

## FMS 설비와 후속 생산설비의 내부거래 가격에 의한 완충 저장공간 결정<sup>+</sup>

이 경 근\*

## Buffer Sizing in FMS Environment through Transfer Pricing Mechanism<sup>+</sup>

Kyung-Keun Lee\*

### Abstract

Transfer pricing mechanism is applied to the problem of input buffer size in the context of interfacing a flexible manufacturing system with multiple following production lines. The size of the input buffers can be determined economically by using non-linear transfer pricing either in a decentralized organization or in a centralized organization.

Under the certain conditions, input buffer size determined from this non-linear transfer pricing is more economical than the traditional economic lot size model. The benefit comes from transferring part of FMS' inventory to the following production lines. And this non-linear transfer pricing makes sense if the FMS' unit inventory holding cost is high enough.

### 1. 서 론

최근 다양한 제품의 수요가 증가함과 동시에 제품의 수명주기가 짧아져가는 추세로 말미암아 생산형태가 대량생산 체제로부터 서서히 다품종 소량생산 체제로 옮겨가고 있는 실정이다. 이러한 다품종 소량생산 체제에서 비교적 높은 생산성을

유지하면서 동시에 다양한 제품을 생산할 수 있는 유연성을 가진 자동화된 생산 시스템이 플렉시블 제조 시스템(Flexible Manufacturing System) 이다.

이러한 Flexible Manufacturing System(FMS)에는 여러가지 문제가 있으나 이를 대별하면 설계문제와 운용문제로 나눌 수 있으며 설계문제에는 De-

\* 부산대학교 산업공학과

+ 본 연구는 1989년도 한국과학재단 연구비 지원에 의하여 수행되었음 (과제번호 891-0913-013-1)

sign 문제와 Planning 문제가 포함되며 운용문제에는 Scheduling 문제와 Control 문제가 포함된다.

더욱이 기존의 많은 연구는 주로 FMS 자체에 국한되어 왔으며 FMS와 연결되어지는 후속 생산설비와의 상호관계에 대한 연구는 Seidman과 Schweitzer(1984)에 의한 가공 부품 선정에 관한 연구를 제외하고는 찾아보기 힘든 형편이다. 더욱이 FMS에서 생산된 부품이 후속 생산설비 라인을 거치게 되는 경우의 이 두 생산설비 사이의 완충 저장공간(Buffer Space)에 대한 연구는 아직 이루어지지 않고 있는 실정이다.

본 연구는 FMS와 이에 후속되는 병렬식 복수 생산설비 사이의 완충 저장공간을 경제적인 측면에서 고찰하여 이로 인한 경제적 이익을 전통적 EOQ로 결정되어지는 완충 저장공간과 비교 검토하여 적정 완충 저장공간의 크기를 결정하고자 한다.

일반적인 EOQ로 결정되어지는 완충 저장공간의 크기는 개개의 후속 생산설비에 관련된 재공품 재고유지 비용, 재고 부족비용 등을 고려하여 결정되어지는 것으로 FMS와 연결되는 전체 시스템의 경제성은 고려되어 있지 않다.

금번 연구는 FMS와 후속 생산설비 사이의 내부 거래가격(Transfer Price) 개념을 도입하여 전체 시스템의 경제성을 고려하여 가장 경제적인 완충 저장공간의 크기를 결정하고자 한다.

## 2. 내부 거래가격(Transfer Price) 에 의한 경제적 모형

FMS 설비와 후속 병렬 복수생산 설비로 구성된 전체 생산 시스템의 경제성을 높이기 위한 내부거래 가격정책에 대한 연구로부터 시스템의 효율 제고를 기할 수 있다.

즉 FMS 설비와 복수 병렬생산 설비의 단일 조직내에서의 유통구조 시스템의 효율증대를 위한 내부 거래가격 정책에 대한 연구에 기초하여 각

설비에 따르는 완충 저장공간을 결정하고자 한다.

그림 1과 같은 생산 시스템에서 FMS 설비와 후속 생산설비들은 각각 독립 부서로 운영되며 내부 거래가격을 통하여 각 부서들은 각각의 목적함수를 달성코자 운영된다. 경제적으로 모든 설비 부서에 해당 고정 내부거래 가격(Fixed Unit Transfer Price)보다 유리한 내부거래 가격정책을 구하여 독립 부서로 운영되는 각 설비 부서의 적정 완충 저장 공간의 크기를 결정할 수 있다.

즉 후속 생산설비의 저장공간의 크기는 내부 거래가격에 기초한 FMS 설비 부서에 대한 1회 주문량의 크기로 결정되며 FMS 설비의 공통 저장공간의 크기는 후속 설비들의 주문량의 크기의 합으로 결정된다.

상기 생산 시스템이 동일 부서에 속하는 경우나 또는 두 설비 사이에 자동 이동설비가 설치되어 있는 경우는 모두 독립 부서로 운영되는 상기 시스템의 특수한 경우에 해당된다.

먼저 각 생산설비가 독립 부서로 운영되는 경우의 내부거래 가격정책에 대해서 고찰키로 한다.

모텔 분석을 위하여 아래와 같은 가정을 한다.

1. FMS 설비는 각 후속 생산설비에 필요한 상이한 부품을 제작, 공급한다. 이 부품들은 동일한 Type 부품들로서 동일한 생산비용, 생산성 및 동일한 수요 패턴을 갖는다.
2. FMS 설비의 Set-up Time은 무시할 정도로 작다.
3. 후속 생산설비들의 Lead Time( $\ell$ )과 부품 부족으로 인한 단위당 재공 부품 부족비용( $C_r$ )은 동일하다.
4. 평균 재공 부품 부족비용은 평균 재공 부품 재고 유지비용에 비하면 상당히 작다.
5. FMS 설비의 생산능력은 후속 생산설비의 부품 공급에 충분하다.
6. 후속 생산설비  $i$ 에 대한 단위 재공품 재고 유지비( $h_i$ )은 후속 설비별로 각각 다르며 이에 대한

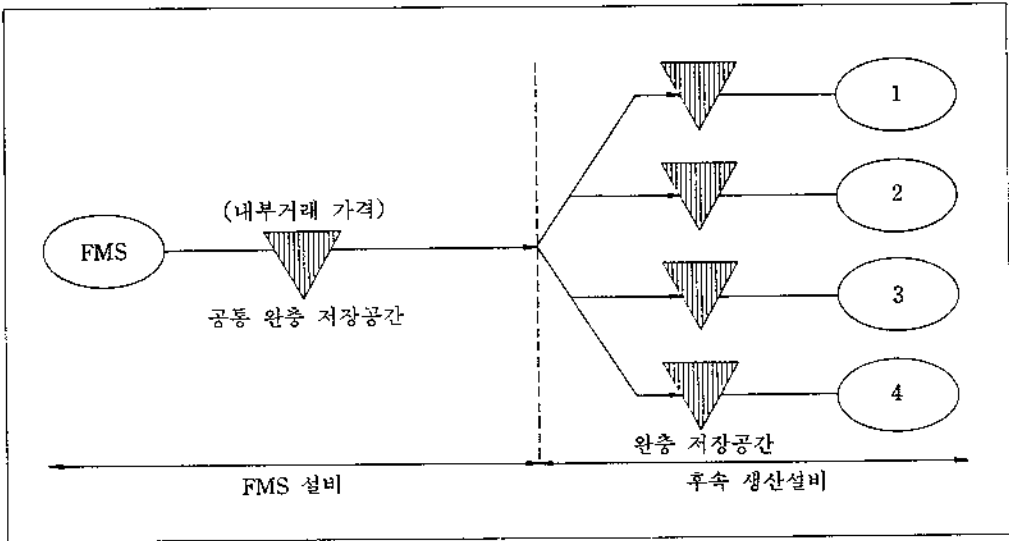


그림 1. FMS 설비와 이에 후속되는 생산설비로 구성된 생산 시스템

확률 분포함수 ( $f(h_r)$ )는 FMS 설비 부서에서 알고 있다. 그러나 각각 후속 생산설비별로 재고 유지비를 정확히 파악하기는 불가능하다.

상기의 가정들은 그림과 같은 생산 시스템에서 생각할 수 있는 가정으로 큰 무리는 없을 것으로 사료되며 이상의 가정을 기초로 하여 내부거래 가격정책을 구하기 위하여 먼저 각 후속 생산설비 부서와 FMS 부서의 목적함수와 이에 대한 의사결정에 대해 생각키로 한다.

### 2-1. 후속 생산설비 부서의 의사결정

후속 생산설비 부서의 재공 부품에 관련되는 총비용은 FMS 설비로부터의 내부거래 가격에 근거한 재공 부품의 이동 원가, 재공 부품의 평균 재고 유지비 및 재공 부품 평균 재고 부족비로 구성된다.

FMS 설비로부터의 이동원가는

$$P(q(h_r)) \frac{D}{q(h_r)} \text{로 표시된다.}$$

$P(q) =$  후속 생산설비의 1회 주문량  $q$ 에 대한

FMS 설비로부터의 내부거래 가격

$D$ : 생산설비의 연간 평균 수요

$q(h_r)$ : 단위당 재고 유지비가  $h_r$ 인 후속 생산설비의 1회 주문량

또한 재공 부품에 대한 평균 재고 유지비는

$$\left\{ \frac{q(h_r)}{2} + \kappa \sigma_\ell \right\} h_r \text{로 표시된다.}$$

$\frac{q(h_r)}{2}$  은 재공 부품의 평균 재고량이며

$\kappa \sigma_\ell$ 은 안전 재고량이다.

$\kappa$ : 안전 재고지수

$\sigma_\ell$ : Lead Time  $\ell$  동안의 수요에 대한 표준편차

재공 부품에 대한 평균 재고 부족비는

$$\sigma_\ell L(\kappa) \frac{D}{q(h_r)} C_s \text{로 표시된다.}$$

$$L(\kappa) = \int_{\kappa}^{\infty} (u - \kappa) g(u) du \quad u \sim N(0, 1)$$

$$u = \frac{\tilde{d}_\ell - d_\ell}{\sigma_\ell}$$

$\tilde{d}_e$ : Lead Time  $\ell$  동안의 수요

$d_e$ : Lead Time  $\ell$  동안의 평균 수요

$g(\tilde{d}_e)$ : Lead Time  $\ell$  동안의 수요의 정규분포 확률 밀도 함수

재공부품의 평균 재고 부족비는 Lead Time  $\ell$  동안의 수요  $\tilde{d}_e$ 은 정규분포를 따른다고 가정하여 계산되었음을 알 수 있다.

이상을 종합하면 재공부품 단위당 재고 유지비가  $h_r$ 인 후속 생산설비 부서의 총 비용은 아래와 같다.

$$TC = P(q(h_r)) \frac{D}{q(h_r)} + \left\{ \frac{q(h_r)}{2} + \kappa \sigma_e \right\} h_r + \sigma_e L(\kappa) \frac{D}{q(h_r)} C_s$$

후속 생산설비 부서는 상기 목적 함수를 최소화시키기 위하여

$$\int_{\kappa}^{\infty} g(u) du = \frac{q(h_r) h_r}{C_s D} \text{을 만족시키는 } q(h_r) \text{과}$$

$\kappa$ 가 동시에 결정되어야 하나 안전 재고지수  $\kappa$ 는 후속 생산설비에서 이미 결정되어 있으며 같은 Type의 부품을 사용하는 모든 후속 생산설비에 동일하다고 가정한다.

결국 단위당 재고 유지비  $h_r$ 인 후속 생산설비 부서의 완충 저장공간의 크기는  $q(h_r) + \kappa \sigma_e$ 로 표시되며, 여기에

$$\sigma_e \approx \ell^{1/2} \sigma_1 = \left\{ \frac{q(h_r)}{D} \right\}^{1/2} \sigma_1 \text{을 대입하면}$$

$$q(h_r) + \kappa \sigma_1 \left\{ \frac{q(h_r)}{D} \right\}^{1/2} \text{로 정리된다.}$$

( $\sigma_1$ : 연간 수요에 대한 표준편차로 이것으로 만족치 못한 경우 월간 수요 또는 주간 수요 등으로 대체할 수 있으며 이 경우  $\ell$ 도 조정되어야 함)

즉 FMS 설비 부서에 대한 1회 주문량  $q(h_r)$ 이 결정되어지면 완충 저장공간의 크기도 결정되어진다.

후속 생산설비 부서는 각 부서의 총 비용 TC를

최소화 시키는  $q(h_r)$ 을 구해야 하며, 이것은 각 생산설비 부서의 총 Self-Selection 조건에 의해 결정된다. 즉 내부거래 가격정책  $P(q)$ 가 주어지면 아래의 조건을 만족시키는  $q(h_r)$ 로부터 완충 저장공간의 크기가 결정된다. 즉 후속 생산설비 부서는 아래의 식을 만족시키는 의사결정을 하게 된다.

$$\frac{d}{dq(h_r)} \{P(q(h_r))\} \frac{D}{q(h_r)} - P(q(h_r)) \frac{D}{q(h_r)^2} + \frac{h_r}{2} \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{2q(h_r)\sqrt{q(h_r)}} + \frac{\kappa \sigma_1 h_r}{2\sqrt{q(h_r)}D} = 0$$

## 2-2. FMS 설비 부서의 의사결정

FMS 설비 부서는 후속 생산설비 부서들과 함께 모두 유익한 내부거래 가격정책  $P(q)$ 를 결정하여 최대 이익을 추구한다면 FMS 설비 부서의 목적 함수는 후속 생산설비  $r$ 에 대한 재공부품 이송으로 인한 수입

$$P(q(h_r)) \frac{D}{q(h_r)} \text{ 및 FMS 설비 부서의 평균 재고}$$

$$\text{유지비용 } \frac{q(h_r)}{2} h_r \text{ 그리고 FMS 설비 부서의}$$

제조원가  $cD$ 로 구성된다.

$h_r$ : FMS 설비 부서의 단위당 재공품 재고유지비용

$c$ : FMS 설비 부서의 단위당 가공원가

생산 후속 설비부서의 수가  $n$ 이라고 하고, 후속 생산설비 부서들의 단위당 재고유지비의 확률 밀도 함수 ( $f(h_r)$ )를 FMS 설비 부서가 알고 있다고 하면 FMS 설비 부서의 목적함수는 아래와 같다.

$$\text{Max } \pi = n \int_{h_0}^{h_1} \{P(q(h_r)) \frac{D}{q(h_r)} -$$

$$\frac{q(h_r)}{2} h_r\} f(h_r) dh_r - ncD$$

( $h_0, h_1$ : 후속 생산설비 부서의 단위당 재고유지비용의 최소 및 최대 범위치)

이때 FMS 설비 부서의 공통 저장공간의 크기는

$$n \int_{h_0}^{h_1} \frac{q(h_r)}{2} f(h_r) dh_r \text{로 표시된다.}$$

위의 내용을 종합하면 아래의 조건을 만족시키는 내부 거래가격 정책 P(q)를 구한 후 이로 인한 후속 생산설비 부서의 FMS 설비 부서의 완충 저장공간의 경제적 효과를 일반적인 EOQ 모델로부터 구한 완충공간의 크기와 비교 검토코자 한다.

$$\text{Max } \pi = n \int_{h_0}^{h_1} \left\{ P(q(h_r)) \frac{D}{q(h_r)} - \frac{q(h_r)}{2} h_s \right\} f(h_r) dh_r - ncD$$

$$\text{s. t. } \frac{d}{dq(h_r)} \left\{ P(q(h_r)) \frac{D}{q(h_r)} - P(q(h_r)) \frac{D}{q(h_r)^2} + \frac{h_r}{2} - \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{2q(h_r)\sqrt{q(h_r)}} + \frac{\kappa \sigma_1 h_r}{2\sqrt{q(h_r)D}} \right\} = 0$$

### 2-3. 모형분석

상기 모형으로부터 FMS 설비의 공통 완충 저장공간의 크기(그림1, 참조)는

$$n \int_{h_0}^{h_1} \frac{q(h_r)}{2} f(h_r) dh_r \text{으로 표시할 수 있다.}$$

모형분석을 위하여 위 식을 다시 표시한 아래 식으로부터 P(q)와 q(h<sub>r</sub>)을 구한다.

$$\text{Max } \pi' = n \int_{h_0}^{h_1} \left\{ P(q(h_r)) \frac{D}{q(h_r)} - \frac{q(h_r)}{2} h_s \right\} f(h_r) dh_r$$

$$\text{s. t. } \frac{d}{dq(h_r)} \left\{ P(q(h_r)) \frac{D}{q(h_r)} - P(q(h_r)) \frac{D}{q(h_r)^2} + \frac{h_r}{2} - \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{2q(h_r)\sqrt{q(h_r)}} + \frac{\kappa \sigma_1 h_r}{2\sqrt{q(h_r)D}} \right\} = 0$$

목적함수 π'를 부분 적분 후 후속 생산설비 부서의 의사결정 조건(Self-Selection Condition)을 대입하면 다음의 식을 구할 수 있다.

$$\pi' = P(q_0) \frac{D}{q_0} - \frac{q_0}{2} h_s + \int_{q_0}^{q_1} F(h_r)$$

$$\left\{ \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{2q\sqrt{q}} - \frac{\kappa \sigma_1 h_r}{2\sqrt{q\sqrt{D}}} - \frac{h_r}{2} - \frac{h_s}{2} \right\} dq$$

Interior Local Maximum의 1차 Euler 필요조건은 아래와 같다.

$$f(h_r) \left\{ \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{q\sqrt{q}} - \frac{\kappa \sigma_1 h_r}{\sqrt{q\sqrt{D}}} - h_r - h_s \right\} - F(h_r) \left\{ \frac{\kappa \sigma_1}{\sqrt{q\sqrt{D}}} + 1 \right\} = 0$$

상기 식으로부터 h<sub>r</sub>과 q의 상호 관계식 즉 h<sub>r</sub>=h(q)를 구하여 후속 생산설비 부서의 의사결정 조건에 대입하면 아래 식을 구한다.

$$\frac{d}{dq} P(q) = \frac{P(q)}{q} - \frac{q}{2D} h(q) + \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s}{2\sqrt{q\sqrt{D}}} - \frac{\kappa \sigma_1 \sqrt{q}}{2D\sqrt{D}} h(q)$$

위의 π'는 q<sub>0</sub>과 q<sub>1</sub>으로 표시되어 있기 때문에 최대 또는 최소를 위한 필요 Boundary Condition을 구해보면 h<sub>r</sub>=h(q)를 대입한 후속 생산설비 부서의 의사결정 조건과 동일하게 된다.

결국 내부 거래가격 P(q)는 아래와 같이 비선형 함수로 구해진다.

$$P(q) = -\frac{q}{2D} \int h(q) dq - \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s}{\sqrt{D}} \sqrt{q} - \frac{\kappa \sigma_1 \sqrt{q}}{2D\sqrt{D}} \int h(q) q^{-1/2} dq + C_0 q$$

(C<sub>0</sub>: 임의의 상수)

FMS 설비 부서의 이익을 최대도 하기 위한 P(q)를 결정하기 위하여는 C<sub>0</sub>을 무한대로 할 것이나 실제로 이러한 내부 거래가격의 존재는 실현성이 전혀 없으므로 C<sub>0</sub>의 결정에는 FMS 설비 부서의 이익의 최대화가 아닌 일정한 조건을 만족시키는 범위내에서 결정하여 이러한 내부거래 가격정책으로 결정되어지는 완충 저장공간의 경제성을 먼저 FMS 설비부서와 후속 생산설비 부서의 입장에서 각각 분석한 후 생산 시스템 전체로서의 경제성을 검토하고자 한다.

$C_0$ 의 결정범위는 아래와 같이 결정되어진다.

1) FMS 설비 부서의 기대 이익은 새로운 내부거래 가격정책에 의해서 결정되어지는 것이 기존의 내부거래 가격정책(개당 고정 내부거래 가격정책)에서 보다 크다.

2) 각각의 후속 생산설비 부서의 총 비용은 새로운 내부거래 가격정책에 의해서 결정되어지는 것이 기존의 내부거래 가격정책(개당 고정 내부거래 가격정책)에서 보다 작다.

만약 상기의 두가지 조건을 공통으로 만족시키는  $C_0$ 를 결정할 수 있으면 이로 인한 각 후속 생산설비의 완충 저장공간의 크기는 기존의 EOQ에 의한 완충 저장공간의 크기보다 유리하며, 또한 FMS 설비 부서의 공통 완충저장 공간의 크기도 유리하게 되어 결국 전체 생산 시스템도 경제적으로 유리하게 된다.

2-3-1. FMS 설비 부서의 기대 이익

새로운 내부거래 가격정책에 의한 기대 이익 ( $\pi_{new}$ )이 기존의 내부거래 가격정책의 기대 이익 ( $\pi_{old}$ ) 보다 유리한 경우에는 FMS 설비 부서는 이와 같은 내부거래 가격을 채택하여 이로 인한 공통 완충 저장공간을 결정코자 할 것이다.

즉  $\pi_{new} \geq \pi_{old}$ 가 성립하여야 한다.

$$\pi_{old} = n \int_{h_0}^{h_1} \left\{ pq^+ \frac{D}{q^+} - \frac{q^+}{2} h_s \right\} f(h_r) dh_r - ncD$$

$q^*$ 는 기존 내부가격에서의 후속 생산설비 부서의 의사결정 조건을 만족시키는  $q$ 로써

$$\frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{q \sqrt{q}} - \frac{\kappa \sigma_1 h_r}{\sqrt{q \sqrt{D}}} = h_r \text{을 만족시킨다.}$$

$$\pi_{new} = n \int_{h_0}^{h_1} \left[ \left\{ -\frac{q}{2D} \int h(q) dq - \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s}{\sqrt{D}} \sqrt{q} - \frac{\kappa \sigma_1 \sqrt{q}}{2D \sqrt{D}} \int h(q) q^{-1/2} dq + C_0 q \right\} \frac{D}{q} \right]_{q=q^*}$$

$$-\frac{q^*}{2} h_s \} f(h_r) dh_r - ncD$$

$q^*$ 는 후속 생산설비 부서의 새로운 내부거래 가격에 의한 의사결정 조건을 만족시키는  $q$ 로써

$$\frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{q \sqrt{q}} - \frac{\kappa \sigma_1 h_r}{\sqrt{q \sqrt{D}}} = h_r + h_s + \frac{F(h_r) \kappa \sigma_1}{f(h_r) \sqrt{q}} \{ \frac{\kappa \sigma_1}{f(h_r) \sqrt{q}} + 1 \}$$

를 만족시킨다.

$$\pi_{new} \geq \pi_{old} \text{로부터}$$

$$C_0 \geq p + \int_{h_0}^{h_1} \left[ -\frac{q^+}{2D} h_s + \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s}{\sqrt{q^+} \sqrt{D}} + \frac{\kappa \sigma_1}{2D \sqrt{D}} \int h(q) q^{-1/2} \right]$$

$$dq \Big|_{q=q^*} + \frac{1}{2D} \int h(q) dq \Big|_{q=q^*} + \frac{q^*}{2D} h_s \}$$

$$f(h_r) dh_r = C_{min}$$

2-3-2. 후속 생산설비 부서의 총 비용

새로운 내부거래 가격정책에 의한 총 비용( $TC_{new}$ )이 기존의 내부거래 가격정책에 의한 총 비용( $TC_{old}$ ) 보다 유리한 신 내부거래 가격정책의 조건을 결정코자 한다.

즉  $TC_{new} \leq TC_{old}$ 가 성립하여야 한다.

$$TC_{old} = pD + \frac{q^+}{2} h_r + \frac{\kappa \sigma_1 \sqrt{q^+}}{\sqrt{D}} h_r + \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{\sqrt{q^+}}$$

$$TC_{new} = \frac{1}{2} \int h(q) dq - \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{\sqrt{q}}$$

$$- \frac{\kappa \sigma_1}{2 \sqrt{D}} \int h(q) q^{-1/2} dq + C_0 D + \frac{q}{2} h_r$$

$$+ \frac{\kappa \sigma_1 \sqrt{q}}{\sqrt{D}} h_r + \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{\sqrt{q}} \Big|_{q=q^*}$$

그러므로

$$C_0 \leq p + \left\{ \frac{q^+}{2D} + \frac{\kappa \sigma_1 \sqrt{q^+}}{D \sqrt{D}} \right\} h_r + \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s}{\sqrt{q^+} \sqrt{D}}$$

$$+ \frac{1}{2D} \int h(q) dq \Big|_{q=q^*} - \left\{ \frac{q^*}{2D} + \frac{\kappa \sigma_1 \sqrt{q^*}}{D \sqrt{D}} \right\} h_r$$

$$+\frac{\kappa\sigma_1}{2D\sqrt{D}} \int h(q)q^{-1/2} dq \Big|_{q=q^*} = C_{\max}(h_r)$$

결국 모든  $h_r$ 에 대하여  $C_{\min} \leq C_0 \leq C_{\max}(h_r)$ 을 만족시키는  $C_0$ 을 구할 수 있다면 새로 구한 내부거래 가격정책  $P(q)$ 는 FMS 부서와 후속 생산설비 부서 모두에게 유리한 완충 저장공간을 결정짓게 된다.

### 3. 완충 저장공간의 결정

지금까지는 FMS 설비 부서와 후속 생산설비 부서가 각각 독립 부서로 운영되는 경우 내부거래 가격정책에 따라 각 부서의 완충 저장공간의 크기가 내부거래 가격정책에 따라 유리한지 불리한지 조사했으며 또한 모든 부서에게 유리한 내부거래 가격정책의 존재 여부를 살펴보았다.

그러면 FMS 설비 부서와 후속 생산설비 부서가 단일 부서로써 운영되는 경우 FMS 설비 부서의 공동 완충 저장공간의 크기와 후속 생산설비 부서의 각각의 완충 저장공간의 크기들의 전체의 경제성이 어떠한 조건에서 기존의 EOQ 방식에 의한 완충 저장공간 크기 결정법 보다 유리한지 살펴보기로 한다.

먼저 기존의 내부거래 가격을 기초로 한 FMS 부서와 후속 생산설비 부서들의 총 재고 관련 비용은 아래와 같다.

$$GTC_{old} = n \int_{h_0}^{h_1} \frac{q^+}{2} h_s f(h_r) dh_r + ncD + n \int_{h_0}^{h_1} \left\{ \frac{q^+}{2} h_r + \frac{\kappa\sigma_1\sqrt{q^+}}{\sqrt{D}} h_r + \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{\sqrt{q^+}} \right\} f(h_r) dh_r$$

새로운 내부거래 가격을 기초로 한 FMS 부서와 후속 생산설비 부서들의 총 재고 관련비용은 아래와 같다.

$$GTC_{new} = n \int_{h_0}^{h_1} \frac{q^*}{2} h_s f(h_r) dh_r + ncD$$

$$+ n \int_{h_0}^{h_1} \left\{ \frac{q^*}{2} h_r + \frac{\kappa\sigma_1\sqrt{q^*}}{\sqrt{D}} h_r + \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{\sqrt{q^*}} \right\} f(h_r) dh_r$$

$GTC_{old} \geq GTC_{new}$ 이면 새로운 내부거래 가격을 기초로 한 완충 저장공간의 크기가 기존의 EOQ 방법에 의한 완충 저장공간 크기 보다 유리하다.

$$GTC_{old} - GTC_{new} = n \int_{h_0}^{h_1} \left[ \left\{ \frac{q^+}{2} h_s - \frac{q^*}{2} h_s \right\} + \left\{ \frac{q^+}{2} h_r - \frac{q^*}{2} h_r \right\} + \left\{ \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{\sqrt{q^+}} - \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{\sqrt{q^*}} \right\} + \left\{ \frac{\kappa\sigma_1\sqrt{q^+}}{\sqrt{D}} h_r - \frac{\kappa\sigma_1\sqrt{q^*}}{\sqrt{D}} h_r \right\} \right] f(h_r) dh_r \geq 0$$

상기 식을 다시 쓰면

$$\int_{h_0}^{h_1} \left\{ \frac{q^+}{2} h_r + \frac{\kappa\sigma_1\sqrt{q^+}}{\sqrt{D}} h_r - \frac{\kappa\sigma_1\sqrt{q^*}}{\sqrt{D}} h_r + \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{\sqrt{q^+}} - \frac{q^*}{2} h_r + \frac{1}{2} \int h(q)q^{-1/2} dq \Big|_{q=q^*} + \frac{\kappa\sigma_1}{2\sqrt{D}} \int h(q)q^{-1/2} dq \Big|_{q=q^*} \right\} f(h_r) dh_r \geq \int_{h_0}^{h_1} \left\{ -\frac{q^+}{2} h_s + \frac{q^*}{2} h_s + \frac{\sigma_1 L(\kappa) C_s \sqrt{D}}{\sqrt{q^*}} + \frac{1}{2} \int h(q)q^{-1/2} dq \Big|_{q=q^*} + \frac{\kappa\sigma_1}{2\sqrt{D}} \int h(q)q^{-1/2} dq \Big|_{q=q^*} \right\} f(h_r) dh_r$$

$$\int_{h_0}^{h_1} \{ C_{\max}(h_r) - p \} D f(h_r) dh_r \geq \{ C_{\min} - p \} D$$

$$\int_{h_0}^{h_1} C_{\max}(h_r) f(h_r) dh_r \geq C_{\min}$$

결국 상기 조건을 만족시키는 FMS 설비와 후속 생산설비들의 시스템에서는 완충 저장공간의 크기 결정은 새로운 내부거래 가격정책을 이용한 방법이 경제적이라는 점을 알 수 있다. 일반적으로 후속 생산설비들의 개개의 비용들을 감안한 각각의 완충 저장공간 결정방법 보다는 생산 시스템 전체를 고

러한 방법이 유리하다는 것을 나타내 준다.

이제 후속 생산설비의 서비스 수준에 대해서 검토하기로 한다.  $\beta(h_r)$ 을 각 후속 생산설비의 완충 저장공간으로부터 직접 수요에 공급할 수 있는 수요 충족률이라고 하면  $(1-\beta(h_r))D$  만큼의 수요는 완충 저장공간으로부터 수요 충족을 못하고 재고 부족 상태를 유발하게 된다. 그러므로

$$\{1-\beta(h_r)\}D = \sigma_s L(\kappa) \frac{D}{q(h_r)} \text{을 풀면}$$

$$\beta(h_r) = 1 - \frac{\sigma_s L(\kappa)}{q(h_r)} = 1 - \frac{\sigma_s L(\kappa)}{\sqrt{q(h_r)}\sqrt{D}} \text{을 얻는다.}$$

즉 완충 저장공간의 크기가 작아지면 경제적으로는 유리한 반면 서비스 수준의 저하라는 Trade-off가 발생하게 된다.

또한 FMS 설비와 후속 생산설비가 자동 이동 장치로 연결되어 있는 경우는 본 연구의 FMS 설비의 재고 유지비가 없으며 FMS의 공급속도가 P로 제한되어 있는 특수한 형태이며, 이러한 경우 Lead Time은

$$\frac{q(h_r)}{D} \left\{1 - \frac{D}{P}\right\} \text{로 된다.}$$

#### 4. 결 론

비선형 내부거래 가격정책을 도입하여 FMS 부서와 이에 연결되어지는 병렬형 복수의 후속 생산설비 부서의 완충 저장공간 결정을 전체 시스템의 경제성을 고려하여 결정하는 방법에 대하여 연구하였다.

먼저 FMS 부서와 후속 생산설비 부서가 독립 부서로 운영되는 경우의 양자에게 모두 유익한 내부거래 가격정책에 대해서 살펴보았으며, 이를 토대로 FMS 설비와 후속 생산설비가 동일 부서에서 운영되는 경우도 함께 고찰하였다. 어떠한 일정조건하에서는 비선형 내부거래 가격정책을 도입하는 것이 유리한 것을 알았으며, 특히 FMS 설비 부서의 재고 유지비의 크기가 크면 이와 같은 경제성 제

고의 효과가 커짐을 알 수 있다.

이와 같은 비선형 내부거래 가격정책을 사용하여 효율적인 FMS의 활용 뿐 아니라 후속 생산시설의 효율적인 활용으로 생산 원가의 절감 뿐 아니라 적정 완충 공간 결정으로 인한 시설비 절감 효과도 기대된다.

#### 참고문헌

- [1] Eppen, Gray D and Lieberman, Yehoshua, "Why do Retailers Deal? An Inventory Explanation," *Journal of Business*, 57, 4, 1984.
- [2] Goldman, M. Barry, Leland, Hayne E, and Sibley, David S., "Optimal Non-uniform Prices," *Review of Economics Studies*, LI, 1984.
- [3] Hax, A.C. and Candea, D., *Production and Inventory Management*, Prentice Hall, 1984.
- [4] Lee, Hau L. and Rosenblatt, Meir J., "A Generalized Quantity Discount Pricing Model to Increase Supplier's Profit," *Management Science*, 32, 9, Sept. 1986.
- [5] Monahan, James P., "A Quantity Discount Pricing Model to Increase Vendor Profits," *Management Science*, 30, 6, June 1984.
- [6] Oren, Shmuel S., Smith, Stephen A. and Wilson, Robert B., "Competitive Nonlinear Tariffs," *Journal of Economic Theory*, 29, 1, Feb. 1983.
- [7] Oren, Shmuel S., Smith, Stephen A. and Wilson, Robert B., "Nonlinear Pricing in Markets with Interdependent Demand," *Marketing Science*, 1, 3(Summer), 1982.
- [8] Oren, Shmuel S., Smith, Stephen A. and Wilson, Robert B., "Product Line Pricing," *Journal of Business*, 57, 1, 1984.
- [9] Seidman, Abraham and Schweitzer, Paul J., "Part Selection Policy for a Flexible Manufactu-



ring Cell Feeding Several Production Lines," IIE Transactions, Dec., 1984.

[10] Robert S. Kaplan., Advanced Management Accounting, Prentice Hall, 1982.

[11] K.K. Lee, "Analsis on Non-Linear Quantity Discount for Heterogeneous Characteristics," 대한산업공학회지, Vol. 15, 2, 1989.

