

FMS의 최적구성에 따른 설비교체 시점의 결정
—A Determination of the Optimal Replace Time
of Equipment in the FMS Design—
Lee, Dong Choon*
Shin, Hyun Jae**

Abstract

In the FMS design, the important points are the selection of parts and the determination of configuration. The common approach method which solve the selection of parts are the determination of configuration has improved that the two points are simultaneously.

This study finds the best method which parts combination and configuration are satisfied at the same time. And the optimal replace time of equipment under limited budget on the view point of engineering economy.

1. 서 론

1.1 연구목적

제조현장에 있어서 단품종 소량생산시스템의 필요성은 소비자의 기호가 다양해짐에 따라 가속적으로 증가되고 있다. 생산공장이 보유하고 있는 기존설비의 효용을 제고시키며 생산시스템의 가변적인 융통성을 위해 유연생산시스템이라는 FMS의 출현이 시간이 갈수록 각광을 받고 있다.

유연생산시스템에 관한 기존의 많은 연구들이 시스템의 최적 구성을 연구대상으로 삼고 있으며 예산제약을 고려한 연구들도 많이 제시되고 있다.

그러나 유연생산시스템을 도입하는데 따른 기존 시스템과의 관계가 명확히 규명되지 않고 있고 유연생산시스템의 도입이 타당한 것이라는 것은 알고 있으나 엄악한 재정상태와 향후 시스템의 협금흐름에 따른 적절한 도입 시기와 경제적 수명(교체시기)을 고려하여 결정되어야 할 것이다.

1.2 연구방법 및 범위

본 연구는 기존의 발표된 바 있는 유연생산시스템(FMS)의 부품 및 구조선정에 관한 내용과 가정을 전제로 하여 인천직할시 소재 A회사에서 현재 보유하고 있는 생산시스템의 제반 재무적 특성들과 새로이 도입하고자 하는 유연생산시스템에 의해 발생되는 제비용과 기대이익을 추정하여 두 생산시스템의 관계들을 비교해 보고자 한다.

2. 최적구성을 위한 기준모형

2.1 부품과 구조선정의 개요

유연생산시스템에서는 부품선정 및 구조선정이 전체비용과 이익을 좌우할 수 있기 때문에 가장 중요한 요소들이다. 그중에서도 생산부품의 선택 그리고 기계 및 파렛의 종류와 수량선정은 비용과 이익을 결정하는데 핵심적인 요소임은 주지의 사실이다.

그래서 유연생산시스템은 첫째로 임의의 부품군을 선정한 후에 구조선정을 행하여 최적화 하는 시스템과 둘

*동아대학교 공과대학 산업공학과 교수

**인천대학교 공과대학 산업공학과 부교수

제로 부품과 구조를 동시에 최적화하는 시스템으로 양분되는데 생산부품의 종류가 변화함에 따라 각 작업장의 상황이 달라지는 것이 당연하므로 부품의 선정은 구조를 변화시키는 요소가 된다. 따라서 부품과 구조를 동시에 선정하는 것이 필연적이라 하겠다.

2.2 기존의 최적화 모델

2.2.1 Dallery-Frein 모형 (DF 모형)

파렛의 증분비용과 기계구입비용 중 효율적인 것을 선택하여 출력률을 보장하면서 최소의 구성비용을 나타내는 기계와 파렛의 최적 구조선정에 관한 모형이다. 주 기계구조선정에 관한 모형으로서 기계구입비용당 출력률의 증가분이 최대인 작업장의 기계수를 차례로 증가시키면서 발견적 해를 구한다[1][2].

$$s, t \mid G(\underline{N}_i, NP-1)/G(\underline{N}_i, NP) \geq TH$$

N_i , NP : non-negative integer

2.2.2 Whitney-Suri 모형 (WS 모형)

유연생산시스템의 설계 단계에서 가공된 부품의 공정에 따라 기계의 종류와 맷수가 결정되며 부품의 선택은 설치된 기계에 따라 결정이 되는 순환적 관계로 이루어진다[4].

X_i : 0 or 1 ③
 N_i : integer ④

본 모형에서 대상으로 고려해야 하는 후보부품과 기계 종류의 수가 너무 많기 때문에 본 모형을 직접 정수제 희법으로 풀기에는 어려움이 많다.

이를 해결하기 위한 방법으로 Whitney and Suri는 ③, ④ 제약식을 실수형으로 완화시킨 ③', ④'제약식으로 바꾸어 선형계획법을 이용한 발견적 해법과 여기서 얻어진 기계댓수에 생산할 부품의 종류를 순차적으로 결정하는 2가지 단계를 제시한 프로그램 PAMS(part and machine selection), PARSE(part selection)를 개발하였다.

본 연구에서는 PAMS을 소개한다.

$$s.t. \sum_{i=1}^k N_i \leq PN \quad \quad \quad \quad \textcircled{1}$$

$$\sum_{j=1}^J t_{ij} * X_j \leq T * N_i \quad \dots \dots \dots \quad \textcircled{2}$$

X_i : 0 or 1

X_j : 0 or 1

2.3 김영철 모형(k모형)

예 산제야조선으로 바뀌며, 시스템의 종료율 보장을 위해 기대되는 부활생 산량이 계획된 생 산량 이상을 생산할 수 있는 능력을 갖추어야 한다는 제야조선을 만족하는 부활과 구조선정을 하고자 하는 모형이다[5].

부품을 임의로 선정한 상태에서 모형 1의 최적구조해법을 끌고 모형 2의 값을 계산하여 최적해와 비교하는 방법이다. 물론 부품의 종류와 조합의 수가 많으므로 부품을 한 단위씩 증가하는 단계적 방법을 쓴다.

N_1, N : non-negative integer

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \sum_{j=1}^J B_j * X_j - \sum_{i=1}^I C S_i * N_i - C P * N P \\
 & \text{s. t. } \sum_{i=1}^I C S_i * N_i + C P * N P \leq \text{Budget} \\
 & \quad X P(N_i, N P) \geq \sum_{k=1}^{I-1} (\alpha_k * X_k * 1_{i,k}) / T
 \end{aligned} \tag{5}$$

$X \in \{0, 1\}$

N_1, N_2 : non-negative integer

3. 유연생산시스템의 도입시점 설정

3.1 모형수립

현재 기존의 공장이 보유하고 있는 설비에 대한 경제성 평가서를 보면 생산시스템의 생산성과 설비를 운영하는데 소요되는 노무비 및 기타 제반비용을 구할 수 있다.

여기서 새로운 생산시스템(FMS)의 도입시 발생하는 도입비용과 생산성을 기준의 시스템과 비교하여 새로운 시스템의 도입시기(내용비주)와 세부 품성치들을 찾고자 한다.

3.3.1 가정

- ① 현재 임업활동의 내용이 변하지 않고 계속해 나간다는 전제 하에서 연구대상기간을 유한으로 한다.

② 비용과 수익은 각각 설비의 내용년수에 대한 단조증가함수와 단조감소함수라고 하며 그 형태에는 특별한 제한이 없다.

③ 잔존가치는 설비의 내용년수에 대한 단조감소함수의 형태를 취한다.

④ 이자율은 임의의 값으로 취급하고 미래의 기간에 항상 일정하다고 본다.

⑤ 세 요인의 특성기각의 단위는 년으로 하고 비용, 수익 및 잔존가치는 매년 연말에 발생하는 것으로 한다.

3. 1. 2 노형적기

설비의 교체문제는 주로 노후화내지 전부화로 인하여 비효율적인 품목을 교체하지 않고 계속 사용할 것인가 그렇지 않으면 교체비용을 부시하더라도 보다 더 효율적인 품목으로 교체할 것인가 하는 문제로 위치된다. 그리고 기존의 연구는 자본제약이 없는 것으로 가정하고 경제적인 측면에서 개개의 교체대상품목의 교체시기를 결정하거나 교체의 타당성을 평가하는 방향으로 진행되어 왔다.

그러나 이러한 방법으로는 현실적인 문제의 해결에 크게 도움을 주지 못한다. 왜냐하면 실제로 기업은 다수의 기계설비를 사용하고 있기 때문에 교체대상품·복용 나수가 있게 마련이며 교체에 필요한 자금에도 한계가 있기 때문이다. 따라서 교체대안을 현유설비를 도선설비로 교체해나가는 대안과 현유설비를 경제적 수명까지 사용하고 그때의 도전설비와 교체해나가는 대안의 두 가지로 생각하여 상대적 이익과 비용의 흐름을 각각 협과로

할인하여 수익성 지수를 구하였다.

한편 기간별로 사본세액이 주어지는 경우에 한유설비를 주서 교체하는 것이 더 유리하더라도 교체를 1년, 2년 더 연기시켜가는 대안을 고려하여 상대적 이익과 비용의 순현재가(NPV:net present value)를 각각 구하여 0-1 정수계획법 모형을 수립하였다.

$$\text{s. t. } \sum_{j=1}^m C_{ij} X_{ij} \leq B_i$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq 1$$

all $X_{ij} > 0$

m : 현유선비의 수

▶ : 자본제 암호 주어지는 경우

X₁, X₂, ..., X_n : 혼유설비 i가 기간 j년 말에 교체되면 1

현유설비 1가 기간 1년 만에 교체되지 않으면 0

V : 혜윤설비 i가 기간 j년 말에 교체될 때의 순회가

C : 혜윤설비 초기 기간 1년 말에 교체될 때의 최유투자액

B. '기각'과 함께 차별제약에

3.2 사례연구

3.2.1 기초자료

이처럼 전화서 주제 A 회사에 서 회계 부서-하고 있는 생사사시스템에 과학 제반 비용의 조사표가 표 1에 있다.

Table 1. The several cost of the defender

(단위 : MM단위)

기계	1	2	3	4	5	6	7	계
설비구입가	2.96	35.55	59.21	32.84	61.89	93.17	27.63	
자준가격	.06	.71	1.1	.9	2.6	3.6	.8	9.77
년간생산금액	15	18	19	17	27	24	12	132
감가상각비	.2	3.6	5.9	3.2	6.1	9.3	2.7	31
설비유지비	1.5	3.6	2.7	5.4	11.7	7.5	4.9	37.3
노무비	6.2	3.0	4.2	4.8	4.8	3.9	4.2	31.1
변동비	2.8	1.1	1.1	.8	.9	1.5	.3	8.5

새로이 도입하고자 하는 생산시스템의 구조와 재반비용(기대비용)이 표 2에 기술되어 있다(1 : 가공, 0 : 가공하지 않은).

Table 2. The several cost and structure of the challenger (단위 : 백만원)

기계	1	2	3	4	5	6	7	생산량	이익
부품 1	0	1	0	1	1	0	1	400	40
2	1	1	0	0	0	0	1	1000	100
3	0	1	1	0	1	0	1	500	50
4	1	0	1	1	0	1	1	240	300
5	1	1	1	1	1	0	1	110	40
6	1	1	1	1	0	0	1	200	20
7	0	1	0	1	1	1	1	600	200
8	1	1	1	0	0	1	1	900	600
가공시간	.7	1.9	3.74	1.25	2.	5.	.25		
								계	
설비구입가	20	5	10	100	10	20	10	175	
년간생산금액	16.1	19.6	19.7	17.9	28.0	25.3	12.6	139.2	
감가상각비	1.3	.5	1.0	10.0	1.0	2.0	.9	16.7	
설비유지비	1.3	3.1	2.4	4.5	9.6	5.7	4.6	31.2	
노무비	6.0	2.9	4.1	4.6	4.7	3.8	4.1	30.2	
변동비	2.7	1.1	1.0	1.8	.9	1.5	.3	9.3	

3.3 모형해석

현유 생산설비시스템은 고정비(정률법으로 계산)가 99.4백만원, 변동비가 8.5백만원, 생산금액이 132백만원이고 새로운 생산설비시스템의 주성비용은 고정비가 78.1백만원, 변동비가 9.3백만원, 생산금액이 139.2백만원이므로 총비용에 대한 생산금액의 비율을 고려해 보면 현시스템의 수익성 지수는 1.22이고 새로운 시스템의 지수는 1.59로서 상대적으로 우월함을 알 수 있다.

생산시스템을 교체할 경우에 고정비와 생산금액에서 일산 28.7백만원의 이익이 발생하며 도입비용 175백만원을 고려한 경우 잔존가 9.77백만원 차감하면 6년이 경과한 후 투자금액을 회수할 수 있으며, 80년대 이후 20% 이상씩 증가되는 고임금으로 인해 발생하는 재무비용을 고려해 볼 때 노무비의 비중이 낮은 것이 새로운 생산시스템이기 때문에 회수기간은 격감할 것이다.

현유 생산시스템과 새로운 생산시스템의 생산능력의 관점에서 본 때 시간에 따른 비용의 분기점이 26.6년이므로 새로운 생산시스템이 이론적으로 26년 동안 유리하다는 것을 알 수 있다.

그리고 새로운 생산시스템의 최적구성을 위한 부품과 설비의 구성을 자본제약하에서의 최대이익을 k 모형에 의해서 계산한 결과는 표 3으로 요약될 수 있으며, “산시스템 부문의 설비교체에 대한 순위 문제의 결과는 식 (6)에 의해 표 4에 요약되어 진다.

Table 3. The optimal configuration under limited budget (단위 : 백만원)

예산	ENUMERATION	FORWARD		BACKWARD	
		114	450	642	658
200	114	114		114	
300	450		450	450	
400	642		642	642	
500	658		658	658	

Table 4. The replace time of equipment under limited budget

(단위 : 백만원)

예산	교체시기		
	1차년도	2차년도	3차년도
80	기계 1, 2 3, 5 6, 7	기계 4	—
90	기계 1, 2 3, 5 6, 7	기계 4	—
100	기계 1, 2 3, 5 6, 7	기계 4	—

분석결과, 설비교체시기를 예산의 제약이 있는 보유경우에 있어 단위 설비비용이 제일 큰 기계 4의 경우만 제외하고는 모두 1차년도에 교체할 수 있게 되었다. 따라서 기계설비의 반기가 특별히 높은 설비가 있는 경우 그 설비에 의하여 교체시기보정이 좌우될 수 있다는 결론을 내릴 수 있다.

4. 결 론

산업사회에서 필요로 하는 유연생산시스템의 최적 구성을 관한 연구가 이미 많이 진행되고 있다.

여러가지 모형 중에서도 현재 보유하고 있는 생산시스템을 현시점에서 교체하는 것이 경제적 타당성이 있다고 판단된 설비는 기업이 설비를 교체한 만큼 충분한 자본이 있는 경우에는 문제가 없으나 기업이 충분한 자본을 항상 보유하고 있는 경우가 흔한 경우가 아니므로 예산 제약하에서의 유연생산시스템의 최적구성을 하고자 하였다.

새로운 생산설비시스템이 기존의 설비시스템보다 어느 정도의 우수성이 있는가 하는 것을 위한 유연생산시스템을 운용하고자 하는 기업의 설비시스템의 자료를 조사하여 투자자본의 회수기간, 생산성 비교, 새로운 시스템의 이론적 내용·년수 등을 고찰해 보았다.

또 설비들의 경제적 수명은 각기 다른 것이고, 또 자본의 제약하에서 설비의 교체시점에 맞추어 교체한다는 것은 불가능한 경우가 허락하니깐 이에 따른 변화를 조임열성을 고려하여 해석해 보아야 할 것이다.

차후 연구과제로는 본 연구가 현유설비 상호간의 비교로 상태적 이익과 비용의 차를 이용한 것이라므로 다른 투자안과는 교가 되지 않기 때문에 각 설비의 최적구성과 교체시기가 여러가지 투자대안을 비교해 볼 수 있는 방법으로 구현되어야 될 것이다.

참 고 문 헌

1. Dallery Y. and Frein Y., "An efficient method to determine the optimal configuration of a flexible manufacturing systems," *Proc. of the 2nd ORSA/TIMS Conference on FMS*, 1986.
2. B. Vinod and J. J. Solberg, "The optimal design of flexible manufacturing systems," *INT. J. of Production Research*, 23(6), 1985.
3. Rajan Suri and Richard R. Hildebrand, "Modeling FMS Using Mean-Value Analysis," *J. of Manufacturing Systems*, 3(1), 1984.
4. Whitney C. K. and Suri R., "Algorithms for part and machine selection in flexible manufacturing systems," *Annals of OR*, 3, 1985.
5. 김영천, 「예산제약하에서 유연생산시스템의 부품 및 구조설정에 관한 연구」, 석사학위논문, 고려대학교, 12, 1988.