

공급사슬경영에서의 효율적인 구매 관리를 위한 공급자 선택 및 주문량 할당에 관한 연구

정 주 기, 이 영 해
한양대학교 산업공학과

Supplier Selection and Assignment of Order Quantities to suppliers
for the Efficient Purchasing Management in Supply Chain Management
Joo Gi Chung and Young Hae Lee

Abstract

In the supply chain network design, how to select the best location, capacity configuration of the suppliers and to assign manufacturers orders are a challenging issue. Especially when multi-tiers' suppliers are existed, the performance of supply chain is influenced by 2nd and 3rd suppliers. Supplier selection is multi-criteria problem which includes both qualitative and quantitative factors in supply chains. In order to select the best supplier it is necessary to make a trade off between these two factors such as cost, product quality, capacity, production lead time, deliver lead time and transportation lead time of supplier constraints existed in multi-tiers supplier purchasing chain. In these circumstances, purchasing agents should decide two problems: which is the best supplier in each tier and how much should be purchased from each selected supplier. This research is intended to develop an integration of an analytical hierarchy process (AHP) and mathematical modeling proposed to consider two factors which may be conflicted in choosing the best supplier in each tier and placing the optimum order quantities to the supplier among multi-tiers suppliers.

1. 서론

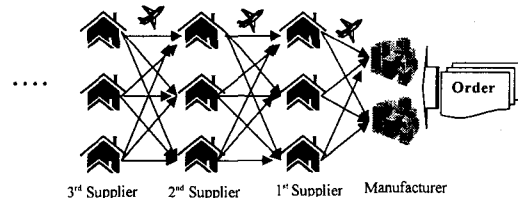
1.1 SCM하에서 구매(Purchasing)의 역할

대부분의 산업에서 최종 제품을 이루는 원자재나 구성부품의 비용은 제품 가격의 주요 요소이며 어떤 경우에는 제품가격의 70%를 차지하기도 한다 [6]. 이러한 조건에서 구매 부서는 비용감소를 위한 많은 역할을 해야 하는데 그 중에서 공급자 선정 (Supplier Selection)은 구매 관리에 있어서 중요한 기능을 담당한다. 구매 기능(Purchasing function)은 원자재나 부품 및 서비스 구매의 협의의 개념보다는 보다 광범위한 관리의 의미로써 요구된다. 구매(Purchasing)와 조달(Procurement)은 다른 의미를 지니는데 구매는 자재의 구입이나 구입 프로세스(buying process)에 연관되는 실제적인 여러 활동들을 의미하며 조달은 보다 확장된 개념으로

구매, 운송(transportation), warehousing, 그리고 inbound receiving에 이르는 전 과정을 포함한다. [그림 1]은 다단계 공급사슬에서 구매사슬을 표현한 것이다.

1.2 공급자 선택의 관점

복잡한 네트워크(network) 구조의 구매사슬에서 적절한 공급자 선택은 그 기업의 경쟁력을 좌우한다. 전체 공급사슬의 능력을 향상시키는 성과를 위해 공급자 개발(Supplier development)은 핵심



[그림 1] 구매사슬의 구성

역할을 하게 되는데 다단계의 공급자가 존재할 때는 체적 효과(Bullwhip effect)나 주문량 확대 현상(demand amplification effect) 같은 영향을 받게 된다. 또한 공급 사슬이 길어질수록 공급사슬 구성원 간에 지연(delay)이나 정보왜곡(information distortion)으로 점차적으로 증가하게 된다. 구매사슬을 형성하는 과정에서 배송 인도 기간(Delivery Lead Time)이나 배송 적시(Delivery Promptness)를 만족시키면서 비용이 최소가 되는 공급자를 선택하기 위해서는 많은 요인들이 분석되어야 한다. 그러나 고려되는 요인이 정량적인(Quantitative) 요인(Factor)인 경우에는 여러 가지 방법으로 분석이 가능하나 정성적인(Qualitative) 요인인 경우에는 어떠한 방법으로 정량화 해야 하는지 어려움에 직면하게 된다. 이와 더불어 수많은 정량적인 요소들 중 중요한 요소가 무엇인지, 이들 중 큰 영향을 미치는 요소를 어떻게 선택하여 문제에 적용하여야 하는지도 같이 고려되어야 한다. 본 논문에서는 공급자 선정에 제약이 있는 경우에 구매 과정(purchase process)에서 발생하는 필요 없는 사슬(no-value chain)을 없애고 최적의 공급자들에게 필요한 양을 주문하고 주문한 양이 제 시간에 도착할 수 있도록 공급자의 공급자까지 관리하는 것이 연

구 목적이다.

2. 기존 연구 고찰

2.1 공급자 선정을 위한 선정 평가기준 정의

공급자의 성과를 측정하는 요소는 다양하다. 대부분의 관리자는 단순히 가격 측면에서 공급자를 선택하는 것이 아니라 품질이나 배송 성과(delivery performance) 등 여러 요소를 고려하여 결정한다. 그러므로 공급자를 평가하는 적절한 요소들을 결정하는 것은 매우 중요하다. 과거 연구는 공급자 선정 기준으로서 주로 5가지의 요소(Cost, Quality, Lead-time, On time delivery, Flexibility)를 정의하였다[3]. Rebecca는 EDI (Electronic Data Interchange) 환경하에서 공급자를 선택하는 기준을 조사하기도 했다[1]. 그런데 무엇보다도 중요한 것은 민첩하고(agile) 경쟁력 있으며(competent) 적합한(compatible) 공급자를 선택하는 것이다([8],[11],[15],[17],[18],[24]). 한편, BOM(Bill Of Material)을 구성하는 중요 부품이나 조립품에 기초하여 각각의 개별적인 특성을 고려하여 공급자가 선택되도록 전략적인 자재 구매(strategic material procurement)의 구조(frame work)를 표현한 연구는 새로운 제품 개발에 있어서 첫 사업 단계로서 중요한 의미를 지닌다[20].

2.2 공급자 선정 방법론

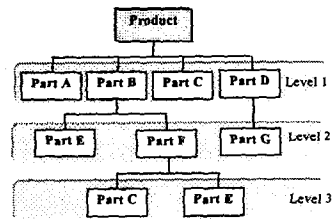
다차원(multiple dimensions)하의 수리적인 모델링은 정량적인 정보와 정성적인 정보를 기반으로 전략적인 결정(strategic decisions)이 이루어지므로 두 측면의 정보를 통합하여 분석하는 방법으로 AHP(Analytical Hierarchy Process)가 자주 이용된다. 이 기법은 국제적인 통합 터미널(international consolidation terminals)의 분석[13], 벤치마킹 대상에 대한 결정(determining what to benchmark)[16], 공항의 위치결정(location airports) [14], 품질 및 스케줄에 기초한 하청의 할당문제[21] 등 여러 분야에 효과적으로 사용되고 있다. 최적 조건의 공급자에게 최적량을 할당하는 문제는 공급자의 생산 제약이 없는 조건하에 AHP와 LP(linear programming)를 이용하여 연구되기도 하였다[7]. 한편, 공급자의 여러 속성들중 중요속성을 결정하기 위한 질문들을 모아놓은 Likert scale set과 공급자 선택을 위한 실험계획을 위해 DCA(Discrete Choice Analysis)를 이용한 연구가 진행되었다[3]. 또한 구매 방법의 일환으로 ZG (Zero-base Global)를 적용하여 공급자 선택을 하기도 하였다[12]. 공급사슬 성과를 분석하기 위해 2수준을 고려한 방법은 사슬 수준(chain level)과 운영적 수준(operation level)으로 분리되었다[10]. Samadhi는 공급자 선택의 단계를 3단계로 나누었는데 그 단계는 잠재 공급자 검색(scanning of potential partners), 적절한 공급자 연결(matching of partners compatibility), 그리고 물류적인 조건들

(logistic considerations) 적용으로 구분하였다[2]. 효율적인 가치사슬 네트워크(value chain networks) 디자인이 Talluri에 의해 제시되었고[19], 공급자 능력 제한을 둔 수리적인 모델도 연구되었다[4]. 제조적인 측면에서, Arntzen는 최적의 글로벌 공급사슬(Global Supply Chain)을 세우기 위해 디지털 장비 회사에 Large scale 혼합정수 계획법(mixed integer linear program)을 적용한 방법을 제안하였다[3]. 유연 생산시스템(Flexible Production System)에서 구매 관리의 구매 리드타임(Lead Time)을 최소화하려는 측면의 연구와[22], 제조 네트워크간의 회사들 사이에 정보 공유(Information Sharing)의 영향을 제시한 측면의 연구도 있었다([5],[9]).

3. 통합 모델(integrated Model)

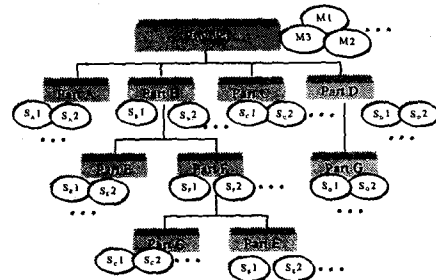
3.1 PSR Table 전개

새로운 제품 계획(planning)의 첫 단계로서 적당한 부품의 선택은 중요한 역할을 한다. 그러므로, 주요부품의 개별적인 특성을 파악하는 것은 BOM 구성과 더불어 각 부품에 적당한 공급자를 선택하여 결정하는 과정까지 영향을 미친다. 구성부품들이 서로 다른 Lead Time과 단위비용(part unit cost), 조립 순서를 지닌다면 부품들을 생산하는 공급자는 우선 순위에 따라 분류되어 관리되어야 한다. 이러한 배경을 바탕으로 본 논문에서는 다단계 공급자 선정을 위해 BOM 개념에 기초한



[그림 2] PSR Table 전개

PSR(Part-Supplier Relationship) Table을 전개하고자 한다[그림 2]. [그림2]를 보면, 각 수준(level)마다 생산할 부품을 결정하고 이중 중요 부품들간의 종속관계를 규정하여 수준별로 위치시킨다. PSR Table과 공급자 및 조립공장의 연결 구조는 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 구매 Process 의 구조

[그림 3] 에서 M 과 S 는 각각 조립공장과 공급자를 표현한다. PSR Table의 전체적인 구조는 부품 (Part) A, 부품 B, 부품 C, 부품 D 는 1차 공급 수준에 속해있고 부품 E, 부품 F, 부품 G 는 2차 공급 수준, 부품 C와 부품 E는 3차 공급 수준에 있다. 부품별로 각각 ns (공급자의 수)개의 공급자가 잠재 공급자(potential supplier)로 존재하기 때문에 Part를 좋은 조건으로 생산할 수 있는 공급자들에게 AHP (Analytical Hierarchy Process)를 이용하여 우선 순위를 매기고 가중치가 부여된 공급자에게 전체 구매사슬의 전체비용이 최소가 되도록 주문량을 할당한다. 부품별로 관리되는 공급자는 최우선 순위가 있는 공급자가 주문량을 전부 해결하지 못하면 다음 순위의 공급자에게 나머지 여분의 주문량을 할당해 나가면서 전체 주문량이 모두 만족될 때까지 공급자가 사용된다. 공급자에게 매겨지는 우선 순위(weight)는 같은 공급자일지라도 조립공장, 수준에 따라 다른 값을 가질 수 있다. 무엇보다도 서로간의 거리로 인한 우선 순위 값이 변하게 되고 그밖에 다른 여러 조건들로 공급자의 우선 순위는 서로 다르게 적용된다.

3.2 수리적 모델

Index(첨자)

- i : 조립공장 첨자 ($i = 1, \dots, n_M$)
- j : PSR 수준(Level) 첨자 ($j = n_L, \dots, 1$)
- k : 제품(Part) 첨자 ($k = 1, \dots, n_P$), (k 는 하위 수준의 부품 첨자, k' 는 상위 수준의 부품 첨자)
- l : Supplier index ($l = n(k), n(k) = 1, \dots, ns_K$) (l 은 공급하는 측면에서의 supplier, l' 는 공급받는 측면에서의 supplier)
- C_M : 부품별 생산 단위 비용
- C_d : 거리당 단위 비용, C_t : 시간당 배달 비용
- ns_{ij} : i -조립공장, j -수준에서 주문량이 할당된 총 공급자 수, n_M : 조립공장 개수
- n_L : PSR Table 수준수, n_P : 중요 부품 수
- ns_K : 부품 k 에 대한 잠재 공급자 수
- $n(k)$: k -부품을 생산하도록 할당되어진 공급자 수
- A_M : k -부품의 l -공급자의 최대 생산 능력
- $R_{y(i,k,l')}$: j -수준에서 k -부품의 l -공급자가 k' -부품의 l' -공급자에게 공급하는 양에 대한 가중치
- $D_{y(i,k,l')}$: j -수준에서 k -부품의 l -공급자에서 k' -부품의 l' -공급자로 이동하는 거리
- $T_{y(i,k,l')}$: j -수준에서 k -부품의 l -공급자에서 k' -부품의 l' -공급자로 배달(delivery) 시간
- $\max(T_{y(i,k,l')})$: i -조립공장, j -수준에서 배달 시간이 가장 긴 공급자의 시간
- PTJ_{ij} : j -수준에서 k -부품의 l -공급자에서 k' -부품의 l' -공급자로의 배달 시간에 대한 i -조립공장이 허용

하는 한계 시간

PTJ_{ij} : j -수준에서 k -부품의 l -공급자에서 k' -부품의 l' -공급자로의 배달 시간 차이의 합에 대한 i -조립공장이 요구한 허용하는 한계 시간

PO_{ik} : i -조립공장, k -부품의 총 생산할 량

A_D, A_T : PSR table이 전개될 때 관련이 있는 공급자나 조립공장간의 거리와 배달시간을 표현한 행렬 집합

Decision Variables(결정변수)

$X_{y(i,k,l')}$: i -조립공장, j -수준, k -부품, l -공급자에서 k' -부품, l' -공급자로 할당된 주문량 ($k \neq k'$)

Mathematical Model(수리적 모델)

MIN Total Cost = PRC + TRC + DLC

(PRC: 생산비용, TRC: 운송비용, DLC: 최하위 수준에서 상위 수준으로 부품들이 조달되는 비용)

$$PRC = \sum_j \sum_i \sum_{k,l} \sum_{k',l'} [(1 - R_{y(i,k,l')}) / (ns_k - 1)] \times X_{y(i,k,l')} \times C_M$$

$$TRC = \sum_j \sum_i \sum_{k,l} \sum_{k',l'} [(1 - R_{y(i,k,l')}) / (ns_k - 1)] \times X_{y(i,k,l')} \times D_{y(i,k,l')} \times C_d$$

$$DLC = \sum_j \sum_i \sum_{k,l} \sum_{k',l'} [(1 - R_{y(i,k,l')}) / (ns_k - 1)] \times X_{y(i,k,l')} \times T_{y(i,k,l')} \times C_t$$

Subject to

$$\sum_j \sum_i \sum_{k,l} X_{y(i,k,l')} = PO_{ik}, \forall i, k \quad (1)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_{k,l} X_{y(i,k,l')} \leq A_M, \forall k, l \quad (2)$$

$$ns_{ij} \times \max(T_{y(i,k,l')}) - \sum_k \sum_l T_{y(i,k,l')} \leq PTJ_{ij}, \forall i, j \quad (3)$$

$$D_{y(i,k,l')} \leq PD_{ij}, D_{y(i,k,l')} \in A_D \quad (4)$$

$$T_{y(i,k,l')} \leq PT_{ij}, T_{y(i,k,l')} \in A_T \quad (5)$$

$$X_{y(i,k,l')} \geq 0, T_{y(i,k,l')}, D_{y(i,k,l')} \geq 0 \quad (6)$$

구매모델의 목적함수식은 모든 비용 및 시간을 최소화하는 식이다(생산비용, 운송비용, 배달시간). 생산 비용은 선택된 공급자에게 할당된 양을 생산하는데 드는 비용이다. 운송비용은 공급자에게 할당된 모든 주문량을 상위 수준의 공급자 혹은 조립공장에 운반하는 비용이다. 배달시간 비용은 하위 수준에서 상위 수준으로 운반될 때 각 배달시간의 합을 비용으로 환산한 것이다. 제약식 (1)은 모든 조립공장, level, part, 공급자에 생산된 할당량의 합은 각 part k 가 생산할 양과 같아야 함을 표현한 식이다. 제약식 (2)는 공급자의 생산능력을 제한한 식으로 이 식은 한곳 이상의 공급자가 선택되도록 제한하는 식이다. 제약식 (3)은 조립공장에서 요구하는 제한 시간으로 각 수준에서의 서로 다른 조달시간으로 인하여 발생하는 지체시간들의 차이를 최소화하려는 식이다. 제약식 (4),(5)는 하위 level에서 상위 level로 part가 이동될 때 걸리는 시간 및 거리를 표현한 행렬로써 표현된 값으로 PSR Table 전개에 따라 다른 값이 사용된다. 제약식 (6)은 결정변수 및 거리, 시간의 값이 음수가 되지 않도록 제한하는 식이다.

4. 결 론

본 논문에서는 공급구매 관리의 중요성을 인식하고 공급자의 공급자까지 포함하는 통합적인 모델을 제시하였다. 공급자의 우선 순위를 결정하기 위해서 AHP를 이용하였고 이를 PSR Table을 전개한 후 수리적으로 접근하였다.

참고문헌

- [1]Angles,R., Nath,R., "An Empirical study of EDI trading partner selection criteria in customer-supplier relationships", *Information & Management*, vol.37, 2000, 241-255
- [2]Samadhi,T.M.A.Ari, Hoang,K., "Partners selection in a shared-CIM system", *Int. J. Computer integrated manufacturing*, Vol.11, No.2,1998, pp.173-182
- [3]Arntzen,B.C., Brown,G.G., et al., "Global supply chain Management at Digital Equipment Corporation", *Interfaces* 25, No.1, 1994, pp.69-93
- [4]Cakravastia,A., Toha,I.S., Nakamura,N., "A model for partners selection in efficient supply chain with capacity constraint", *Proceedings of the 5th international symposium on logistics(ISL 2000)*, pp.189-196
- [5]Damours,S., Montreuil,B., et al., "Networked manufacturing: The impact of information sharing", *Int. J. Production Economics* 58, 1999, pp.63-79
- [6]Ghobadian,A., Stainer,A., Kiss,T., "A computerized vendor rating system", *Proc. 1st Internat. Symp. Logisteics*, 1993, pp.321-328
- [7]Ghodsypour,S.H., O'Brien,C., "A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming", *Int.J. Production Economics* 57, 1998, pp.199-212
- [8]Henderson,C.J., "Plugging into strategic partnerships: The critical is connection", *Sloan Management Review*, Vol.31, No.3, 1990, pp.7-18
- [9]Lee, S.C., Kim, B.W., "An effective cost allocation strategy for the information infrastructure in supply chain management", *INFORMS & KORMS Conference 2000*
- [10]Li,D., OBrien,C., "Integrated decision modeling of supply chain efficiency", *Int. J. Production Economics* 59, 1999, pp.147-157
- [11]Lie,D., Slocum,J., "Global strategy, competence building, and strategic alliances", *California Management Review*, Vol. 35, No.1, 1992, pp.81-98
- [12]Maki,N., Tsuji,M., "A method of selecting suppliers for cost and lead time reduction - ZG (Zero-base global) procurement method", *Proceedings of the 5th international symposium on logistics(ISL 2000)*, pp.86-91
- [13]Min, H., "Location Analysis of International Consolidation Terminals using the Analytic Hierarchy Process", *Journal of Business Logistics*, Vol.15, 1994, pp.25-44.
- [14]Min, H., "International Supplier Selection: A Multi-Attribute Utility Approach", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol.24, 1994, pp.24-33.
- [15]Oliver,C., "Determinants of interorganizational relationships: Integration and future directions", *Academy of Management Review*, Vol.15, No.2, 1990, pp.241-265.
- [16]Partovi, F.Y., "Determining Mffiat To Benchmark : An Analytical Hierarchy Process Approach", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.14, 1994, pp.25-39
- [17]Presley,A., Barnett,B., Liles,D.H., "A virtual enterprise architecture", *Fourth Annual Agility Forum Conference*, Vol. 2,, 1995, pp.3-12.
- [18]Snow,C.C., Miles,R.E., "Managing 21st century network organizations", *Organizational Dynamics*, Vol. 20, No.3, 1992, pp.5-20.
- [19]Talluri,S., Baker,R.C., Sarkis,J., "A framework for designing efficient value chain networks", *Int. J. Production Economics*, Vol. 62, 1999, pp.133-144
- [20]Tamaki,K., "SCM oriented material procurement planning for new product development", *Proceedings of the 5th international symposium on logistics(ISL 2000)*, pp.38-43
- [21]Thompson, D. M. "Using AHP to allocate contract incentives", *Transactions of the American Association of Cost Engineers*, 1994, DCL7.1-DCL7.3.
- [22]Tomino,T., "Flexible production system and purchasing management : The case of Japanese Automobile Makers", *Proceedings of the 5th international symposium on logistics (ISL 2000)*, pp.602-607
- [23]Verma,R., Pullman,M.E., "An Analysis of the Supplier Selection", *Omega Int. J. Mgmt Sci.*, Vol.26, No.6, 1998, pp.739-750.
- [24]Young,F.W., Gilbert,J.A., O'Neal,C.R., "Buyer}seller relationships in just-in-time purchasing environments", *Journal of Business Research*, Vol. 29, No.2, 1994, pp.111-120