 대기가 상태가 돼야 피킹을 완료했다고 말할 수 있다. 그래서 650점포의 피킹을 완료하는 시간은 11시간 50분 47초가 걸린다.

Table 1. Input Data from A distribution center

Group	The Number of Convenience store	Worker	The Number of Picking	Completion Time
A group	650	4 명	3630 ea	10:49:56
B group	650	4 명	6106 ea	10:58:41
C group	650	4 명	5028 ea	11:50:47

Table 2. Input Data from A distribution center

Variable	Mean	Variance
Picking Time (Normal Distribution)	5sec	1sec
AGV Velocity	1m/sec	0
Rolltainer Replacing Time (Normal Distribution)	30sec	5sec

본 시뮬레이션에 앞서 Table 2의 데이터를 이용하여 기타 시뮬레이션 모델링에 사용되는 시간을 정의한다. 작업자가 1개의 물품 당 피킹 하는 시간은 정규분포를 이용하여 평균은 5초이며 분산은 1초로 가정한다. AGV의 이동속도는 1m/sec로 가정한다. 마지막으로 기존 유통물류센터에서 없던 변수로 AGV를 이용하여 피킹을 작업을 할 때 AGV에 연결된 롤테이너에 물품을 피킹하고 있는데 AGV의 가동률을 높이기 위해서 점포 별 피킹이 완료된 롤테이너는 비어있는 롤테이너와 교체해 주기 위해 정규분포를 이용하여 평균은 30초이며 분산은 5초의 시간을 추가했다.

이와 같은 요소들을 모두 반영하여 유통물류센터의 적정 AGV대수를 산출하기 위한 시뮬레이션을 실시했다. 시뮬레이션 종료 조건은 650점포의 피킹이 완료되는 시간으로 하였으며, 모델의 검증에 위해 총 30번의 반복 실험을 진행하였고, 이에 관한 결과 값은 평균값을 사용하였다.

### 5.3 시뮬레이션 결과

시뮬레이션의 모델의 변수는 AGV의 대수로써 의미 있는 결론을 얻기 위해서는 기존 작업시간인 11시간 50분 47초를 넘기지 않아야 한다. 물류산업에서 마감시간을 넘기면 그만큼의 손해비용을 감수해야한다. 또한 식품들이 주요 비중을 차지하고 있는 편의점 유통물류센터에서의 마감시간은 일반 물류센터보다 더욱 중요하게 지켜져야 한다. 마감시간을 지키는 선에서 시뮬레이션 분석 결과 최소 AGV는 7대가 필요하였고, 그 후 대안으로 2개를 더 선택하여 8대, 9대의 결과를 확인하였다. Table 3의 시뮬레이션 분석 결과 650개의 점포와 피킹 물량은 공통되게 설정 하여 실험하였고, AGV와 작업자의 수를 컨트롤해서 피킹 작업 완료시간을 측정했다.

앞서 4.2절에서 언급 했던 것처럼 AGV 한 대와 작업자 한 명은 한 세트를 이루기 때문에, AGV 7대, 작업자

7명으로 시뮬레이션을 실시했을 때 기존 방식에 비해 14분, AGV 8대, 작업자 8명의 경우 1시간 40분 그리고 AGV 9대, 작업자 9명의 경우 2시간 47분의 시간이 단축된다는 것을 확인할 수 있었다.

AGV의 대수를 10대 이상 초과하게 되는 경우를 시뮬레이션으로 확인하지 않은 이유는 다음 5.4절에서 설명한다. 따라서 Table 3에는 피킹 마감시간을 지킬 수 있는 AGV 7대부터 9대 이하의 결과를 작성하였다.

Table 3. The simulation results analysis

AGV and Worker	Group	The Number of Picking	Completion Time	Saving Time
7	A group	3630	11:36:10	0:14:40
	B group	6106		
	C group	5028		
8	A group	3630	10:10:57	1:39:53
	B group	6106		
	C group	5028		
9	A group	3630	9:03:46	2:47:04
	B group	6106		
	C group	5028		

### 5.4 투자 타당성 검증

시뮬레이션 실험을 통하여 적정 AGV의 대안으로 3가지의 케이스를 확인하였다. 3가지의 대안 중 최적 AGV 대수를 산출하기 위해 본 절에서는 AGV 도입에 대한 투자 타당성을 검증한다.

Table 4는 투자 타당성을 분석을 위한 기초 자료로써

Table 4. Investment feasibility analysis data

Alternative	Input Variable	Case	cost (unit: million won)	Total cost (unit: million won)
Case. AGV	Labor	Labor_12	24.2	290.4
	Labor	AGV_7	24.2	169.4
	AGV		40	280
	Maintenance		0.2	1.4
	Labor	AGV_8	24.2	193.6
	AGV		40	320
	Maintenance		0.2	1.6
	Labor	AGV_9	24.2	217.8
	AGV		40	360
	Maintenance		0.2	1.8
	Labor	AGV_10	24.2	242
	AGV		40	400
	Maintenance		0.2	2

인건비, AGV 초기 도입 비용, AGV 유지비용 등이 대안에 맞게 정리 되어 있다. 현재 A유통센터 정규직 기준으로, 인당 인건비는 24,144,000원의 금액을 지출하고 있으며, AGV도입으로 인해 발생될 예상금액들로는 AGV 초기 도입비용으로 AGV 대당 40,000,000원으로 측정하였다. Table 4의 비용의 기본 단위는 백만원으로 작성하였다. AGV 유지 관리비용으로는 일반적으로 AGV의 가격에 5%로 적용한다. 비교 자료로 비용분석을 위해 국가통계포털의 2011~2015년도 자료를 참고하여 인건비 상승률의 평균인 4.2%와 유지관리 비용의 분석에 필요한 물가 상승률의 평균인 1.9%를 적용 하여 분석하였다.

Table 5의 내용으로 국가통계포털의 2011~1015년도 자료를 참고하여 Discount rate의 평균인 1.9%를 적용하였고, AGV의 수명을 7년으로 측정하여 7년의 비용 분석을 다뤘고, 비용의 단위는 백만원으로 작성하였다. 비용 분석 결과 현재 유통물류센터의 운영방식을 유지한 상태로 7년간 발생될 인건비로는 2,307백만원의 비용이 발생 될 예정이며, 현재가치로 환산했을 경우 총 비용은 1,975백만원이 된다.

시뮬레이션 결과와 투자 타당성 분석의 결과를 종합하여 케이스별 최적 AGV 도입 대수를 결정했다. 총 3가지의 케이스로 정리 할 수 있는데 첫 번째 케이스는 투자비용에 대한 가치를 비교하였을 경우 AGV 7대 도입 시 1,636백만원의 비용이 발생 될 예정이며, 현재가치로 환산했을 경우 총 비용은 1,443백만원으로 최소한의 투자로 현재의 시스템을 대체할 수 있다.

두 번째 케이스는 편의점 유통시장의 최근 5년 동안



Table 5. Cost analysis (unit: million won)

Alternative	Input Variable	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6	Year7	Total	Present Value
Present	Labor	290.4	302.6	315.3	328.5	342	356.7	371.7	2,307.6	1,980.5
AGV_7	Labor	169.4	176.5	183.9	191.7	199.7	208.1	216.8	1,636.5	1,444.3
	AGV	280	0	0	0	0	0	0		
	Maintenance	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6		
AGV_8	Labor	193.6	201.7	210.2	219	228.2	237.8	247.8	1,870.3	1,650.6
	AGV	320	0	0	0	0	0	0		
	Maintenance	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8		
AGV_9	Labor	217.8	226.9	236.5	246.4	256.8	267.5	278.8	2,104.1	1,856.9
	AGV	360	0	0	0	0	0	0		
	Maintenance	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2	2		
AGV_10	Labor	242	252.2	262.8	273.8	285.3	297.3	309.8	2,337.9	2,063.2
	AGV	400	0	0	0	0	0	0		
	Maintenance	2	2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2		

매년 평균 8% 성장속도를 기록하고 있다[Fig. 1]. 그렇기 때문에 현재의 성장속도를 감안할 경우 AGV를 7대 도입 시 피킹 완료시간은 14분 밖에 단축되지 않아 추가로 한 대의 AGV를 도입하여 총 AGV를 8대 도입한다. AGV를 8대 도입했을 경우 예상 발생 비용은 1,8703백만원이 발생 될 예정이며, 현재가치로 환산했을 경우 1,650백만원이 된다. 이는 기존 운영 금액을 초과하지 않아 AGV를 8대 도입하는 것이 타당하다.

마지막 케이스는 앞서 말한바와 같이 편의점 유통시장의 성장속도를 감안하여 단계별로 도입 적용 하는 것이다. Table 5에서 나타 난 것처럼 AGV 한 대를 도입할 경우 1시간 20분의 시간이 단축됨을 확인 할 수 있었다. 이에 현재의 성장속도로 지속적인 성장이 이뤄진다고 가정한다면, 18개월~24개월 주기로 AGV를 한 대씩 추가 도입한다면 처리 물량이 증가하여도 피킹 완료 시간을 지킬 수 있다고 판단된다.

추가적으로 AGV 10대 도입 시 투자비용은 기존의 운영금액인 1,980백만원의 금액을 초과하기 때문에 앞선 5.2절의 전제 조건의 의거하여, 대안으로는 부적합하다는 것을 확인할 수 있었다.

## 6. 결론

본 논문은 편의점 유통물류센터에서 최적 AGV 도입 대수 산출 및 타당성에 관한 연구논문으로써 기존 유통물류센터의 레이아웃에서 변경을 하지 않고 문제점 및

개선점을 파악 한 후 AGV 도입으로 발생하는 효과를 분석하였다.

AGV의 도입에 효율성을 입증하기 위한 시뮬레이션 분석을 실시하였으며, 투자 타당성 분석을 통해 케이스 별 최적 AGV 대수를 산출하였다. AGV 도입으로 인해 현재 유통물류센터의 많은 비중을 차지하고 있는 피킹 프로세스에서의 수작업 형태를 일정부분 자동화 시스템으로 구축한 것 또한 유통물류센터를 운영함에 있어 일정부분 기여 했다고 판단된다.

현재 유통물류업계의 시장은 과열된 상태로 원가 절감을 위해 다 방면에서 노력을 하고 있다. 그 중 오더 피킹 프로세스는 원가 절감의 요소가 많은 부분으로 집중적으로 분석한다면 상당 부분의 원가를 절감할 수 있을 것이라고 예상 하고 있다.

이에 케이스 별 최적화된 AGV 대수를 산출하여 목적의 중점을 두고 AGV 대수를 선정 할 수 있으며, 시장의 성장에 따른 AGV 도입 대수를 예측 할 수 있고, 이를 바탕으로 물류센터를 운영함에 있어 AGV 도입 시기와, 운영 계획을 구상할 수 있다.

향후 AGV의 최적화 라우팅 방식 및 존 피킹 방식을 통해 AGV의 다양한 경로를 설정하여 최적의 효율을 찾아내는 분석이 필요하다고 판단된다. 또한 여러 가지 상황에서 여러 가지 입력데이터가 주어지게 된다면 다양한 실험을 통해 최적의 운영 방법을 제시 할 수 있을 것이라고 생각한다.



## References

- [1] Don Il Lee, Sik Geun, Ji Hyun Lee & Hye Joon Lee. "The supporting policies for CVS operation efficacy through CVS development simulation," Korea ditribution association, 19(4), pp. 117-137, 2014.
- [2] JJ Coyle, EJ Bardi & CJ Langley. "The management of business logistics", p. 14-16, West Publishing Company, 1996.
- [3] Rene de Koster, Tho Le-Duc & Kees Jan Roodbergen. "Design and control of distribution center order picking: A literature review," European Journal of Operational Research, 182(2), pp. 481-501, 2007.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>
- [4] Dae Sig Kim. "An Effect Analysis for Productivity Elevation by the System Improvement," Korea Safety Management & Science, 12(2), pp. 113-123, 2010.
- [5] Seok Soon Lee & Young Jin Hwang. "the Control and the Traveling Algorithm of AGV," J. of Research Inst. of Automation & Computer Eng, 1(1), pp. 65-70, 1994
- [6] Myung Hoon Kang & Choon Jong Kwak. "Simulation Analysis of A Logistics System for Automobile Parts: A Case Study of A Car Manufacturer," Asia-Pacific Journal of Business & Commerce, 6(1), pp. 101-112, 2014.
- [7] S.N Liu. "Optimization and scheduling of AGV in automated distribution center system based on immune algorithm," Automatic control and Artificial Intelligence, pp. 1492-1495, 2012
- [8] Klaus Moeller. "Increasing distribution center order picking performance by sequence optimization," The State of the Art in the European Quantitative Oriented Transportation and Logistics Research, 20, pp. 177-185, 2011.
- [9] Petersen C.G. "An Evaluation of order picking routeing policies," International Journal of Operations & Production Management, 17(11), pp. 1098-1111, 1997.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/01443579710177860>
- [10] Hsieh L.F & Huang C.L. " Optimal order Picking Planning for Distribution Center with Cross Aisle," Proceedings of the 7<sup>th</sup> international Conference on Optimization: Techniques and Applications, 1(49), pp. 339-340, 2007.
- [11] Mun Sup Lee & Sang Yong Yi. "Determination of Optimal Number of AGV by Simulation," Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, 16(1), pp. 59-65, 1990.
- [12] se Kyung Choi, Hwang Sung Kim & Woo Seok Park. "The simulation study on working time of unit load cargo in distribution center," The Korean Association of Shipping and Logistics 81(0), pp. 219-240, 2014.

### 김 정 훈(Jeong-Hoon Kim)

[준회원]



- 2014년 3월 ~ 현재 : 고려대학교 산업경영공학부 석사과정

<관심분야>

시뮬레이션, SCM, 데이터마이닝

### 김 연 진(Youn-Jin Kim)

[정회원]



- 2003년 2월 : 시립인천대학교 경영학 학사
- 2005년 8월 : 고려대학교 산업시스템정보공학 석사
- 2008년 3월 : 고려대학교 정보경영공학과 박사과정

<관심분야>

시뮬레이션, MCDM, 데이터마이닝, SCM

### 이 흥 철(Hong-Chul Lee)

[정회원]



- 1983년 2월 : 고려대학교 산업공학 학사
- 1988년 2월 : Univ. of Texas 산업공학 석사
- 1993년 2월 : Texas A.M. Univ. 산업공학 박사
- 1996년 3월 ~ 현재 : 고려대학교 산업경영공학부 교수

<관심분야>

SCM, 생산 및 물류 정보시스템, PLM