

확정적 경우의 유연생산시스템 성능평가방법 - FMS Performance Evaluation Method of Deterministic Model -

황 규 완*
Hwang, Gyu-Wan
배 홍 석**
Bae, Hong-Seok

Abstract

There are studied on the evaluation of flexibility and design/operation of FMS. However, a new method that can assess the performance of FMS is propose in this study. To evaluate the performance of an FMS the ordinary for total cost is not applied. Instead, a specially developed cost function is used to measure the performed of proposed systems. The procedure is developed for deterministic variables cases. An FMS can produce various products systematically under computer control the evaluation of an FMS operation is not a simple task. The proposed procedure is done through computer simulation due to the complicated nature of the problem. A simulation model is developed using SIMAN and FORTRAN for practical application.

1. 서 론

유연생산시스템 설계상의 분석을 위해서는 여러 가지 문제점들이 많으며 특히, 경제적 측면에서 볼 때 평가를 위한 정량화가 매우 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 유연생산시스템의 최적설계를 위한 성능평가방법에 관한 연구를 목적으로 이를 확정적 경우에 적용할 수 있는 성능평가방법을 제시함으로써 실제시스템에 있어서의 활용가능성을 높이고자 한다.

2. 유연생산시스템의 성능평가

유연생산시스템의 경제적측면에서의 비용분류 및 산정방법과 성능평가방법에 관한 문헌연구에 대해서 고찰하고자 한다. 먼저 비용산정을 하기 위해 필수적으로 다루어야 할 비용분류 및 유연생산시스템의 비용산정방법에 대해서 다룬다. 그리고 유연생산시스템의 설계 및 운영단계에서 필수불가결한 항목인 성능평가에 관한 기존의 연구들에 대해서 살펴보고자 한다.

* 경남전문대학 공업경영과 교수

** 동아대학교 산업공학과 대학원 박사과정

2.1 비용분류 및 산정방법에 관한 기존연구

일반적으로 전형적인 비용계산에 있어서의 총비용은 제품판매비용과 조업비용의 두가지로 구분 사용하였다. 조업비용은 제조비용과 재고비용으로 구성되며 제품판매비용은 제품판매와 관리상에서 발생되어지는 비용이다. 재고비용에는 직접재료비, 직접노무비를 제외한 각종비용들은 간접비항목으로 간주하였으며, 재고비용에는 재공품과 완성품 재고로 구분하였다. 또한 감가상각비는 간접비 항목으로 간주하였고, 제품판매비용은 판매비와 행정비로 세분하였으며, 재무비는 고려대상에서 제외되었다. 또한, 전형적인 회계시스템에서는 품질, 부품대기 및 설비유휴, 투자에 대한 주요비용들을 정상적으로 분석하지 않는다. 제조산업에 있어서 일반적으로 품질비용은 총판매비의 10~20%[1] 제조비용의 25~30% 정도로 간주된다[2]. 부품대기 및 설비유휴비용은 각각 제조비용의 10%, 30% 정도로 간주되어진다[3]. 이와 같은 것을 고려해 볼 때 이들 비용들이 회계시스템에서 고려되어야 할 생산비용의 주된 항목임을 알 수 있다.

그리하여, 유연생산시스템에 관한 Gershwin[4]의 연구에서는 유연생산시스템의 최적설계를 위한 비용구분에 있어서 전통적 회계시스템이 부적절하며, 노동시간은 기계시간을 기준으로 전환되어야 한다고 주장하고 있다. 이러한 최근 연구동향에 따른 유연생산시스템의 비용구분에 의하면 총비용을 생산비와 비생산비로 구분하였으며, 생산비는 제조비용과 감가상각비용 및 재고비용으로 분류하고 비생산비는 판매비용, 행정비용, 재무비용의 세가지로 분류하였다.

따라서, 생산비에 속하는 제조비용에는 준비비, 재료비, 노무비, 기계비, 공구비, 작업공간비, 컴퓨터 소프트웨어비, 대기비, 유휴비, 품질비의 10가지 항목으로 세분하였고 재고비용은 유지비와 결핍비의 두가지 항목으로 나누었다. 그리고 Schwarzbach와 Vangermeerach[5]는 기계시간항목으로 계산된 기계비용을 제조비용으로 제안하였고, Seed[6]는 직접노무비와 간접비의 개념을 대체하기 위한 환산비용을 제안하였다.

또한, Blank[7]와 Kulatilaka[8]는 첨단 자동화설비에 투자한 이후로 발생하는 여러 비용과 이점에 대해서 논하였고, Monahan과 Smunt[9]는 제조, 재고 및 획득비용등을 개발하기 위한 시도를 하였지만 대다수의 문헌들이 단편적이고 완전하지 못하며 품질, 부품대기 및 설비유휴, 투자에 대한 주요 비용요소들을 정량화하기 위한 시도가 이루어지지 않았다. 한편, 비용산정방법에 관한 기존의 연구들을 살펴보면 다음과 같다.

기업의 제조성능 개선에의 도전은 기업의 이익을 증진시키기 위해서 매우 중요하다. 생산성, 품질, 유연성 등은 유연생산 시스템의 제조성능평가의 주요소이다[10][11][12][13][14][15]. 문헌에서 보면 생산성은 투입을 산출로 전환하는 능률이고, 품질은 제품을 만드는 우수한 정도를 나타내며, 유연성은 제조환경의 여러변화에 대한 적응성으로 대개 정의 한다. 한편, 제품품질은 제조성능의 가장 중요한 요소중의 하나가 되었다. 품질에 관련된 문헌은 많지만 통계적으로 표현된 품질은 품질문제를 더 잘 이해하기 위하여 화폐개념으로 전환되어야 한다. 품질비용은 현재의 실제 조업비용과 결합이 없는 완벽한 시스템의 이상적인 조업비용간의 차이로서 정의된다[16]. Lundvall과 Juran[17]은 비용평가나 측정으로부터 얻어질수 있는 품질비용요소를 논하였다.

또한, Schrader[18]는 FMC에서의 품질비용 프로그램을 도입하였다. 그러나, 품질비용모형을 개발하거나 품질에 미치는 유연생산시스템 적응효과를 조사하기 위한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 유연성은 제품설계 및 수요의 변화에 대한 적응력 또는 시스템 변화에 대한 경제적인 응답으로 정의되고, 설비, 제품, 공정, 절차, 작업, 생산량, 확장, 생산유연성과 같은 8가지 요소로 분류된다[19]. Hutchinson과 Holland[12]는 유연성 측정을 위한 시도단계에서 직접적인 정량화가 어려운 관계로 유연생산시스템을 이송라인과 비교함으로써 간접적인 접근을 시도하였지만 유연성값은 명확하게 측정하기가 어려운 실정이다. 그리고 자본집약적 산업에 있어서 투자에 관련된 사항은 생산비용요소중에서 가장 중요한 요소의 하나로 감가상각비와 재무비의 규

모는 상대적으로 큰 비중을 차지한다. 그러나, 기존의 연구에서는 투자관련비용을 생산비용의 일부분에 포함시켜 놓아 설비투자에 대한 경제적 판단을 명확하게 할 수 있는 기준을 마련하지 못했다.

3. 측도산정에 의한 성능평가모형

본 연구에서는 성능평가측도 산정모형을 수립하기 위하여 우선 유연생산시스템에 있어서의 총비용을 제조비용, 품질비용, 유연성비용, 투자비용의 네가지로 구분한다. 앞에서 전술한 비용분류 및 산정방법에 관한 기존 연구에서 알 수 있는 바와 같이 재래식 비용계산에 있어서의 총비용에는 제조활동을 위해서 투자되어진 자본의 이자에 대한 재무비는 포함되지 않고, 감가상각비는 제조비용의 간접비 항목으로 분류되어 있으나 유연생산시스템에 있어서의 비용분류 시에는 설비투자에 대한 경제적 판단을 명확히 하기 위한 분류방법이 요구되어진다. 따라서 유연생산시스템에서의 총비용은 제조비용, 품질비용, 유연성비용, 투자비용의 네가지 범주로 구분 지을 수 있다.

4. 확정적 모형의 적용

확정적 경우의 적용은 시스템의 초기설계단계에 적합한 성능평가 방법으로서 CAN-Q를 이용한 시스템의 성능평가와 SIMAN을 이용한 시스템 성능평가의 두가지 경우를 다루었으며, CAN-Q를 이용한 시스템의 성능평가에서는 설비는 고장이 발생하지 않는 상태(가용성 = 1일 경우)를 가정하였고, 생산부품의 도착간격, 가공시간 및 공정선택, 부품수요는 확정적인 값으로 주어졌으며, SIMAN을 이용한 시스템 성능평가에서는 설비의 고장은 발생하지 않는 상태를 가정, 생산부품의 도착간격, 가공시간 및 공정선택은 확정적인 값으로 주어졌으나, 설비의 보전주기 및 공구교환주기, 부품수요는 확률적인 값으로 주어졌으며, 이의 수행에 따른 성능평가측도를 산정하여 최적시스템의 설계를 행한다.

4.1 CAN-Q를 이용한 시스템 성능평가

이 장에서는 대기행렬네트워크 모형을 적용하여 가상적 생산시스템에 CAN-Q (Computer Analysis of Network of Queues)를 이용한 시스템의 성능평가를 행한다. CAN-Q기법은 실질적인 모형화능력을 제공하고 단위작업장 이용율, 평균대기길이, 생산율 등과 같은 시스템의 초기설계단계에서 필요로 하는 몇가지의 성능평가측도가 산출가능하기 때문에 FMS설계시의 성능평가측도의 기본적인 도구로 활용할 수 있으며 가상시스템의 설비배치도는 Fig. 1과 같다.

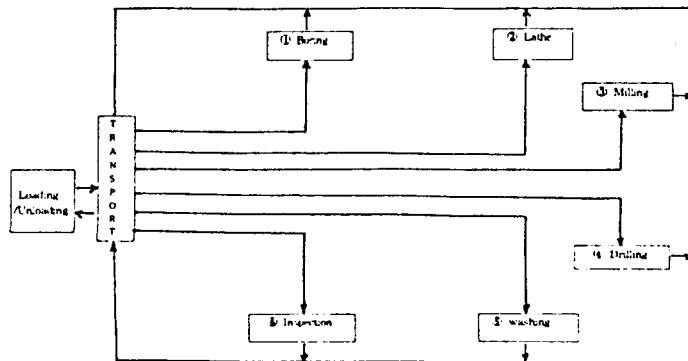


Figure 1. Layout of a manufacturing system

여기에서 사용된 모형은 7개의 단위작업장으로 구성되어 있으며, 단 1개의 단위작업장만은 부품의 적재/하역에만 운용한다. 각 단위작업장간의 부품이송은 1대의 트랜스포터로 운용하고 각 생산부품의 공정순서와 가공시간은 정해져 있으며 각 부품은 다섯개 공정을 거쳐 완성된다. 시스템의 상황을 나타내는 값들은 Table 1 - Table 5에 제시되어 있다.

1) 입력자료

Table 1. Values of each item

Item	Value
Number of Part type	3 type
Transport Speed	200 mpm
Distance between station	20 m

Table 2. Configuration of equipment

Station No.	Equipment	Number of Server
1	Boring M/C	1
2	Lathe M/C	1
3	Milling M/C	1
4	Drilling M/C	1
5	Washing M/C	1
6	Inspection M/C	1
7	Transport	1

Table 3. Proportion of part type

Part type	1	2	3
Proportion	0.5	0.3	0.2

Table 4. Process sequence of part type

Part type	Process sequence	Number of process
1	2-3-4-5-6	5
2	1-2-3-5-6	5
3	1-2-4-5-6	5

Table 5. Processing time of each process

[unit : min]

Part type \ Process	Process					
	1	2	3	4	5	6
1		4.1	2.7	2.8	0.6	0.8
2	3.2	4.2	3.7		1.0	1.4
3	3.7	4.1		3.2	1.4	2.0

2) 실행결과 및 분석

CAN-Q 시뮬레이션 결과는 Fig. 2와 같다.

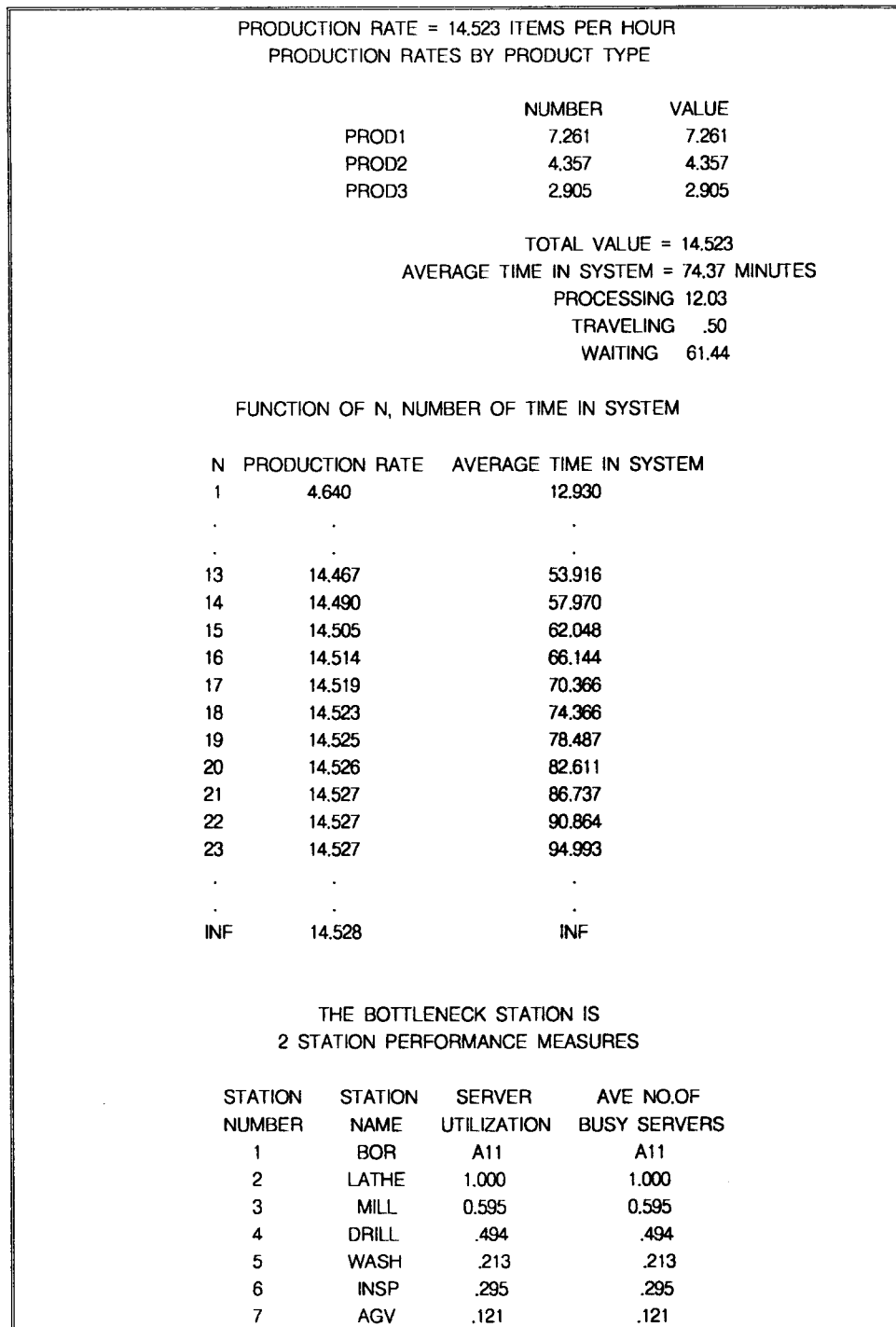


Figure 2. The result of simulation

결과에서 알 수 있는 바와 같이 총생산율(total production rate)은 14.523 item/hr이며 부품 1의 생산율은 7.261 item/hr, 부품 2의 생산율은 4.357 item/hr, 부품 3의 생산율은 2.905 item/hr로 나타났다. 시스템의 평균시간은 74.37분으로 나타났으며, 여기에서 대기시간이 전체 시간의 약 83%로 가장 높게 나타남을 알 수 있다.

따라서, 각 단위작업장이 약 41%, 2번 단위작업장이 100% 3번, 4번, 5번, 6번 단위작업장은 각각 60%, 49%, 21%, 30%로 2번 단위작업장에 가장 많은 부하가 집중됨을 알 수 있다. 초기 생산시스템의 성능을 분석 후 원만한 공정흐름을 유도하기 위한 초기생산시스템의 확충방안으로 예로공정에 설비를 추가시켜 나가는 것이 타당하다. 따라서, 이런 방법으로 설비를 추가시킨 대안들과 초기시스템과의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이 Table 6이다.

Table 6. The result of performance estimation for system

Classification		Initial system	1st. Improv	2nd. Improv	3rd. Improv	4th. Improv	5th. Improv
System configuration	BORING	1	1	1	1	1	2
	LATHE	1	2	2	3	3	3
	MILL	1	1	2	2	2	2
	DRILL	1	1	1	1	2	2
	WASHING	1	1	1	1	1	1
	INSPECTION	1	1	1	1	1	1
Production rate (item/hr)		14.523	23.638	27.384	29.210	35.088	42.051
Average time(min)		74.37	53.30	52.59	55.46	51.30	46.59
Processing time		12.43	12.43	12.43	12.43	12.43	12.43
Traveling time		0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Waiting time		61.44	40.37	39.66	42.53	38.37	33.66
Bottle neck		Station 2	Station 3	Station 2	Station 4	Station 1	Station 2

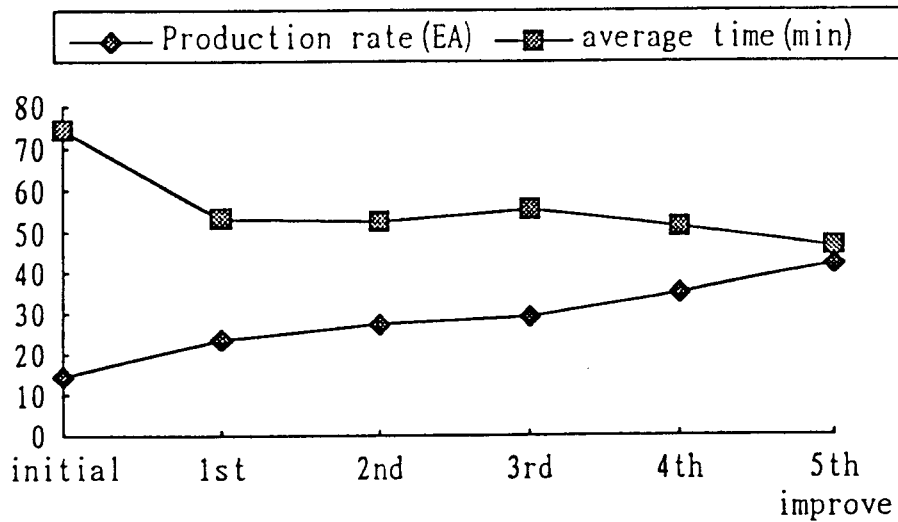


Figure 3. Comparison of performance by system configuration

Fig. 3에서 보는 바와 같이 대안 다섯가지 경우를 살펴볼 때, 생산율은 1차 개선시에는 초기 시스템에 비해 약 63% 증가하고, 2차 개선시에는 약 89%, 3차개선시부터는 약 두배이상으로 현저한 증가추세를 보인다.

한편, 평균시간에 있어서는 초기 시스템에 비해 1차 개선시에는 약 28% 감소하지만, 2차 개

선시부터는 1차 개선시와 비교해서 별로 큰 감소추세를 나타내지 않는 실정임을 알 수 있다. 이상과 같은 분석결과를 볼때 CAN-Q를 사용한 생산시스템의 성능평가는 애로공정에 설비를 추가시킬 때 마다 생산율은 증가하는 경향임을 알 수 있으며, 평균시간에 있어서 1차 개선시에는 대기시간의 상당한 단축효과를 얻을 수 있으나, 2차 개선이후부터는 애로공정의 해소에도 불구하고 평균시간과 단축효과는 별로 기대할 수 없음을 알 수 있다.

결론적으로 CAN-Q를 사용한 생산시스템의 성능평가에서는 생산율 및 평균시간, 애로공정의 산출정도에 불과하지만 시스템의 초기설계단계에서 필요한 기본적인 성능평가가 가능하다. 다음 연구단계에서는 생산시스템에 소요되는 각종 비용을 고려한 시스템 성능평가를 행하고자 한다.

4.2 SIMAN을 이용한 시스템 성능평가

이 장에서는 앞에서 전술한 비용을 고려한 성능평가로서 SIMAN을 이용하여 시스템의 최적 구성을 행한다. 따라서, 가상시스템의 설비배치도는 Fig. 4와 같다. 여기에서 사용된 모형은 7개의 단위작업장으로 구성되어 있으며, 단 1개의 단위작업장은 부품의 적재/하역에만 사용된다.

각 단위작업장간의 부품이송은 AGV(Automated Guided Vehicle)로 운용되며 기본적인 입력 요소는 CAN-Q를 이용한 성능평가 입력자료와 동일(Table 1-Table 5)하나, 설비비용등 추가 입력자료는 다음의 Table 7 - Table 9와 같다.

Table 7. Simulation control data

Item	Value
Total time of simulation	19200 min
Simulation interval	960 min
Number of simulation runs	20

Table 8. Arrival interval of part type

[unit : min]

Part type	1	2	3
Arrival interval	9	13	19

Table 9. Equipment price data

[unit : \$]

Equipment	Number of server	Price
Boring M/C	1	1700000
Lathe M/C	1	1350000
Milling M/C	1	1600000
Drilling M/C	1	30000
Washing M/C	1	700000
Inspection M/C	1	450000
AGV	1	100000

그리고, 본 모형의 적용에서는 다음과 같은 가정을 한다.

- ① 시스템의 고장은 발생하지 않는다는 조건 즉, 가용성 1을 전제로 한다.
- ② 초기시스템의 각 단위작업장 Server수는 1로 구성한다.
- ③ AGV는 1대, 초기버퍼크기는 10으로 하며, AGV 속도증가에 따른 비용 및 버퍼비용은 고려하지 않는다.
- ④ 각 부품의 수요는 포아송 분포(Poisson distribution)를 따른다.
- ⑤ 원재료 및 최종품의 초기재고는 0으로 한다. 또한, 원재료의 품질은 발생하지 않는 것으로 하며, 만약 최종품의 품질이 발생하면 재주문되어진다.
- ⑥ 감가상각법은 정률법을 적용하였으며, 자산구매를 위해 사용되어진 돈은 연간 12% 복리 이자율을 적용한다.
- ⑦ 시뮬레이션을 위한 계획기간(planning horizon)은 1개월에 20일간 또는 19200분 (20일 × 2교대/1일 × 8시간/1교대 × 60분)으로 한다.

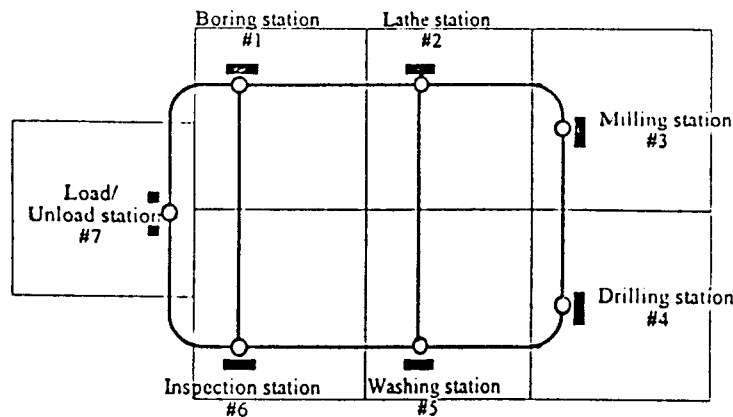


Figure 4. Layout of a manufacturing system

한편, 본 시뮬레이션 모형은 제조시스템의 모형화에 특히 유용하게 쓰이는 시뮬레이션언어 SIMAN을 이용하였으며, FORTRAN 프로그램과 연결 사용가능하게 만들었다. 본 시스템의 절차를 살펴보면, 부품은 재고영역의 원재료장으로부터 내부도착시간을 갖고 적재/하역영역에 하나씩 임의도착 되어진다.

부품은 적재계획시간 동안에 적제대에 올려지게 되며, 적제완료 후 AGV(Automated Guided Vehicle)에 의해 사전 계획된 작업일정에 따라 첫번째 단위작업장이 유힬상태이면 그 부품은 즉각적으로 가공되어지며, 그렇지 못할 경우 대기장소를 조사한다. 그리고, 기계의 누적되어진 가공시간이 정규적 기계보전주기보다 길어지면 보전활동이 이루어지며, 공구사용시간이 정규적 공구교환주기보다 길어지면 마모되어진 공구는 교환되어진다. 한편, 첫번째 단위작업장에서 부품가공이 완료되면 부품은 사전계획된 순서로 이송되어지며 각각의 단위작업장에 있어서 상기의 절차가 반복되어진다.

시뮬레이션은 20회 반복수행되어지는데 1일단위의 제조활동들을 나타낸다. 그리고 FORTRAN 서브루틴은 시뮬레이션으로부터의 출력데이터를 활용하며, 또한 시뮬레이션 수행간의 데이터 정보를 전달하는 역할도 한다. 따라서, 본 연구에서의 성능평가에서는 다음과 같이 크게 네가지 대안으로 구분 실시하였다.

대안 1 : 애로공정의 Server수 추가
(local-buffer system)

- ① #2 단위작업장에 Server수 1 증가
- ② #3 단위작업장에 Server수 1 증가
- ③ #2 단위작업장에 Server수 2 증가
- ④ #4 단위작업장에 Server수 1 증가

대안 2 : 애로공정의 버퍼크기 증가

- ① #2 단위작업장에 버퍼크기 5 증가
- ② #2 단위작업장에 버퍼크기 10 증가
- ③ #2 단위작업장에 버퍼크기 15 증가
- ④ 각 단위작업장(#1-#6)에 버퍼크기 5증가

대안 3 : 시스템의 AGV 속도증가

- ① AGV - 속도 30 mpm 증가
- ② AGV - 속도 60 mpm 증가
- ③ AGV - 속도 200 mpm 증가

대안 4 : 애로공정의 Server수 추가

(central-buffer system)

- ① #2 단위작업장에 Server 수 1 증가
- ② #3 단위작업장에 Server 수 1 증가
- ③ #2 단위작업장에 Server 수 2 증가
- ④ #4 단위작업장에 Server 수 1 증가

이러한 네가지 대안의 세부적인 대안 15개와 초기시스템의 시뮬레이션 결과를 비교하여 시스템 최적구성의 의사결정을 행한다.

대안 1 : 애로공정의 Server수 추가

(local-buffer system)

초기 시스템의 시뮬레이션 결과에서 나타나는 애로공정에 Server의 수를 각각 1대씩 추가해 나가는 방안이며 수행결과는 Table 10 및 Fig. 5와 같다.

Table 10. The result of performance estimation as number of server added

Initial		①	②	③	④
T.prod	176.83	850.56	841.38	839.94	832.68
T.qual	1444.1	6946.2	6871.3	6859.5	6800.2
T.flex	20.39	98.1	97	96.84	96
T.invest	433.22	2083.9	2061.4	2057.8	2040.1
G.index	17.33	83.35	82.46	82.31	81.6
Pro.rate	13.27	14.43	14.43	14.43	14.43
Bottle neck (utilization)	Lathe(#2) 1.0	Mill(#3) 0.62	Lathe(#2) 0.52	Drill(#4) 0.5	Boring(#1) 0.47
Number of server add		Lathe (+1)	Mill (+1)	Lathe (+2)	Drill (+1)

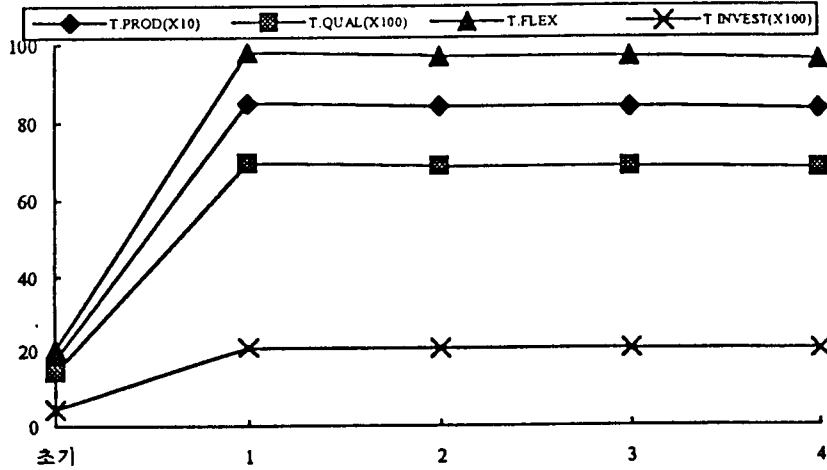


Figure 5. Graph of performance estimation as server size added

Table 10의 네가지 경우를 살펴보면 대안 1의 ①일 경우 초기시스템에 비해 생산성, 품질, 유연성, 투자성이 급격히 향상되고, 생산율(production rate)도 약 11% 증가하지만, 대안 1의 ②③④일 경우에는 대안 1의 ①일 경우와 거의 비슷한 경향을 나타내고 있다. 그 이유는 대안 1의 ①일 경우를 제외하고는 각 단위작업장 이용율에 충분한 여유가 있기 때문이다. 이렇게 볼 때 대안 1의 네가지 경우에서는 대안 1의 ①이 최적임을 알 수 있다.

대안 2 : 애로공정의 버퍼크기 증가

초기시스템의 시뮬레이션 결과에서 나타나는 애로공정에 버퍼크기를 단계적으로 증가해 나가는 방안이며 수행결과는 Table 11과 Fig. 6과 같다.

Table 11. The result of performance estimation as buffer size increased

Initial		①	②	③	④
T.prod	176.83	182.11	187.91	189.8	182.11
T.qual	1444.1	1487.2	1534.6	1550	1487.2
T.flex	20.39	21	21.67	21.88	21
T.invest	433.22	446.16	460.38	465.00	446.16
G.index	17.33	17.85	18.42	18.6	17.85
Pro.rate	13.27	13.33	13.33	13.32	13.29
Bottle neck (utilization)	Lathe(#2) 1.0	Lathe(#2) 1.0	Lathe(#2) 1.0	Lathe(#2) 1.0	Lathe(#2) 1.0
Buffer size increase	10	15 (+5)	20 (+10)	25 (+15)	15 (+5)

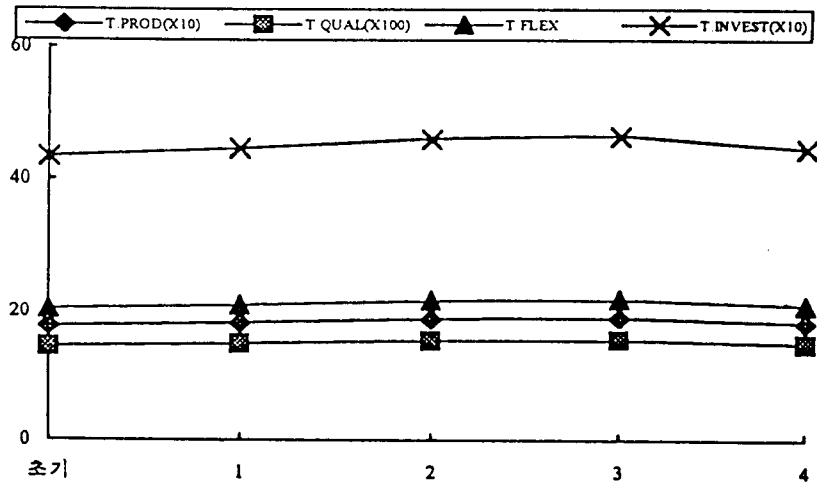


Figure 6. Graph of performance estimation as buffer size increased

Table 11의 네가지 경우를 살펴보면 대안 2의 ①일 경우 초기시스템에 비해 생산성, 품질, 유연성, 투자성이 약 2% 정도 향상되고, 생산율(production rate)도 약 0.1% 향상에 그치며 비용도 거의 동일한 수준임을 알 수 있다.

마찬가지로 대안 2의 ②③④일 경우에도 대안 2의 ①과 거의 유사한 수준으로 나타났다. 따라서, 대안 2의 네가지 경우에서는 초기시스템과 비교해 볼 때 아무런 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 그 이유는 애로공정에 버퍼크기를 증가시키는 것은 애로공정의 해소에 아무런 효과를 주지 못하기 때문이다.

대안 3 : 시스템의 AGV 속도 증가

초기 시스템의 AGV 속도를 단계적으로 증가시켜 나가는 방안으로 수행결과는 Table 12 및 Fig. 7과 같다.

Table 12. The result of performance estimation as AGV-Speed increased

Initial(200mpm)		①	②	③
T.prod	176.83	174	173.23	170.1
T.qual	1444.1	1421.3	1414.7	1388.7
T.flex	20.39	20.1	19.97	19.61
T.invest	433.22	426.38	424.42	416.62
G.index	17.33	17.1	16.98	16.67
Pro.rate	13.27	13.25	13.24	13.22
Bottle neck (utilization)	Lathe(#2) 1.0	Lathe(#2) 1.0	Lathe(#2) 1.0	Lathe(#2) 1.0
AGV-Speed increase	200 mpm	230 mpm (+30)	260 mpm (+60)	400 mpm (+200)

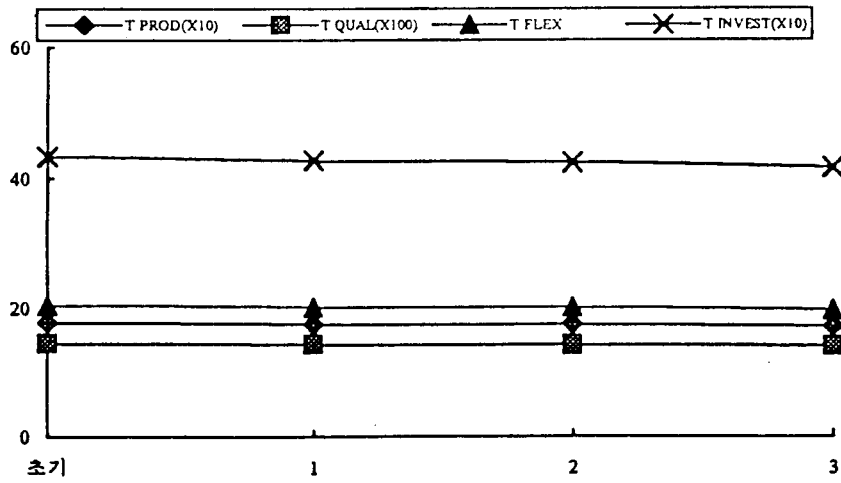


Figure 7. Graph of performance estimation as AGV-Speed increased

Table 9의 세가지 경우를 살펴보면 대안 3의 ①②③의 경우 모두가 초기시스템에 비해 생산성, 유연성, 품질, 투자성이 거의 동일한 수준이며, 생산율도 거의 동일한 경향을 나타내고 있다.

대안 4 : 에로공정의 Server수 추가
(Center-buffer system)

초기시스템을 중앙버퍼시스템으로 모형화한후 시뮬레이션 결과에서 나타나는 에로공정에 Server수 각각 1대씩 추가해 나가는 방안이며 수행결과는 Table 13 및 Fig. 8과 같다.

Table 13. The result of performance estimation as number of server added

Initial		①	②	③	④
T.prod	263.6	850.31	840.94	838.78	832.37
T.qual	2152.8	6944.2	6867.6	6809.2	6797.7
T.flex	30.39	98	96.96	96.13	95.97
T.invest	645.83	2083.3	2060.3	2042.8	2039.3
G.index	25.83	83.33	82.41	81.71	81.57
Pro.rate	13.75	14.43	14.43	14.43	14.43
Bottle neck (utilization)	Lathe(#2) 1.0	Mill(#3) 0.62	Lathe(#2) 0.53	Drill(#4) 0.5	Boring(#1) 0.47
number of server add		Lathe (+1)	Mill (+1)	Lathe (+2)	Drill (+1)

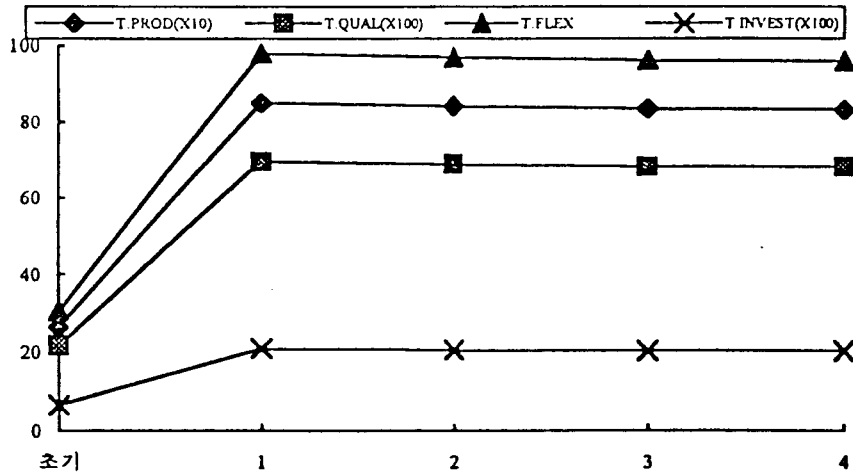


Figure 8. Graph of performance estimation as number of server added

Table 13의 네가지 경우를 살펴보면 대안 1의 경우와 거의 동일하며, 대안 4의 ①일 경우 초기시스템에 비해 생산성, 품질, 유연성, 투자성이 급격히 향상되고, 생산율도 약 6% 증가하지만 대안 4의 ②③④일 경우에는 대안 4의 ①일 경우와 거의 비슷한 경향을 나타내고 있다. 따라서, 대안 4의 경우는 초기시스템의 성능은 대안 1의 경우보다 우수하나 Server수의 증가에 따른 성능은 대안 1의 경우와 별다른 차이가 없음을 알 수 있다.

이상과 같이, 상기의 대안 4가지 분석결과 대안 1의 ① 즉, 예로공정의 Server수 추가 중 #2 단위작업장에서의 Server수 1증가일 경우의 성능이 가장 좋은 것으로 나타났으며, 버퍼크기 증가 및 AGV속도 증가는 성능에 별다른 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

따라서, 생산시스템의 각 단위작업자중 작업장 작업부하가 많이 걸리는 단위작업장에서의 적절한 Server의 추가도입이 시스템의 성능을 향상시켜줄 수 있다. 결론적으로 확정적 경우의 적용에서의 성능평가는 시스템최적설계를 위한 초기단계에서 행할 수 있는 성능평가방법이라고 볼 수 있다.

5. 결 론

5.1 연구의 요약 및 결론

본 연구의 목적은 유연생산시스템의 최적설계를 위한 성능평가방법에 관한 연구로서 우선 기존 연구의 문제점을 개선하여 유연생산시스템에 적용할 수 있는 평가측도로서의 활용가능성을 모색하였으며, 아울러 확정적 평가모형에서의 성능평가방법을 제시하고자 하였다.

따라서, 유연생산시스템의 최적설계를 위한 성능평가방법으로 우선 초기설계단계에서 CAN-Q를 이용한 가상적 생산시스템의 성능평가를 행하는데, 여기서는 시스템의 초기설계단계에서 필요한 몇가지 성능평가측도 산출이 가능하므로 성능평가를 위한 기본적 도구로 활용할 수 있으며, 다음 연구단계로 SIMAN을 이용하여 비용을 고려한 확정적 모형을 수립하여 시스템 평가를 행하였다.

그러나 확정적 모형의 성능평가는 시스템설계의 초기단계에서 행할 수 있는 성능평가방법으로 시스템의 고장이 없는 경우를 고려하였다. 따라서 본 연구에서의 성능평가측도 산정에 의한

시스템의 확정적 모형의 분석결과는 확정적 모형에서의 성능평가결과 시스템 구성상의 애로공정에 Server 수를 추가하면 성능향상을 도모할 수 있으나, Server수의 추가에 비례하여 반드시 성능향상이 되는 것은 아니며, 부적절한 Server의 선정은 오히려 성능을 저하시키는 결과를 초래한다. 따라서 최적설계를 위한 적절한 Server의 추가도입이 시스템의 성능을 향상시켜줄 수 있으므로 일반적으로 의사결정시에는 시스템 구성에 따른 의사결정에는 시스템구성에 따른 효율측면을 반드시 고려해 보아야 한다.

5.2 연구의 한계 및 향후과제

본 연구는 유연생산시스템의 최적설계를 위한 가상시스템의 성능평가방법을 제시하였다. 연구결과 다음과 같은 한계점을 내포하고 있으므로 이를 통하여 향후의 연구과제를 제시하고자 한다. 본 연구에서의 모형의 적용은 가상적인 자료를 사용하였으나 향후 실용성있는 모형이 되기 위해서는 타당성있는 획득자료 수집 및 처리방법에 관한 체계적인 보완 연구가 필요하다. 그리고 성능평가를 위한 시뮬레이션언어로서는 CAN-Q와 SIMAN을 활용하였으나 최근의 생산시스템 시뮬레이션을 위한 전용언어인 FACTOR/AIM 혹은 기타 유사언어들의 활용에 대한 보다 간편한 시뮬레이션 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Hunt, R., L. Garrett, and C. M. Merz, "Direct Labor Cost Not Always Relevant at H-P", *Management Accounting*, Feb., pp.58-62, 1985.
- [2] *Business Week*, "High Tech to the Rescue", Special Report, June 16, pp.100-108, 1986.
- [3] Eversheim, W. and P. Herrmann, "Recent Trend in Flexible Automated Manufacturing", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 1, No. 2, pp.139-147, 1982.
- [4] Gershwin, S. B., "Control and Evaluation in the Innovation Process : The Case Manufacturing Systems", *IEEE Trans*, Vol. 28, pp.62-70, 1981.
- [5] Schwarzbach, H. R. and R. G. Vangermeerach, "Why We Should Account for the Fourth Cost of Manufacturing", *Management Accounting*, pp.39-43, July 1983.
- [6] Seed, III, A. H., "Cost Accounting in the Age of Robotics", *Management Accounting*, pp.39-43, Oct. 1984.
- [7] Blank, L., "The Changing Scene of Economic Analysis for the Evaluation of Manufacturing System Design and Operation", *Engineering Economist*, Vol. 30, No. 3, pp.227-244, 1984.
- [8] Kulatilaka, N., "Financial, Economic, and Strategic Issues Concerning the Decision to Invest in Advanced Automation", *International Journal of Production Research*, Vol. 22, No. 6, pp.949-968, 1984.
- [9] Monahan, G. E. and T. L. Smunt, "The Flexible Manufacturing System(FMS) Investment Decision", *Proceeding of ORSA TIMS Conference*, Nov. 1984.
- [10] Defarmo, E. P., Black, J. T, and R. A. Kohser, *Materials and Processes in manufacturing*, Sixth Edition, Macmillan Publishing Company, New York, 1984.
- [11] Hayes, R. H. and S. C. Wheelwright, *Restoring Our Competitive Edge Competing Through Manufacturing*, John Wiley & Wons, Inc., 1984.
- [12] Hutchinson, G. K. and J. R. Holland, "The Economic Value of Flexible Automation", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 1, No. 2, pp.215-227, 1982.

- [13] Kaplan, R., "Measuring Manufacturing Performance : A New Challenge for Managerial Accounting Research", *The Accounting Review*, LVIII(4), pp.686-705, Otc. 1983.
- [14] Richardson, P. R. and J. R. M. Gordon. "Measuring Total Manufacturing Performance", *Sloan Management Review*, pp.47-58, Winter. 1980.
- [15] Schneible, S. R., "Flexible Manufacturing Systems", *Proceedings of IIE Fall Conference*, pp.214-220, 1983.
- [16] Lenane, D. M., "Accounting for the Real Cost of Quality", *Quality Progress*, pp.22-27, Jan. 1986.
- [17] Lundvall. D. M., and J. M. Juran, "Quality Cost", in *Quality Control Handbook*, Third Edition, Edited by J. M. Juran, McGraw-Hill, New York, 1979.
- [18] Schrader, L. J., "An Engineering Organization's Cost of Quality Program", *Quality Progress*, pp. 29-34, Jan. 1986.
- [19] Browne, J., D. Dubois, K. Rathmill, S. P. Sethi and K. E. Stecke., "Classification of Flexible Manufacturing Systems", *FMS Magazine*, Vol. 2, pp.114-117, 1984.
- [20] Hutchinson, G. K. and Holland, J. R., "The Economic Value of Flexible Automation", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 1, No. 2, pp.215-227, 1982.
- [21] Son, Y. K and Lie-Femhsv., "A Method of Measuring Quality Costs", *International Journal of Production Research*, pp.1787-1792, 1991.
- [22] 황규완, 하정진 "AMS에 있어서 품질비용평가방법", *공업경영학회지*, Vol. 16, No. 28, pp.129-135, 1993.