

# Arena와 Six Sigma를 이용한 중소기업의 공정평가 및 개선을 위한 연구

임석진\* · 박송이\* · 이우능\*

\*인덕대학 산업시스템경영과

## A Study on Evaluation and Improvement of Production Process Using Arena and Six Sigma in Small and Medium Enterprise

Seok Jin Lim\* · Song E Park\* · Woo Neung Lee\*

\*Department of Industrial System Engineering, Induk Institute of Technology

### Abstract

This study deals with the improvement of production process on a flow production system with the consideration of six sigma. We analyze the production process and survey the important factors of improvement of productivity. Using a six sigma, we find strategic point and suggest a reformation of production process. We applied a simulation technique to simulate the production line proposed by the result of the Six sigma. With the result of the simulation, this study analyzes the propriety of production line and proposes the alternatives of new production process.

**Keywords** : Simulation, Six Sigma, Production Process, Evaluation

### 1. 서론

제품시장이 다변화되고 소비자의 요구가 다양화되어 짐에 따라 기업이 경쟁력을 갖추기 위해서는 이러한 변화에 현재 생산시스템에 대한 면밀한 분석과 개선 등을 통하여 능동적으로 대처하여야 한다.

그러나 중소기업 실정으로는 소비자에 다양한 요구에 제품을 개발하고 생산하여야 할 뿐 아니라 적기에 제품을 공급하기 위해 많은 어려움이 있다. 따라서 기업에선 현재 보유하고 있는 자원을 효과적으로 운용하여 작업효율을 높이며 이를 통한 생산성향상을 추구하여야 한다. 작업효율과 생산성을 향상시키기 위해서는 작업자들의 공정에 대한 만족도를 바탕으로 능동적인 참여와 개선을 통하여 전사적으로 수행하여야 한다.

작업자들의 적극적참여를 바탕으로 한 현재 운영되고 있는 시스템의 상황에 대한 정확한 분석을 수행하고 공정의 개선을 위한 대안의 제시와 이의 적용을 통

해 기업과 작업자가 추구하는 목적을 달성할 수 있다.

본 연구는 6 시그마와 simulation기법을 중소기업, 특히 제조업에 도입함으로써, 정확하게 공정능력을 측정하고 개선안을 제시 평가하는 연구이다.

### 2. 대상업체 소개

본 연구의 대상업체는 주로 전자제품에 이용되는 캐퍼시터를 생산하는 중소기업으로 제품생산은 정해진 작업공정순서에 따라 연속적으로 흐르는 흐름생산방식을 취하고 있고, 반자동화 공정을 통하여 작업이 수행된다. 1일 8시간 기준으로 공정별로 작업자가 고정되어 작업을 수행하며 월 12만개의 캐퍼시터를 생산하고 있다.

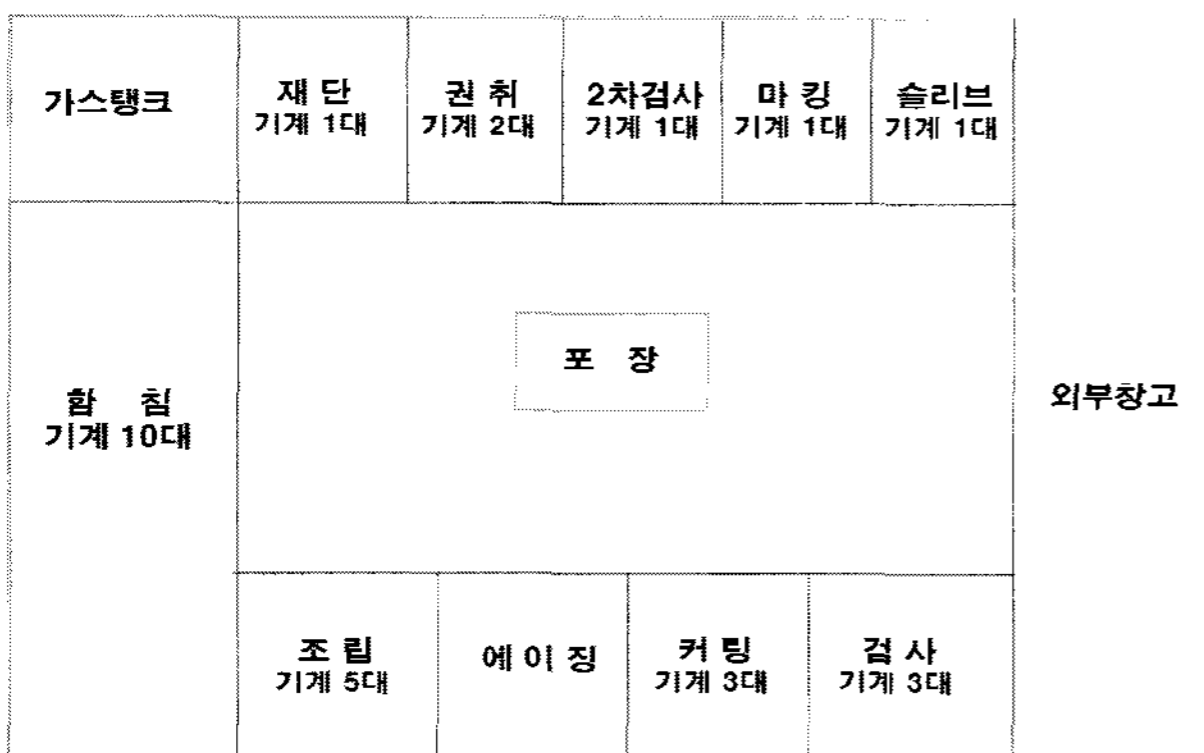
단일모델 조립라인구성 및 운영등에 대한 많은 연구가 이루어졌다. Chakravarty(1985)는 작업장 수, 작업장에 할당되는 작업, 생산주기 시간을 결정하기위한 동적 계획법과 경험적기법을 제시하였다.

† 본 연구는 인덕대학 학술연구비 일부지원에 의해서 수행되었음.

2007년 11월 접수; 2007년 12월 수정본 접수; 2007년 12월 게재확정

Dessouky(1995)는 PCB(printed circuit board)를 생산하는 조립라인에서 idle time의 최소화로 생산량을 극대화 시키고 재공품재고를 감소시키며 production flow를 평준화시키기 위한 작업장에서의 기계를 그룹화하는 경험적기법을 제시하였다. 임(1995)은 조립생산라인에서 작업자 할당을 위한 수학적 모형과 이의 성과를 측정하고 분석하기 위한 시뮬레이션 모형을 개발하였다.

본 연구는 전자제품을 생산하는 반자동 라인 생산시스템에서 생산공정에서의 작업자의 만족도를 분석하고 이를 통하여 공정을 개선하고 생산성을 향상시키기 위한 모형을 제시하는 연구이다. 이를 위하여 6 시그마를 통한 분석과 대안의 제시 그리고 시뮬레이션을 통하여 도출된 대안을 평가하는 연구이다. 다음 <그림 1>은 연구대상이 되는 기업의 현황에 대한 것이다.



<그림 1> 공정 및 작업장 현황

### 3. Six sigma 품질개선 프로세스

6 시그마(Six Sigma)기법은 기업경영의 혁신적 변화를 추구하는 전략적 수단이며, 그 접근방법은 기업 경영의 프로세스를 대상으로 하는 운영적 변화를 통하여 혁신적 성과를 조직적으로 추진하는 것이다. 6 시그마 기법의 목적은 생산결과의 산포도를 관리하여 생산제품 또는 서비스의 불량율을 낮춤으로써 고객의 품질만족도를 완벽하게 하고자 한다. 6 시그마 품질개선 프로세스는 5단계로 나누어지는데 개선기회의 정의(Define), 성과측정 (Measure), 개선기회분석(Analyze), 개선활동(Improve), 통제(Control)로 진행된다.

#### 3.1 6 시그마적용을 위한 정의

본 연구는 비효율적으로 운영되고 있는 공정을 개선하고, 작업자의 만족도를 향상시킴으로 인한 제품 생산 능력까지 올리자는 목표를 두고 6 시그마 품질개선 기

법을 도입하고자 한다. 6 시그마 품질활동의 1단계 작업은 프로젝트의 현상을 정의하는 단계로 공정의 개선을 위해 CTQ(Critical To Quality, 중요품질특성)를 통해 공정개선으로 결정하고 작업자들이 공정에 대해 개선하고자 하는 부분이 다양하다고 판단되어 공장의 관리자, 작업자들과 브레인스토밍을 실시하여 도출된 6가지 CTQ는 <표 1>과 같다.

<표 1> CTQ

CTQ= 공정개선을 통한 작업자의 만족	
CTQ1	자신이 일하는 파트에 대한 만족
CTQ2	기계 노후화가 공정에 미치는 영향
CTQ3	작업활동범위가 공정에 미치는 영향
CTQ4	작업현장 위생상태
CTQ5	파트별 인원 배치
CTQ6	공정 설비배치

개선 대상 프로세스를 명확히 정의하는 단계로서 고객, 공급자, 입력과의 관계를 명료하게 정의함으로써 해야 할 일들을 보다 명확하게 파악할 수 있게 <표 2>와 같이 SIPOC Chart를 이용하여 작성하였다. 프로젝트 추진일정을 계획, 프로젝트 기술서를 <표 3>과 같다.

<표 2> SIPOC Chart

S (Supplier)	I (Input)	P (Process)	O (Output)	C (Customer)
	공정 환경	작업파트별 작업시작 ↓ 제품생산 ↓ 작업완료	작업자의 만족	작업자

#### 3.2 6 시그마적용을 위한 측정

측정단계에서는 정의에서 파악한 공정의 문제점과 공정에 대한 작업자의 만족도를 측정을 해야 한다. 즉 현재 공정이 당면하고 있는 상황을 명확히 파악하고 선정한 CTQ중 만족도가 가장 낮은 CTQ를 찾기 위해 1차 설문지를 작성하여 생산직 45명, 관리자 10명 그리고 QC부 5명을 대상으로 진행하였다.

분석결과 설문조사의 신뢰도는 약 75.9%로 기초연구에 적합한 것으로 나타났으며 이를 시그마수준을 계산

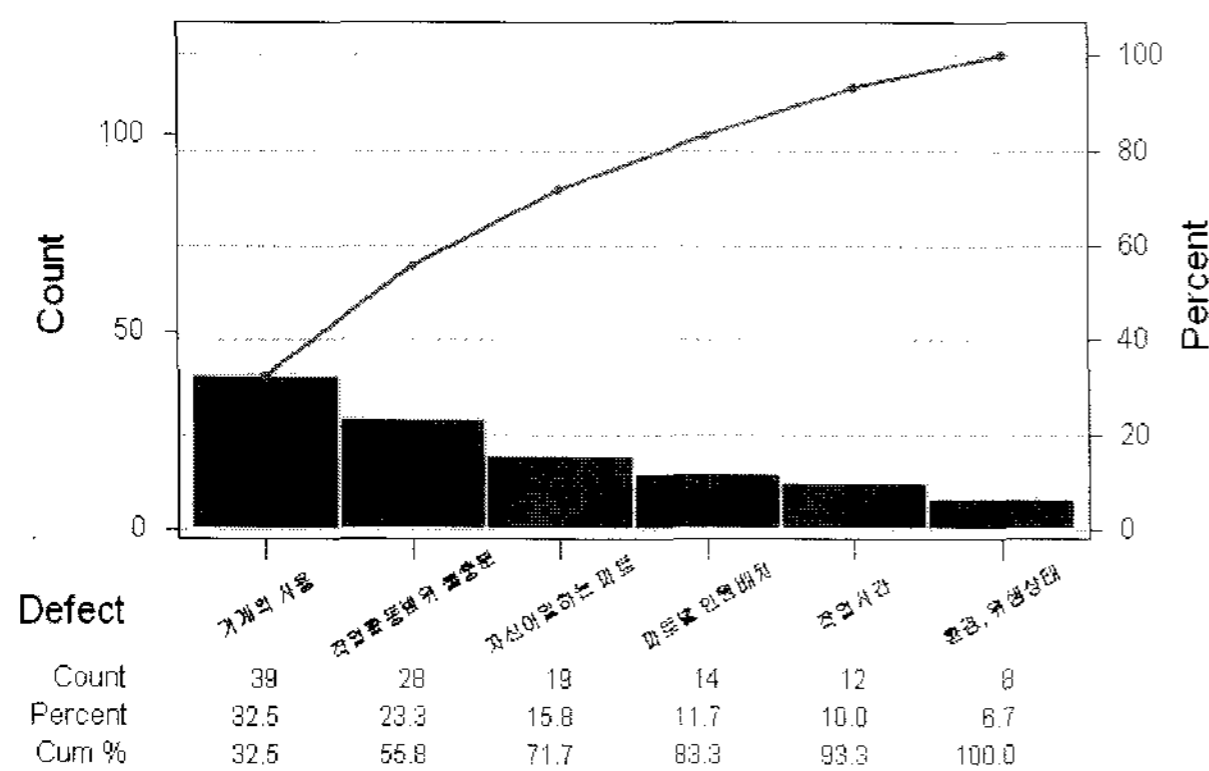
해 본 결과, 공정에 대한 만족도는 0.83시그마 수준으로 대부분의 작업자들과 관리자들이 공정에 대해 만족하지 않다는 것을 알 수 있었다. 특히 2번의 질문에서

“작업자들이 개선할 부분이 있냐”는 질문에서는 대다수의 작업자들이 개선점이 있다고 답했다. 1차 설문결과를 아래 <그림 2>에 Pareto chart로 표현하였다.

<표 3> 계획·프로세스기술서

프로젝트번호	Digital 2007	CTQ	공정 개선				시작 일	9.21
프로젝트 명	공정개선	성과기준	설문지조사 결과 4점 이하면 결함				정의	9.21-9.27
BB	-	목 표					추정	9.27-10.11
MBB	-						분석	10.04-10.18
챔피언	-						개선	10.18-10.25
스폰서	-						관리	
팀원							완료 일	11.01
프로젝트 개요								
비즈니스 기회 /재무성과	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 유형효과 : 공정의 흐름이 빨라지고 생산성향상</li> <li>■ 무형효과 : 직원만족도와 적극적 참여 향상으로 품질개선</li> </ul>							
문제기술								
목표기술	공정을 개선하여 직원의 참여도를 높이고 만족도를 높인다.							
프로젝트 범위	불필요한 공정과 직원 불만족을 찾아 만족할 수 있는 수준으로 끌어 올린다.							
자원/팀원	공정개선을 위해 팀원들과 서로 아레나로 평가.							
승인	BB	MBB	스폰서	챔피언				

공정 불만족 Pareto Chart



<그림 2> 공정불만족 Pareto Chart

### 3.3 6 시그마적용을 위한 분석

분석단계는 측정단계에서 수집한 자료를 이용하여 가장 많은 문제점을 가진 원인들을 파악하는 단계이다.

설문조사 결과 분석된 6가지 사항의 개선방법을 세부적으로 분석하기 위해 2차 설문지를 실시하였다.

2차 설문조사 결과 기계의 최신설비로 교체하는 것이 가장 필요한 것으로 나타났다. 최신설비로 교체하는 것은 비용을 고려하지 않은 결과이며 실현가능한 대안으로는 노후화 된 부품을 교체하고 예방보전을 철저히 해야 하는 것으로 나타났다.

또한 재공품을 줄이고 작업장의 개선을 위한 방법으로는 1 lot의 개수를 줄이고 작업이 완료되면 쌓아두지

않고 바로 옆으로 넘기는 방법이 가장 적절한 방법이라고 58.3%의 작업자들이 응답하였다. 기존의 방법은 1 lot(1000개)가 쌓일 때 까지 대기하였으며 이로 인한 작업활동범위가 좁아져 작업하는 데 많은 불편이 있었다.

또한 lot의 개수는 500개로 줄였을 때 적절하다고 답하였다. 공정인원 재배치를 해결하기 위한 방법으로는 작업자의 임의선택이 가장 좋은 방법이라는 결과가 도출되었으며 공정별 인원배치가 적절하지 않은 공정으로는 슬리브공정으로 현재 3명의 작업자를 4명으로 늘리는 것이 가장 적합한 것으로 나타났다.

### 3.4 6 시그마적용을 위한 개선활동

개선단계는 분석단계에서 선정된 중요 인자들을 중심으로 문제를 해결하기 위한 대책을 수립하는 것으로 최적 조건이나 대안을 설정하는 단계이다. 본 연구에서는 개선목표를 3시그마 미만이므로 90% 향상으로 목표를 정하였다. 출력변수인 작업자 만족도에 영향을 주는 잠재인자를 1차로 선정한 후 식스시그마의 여러 기법을 이용하여 2차적으로 핵심인자를 선정 했다.

본 연구에서는 우선순위에서 첫 번째 CTQ인 최신설비 교체와 두 번째 CTQ인 1 lot의 개수를 줄이는 방법이 전체 작업자만족도에 어느 정도 영향을 미치는지를 알아보기 위해서 설문기법을 적용하여 분석하였다.

도출된 우선순위 상위 두 개의 CTQ에 대하여 전체 작업자만족도의 영향을 평가하기 위한 가설검정을 하기위하여 다음 <표 4>와 같은 가설들을 설정하였다.

<표 4> 가설

가설 1 (X <sub>1</sub> )	최신설비로 교체를 하면 고장률이 줄어 작업만족도에 영향을 줄 것이다.
가설 2 (X <sub>2</sub> )	1Lot의 수를 500개로 줄여 작업 활동 범위가 넓어지면 작업만족도에 영향을 줄 것이다.
가설 3 (X <sub>3</sub> )	공정인원 배치 시, 작업자가 임의선택을 하게 되면 작업만족도에 영향을 줄 것이다.

설정된 가설을 바탕으로 3차 설문지를 작성하였으며 항목별 점수중 3점 이하를 결함으로 정하였고 설정한 가설을 토대로 3차 설문을 실시한 결과는 다음 <표 5>와 같다.

<표 5> 3차 설문조사 통계분석

	설문결과			신뢰구간(95%)	
	평균	표준편차	SE평균	하한	상한
X <sub>1</sub>	3.98	0.813	0.105	3.77	4.19
X <sub>2</sub>	3.55	0.852	0.110	3.33	3.77
X <sub>3</sub>	3.70	0.801	0.104	3.49	3.90

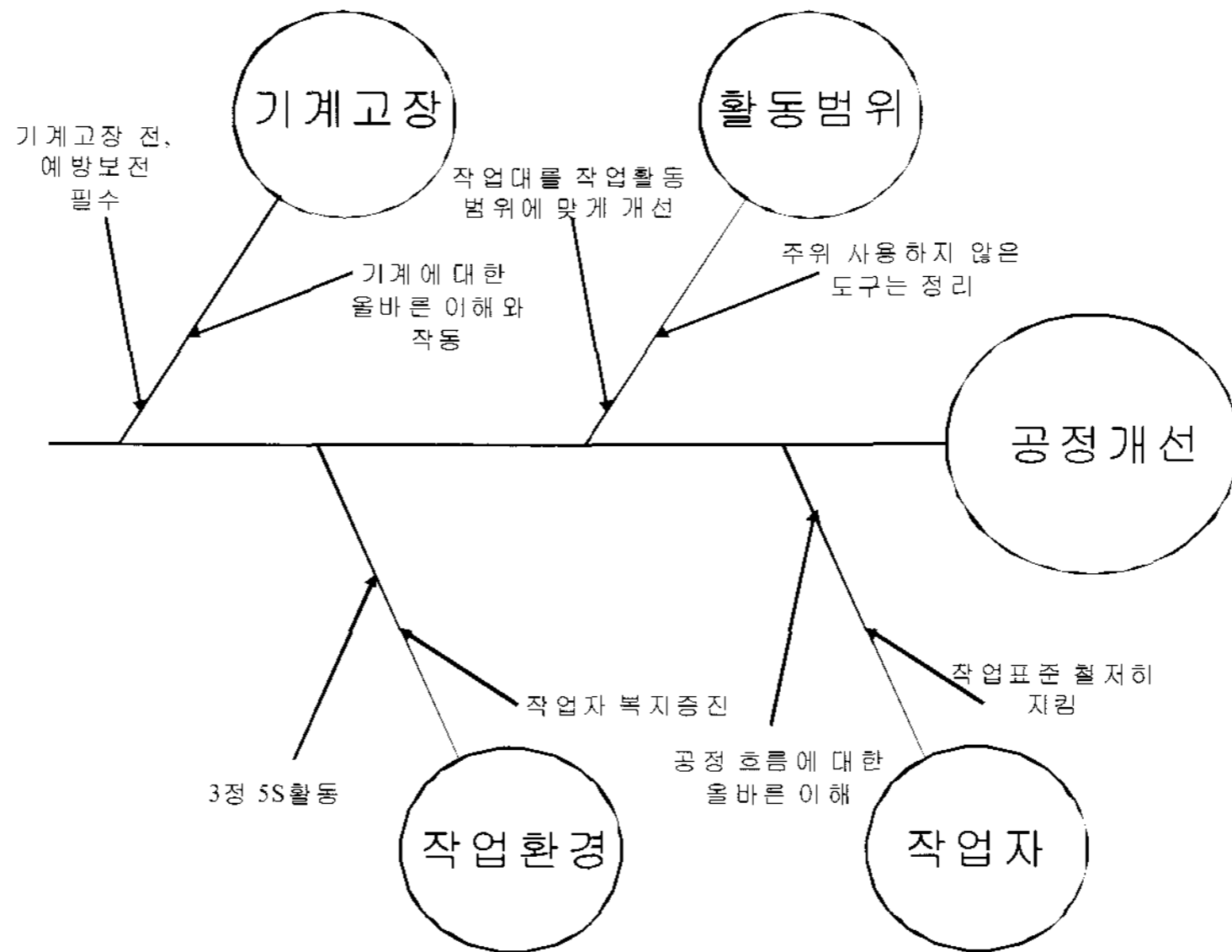
3차 설문조사를 통한 통계적 분석 결과에서 개선된 공정에 대한 작업자의 만족도는 개선 전 보다 많이 향상되었음을 <표 6>을 보면 알 수 있다. 개선전의 0.83 시그마 수준에서 개선 후의 전체 시그마 수준은 2.87로 무려 2시그마이상 향상되었음을 알 수 있다.

<표 6> 개선후  $\sigma$  수준

<b>DPO = 0.915</b>	
$Z_{lt} \text{ (장기 } \sigma \text{ 수준)} = \Phi^{-1}(0.915) = 1.37$	
$Z_{st} \text{ (단기 } \sigma \text{ 수준)} = 1.37 + 1.5 = 2.87$	
<b>전체 <math>\sigma</math> 수준 = 2.87</b>	
1번 최신설비로 교체를 하면 고장률이 줄어 작업만족도에 영향을 줄 것이다.	<b>2.4</b> (결함 수: 11)
2번 1Lot의 수를 500개로 줄여 작업 활동 범위가 넓어지면 작업만족도에 영향을 줄 것이다.	<b>1.98</b> (결함 수: 19)
3번 공정인원 배치 시, 작업자가 임의선택을 하게 되면 작업만족도에 영향을 줄 것이다.	<b>2.12</b> (결함 수: 16)
총 결함 수	<b>46</b>

또한 본 연구에서는 최신설비로 교체와 공정별 인원의 재배치에 따른 생산량의 증가와 같은 성과분석을 위해 시뮬레이션 기법을 적용하여 평가하였다.

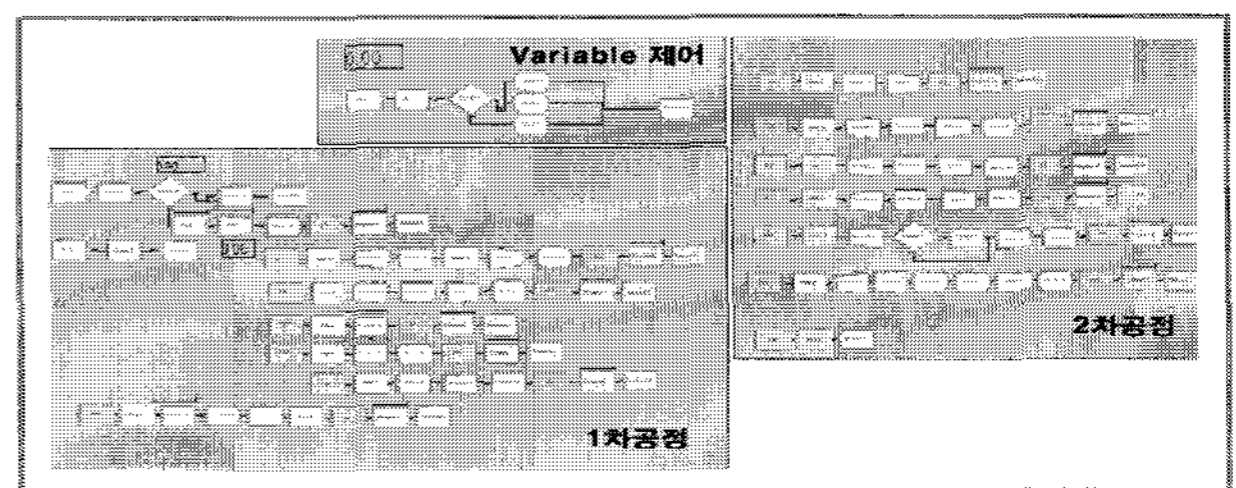
시뮬레이션 기법을 적용하지 못한 문제점에 대한 개선사항 등은 브레인스토밍을 통해서 특성요인도로 표현 하여 <그림 3>에 설명하였다.



<그림 3> 특성요인도

### 3.5 6 시그마적용을 위한 관리

관리단계는 이전 단계인 개선단계에서 얻은 성과를 지속적으로 유지, 관리하기 위한 시스템을 갖추는 단계로 프로세스의 최적화를 실시한 후에 지속적으로 유지/관리하기 위하여 체계적인 관리시스템을 만들어 프로세스를 모니터링 해야 한다.



<그림 4> 공정 모델링

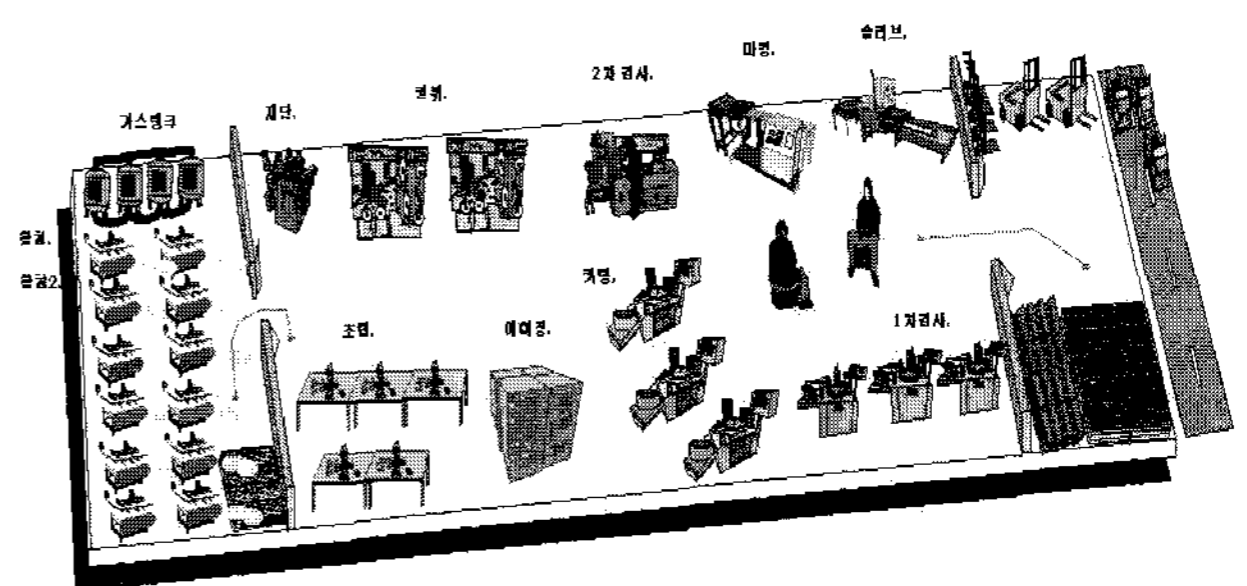
## 4. 시뮬레이션 프로세스

시뮬레이션은 현존하지 않거나 또는 비용 등의 문제로 인해 실제로 구현하기 어렵고 직접적으로 실험이 불가능한 복잡한 시스템에 대해 미리 모형 및 대안을 세우고 이를 실험하여 결과를 예측 할 수 있게 해준다[1].

본 연구는 식스시그마 프로세스에서 도출된 사항을 바탕으로 실행 가능한 대안을 수립하여 시뮬레이션에 적용 및 평가분석을 수행하고자 한다.

본 연구에서는 Simulation 모형 설계 시 미리 수집된 일 생산 계획에 의해 제품 모델의 투입 순서와 제품 모델의 생산량 같은 정보를 이용하였고, 시뮬레이션 시간은 10일 이고 11개의 공정을 45명의 작업자가 생산하는 방식으로 실시하였다. 1일 작업은 8시30분에 시작해서 5시30분에 끝나는 8시간작업으로 하였다.

<그림 4>과 <그림 5>는 시뮬레이션 프로세스를 위한 Arena를 이용한 공정의 모델링과 애니메이션을 나타낸 것이다.



<그림 5> 공정 애니메이션

모델링에서 1차공정은 재단, 권취, 함침, 조립, 에이징의 모듈을 나타낸 것이고, 2차공정은 커링, 1차 검사, 슬리브, 마킹, 2차 검사, 포장의 모듈을 나타낸 것이다. Variable제어는 각 모듈의 제어를 위한 Variable값들을 관리해 주는 것을 나타낸 모듈이다.

시뮬레이션 수행을 위하여 현장에서 직접 9개공정에 대한 작업시간을 조사하여 이를 Arena의 Input analyzer를 통하여 구한 공정별 작업시간 분포는 다음 <표 7>과 같다.

<표 7> 공정별 작업시간 분포

기 계	분 포
재 단	$2.68+1.05 \cdot BETA(2.75, 3.14)$
권 취	$NORM(4.95, 0.0282)$
조 립	$NORM(7.98, 0.136)$
커 링	$11.9+1.04 \cdot BETA(3.1, 3.1)$
1차 검사	$10+1.71 \cdot BETA(5.56, 6.73)$
슬 리브	$8.82+1.13 \cdot BETA(2.69, 2.37)$
마 킹	$3.11+0.89 \cdot BETA(2.47, 2.97)$
2차 검사	$NORM(5.49, 0.175)$
포 장	$6.61+1.05 \cdot BETA(2.2, 2.19)$

< 개선전 >

< 개선후 >

개선전	개선후
1ST 생산량 6096.00	1ST 생산량 8235.00
2ND 생산량 6144.00	2ND 생산량 8220.00
3RD 생산량 6110.00	3RD 생산량 8231.00
4TH 생산량 6105.00	4TH 생산량 8240.00
5TH 생산량 6109.00	5TH 생산량 8226.00

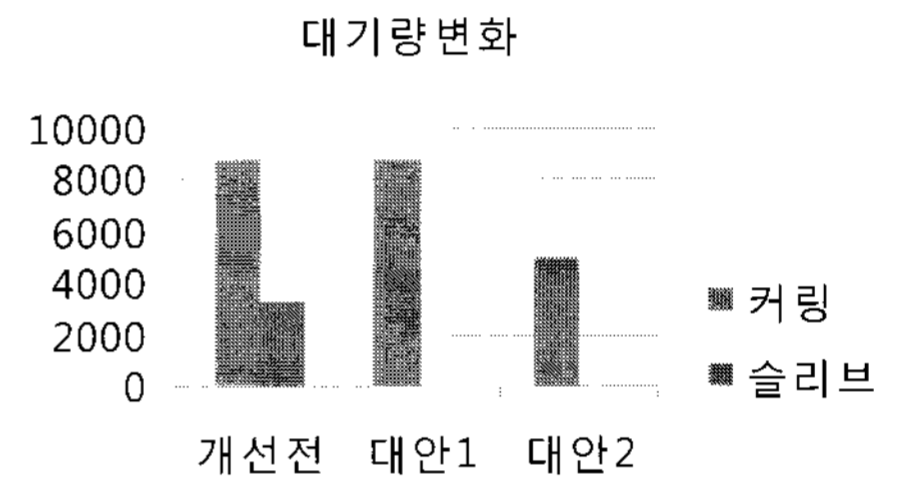
<그림 8> 공정모델링

먼저 현재 운영되는 상황에 대한 시뮬레이션 수행결과 <그림 6>과 같이 슬리브공정이 다른 공정에 비하여 긴 대기시간을 가지고 있는 것으로 나타났다.

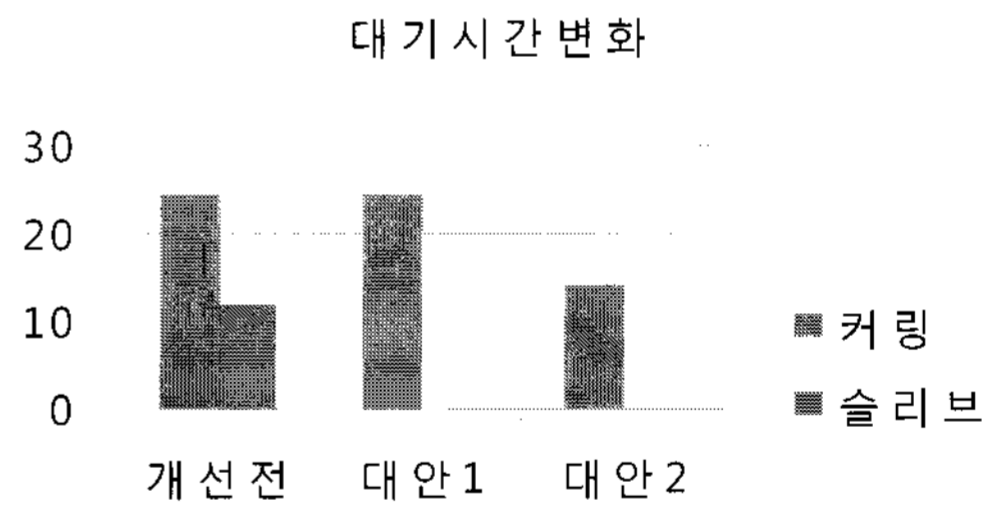
다음 <그림 9>와 <그림 10>은 시뮬레이션 수행후 현상항과 대안1, 대안2에 대한 대기량, 대기시간, 생산량의 변화를 그림으로 표현한 것이다.

Queue	
Other	
Number Waiting	Average
Process 2.Queue 1차 검사	266.52
Process 3.Queue 슬리브	3237.99
Process 4.Queue 마킹	49.2311
Process 5.Queue 2차 검사	0.2766
Process 6.Queue 포장	38.9046

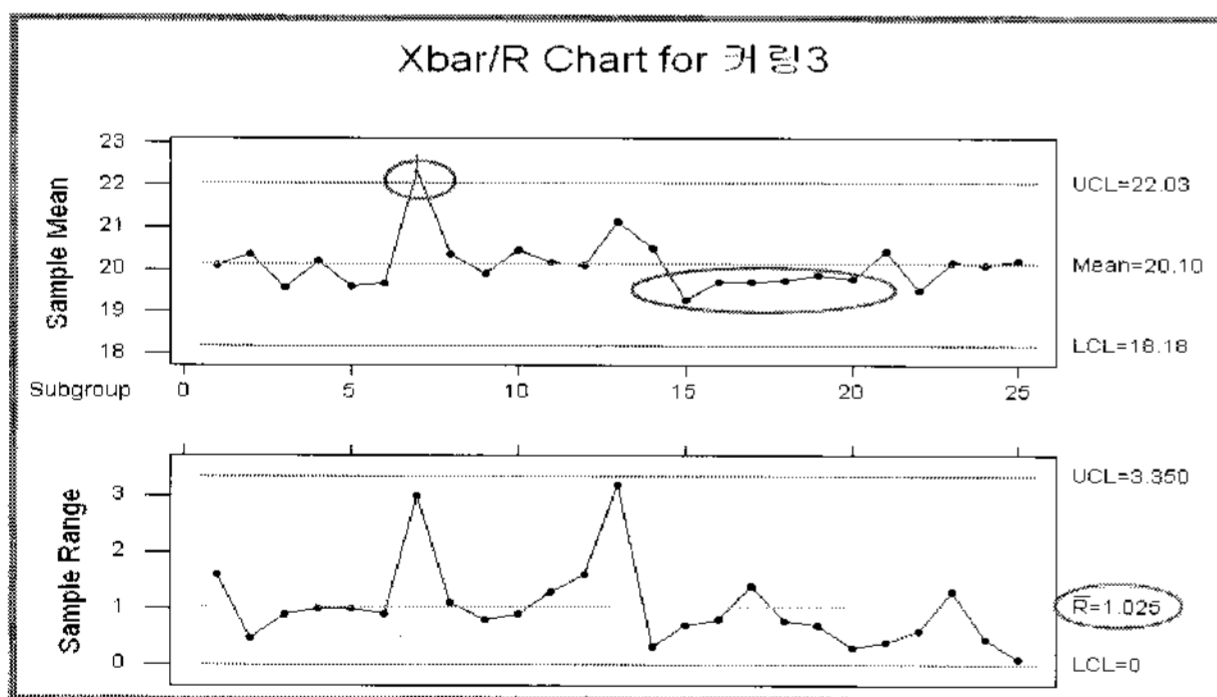
<그림 6> 시뮬레이션 결과 공정별 대기시간



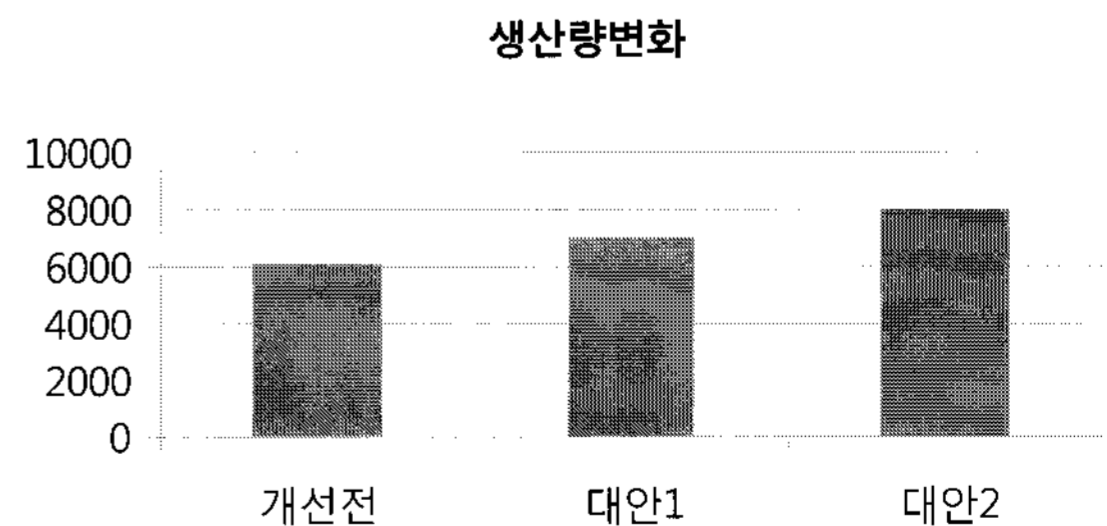
커링공정에서는 기계의 노후에 따른 불량률이 가장 크게 나온다는 의견에 따라 수집된 자료를 통해 X-R 관리도를 작성하여본 결과, <그림 7>과 같이 공정이 불안정하며 산포가 과다하게 나타나는 것을 알 수 있다.



<그림 9> 대기량, 대기시간의 변화



<그림 7> 커링공정에 대한 관리도



<그림 10> 생산량의 변화

본 연구에서는 현상항에 대한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 작업자의 만족도와 생산성 향상을 위한 공정개선활동으로 다음과 같은 2개의 대안을 수립하였다.

- 대안1: 슬리브공정의 인원 한명 추가
- 대안2: 슬리브공정 인원 한명 추가, 커링공정 최신설비로 교체(평균 12.4초 기계를 평균 10.8초 기계로 교체)

위의 두가지 대안을 바탕으로 시뮬레이션 프로세스를 수행한 결과 대안 1의 경우 대기시간과 대기량이 현저히 줄어들었음을 확인 할 수 있다. 또한 대안 2의

경우 <그림 10>과 같이 현재 운영 중인 체계보다 하루 생산량 개수가 약 2000여개 증가했음을 알 수 있다.

### 5. 결론

중소기업 실정으로는 소비자에 다양한 요구에 제품을 개발하고 생산하여야 할 뿐 아니라 적기에 제품을 공급하기 위해서는 현 상황에 대한 정확한 분석을 통하여 현재 보유하고 있는 생산설비와 작업자를 최대한 효율적으로 활용해야 한다. 그러기 위해서는 작업자의 작업상황에 대한 만족수준을 향상시키고, 이를 바탕으로 적극적으로 참여함으로써 생산성을 증대시켜야 한다.

본 연구는 작업자참여도를 증대시키기 방안을 작업자의 만족도를 6 시그마를 통하여 분석하고 개선을 통하여 작업만족에 대한 시그마수준은 0.83에서 2.87로 작업만족수준이 높아졌음을 알 수 있다. 또한 개선사항을 제시하고 평가하기 위하여 시뮬레이션을 통하여 실제 생산라인을 모델링하여 수행하여 작업자가 만족도를 높이는 개선사항이 생산량을 증가시키는 결과를 확인하였다.

본 연구를 바탕으로 중소기업과 같은 소규모의 생산 시스템에서 생산성 향상을 위한 과학적이며 실제적인 대안을 수립하고 평가하여 공정을 재설계하는 데 적용한다면 많은 효과가 있을 것으로 기대한다.

### 6. 참고 문헌

- [1] 문일경, 윤원영, 조규갑, 최원준, "Arena를 이용한 시뮬레이션", 교보문고, 2002.
- [2] 조규갑, 김갑환, 이영해, 윤원영,, "생산시스템 시뮬레이션", 창현출판사, 1994.
- [3] 임석진, "흐름생산방식에서의 라인균형을 통한 생산성 향상", 고려대학교 석사학위논문, 고려대학교, 1997. 8.
- [4] Chakravarty, A. K. and A. Shtub., Balancing Mixed Model Lines With In-Process Inventory, Management Science, Vol.31, No.9, pp.1161-1174, 1985.
- [5] Dessouky. M. M., Adiga. S., Park. K., Design and scheduling of flexible assembly lines for printed circuit boards, Int. J. Prod. Res, Vol.33, No.3, pp.757-775, 1995.

### 저 자 소개

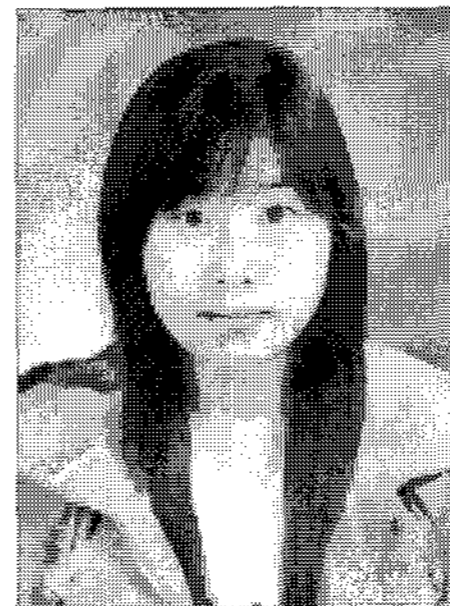
임 석 진



연세대학교 산업시스템경영과 공학 박사, 한국과학기술연구원 Post-Doc. 인덕대학 산업시스템경영과 재직 중.

주소: 서울특별시 노원구 초안산길 14

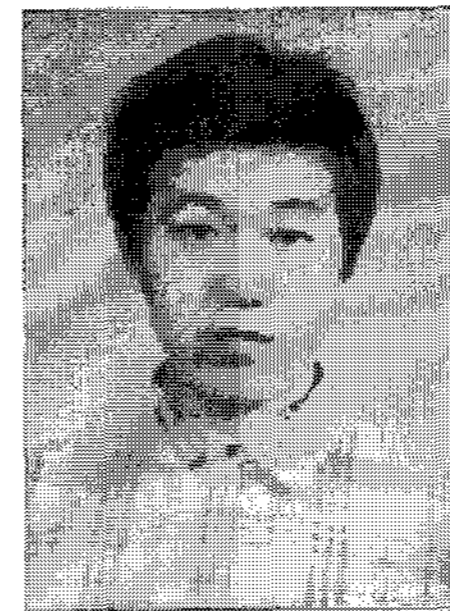
박 송 이



인덕대학 산업시스템경영과 재학 중.

주소: 서울특별시 노원구 초안산길 14

이 우 능



인덕대학 산업시스템경영과 재학 중.

주소: 서울특별시 노원구 초안산길 14