

# 복수 수요자로 구성된 공급망의 협력적 주문량 결정 방안

## Cooperative ordering policy in a multiple-retailer supply chain system

김태복(tbkim@incheon.ac.kr)  
인천대학교 동북아 물류대학원

### Abstract

In this paper, we propose the coordination scheme in a single-manufacturer-multiple-retailer supply chain system. Traditionally, the bargaining power of the single manufacturer is superior to those of retailers. The business environment supported by the e-business scheme may give rise to new business behavior. The multitude of retailer requests the manufacturer to relax the his unilateral lot-sizing policy while they are willing to compensate more than the manufacturer's expected loss caused by abandon his superior bargaining power. The side payment aggregated by the multiple retailers is transferred to the manufacturer according to the degree of the manufacturer's relaxation from the current unilateral lot-sizing policy.

Keywords: Supply Chain Integration, Single-Manufacturer-Multiple-Retailer, Side Payment

### 1. 서론

공급망 구조하에서 생산자와 수요자간의 통합과 조정에 대한 연구는 공급망상의 정보와 물자의 최적화된 흐름관리를 위한 통합재고모형을 주로 다루고 있다. Goyal(1976)은 판매자와 구매자간의 발주정책 조율에 대한 문제를 다루었다. 이 연구에서는 각자의 비용구조만을 반영한 독립적인 발주량(또는 판매량) 대신 판매자와 구매자의 비용을 동시에 반영한 시스템 비용을 최소화하는 문제를 다루고 있다. Banerjee(1986)는 유한(Finite)의 생산능력을 지닌 생산자와 구매자간의 Lot Size 통합에 대한 수리모형을 제시하였다. 이후, 여러 연구자들에 의해 공급망 시스템 비용을 최소화하기 위한 생산자와 수요자간의 최적화된 제품 흐름관리 방안에 대한 연구가 진행되었다(Hill, 1997; Goyal, 2000a, 2000b;

Kim et al., 2005, 2006). 그러나, 이러한 연구들은 공급망 통합 방안에 대한 문제를 다루었으나, 통합효과에 대한 안정적인 배분에 대한 대안제시는 하지 않았다. Li et al.(1996)은 공급망상에서의 파트너들간의 협력을 통해 얻어지는 이익 배분은 균등하게 배분되는 것이 일반적으로 적용될 수 있는 방법으로 제시하였다. 이익배분과 관련한 대안은 각 공급망 파트너들의 평균비용의 비율에 의해 결정되는 대안도 제시되었다(Sharafali et al., 2000). 이익배분방식은 파트너들간의 협회에 의해 결정되어지고, 실제로 공급망 파트너들간의 협상력(Bargaining power)에 종속적으로 설정될 수 있다(Grunani, 2001). Sucky (2005, 2006)는 단일 생산자와 단일 수요자로 구성된 공급망 구조하에서 공급망 참여자의 모든 비용구조를 감안한 JELS(Joint Economic Lot Size)를 적용하는 문제를 양자간의 협상문제(Bargaining problem)로 나타내었다. 이 모델에서는 기존의 우세한 협상력을 지닌 수요자가 자신의 EOQ대신에 JELS를 채택하도록 유도하기 위해서는 이에 상응하는 반사이익이 보장되어야 한다. 그러나, 이 모델에서는 실질적으로 우세한 협상력을 지닌 수요자가 JELS를 수용할 수 있는 조건의 설정에 관한 연구이며 세부적인 안정적인 협상방안에 대한 대안제시는 미흡하다. Kim et al. (2007) 등은 공급망 파트너들간의 비용구조가 공개되어 있는 공급망에서 어느 한 쪽의 교섭력이 강한 경우에

안정적으로 상호 이익을 보장할 수 있는 이익배분(Profit-sharing) 방법을 제시하고 있다.

## 2. 공급망 운영 모델

본 연구에서는 생산자의 교섭력(Bargaining power)가 강하여 생산자 위주의 공급망 운영형태를 가정하고 있다. 현재 생산자 위주의 공급망 운영 구조를 개선하기 위하여 복수의 소매자들은 통합 발주정책을 운영하고자 한다. 즉, 각 소매자 개별적으로 생산자에게 제품을 발주하는 형태가 아닌 공동구매 형태의 통합발주정책을 통해서 생산자와의 교섭력을 강화시키는 방안을 모색하고 있다. 모든 소매자들의 수요량, 비용구조를 감안한 가상의 교섭자를 통해서 공급망 운영비용을 절감할 수 있는 방안의 모색과 동시에 이러한 통합발주정책이 생산자의 비용도 개선할 수 있는 Win-Win 체계로의 전환을 꾀하고 있다. 공급망의 구조를 나타내기 위해 본 논문에서 사용되는 기호는 다음과 같다.

$A_m$ : 생산자의 생산준비비용

$H_m$ : 생산자의 재고유지비용

$P$ : 생산자의 연간 제품 생산능력

$q_m$ : 생산자의 비용만이 고려된 생산자의 생산량

$n$ : 제품을 소비하는 소매자의 수

$A_i$ : 소매자- $i$ 의 주문 처리 비용,  $i=1,2,\dots,n$

$h_i$ : 소매자- $i$ 의 재고 유지 비용,  $i=1,2,\dots,n$

$D_i$ : 소매자- $i$ 의 연간 수요량,  $i=1,2,\dots,n$

$D$ : 복수 소매자의 총 수요량, where  $D = \sum_{i=1}^n D_i$

$q_m$ : 생산자의 발주정책에 의한 소매자- $i$ 의 발주량, where  $q_m = (D_i/D)q_m, \forall i$

$q_i$ : 소매자들의 통합정책에 의한 소매자- $i$ 의 발주량, where  $q_i = (D_i/D)q_i, \forall i$

생산자 중심의 공급망 운영 체계하에서 단일 생산자와 복수 소매자들에 해당하는 비용함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다. 생산자는 단일

생산주기 동안  $q_m$ 의 제품을 생산하여 각 소매자의 해당하는 수요량( $D_i$ )에 따라 제품을 분할하여 제공한다. 즉, 소매자- $i$ 에게 할당되는 제품량은  $q_m = (D_i/D)q_m$ 로 정의된다. 따라서, 생산자 중심의 공급망 운영체계하에서 생산자와 소매자의 비용구조는 다음과 같다.

[생산자의 비용 함수]

$$TRC_m(q_m) = \frac{A_m D}{q_m} + \frac{h_m q_m}{2}, \text{ where } D = \sum_{i=1}^n D_i, h_m = H_m D / P \quad (1a)$$

[소매자- $i$ 의 비용함수]

$$TRC_i(q_m) = \frac{A_i D_i}{q_m} + \frac{h_i q_m}{2}, \text{ where } q_m = \frac{D_i}{D} q_m, i=1,2,\dots,n \quad (1b)$$

식 (1a)를 통해 생산자의 비용을 최소화하는 최적 생산량( $q_m^0$ )은  $\sqrt{2A_m D / h_m}$ 이다. 이러한 구조하에서 소매자- $i$ 의 발주량( $q_m^0$ )은 해당 소매자가 갖는 수요량의 비율에 의해  $q_m^0(D_i/D)$ 로 결정된다. 참고로, 소매자- $i$ 의 본질적인 최적 발주량( $q_i^{EOQ}$ )은  $\sqrt{2A_i D_i / h_i}$ 로 설정되어진다. 즉, 소매자- $i$ 는 자신의 최적 발주량( $q_i^{EOQ}$ ) 대신 공급자 지정 발주량( $q_m^0$ )을 운영하고 있다. 소매자들이 개별적으로 생산자와의 발주정책을 운영하는 체제에서 중개자를 통하여 통합발주정책을 운영하는 경우의 비용함수는 다음과 같이 정의된다.

$$TRC(q) = \sum_{i=1}^n TRC_i(q) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{A_i D_i}{q} + \frac{h_i D_i q}{2D} \right), \text{ where } q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (2)$$

이때, 소매자들의 비용만이 반영된 통합 발주량( $q^0$ )은  $D \sqrt{2 \sum_{i=1}^n A_i / \sum_{i=1}^n h_i D_i}$ 이고, 공동구매하에서 각 소매자들의 발주량( $q_i^0$ )은  $(D_i/D)q^0$ 로 정의된다. 각 소매자들이 갖는 최적 발주량( $q_i^{EOQ}$ )은  $q_i^0$ 과의 차이가 존재하나, 각 소매자들의 비용구조를 종합적으로 반영한 최적발주는  $q^0$ 에 의해 결정되어진다. 소매자들이 생산자에게 제안하는 공급망

계약구조는 다음과 같다. 생산자가 본인 중심의 생산량( $q_m^0$ )을 소매자들의 최적 통합발주정책( $q_r^0$ )으로 전환하는 정도에 비례하여 보상액을 지불하게 된다. 따라서, 본 연구에서 도출되는 주요 의사결정 변수는 다음과 같다.

- $u$  : 생산자의 생산량 조정 파라미터,
- $q_u = q_m^0 - u\delta_q, \delta_q = (q_m^0 - q_r^0)$
- $\pi$  : 단위 생산량 조정치에 적용되는 보상액
- $\pi_i$  : 소매자- $i$ 가 지불하게 되는 보상액,
- where  $\sum_{i=1}^n \pi_i = \pi$

이러한 보상구조에 의한 생산자와 각 소매자의 비용구조는 아래의 형태로 정의될 수 있다.

[통합발주에 의한 생산자의 비용함수]

$$TRC_m(\pi, u) = \frac{A_m D}{q_m^0 - u\delta_q} + \frac{h_m(q_m^0 - u\delta_q)}{2} - \pi u \quad (3a)$$

[통합 발주에 의한 생산 조정자의 비용함수]

$$TRC_r(\pi, u) = \sum_{i=1}^n TRC_{r_i}(\pi_i, u) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{A_r D}{q_m^0 - u\delta_q} + \frac{h_r D_i (q_m^0 - u\delta_q)}{2D} \right) + \pi u \quad (3b)$$

[통합발주에 의한 소매자- $i$ 의 비용함수]

$$TRC_{r_i}(\pi_i, u) = \frac{A_r D}{q_m^0 - u\delta_q} + \frac{h_r D_i (q_m^0 - u\delta_q)}{2D} + \pi_i u, \forall i \quad (3c)$$

### 3. 파트너별 개별 최적 운영 방안

임의의 보상체계( $\pi$ )가 주어진 경우, 생산자가 추구하는 최적의 조정치( $u_m^0(\pi)$ )는 다음의 비용함수를 통하여 구할 수 있다.

$$TRC_m(\pi, u) = \frac{A_m D}{q_m^0 - u\delta_q} + \frac{h_m(q_m^0 - u\delta_q)}{2} - \pi u \quad (4)$$

위의 식으로부터  $TRC_m(\pi, u | \pi)$ 는 생산량 조정치( $u$ )에 대해 볼록함수(Convex function)임을 알 수 있다. 따라서,  $dTRC_m(\pi, u)/du = 0$ 을 이용하여 생산자의 최적 생산량 조정치는

$$u_m^0(\pi) = \frac{q_m^0}{\delta_q} - \sqrt{\frac{2A_m D}{\delta_q(h_m \delta_q + 2\pi)}} \quad \text{으로 도출된다. 통합}$$

조정자의 경우에는  $n$  명의 소매자들의 비용구조를 감안한 공동 구매량을 결정하는

것이다. 각 소매자의 비용구조의 차이에 따라 공동 구매체제에 의한 발주량은 각 소매자의 최적 구매량과는 차이가 발생할 수 있다.

$$TRC_r(\pi, u) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{A_r D}{q_m^0 - u\delta_q} + \frac{h_r D_i (q_m^0 - u\delta_q)}{2D} \right) - \pi u \quad (5)$$

이러한 공동구매체제 운영에 의한 비용을 최소화하는 구매량 조정치( $u_r^0(\pi)$ )는

$$u_r^0(\pi) = \frac{q_m^0}{\delta_q} - \sqrt{\frac{2D^2 \sum_{i=1}^n A_r}{\delta_q(\delta_q \sum_{i=1}^n h_r D_i - 2D\pi)}} \quad \text{로 정의된다.}$$

마지막으로, 개별 소매자들은 공동구매에 의한 구매량 조정에 따라 개별 비용은 다음과 같이 정의된다.

$$TRC_{r_i}(\pi_i, u) = \frac{A_r D}{q_m^0 - u\delta_q} + \frac{h_r D_i (q_m^0 - u\delta_q)}{2D} + \pi_i u \quad (6)$$

따라서, 각 소매자들이 공동구매과정에서 희망하는 구매량 조정치는

$$u_{r_i}^0(\pi_i) = \frac{q_m^0}{\delta_q} - \sqrt{\frac{2D^2 A_r}{\delta_q(\delta_q h_r D_i - 2D\pi_i)}} \quad \text{로 설정된다.}$$

## 4. 공급망 단계별 운영방안 조정

### 가. 생산자와 통합 소매자와의 조정

임의의 보상기준치( $\pi$ )에 대해서 생산자와 통합 조정자가 서로 일치된 함의를 하기 위해서는 양자의 최적 조정치의 값이 일치되어야 한다. 즉,  $u_m^0(\pi) = u_r^0(\pi)$ 의 조건이 성립되어야 한다. 이러한 조건이 성립되지 않는 경우에 두 파트너 중 한명은 이러한 조정체제에 대해 불만을 가지게 된다. 생산자와 통합 조정자의 최적 조정치가 일치될 수 있는 보상 기준치( $\pi^0$ )는 다음과 같이 정리된다.

$$\pi^0 = \frac{(A_m \sum_{i=1}^n h_r D_i - h_m D \sum_{i=1}^n A_r) \delta_q}{2D(A_m + \sum_{i=1}^n A_r)} \quad (7)$$

이렇게 도출된  $\pi^0$ 를 이용한 최적 조정치는  $u_m^0(\pi^0) = (q_m^0 - q_j^0) / \delta_q$ , where

$$q_j^0 = D \sqrt{2(A_m + \sum_{i=1}^n A_r) / \sum_{i=1}^n h_r D_i + h_m D} \quad \text{로 정리된다.}$$

$q_j^0$ 는 생산자와  $n$  명의 소매자가 모두의 비용을

감안하여 도출되는 공급망의 통합 생산량이다.

#### 나. 통합 조정자와 개별 소매자간의 조정

통합 조정자에 의한 설정된 보상 기준치( $\pi^0$ )는 각 소매자들에게 일정 기준에 의해 분할된다. 각 소매자에게 분할된 보상 기준치가 모든 소매자들이 만족스럽게 받아들여지게 되는 기준으로  $u_r^0(\pi_r^0) = u_r^0(\pi^0)$ ,  $\forall i$ 의 조건이 성립되어야 한다. 이때, 소매자  $i$ 에게 할당되는 보상 기준치( $\pi_i^0$ )는 다음과 같이 구해진다.

$$\pi_i^0 = \frac{(h_i D_i \sum_{i=1}^n A_i - A_i \sum_{i=1}^n h_i D_i) \delta_q}{2D \sum_{i=1}^n A_i} + \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \pi^0 \quad (8)$$

먼저, 위의 식(8)으로부터 각 소매자에게 할당되는 보상액( $\pi_i^0$ )의 합이 생산자에게 전달되는 보상액( $\pi^0$ )가 됨을 알 수 있다.

#### 5. 결론

기존 생산자 위주로 운영되었던 공급망 구조를 JELS에 의한 운영체제로 전환하는 경우에 생산자가 감수해야 할 비용의 증가에 대한 보상정책에 대한 수리적인 방법을 제시하였다. 이러한 보상정책은 소매자 그룹이 생산자에게 제시하는 보상액(Side Payment) 뿐만 아니라, 소매자들간의 비용구조에 의한 상호 보상적인 비용구조로 표현되는 것을 알 수 있었다. 소매자들간의 보상체계에 대한 연구는 전자상거래 등의 e-Business 환경하에서 공동구매에 의한 구매자들의 구매력의 강화와 생산자 탐색의 용이성 등에 따라 공급망 운영의 동적인 변동이 가능한 환경적인 구조를 지니고 있다. 본 연구에서는 생산자와 소매자의 정보가 상호간에 모두 공유되어 있는 대칭적 정보 공유의 형태를 가정하였으나, 이러한 전제를 완화하여 비대칭적 정보 체계하에서의 협력방안에 대한 연구가 필요하다.

#### 참고 문헌

- [1] Goyal, S.K., 1976. An integrated inventory model for a single supplier-single customer problem. *International Journal of Production Research* 14, 107-111.
- [2] Banerjee, A., 1986. A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor. *Decision Sciences* 17, 292-311.
- [3] Hill, R.M., 1997. The single-vendor single-buyer integrated production-inventory model with a generalised policy. *European Journal of Operational Research* 97, 493-499.
- [4] Goyal, S.K., 2000. On improving the single-vendor single-buyer integrated production inventory model with a generalized policy. *European Journal of Operational Research* 125, 429-430.
- [5] Goyal, S.K., Nebebe, F., 2000. Determination of economic production-shipment policy for a single-vendor-single-buyer system. *European Journal of Operational Research* 121, 175-178.
- [6] Kim, T., Hong, Y., Lee, J., 2005. Joint economic production allocation and ordering policies in a supply chain consisting of multiple plants and a single retailer. *International Journal of Production Research* 43, 3619-3632.
- [7] Kim, T., Hong, Y., Chang, S.Y., 2006. Joint economic procurement-production-delivery policy for multiple items in a single-manufacturer, multiple-retailer system. *International Journal of Production Economics* 103, 199-208.
- [8] Eric Sucky, 2005. Inventory management in supply chains: A bargaining problem, *International Journal of Production Economics*, 93-94, 253-262.
- [9] Eric Sucky, 2006. A bargaining model with asymmetric information for a single supplier-single buyer problem, *European Journal of Operational Research*, 171, 516-535.
- [10] Li, S.X., Huang, Z., and Ashley, A., 1996. Improving buyer-seller system cooperation through inventory control, *International Journal of Production Economics*, Vol. 43, 37-46.
- [11] Sharafali, M. and Co, H. C., 2000. Some models for understanding the cooperation between the supplier and the buyer, *International Journal of Production Research*, Vol. 38, No. 15, 3425-3449.
- [12] Gurmani, H., 2001. A study of quantity discount pricing models with different ordering structures: Order coordination, order consolidation, and multi-tier ordering hierarchy, *International Journal of Production Economics*, Vol. 72, 203-225.