

처리능력에 따른 생산시스템의 의사결정 모형에 관한 연구: 비차별적 경쟁의 경우*

탁 기 돈**

안 상 형***

.....

본 논문은 그 중요성이 증가하고 있는 경쟁우위 요소인 기업의 반응시간을 결정하는 생산시스템의 처리능력이 기업의 경쟁전략 선택에 어떤 영향을 미치는지, 그리고 기업은 생산시스템의 처리능력을 활용하기 위해서는 어떤 경쟁 전략을 선택해야 하는지에 대해 살펴보고자 한다. 이를 위해 본 논문은 소비자가 시간 가치를 고려하여 자신의 효용 극대화를 추구하는 구매 의사 결정모형과 소비자 의사결정이 주어진 상황에서 생산시스템이 자신의 처리능력과 경쟁 상대의 처리능력을 고려하여 경쟁 전략을 결정하는 모형을 제시하였다.

.....

I. 서 론

경쟁상황에서 생산시스템이 시장에서 취할 수 있는 전략은 다른 생산시스템에 대해 차별화를 시도하는 ‘차별화 전략’과, 시장에 존재하는 다른 생산 시스템이 제시하는 제품 및 서비스를 동일한 수준으로 제공하는 ‘비차별화 전략’으로 나눌 수 있다.

기본적으로 기업들은 제품·서비스가 반드시 갖추어야 할 요소인 ‘질적 기준’은 비차별적 전략을, 제품·서비스가 소비자에게 선택되기 위해 갖추어야 할 요소인 ‘주문 획득기준’은 차별적인 전략을 구사하고 있다.

본 논문은 중요성이 증가하고 있는 경쟁우위 요소인 기업의 반응시간을 결정하는 생산시스템의 처리 능력이 기업의 경쟁 전략 선택에 어떠한 영향을 미치는지, 그리고 기

*본 연구는 서울대학교 경영연구소의 연구지원을 받아 수행되었습니다.

**한국 IBM

***서울대학교 경영대학 교수

업은 생산시스템의 처리 능력을 활용하기 위해서는 어떠한 경쟁 전략을 선택하여야 하는지에 대해서 살펴보고자 한다.

과점적인 경쟁환경에서 소비자과 생산시스템은 독립된 의사결정 주체이므로 본 논문의 모형은 소비자 만족을 극대화시키는 소비자 의사결정 모형과 소비자 의사결정이 주어진 경쟁 환경에서 생산시스템의 최적 경쟁 전략을 결정하는 모형으로 나누어진다.

II. 모형의 정립

동질적인 제품·서비스를 공급하는 생산시스템이 소비자를 만족시키고 자신의 이익을 최대화하기 위해 시장에서 다른 시스템과 경쟁적 상황에 있다고 가정한다. 이런 상황은 생산시스템이 게임 상황(game situation)적인 상황에 직면하고 있음을 의미하며, 자신의 의사결정시 다른 생산 시스템의 의사결정을 고려하여야 한다.

제품·서비스를 공급하는 생산시스템이 2개가 있을 때 소비자 의사결정 모형과 생산시스템의 의사결정 모형은 다음과 같이 된다.

1. 소비자 의사결정모형

소비자가 어떤 제품이나 서비스를 구매하는 이유는 제품의 구매로부터 얻는 가치가 제품의 소비를 위해 지불해야 하는 비용보다 크기 때문일 것이다. 즉 제품, 서비스로부터 얻는 효용과 제품, 서비스를 소비하는 데 필요한 비용의 차이로 정의되는 ‘소비자만족’¹⁾이 발생하는 경우에만 구매를 할 것이다.

그러나 소비를 통해 얻는 소비자만족은 상황에 따라 조금씩 달라질 수 있다. 예로서, 동일한 제품을 구매하더라도 구매 시 판매원의 친절도에 따라 소비자 만족은 달라질 수 있을 것이다. 또한 제품·서비스 구매 시 걸린 시간에 따라 소비자만족은 달라질 수 있다. 이와 같이 제품 자체의 가치와 비용 이외에도 구매 상황에 따라 달라질 수 있는 제품 외적 효용이 소비자만족의 크기를 변화시키게 된다. 따라서 구매 의사결정시 소비자

1) 윤석철, 프린시피아 매네지멘타, 경문사, 1991, pp. 11-31.

는 제품 자체의 효용뿐만 아니라 제품의 구매 상황을 고려하게 되므로 소비자만족은 다음과 같이 표시된다.

$$CS_{ij} = V_{ij} - p_j + U_{ij}$$

CS_{ij} : 소비자 i 가 j 생산 시스템의 제품을 구매함으로써 얻는 소비자만족의 크기

V_{ij} : 소비자 i 가 j 생산시스템의 제품, 서비스로부터 얻는 효용

p_j : 생산시스템 j 에서 제공하는 제품 · 서비스의 가격

U_{ij} : j 생산시스템의 소비 환경에 따른 소비자 i 의 만족의 크기

제품 · 서비스로부터 얻는 가치의 크기, 제품 · 서비스를 제공받는데 걸리는 시간 등 소비자의 여러 특성은 모든 소비자가 동일적이고 단지 시간에 대한 민감도만이 이질적이라고 가정한다.

소비자의 시간에 대한 민감도가 모든 소비자에 따라 다르기 때문에 이를 연속확률변수로 가정하는 것이 일견 타당한 것처럼 생각된다. 그러나 생산시스템은 자신의 최적화를 위해 일정 정도 이상의 수요를 가지지 않은 소비자의 시간에 대한 민감도는 무시하게 되므로 생산시스템이 고려하는 소비자의 시간에 대한 민감도는 몇 개의 그룹으로 나누어질 수 있게 된다.

본 논문에서는 소비자를 두 개의 그룹 $N = \{1, 2\}$ 으로 나눈다.

두 소비자 그룹이 가지는 소비자의 민감도를 $\alpha_1, \alpha_2 (\alpha_1 < \alpha_2)$ 이라고 하고, 소비자가 각각의 그룹에 속할 확률을 q_1, q_2 라고 가정한다. 소비자가 제품 · 서비스를 제공받기 위해 기다리는 평균 시간을 S 라 하면 시간에 대한 민감도가 α_i 인 소비자가 제품 · 서비스를 제공받기 위해 기다리는 시간으로 발생하는 비용은 $\alpha_i \cdot S$ 로 표현 되므로 $U_{ij} = \alpha_i \cdot S_j$ 로 표시된다.

생산시스템에 도착하는 소비자는 도착율이 λ 인 포아송과정 (poisson process)이며, 단일 서버를 가진 생산시스템이 도착한 소비자의 요구를 처리하는 데 걸리는 시간이 평균이 μ^{-1} 인 지수분포(exponential distribution)를 따른다고 가정한다. 즉, 대기 행렬 모형 중 M/M/1모형을 따른다고 가정한다.

M/M/1모형을 따르는 생산시스템이 균형을 이루었을 때 소비자의 기대 대기 시간

(expected waiting time)은 $1/(u-\lambda)$ 로 주어진다.

따라서 소비자 만족은 다음과 같이 표현된다.

$$CS_{ij} = v - (p_j + \alpha_i \cdot S_j)$$

CS_{ij} : 소비자 i 가 생산시스템 j 의 제품을 구매함으로써 얻는 소비자만족의 크기

V_{ij} : 소비자 i 가 생산시스템 j 의 제품을 소비함으로써 얻는 효용

p_j : 생산 시스템에서 제공하는 제품, 서비스의 가격

S_j : 소비자가 생산시스템 j 의 제품을 제공받는데 걸리는 평균 시간

α_i : 소비자 i 가 기다리는 단위 시간에 대해 느끼는 가치(민감도)

2. 생산시스템의 의사결정모형

소비자가 자신의 만족을 최대화하기 위한 의사결정을 한다는 전제하에서 각 생산시스템은 자신의 이익을 극대화하기 위한 의사결정을 한다. 생산시스템이 제시하는 가격에 따라 소비자의 구매 의사결정이 달라지므로 기업의 수요가 변하고, 생산시스템의 처리 능력이 소비자의 구매에 걸린 시간을 변화시키므로 제품 외적 효용이 달라지게 되어 기업의 시장점유율이 변화하게 된다. 따라서 각 생산시스템은 매출($p \cdot D$)에서 생산능력을 가동하는 데 필요한 비용을 뺀 부분인 기업의 이익을 최대화하기 위해 제품·서비스의 가격과 생산시스템의 처리 능력을 결정하여야 한다. 그러나 기업은 경쟁 상황에 직면해 있기 때문에 자신의 목적을 최대화하려면 단순히 자신의 의사결정변수만을 고려하여서는 안 된다. 즉 다른 기업의 의사결정에 따라 자신의 의사결정이 달라지므로 다른 생산시스템의 의사결정도 함께 고려하는 것이 필요하다.

$$\underset{p_1, \mu_1}{Max} \Pi_1 = p_1 \cdot D_1 - C(\mu_1)$$

$$\underset{p_2, \mu_2}{Max} \Pi_2 = p_2 \cdot D_2 - C(\mu_2)$$

p_1, p_2 : 각각의 생산 시스템이 제시하는 제품·서비스의 가격

D_1, D_2 : 각각의 생산 시스템이 획득하는 수요의 단위시간당 크기
 $C(\mu_1), C(\mu_2)$: 단위 시간당 처리율인 μ_1, μ_2 을 유지하기 위한 비용

III. 비차별적 경쟁 하에서 의사결정

2개의 생산시스템을 각각 F1, F2라고 하자. 이 F1과 F2는 생산능력은 다르더라도 제공하는 제품·서비스의 가격이 같다고 가정하자.

1. 소비자 의사결정

가격이 동일한 경우 소비자의 의사결정 모형에서 각 소비자 유형의 의사결정은 다음 식을 만족하는 생산시스템을 선택하는 것이다.

$$\text{Max } \{v - (p + a_i \cdot S_1), v - (p + a_i \cdot S_2)\} \quad i = 1, 2$$

시간에 대한 민감도가 a_i 인 소비자는 위 식의 최대값이 $v - (p + a_i \cdot S_1)$ 이면 F1을, 최대값이 $v - (p + a_i \cdot S_2)$ 이면 F2를 선택하게 된다.

2. 균형소비율

소비자 의사결정 방법으로 각 유형의 소비자가 소비를 하게 되면 생산시스템의 생산능력이 정해져 있으므로 균형이 이루어지게 된다.

소비자가 F1을 선호한다면 F1의 수요가 증가하게 되고, 수요의 증가로 인해 소비자가 제품·서비스를 제공받는데 걸리는 시간이 증가한다. 시간이 일정 이상보다 커지면 소비자는 F1보다 F2를 선호하게 되어 F1의 수요가 감소하게 된다. 또한 F2를 선호하게 되면 같은 원리로 F1의 수요가 증가하게 되어 균형을 이루는 지점이 존재하게 된다.

균형에서 각 소비자가 생산시스템에서 제공받는데 걸리는 시간이 $S_1 \leq S_2$ 이면 각각의 a_i 에 대해 $v - (p + a_i \cdot S_1) \geq v - (p + a_i \cdot S_2)$ 이므로 소비를 결정하는 고객은 모두 F1의 제품/서비스를 소비하고 따라서 F1의 수요가 증가하므로 S_1 이 증가하게 된다.

이는 $S_1 = S_2$ 일 때까지 지속적으로 증가하게 된다.

$S_1 \geq S_2$ 이면 위와 똑같은 원리로 $S_1 = S_2$ 가 될 때까지 S_2 가 증가하게 된다.

따라서 $S_1 = S_2$ 에서 균형을 이룬다.

[정리] 소비자 만족의 최대화를 위한 의사결정이 이루어진다면 균형 소비율이 존재하고, $p_1 = p_2$ 이면 $S_1 = S_2$ 에서 균형을 이룬다.

이는 시간 요소가 품질과 같은 경쟁우위 요소와는 다른 특징을 가지고 있기 때문이다. 품질은 제품 고유의 특성으로 수요의 외부 효과가 존재하지 않지만 시간 요소는 다른 사람이 얼마나 소비하는가에 따라 자신의 소비하는 데 걸리는 시간이 달라지는 수요에 대한 함수로서 나타나기 때문이다. 소비자의 의사결정에서는 수요와 시간이 반비례의 관계를 가지고 생산시스템의 처리능력에서는 수요와 시간이 정비례의 관계를 가지고 있기 때문에 수요와 서비스를 처리하는 시간 사이에 균형이 발생하게 된다.

결국 $p_1 = p_2$ 이면 $S_1 = S_2$ 이 되어 생산시스템의 처리능력은 차별적 요소로 작용하지 못하고 소비자는 2개의 생산시스템을 동일하게 인식한다.

이런 시장 상황에서 $v - (p + \alpha_i \cdot S) \geq 0$ 인 시간 민감도를 가진 잠재고객이 구매를 실현한다.

따라서 시장전체의 수요는 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{aligned} D(p) &= D_1(p) + D_2(p) \\ &= \sum_{i=1}^k \lambda \cdot q_i \quad \text{s.t.} \quad \alpha_k \leq \frac{v-p}{S} \quad \dots\dots (1) \end{aligned}$$

또한 M/M/1 Queueing Model을 가정하고 있으므로

$$S_1 = 1/(\mu_1 - D_1), S_2 = 1/(\mu_2 - D_2) \text{이다.}$$

$$S_1 = S_2 \text{이므로}$$

$$\mu_1 - \mu_2 = D_1 - D_2 \quad \dots\dots (2)$$

[따름정리]

$p_1 = p_2$ 이고 M/M/1Queueing Model을 가정하면 $\mu_1 - \mu_2 = D_1 - D_2$ 이다.

즉 비차별 경쟁에서는 생산시스템의 처리능력에 따라 시장점유율이 결정된다. 소비자의 유형을 무시하여 소비자의 요구를 처리하는 경우에는 생산 시스템의 경쟁우위 요소로서의 처리능력의 차이가 시장점유율의 차이를 이끌어낸다. (1)식과 (2)식에 의해 각 생산시스템의 균형에서의 시장점유율은 아래와 같이 나타난다.

$$D_1(p) = 1/2\{D(p) + \mu_1 - \mu_2\}$$

$$D_2(p) = 1/2\{D(p) + \mu_1 - \mu_2\}$$

2. 생산시스템의 의사결정

생산시스템은 시장에서 수요를 획득하기 위해 다른 시스템과 경쟁한다. 생산시스템의 처리능력이 정해져 있고, 소비자의 의사결정 기준에 의해 정해지는 수요에 대해 생산시스템의 결정변수로서 시장에 제공하는 제품, 서비스의 가격이 동일하기 때문에 다음의 식과 같이 생산시스템의 의사결정이 이루어진다.

$$\text{Max}_p \Pi_1 = p \cdot D_1(p) - C(\mu_1)$$

$$\text{Max}_p \Pi_2 = p \cdot D_2(p) - C(\mu_2)$$

p : 생산 시스템이 제시하는 제품, 서비스의 가격

$D_1(p), D_2(p)$: 각 생산시스템이 획득하는 수요의 단위시간당 크기

$C(\mu_1), C(\mu_2)$: 단위 시간당 처리율 μ_1, μ_2 를 유지하기 위한 비용

$$D(p) = \sum_{i=1}^k \lambda \cdot q_i \text{이므로}$$

① $D(p) = \lambda \cdot q_1$ 인 경우

$$\begin{aligned} \text{Max}_p \Pi_1 &= \frac{1}{2} p \cdot (\lambda \cdot q_1 + \mu_1 - \mu_2) - C(\mu_1) \\ \text{Max}_p \Pi_2 &= \frac{1}{2} p \cdot (\lambda \cdot q_1 - \mu_1 + \mu_2) - C(\mu_2) \\ \text{s.t. } v - \frac{2\alpha_2}{\mu_1 + \mu_2 - \lambda \cdot q_1} &< p \leq v - \frac{2\alpha_1}{\mu_1 + \mu_2 - \lambda \cdot q_1} \end{aligned}$$

결정변수인 가격이 클수록 Π_1 , Π_2 가 증가하므로

$$p^{q_1} = v - \frac{2\alpha_1}{\mu_1 + \mu_2 - \lambda \cdot q_1}$$

그때의 생산시스템의 최대 이익은

$$\begin{aligned} \Pi_1^{q_1} &= \frac{1}{2} \left(v - \frac{2\alpha_1}{\mu_1 + \mu_2 - \lambda \cdot q_1} \right) \cdot (\lambda \cdot q_1 + \mu_1 - \mu_2) - C(\mu_1) \\ \Pi_1^{q_2} &= \frac{1}{2} \left(v - \frac{2\alpha_1}{\mu_1 + \mu_2 - \lambda \cdot q_1} \right) \cdot (\lambda \cdot q_1 - \mu_1 + \mu_2) - C(\mu_2) \end{aligned}$$

② $D(p) = \lambda \cdot (q_1 + q_2)$ 인 경우

$$\begin{aligned} \text{Max}_p \Pi_1 &= \frac{1}{2} p \{ (\lambda(q_1 + q_2) + \mu_1 - \mu_2) \} - C(\mu_1) \\ \text{Max}_p \Pi_2 &= \frac{1}{2} p \{ (\lambda \cdot (\lambda(q_1 + q_2) + \mu_1 - \mu_2)) \} - C(\mu_1) \\ \text{s.t. } p &\leq v - \frac{2\alpha_2}{\mu_1 + \mu_2 - \lambda(q_1 + q_2)} \end{aligned}$$

결정변수인 가격이 클수록, Π_1 , Π_2 가 증가하므로

$$p^{q_1+q_2} = v - \frac{2a_2}{\mu_1 + \mu_2 - \lambda(q_1 + q_2)}$$

따라서 생산시스템의 최대 이익은

$$\begin{aligned} \Pi_1^{q_1+q_2} &= \frac{1}{2} \left(v - \frac{2a_2}{\mu_1 + \mu_2 - \lambda(q_1 + q_2)} \right) \{ \lambda(q_1 + q_2) + \mu_1 - \mu_2 \} - C(\mu_1) \\ \Pi_1^{q_1+q_2} &= \frac{1}{2} \left(v - \frac{2a_2}{\mu_1 + \mu_2 - \lambda(q_1 + q_2)} \right) \{ \lambda(q_1 + q_2) - \mu_1 + \mu_2 \} - C(\mu_1) \end{aligned}$$

따라서 두 가지 경우를 비교하여

$$\text{Max}_p \Pi_i = \text{Max} (\Pi_i^{q_1}, \Pi_1^{q_1+q_2})$$

로 정해지고 이에 따라 최적 가격 p^* 가 결정된다.

A Study on Decision Model of Production System According to Capacity: Non-Differential Case

Kidon Tak*

Sanghyung Ahn**

In this paper, we inquire how the production capacity of a production system affects on a corporation's choice of competitive strategies. We suggest a model in which each customer pursues to maximize his utility considering his time value and an production system determine its competitive strategy considering its' and other competitor's capacity given the customer's decision.

We show this model with non-differentiated competition has one equilibrium. We also derive that the position of the equilibrium.

Finding these conditions of equilibrium, we have conclusions that the capacity of a production system determines the size of market share.

Keywords: M/M/1, Time-competition, Competitive advantage factor, Competitive strategy, Queue model, Consumer decision making, Decision making of production system, Equilibrium demand rate

*IBM Korea Inc.

**Professor of Operations Management, College of Business Administration, Seoul National University