

Shaft 가공라인 자원 가동률 향상을 위한 모델링

임상백* · 강경식*

*명지대학교 산업경영공학과

Support of shaft process line Modeling for improving operation rate

Sang-Baek Lim* · Kyung-Sik Kang*

*Department of Industrial Management Engineering, MYONGJI University

Abstract

The purposes of this research are to modelize test system of SM TESTING by ARENA, software, input several items of specimen's testing process, resources of system and transfer loop, etc, give a hypothesis and then, obtain results reducing the efficiency of the whole system finally by overload of specific facilities in the testing system through the simulation so as to obtain several materials such as specimen and testing facility, transfer loop, etc. by simple and various forms without any necessity of numerical modelization. It will add facilities of over load and reduce facilities with low operation rate, so increase the efficiency of the system.

Keywords : ARENA, REPLICATION LENGTH, RESOURCE RATING

1. 서론

1.1 연구의 배경

생산 기술이란 제품을 생산하기 위하여 4M(Man=사람, Machine=기계, Method=작업방식, Material=소재)으로 구성된 생산시스템을 계획, 개발하는 기술이며, Productivity(생산성), Quality(성질), Cost(원가), Delivery(납기)가 최적화된 시스템의 구축에 그 목적이 있다. 이러한 목적에 기반한 시스템 구축은 산업현장에서 유사한 생산라인을 반복적으로 개발하면서도 시간과 비용이 좋지 않는 점, 현장에서 설비 및 품질문제가 반복 발생하는 점, 개발 시간의 단축 요구 등의 다양한 문제점을 드러내고 있다. 이러한 문제점에 대한 해결책의 한 방안으로 가상생산이 제시되고 있는데, 가상생산(=시뮬레이션)이란 설계에서 가공, 조립에 이르는 모든 제조과정에 있어서 인간의 의사결정 및 통제의 수준을 향상시키기 위하여 컴퓨터 상에서 디지털 모델을 기반으로 제공하는 통합화된 시뮬레이션 환경이라고 볼 수 있다. 이를 통해서 초기 설계에 대한 많은 문제를 해결하고자 하였다.

현재 생산 현장에서 가상 생산의 응용범위는 1) 제품 설계 및 해석(제품단위) 2) 가상 조립 등의 생산 공정(기계장비단위) 3) 가상공장의 설비배치 및 시뮬레이션(공장단위) 등의 3부분으로 생각할 수 있다.

전통적인 가상시스템은 주로 수학적인 모델을 풀어서 의사결정을 하는 경우가 대부분이었으나, 근래에는 이를 일부 확장하여 모니터 상에서 공장의 축소된 형태를 그려보고, 관찰하는 단계로 발전되었다. 모니터를 이용한 가시화 환경은, 수식으로는 문제가 없었으나 배치하면 문제가 발생하는 경우 등 예상치 못한 오류를 범할 가능성이 높다.

전통적인 가상시스템은 주로 수학적인 모델을 풀어서 의사결정을 하는 경우가 대부분이었으나, 근래에는 이를 일부 확장하여 모니터 상에서 공장의 축소된 형태를 그려보고, 관찰하는 단계로 발전되었다. 모니터를 이용한 가시화 환경은, 수식으로는 문제가 없었으나 배치하면 문제가 발생하는 경우 등 예상치 못한 오류를 범할 가능성이 높다.

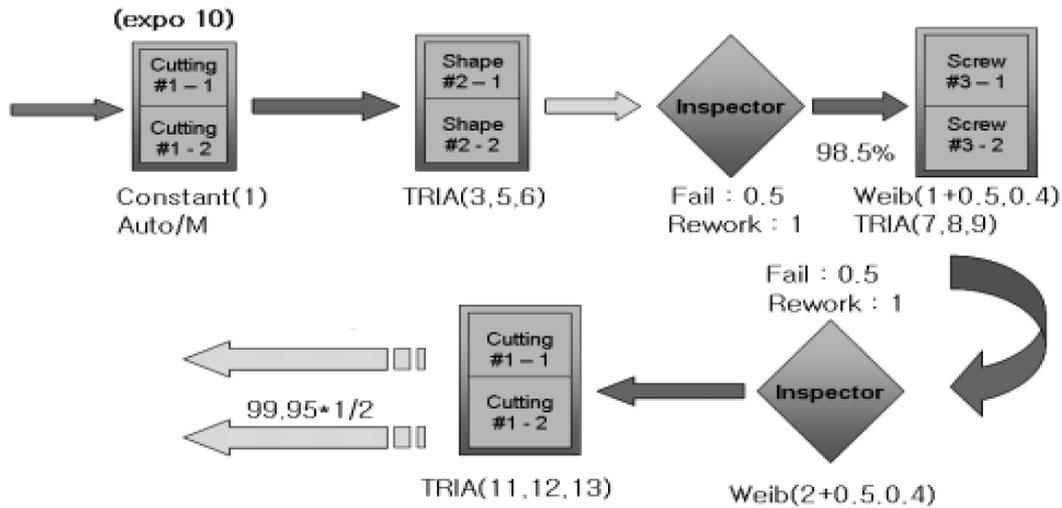
†Corresponding Author : Kyung-Sik Kang, Industrial and Engineering, Myongji University, Yongin 449-728, Korea, E-mail : kangks@mju.ac.kr

Received October 20, 2016; Revision Received November 14, 2016; Accepted December 20, 2016.

이러한 오류들에 대해서 가상현실을 이용하여 완성된 모습을 미리 보여주고, 작업자가 가상의 기계를 조작하고 가상의 제품을 다루면서 단위 작업장의 배치를 평가할 경우 예상치 못한 오류에 대한 파악과 이로 인한 전체적인 시간 및 비용을 감소 시킬 수 있다.

시뮬레이션 이란 위에서 제시한 현실 문제를 반영하는 모형을 만들어 실험을 함으로서 그 문제를 이해하고, 여러 가지 대안의 결과를 예측 분석하는 기법이라고 정의 할 수 있다. 첫째, 설계단계에서 설계자에게 생산에 필요한 정보를 사전에 제공하고 검토할 목적으로 사용하는 시뮬레이션 방법으로 제품, 공정설계 디자인에 시뮬레이션 기술을 사용하는 것이다. 예를 들면 DFM, DFA 등이 있다. 둘째, 로봇을 이용한 각종 기계들로 구성된 자동차의 차체 공장이나 도장공정에서와 같이 하나의 작업구역, 혹은 그 이상을 물리적 구조 중심으로 시뮬레이션 하는 방법이다. 예로는 NC가공

시뮬레이터가 있다. 셋째, 생산시스템 측면에서 시스템을 분석하고, 시스템의 효율을 평가하기 위해 적용하는 이산 사건 형 시뮬레이션이 있다. 일반적으로 산업공학 분야에서 이용하는 물류분석, 레이아웃(Layout) 계획 등 시뮬레이션 대부분이 이산 사건형 시뮬레이션이다. 이러한 용도로 사용하는 대표적인 도구들로는 ARENA, QUEST, SIMPLE++, AUTOMOD, PROMODEL 등 다양한 종류의 제품들이 있다. 위 제품들 중 ARENA는 현재 가장 널리 사용되는 시뮬레이션 패키지 중의 하나로서 손쉽게 모델을 작성할 수 있게 하는 소프트웨어이다. 또한, 시스템에 대한 시뮬레이션 모델을 정적으로 구축하여 분석결과를 제공할 뿐만 아니라 애니메이션을 통해 실제적으로 시스템이 작동되는 상황을 시각적으로 보여준다. 본 가공라인에서는 위에서 언급한 ARENA를 이용하여 그에 대한 결과를 분석하였다.



[Figure 1] Shaft process line model

1.2 실제 연구 모델의 개요

본 연구를 통해서, 첫째는 현재 가공라인을 분석(자원의 가동률, 대기 시간) 등을 알아보고 두 번째 이를 통한 전체 가공 라인의 LINE BALANCING 을 실시하고자 한다. 셋째 향후 유사 라인을 설계할 경우 참고 자료로도 활용이 가능 할 것 이다. 넷째는 이런 모의실험을 통해서 개선 후 작업 능력 향상으로 인한 비용 절감도 얻을 수 있을 것이다. 마지막으로 설비의 적정 CAPACITY를 산정하므로 인해서 불필요한 자원의 낭비를 제거 할 수 있을 뿐만 아니라 기업의 경쟁력 강화에도 중요한 역할을 할 것이다.

2. 본 론

2.1 시뮬레이션 모델

본 라인은 동일 기계 부품인 SHAFT를 가공하는 공정으로서 처음 원자재를 반입해서 두 대의 CUTTING MACHINE을 통과하며 가공 공차를 갖는 크기로 절단 될 것이다. 이런 자재의 도착은 EXPONENTIAL DISTRIBUTION을 10분을 갖는다.

이후 다음 공정으로 SHAPE 가공을 하는 NC MACHINE을 경유하며 이자원은TRIA DISTRIBUTION

(3,5,5)분을 소요 한다. 여기서 다음 INSPECTION공정에서 WEIBLE DISTRIBUTION (1+0.5,0.4) 의 값으로 작업이 수행되며 합격율 98.5%는 다음SCREW 공정으로 넘어가며 1.5%중 1%는 재작업을 통해서 SCREW공정을 통과하게 된다. 결국 나머지 0.5%의 부품은 불량으로 간주된다. SCREW 공정에서는 SHAFT 양단에 가공을 실시하며 두 대의 기계에 부품의 이동은 역시 TRIA (7,8,9)의 확률 분포를 갖는다. 여기서 역시 전수 검사를 통한 INSPECTION을 실시하며 앞서와 같이 WEIBLE DISTRIBUTION (2+0.5,0.4) 값을 갖게 되며 동일한 합격율 98.5%와 불량품 0.5%에 REWORK 1%로 처리된다. 계속해서 부품의 최종 가공 공정인 CUTTING 공정은 TRIA (11,12,13)의 분포를 가지고 있으며 마지막으로 완성된 부품은 10개 포장과 20개 포장으로 출고된다.

<Table 1> Research model resources

Resource	Qty	Other
Lathe#2	2 units	2 persons
Lathe#3	2 units	2 persons
Inspector#2	1 person	M=1 unit
Inspector#3	1 person	M=1 unit
Milling/M	2 units	2 persons
NC Machine	2 units	1 person

2.2 ASSUMTION

이 실험에서는 다음과 같은 가정을 전제로 한다. 우선 하루 작업시간은 8시간을 기준으로 하며 시뮬레이션 형태는STEADY- STATE SIMULATION 으로 실험의 반복 횟수는 10회로 했다. 또한 출력 데이터의 신뢰성 확보를 위해서 WARM-UP PERIOD를 3회 실시하였으며 최종 RUNING TIME은 100,000시간으로 하였다 그러나 지나친 WARM-UP PERIOD는 데이터의 왜곡을 심화 시키므로 이점을 충분히 고려하여야 한다.

1. Hours Per Day : 8 hours
2. Steady-State simulation
3. Run Length (100,000 hours)
4. Replication Length (10 times)
5. Warm-Up Period (3 times)
6. Singular product

3. Module 분석

3.1 실험에 이용된 Module 및 변수

Create 모듈에 모델의 바깥부분으로부터 개체들, 즉 여기에서는 표본들이 도착하는 것을 나타내는 생성마디 ('birth' node)이다.

process모듈은 자원(Resource), 대기행렬(Queue), 개체의 지연시간 (여기서는 표본검사에 필요한 시간)의 속성을 갖는 기계를 나타낸다. 유형(Type)필드에 Standard를 선택하였는데 이는 이 공정에 대한 설명은 계층적 부모모델을 이용하지 않고 이 process 모듈에서 바로 하겠다는 것을 의미한다.

논리(Logic) 영역의 필드들이 대화상자의 대부분을 차지하고 있는데, 이 모듈 안에서 개체들에게 어떠한 일들이 벌어지는 가를 설정하는 기능을 한다. 형태(Action)필드에 "Seize Delay release"를 선택하였는데 이는 이 모듈에서 개체들이 몇 단위의 자원을 Seize(정유)한 후 공정시간 동안 Delay(시간소요)하고 그 자원을 Release(해제)하여 다른 개체들이 이 자원을 정유 할 수 있도록 하는 것을 의미한다. Process모듈에서 Resource(자원)을 정의하게 되면 아래의 그림과 같이 Resource 데이터 모듈에 이 자원의 항목이 자동적으로 개체가 Process모듈에 도착하였을 때 자원이 작업중이면 이 개체는 기다려야 할 것이다. 대기 행렬에서는 기본적으로 First In first out 법칙을 적용한다.

시뮬레이션에서 process내의 자원(Resources)은 자동적으로 네 개의 상태를 갖게 된다. 개체가 자원을 점유(Seize) 하지 않는다면 그 자원은 유휴 상태이며, Process 모듈에 들어와서 자원을 점유 하자마자 그 상태는 가동(Busy)으로 변경된다. 만일 자원을 할당 불가능한 상태로 만들었다면 상태는 가동중지로 변경될 것이다. 또한 자원을 고장 상태로 놓는다면 상태는 고장으로 변경된다. 이 경우에도 역시 자원은 할당 될 수 없다. 고장이 발생할 때, Arena는 그 자원 전체를 사용할 수 없도록 한다. 예를 들어 가용량이 2이면 두 개의 자원 모두 수리 시간 동안 고장 상태에 놓이게 될 것이다.

자원의 고장에는 세 개의 옵션이 있다. 무시(Ignore) 옵션은 자원이 현재 어느 개체에 할당되어 있다는 사실을 무시하고 즉시 자원의 가용량을 감소시킨다. 자원이 그 개체에 의해 해제(Release)될 때 가용량이 다시 증가되면 (즉, 가용량을 감소시키기로 예정된 시점이 지나 버리면) 그것은 일정 변경이 전혀 발생하지 않았던 것으로 간주된다. 결국 이 옵션을 사용하면 가용량이 감소되어 있기로 예정된 시간은 짧아질 수도 있다.

대기옵션은 이름에서도 알 수 있듯이 실제의 가용량을 감소시키기 전에 개체가 자원을 해체할 때 까지 기다린다. 그러므로 가용량이 감소되어 있는 시간은 항상 바르게 모델링 되지만 이러한 감소사이의 시간 간격은 증가 될 수 있다. 강제 점유(Preempt) 옵션은 자원을 현재 사용하고 있는 개체로부터 강제로 빼앗고 자원의 가용량을 감소시킴으로써 실제로 자원을 강제 점유한다. 강제점유 당한 개체는 자원이 사용 가능할 때까지 내부적으로 잡혀 있게 된다. 자원이 사용 가능해지면 개체는 자원에 재 할당되고 계속해서 남은 가공 시간 만큼 처리된다. 많은 경우에 있어서 교대할 시간과 자원이 고장 날 때 부품을 가공하는 것이 끝나기 때문에 일정과 고장을 모델링 하는데 이 옵션은 정교한 방법을 제공한다.

Dispose 모듈은 표본이 시스템의 경계선 밖으로 떠나는 것을 나타내는 것이다. 이 모듈에서는 단지 모듈에 서술적인 기능을 주고 이 모듈을 거쳐 떠나는 개체가 시스템 내에서 체류한 시간의 평균값과 최대값, 또한 이러한 표본들의 비용정보등과 같은 Entity Statistics(개체 통계량)의 출력을 원하는지의 여부를 지정한다.

Decide 모듈은 확률로 분지하는 Chance (Branch With)와 조건에 따라 분지하는 Condition(Branch if)으로 Type이 나누어진다. 1.5%의 불량품을 표현하기 위해 Type: N-way by chance를 선택하고 %를 98.5%로 하였다. 여기서 %는 양품을 False(불량품)으로 분지된다. 확률은 1.5%로 하여 꼭 분지를 불량으로 하여도 무방하다.

Assign 모듈은 변수, 개체 속성, 개체 형태, 개체 그림 또는 다른 시스템 변수에 대한 새로운 값을 할당하는데 사용된다.

4. 결과분석 및 향후연구

4.1 실험결과 분석

시뮬레이션은 실제 시스템의 거동을 모방하기 위한 방법과 응용의 광범위한 집합으로 보통 적절한 소프트웨어로써 컴퓨터상에서 수행된다. 사실 시뮬레이션이 매우 일반적인 용어가 될 수 있는 이유는 그 아이디어를 수많은 분야, 산업 및 응용에 걸쳐서 적용하기 때문이다. 오늘날의 시뮬레이션은 컴퓨터와 소프트웨어가 발전하면서 이전에 비해 보다 대중적이고 강력하다.

본 연구는 ARENA라는 소프트웨어로 하여금 SM TESTING사의 검사 시스템을 모형화하여 표본의 검사

과정에 대한 몇 가지 사항과, 시스템의 자원, 이송루프 등에 대한 사항들을 입력하고 가정하여 주면 일일이 수치적인 모형화를 할 필요 없이 표본과 검사 설비, 이송 루프 등 여러 가지 자료들을 간편하고 다양한 형태로 얻어낼 수 있었다. 시뮬레이션을 수행한 결과 검사 시스템 내에서 특정 설비의 과부하로 인한 표본의 대기시간의 증가로 결국 전체적인 시스템의 효율성을 감소시키는 결과를 낳았다. 이는 과부하가 걸린 설비의 추가와 상대적으로 가동율이 낮은 설비를 감소시킴으로써 시스템의 효율성을 증가시킬 수 있을 것이다.

4.2 출력 분석

본 실험의 최종 출력 분석은 WAITING TIME 과 RESOURCE UTILIZATION등으로 두 가지 측면에서 나누어 진행한다.

첫째 대기 시간은 각 개체가 자원에 접근해서 자원이 BUSY 상태인 경우 자원이 IDLE상태로 바뀌어서 개체가 자원을 점유 할 때까지 대기하는 시간으로 REPLICATION을 10회 실시해서 1회와 10회를 실시했을 때 각각의 SENSITIVITY를 살펴보았다.

<Table 2> Output

Waiting time		
Resource	1 Time	10 Times
Lathe#2	0.13	0.14
Lathe#3	1.6	1.32
Inspector#2	3.3	2.5
Inspector#3	2.3	3.3
Milling / M	4.6	5.0
NC MACHINE	0.05	0.06

결과로 대기 시간이 상대적으로 큰 MILLING MACHINE이 상대적으로 자원 가동율이 높고 전반적으로 자원의 가동율이 저조 한 것을 볼 수 있겠다 그러한 주된 원인으로는 INSPECTION 공정에서 지연이 원인으로 이 공정의 작업자를 추가 배치해서 대기 시간을 줄이는 것이 역시 자원 가동율을 높이는 방법일 것이다. 그러한 분석 원인은 LATHE 1, 2의 대기 시간이 거의 없는 상태에서 그곳 공정에서 급격히 가동율 감소와 더불어 대기 시간이 증가한 점을 들 수 있겠다 그밖에도 최종 밀링공정이 가동율이 높은 것은 대기 시간이 거의 없다는 점으로 역시 확인될 수 있겠다.

<Table 3> Output(2)

Utilization(%)		
Resource	1 Time	10 Times
Lathe#2	23.4, 23.37	23, 24.2
Lathe#3	39.7, 40	40.2, 40.5
Inspector#2	27	27.3
Inspector#3	36	37
Milling / M	58.9, 58.84	60, 59.3
NC MACHINE	9	10

1. Milling 공정을 제외한 Utilization 저조.
2. Cutting 작업 Idle
3. Inspector#1,2의 Waiting time의 증가는 후속 공정의 가동율 증가로 판단.
4. 결과적으로 Milling공정의 가동율이 높은 것은 후속 공정에 영향.
5. 자원 가동율 향상의 중요 변수는 Rating이 중요 변수.

그러므로 이런 현재상황에서 자원의 UTILIZATION의 향상을 위해서는 RESOURCE RATING을 통한 설비 재 배치 또는 자원의 증감이 필요하다고 볼 수 있겠다. 아울러 향후 연구에서는 통계적 검정을 통한 방법과 더불어 데이터 적합성 검정, 그리고 REPLICATION LENGTH등의 이론적 배경을 강화 하는 문제가 중요하다고 생각되며OUTPUT ANALYSYS에서도 이론적 분석 역시함께 이루어 져야 하겠다.

5. References

- [1] Written by Yang Sung-min, (2003), Computer simulation, Publishing department of Gyungsung Univ.
- [2] Written by two writers including W. David kelton, (2002), Simulation with Arena Kyobo Book Centre.
- [3] Written by Kim Ju-yun, (1994), Computer simulation, Pakyoungsa.
- [4] Written by Kim Yong-sik, (2004), Realization of the design of multi-channel visualized module based on PC cluster for virtual factory simulation, Korea advanced institute for science and technology.
- [5] Written by Sung Jae-hyun, (2003), A study on the simulation for engine block process

line designing resources, graduate school of industrial information, Changwon Univ.

저 자 소개

임 상 백



현재 명지대학교 산업경영공학과 박사 과정중.
 태은물류 재직 중.
 관심분야 : 물류관리

강 경 식



인하대학교 산업공학과에서 학사석사박사와 연세대학교경희대학교에서 경영학 석사박사 취득. North Dakota State Univ. 에서 Post-Doc과 Adjunct Professor 역임. 현재 명지대학교 산업경영공학과 교수로 재직 중. 주요 관심분야는 생산관리, 물류관리, 안전경영 등이다.