

# 협력과 경쟁 기반 조달에서의 최적공급자 선정을 위한 통합모형

김철수, 장용식, 최진호

인하대학교 경영학부

인천광역시 남구 용현동 253번지

Tel: +82-32-860-7747, Fax: +82-32-866-6877, E-mail: cskim@inha.ac.kr

한신대학교 경상대학 e-비즈니스학과

경기도 오산시 양산동 411번지

Tel: +82-31-970-6421, Fax: +82-31-372-3343, E-mail: yschang@hs.ac.kr

한국과학기술원 테크노경영대학원

서울특별시 동대문구 청량리 2동 207-43번지

Tel: +82-2-958-3131, Fax: +82-2-958-3604, E-mail: jhchoi@kgsm.kaist.ac.kr

## 초록

주문생산 기업은 공급체인망의 협력적 관계에 있는 협력공급자로 부터 안정적으로 부품을 조달받거나, B2B 조달시장에서 다수 입찰공급자의 가격경쟁을 통하여 부품을 구매한다. 그런데, 하나의 제품이 다수 부품으로 구성된 경우, 부품조달은 한가지 방법에만 의존하기는 힘들다. 또한, 한 제품을 구성하는 부품들은 서로 일정 비율로 사용되는데, 공급자들의 자원 한계로 인해 부품조달이 원활하지 못할 때, 부품들은 서로 납품량에 영향을 미친다. 이 경우, 협력공급자와 입찰공급자들을 동시에 고려하여 협력공급자의 납품수량과 입찰공급자의 낙찰 및 납품수량을 결정하는 효율적인 최적공급자 선정방법이 필요하다.

이에 본 연구는 주문생산 기업이 부품조달을 위한 최적공급자 선정에 대해 최대이윤을 목적으로 하면서, 협력적 요인, 경쟁적 요인, 통합요인의 구매조건을 만족하는 협력공급자 기반의 입찰공급자 낙찰을 위한 최적화 통합모형을 제안한다.

## 키워드:

공급체인; B2B; 공급자 선정; 최적화 모형

## 서론

주문생산 기업은 제품의 주문을 받으면 제품 생산을 위해 필요한 부품 또는 원료를 조달 받아 생산한다. 부품의 재고가 부족한 경우, 부품을 납품하는 공급자를 선정해야 한다. 일반적으로 부품은 전략적으로 공급체인상의 협력 공급자들로부터 조달 받거나, 공급자간 경쟁적인 입찰시장을 통하여 공급 받을 수 있다. 협력공급자들로부터의 조달은 안정적이며, 입찰공급자간 경쟁을 통한 조달은 구매비용을 절감할

수 있다. 그런데, 주문생산 제품을 구성하는 부품의 수가 많은 경우에는 한 가지 방법으로 조달하기에는 한계가 있다.

협력공급자는 SRM(Supplier Relationship Management)을 통한 공급자 평가로 선정된 기업들이 장기적인 협력 관계를 맺으며 원료나 부품을 조달한다. 한편, 경쟁적인 조달 입찰에서는 일반적으로 구매자의 요구사항을 만족하는 가운데 낮은 가격을 제시하는 입찰공급자가 낙찰된다. 그런데, 일반적으로 하나의 제품 생산에는 다수 부품들이 일정한 비율로 사용된다 즉, 부품간 구매비율이 존재한다. 그림 1은 서로 다른 공급자그룹으로부터 부품을 납품받을 때, 협력공급자를 먼저 선정하고 나머지는 입찰공급자 낙찰모형을 이용하여 낙찰공급자를 선정하는 과정을 나타낸 것이다. 이 방법은 협력공급자가 납품할 부품에 대해 낙찰된 입찰공급자의 납품대상 부품의 양이 일정 비율을 만족하지 못하면 협력공급자의 납품수량을 조정하는 과정부터 반복해야 하기 때문에 비효율적이다.

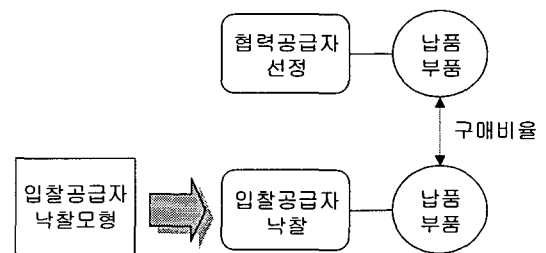


그림 1 - 입찰공급자 낙찰모형에 의한 공급자선정

부품간 부품 구매비율 외에, 구매량은 주문생산 기

업의 예산 내에서 결정되어야 한다. 이러한 상황은 입찰공급자들의 낙찰이 협력공급자들의 납품 가능량에 의존적이며, 협력공급자들의 선정 역시 입찰공급자들의 납품 가능량에 의존적으로 만든다. 기존의 공급자 선정에 관한 연구는 이러한 관점에서 고려되지 않았다. 따라서, 본 연구는 협력공급자와 입찰공급자들의 상황을 동시에 고려하여 입찰공급자들을 선정하는 모형을 제시한다. 그림 2는 공급자선정은 협력공급자 기반의 입찰공급자 선정 통합모형을 이용하여 협력 및 입찰공급자 전체를 대상으로 하여 동시에 공급자를 선정하는 과정을 나타낸 것이다.

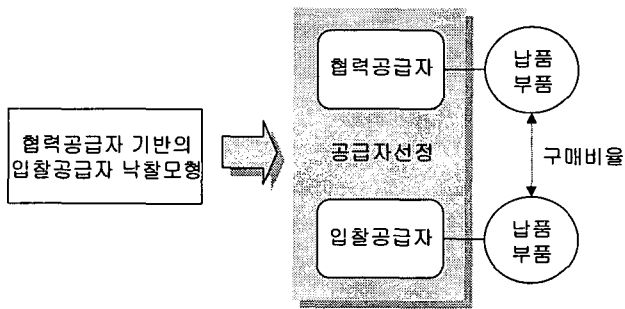


그림 2 - 협력공급자 기반의 입찰공급자 낙찰모형

이를 위하여 먼저 관련 문헌 연구를 통해 기존 연구의 한계를 살펴본다. 다음으로, 협력공급자 기반의 입찰공급자 낙찰을 위한 최적화 통합모형의 구조를 제시하며, 구조에서 나타나는 모형화 요인을 바탕으로 최적화모형을 제시한다. 마지막으로 본 논문의 공헌과 향후 연구과제를 제시하며 결론을 맺는다.

## 문헌 연구

대부분의 기업에서 외부공급자로부터의 구매는 총 운영비용의 많은 부분을 차지한다. 따라서 최적의 공급자 선정을 통해 구매 비용을 줄이는 것은 매우 중요하며 기업경쟁력과 직결된다. 특히 구매의 대량화와 인터넷 기반 기술들은 구매 프로세스에서의 비용을 획기적으로 줄일 수 있는 다양한 방법들을 제공하고 있다 [8].

Weele [21]는 구매 프로세스를 총 5단계- 구매수요 인식, 공급자 인식, 공급자 평가, 공급자 선정, 주문-로 나누었다. 본 과정 중에서도 최적공급자의 평가 및 선정은 원하는 수준의 품질, 납기일, 그리고 구매가격, 적정수준의 기술 및 서비스 지원을 얻는데 있어서 필수적이다 [10].

공급자를 평가하는 방안으로 입찰(Bidding), 최소요구조건 기반 평가(Announcing Minimum Requirements), 무작위 순차적 평가(Random Sequential Evaluation) 등 공급자를 평가하는 많은 방법들이 있다[2]. 입찰은 다수의 공급자에게 입찰요청서를

제안하고, 입찰제안서를 받아 평가 후 최적의 공급자를 선정하는 방식이며, 두 번째 방식은 구매자가 일련의 주요 평가요소에 대해 최소요구조건을 제시하고 이를 만족하는 공급자들에 한해서 입찰하도록 초청하는 방식이다. 무작위 순차적 평가는 구매자가 한번에 한 업체씩 다수의 잠재 공급업체를 순차적으로 파악하면서 적절한 공급자를 선정하는 방식이다.

공급자 선정에 대한 대다수의 연구들은 공급자의 선정 평가 시 활용되는 공급자의 상대적인 속성 또는 특성들을 정의하는데 중점을 두었다 [7, 18].

Lehman and O'Shaughnessy [15]는 기본적인 공급자 선정기준으로 가격, 품질, 납기, 서비스를 제시하였다. 특히 최적화 모형에 기반한 공급자 선정 모형은 크게 선형계획법(Linear Programming Model) 기반 연구 [16, 13], 혼합정수계획법(Mixed Integer Programming Model) 기반 연구 [11, 6, 3, 19, 9, 14, 17], 목적계획법(Goal Programming Model) 기반 연구 [4, 20, 12] 등을 들 수 있으며, 각 연구는 공급자 선정을 위한 다양한 목적함수와 평가요인들을 제시하고 있다. 대표적으로 Kasilingam 등 [14]은 혼합정수계획 모형에 기반하여, 수요의 확률적 특성, 구매 및 배송비용, 공급부품의 품질, 납기, 공급자에 대한 고정관리비용, 그리고 품질 불량에 의해 발생하는 비용 등을 고려하였다. 그리고 구매 및 운송비, 공급자 관리 고정비, 그리고 품질 불량에 의해 발생하는 고정비와 변동비의 합을 최소화하는 목적함수를 제시하였다.

특히 위 모형들 중 일부는 가격할인(Price Discount) [6]과 번들링(Bundling)[17]을 이용하였다. 수량할인과 번들링 효과는 실질적인 구매문제를 풀기 위해 최적화 모형을 효과적으로 이용하는 유용한 방법이다.

중요 부품이나 전략적 제품의 경우에는 전략적인 제휴 또는 공급파트너로서의 개념이 강조되고 있다. 즉 다수의 공급자들을 대상으로 한 입찰 기반 평가방식에서 벗어나 집중적, 광범위한 평가를 거쳐 선정된 소수의 공급자들과 장기계약 관계를 기반으로 CPFR[1] 또는 VMI[5] 등의 기술을 활용하여 안정된 공급망을 확보하게 된다.

그러나, 기존 공급자선정 연구들은 하나의 시장과 방법을 중심으로 한 모형에 초점이 맞추어져 있다. 구매조건의 다양화, 구매량과 부품 수의 증가, 시장의 확대 등은 새로운 모형을 요구하고 있다.

## 협력공급자 기반의 입찰공급자 낙찰 통합 최적화모형 구조

그림 3은 협력공급자 기반의 입찰공급자 낙찰을 위한 최적화 통합모형의 구조를 나타낸 것이다.

구매자의 입찰공급자 낙찰을 위한 목적함수는 구매 조건에 따른다. 목적함수는 의사결정변수에 관한 제

약조건이 필요하다. 이들 목적함수 모형 외에 공급자의 납품조건을 만족하는 공급자 제약조건들이 추가되어 타당한 모형을 구성한다. 이들 제약조건으로는 협력공급자의 상황을 기술하는 협력공급자 제약조건, 입찰공급자의 상황을 기술하는 입찰공급자 제약조건, 그리고, 수요, 구매비율, 구매예산 등 협력공급자와 입찰공급자를 통합하여 고려해야 하는 통합 제약조건이 있다. 입찰공급자 및 통합 제약조건은 모두 구매자의 구매요구 조건을 만족해야 한다.

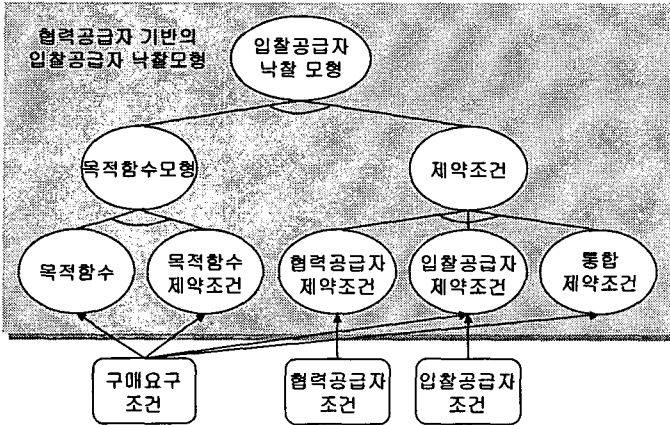


그림 3- 협력공급자 기반의 입찰공급자 낙찰 통합 모형 구조

### 협력공급자 기반의 입찰공급자 낙찰 통합 최적화모형

그림 3의 협력공급자 기반의 입찰공급자 선정 통합 모형 구조를 OR (Operational Research) 모형 구조로 표현하면 식 (1)~(5)와 같다.

- $\max | \min$  목적함수 (1)
- s.t. 목적함수 제약조건 (2)
- 협력공급자 제약조건 (3)
- 입찰공급자 제약조건 (4)
- 통합 제약조건 (5)

목적함수의 경우, 총구매비용은 공급자의 가격 할인 방법[6]과 번들링 효과[17] 등에 따라 달라질 수 있으나, 본 연구는 단가가 수량에 따라 변하지 않는 가정 하에서 접근하기로 한다. 입찰공급자선정 최적화 통합모형의 수학적 표현을 위해 그림 4를 기반으로 표기법을 정의하면 다음과 같다. 그림 4에서 구매자는 하나의 부품에 대해 한 협력공급자와 납품에

관한 협력관계를 맺으며, 동일한 부품은 여러 협력공급자에 의해 납품되지 않고, 그 외 부품에 대해서는 입찰공급자들이 여러 부품들을 분할하여 납품받을 수 있음 가정하였다.

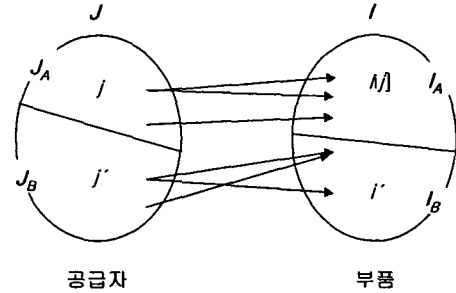


그림 4- 공급자와 부품간의 관계

$i$ : 부품색인,  $i \in I = \{1, 2, \dots, m\}$ ,  $I = I_A \cup I_B$ ,  $I_A$ 는 협력공급자와 납품이 지정된 부품,  $I_B$ 는 입찰공급자에 의해 납품될 부품.

$j$ : 공급자색인,  $j \in J = \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $J = J_A \cup J_B$ ,  $J_A$ 는 협력공급자를  $J_B$ 는 입찰공급자를 의미함.

$Z$ : 제품 생산수량의 의사결정 변수, 0 이상의 정수.

$X_{ij}$ :  $j$ 공급자에게  $i$ 부품이 선정되는 의사결정 변수, 선정되면 양의 정수 값을 가지며, 그 외는 0의 값을 가짐.

$p$ : 제품 한 개의 판매금액.

$c_{ij}$ :  $j$ 공급자로부터  $i$ 부품을 구매하는 비용.

$r_i$ : 제품 한 개를 생산하기 위해 드는  $i$ 부품 수량.

$s_{ij}$ :  $j$ 공급자의  $i$ 부품에 대한 납품 가능량.

$b$ : 구매자의 총 구매예산.

표기법에 따라 판매금액에서 구매비용을 뺀 총이익을 최대화하는 목적함수와 목적함수 제약조건은 식 (6), (7), (8)과 같다.

$$\max pZ - \sum_j \sum_i c_{ij} X_{ij} \quad (6)$$

$$Z \geq 0, \text{ integer} \quad (7)$$

$$X_{ij} \geq 0, \text{ integer for all } i, j \quad (8)$$

추가적인 협력공급자, 입찰공급자, 통합 제약조건은 표 1과 같다. 협력공급자 제약조건으로는 구매자가 협력공급자의 납품가능량을 초과하여 구매할 수 없다(식 9). 입찰공급자의 제약조건으로는 구매자가 입찰공급자의 납품가능량을 초과하여 구매할 수 없으며(식 (10)), 거래의 효율성을 고려하여 한 부품에 대

해 납품공급자의 수를 제한할 수 있다 (식 (11) ~ (14)). 수요, 구매비율, 구매예산은 협력공급자와 입찰공급자를 통합하여 고려해야 하는 통합 제약조건에 해당한다 (식 (15)~(17)).

표 1 - 제약조건

분류	제약조건	수학적 표현
협력 공급자 제약 조건	납품 가능량	$X_{i j} \leq s_{i j}$ for all $i \in I_A, j \in J_A$ (9)
	납품 가능량	$X_{ij} \leq s_{ij}$ for all $i \in I_B, j \in J_B$ (10)
입찰 공급자 제약 조건	선정 공급자수	if $X_{ij} > 0$ then $Y_{ij} = 1$ else $Y_{ij} = 0$ for all $i \in I_B, j \in J_B$ (11)
		$\sum_j Y_{ij} \geq N_{i,min}$ for all $i \in I_B$ (12)
		$\sum_j Y_{ij} \leq N_{i,max}$ for all $i \in I_B$ (13)
		$Y_{ij} = \{0, 1\}$ for all $i \in I_B, j \in J_B$ (14)
통합 제약 조건	수요	$Z \leq d$ (15)
	구매비율	$\sum_j X_{ij} = r_i Z$ for all $i$ (16)
	구매예산	$\sum_i \sum_j p_{ij} X_{ij} \leq b$ for all $i, j$ (17)

입찰공급자 선정을 위한 추가적인 제약조건으로는 입찰공급자의 평가(공급자, 배송지연율 등), 부품의 질적 평가 항목 등이 추가될 있다.

식 (6)~(17)에 의해 입찰공급자가 선정되며, 협력 및 입찰공급자들의 납품 가능량과 구매자의 구매비율에 따라 각 공급자들에게 납품수량이 정해진다. 즉, 협력공급자는 협력계약된 부품에 대한 납품수량, 그리고 각 입찰공급자들은 납품될 부품과 납품수량이 결정된다.

### 결론

본 연구는 주문생산 기업이 제품을 생산하기 위해 부품들을 조달할 때, 일부는 안정적인 부품 확보를 위해 협력공급자들로부터 납품을 받고 나머지 부품은 입찰경쟁을 통해 입찰공급자들 중에서 낙찰하되, 부품간 일정비율에 따라 납품수량을 결정하는 최적화 모형을 제안하였다. 최적화 모형은 목적함수와 목적함수 제약조건, 협력공급자 제약조건, 입찰공급자 제약조건, 그리고 수요, 구매비율, 구매예산 등 협력공급자와 입찰공급자를 통합하여 고려해야 하는 통합 제약조건으로 구성된다. 이러한 방법은 구매자가 협력공급자의 납품수량과 입찰공급자의 낙찰에 대해 효율적으로 결정할 수 있어, 구매의사결정지원 시스템의 주요 의사결정 정보형으로 활용될 수 있다.

향후, SRM과 통합하여 구매조건에 맞는 협력공급자

를 선정 하고 입찰공급자를 낙찰하는 방법 에 관한 연구가 필요하다. 또한, e-Marketplace과 e-Auction 또는, 협상전략과의 통합도 고려될 필요가 있다.

### 참고문헌

- [1] Andraski, J., and Haedicke, J. (2003). "CPFR: Time for the Breakthrough?," Supply Chain Management Review, Vol. 7. No. 3, pp. 54-61.
- [2] Barua, A., Ravindran, S., and Winston, A.B. (1997). "Efficient Selection of Suppliers over the Internet," Journal of Management Information Systems, Vol. 13, No. 4, pp. 117-137.
- [3] Bender, P.S., Brown, R.W., Isaac, M.H., and Shapiro, J.F. (1985). "Improving Purchasing Productivity at IBM with a Normative Decision Support System, Interfaces, Vol. 15, pp. 106-115.
- [4] Buffa, F.P., and Jackson, W.M. (1983). "A Goal Programming Model for Purchase Planning," Journal of Purchasing and Materials Management, Vol. 19, pp. 27-34.
- [5] Cetinkaya, S., and Lee, C. (2000) "Stock Replenishment and Shipment Scheduling for Vendor-Managed Inventory Systems, Management Science, Vol. 46. No. 2, pp.217-232.
- [6] Chaudhry, S.S., Forst, F.G., and Zadiak, J.L. (1993). "Vendor Selection with Price Breaks," European Journal of Operational Research, Vol. 70, pp. 52-66.
- [7] Cooper, M., (1991). "How Buyers and Operations Personnel Evaluate Service," Industrial Marketing Management, Vol. 20, pp. 81-85.
- [8] De Boer, L., Labro, E., and Morlacchi, P. (2001). "A Review of Methods Supporting Supplier Selection," European Journal of Purchasing & Supply Management, Vol. 7, pp. 75-89.
- [9] Degraeve, Z., & Roodhooft, F. (1998). Determining sourcing strategies: A Decision Model Based on Activity and Cost Driver Information," Journal of the Operational Research Society, Vol. 49, pp. 781-789.
- [10] Dobler, D.W., and Burt, D.N. (1996). "Purchasing & Supply Management - Text and Cases (6th ed.). New York: McGraw Hill.
- [11] Gaballa, A.A. (1974). "Minimum Cost Allocation of Tenders," Operation Research Quarterly, Vol. 25, pp. 389-398.
- [12] Gao, Z., and Tang, L. (2003). "A Multi-objective Model for Purchasing of Bulk Raw Materials of a Large-scale Integrated Steel Plant," International Journal of Production Economics, Vol. 83, pp. 325-334.
- [13] Ghodsypour, S.H., and O'Brien, C. (1998). "A Decision Support System for Support Selection Using an Integrated Analytic Hierarchy Process and Linear

- Programming," *International Journal of Production Economics*, Vol. 56/57, pp. 199-212. .
- [14] Kasilingam, R.G., and Lee Chee P. (1996). "Selection of Vendors – A Mixed Integer Programming Approach," *Computers Industrial Engineering*, Vol. 31, pp. 347-350.
- [15] Lehman, D. R., and O'Shaughnessy, J. (1982) "Decision Criteria Used in Buying Different Categories of Products," *Journal of Purchasing and Materials Management*, pp. 11-13.
- [16] Pan, A.C. (1989). "Allocation of Order Quantity among Suppliers," *Journal of Purchasing and Materials Management*, Vol. 25, pp.36-40.
- [17] Rosenthal, E.C., Zydiak, J.L., and Chaudhry, S.S. (1995). "Vendor Selection with Bundling," *Decision Sciences*, Vol. 26, pp.35-48.
- [18] Weber, C.A., Current J.R., and Benton W., (1991) "Vendor Selection Criteria and Method," *European Journal of Operation Research*, Vol. 50, pp. 2-18.
- [19] Weber, C.A., and Current, J.R. (1993). "A Multiobjective Approach to Vendor Selection," *European Journal of Operational Research*, Vol. 68, pp. 173–184.
- [20] Weber, C.A., and Ellram, L.M. (1993). "Supplier Selection Using Multi-objective Programming." *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 23, pp. 3–14.
- [21] Weele, A.V. (1994). "Purchasing Management, Analysis, Planning and Practice," London: Chapman and Hall.