

The Simulation-Based Methods for the Dynamic Manufacturing Environments in the Assembly Systems

(조립 생산체제의 동적인 상황을 위한 시뮬레이션 적용 기법)

Daysung Kim, Peomjin Jeong, Peom Park, Wonjoong Kim

(김대성, 정범진, 박 범, 김원중)

Division of Mechanical & Industrial Engineering, Ajou University,

San 5, Woncheon, Paldal-gu, Suwon, 442-749

Man Jin Kim

Dept. of Production, Daiwon Industry Co.

Abstract

In most dynamic manufacturing environments today, systems and processes are constantly changing. Simulation tools are required that can accurately model the system in detail, but still be easy to use, and allow rapid model redevelopment to react quickly for system changes.

An object-oriented simulation modeling environment is presented to provide flexible modeling capabilities for simulation. Also, when simulating an assembly system, a large number of factors must be considered. Because of such complexities, simulation has been used as the primary method in designing, planning and analyzing.

In this paper, the dynamic manufacturing environment is discussed for the assembly system. Also, an application method of simulation tools is presented with the experimental data from the automobile manufacturing shop to improve the productivity effectively.

1. 서론

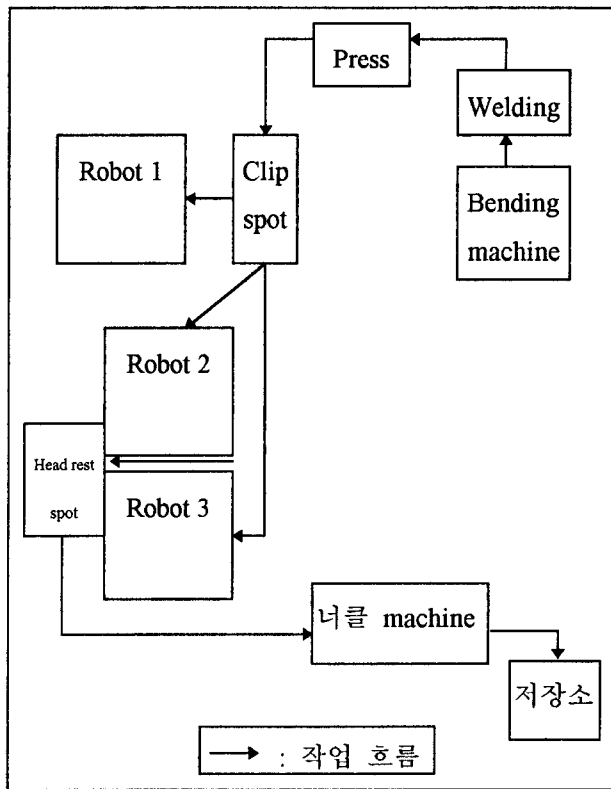
본 연구는 D사의 자동차 시트 공장의 BT-57 조립 라인의 생산성을 향상 시키고 이 조립 라인에 배치 되어 있는 여러 가지 설비들과 작업자들과 서로 연결이 어려운 두 공정간의 효율적인 연계를 위한 것이다. 이런 동적 상황에서 작업자의 적정 인원 배치에 우선 초점을 맞추었다. 전체 공정을 몇 개의 Cell로써 구성을 하고 각 Cell에 적정 인원의 배치에 관한 연구를 중점적으로 수행했다.

결과 도출을 위해 사용한 것이 바로 Simulation인데, Simulation이란 어떤 시스템이나 주어진 환경을 잘 모형화 하여 실험함으로써 어떤 현상인 시스템의 특성을 정량적으로 분석, 파악하는 기법을 말한다[1]. 본 연구에서의 Simulation 적용 목적은 주어진 기준하에서 전체 조립 공정이 원활히 이루어지기 위한 각 작업대에서의 기계나 작업자의 적정 배치 계획을 수립하기 위함이다[3].

기존의 ProModel Simulation Package를 이용하여 동적인 상황들을 모형화 하여 생산성이 얼마나 향상이 되는지를 알아보았다.

2. BT-57 Line 의 분석

본 라인 은 전체적으로 F/B, F/C, R/B 와 R/C 라는 4 가지 종류의 제품을 만들어 낸다. 이들은 크게는 두 공정, 즉 Frame, 포장 공정을 거쳐서 완성이 되어 하나의 제품으로 납품된다. 그리고, 각 공정은 또 몇 개의 Sub 공정들로 이루어져 있다. <그림 1>은 F/B 공정을 흐름을 도시화 한 것이다.



<그림 1> F/B 흐름도

우선 이 공정들을 각각 몇 개의 Cell로 분할하기 전에 먼저 문제가 되고 있는 공정을 선정하고자 한다. 전체적인 흐름을 볼 때, F/B 공정이 인원 배치에 있어서 문제가 되고 있는 공정이다. 이 공정을 Frame 형성 Cell, Welding Cell, Final Cell로 구성한다. 왜냐하면, 다른 공정에 비해서 작업자들도 많고, 작업의 분배, 인원 배치에 있어서 적절하지 못하게 판정되

고 있기 때문이다. 이것은 공정의 라인 밸런싱을 해보면 알 수 있다. 예로 Frame 형성 Cell의 라인 밸런스 효율을 보면 아래와 같다.

$$E = \frac{\text{라인의소요시간}}{\text{작업장수} \times \text{사이클타임}}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^3 t_i}{nc} = \frac{1.1627}{3 \times 0.64} = 60.56(\%)$$

이 Cell의 밸런스 효율은 60.56%밖에 되지 않는다. 기준치가 80% 이상이 되어야 한다는 것에 상당히 못미치는 것이다. 이는 앞에서도 언급했듯이 작업 분배, 작업자 배치가 제대로 이루어지지 못했기 때문이다.

본 라인의 F/B의 생산과정에 대해 자세히 설명하면 아래와 같다.

- F/B Frame 공정
 - Bending machine - pipe를 '□'자 형태로 만들어 낸다.
 - Welding machine - 형상을 만든 pipe의 두 접합 부분을 가스 용접을 통해서 용접한다.
 - Press machine - 만든 형상을 압축 부분을 압축한다.
 - Clip spot - 스프링을 걸기 위해서 Clip을 Frame에 spot 용접을 한다.
 - Robot welding stations - 특정 부분에 대해 용접을 한다.
 - Head rest spot - Head rest 부분을 보강 용접을 한다. 또한 검사 기능까지 함께 담당을 한다.
 - 너클 machine - F/B의 고정 시킬 부분을 따로 붙이는 작업을 한다.

< 표 1>은 F/B의 각 단위 공정의 Cycle time을 보여 주고 있다. 각각의 Cycle time은 1대를 만드는데 걸리는 시간이다. 단, Robot들에 의한 작업은 Welding Cell로 묶어서 처리한다. 이것은 같은 작업을 세대가 한꺼번에 작업하는 것이다.

<표 1> 단위 공정의 Cycle time

순서	공정명	Cycle time
1	Bending machine	47.22sec
2	Welding machine	38.4sec
3	Press	16.02sec
4	Clip spot	30.68sec
5	Robot 1	155.78sec
6	Robot 2	178.189sec
7	Robot 3	152.724sec
8	Head rest spot	50.546sec
9	너클 machine	49.98sec

3. ProModel S/W에 의한 System의 모형화

본 System의 확률 변수들의 분포는 Bending machine의 Cycle time에 의해서 결정이 된다. ProModel S/W에서는 각각의 Location operation에 확률 변수 값을 넣는다. 이는 Table-based 정보 입력과 Icon-based 모델링에 의한 손쉬운 모델링 등의 장점을 가지고 있어 아주 입력하기에 편리하다[6].

ProModel의 입력 요소는 크게 7가지로 나눌 수 있다. Routing, Part Scheduling, Capacities, Simulation Parameters, Static Symbols, Dynamic Symbols, Figures and Labels 등으로 전 시스템을 표현할 수 있다. <표 2>는 ProModel의 입력 요소들 중에서 가장 주요한 Routing의 입력 요소를 나타낸 것이다.

<표 2> ProModel의 Routing 입력 요소

Location	Operation	capacities	Qty	Move time
storage	0	600	1	0
bending	0.787	1	1	0
queue1	0	9	1	0
welding	0.64	1	1	0
queue2	0	100	1	0
press	0.267	1	1	0
queue3	0	40	1	0
clip	0.511	2	1	0
queue4	0	100	1	0
robots	2.65	3	1	0
h r spot	0.842	1	1	0
queue5	0	20	1	0
n	0.833	1	1	0

위의 표에서 보면, Storage에서의 Capacities는 원하는 최대 생산량이다. Operation은 각 작업의 운용 시간을 뜻하고, Qty는 한번에 흐르는 양, Move time은 다음 Location으로 이동하는데 걸리는 시간을 의미한다. 여기서 Move time을 모두 '0'으로 준 것은 각 Operation time에 운반 시간을 여유율로 계산했기 때문이다. 또한 표를 한 부분의 인원이 4명이지만 이 인원을 3명으로 줄이는 방법으로 Simulation을 실시한다.

이 방법은 기존의 라인 밸런싱을 역 이용한 것이다. Robots들의 작업은 이미 설비 자체의 Cycle time이 결정이 되어 있기 때문에 여기에 인원을 투입하는 방법보다는 역으로 이 작업으로 인해 Bottleneck이 걸리므로 앞 작업을 다시 분배하여 작업할 인원을 줄이는 방법을 취했다.

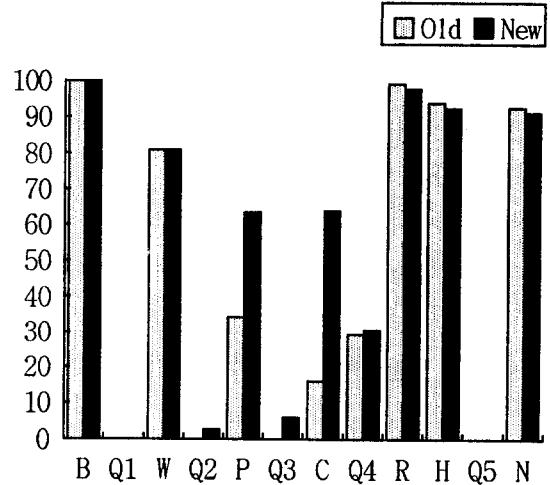
4. Simulation 결과 분석

ProModel 을 통한 Output 은 System 과 관련된 광범위한 정보들을 제공한다. 이 정보들 중 본 연구를 위해 필요한 것은 Resource Utilization, Queue, Total entry 등 이다.

<표 3> 은 적정 인원 배치를 통해서 얻어진 결과이고, <그림 2>는.현재의 공장 Layout 대로 Simulation 했을 경우와 비교했을 때 기존보다 각 대기 장소인 Queue2, 3, 4 에 재공품의 비율이 약간은 증가를 했지만 Utilization 이 전체적으로 상당히 증가 했음을 알 수 있다. 이것은 전반적으로 라인의 밸런스가 맞다는 것을 의미한다. 또, 기존에는 Welding, Press, Clip spot 작업을 4 명의 작업자들이 작업을 했지만 인원을 1명으로 감소시켜도 기존과 비슷한 결과를 얻을 수 있다. 즉 Frame 형성 Cell 인 앞의 새 공정의 작업을 작업 분배를 통한 적정 인원 배치로 3명이 해도 비슷한 결과를 얻을 수 있다.

<표 3> Resource Utilization output

Resource	utilization (%)	Avg. min/entry	Avg. contents	Total entry
Storage	52.98	235.74	317.9	600
Bending	100	0.79	1	564
Queue1	0	0	0	563
Welding	80.88	0.64	0.8	563
Queue2	2.65	2.1	2.7	562
Press	63.48	0.5	0.6	560
Queue3	5.98	1.91	2.4	559
Clip	64.07	0.51	0.6	559
Queue4	30.61	24.37	30.6	559
Robots	97.98	2.64	2.9	495
H-r-spot	92.72	0.84	0.9	492
Queue5	0	0	0	491
N	91.43	0.83	0.9	491



<그림 2> 기존 배치와 수정 배치의 비교

5. 결론

Simulation 결과 분석에 의하면 적절하게 인원을 배치하고, 작업 분배를 다시 함으로써 기존의 시스템보다 더 효율적으로 생산할 수 있음을 알았다. 또한 Cell 단위로 나누어서 각각의 Cell 별로 라인 밸런싱 할 수도 있고, 이 Cell 들 모두를 다시 라인 밸런싱 할 수도 있다. 이것은 앞으로 새로운 개념이 될 Holonic Manufacturing System 의 라인 형성의 가장 기본적인 연구가 될 것이다.

앞으로의 과제는, 위의 Simulation 에서 다룬 것으로는 모든 동적인 상황을 표현할 수 없기 때문에 기계 비용, 기계 고장 및 설비 보전, 작업자의 급여 등과 같은 여러 가지 상황을 고려하여 보다 동적이고, 경제적인 모형을 결합하면 최적의 이익을 가져다 주게 될 것이다. 또한, 이런 Simulation 대로 Design 하기 위해서 제품의 수요 예측이나 새로운 분석 기법들이 선행되어 수행되어야 할 것이다.

References

- [1] 박성연, “시뮬레이션 기법을 이용한 물류 시스템 개선에 관한 연구”, 인하대학교 대학원 산업공학과, pp17, 1988
- [2] 이상조, “시뮬레이션에 의한 도서관 대출 창구의 적정배치모형”, 충북대학교 대학원, 1985
- [3] 이화기, “시뮬레이션 기법에 의한 조립 라인의 연구”, 인하대학교 대학원 산업공학과, pp 1, 1990
- [4] Averill M. Law, Michael G. McComas, “How to Select Simulation Software for Manufacturing Applications”, IE, pp29-35, July, 1992
- [5] Gordon, G., “System Simulation”, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1975
- [6] Jong-Chell Im, Hee-Seok Song, Choong-Hwa Lee, “ A Study on the Development of User Modeler and Concurrent Animation Module for Manufacturing Simulator”, IE, pp39-45, 1995
- [7] Scott K, “Simulation: Why Aren't We Where We should be:”, IE, Vol.27, NO.1, pp47-48, Jan. 1995