

# 다중 사출설비 환경에서 후가공 공정의 통합운동을 위한 컨베이어 구조 설계에 관한 연구

김기범

울산과학기술대학교 안전및산업경영공학과

## Design of Conveyor Structure for Integrated Post-Process in Multi-Injection Molding Machine Environments

Ki Bum Kim

Division of Safety & Industrial Engineering, Ulsan College

**요약** 본 연구는 다수의 사출기가 병렬로 배치된 사출공장의 생산 환경에서 생산성 및 물류효율을 동시에 개선할 수 있는 방법론을 다루고자 한다. 일반적으로 사출공장의 저층부에 위치한 사출기에는 사상 등의 후가공 공정이 연속 배치되어 있고, 후가공을 담당하는 작업자 1~2명이 항상 배치되어 있다. 사출기 앞은 후가공 및 이후 공정으로의 물류 이송 작업으로 인해 생산성 저하는 물론이고, 매우 복잡한 물류 흐름이 형성되어 있다. 이에 본 연구에서는 사출기마다 배치되어 있는 후가공 공정을 통합 운영하고, 통합된 후가공 공정에 사출품을 자동 이송하기 위한 컨베이어 구조를 설계하기 위한 방법론을 제안한다. 이를 위해 통합 후가공 공정으로의 투입 컨베이어 구조와 대수를 선정하기 위한 모델 및 각 사출기와 컨베이어를 연결하기 위해 최적의 조합을 찾기 위한 모델을 다룬다. 제안 방법론은 공정의 통합과 물류 방식의 재설계를 통해 생산성을 개선함과 동시에 물류 효율을 높일 수 있는 총합생산성 개선모델이다. 마지막으로 본 연구에서 제안한 방법론을 가전제품 외관에 사용되는 사출품을 생산하는 사출공장을 대상으로 적용하여, 실제 생산 환경에의 적용 가능성을 확인함과 동시에 생산성 및 물류효율이 40% 이상 개선됨을 검증하였다.

**Abstract** In this paper, we study the methodology to improve productivity and transportation efficiency simultaneously in the manufacturing environment of injection plants which has multiple injection machines arranged in parallel. In general, the post-processes such as finishing are continuously arranged in the injection machine located in the lower level of the injection plants, and one or two workers in charge of post-processing are always arranged. Therefore injection plants have low productivity due to post-processing and the front of the injection machine is very crowded due to various logistics flows. In this paper, we propose the designing methodology of conveyor structure for integrating the post-processes arranged at each injection machine and transporting the injection products to the integrated post-process automatically. Specifically, we propose the models for computing the number of conveyor units into the integrated processes, and for finding the optimal combinations to connect each machines and the conveyors. The proposed model is for the total productivity improvement, which are productivity and transportation efficiency. By applying the proposed model to companies that produce injection parts used for the home appliances, we verify the applicability and the effect of improving productivity and transportation efficiency, which more than 40%.

**Keywords** : Injection Plant, Post-Process, Conveyor Structure, Productivity, Transportation Efficiency

이 논문은 2019년 울산과학기술대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행됨.

\*Corresponding Author : Ki Bum Kim(Ulsan College)

email: kbkim@uc.ac.kr

Received January 22, 2020

Revised February 5, 2020

Accepted May 8, 2020

Published May 31, 2020

## 1. 서론

사출기는 가열 용융된 플라스틱 수지를 금형 내에 고압으로 압입한 후 냉각 고화된 성형품을 만드는 설비이다. 일반적인 사출공장에서는 사출기에서 나온 성형품을 후가공하는 공정이 연속되어 있으며 대표적인 후가공 공정에는 성형품의 표면을 평활하게 정밀 다듬질 하는 연삭 즉, 사상 작업이 있다[1]. 사출공장에서는 후가공을 위해 사출기의 배출부에 작업자를 배치하여 사상 작업을 하고 있으며, 이 작업자는 도색, 코팅 또는 조립 등의 또 다른 공정으로의 이동을 위해 사출품을 대차에 싣는 작업을 하고 있다. 이 작업에 투입되는 인원은 사출 성형품의 크기에 따라 차이가 있으나, 가전제품에 사용되는 사출품의 경우 사출기 마다 1~2명의 작업자가 투입되어 작업을 하고 있다.

사출공장은 공장의 고층부에서 플라스틱 수지를 투입하고, 공장의 저층부에서 사출이 이루어지는 구조가 일반적이며, 이로 인해 사출기는 대부분 공장의 저층부에 위치하고 있다. 앞서 언급한 사상 작업과 이후 공정으로의 이동을 위한 대차 장입 및 이동으로 인해 사출기 앞은 물류의 흐름이 복잡하며 특히, 다수의 사출기를 가동하고 있는 공장의 경우 사출 불량품의 이동 물류까지 더해져 매우 혼잡한 상황이다.

이에 본 연구에서는 다수의 사출기가 병렬로 구성된 생산 환경에서 후가공 공정의 생산성 및 물류효율 개선 방법론을 제안하고자 한다. 이를 위해 각 사출기마다 배치되어 있는 후공정을 통합 운영하는 방안을 제안하고, 사출기에서 배출된 사출품을 컨베이어를 통해 통합 후공정으로 자동 운반하기 위한 컨베이어 구조 설계 방법론을 제안한다. 제안한 모델을 가전제품 외관에 사용되는 사출품을 생산하는 업체를 대상으로 적용해 봄으로써 적용가능성을 확인하였고 생산성 및 물류효율 개선 효과를 검증하였다.

## 2. 기존연구

본 연구와 관련된 기존연구는 크게 네 영역으로 분류 가능하다.

첫째, 본 연구에서 다루고 있는 다중 설비 환경에서의 공정운영과 관련된 연구로 Park and Jeong(2016)은 동일한 가공을 하는 여러 대의 기계가 병렬로 존재하는 생산 환경에서 자재 투입 통제에 관한 문제와 작업장의 생

산모델 변경시점, 기계의 배치크기 및 가공순서를 결정하는 휴리스틱 방법론을 제안하였다[2]. 또한 Choi et al.(2013)의 연구에서는 전용 설비와 범용 설비가 병렬로 배치된 생산 환경에서 설비별로 작업 준비시간과 작업시간이 다른 경우의 생산 일정계획 수립 모델에 대해서 다루었다[3].

둘째, 생산성 개선을 위한 공정 통합과 관련된 연구로, Lee et al.(1998)은 조립라인의 균형 효율을 높이기 위해 불필요한 공정의 제거 및 통합으로 공정을 재구성함으로써 공정 사이클 타임을 최소화 하고, 생산 라인의 길이를 줄이는 방법을 연구하였다[4]. 또한 Park(2003)의 연구에서는 U자형 라인으로의 전환을 위해 라인 밸런싱 기법을 활용하여 일부 공정을 통합 재편성 하는 사례에 대해 다루었다[5].

셋째, 물류효율화를 위한 컨베이어 시스템 설계와 관련된 연구로 Sun and Lee(2016)는 물류센터 내에서의 효율적인 입고작업을 위한 운반 장비의 소요량을 시뮬레이션을 통해 결정하였다. 정제로 인한 컨베이어의 대기시간을 최소화하기 위한 최적의 운반 장비대수를 결정하였다[6].

마지막으로 본 연구에서 다루고자 하는 생산성과 물류효율과 관련된 연구로서 Koh and Ha(2015)는 생산라인의 투입부터 완제품 생산에 이르기까지 자재검수, 보관, 생산, 출하에 걸친 물류 흐름 관리의 중요성에 대해 연구하였고[7], Choi et al.(2016)은 제조 현장의 공정간 제품 이동을 가능한 짧고 빠르게 할 수 있도록 공정을 설계하고 구축해야 한다고 강조하였다[8].

앞서 언급한 연구들은 생산성과 물류효율 개선을 독립적으로 다루었다는 데 그 한계가 있다고 볼 수 있다. 공정 개선 그리고 통합을 통한 생산방식의 변경은 해당 공정에 원부자재를 공급하는 물류방식의 변경과 서로 독립적으로 다룰 수 없는 문제이다. 본 연구에서 다루고자 하는 총합 생산성 개선의 관점에서의 공정 통합에 따른 물류 구조 설계와 관련된 연구는 실제 생산 현장에서 체감하는 그 중요성에 비추어 볼 때 매우 부족한 실정이다.

## 3. 통합공정으로의 컨베이어 구조 설계

본 연구에서 가정하고 있는 생산 환경은 Fig. 1과 같다. 병렬로 배치된 용량(사출 톤수)이 다른  $N$  개의 사출기와 각 사출기에 연속적으로 배치된 후가공 공정이 있으며, 후가공 공정을 거친 사출 성형품은 다른 부품과의

조립을 위해  $K$  개의 조립라인으로 이동한다. 후가공 공정에 투입된 작업자는 사상작업 뿐만 아니라 조립라인으로의 이동을 위해 사출품을 대차에 장입하는 작업까지 진행한다.

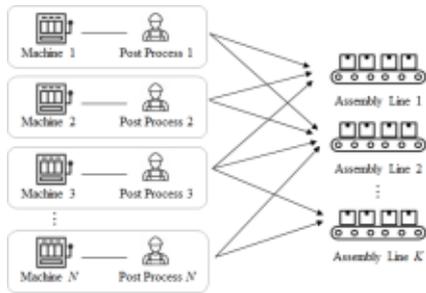


Fig. 1. Manufacturing system structure assumed in this study

각 사출기마다 분산되어 있는 후가공 공정을 통합하고, 통합공정으로의 물류방식을 컨베이어 구조로 설계하기 위해서는 다음과 같은 단계를 거친다.

### 3.1 투입 컨베이어 대수 산출

각 사출기에서  $N$  명의 작업자가 투입되어 운영되는 공정을 통합 운영할 경우, 각 사출기에서 나오는 사출품을 통합공정으로 모아야 한다. 예를 들어, 사출기 1-3호기를 묶어 하나의 통합공정에서 후가공을 하고, 사출기 4-5호를 묶어 후가공을 진행한다면 통합공정으로 투입되는 컨베이어는 총 2대이다. 이를 위한 의사결정의 첫 단계는 분산되어 있는 후가공 공정을 몇 개의 공정으로 통합할 것인가이다. 본 연구에서는 통합공정을 새롭게 설치할 공간과 통합된 공정으로의 컨베이어 이송을 고려하여 Eq. (1)과 같이 산출한다.

$$N_c \times \{(W_c \times k) + W_a\} \leq W_f \quad (1)$$

Where,  $N_c$  denotes the number of conveyors,  $W_c$  denotes the width of conveyor belt,  $k$  denotes the margin of space,  $W_a$  denotes the width of work space,  $W_f$  denotes width of the space where the process will be placed

통합공정으로 투입되는 컨베이어 수에 따라 사출품이 올라오는 속도에는 차이가 있을 것이다. 사출품이 투입되는 속도에 따라 컨베이어 벨트 위 사출품 간의 간격이 결정될 것이고, 이 때 후가공 작업을 수행할 수 있을 만큼

의 충분한 간격이 확보되어야 한다. 이에 사출품 간의 간격을 택타임을 통해 계산한다. 만약 하루 동안의 사출품 생산량을 기준으로 다수의 컨베이어를 통해 통합공정으로 이송할 경우, 단일 컨베이어를 통해 이송하는 것 보다 사출품이 투입되는 택타임은 길어질 것이다. 이에 Eq. (2)와 같이 컨베이어의 대수  $N_c$  에 대하여 사출품이 투입되는 택타임을 계산한다.

$$(Q_d / N_c) / T_d = T_t \quad (2)$$

Where,  $Q_d$  denotes the injection quantity per day,  $T_d$  denotes the working time per day,  $T_t$  denotes the transportation tact time of injection

컨베이어 내에서 올라오는 사출품간의 간격은 컨베이어의 속도를 고려하여 Eq. (3)과 같이 도출한다.

$$I_p = T_t \times V_c - L_p \quad (3)$$

Where,  $I_p$  denotes interval between injections,  $V_c$  denotes the velocity of conveyor,  $L_p$  denotes the length of injections

이때 사출품 간의 간격은 후가공 작업을 진행하는데 있어 외관품질에 영향을 주지 않도록 충분한 간격을 두고 올라와야 하며, Eq. (4)와 같이 적어도 컨베이어를 통해 투입되는 방향의 사출품의 길이보다 커야 한다는 조건이 만족되어야 한다.

$$I_p > L_p \quad (4)$$

### 3.2 사출기-컨베이어 조합 최적화

앞서 제안한 모델에 따라 통합공정으로 투입되는 컨베이어 대수가 산출되면 다수의 사출기와 투입 컨베이어간의 최적 조합을 찾는 것이 필요하다. 여기서의 목적함수는 각 사출기에 연결된 컨베이어 대기시간의 편차를 최소화 하는 것으로서 이는 사출기에서 컨베이어로의 이재를 위해 대기하는 시간을 최소화함과 동시에 각 사출기에 연결된 컨베이어 가동율의 밸런싱을 맞추는 것을 의미한다.

다수의 사출기를 하나의 컨베이어로 연결할 때 각 사출기에 연결된 컨베이어의 대기시간은  $M/M/1$  대기행렬을 사용하며 Eq. (5)와 같이 계산한다.

$$W_c = \frac{P_i}{T_c(T_c - P_i)} \quad (5)$$

Where,  $W_c$  denotes the waiting time of conveyor,  $P_i$  denotes the injection quantity per time,  $T_c$  denotes the transportation quantity from machine to post-process

사출기와 컨베이어 조합별 대기시간은 시물레이션 모델링을 통해 산출하며, 최적 조합을 찾기 위한 목적함수는 Eq. (6)과 같이 대기시간의 편차를 최소화하는 것을 목적으로 한다.

$$\text{Minimize } \text{Var}(W_c) \quad (6)$$

각 컨베이어의 대기시간 편차를 최소화 할 수 있는 조합을 찾으면 첫 번째 사출기부터 마지막 사출기까지의 그룹화를 진행하며, 이때 사출기가 설치되어 있는 공간의 제약을 고려하여 인접사출기 우선 그룹화 조건 또는 사출기의 용량을 고려하여 유사용량 우선 그룹화 조건 등의 기준으로 각 사출기와 통합공정으로의 컨베이어를 그룹화 한다.

## 4. 사례분석

본 장에서는 앞서 제안한 통합공정으로의 컨베이어 구조 설계 방법론을 가전제품 외장 부품을 생산하는 사출 공장에 적용하여 제안한 모형의 적용 가능성과 효과성을 검증하고자 한다. 사례분석의 대상이 되는 공장은 총 13대 사출기를 통해 사출품을 생산하고 있으며, 각 사출기 앞에는 사상 그리고 표면처리 작업을 담당하는 후가공 인원이 2명씩 배치되어 운영되고 있다. 후가공 공정에서 처리하는 작업은 모든 사출기에서 동일하다. 후가공 공정이 끝난 반제품은 조립라인 투입을 위한 부품 창고에 보관하기 위해 대차에 장입하여 이동하게 된다.

### 4.1 현재의 물류흐름 분석

서론에서 언급한 바와 같이 사출기가 배치되어 있는 공장의 저층부는 후가공이 끝난 반제품의 이동물류와 불량품의 폐기물류, 그리고 조립공정으로 투입하기 위한 자재 등의 이동이 뒤섞여 있어 Fig. 2와 같이 매우 혼잡한 상황이었다.



Fig. 2. Logistics congestion in front of the injection machines

현재 상태에서의 물류강도는 빈 대차의 회수물류까지 고려할 경우 1일 운반강도는 약 7.9 km/day에 달하고 있었다. 또한 사출기별로 후가공을 담당하는 총 26명의 인원과 사출품이 장입된 대차의 이동을 담당하는 물류인원 2명을 포함하여 총 28명의 작업자가 사출기에 투입되어 생산성이 저조한 상황이었다. 이에 후가공 공정의 통합을 통해 인시당 생산성을 높임과 동시에 통합공정의 안정적인 운영을 위해 사출품 물류흐름을 효율화 시키는 작업이 필요하였고, 이에 제안한 방법론을 적용하였다.

## 4.2 공정통합 및 물류이송 자동화 설계

### 4.2.1 투입 컨베이어 대수 결정

우선 사출품의 투입속도와 투입간격을 고려하여 통합 공정에 투입할 수 있는 컨베이어 대수를 산출하였다. 각 사출기에서 나오는 제품마다 사이즈가 다른 상황에서 각 사출기마다 다른 크기의 컨베이어를 설치하는 것보다 표준화된 폭의 컨베이어를 설치하는 것이 바람직하였고 이를 위해 Table 1과 같이 크기가 큰 상위 6개 반제품 모델을 대상으로 분석하였다. 세로 방향으로의 반제품 이송을 가정하였을 때, 가장 크기가 큰 D모델을 기준으로 컨베이어의 최소폭이 7.2 m필요하고, 컨베이어 벨트의 좌우 여유폭을 각 30% 씩 고려하였을 때, 약 1.2 m의 폭을 가진 컨베이어가 필요한 것으로 계산되었다.

Table 1. Size of products

| Model # | Part Name  | Width(m) | Length(m) |
|---------|------------|----------|-----------|
| A       | Back cover | 9.1      | 5.2       |
| B       | Back cover | 12.4     | 7.2       |
| C       | Back cover | 12.3     | 7.0       |
| D       | Back cover | 12.3     | 7.2       |
| E       | Back cover | 12.3     | 5.7       |
| F       | Back cover | 11.0     | 6.4       |

한편 본 사례연구에서 통합공정을 배치할 수 있는 공간의 폭은 총 17.8 m이었으며, 작업자 및 이동 대차 배치를 위해 컨베이어 라인의 좌우 여유 공간을 3 m씩 고려하였을 경우, 최대 4대의 컨베이어가 통합공정으로 투입 가능한 것으로 계산되었다. 최대 4대의 컨베이어를 배치한다는 가정 하에 컨베이어 대수별로 사출품 이송시의 사출품 간 예상 간격은 Table 2와 같이 계산되었다.

Table 2. Expected interval between injections according to the number of conveyors

| Number of conveyors | Estimated tact time(sec.) | Cycle time of post-process(sec.) | Estimated Interval(m) |
|---------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| 2                   | 10.9                      | 50.0                             | 0.1                   |
| 3                   | 16.3                      | 50.0                             | 0.7                   |
| 4                   | 21.7                      | 50.0                             | 1.3                   |

분석 결과 컨베이어가 2대 또는 3대 투입될 경우 사출품 간의 예상 간격은 각각 0.1 m 그리고 0.7 m로, 제품의 크기를 고려할 때 제품 간의 간격이 매우 좁아 통합 후가공 공정에서의 작업성이 나쁠 것으로 예상되었다. 따라서 사출품을 투입하는 컨베이어의 최적 대수는 4대로 산출되었고, 이를 기반으로 사출기와 컨베이어를 다음과 같이 조합하였다.

4.2.2 투입 컨베이어 대수 결정

4대의 컨베이어를 통해 총 13대의 사출기에서 나온 성형품을 이송하기 위해서는 컨베이어 한 대당 사출기를 2대에서 5대까지 연결할 수 있다. 연결된 사출기의 대수별로 컨베이어의 대기시간과 통합공정으로 투입되는 택타임에 차이가 있으며, 본 연구에서는 Fig. 3과 같이 Arena 시뮬레이션 소프트웨어를 사용하여 사출기와 컨베이어를 모델링함으로써 각각의 경우에 따른 대기시간과 택타임을 분석하였다.

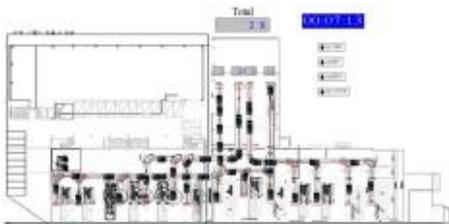


Fig. 3. Simulation model for waiting & tact time analysis

만약 컨베이어 한대에 사출기를 5대 연결할 경우 나머지 컨베이어 중 한대의 컨베이어에는 사출기를 2대 연결할 수밖에 없다. 이 경우 Table 3에서 보듯이 컨베이어의 대기시간에 편차가 최소 14초에서 최대 35초까지 발생할 수밖에 없으며, 시뮬레이션 분석 결과 컨베이어 한 대당 사출기를 3대 또는 4대로 연결하는 것이 최적이라는 결론을 얻었다.

Table 3. Combination of injection machine and conveyor

| Number of machines  | 2    | 3    | 4    | 5    |
|---------------------|------|------|------|------|
| Concept image       |      |      |      |      |
| Waiting time (sec.) | 11.4 | 17.6 | 21.6 | 26.9 |
| Tact time (sec.)    | 35.0 | 23.3 | 17.5 | 14.0 |

Table 4. Combination of injection machine and conveyor

| Injection machine | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Capacity (ton)    | 1.8 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.8 | 1.7 | 2.5 | 0.9 | 2.3 | 2.3 | 1.5 | 1.0 | 1.0 |
| Cycle Time (sec.) | 76  | 69  | 70  | 71  | 71  | 68  | 80  | 52  | 74  | 77  | 71  | 68  | 73  |
| Group             | #1  |     |     | #2  |     |     | #3  |     |     | #4  |     |     |     |

이를 기반으로 사출기와 컨베이어의 조합작업을 진행하였다. 컨베이어 1대에 사출기 4대가 연결되었을 경우, 컨베이어에서 투입된 사출품의 버퍼공간을 고려하여 최대한 좌측 또는 우측으로 할당하는 기준 하에 첫째, 대기시간 최소화화를 위해 사이클 타임이 긴 즉, 용량이 큰 사출기를 우선 할당하였고, 둘째, 인접사출기를 우선으로 조합하였다. 그리고 셋째, 대기시간 최소화를 위해 유사 용량의 사출기를 우선 조합하였다. 그 결과 컨베이어별로 Table 4와 같이 총 4개의 사출기-컨베이어 조합이 만들어졌다.

4.2.3 물류흐름 설계

투입 컨베이어의 대수와 사출기와 컨베이어 조합을 통해 사출품 물류흐름을 설계하였다. 각 사출기의 배출부에서 나온 사출품은 Fig. 4 (a)와 같이 공중에 부착된 컨베이어로 이재되어 통합공정으로 이송되고, 전체 13개의 사출기는 각 사출기별로 컨베이어 부착된 공중 컨베이어와 4:3:3:3의 조합으로 연결되어 Fig. 4 (b)와 같이 통합

공정으로 이송된다.



Fig. 4. Conveyor System  
(a) Conveyor for transporting injections  
(b) Overall structure of conveyor system

### 4.3 생산성 및 물류효율 개선효과 검증

제안한 모델을 적용한 결과, 통합 후가공 공정으로의 물류 자동화를 통해 각 사출기별로 배치되어 있던 후가공 작업인원은 4개의 투입 컨베이어에 3명씩 배치되어 총 12명이 작업을 하게 되었고, 기존의 사출기 앞의 물류인원 2명은 불량품 및 조립에 필요한 부품이동 작업을 위해 유지함으로써 총인원은 14명으로 감소되어 기존 28명 투입 대비 인시당 생산성이 2배 증가하였다. 또한 물류 이동거리는 1개월 동안의 생산량을 기준으로 시뮬레이션을 수행한 결과 기존 7.9 km/day에서 3.9 km/day로 약 40% 개선되었다.

## 5. 결론

본 연구에서는 사출공장에서의 생산성 및 물류효율 개선을 위해 후가공 공정을 통합하고, 통합된 공정에 사출품을 자동 이송하기 위한 컨베이어 구조 설계 방법론을 제안하였다. 본 연구에서 제안한 방법론은 설비작업 이후에 후가공 공정이 연속되는 압출, 프레스 등 다양한 생산 환경에서도 동일하게 적용이 가능하며 조립공정에서도 다수의 생산 라인에 흩어져 있는 공정을 통합하기 위한 컨베이어 구조 설계에도 확대 적용해 볼 수 있다.

향후 공정 통합으로 인한 반제품 재고 절감 및 생산의 유연성 개선 효과를 추가 검증함으로써 제안한 방법론이 공장 내부의 총합 생산성 개선 관점에서의 효과성을 검증하는 연구가 뒤따라야 할 것으로 판단된다.

## References

[1] M. S. Park, M. T. Kim, H. S. Lee, C. N. Chu, "Systematic

Finishing Process of Injection Molds", *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol.21, No.10, pp.50-56, Oct. 2004.

- [2] K. M. Park, S. J. Jeong, "A Study on the Improvement of Work Flow and Productivity in Complex Manufacturing Line by Employing the Effective Process Control Methods", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol.17, No.5, pp.305-315, May 2016.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.5.305>
- [3] Y. J. Choi, H. S. Song, I. S. Lee, "A Genetic Algorithm for Minimizing Completion Time with Non-identical Parallel Machines", *Korean Management Science Review*, Vol.30, No.3, pp.81-97, Dec. 2013.  
DOI: <http://doi.org/10.7737/KMSR.2013.30.3.081>
- [4] S. Y. Lee, S. H. Hong, J. H. Kim, "A Process Improvement of the SMPS Assembly Line Using Motion Study and Line Balancing Techniques", *IE Interfaces*, Vol.11, No.3, pp.155-166, Nov. 1998.
- [5] S. H. Park, "The Design of the U-Shaped Assembly Line to Replace Conveyor Systems", *IE Interfaces*, Vol.16, No.2, pp.240-247, June 2003.
- [6] I. S. Sun, W. D. Lee, "A Simulation Analysis for the Arrangement of Efficient Transport Equipments in a Logistics Center", *Korea Logistics Review*, Vol.26, No.5, pp.93-100, Oct. 2016.  
DOI: <http://doi.org/10.17825/klr.2016.26.5.93>
- [7] J. H. Koh, H. K. Ha, "Determination Factor Analysis of Parts Procurement Competitiveness in Automobile Manufacturing Companies with AHP", *Korean Journal of Logistics*, Vol.23, No.2, pp.99-110, June 2015.  
DOI: <http://doi.org/10.15735/klj.2015.23.2.007>
- [8] W. H. Choi, S. J. Kim, C. B. Kim, "A Case Study on the Innovation Activity of Small and Medium Sized Enterprises for Productivity Improvement and Effect Manufacturing Logistics", *Korean Journal of Logistics*, Vol.24, No.2, pp.73-83, June 2016.  
DOI: <http://doi.org/10.15735/klj.2016.24.2.006>

김기범(Ki Bum Kim)

[중신회원]



- 2003년 2월 : 연세대학교 정보산업공학과 (공학석사)
- 2009년 2월 : 연세대학교 정보산업공학과 (공학박사)
- 2008년 12월 ~ 2019년 2월 : LG 생산기술원 책임연구원
- 2019년 3월 ~ 현재 : 울산과학기술대학교 안전및산업경영공학과 교수

<관심분야>

생산관리, SCM, 스마트팩토리