

시뮬레이션을 이용한 특수 고기능 의류업체의
생산라인 설계에 관한 연구
**Production Line Planning for Functional
Sports Wear using Simulation Model**

건국대학교 디자인조형대학 시간강사
최 정 옥

Dept. of Clothing and Design, Lecturer, College of Art and Design, Konkuk University

Jeong wook Choi

(2002. 4. 29 접수)

Abstract

The purpose of this study was to develop a production line using simulation method, which could improve work allocation, labor utility and productivity.

Using simulation software AIM, a simulation model of functional sports wear assembly line was developed. A functional sports wear production factory were analysed to gather data necessary for this research. Factory layouts, production facilities, work time of each unit jobs were investigated. The data obtained were used as to build a base simulation model. Then, the base simulation model was verified using the obtained data, such as daily productivity. Using simulation method, four alternative production plans were suggested, which were to enhance productivity, and work efficiency and to reduce queue length and throughput time.

Key words: Simulation, Production Planning, Layout, Functional Wear.;

시뮬레이션, 생산라인설계(관리), 레이아웃, 고기능 의류

I. 서 론

생산시스템의 설계는 상품생산 자체에 걸리는 시간을 최소화하여 소비자의 요구에 보다 효율적으로 대응하기 위해 반드시 필요한 작업이다. 더욱이 다품종 소량생산이 주를 이루는 현 체제에서 절실히 요구되는 변화에 대한 빠른 적응력과 고품질 유지 및 납기단

축 등은 이러한 합리적인 생산라인 설계를 통해 가능하다.

특히 스노우보드복이나 모터사이클복과 같은 특수 고기능성 스포츠 의류생산의 경우, 스타일과 소재가 다양하고 변화주기가 빠르다. 뿐만 아니라 조각수가 많고 특수한 봉제공정이 필요하기 때문에 Flat Felled Seam Machine이나 Seam Sealing Machine 등과 같은 특수한 설비의 사용이 상당부분 요구되므로 공정이 매우 복잡하다. 따라서 특수고기능의류 생산관리에는 신속하고 정확한 공정분석을 통하여 작업효율을 극대화하는 동시에 생산성을 높일 수 있는 즉각적이고 효

* "이 논문은 2000년 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 연구되었음(KRF-2000-037-DA0035)."

울적인 생산라인의 설계가 요구된다²⁾.

그러나 국내 의류업계의 경우, 자본의 영세성과 납기일에 대한 부담 등으로 생산라인의 실제적 변경이 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 생산라인 변경으로 인한 위험부담을 줄이고 보다 탄력적인 다수의 대안을 제안함으로써 업체에서 원하는 생산라인을 선택가능하게 하고자 실제 생산시스템을 모형화하여 시스템을 더 잘 이해하고 발생가능한 일을 예측·평가하는 '시뮬레이션(Simulation)'³⁻⁶⁾을 의류생산관리에 도입하고자 하였다. 즉, 의류업체의 실제 상황을 모형화하여 똑같이 연출하고 발생가능한 일을 예측·평가한 후 실효성 있는 대안을 제시·평가함으로써 높은 작업효율과 생산성을 가진 적응력 있는 생산라인을 계획하는 방법을 제안하고자 하였다.

II. 연구방법 및 절차

1. 시뮬레이션 모델 설계를 위한 조사대상 및 방법

조사 대상업체는 특수 고기능 스포츠의류 제작업체 중 한국생산기술원에 기술자문을 의뢰한 업체인 (주)성우 어패럴'로 정하였다. 조사방법은 2000. 12. 1~2001. 3.30 기간동안 업체를 직접 방문하여 실무자와의 인터뷰를 통해 실제 생산라인 편성조건과 작업조건에 대해 조사하였다. 각 공정별로 스태프위치를 사용하여 작업시간을 측정하였다.

2. 기본모델 설계

Simulation Tool인 'AIM'을 사용하여 실제 생산라인과 최대한 근접하게 모델링하였다. 즉 조사된 각각의 작업시간, 유희기계, 실제 업체의 규모와 설비위치, 운반거리, 물류의 이동경로, 작업자의 연계작업 등의 작업환경과 작업내용 데이터를 적용하여 실제 업체를 그대로 모사한 형태로 배치하였다.

3. 대안설계

1) 대안설계의 목적과 조건

본 연구의 대상업체를 직접 방문조사하고 기본모델을 만드는 과정에서 설비배치가 불합리함을 알 수 있

었고 레이아웃 변경시 공정편성효율을 감안하지 않고 있음을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 생산량을 증가시키고 작업효율을 높이기 위해, 주어진 설비를 최대한 활용하는 동시에 작업자의 작업량을 균형있게 배분하는 데 중점을 두고 대안을 설계하였다. 즉, 공장의 규모를 제한하고 작업자인원 증대 등은 고려하지 않는 범위에서 대안을 설계하였다. 또한 새로운 공간이나 설비에 대한 투자는 최소화하고 작업자의 인원을 한정하였다.

2) 대안내용

① 대안 1: 불필요한 운송작업을 줄이기 위해 특수 고기능 소재 의류생산 공정상 작업공정의 상당부분을 담당하고 있는 특수기계설비의 배치를 조정하였다.

② 대안 2: 기본모델과 비교할 때, 설비에 대한 투자나 설비 위치를 변동하지 않고, 작업자간의 작업효율을 재배치하여 조절하였다.

③ 대안 3: 공정편성효율이 높아지도록 작업자를 재배치한 대안 2의 결과에, 대안 1처럼 설비배치를 조정하여 운송작업을 삭제하였다.

④ 대안 4: 소비자 요구가 다양해지고 자주 변화하는 현 추세에 유연하게 적응할 수 있는 생산라인으로 Quick Response System을 도입하였다.

4. 대안평가

각각의 대안들을 설계된 조건으로 변경시킨 후 시뮬레이트 시킨다. 이를 통해 얻어진 각 대안의 생산량, 대기물량, 생산주기, 작업효율 등의 결과를 기본모델의 결과와 비교하여 대안별로 평가한다. 다음으로 각각 대안의 결과들을 서로 비교·평가하고 종합적으로 분석한다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 시뮬레이션 모델설계를 위한 자료수집 및 분석 내용

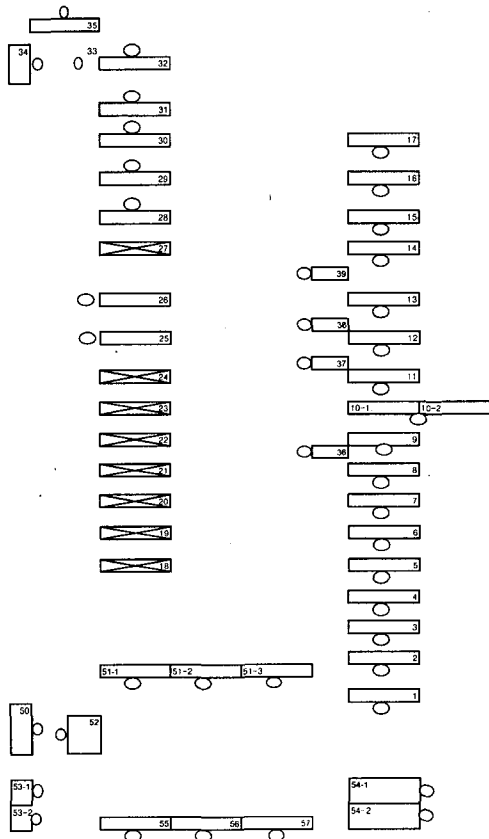
1) 동작분석 및 시간측정

각 공정별로 스태프위치를 사용하여 각각의 작업을 50회씩 측정하였다. 작업내용에 대한 분석은 작업물을 집고 놓는 것까지를 하나의 단위로 보고, 중간에 실의

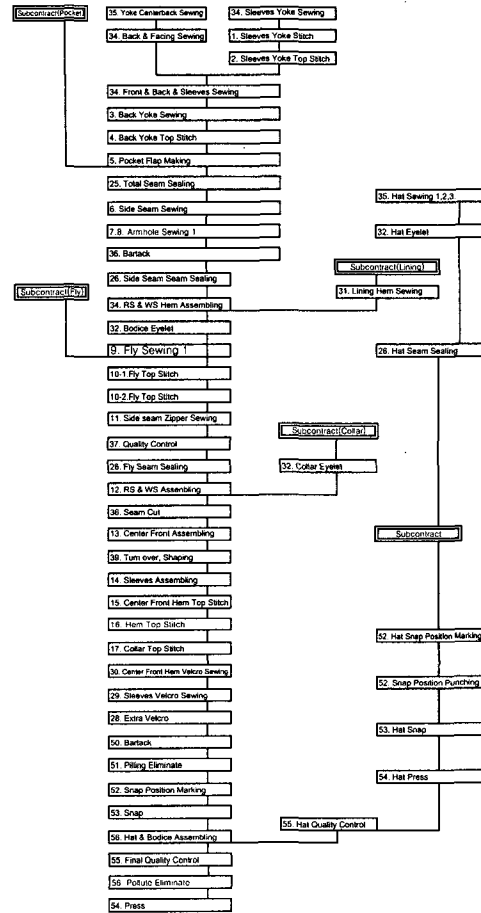
꿇김이나 복실의 교체 등의 작업여유나 작업대기, 기구운반 및 이동과 같은 직장여유 등의 여유시간을 포함하여 시간을 측정하였다. 한편 운반작업에 대한 운송거리 및 속도도 실제 거리조건에서 운송작업을 10회 이상 반복하여 측정하였다.

2) 작업방식 및 작업기술 분석

작업방식 및 기술을 분석하기 위해 기존의 레이아웃과 작업내용을 공정순서에 따라 조사하였다. [그림 1]은 실제 업체의 레이아웃이고 [그림 2]는 작업 공정도이다. 생산라인상 작업대는 총 39개, 51개 공정으로 나누어져 있으며 작업인원은 43명이었다. 업체에서 보유하고 있는 생산설비 <표 1>은 다음과 같다.



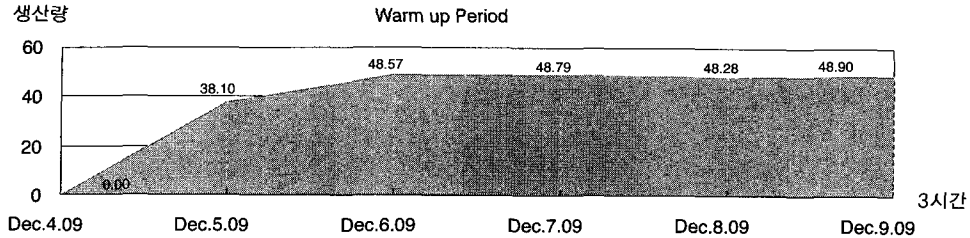
[그림 1] 조사대상업체의 생산라인



[그림 2] 조사대상업체의 작업공정도

<표 1> 업체에서 보유하고 있는 설비와 수량

설비품목	수량 (예비기계수량)
Sewing Machine	18(5)
Flat Felled Seam Machine	2
Automatic Pattern Formmer	3(3)
Seam Sealing Machine	2
Bartack Machine	2
Press Machine	2
Snap Machine(set)	1
Eyelet	1



[그림 3] 초기편향구간

2. 기본모델의 설계 및 시뮬레이션 결과 검증

1) 시뮬레이션을 위한 가정

① 시뮬레이션 시간 및 반복회수

시뮬레이션 데이터의 비교기준이 일일 생산량으로 실제 업체의 작업시간과 동일하게 평일 9시간, 토요일 7시간으로 작업시간을 설정하였다.

시뮬레이션 데이터 수집 시점은 초기 편향구간이 없어지는 3일 후부터로 정하였다. 초기 편향구간(Warm up Period)은 시뮬레이션 시작일부터 생산량의 변화가 적어지는 시점까지의 구간을 말한다. 본 연구의 경우 작업시작 후 이틀이 지난 뒤 편향구간이 없어지므로 3일 뒤부터 순수 작업일로 간주하였다(그림 3).

이 때 자료수집간격은 3시간으로 임의설정하였다. 시뮬레이션은 1회에 6일 분량의 작업을 하게 하고, 이를 10회 반복하여 실행시켰다. 6일 작업내용 중 초기 편향구간 3일을 뺀 나머지 3일 생산량의 평균을 가지고 비교하였다.

② 작업시간

작업여유와 직장여유는 포함시키고 피로와 용달여유는 감안하지 않는다. 즉 특정작업을 수행하는데 소요되는 필요시간만을 측정하였다.

③ 제품도착패턴

제품도착패턴은 전체 생산흐름에 차질이 없게 모든 물류가 미리 준비되어있는 것으로 가정하였다. 즉 제품은 언제나 가용가능한 패턴으로 존재한다고 가정하였다.

④ 고장률

실무자와의 인터뷰 결과, 작업진행을 방해할만한 극심한 고장은 사전점검으로 예방하고 있었으며 간헐

적으로 있을 수 있는 일반 재봉틀의 고장은 보유하고 있는 예비기계로 대처하고 있었다. 따라서 본 연구에서는 고장률은 감안하지 않았다.

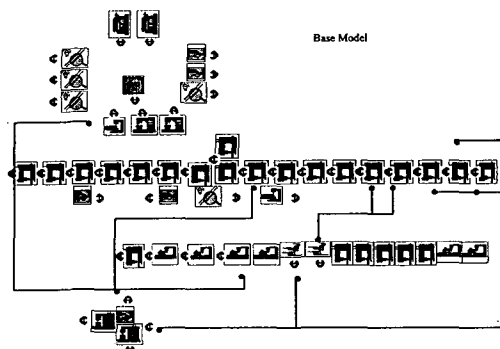
⑤ 인원 및 설비

실제 업체와 같은 조건으로 작업인원과 설비를 배치하였으며 작업인원의 증가나 설비투자는 감안하지 않았다. 단 대안제시를 위해 소수인원과 설비의 감소 및 변동이 고려되었음을 밝힌다.

2) 기본모델 설계 및 데이터 적용

Simulation Tool을 사용하여 설계된 생산라인에 투입 작업물량과 각 작업대 작업시간을 분포값 등의 데이터로 적용시키고, 작업순서에 따라 작업대와 작업대간의 생산흐름을 연결시켰다(그림 4).

측정 작업시간 데이터는 Manufacturing Simulation Tool인 ARENA 3.0 Professional Edition 3.0의 Input Analyser를 이용하여 관측된 시간자료에 대한 분포함수를 적용하여 각각에 적절한 분포를 찾아 그 값을 적



[그림 4] 시뮬레이션 기본모델

<표 2> 각 공정별 작업시간 분포 파라메타

Number	Operation	Parameter
1	Sleeves Yoke Stitch	triangular(0.0001, 0.00214, 0.01)
2	Sleeves Yoke Top Stitch	exponential(0.00588)
3	Back Yoke Sewing	0.01+lognormal(0.0268, 0.0108)
4	Back Yoke Top Stitch	0.02+lognormal(0.0247, 0.0074)
5	Pocket Flap Making	0.02+lognormal(0.00986, 0.00376)
6	Side Seam Sewing	triangular(0.03657, 0.04050, 0.04694)
7	Armhole Sewing 1	0.08+0.02*beta(4.64, 4.7)
8	Armhole Sewing 2	0.07+0.06*beta(1.51, 1.56)
9	Fly Sewing 1	triangular(0.00444, 0.00612, 0.00910)
9	Fly Sewing 2	triangular(0.00454, 0.00635, 0.00825)
9	Fly Sewing 3	triangular(0.00992, 0.01783, 0.06525)
9	Fly Sewing 4	triangular(0.01185, 0.01572, 0.02822)
10-a	Fly Stitch 1	lognormal(0.0125, 0.00305)
10-b	Fly Stitch 2	lognormal(0.00601, 0.00194)
11	Side seam Zipper Sewing	0.03+erlang(0.00203, 11)
12	RS & WS Assembling	0.01+0.1*beta(4.93, 7.27)
13	Center Front Assembling	triangular(0.04, 0.0571, 0.0682)
14	Sleeves Assembling	triangular(0.0223, 0.0370, 0.0549)
15	Center Front Hem Top Stitch	lognormal(0.0177, 0.00456)
16	Hem Top Stitch	lognormal(0.0263, 0.00909)
17	Collar Top Stitch	lognormal(0.0148, 0.00732)
25	Total Seam Sealing	triangular(0.0285, 0.0754, 0.1211)
26	Side Seam Seam Sealing	lognormal(0.0131, 0.00217)
26	Fly Seam Sealing	lognormal(0.00431, 0.000799)
26	Hat Seam Sealing	0.01+erlang(0.000263, 20)
28	Extra Velcro Sewing	lognormal(0.0127, 0.00281)
29	Sleeves Velcro Sewing	lognormal(0.0381, 0.0137)
30	Center Front Hem Velcro Sewing	0.02+lognormal(0.024, 0.0115)
31	Lining Hem Sewing	triangular(0.00932, 0.01466, 0.02759)
31	Loop Linking	lognormal(0.0015, 0.000548)
32	Collar Eyelet	triangular(0.0140, 0.0149, 0.0160)*2
32	Bodice Eyelet	triangular(0.0140, 0.0149, 0.0160)
32	Hat Eyelet	normal(0.00195, 0.000525)
33	Seam Cut	weibull(0.00857, 4.68)
33	Center Back Marking	lognormal(0.00216, 0.000571)
34	Back & Facing Sewing	lognormal(0.00677, 0.00237)
34	Sleeves & Yoke Sewing	lognormal(0.00227, 0.000648)
34	Front & Back & Sleeves Sewing	lognormal(0.00859, 0.00211)
34	RS & WS Hem Assembling	erlang(0.000545, 25)
35	Yoke Centerback Sewing	lognormal(0.00196, 0.000477)
35	Hat Sewing 1	normal(0.00346, 0.000795)
35	Hat Sewing 2	lognormal(0.00548, 0.00146)

<표 2-1> 각 공정별 작업시간 분포 파라메타

Number	Operation	Parameter
36	Bartack	0.03+lognormal(0.00603, 0.000767)
37	Quality Control	0.01+lognormal(0.0277, 0.0112)
38	Seam Cut	normal(0.0301, 0.00388)
38	Loop Joining	0.01+erlang(0.000561, 25)
39	Turn Over	0.01+lognormal(0.0169, 0.0037)
39	Shaping	normal(0.0369, 0.00753)
50	Bartack-Hem 1	lognormal(0.00193, 0.00078)
50	Bartack-Hem 2	erlang(0.0004, 25)
51-1	Pilling Eliminate 1	normal(0.114, 0.0284)
51-2	Pilling Eliminate 2	triangular(0.01, 0, 147, 0.26)
51-3	Pilling Eliminate 3	triangular(0.02, 0, 125, 0.23)
51-2	Hat Quality Control 1	triangular(0.00473, 0.01632, 0.03794)
51-3	Hat Quality Control 2	triangular(0.00658, 0.01234, 0.01643)
52	Snap Position Marking	lognormal(0.012, 0.00364)
52	Snap Position Punching	lognormal(0.00789, 0.00143)
53	Snap-Concave	lognormal(0.00494, 0.000962)
53	Snap-swollen	lognormal(0.013, 0.00241)
53	Hat Snap Sewing 1	lognormal(0.0161, 0.00566)
53	Hat Snap Sewing 2	lognormal(0.00979, 0.0043)
54	Hat Press 1	triangular(0.0096, 0.0113, 0.0133)
54	Hat Press 1	triangular(0.0130, 0.0199, 0.0249)
54	Press 1	triangular(0.04044, 0.04541, 0.05544)
54	Press 2	triangular(0.0489, 0.0607, 0.0699)
55	Final Quality Control 1	0.01+erlang(0.00388, 7)
55	Final Quality Control 2	0.02+erlang(0.0114, 6)
56	Hat Quality Control 1	lognormal(0.00681, 0.00314)
56	Hat Quality Control 2	lognormal(0.00614, 0.0017)
56	Hat & Bodice Assembling	lognormal(0.00403, 0.00143)
56	Pollute Eliminate	triangular(0.01339, 0.01734, 0.02200)
57	Tag	normal(0.00502, 0.000803)

용시켰다(표 2).

3) 기본모델 시뮬레이션 결과 검증

시뮬레이션을 통해 보다 정확하고 실증적인 해법을 얻기 위해서는 대안의 기준이 되는 기본모델이 실제와 같은지를 검증하는 절차가 우선적으로 필요하다. 따라서 먼저 기본모델을 시뮬레이트하고 그 결과가 실제 생산라인과 같은지를 일일생산량을 기준으로 검증해 보았다. 기본모델을 시뮬레이션한 결과는 <표 3>과 같다.

〈표 3〉 실제 생산량과 기본모델 생산량의 비교

회수	구분	생산량	
		3일	1일
1		436	145.33
2		437	145.67
3		435	145.00
4		439	146.33
5		439	146.33
6		436	145.33
7		436	145.33
8		438	146.00
9		438	146.00
10		438	146.00
기본모델 평균 생산량		145.73	
실제업체 평균 생산량		146.00	

이 기본모델이 타당성을 갖기 위해서는 일일 평균 생산량(Y)이 실제 업체의 일일 평균 생산량(Z)과 비슷하여야 한다. 본 연구에서는 양측검정을 실시하였는데, $|t_0| > t_{\alpha/2, n-1}$ 이면 H_0 를 거부하고, 아니면 H_0 를 받아들인다. 양측검정 결과, $|t_0| = 1.716$ 이고, $t_{0.025, 9} = 2.26$ 이므로 H_0 가 받아들여져 기본모델이 실제 생산라인과 다르지 않다고 결론을 내릴 수 있었다. 따라서 유의수준 $\alpha=0.05$ 수준에서 기본모델이 실제 생산라인과 같음이 검증되었으므로 만들어진 모델을 기본모델로 사용하였다. 이 모델의 일일 생산량은 기본모델에서의 일일 평균 생산량이 145.73일 때, 95% 신뢰구간에 포함되었다($145.38 \leq$ 일일 생산량 ≤ 146.09).

기본모델의 결과치는 〈표 4〉와 같다. 〈표 4〉에 의하면, 기본모델의 하루 평균 생산량이 145.73개이고, 대기물량은 25.25개이며, 전체 생산주기시간은 22.45시간, 전체 작업자 평균작업효율은 59%임을 알 수 있었다.

〈표 4〉 기본모델의 시뮬레이션 결과

(인원: 43)

구분	평균
생산량 (piece/day)	145.73
대기물량 (piece)	25.25
생산주기 (hour)	22.45
작업효율 (%)	59

3. 대안설계

본 연구에서 제시한 대안들은 생산량을 증가시키고 작업효율을 높이기 위해, 주어진 설비를 최대한 활용하는 동시에 작업자의 작업량을 균형있게 배분하는데 중점을 두고 대안을 설계하였다.

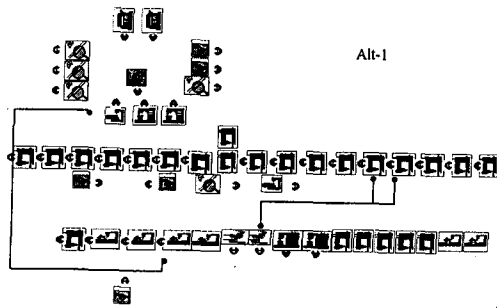
① 대안 1: 불필요한 운송작업을 줄이기 위해 특수고기능 소재 의류생산공정상 작업공정의 상당부분을 담당하고 있는 특수기계설비의 배치를 조정하였다. 본 연구

조사대상업체에서는 Flat Felled Seam Machine과 Seam Sealing Machine이 많은 공정에서 사용되어지고 있었으나 보유하고 있는 대수가 각각 2대였다. 또한 중간적재물을 쌓아둘 저장공간이 필요하다는 이유로 공장의 구석에 자리하고 있었다. 따라서 특수설비 기계로의 운송시간 및 거리가 불필요하게 소요되고 있음을 파악할 수 있었다. 이에 생산공정의 많은 부분을 차지하는 Flat Felled Seam Machine과 Seam Sealing Machine을 공장의 레이아웃 중심 위치로 옮겼다(그림 5). 이는 작업물의 흐름을 최단거리로 줄이므로서 생산시간을 단축시키고자 함이었다.

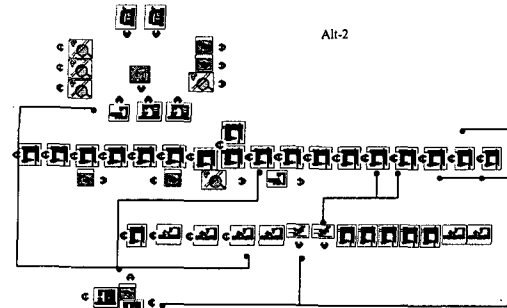
② 대안 2: 기본모델과 비교할 때, 설비에 대한 투자나 설비 위치를 변동하지 않고, 이 작업자간의 작업효율을 조절하였다. 즉, 작업자의 수는 가감하지 않고 평균 작업효율보다 낮은 작업자를 연계 가능한 작업대에 재배치하여 보다 높은 공정평정효율이 되도록 모델링하였다(그림 6). 이는 효율이 낮은 작업대를 합치하여 유휴노동력을 병목작업대의 보조업무로 활용하도록 하기 위함이었다.

③ 대안 3: 공정편성효율이 높아지도록 작업자를 재배치한 대안 2의 결과에, 대안 1처럼 설비배치를 조정하여 운송작업을 삭제하였다(그림 7). 이는 운송작업을 줄여 생산시간을 단축하는 동시에 효율이 낮은 작업대를 합치하여 유휴노동력을 병목작업대의 보조업무로 활용하도록 하기 위함이었다.

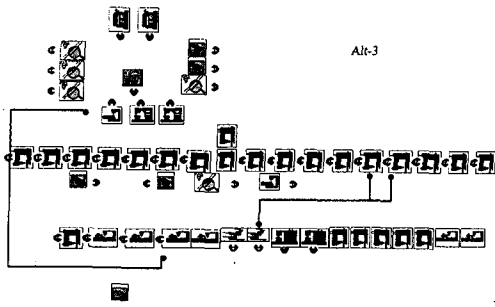
④ 대안 4: 소비자 요구가 다양해지고 자주 변화하는 현 추세에 유연하게 적응할 수 있는 생산라인으로 Quick Response System을 도입하였다. 본 연구에서 설계된 Q.R.S.는 주문생산방식 즉 easy order 개념을 적용



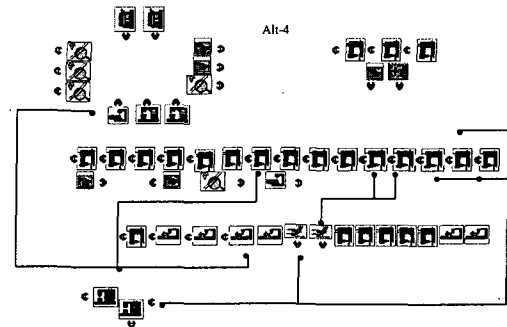
[그림 5] 대안 1의 모델링



[그림 6] 대안 2의 모델링



[그림 7] 대안 3의 모델링



[그림 8] 대안 4의 모델링

한 것으로, 소량의 특별한 주문에 즉각적으로 대처하기 위해 5~6명의 숙련작업자가 몇 대의 기계를 가지고 의복을 완성하는 시스템이다. 이는 본 생산라인과는 별도로 운영된다. 이에 기본모델에서 평균 작업효율에 미치지 못하는 작업자를 작업의 난이도를 고려하여 합치시키고 이 과정에서 남는 작업자 5명(숙련공 4명, 보조작업자 1명)을 구성원으로 하는 Q.R.S. Room을 만들었다(그림 8).

4. 대안 평가

1) 대안 1의 시뮬레이션 결과

대안 1은 공정의 많은 부분을 담당하고 있는 Flat Felled Seam Machine과 Seam Sealing Machine을 라인의 중심에 배치하여 모델링하였다(그림 5). 이는 운송작업에 필요한 시간과 노력을 절감시키고 작업물의 흐름을 최단거리로 줄이므로서 생산시간을 단축시키고자 함이었다. 또한 운송작업을 담당하는 작업자 2명

이 생산라인에서 제외되므로 인원절감의 효과도 기대할 수 있다. 이러한 근거로 만들어진 대안 1의 결과를 각 성능척도별로 기본모델과 비교·분석하였다(표 5).

<표 5>에 의하면, 대안 1의 결과는 하루 평균생산량이 149.77개로 기본 모델에 비해 4개정도 증가되었고, 생산주기는 16.59시간으로 5.86시간 단축되었으며, 전체 작업자 평균작업효율은 70%로 11% 높아졌다. 즉, 운송작업을 없앤 대안1은 대부분의 성능척도에서 기본모델보다 좋은 결과를 가져왔다. 이는 재배치된

<표 5> 대안 1의 시뮬레이션 결과

(인원: 41)

구분	기본모델	대안 1
생산량 (piece/day)	145.73	149.77
대기물량 (piece)	25.25	30.47
생산주기 (hour)	22.45	16.59
작업효율 (%)	59	70

작업대에 운송작업량 및 작업시간이 절감되었기 때문으로 생각되었다. 한편, 대기물량이 30.47 Piece로 기본모델보다 더 많았는데, 이는 운송거리 및 시간이 거의 계산되지 않을 정도의 위치에 작업대를 재배치함으로써, 재배치된 작업의 전후공정에 대기물량이 증가하게 된 것이다. 따라서 대기물량이 늘어난 각각의 작업대에 인원보강이나 공간의 확보 등의 보완책이 요구되었다.

2) 대안 2의 시뮬레이션 결과

대안 2는 작업자의 수는 가감하지 않으면서 평균 작업효율 보다 낮은 작업자를 연계 가능한 작업대에 재배치하여, 보다 높은 공정편성효율이 되도록 모델링하였다. 이를 위해 먼저 작업효율이 낮은 공정을 선별하였다. 작업효율이 낮은 공정으로는 'Bartack', 'Velcro Sewing', 'Snap', 'Hat Q.C.', 'Tag' 등의 몇몇 준비공정과 'Center Front Top Stitch', 'Hem Line Top Stitch', 'Collar Top Stitch' 등의 공정이었다. 이들 각각의 공정의 난이도를 고려하여 작업대를 합치시키고, 이 과정에서 남는 작업자를 작업부하가 크고 대기물량이 많은 'Center Front Assembling', 'Armhole Sewing', 'Loop Joining' Press', 'Q.C.' 등의 작업대에 투입하였다. 결국 대안 2는 효율이 낮은 작업대를 합치시킴으로써 생겨난 유휴노동력을 병목작업대의 보조업무로 활용하였다(그림 6). 이렇게 설계한 대안 2의 결과는 다음과 같다(표 6).

〈표 6〉 대안 2의 시뮬레이션 결과

(인원: 43)

구분	기본모델	대안 2
생산량 (piece/day)	145.73	170.77
대기물량 (piece)	25.25	12.84
생산주기 (hour)	22.45	8.03
작업효율 (%)	59	75

대안 2의 결과를 기본모델과 비교하여 분석하면, 먼저 하루 평균생산량이 170.77개로 기본모델에 비해 25개정도 증가되었고, 생산주기는 8.03시간으로 기본모델보다 급격히 빨라졌음을 알 수 있었다. 전체 작업자 평균작업효율은 75%로 기본모델보다 11% 높아

졌다. 대기물량도 기본모델보다 현저히 줄어들었다. 즉, 작업효율을 기준으로 작업자를 재배치한 대안 2는 기본모델보다 모든 성능척도에서 기본모델보다 좋은 결과를 가져왔다.

3) 대안 3의 시뮬레이션 결과

대안 3은, 공정편성효율이 높아지도록 작업자를 재배치한 대안 2의 결과를 가지고 대안 1과 같이 설비배치를 조정하였다(그림 7). 즉, 효율이 낮은 작업대를 합치함으로써 생겨난 유휴노동력을 병목작업대의 보조업무로 활용하는 동시에 운송작업을 없애므로서 생산시간을 단축하기 위해 설계되었다. 따라서 대안 3은 운송작업을 담당한 2명의 작업자와 효율이 낮은 1명의 작업자가 생산라인에서 제외되므로 3명의 인원이 절감되는 효과를 갖는다. 대안 3의 결과를 기본모델과 비교·분석하였다(표 7).

〈표 7〉 대안 3의 시뮬레이션 결과

(인원: 40)

구분	기본모델	대안 3
생산량 (piece/day)	145.73	166.03
대기물량 (piece)	25.25	33.92
생산주기 (hour)	22.45	13.39
작업효율 (%)	59	77

대안 3은 기본모델과 비교할 때, 하루 평균 생산량은 20.30piece, 작업효율은 18%가 늘었고, 생산주기시간 9.06시간이 줄어드는 좋은 결과를 보여주었다. 그러나 대기물량은 8.67piece가 오히려 증가하였다. 이는 이미 부하가 많이 걸려있는 어떤 작업의 관리를 위해, 단순히 그 작업과 관계된 운송작업이라는 하나의 요인을 없애는 대안은 미봉책임을 반증하는 결과이다. 즉 단순히 운송작업을 없애는 것은 오히려 대기물량을 증가시키는 결과를 초래하므로, 작업의 부하를 덜기 위해서는 장비보유 대수나 작업인원을 증가하는 것이 보다 효과적인 해결대안이 될 것이라 생각된다.

4) 대안 4의 시뮬레이션 결과

대안 4에서는 자주 변화하고 다양해지는 소비자 요구에 유연하게 적응할 수 있는 생산라인인 Quick

Response System을 도입하였다. 즉, 기본모델을 토대로 평균 작업효율에 미치지 못하는 작업자들을 작업의 난이도나 공정흐름을 고려하여 합치시키고 이들 작업자 중 숙련된 작업자를 포함한 소수인원을 구성원으로 하는 QRS Room을 만들었다. 대안 4에서는 효율이 낮았던 'Sleeves Assembling', 'Center Front Top Stitch', 'Fly Top Stitch', 'Hem Line Top Stitch', 'Collar Top Stitch', 'Bartack', 'Center Front Velcro Sewing', 'Hat Eyelet', 'Tag' 등의 작업이 작업의 난이도에 따라 합치되었다. Q.R.S.에 배치된 작업자는 'Center Front Top Stitch', 'Fly Top Stitch', 'Collar Top Stitch' 와 같은 작업을 담당했던 숙련공 3명과 보조작업자 2명으로 구성하였다(그림 8). 또한 Q.R.S.에 소속된 작업자는 Q.R. 작업이 필요하지 않게 되는 경우, 기존 라인에 복귀하는 것이 가능하게 설정하였다. 이렇게 만들어진 대안 4의 결과는 <표 8>과 같다.

대안 4는 기본모델과 비교할 때 모든 성능 척도면에서 향상된 결과를 보여주었다. 하루 평균 생산량은 28.50piece, 작업효율은 12%가 늘었고, 생산주기시간 5.90시간이 줄어들었으며 대기물량도 3.37piece 줄어드는 좋은 결과를 나타냈다. 이에, 소량의 특별한 주문이

있거나 샘플제작의 의뢰가 많은 경우, 특수주문에 금액이 큰 경우, 소량 특화된 제품인 경우, 전체 생산량을 높여야 하는 특수한 상황에서는 Q.R.S.의 도입을 적극적으로 제안할 수 있으리라 생각한다.

5) 각 대안의 결과 비교

이상의 4가지 대안의 결과를 기본모델과 비교한 결과는 다음과 같다(표 9). 각각의 대안은 모든 성능척도면에서 기본모델에 비해 좋은 결과를 보였는데, 이는 이 업체의 생산관리의 필요성과 효과를 입증해주는 결과라 할 수 있겠다.

각각의 대안을 성능 척도별로 분석한 결과는 다음과 같다. 먼저 하루 평균 생산량은 'Q.R.S.를 도입한 대안 4', '작업자효율에 따라 작업배치를 조정한 대안 2', '대안 1, 2를 절충한 대안 3', '운송작업을 없앤 대안 1'의 순으로 향상된 결과를 보여주었다. 이는 생산량 향상의 면에서 Q.R.S.의 효과를 입증해주었다(그림 9).

대기물량면에서는 대안 2, 대안 4, 대안 1, 대안 3 순으로 줄어들었다. 대기물량의 항목에서는 운송작업을 제거한 대안 1과 대안 3의 경우 오히려 약간 증가되었는데 이는 작업부하량이 많다고 판단되는 작업을 관리하는데 있어, 불필요하다고 판단되는 요인을 단순히 제거한다고 해결되는 것이 아니며, 그 요인이 제거되었을 때 연속적으로 파생될 수 있는 다른 파급효과도 고려해야 한다는 점을 시사한다. 즉 대안 1과 3의 경우 운송작업을 없앴으로서 대기물량을 증가시키고 생산주기도 길어지는 결과를 초래하게 된 것이다. 따라서 보다 입체적이고 분석적인 대안 제시의 필요성을 보여주는 결과라 생각한다. 예를 들면 인원보강이나 설비증가 등의 탄력적인 대안을 고려할 필요가 있다(그림 10). 전체생산주기는 대안 2, 대안 3, 대안 4, 대안 1

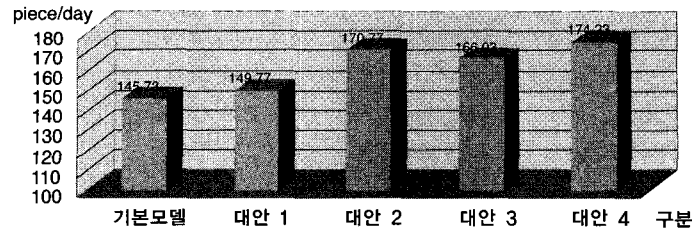
<표 8> 대안 4의 시뮬레이션 결과

(인원: 40)

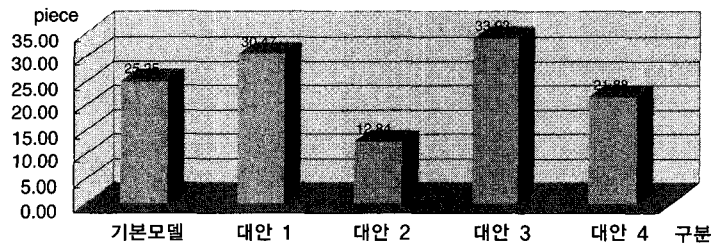
구분	Line(인원)	기본모델	Total(43)	
			Main(38)	Q.R.S(5)
생산량 (piece/day)		145.73	174.23	
			145.67	28.57
대기물량 (piece)		25.25	21.88	
생산주기 (hour)		22.45	16.55	
작업효율 (%)		59	71	

<표 9> 기본모델 & 대안 1,2,3,4. 결과 비교

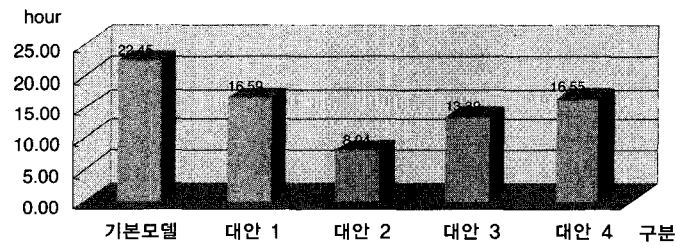
구분	기본모델	대안 1	대안 2	대안 3	대안 4	
					기존라인	Q.R.S.
생산량(piece/day)	145.73	149.77	170.77	166.03	174.23	
					145.67	28.57
대기물량(piece)	25.25	30.47	12.84	33.93	21.88	
생산주기(hour)	22.45	16.59	8.03	13.39	16.55	
작업효율(%)	59	70	75	77	71	



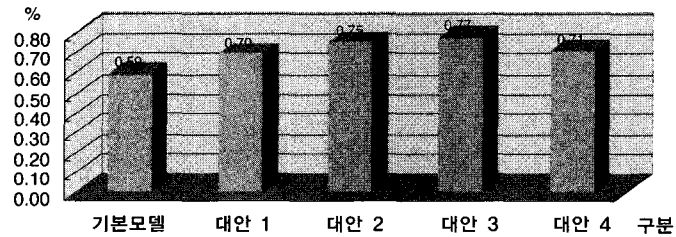
[그림 9] 기본모델 & 대안-1,2,3,4.의 하루 평균 생산량



[그림 10] 기본모델 & 대안-1,2,3,4.의 대기물량



[그림 11] 기본모델 & 대안-1,2,3,4.의 전체 생산주기



[그림 12] 기본모델 & 대안-1,2,3,4.의 작업효율

의 순으로 줄어드는 것으로 분석되었다. 전체 생산주기는 작업효율을 조정한 대안 2와 3에서 짧은 생산주기를 보였다. 따라서 운송작업의 유무보다 작업효율

의 높고낮음이 생산시간에 더 큰 영향을 주고 있음을 알 수 있었다(그림 11). 작업효율면에서 대안 3, 대안 2, 대안 4, 대안 1의 순으로 높았다. 예상했던 바, 작업효율

을 고려한 대안 2와 3이 좋은 결과를 보여주었고 효율을 고려하지 않은 대안 1이 가장 낮은 결과를 나타냈다. 이 때 대안 4는 Q.R.S.와 기존라인의 평균효율이므로 구분해서 분석할 필요가 있다 하겠다(그림 12).

결국 인원보강이나 설비증가가 고려되지 않는 상황이라면, 작업효율을 재배치한 대안 2나 Q.R.S.를 도입한 대안 4가 의미있는 대안임을 알 수 있었다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서 제시된 여러 대안들은 실제 라인을 변경하지 않고 주어진 생산 조건에 맞는 최적의 레이아웃을 제안함으로써, 기존의 기기를 최대한 활용하여 설비투자를 최소화하거나 작업자의 인원감축 및 생산량증가 등 업체의 부담을 줄일 수 있었다. 뿐만 아니라 세부적인 작업분석을 통해 작업효율을 증대시키는 등 작업환경 및 작업조건 개선안을 제안할 수 있었다. 즉, 본 연구에서 제안된 각각의 대안은 하루 평균 생산량, 대기물량, 생산주기, 작업효율의 모든 성능척도면에서 기본모델에 비해 좋은 결과를 보였는데, 이는 생산관리의 필요성과 효과를 입증해주는 결과라 할 수 있겠다.

각 대안을 비교·분석한 결과, 작업자효율에 따라 작업배치를 조정한 대안 2가 하루 평균 생산량과 작업효율이 높았고, 짧은 생산주기와 대기물량을 보여주어 가장 이상적인 결과를 보여주었다. 한편 Q.R.S.를 도

입한 대안 4는 가장 높은 하루 평균 생산량을 나타냈다. 따라서 인원보강이나 설비증가가 고려되지 않는 상황이라면, 작업효율을 재배치한 대안 2가 의미있는 대안임을 알 수 있었다. 또한 소량의 특별한 주문이 있거나 샘플제작의 의뢰가 많은 경우, 특수주문에 금액이 큰 경우, 소량 특화된 제품인 경우, 전체 생산량을 높여야 하는 특수한 상황에서는 Q.R.S.의 도입을 적극적으로 제안할 수 있으리라 생각한다.

참 고 문 헌

1. 조진숙·박상희, 여성복 생산현황과 생산라인 설계를 위한 시뮬레이션 모델 개발, 한국의류학회지, 25(1), 2001.
- 2) 조진숙·박상희·최정옥, Simulation을 이용한 의류제조업체의 최적 생산라인 제안에 관한 연구, 한국섬유공학회지, 36(1), 98-106, 1999.
- 3) Hoover, S. V. and Perry, R. F., Simulation Addison Wesley, 1990.
- 4) Robinson S., Successful Simulation, Mcgraw Hill Book Company, 1994.
- 5) Davies, R. and O'keefe, R., Simulation Modelling with PASCAL, Englewood Cliffs, NJ:Prentice Hall, 1989.
- 6) Averill M. Law, Introduction to Simulation: A Powerful Tool for Analyzing Complex Manufacturing Systems, Industrial Engineering, 6-8, May 1986.