

중소신발생산기업의 생산시스템 개선을 위한 시뮬레이션 모형 개발에 대한 연구

Development of Simulation Model for Improvement of Production System in Small and Medium Sized Shoe Companies

이경근*·윤원영*·문일경*·조형수**·차병철*
*부산대학교 산업공학과**부산대학교 기계기술연구소

Abstract

국내신발업체들의 생산시스템은 탄력성이 부족하고 표준화가 미흡하여 자동화, 정보화 등을 매우 어렵게 하고 있다. 특히 OEM 생산에 의존하는 중소신발생산기업들은 OEM의 특성상 촉박한 일정에 쫓기게 되어 생산계획 및 공정 조건 등을 최적으로 설정하지 못하고 과거의 경험 등에 의해 단기적이고 즉흥적으로 설정하고 있다. 이러한 행태는 중소신발생산기업들의 생산성 저하와 손실 초래의 중요한 원인이 되고 있다. 본 연구에서는 신발공정의 효율 및 생산성을 극대화하기 위해 중소신발생산기업의 생산시스템에 기반을 둔 시뮬레이션 모형을 개발한다. 이를 이용하여 현재의 생산공정 및 관리시스템에 대한 여러 가지 문제점 및 비효율적 요소들을 파악하고, 그에 따른 최적의 개선 대안들을 도출하고 제시한다.

1. 서론

국내 신발산업은 세계 유수 브랜드의 OEM 생산을 통해 세계 최고수준의 신발 제조기술을 확보하고 있으며 납기준수, 생산시간, 원자재 공급체계, 적응력 등 경쟁국들에 비해 비 가격 경쟁력에서는 우위에 있다고 볼 수 있다. 그러나 경쟁국에 비해 임금수준이 높으며, 제조원가에서 인건비가 차지하는 비중이 높아 가격경쟁력에서는 열위에 있다. 게다가 신발 산업은 노동집약적 산업임에도 불구하고 3D업종이라는 인식의 확산으로 인력공급이 원활치 못하며 젊은층 기능 인력들의 근무기피로 인력의 노령화가 심하다. 하지만 신발 중소기업의 생산시스템은 탄력성이 부족하고 재래식 생산개념을 탈피하지 못하여 경쟁력을 잃어 가고 있는 실정이다(박홍주 등, 2002; 이철우·주미순, 2001).

이에 따른 해결책으로 각 공정의 특성을 반영한 반자동화, 물류자동화 등을 통한 전사적인 생산 및 관리 시스템 도입이 절실하다. 하지만 실제로 기업이 이러한 시스템을 도입한 후 이를 평가하려면 막대한 비용과 시간적 손실을 초래하게 된다. 또한 시스템의 설계 및 설비의 운영방법들은 매우 복잡하고 다양하여 사전에 충분한 연구가 선행되지 않으면 설치 및 운영 시에 많은 착오가 발생하여 고가설비의 경우에는 재구입 및 재배치의 어려움이 발생한다. 따라서 현재 보유하고 있는 자원을 효과적으로 운영하여 작업효율을 높이고 생산성을 극대화하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 현상황에 대한 정확한 분석을 통하여 현재 보유하고 있는 생산설비와 작업자들을 최대한 효율적으로 활용하는 최적의 생산조건을 찾고 이를 적절히 이용하여야만 한다.

본 연구에서는 새로운 투자 없이 공정 효율을 향상시키는 최적의 방법들을 찾아내기 위한 신발 생산 시뮬레이션 모형을 개발·제시하고자 한다. 즉, 기존의 생산시스템에 기반을 둔 시뮬레이션 모형을 구축한 후 여러 가지 새로운 공정 및 관리운영 시스템 도입에 따른 영향 시뮬레이션 실험하여 최적의 시스템을 찾아내는 것이다. 이러한 시뮬레이션 모형은 새로운 생산시스템에 대한 타당성을 평가하는데 있어서 신뢰성 있는 근거와 기준을 마련하는 수단으로 이용될 수 있다(문일경 등, 2002; 신현표 등, 1992; 임석진 등, 2002; 임준묵 등, 1998; 조규갑 등, 1999).

중소신발생산기업의 생산시스템 개선을 위한 시뮬레이션 모형 개발을 위해서는 먼저, 대상시스템의 현재 공정 및 관리시스템을 분석하고 현 생산시스템의 시뮬레이션 모형을 구축한다. 시뮬레이션 모형이 개발되면 이를 기반으로 현재의 공정 및 관리시스템에 대한 시뮬레이션

실험을 수행하고, 결과를 분석하여 공정상 혹은 관리상 발생할 수 있는 여러 가지 문제점을 추출한다. 발견된 문제점을 개선할 수 있는 여러 가지 대안을 선정하고, 각 대안에 따른 시뮬레이션 모형을 구축·실험한 후, 결과를 분석하여 최적의 대안을 도출하는 과정을 따르게 된다. 본 연구에서 수행될 시뮬레이션 모형 개발 및 분석과정을 요약하여 보면 다음 <그림 1>과 같다.

이후 본 연구는 시뮬레이션 모형 구축을 위한 대상시스템의 분석을 2절에서 수행하고, 3절에서 현 공정의 시뮬레이션 모형을 구축한 후 시뮬레이션 실험과 분석을 수행한다. 4절에서는 분석을 통해 생성된 여러 가지 대안을 제시하고 시뮬레이션 실험을 통해 최적의 대안을 선정하며, 시뮬레이션 모형을 통한 분석방법에 대한 결론을 5절에서 제시한다.

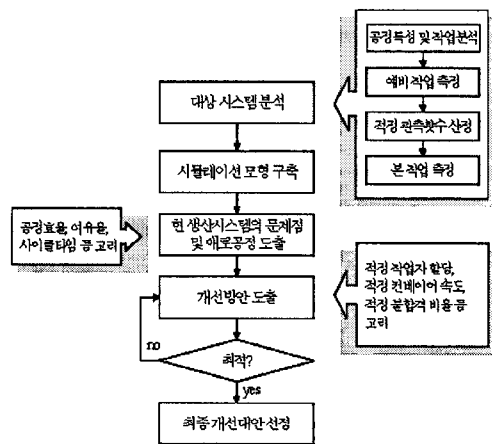


그림 1. 시뮬레이션 모형 개발 및 분석과정

2. 대상시스템 분석

2.1 대상시스템 소개

본 연구에서는 부산 녹산공단에 소재한 중소 신발완제품 생산기업인 S업체의 신발 생산 시스템을 시뮬레이션 분석 대상으로 하였다. OEM생산을 주로하는 S업체는 현재 많은 신발 업체들이 시행하고 있는 이원 생산체제로써, 한국공장과 중국공장으로 나누어 생산을 하고 있다. 중국공장에서는 신발의 갑피에 해당하는 부분의 제조를 담당하고 한국공장에서는 갑피를 제외한 나머지 부분의 제조와 조립을 담당하고 있다. 신발 생산에 필요한 모든 부분은 국내 공장에서 관리하며 자재 역시 국내에서 구매하여 중국으로 보내진다. 따라서 중국공장은 단순한 생산라인의 한 부분으로 해석될 수 있고, 여러 가지 제약과 실제 시뮬레이션 분석의 효율성 때문에 본 연구에서의 시뮬레이션 분석 대상은 국내 조립 생산 공장만으로 국한한다.

2.2 시뮬레이션 대상시스템 분석

2.2.1 공정의 특성

S업체의 신발 조립공정의 구성은 <그림 2>와 같다. 공정의 흐름을 설명하면 갑피(upper)는 20개 한 묶음씩 시스템 안에 투입되며 작업자에 의해 본드 칠 되어지고 컨베이어를 따라 흐르면서 건조대로 투입된다. 건조대를 거친 갑피에 신골(last)이 끼워지고 선부(toe)에 라텍스(latex) 호칠(cementing)이 되어져서 다시 건조된다. 건조된 신발은 토라스팅(toe lasting)을 하고, 라텍스 칠이 잘 되게 망치로 두드린 다음 베라카바(tongue cover)를 씌우고 신발의 모양을 잘 잡아주기 위해 PVC고리(PVC clip)를 끼우고 힐 라스팅(heel lasting)된다.

힐라스팅된 신발은 건조대로 올라가 540초

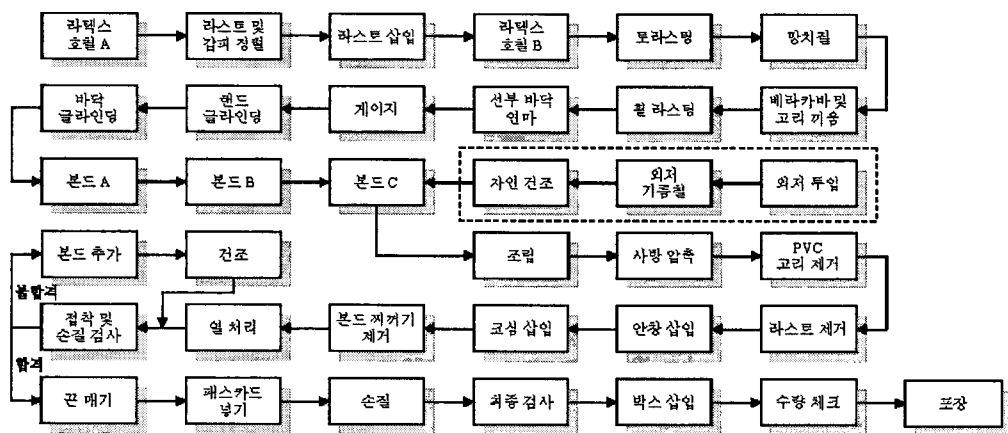


그림 2. S업체의 신발 조립공정 흐름

간 열로 건조시켜진 다음 외저(outsole)와 갑피가 정확한 위치에 조립될 수 있도록 표시된 후 앞부분 연마(grinding)를 하고 게이지(gauge)로 외저부분까지 호질이 될 수 있도록 펜으로 표시를 한다. 갑피와 외저의 접착력을 높이기 위해 연마를 하고 선처리(priming), 호질, 건조를 거치면서 갑피에 접착제를 바른다. 투입된 외저와 결합을 하고 사방압축기로 사이드, 전수를 사방압착한 다음 PVC고리와 베라카바를 제거하고 같은 문수로 짝을 맞추는 후 냉각기에서 건조시킨다.

건조된 신발에서 라스트를 뽑아내고 안창(insole), 코심(shapping paper)을 넣고, 갑피와 외저사이에서 밀려나온 라텍스를 제거한다. 1차 접착검사에서 불합격된 신발은 다시 추가 본드 작업과 건조, 열처리를 거쳐서 재검사를 받게 되고, 접착검사에서 합격된 신발은 신끈, 패스카드(pass card), 상표가 붙여진 다음 바닥을 닦고 최종 손질되어진다. 2차 검사에서 불합격된 제품은 다시 필요한 재공정을 거치게 되고, 합격된 제품은 박스에 삽입되고 수량을 체크한 다음 포장되어져서 2층 제품창고로 올라간다.

2.2.2 작업시간 및 작업인원

시뮬레이션 분석에 필요한 작업시간은 S업체를 대상으로 직접 조사하여 분석하였다. 조사 기간은 약 1개월이었으며 조사대상 제품은 생산량이 가장 많은 운동화중 한 제품을 대상으로 하였다.

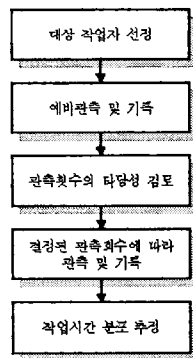


그림 3. 작업시간 산정 절차

작업시간 산정 절차는 <그림 3>과 같다. 먼저, 직장의 이해와 협조를 구하고 대상작업자를 선정하여 시간연구 내용을 설명한 후, 임의의 관측횟수를 정하고 예비 관측을 수행하여 시간치를 기록한다. 다음으로 예비관측 데이터를 이용하여 관측횟수가 충분한지를 검토한 후, 결정된 관측횟수에 따라서 각 공정을 관측하고 시간치를 기록한다. 기록된 데이터를 이용하여 각

공정의 작업시간 분포를 결정하였다. 이때 작업시간 분포 추정에는 시뮬레이션 소프트웨어인 ARENA 5.0의 입력분석기(Input Analyzer)를 이용하였다.

신발 생산에서 각 공정별 공정능력(capacity)은 신발의 종류와 생산 계획에 따라 달라진다. 본 연구에서는 작업시간을 측정할 운동화를 대상으로 하였고 일평균 1500족(pair)을 생산하는 것을 기준으로 정하였다. 이에 따른 작업인원은 S업체로부터 자료를 제공받았으며, 총 작업인원은 55명이다.

2.2.3 컨베이어 및 건조기

컨베이어는 총 6개의 독립적인 컨베이어들로 구성되어 두 가지 유형(A, B)으로 나뉘어진다. 유형 A 컨베이어는 처음 갑피가 투입되어 본드칠되어지는 공정과 라스트와 갑피를 정렬하여주는 공정간에 위치하며, 속도는 초당 21.95mm이다. 나머지 모든 컨베이어들은 유형 B로서 속도는 초당 12.44mm로 모두 동일하다. 그러나 두 컨베이어 유형간에는 용량이 차이가 있는데 유형 B 컨베이어의 너비는 유형 A 컨베이어 너비의 2배이다.

신발 완제품 조립시 중요한 요소 중 하나인 건조를 위한 건조기는 세 가지 유형으로써, 건조시간은 각각 1266초, 660초, 540초가 소요된다.

2.2.4 검사

검사는 두 가지로 분류된다. 첫째 접착 및 손질 검사이다. 접착검사에서 불합격한 신발은 본드추가 재작업을 거친후 자연건조 장치에 올려지고 열처리를 거친 다음 다시 라인으로 투입된다. 본드 찌꺼기 제거 불량 역시 재작업을 거친 후 라인에 재투입된다. 두 번째 검사는 최종검사인데 전반적인 신발의 품질을 평가하고 불량으로 처리된 신발은 해당 공정으로 다시 이동하여 추가 재작업을 거친 후 컨베이어를 따라 다음 공정으로 이동한다. 두 가지 검사에서의 불합격비율과 재작업비율은 다음 <표 1>과 같이 조사되었다.

표 1. 검사공정에서의 불합격 및 재작업비율

검사종류	접착 및 손질검사		최종검사	
	불합격 비율	재작업 비율	불합격 비율	재작업 비율
접착	60%	90%	10%	50%
손질	10%	10%	50%	50%

이상에서 설명된 S업체의 공정특성 및 호

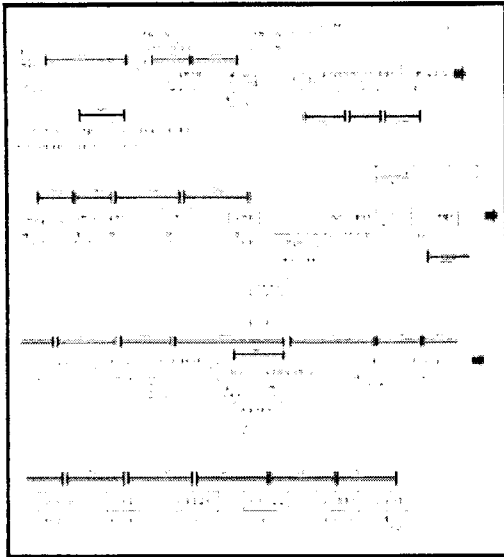


그림 4. S업체 조립 공정의 공정 특성 (단위: 초)

름, 작업시간 및 작업인원, 컨베이어 및 건조기 등의 구체적인 조사·분석 내용이 <그림 4>에 나타나 있다.

3. 시뮬레이션 모델링

3.1 시뮬레이션 모형의 가정

대상시스템의 공정은 총 33개의 공정으로 이루어져 있으며, 작업의 흐름이 정해진 작업공정순서에 따라 연속적으로 흐르는 흐름생산방식을 따르고 있다. 이것은 실제 작업공정에서의 일부 요소들은 시뮬레이션 분석시 효용성이 없다고 판단되어 다른 공정 및 모듈로 통합한 결과이다. 작업시간은 1일 9시간의 정규 작업시간 중 점심시간 및 휴식시간을 제외한 7시간 30분을 기준으로 하였으며, 총 55명의 작업자가 각 공정별로 고정되어 작업을 수행하고 있다. 이러한 사항을 제외한 시뮬레이션 모델링의 기본 가정사항들은 아래와 같다.

개체의 도착

신발생산시스템에 신발(개체)은 처음에 중국에서 생산된 갑피형태로 일괄 도착한다. 신발은 일평균 1500족이 생산되는데, 20족씩 포장되어 투입된다. 그러나 이를 현실대로 1500족이 한꺼번에 도착하게 되는 것으로 모델링하면 개체의 대기시간이 너무 커져서 민감한 결과치를 얻어낼 수가 없다. 따라서 개체는 3분(180초)마다 20족씩 도착한다고 가정하였다.

개체의 컨베이어 차지 공간

신발 1족은 컨베이어상에서 신발과 신발사이 여유공간을 포함하여 130mm를 차지한다. 그러나 앞에서 언급한 바와 같이 컨베이어의 너비가 다르므로 1열로 이동하는 컨베이어는 130mm의 공간을 차지하지만 2열로 이동하는 컨베이어에서는 130mm라는 공간에 신발 2족이 차지하게 된다. 그러므로 신발 1족은 2열로 이동하는 컨베이어 상에서는 최소 70mm의 공간이 확보되면 이동할 수 있는 것으로 가정하였다. 그리고 신발은 1족씩 이동하다가 라스트를 빼는 작업에서 짝지어 이동하며, 쌍으로 이동하는 신발은 컨베이어에서 신발 1족이 차지하는 공간의 2배(140mm)를 차지하지만 왼쪽과 오른쪽 사이의 여유공간 없이 이동하므로 컨베이어 상의 130mm 공간을 차지하여 이동하는 것으로 가정하였다.



그림 5. WIP의 개수

초기준비시간(warm-up period)

대상시스템은 하루의 작업시작 상태가 전날의 종료 상태이기 때문에 안정상태(steady state) 시뮬레이션을 수행해야 한다. 안정상태 시뮬레이션을 수행하기 위해서 초기준비시간을 설정하였다. <그림 5>를 보면 시스템 내에서 부품의 수가 0에서부터 증가하다가 약 10,000초를 전후로 해서 증가와 감소를 반복하며 안정상태 혹은 정상상태로 들어서는 것을 볼 수 있다. 따라서 초기준비시간을 10,000초로 설정하였다.

3.2 시뮬레이션 실험 및 결과 분석

시뮬레이션 모형은 시뮬레이션 전용언어인

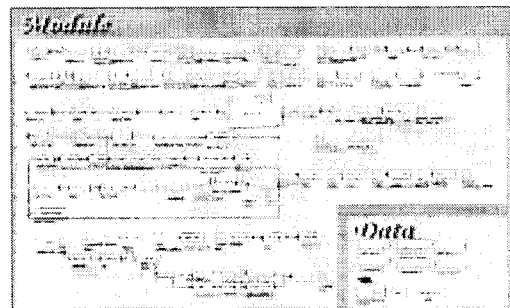


그림 6. 신발조립공정 시뮬레이션 모형의 ARENA 모듈

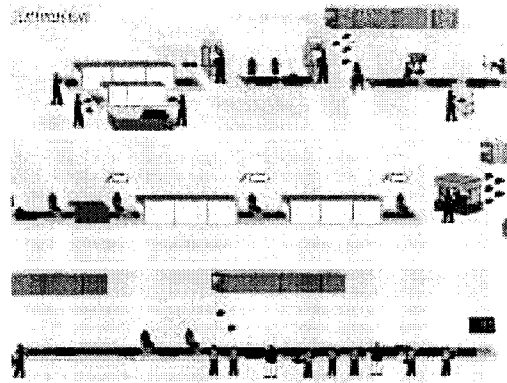


그림 7. 신발조립공정 시뮬레이션 모형의 애니메이션 실행 화면

ARENA5.0을 사용하여 구축되었다. 대상시스템에 대한 시뮬레이션 모형의 ARENA 모듈과 애니메이션 실행화면이 <그림 6>과 <그림 7>에 나타나 있다.

구축된 신발생산 시뮬레이션 모형을 이용하여 여러 가지 반복 실험하였다. 1회의 시뮬레이션 실험시간은 시뮬레이션이 안정상태에 들어설 때까지의 시간인 초기준비기간(10,000초)을 제외한 이후부터 7시간 30분(27,000초)으로 설정하였으며, 시뮬레이션 반복은 한 달 치 자료에 해당되는 30회로 설정하고 실시하였다.

대상시스템의 현재 공정상태에 대한 시뮬레이션 실험결과를 <표 2>에 정리하여 제시하였다. 결과를 보면 현재 상태의 신발 총 생산량은 평균 1544족/일이며, 각 공정별 가동률이 매우 불균형하다는 것을 알 수 있다.

4. 현 공정의 대안분석 및 결과

분석된 현 공정상의 문제점에 기초하여 다음과 같은 부문에서 개선안을 도출하였다.

4.1 라인밸런싱을 통한 각 공정내 작업인원의 효율적 할당

현재공정의 문제점을 해결하기 위해 공정간 라인밸런싱을 통해서 각 공정내 작업인원을 효율적으로 할당하는 것을 첫 번째 개선 목표로 선택하였다.

각 공정내 작업능력을 효율적으로 할당하기 위해 먼저, 제품의 품질 및 물리적 개선의 어려움 등과 같은 현실적 문제를 고려하여 각 공정들을 주요공정과 부속공정의 두 가지로 구분하였으며 시뮬레이션 개선 대안들은 다음과 같은 기준에 의해 생성되고 수행되었다.

표 2. 현공정에 대한 시뮬레이션 결과

공정 번호	공정명	작업 인원	공정 효율
1	라텍스 호칠 A	1	0.610
2	라스트와 갑피정렬	1	0.473
3	라스트 삽입	1	0.533
4	라텍스 호칠 B	2	0.437
5	토라스팅	1	0.858
6	망치질	1	0.569
7	베라카마&PVC고리 끼움	3	0.711
8	힐라스팅	1	0.858
9	선부 바닥 연마	1	0.507
10	게이지	2	0.635
11	핸드 그라인딩	2	0.926
12	바닥 그라인딩	2	0.554
13	본드칠 A	2	0.695
14	본드칠 B	2	0.695
15	본드칠 C	2	0.947
16	조립	5	0.809
17	사방압축	1	0.938
18	PVC고리 제거	1	0.578
19	라스트 제거	1	0.586
20	안창 삽입	1	0.376
21	코심 삽입	1	0.449
22	본드 찌꺼기 제거	4	0.753
23	열처리	2	0.553
24	접착 및 손질 검사	2	0.606
25	본드 추가	2	0.475
26	끈 매기	3	0.687
27	패스카드 넣기	1	0.972
28	바닥 닦기	1	0.781
29	손질	1	0.967
30	최종 검사	1	0.858
31	BOX 삽입	1	0.881
32	수량 체크	1	0.448
33	포장	2	0.498
	합계/평균	55	0.67

- 주요공정 및 부속공정 중 공정효율 및 사용률이 매우 낮으면서(가동률<0.5) 작업인원이 2이상인 공정은 작업능력을 낮추어 공정효율을 높임(0.5<가동률<1.0)
- 부속공정 중 공정효율 및 가동률이 매우 낮은(가동률<0.5) 인접작업은 공정효율을 일정 비율 이상(0.5<가동률<1.0) 높이기 위해 서로 병합 시도

위와 같은 기준에 의해 설정된 대안은 다음과 같다.

- 대안 A: ‘안창삽입’ 및 ‘코심삽입’ 공정을 ‘안창&코심 삽입’ 공정으로 병합
- 대안 B: ‘수량체크’ 및 ‘포장’ 공정을 ‘수량체크&포장’ 공정으로 병합
- 대안 C: ‘본드 찌꺼기 제거’ 공정에서 작업인원 1 감소

■ 대안 D: '끈매기' 공정에서 작업인원 1 감소

대안들을 통해서 얻고자 하는 것은 현재의 생산능력을 유지하면서 공정효율을 향상시키며 최적의 작업인원을 찾아내려는 것이다. 따라서 네 가지 대안들의 최적을 조합을 찾아내어야 한다. 그러나 대안들의 모든 조합을 실험하기에는 많은 시간이 소요되므로, 다구치(Taguchi) 기법을 활용하여 시뮬레이션 실험을 계획·설계하였다. 대안들의 조합에 대한 교호작용은 무시할 수 있다고 가정하고 주효과만을 고려하였다. 따라서 직교배열표는 $L_8(2^4)$ 을 사용하였고, 각 대안의 수준에 대한 직교배열표 $L_8(2^4)$ 의 구성 및 실험조합을 <표 3>에 나타내었다. 이때, 각 대안들의 수준은 해당 대안이 실험조합에 포함되었으면 '2'로 나타내고, 불포함되었으면 '1'로 나타내었다.

표 3. 직교배열표 $L_8(2^4)$ 의 구성 및 실험조합

실험 번호	A	B	C	D	반복 특성치				S/N	
					1	2	...	30		평균
1	1	1	1	1	y_{11}	y_{12}	...	y_{130}	\bar{y}_1	SN_1
2	1	1	1	2	y_{21}	y_{22}	...	y_{230}	\bar{y}_2	SN_2
3	1	2	2	1						
4	1	2	2	2	:	:	:	:	:	:
5	2	1	2	1	:	:	:	:	:	:
6	2	1	2	2						
7	2	2	1	1	y_{71}	y_{72}	...	y_{730}	\bar{y}_7	SN_7
8	2	2	1	2	y_{81}	y_{82}	...	y_{830}	\bar{y}_8	SN_8

실험은 각 실험조합에 대해서 30회씩 반복 실험하였다. 각 대안의 조합에 따른 실험결과 특성치는 신발의 총 생산량이 되며, 신발의 총 생산량은 많으면 많을수록 좋은 특성을 가지므로 실험 결과분석은 망대특성(larger characteristic)으로 분석하였다.

각 대안의 조합에 따른 시뮬레이션 결과값 즉 30회 반복 실험한 신발 총 생산량의 평균

표 4. 시뮬레이션 실험 결과값 및 S/N비

실험 번호	A	B	C	D	시뮬레이션 결과값 (총 생산량)	S/N비
1	1	1	1	1	1548	63.7967
2	1	1	1	2	1502	63.5331
3	1	2	2	1	1534	63.7156
4	1	2	2	2	1504	63.5471
5	2	1	2	1	1535	63.7194
6	2	1	2	2	1511	63.5795
7	2	2	1	1	1545	63.7756
8	2	2	1	2	1505	63.5483

그리고 S/N비(signal to noise)를 <표 4>에 나타내었다. 이때 S/N비 값은 다음 식에 의해서 계산되었다.

$$SN_i = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{1}{y_{ij}^2} \right]$$

여기서, i 는 실험조합 번호이며, j 는 반복횟수이다.

Main Effects Plot for S/N Ratios

그림 8. 각 대안의 수준별 S/N비에 대한 반응치

<표 4>에 주어진 시뮬레이션 결과를 바탕으로 각 대안의 수준별 평균 총 생산량 및 S/N비를 계산하여 그래프로 나타내면 <그림 8>과 같다. <그림 8>에서 알 수 있듯이 최대 총 생산량을 산출하여 줄 수 있는 대안의 최적조합은 $A_2B_1C_1D_1$ 수준 즉 현재 상태에서 대안 A만을 채택하였을 경우이다. 발견된 최적조합은 실험되지 않은 조합에 해당되므로, 최적조합에 대해서 확인실험을 수행해본 결과 평균 신발 총 생산량은 1546.7족으로 역시 현재 상태의 1546.8족과 0.1족의 차이 밖에 나지 않았으며, 이러한 차이에 대한 통계적 유의성 검정을 위해 실시한 t-검정 결과는 p-값이 0.970으로써 현재 상태와 대안 A를 채택한 경우의 차이는 없다고 할 수 있다.

신발 총 생산량의 측면에서 각 대안들의 통계적 유의성 검정을 위해 <표 5>와 같이 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 분산분석 결과를 살펴보면 대안 A, 대안 B, 대안 C는 p-값이 매우 크게 나타나 유의하지 않은 것으로 판단

표 5. 신발 총 생산량에 대한 분산분석표

변인	자유도 (DF)	제곱합 (SS)	제곱평균 (MS)	F값	p값
A	1	0.000113	0.000113	0.07	0.805
B	1	0.000220	0.000220	0.14	0.732
C	1	0.001059	0.001059	0.68	0.471
D	1	0.079861	0.079861	51.06	0.006**
오차	3	0.004692	0.001564		
합계	7	0.085946			

할 수 있으나, 대안 D는 p -값이 매우 작게 (p -value < 0.01) 나타나 두 수준간의 차이는 유의하다고 판단할 수 있다. 이것은 대안 D를 채택할 경우에는 상당한 양의 생산량 감소가 일어난다는 것을 의미한다.

이러한 결과를 종합하여 보면, 대안 D는 분산분석 결과 유의하다고 판정되어 개선 대안에서 삭제되어야 한다. 그러나 대안 A, 대안 B, 대안 C는 모두 신발 총 생산량에는 영향을 주지 않으면서도 총 작업인원을 3명이나 줄일 수 있는 대안들이라고 결론지을 수 있다. 여기서 대안 A, 대안 B, 대안 C를 모두 채택한 경우를 편의상 대안 'A+B+C'라고 하였다.

이제 공정효율의 측면에서 각 대안들을 살펴볼 필요가 있다. 고려 대상은 현공정과 대안 공정 'A+B+C'이다. 앞선 <표 2>에 나타나 있는 현공정의 시뮬레이션 결과를 보면 평균 공정효율은 0.67이고 공정간 표준편차는 약 0.1798로

크게 나타났다. 그러나 <표 6>에 나타나 있는 대안공정 'A+B+C'의 평균 공정효율은 0.7147로써 상대적으로 크게 나타났고, 각 공정간 편차 또한 0.1703으로써 현공정에 비해 작아졌다. 이것은 라인간 공정효율이 상대적으로 균형화되었다는 것을 의미한다. 하지만 좀 더 세부적으로 살펴보면, '핸드 그라인딩', '본드칠C', '사방압축', '본드 찌꺼기 제거', '손질', '패스카드 넣기' 등은 0.9이상의 공정효율을 보이고 있다. 여기에서 대안 C에 해당되는 '본드 찌꺼기 제거' 공정의 공정효율은 0.9954로써 거의 씬 없이 작업을 한다는 뜻이 된다. 이러한 공정은 언제나 새로운 예로공정으로 등장할 가능성이 있으므로 대안 C는 개선 대안에서 삭제되어야 한다.

따라서 최종적으로 선택된 대안은 '대안 A'와 '대안 B'이다. 대안공정 'A+B'에 대한 시뮬레이션 결과를 <표 7>에 나타내었으며, 평균 신발 총 생산량은 1544족으로 나타났다. 이것은

표 6. 대안공정 'A+B+C'의 시뮬레이션 결과

공정 번호	공정명	작업 능력	공정 효율
1	라텍스 호칠 A	1	0.6100
2	라스트와 갑피정렬	1	0.4734
3	라스트 삽입	1	0.5330
4	라텍스 호칠 B	2	0.4374
5	토라스팅	1	0.8579
6	망치질	1	0.5687
7	베라카바&PVC 고리끼움	3	0.7102
8	힐라스팅	1	0.8581
9	선부 바닥 연마	1	0.5073
10	게이지	2	0.6349
11	핸드 그라인딩	2	0.9266
12	바닥 그라인딩	2	0.5539
13	본드칠 A	2	0.6947
14	본드칠 B	2	0.6946
15	본드칠 C	2	0.9447
16	조립	5	0.8127
17	사방압축	1	0.9377
18	PVC 고리제거	1	0.5778
19	라스트 제거	1	0.5866
20	안창&코심 삽입	1	0.8257
22	본드 찌꺼기 제거	3	0.9954
23	열처리	2	0.5429
24	접착 및 손질 검사	2	0.5995
25	본드추가	2	0.4712
26	끈매기	3	0.6806
27	패스카드 넣기	1	0.9585
28	바닥 닦기	1	0.7634
29	손질	1	0.9584
30	최종검사	1	0.8490
31	BOX 삽입	1	0.8772
32	수량체크&포장	2	0.7152
	합계/평균	52	0.71

표 7. 최종대안공정 'A+B'의 시뮬레이션 결과

공정 번호	공정명	작업 능력	공정 효율
1	라텍스 호칠 A	1	0.6100
2	라스트와 갑피정렬	1	0.4734
3	라스트 삽입	1	0.5330
4	라텍스 호칠 B	2	0.4374
5	토라스팅	1	0.8579
6	망치질	1	0.5687
7	베라카바&PVC 고리끼움	3	0.7102
8	힐라스팅	1	0.8581
9	선부 바닥 연마	1	0.5073
10	게이지	2	0.6349
11	핸드 그라인딩	2	0.9266
12	바닥 그라인딩	2	0.5539
13	본드칠 A	2	0.6947
14	본드칠 B	2	0.6946
15	본드칠 C	2	0.9447
16	조립	5	0.8127
17	사방압축	1	0.9377
18	PVC 고리제거	1	0.5778
19	라스트 제거	1	0.5866
20	안창&코심 삽입	1	0.8257
22	본드 찌꺼기 제거	4	0.7488
23	열처리	2	0.5429
24	접착 및 손질 검사	2	0.5995
25	본드추가	2	0.4712
26	끈매기	3	0.6806
27	패스카드 넣기	1	0.9585
28	바닥 닦기	1	0.7634
29	손질	1	0.9584
30	최종검사	1	0.8490
31	BOX 삽입	1	0.8772
32	수량체크&포장	2	0.7152
	합계/평균	53	0.71

현공정의 평균 총 생산량 1546.8족과 2.8족 밖에 차이나지 않는 결과이다.

결론적으로 이러한 최종 대안을 채택하면 현재 상태의 생산능력을 그대로 유지하면서도 총 작업인원을 2명이나 줄일 수 있게 됨으로써 상당한 인건비 절감의 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 혹은 현재의 작업인원을 유지하면서 신발 총 생산량을 극대화하는 방안을 생각할 수도 있다. 이때에는 감소된 작업자를 현재 애로공정으로 작용하고 있는 공정들 예를 들면 '핸드 그라인딩', '본드칠 C', '사방압축', '패스카드 넣기', '손질' 등의 공정들에게로 유연성 있게 활용함으로써 달성될 수 있다.

5. 결 론

국내신발업체들의 생산시스템은 탄력성이 부족하고 표준화가 미흡하여 자동화, 정보화 등을 매우 어렵게 하고 있다. 특히 OEM 생산에 의존하는 중소신발생산기업들은 OEM의 특성상 촉박한 일정에 쫓기게 되어 생산계획 및 공정 조건 등을 최적으로 설정하지 못하고 과거의 경험 등에 의해 단기적이고 즉흥적으로 설정하고 있다. 이러한 행태는 중소신발생산기업들의 생산성 저하와 손실 초래의 중요한 원인이 되고 있다. 또한 생산성 향상과 효율성 분석을 위해서는 현 생산설비 및 관리시스템의 문제점을 분석하고, 분석에서 밝혀진 문제점을 해결하기 위한 대안들의 평가가 요구된다. 그러나 실제 시스템을 대상으로 이러한 대안을 실험하고 평가하는 것은 자금력이 절대적으로 부족한 중소신발생산기업에게는 비용 및 시간적 측면에서 결코 쉽지 않은 일이다.

본 연구에서는 추가적인 비용 및 투자없이 신발공정의 효율성 및 생산성을 극대화하기 위해 중소신발생산기업의 생산시스템에 기반을

둔 시뮬레이션 모형을 개발하였다. 이를 이용하여 현재의 생산공정 및 관리시스템에 대한 여러 가지 문제점 및 비효율적 요소들을 파악하고, 그에 따른 최적의 개선대안들을 도출하고 제시하였다.

본 연구에서의 대상시스템 시뮬레이션 모형을 검증하기 위해서는 보다 많은 현장의 데이터가 필요하나, 현재 국내 신발산업의 전산화가 열악하고, 작업의 표준화 미비 등 자료수집에 상당한 어려움이 있어 여러 가지 상황들에 대한 적절한 대응이 미흡했다고 사료되어지며 이것은 추후 보완될 계획이다.

참고문헌

- 문일경, 윤원영, 조규갑, 최원준 (2002), *ARENA를 이용한 시뮬레이션 2E*, 교보문고.
- 박홍주, 민봉식, 송경수 (2002), 남북경협시대에 있어서 부산지역 중소신발업체의 활로 모색, *인적자원관리연구*, 4, 263-294.
- 신현표, 박성연, 이화기 (1992), 시뮬레이션기법을 이용한 물류시스템 개선에 관한 연구, *산업공학*, 5, 35-46.
- 이철우, 주미순 (2001), 부산 신발산업 노동과정의 공간적 특징, *한국지역지리학회지*, 7, 55-70.
- 임준목, 김길수, 성기석 (1998), 다구치방법과 시뮬레이션을 이용한 통합된 자동생산시스템의 최적운영방안의 결정, *산업공학*, 11, 23-40.
- 임석진, 김경섭, 박면웅, 김승권 (2002), 시뮬레이션을 이용한 혼합모델 조립라인밸런싱, *한국시뮬레이션학회 논문지*, 11, 69-79.
- 조규갑, 문일경, 윤원영, 김영규 (1999), 전자레인지 조립라인의 생산물류 분석 시뮬레이션, *IE Interfaces*, 12, 121-131.