대한산업공학회/한국경영과학회 2000 춘계공동학술대회 논문집. 2000년 4월 21-22일. 경남대학교
Session 0A7.4

판촉과 생산을 동시에 고려한 영업 및 생산계획에 관한 연구
A study on Coordination of Marketing and Production Plan

김대현, 성제훈, 장태우, 함주호
서울대학교 산업공학과

Abstract

기업을 둘러싼 시장 환경이 급변하면서 기업의 입장에서는 비즈니스 프로세스를 보다 효율적으로 통합, 조정하여 경쟁사보다 빠르고 능동적으로 대처해야 할 필요성을 느끼고 있다. 특히 기업의 영업과 생산 부문은 프로세스 통합, 조정의 필요성이 가장 큰 분야이면서 서로 판이한 전략 및 목표를 가짐으로 인해 가장 통합하기 어려운 분야이다. 그 이유는 영업 부문에서는 가격과 판촉을 통해 고객 서비스를 제고하면서 많은 판매 수입을 올리는 것이 목표라면 생산 부문은 생산성을 높이면서 최소의 비용으로 제품을 생산하는 것이 목표이기 때문이다. 본 연구에서는 한정적인 판매 시즌을 가지는 상품에 대해서 동일 기업 내의 영업 부문과 생산 부문의 문제들을 동시에 고려한 통합 의사 결정 정책을 제시하였다. 영업과 생산 부문의 의사 결정이 순차적으로 분리되어 결정되는 순차적 모델과 영업과 생산 부문의 의사 결정이 동시에 통합적으로 이루어지는 통합 모델을 비교 분석함으로써 그 효과를 검증하였다

1. 서론

본 논문은 제품의 가격결정과 판촉 등의 마케팅 전략을 사용하는 영업부문과 생산 및 재고 비용을 고려하는 생산 부문의 통합 및 조정 방법을 다룬다. 이러한 상황은 각 기능 조직 단위들이 서로 다른 상황에서 추구하는 목표와 고려해야 하는 요인들이 다양하여 통합과 조정이 필요한 기업에서 많이 일어나며, 영업과 생산 부문의 관계에서 그 필요성이 크다. 영업 부문은 가격의 변동과 판촉 수준을 통해서 매출과 고객 만족을 극대화하려 하며, 생산 부문은 생산 및 재고 비용을 최소화하는 생산 효율에 중점을 둔다. 특히 수요의 변동폭이 큰 상품은 영업과 생산 부문의 조정을 통해 최적의 마케팅 전략과 생산 계획을 수립해야 할 것이다.

본 논문에서는 먼저 가격과 음의 상관관계를 가지고, 판촉 수준과 양의 상관관계를 갖는 수요함수를 보다 현실적으로 정하고, 영업 부문의 예측치에 따른 생산 부문의 제조활동이 독립적, 순차적으로 이루어지는, 일반적으로 통용되는 기본 모형과 두 부문의 의사결정 문제를 동시적, 통합적으로 고려하는 통합적 모형 두 가지를 세우고, 각 모형에서의 가격과 판촉 수준의 변화, 생산과 재고 수준을 정하였다. 각 기의 가격의 경우, 이익을 최대화하는 값을 수리적인 방법으로 구할 수 있었다.

본 연구의 참고가 되는 연구는 크게 마케팅과 관련된 영업활동에 관련된 연구와 생산계획 작성에 관한 연구가 있다. 영업활동에 관련된 연구로는, 가격 외에 여러 판촉 활동에 따른 수요의 변화를 고려한 논문으로, Sogomonian[6], Neslin[8] 등이 있으며, 전자는 마케팅 활동 후 현재까지의 경과시간과 활동의 강도에 따라 수요가 변함을, 후자는 판촉 활동의 효과를 전기와 현재 기간의 활동 수준의 제곱근의 합에 비례하여 수요가 변함을 가정하였다.

생산 및 영업의 통합, 조정에 관련된 연구로는 Whitin[10]은 기본적인 EOQ 모형에 기초하여 생산부서의 최적 주문량 결정과 영업 부서의 최적 가격결정을 연구하였다. Eliashberg[3]은 계절성을 갖는 제품에 대한 제조업자와 물류업자의 최적의 가격과 재고량 등을 구했는데, 판촉활동은 고려치 않고 가격에 단순 비례하여 수요가 감소함을 가정하였다. 이에 반해, Sogomonian[8]은 판촉 수준에 대해서만 영향을 받는 수요함수를 가정하였고, 한 시즌 내의 여러 기간 동안의 판촉 수준과 다단계 생산에 관련된 문제에 대해 Baseline 모형과 Integrated 모형을 혼합정수계획법으로 표현하고, 이를 "중첩 네트워크"를 이용하는 효율적인 해법을 제시하였다.

2. 기본 모형

본 논문에서는 독자적인 영업부서와 생산부서를 가지고 있는 기업을 대상으로 하여, 영업부서와 생산부서의 상호작용을 통한 판촉활동 수준과 이에 따른 가격정책의 결정 및 생산수준의 결정을 주목표로 하고 있다. 일반적인 영업 부서와 생산부서의 조정은 기본 모형을 따르며, 영업부서에서 예측된 수요량을 생산부서에서 최소 생산비로 생산하는 것이 일반적이다. 따라서 본 연구에서 다루는 의사결정은 영업부서와 생산부서의 충돌 원인 중에서 생산계획과 단기 수요예측 문제에 해당한다.([8])

본 연구의 주요 가정들은 다음과 같이 정리될 수 있다.

① 수요는 각 기간에 따라 다르며, 확정적이다.
② 상품 판매 가격(P_t) 기간에 따라 다르며, 수요 함수를 통해 수요량에 영향을 미치게 된다.
③ 판촉 활동은 이미 정해진 몇 개의 수준(L_{tl}) 내에서 집행되며, 매 기마다 판촉활동을 한다. 단 각 기간마다 판촉활동을 꼭 하게 되며, 최저 판촉활동 비용을 소요하는 경우를 1 수준으로 하며, 판촉활동 수준이 높아질수록 비용이 많이 소요되나 일정 수준이상의 경우, 그 영향의 폭이 적어지게 된다.
④ 생산과 관련한 비용요소(Setup, 생산, 재고유지)는 주어진다. (생산용량의 제약은 없다.)
⑤ Backorder, Lead Time 은 존재하지 않으며, 수요는 모두 충족시켜줄 수 있다.
⑥ 초기재고와 마지막 기간의 재고는 0 이다.

또한 본 연구에서 사용되는 수식은 다음과 같이 정의된다.

- t : 기간(period) (t=1,2,...,T)
- s : 가장 최근에 가동준비(Setup)를 한 기간
- P_t : t 기의 판매 가격
- $D_t(P_t,L_{tl})$: 수요함수
- a_t : t 기에 발생가능한 최대 수요
- α : 가격정책에 대한 가중치
- β : 판촉활동에 대한 가중치
- b : 상품 판매 가격에 대한 수요의 탄력성
- L_{tl} : t 기의 판촉활동 수준 l 일 경우의 판촉수준을 나타내는 지수 (L_{tl}=1,2,...,M)
- $A(L_{tl})$: t 기의 판촉활동 수준 l 일 경우, 판촉 비용
- S_t : t 기의 가동 준비비 (Setup cost)
- W_t : t 기의 생산비
- H_t : t 기의 재고 유지비
- X_t : t 기의 생산량
- I_t : t 기의 재고량
- $\delta(X_t)$: 가동 준비 (Setup) 유(1)/무(0)
- π_t^1 : 기본 모형의 t 기까지의 영업 순이익
- F_t : 기본 모형의 t 기까지의 생산비
- π_t^2 : 통합 모형의 t 기까지의 순이익

본 연구에서 고려하는 수요함수는 (식 1)에서 보듯이 제품의 가격에 반비례하고, 판촉효과에 비례해서 수요가 증가하는 형태이며, 특히 판촉효과의 경우 판촉수준에 따라 일정 포만 수준 이상에서는 효과가 둔화하도록 로그함수로 표현되었다.

$$D_t(P_t,L_{tl}) = [a_t - \alpha \cdot P_t^b] + [\beta \cdot \log A(L_{tl})] \qquad \text{(식 1)}$$

이러한 수요함수 하에서 영업의 순이익 함수는 (식 2)와 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} \pi_t^1 &= P_t \cdot D_t(P_t,L_{tl}) - A(L_{tl}) \qquad \text{(식 2)} \\ &= P_t \cdot [a_t - \alpha \cdot P_t^b + \beta \cdot \log A(L_{tl})] - A(L_{tl}) \end{aligned}$$

이에 따라 영업 순이익을 최대화 시키는 수요치를 도출하는 영업부문의 (식 3)과 이 결과 도출된 수요를 최소의 생산비로 생산하는 계획을 수립하는 (식 4)의 생산계획을 수립하는 것이 본 기본 모형의 목적이다.

$$\begin{aligned} & Max \ \sum_t [P_t \cdot D_t(P_t,L_{tl}) - A(L_{tl})] \\ & st. \quad D_t(P_t,L_{tl}) = [a_t - \alpha \cdot P_t^b] + [\beta \cdot \log A(L_{tl})] \qquad \text{(식 3)} \\ & \quad (P_t, a_t, \alpha, b > 0,\ A(L_{tl}) \ge 1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & Min \ \sum_t [S_t \cdot \delta(X_t) + W_t \cdot X_t + H_t \cdot I_t] \\ & st. \quad I_{t+1} = I_t + X_t - D_t(P_t,L_t) \qquad \text{(식 4)} \\ & \quad I_t = I_t = 0 \\ & \quad \delta(X_t) = \begin{cases} 0, & X_t = 0 \\ 1, & X_t > 0 \end{cases} \end{aligned}$$

2.1 영업부문의 해

영업부문의 해는 (식 2)의 영업 순이익 함수를 최대화 시키는 가격 및 판촉수준을 결정하게 되는데, 각 기간 별로 영업 순이익을 최대화 시키는 가격 및 판촉수준이 결정되게 된다.

(Lemma 1) (식 2)의 경우, π_t^1를 최대로 하는 P_t^*가 존재한다.

(proof) $\dfrac{\partial \pi_t^{1\,2}}{\partial^2 P_t} = -\alpha b(b+1)P_t^{b-1} < 0$ 이므로, π_t^1를 최대로 하는 P_t^*가 존재하게 된다. □

(식 2)를 미분하여 (식 5)에서 순이익을 최대로 하는 P_t^*를 제시하였다.

$$\frac{\partial \pi_t^1}{\partial P_t} = 0,\ P_t^* = \left[\frac{a_t + \beta \cdot \log A(L_{tl})}{\alpha(b+1)}\right]^{\frac{1}{b}} \qquad \text{(식 5)}$$

(식 5)의 결과를 적용하여 (식 6)에 의해 영업 순이익을 최대화시키는 가격과 판촉수준을 결정할 수 있다.

$$\pi_t^1 = \sum_{i=1}^{t} \left\{ \underset{1 \le i \le l}{Max} \left[\left[\frac{a_i + \beta \cdot \log A(L_{ij})}{\alpha(b+1)}\right]^{\frac{1}{b}} \cdot [a_i - \alpha \cdot \left[\frac{a_i + \beta \cdot \log A(L_{ij})}{\alpha(b+1)}\right] + \beta \cdot \log A(L_{ij})] - A(L_{ij}) \right] \right\} \qquad \text{(식 6)}$$

2.2 생산부문의 해

생산부문의 해는 기본적으로 Wagner-Whitin 알고리즘에 따라 구하며, (식 6)의 결과로 도출된 수요치를 입력으로 사용한다.

각 기간별 생산량 및 가동준비(Setup) 여부는 동적계획법을 사용하여 동적으로 결정되며, 이에 따라 생산수준, 재고수준이 결정된다.

$$F(i) = Min\begin{bmatrix} \displaystyle\min_{1\le j\le i}\Big(S_i + W_i\cdot X_i + \sum_{h=j}^{i-1}\sum_{k=h+1}^{i} I_k \cdot D_k^*(P_k^*, L_k^*) + F(j-1)\Big) \\ S_i + F(i-1) \end{bmatrix}$$

$$F(1) = S_1 + W_1\cdot X_1,\ F(0) = 0 \qquad (식\ 6)$$

2.3 순이익의 도출

생산부문의 (식 5)의 결과에 따른 판매 이익과 (식 6)에 의해 최소 생산비용을 구해 최대 순이익 ($\pi_T^{1^*} - F_T^*$)을 산출한다.

3. 통합 모형

영업부문의 의사결정과 생산부문의 의사결정을 동시에 고려하는 통합모형의 경우, 수요 함수는 (식 1)의 기본 모형과 동일하며, 기본 가정도 기본 모형의 경우와 동일하다. 하지만 영업부문의 의사결정과 생산부문의 의사결정을 통합하여 결정하게 되며, 제품의 가격 결정시 생산비를 고려하여 결정하게 되며, 이에 따라 수요가 도출되게 된다. 그리고 이러한 상황하에서 풀이를 위해 추가적으로 각 기간별로 의사결정이 독립적으로 이루어짐을 가정하였다. 통합적 의사 결정의 경우 통합적 순이익 함수는 (식 7)과 표현되며, 이에 따른 순이익 최대화를 위한 식은 (식 8)과 같이 모형을 수립하였다.

$$\begin{aligned}\pi_t^2 &= P_t\cdot D_t(P_t, L_{tl}) - A(L_{tl}) - S_t\cdot\delta - W_t\cdot D_t(P_t, L_{tl}) \\ &\quad - \sum_{i=s}^{t} H_i \cdot D_t(P_t, L_{tl}) \qquad (식\ 7) \\ &= (P_t - W_t - \sum_{i=s}^{t} H_i)\cdot D_t(P_t, L_{tl}) - A(L_{tl}) - S_t\cdot\delta \\ &= (P_t - W_t - \sum_{i=s}^{t} H_i)\cdot[a_t - \alpha\cdot P_t^b + \beta\cdot\log A(L_{tl})] \\ &\quad - A(L_{tl}) - S_t\cdot\delta\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &Max\ \sum_t \{[P_t\cdot D_t(P_t, L_t) - A(L_t)] - [S_t\cdot\delta(X_t) + W_t\cdot X_t + H_t\cdot I_t]\} \\ &st.\quad D_t(P_t, L_t) = [a_t - \alpha\cdot P_t^b] + [\beta\cdot\log A(L_t)] \\ &\qquad (P_t, a_t, \alpha, b > 0, A(L_t) \ge 1) \\ &\qquad I_{t+1} = I_t + X_t - D_t(P_t, L_t) \quad (식\ 8) \\ &\qquad I_t = I_t = 0 \\ &\qquad \delta(X_t) = \begin{cases} 0, & X_t = 0 \\ 1, & X_t > 0 \end{cases}\end{aligned}$$

(Lemma 2) (식 8)의 경우, π_t^2 를 최대로 하는 P_t^* 가 존재하기 위해서는 $P_t^* > \dfrac{(b-1)(W_t + \sum_{i=s}^{t} H_i)}{(b+1)}$ 을 만족해야 한다.

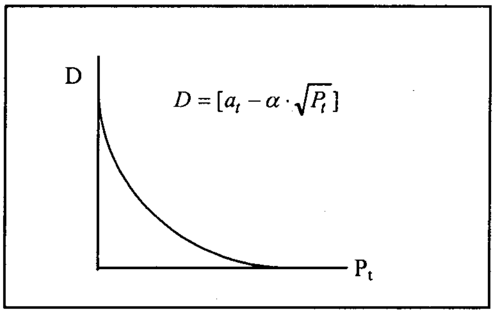
(proof) (식 7)의 2 차미분함수를 구하여 보면, $\dfrac{\partial \pi_t^{2^2}}{\partial^2 P_t} = -\alpha b P_t^{b-2}[(b+1)P_t - (b-1)(W_t + \sum_{i=s}^{t} H_i)] < 0$ 이므로, 이 조건을 만족시키기 위한 P_t^* 는

$[(b+1)P_t - (b-1)(W_t + \sum_{i=s}^{t} H_i)] > 0,\ P_t > \dfrac{(b-1)(W_t + \sum_{i=s}^{t} H_i)}{(b+1)}$

이어야 한다. □

3.1 b=0.5 인 경우

통합 모형의 경우, 모형의 복잡성으로 인해 일반적인 경우에는 closed form 의 해를 구하기가 힘들다.(예를 들면 b(b=n)의 값에 따라 n 차 방정식을 풀어야 한다.) 따라서 본 연구에서는 b=0.5 인 경우의 특수한 경우에 대한 풀이를 제시하고자 한다. [그림 1]을 참조하면, b=0.5 인 경우 일반적인 가격 탄력성에 따른 가격-수요 곡선에 과 유사한 형태의 수요곡선을 도출할 수 있으므로 상당히 현실적인 수요함수를 가정할 수 있다는 장점이 있다.



[그림 1] b=0.5 일 때, 수요함수

3.2 b=0.5 인 경우 : 기본 모형

b=0.5 인 경우, (식 5)를 이용하여, 기본모형의 해를 (식 8)과 같이 구할 수 있다.

$$P_t^* = \left[\frac{2(a_t + \beta\cdot\log A(L_t))}{3\alpha}\right]^2 \qquad (식\ 8)$$

이 결과를 이용하여, 2.1-2.3 의 절차를 적용하여, 최적 가격, 판촉수준 및 수요와 이에 따른 생산계획을 도출할 수 있다.

3.3 b=0.5 인 경우 : 통합 모형

b=0.5 인 경우, (식 9)와 같이 통합 모형의 해를 구할 수 있다. (자세한 절차는 [부록] 참조)

$$\frac{\partial \pi_t^2}{\partial P_t} = 0$$

$$\therefore P_t^{**} = \left[\frac{[a_t + \beta\cdot\log A(L_t)] + \sqrt{[a_t + \beta\cdot\log A(L_t)]^2 + 3\alpha^2(W_t + \sum_{i=m}^{t} H_i)}}{3\alpha}\right]^2$$

(식 9)

(식 9)의 결과는 (Lemma2)의 조건을 만족시키며, 이를 이용하여 (식 10)의 절차에 따라 각 기간별 최적 가격, 판촉수준 및 수요와 이에 따른 생산계획이 통합적으로 도출될 수 있다.

$$\pi_t^2 = \sum_{i=1}^{t}\left\{\underset{1\le i\le l}{Max}\left[P_i^{**}\cdot[a_i-\alpha\cdot\sqrt{P_i^{**}}+\beta\cdot\log A(L_{ij})]-A(L_{ij})-F_i\right]\right\}$$

$$\begin{cases} P_t^{**} = \left[\dfrac{[a_t+\beta\cdot logA(L_t)]+\sqrt{[a_t+\beta\cdot logA(L_t)]^2+3a^2(W_t+\sum_{i=m}^{t}H_i)}}{3a}\right]^2 \\ F_i = Min\begin{bmatrix} \underset{1\le k\le i}{Min}\left(S_i+W_i\cdot X_i+\sum_{h=k}^{i-1}\sum_{g=h+1}^{i} I_g\cdot D_g^*(P_g^*,L_g^*)+F(k-1)\right) \\ S_i+F_{i-1}\end{bmatrix} \\ (F_1=S_1+W_1\cdot X_1,\ F_0=0)\end{cases}$$

(식 10)

4. 결론 및 추후 연구과제

본 연구를 통해 영업부문의 의사결정과 생산부문의 의사결정이 독립적으로 이루어지는 경우와 영업단계의 제품 가격결정에서부터 생산비 요소가 반영되는 경우의 해법의 차이를 살펴 보았다. 특히 b=0.5 인 경우, (식 9)와 (식 10)을 비교해 보면, 통합적인 경우의 제품 가격이 더 큰 것을 알 수 있으며, 이는 제품가격에 생산비 요소가 반영된 자연스런 결과이다. 따라서 통합적인 관점에서는 제품 가격을 비싸게 하는 편이 과연 초적인가하는 의문이 생기게 된다. 이를 위해 본 연구에서는 실제적인 변수값에 따른 실험을 실시하였으며, 이에 따라 기본 모형과 통합 모형의 비교를 실시하였다. 특히 수요함수에 대한 가격의 가중치 요소인 α와 판촉수준의 가중치 요소인 β의 변화에 따라 두 모형의 우월이 달라지는 경우가 발견되었는데, 이를 통해 각 모형의 적용상황을 설명할 수 있다. 통합 모형의 경우 제품의 가격에 의한 영향이 적을수록, 판촉효과에 대한 영향이 클수록 기본 모형에 비해 좋은 성능을 발휘하였다.

이외에도 생산비요소에 대한 모형의 변화도 연구가 요구되며, b 값의 변화에 따른 수요함수 변화에 따른 모형의 변화도 요구되는데, 이러한 사항은 추후 연구과제로 남기기로 한다. 현재 b=0.5 인 경우 이외에 b=1, b=2 인 경우에는 결과가 도출되어 있으며 b 값의 변화에 대한 모형의 비교는 연구중에 있다.

4. 참고 문헌

[1] Damon W. W., R. Schramm, A Simultaneous Decision Model for Production Marketing, and Finance, Management Science 1972;19:161-172.

[2] T.K. Datta , K. Paul, A. K. Pal, Demand promotion by upgradation under stock-dependent demand situation-a model, International Journal of Production Economics 1998;55:31-38.

[3] Eliashberg J, R. Steinberg, Marketing-Production Decisions in Industrial Channel of Distribution, Management Science, 1987;33:981-1000.

[4] Feng, Youyi, and Guillermo Gallego, Optimal Starting Times for End-of-Season Sales and Optimal Stopping Times for Promotional Fares, Management Science 1994;41(8):1371-1391.

[5] Freeland J.R, Coordination Strategies For Production and Marketing in a Functionally Decentralized Firm, AIIE Transactions 1980;12:126-132.

[6] S.A. Neslin, S. Powell, L. S. Stone, The Effect of Retailer and Consumer Response on Optimal Manufacturer Advertising and Trade Promotion Strategies, Management Science 1995;41(5)

[7] Shapiro B.P., Can Marketing and Manufacturing Coexist, Harvard Business Review 1977;55:104-115.

[8] Sogomonian A, G, C.S. Tang, A Modeling Framework For Coordinating Promotion and Production Decisions within a Firm, Management Science 1993;39(2):191-203.

[9] Wagner, H.M., Whitin,T.M., Dynamic version of the economic lot size formula, Management Science 1958;5: 89-96.

[10] Within T.M., Inventory Control and Price Policy, Management Science 1955;2:61-68.

[부록] b=0.5 일 때,통합 모형의 가격 계산

$$\frac{\partial \pi_t^2}{\partial P_t}=0$$

$$\frac{3\alpha}{2}P_t^{\frac{1}{2}}-\frac{\alpha}{2}(W_t+\sum_{i=m}^{t}H_i)P_t^{-\frac{1}{2}}-[a_t+\beta\cdot\log A(L_t)]=0$$

$$let\ P_t^{\frac{1}{2}}=X\ (X\ge 0),$$

$$\frac{3\alpha}{2}X-\frac{\alpha}{2}(W_t+\sum_{i=m}^{t}H_i)X^{-1}-[a_t+\beta\cdot\log A(L_t)]=0$$

$$\frac{3\alpha}{2}X^2-[a_t+\beta\cdot\log A(L_t)]X-\frac{\alpha}{2}(W_t+\sum_{i=m}^{t}H_i)=0$$

$$X=\frac{[a_t+\beta\cdot\log A(L_t)]\pm\sqrt{[a_t+\beta\cdot\log A(L_t)]^2+3\alpha^2(W_t+\sum_{i=m}^{t}H_i)}}{3\alpha}$$

$$\left(X\ge 0,\ but\ \frac{[a_t+\beta\cdot\log A(L_t)]-\sqrt{[a_t+\beta\cdot\log A(L_t)]^2+3\alpha^2(W_t+\sum_{i=m}^{t}H_i)}}{3\alpha}<0\right)$$

$$\therefore X=\frac{[a_t+\beta\cdot\log A(L_t)]+\sqrt{[a_t+\beta\cdot\log A(L_t)]^2+3\alpha^2(W_t+\sum_{i=m}^{t}H_i)}}{3\alpha}$$

$$\therefore P_t^{**}=\left[\frac{[a_t+\beta\cdot\log A(L_t)]+\sqrt{[a_t+\beta\cdot\log A(L_t)]^2+3\alpha^2(W_t+\sum_{i=m}^{t}H_i)}}{3\alpha}\right]^2$$