

Supply Chain Network 구성요소들의 양방향 선호도를 고려한 생산/분배 통합 모형

정병희 · 최정일
승실대학교 산업/정보시스템공학과

Mutual Preferences based Design for Coordinated Production and Distribution on Supply Chain Network Chung Buyng-Hee · Choi Jung-Il

The importance of efficient Supply Chain Management is increasing in accordance with recent industrial environment, such as globalization of business, complexity and diversity of company's management structure, and variety of customer's demand. In a rapidly changed environment of business, quick and efficient decision making is the important matter to the survival of the company.

The purpose of this study supports decision making for efficient supply chain management. In this study, we consider simultaneously and mutually reflecting the preference of each constituent (Supplier, Manufacturing plant, Distribution center, Customer) on supply chain network, and decide company's strategic choice and coordinated production/distribution models of company. The Analytical Hierarchy Process is used for decision making of qualitative and quantitative elements. We use the results of AHP as inputs and propose mathematical models thru Mixed Integer Programming.

1. 서론

기업의 환경이 세계화되고, 기업의 경영 구조가 복잡, 다양화되며, 고객의 요구 또한 다양하게 변화하는 최근의 산업 환경에 따라 효율적인 공급사슬 경영(Supply Chain Management)에 대한 관심이 높아지고 있다.(이영해, 2000) 실제로, 공급사슬경영이 기업의 경쟁력제고, 이익과 전략적 기여에 결정적인 역할을 한다는 것을 인지함으로써, 공급사슬은 전략적인 이슈로 부각되었고, 어느 산업에서건 그 중요함은 증가하였다.(S.R.Clinton,1997) 따라서, 급속하게 변하는 기업 환경 속에서 신속하고, 효율적인 의사결정은 기업의 생존과 직결되는 문제이다.

전통적인 물류(Logistics)에서의 핵심 사항은 조달, 제조, 분배를 성공적으로 실행하고, 조정하는 것이다.(D.J. Thomas, 1996) 또한 물류의 주요사안은 총 수송비용이나, 물류비용의 최소화, 기업의 총 이익의 최대화에서 보다 나은 고객 서비스를 제공하는 것으로 옮겨가고 있다. 더불어 물류 관리자는 하나의 거점을 중심으로 생각하기보다는 전체 물류망 관리에 좀더 중점을 두고 있으며, 이의 결과로 파트너 쉽과 고객만족이 주요 이슈로 부각되고 있다. 기업의 의사결정은 고객에게 낮은 가격의 상품과 높은 서비스를 제공할 수 있도록, 동시에 통합적으로 공급사슬을 설계, 관리하는 방향으로 바뀌어 가고 있다.(D.J. Thomas, 1996)

본 연구의 목적은 효율적인 공급사슬경영을 위한 의사결정 지원에 있다. 본 연구에서는 공급사슬상의 각각의 구성요소들(공급업자, 제조 공장, 분배창

고, 최종소비자)의 선호도를 동시에 양방향으로 고려하여 기업의 전략적 선택 및 통합적인 생산/분배 모형을 결정한다. 이를 위해 정성적, 정량적 요소에 대한 의사결정을 위한 계층적 분석 모형(Analytical Hierarchy Process)을 사용하였으며, 이를 통하여 얻어진 선호도를 입력자료로 활용하여, 혼합 정수 계획법(Mixed Integer Programming)을 이용한 구체적인 수식 모형을 제시한다.

2. 공급사슬경영

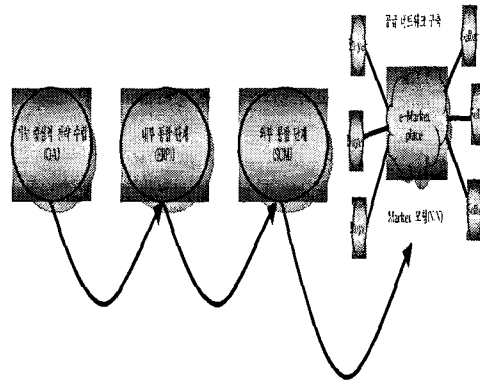
2.1 공급사슬경영의 발전

최초의 공급사슬 관리의 기업은 전체적인 공급사슬을 고려하기보다는 기업 내 부서를 중심으로 기능 중심적인 활동을 전개하였다. 따라서 기업의 공급 사슬과 관련된 각 프로세스의 연결고리가 단절되었으며, 신속한 의사결정을 위한 정보의 재창출과 각 부서간 시의적절한 정보공유는 힘든 상황이었다. 1970년대와 80년대를 거쳐 완성된 MRP(I), MRP(II)는 제조기업의 생산 관련 프로세스를 개선하였고, 80년대를 거쳐 90년대 완성된 ERP를 통하여 기업은 내부통합 이룩하였다. 이때, 공급사슬 관리의 ERP의 한 부분으로 작용하였으며, 공급사슬 관련 프로세스가 정립되고 이에 따른 통합된 공급사슬 프로세스를 수행할 수 있었다. 고객, 비용, 자산 관련사항이 통합적으로 관리되었고, 주문충족 주기시간, 총 재고일수와 같은 목표 중심의 조직 및 업무수행이 가능하게 되었다. 기업의 내부통합

단계를 지나 기업에 물려 있는 기업의 외적 환경에 대해서도 관심이 고조되었으며, 1996년 결성된 SCC (Supply Chain Council)에서는 SCOR(Supply Chain Operations Reference)이라는 SCM 표준 모델을 제정하였고, 지금도 계속 Upgrade 시키고 있다.(이영해, 2000) 발전된 공급사슬경영은 중요고객, 중요 공급업체와 같은 전략적 파트너와의 협력형 공급사슬 전략을 수립한다. 전략적 파트너를 포함한 전체 공급사슬에 걸친 주요 성과를 관리하며, 협업을 수행하기 위한 중요정보를 전략적 파트너와 공유하여 공급사슬 프로세스를 수행한다. 따라서 전략적 파트너와 협업 중심, 핵심역량 중심의 조직 및 업무가 가능해 진다. 외부통합을 이룬 기업은 전략적 파트너와의 다양한 사업모델(1:1, 1:N, N:N)을 지원하기 위한 공급사슬 전략과 정보전략을 통합 수립할 것이며, Supply Chain Hub, Marketplace 등을 기반으로 한 공급 네트워크 구축이 가능해 질 것이다. 또한 매출목표, 시장 점유율과 같은 사업목표 달성 중심의 주요성과 지표를 관리할 것이며, 신제품 개발, CRM 등을 포함하여 공급사슬 프로세스의 전략적 의사결정 수행이 가능해 질 것이다. 이렇듯 공급사슬 관리는 산업의 발전에 따른 기능 중심 전략 수립에서 내부통합과 외부통합을 걸쳐 공급 네트워크 구축으로 진화하고 있으며, 지금까지의 공급사슬 관리 발전과정을 통하여 다음과 같이 3가지 측면으로 개념을 정리 할 수 있다. 첫째, 경영 철학적 개념으로써, 기업 영역을 초월한 기업 상호간의 협력을 추구하는 전략적 경영 기법, 사업 동반자들의 상호이익과 효율성(Win-Win 전략)을 추구하는 경영방식, 기업간 협력, 전략적 제휴, BPR등이 포함된 광의의 경영 개념으로 정의할 수 있다. 두 번째로 정보 기술적 관점으로써, 첨단 정보기술을 사용한 기업간 전략적 협력에 의한 정보 공유를 통하여 기업간 업무 기능들이 효율적으로 발휘될 수 있도록 지원하는 응용 시스템의 집합체라 정의 할 수 있으며, 마지막으로 경영 전략적 관점으로써, 시간 경쟁 전략을 적용한 납기의 단축, 비용절감, JIT, CRP, QR, VMI, ABC 등이 포함된 경영기법으로 정의 할 수 있다.

2.2 공급사슬경영의 이론적 연구 현황

공급사슬경영은 초기 물류관리의 확장된 개념으로 출발하였다. 처음으로, Hakimi(1964)는 물류망 설계의 문제를 이론 중심으로 전체적인 지역문제를 다루었다. 그 후 Geoffrion과 Grawes는 처음으로 지역적 문제에서 생산에 관하여 다루었다. (Hakimi,1991) Wagner와 Fulkson(1975)은 처음으로 지역·생산·할당 문제를 가격과 관련하여 다루었고, 그 후로 지역적 문제에 여러 가지 주제들이 추가되었다. 기본 개념은 요구량을 만족하며, 운용 및 수송비용 등의 총비용을 최소화하는 것이다. 전통적인 분배망 설계 문제는 비용을 최소화하는 것이었으며, Lee(1993)는 이 모델을 거점별 설비 군과 고객 집단을 동시에 만족시키면서 거점별 운용과 수송에서의 비용을 최소화하는 모형을 제안하였다. 그러나, 비용 최소화 문제는 고객을 통해 얻을 수 있는 이



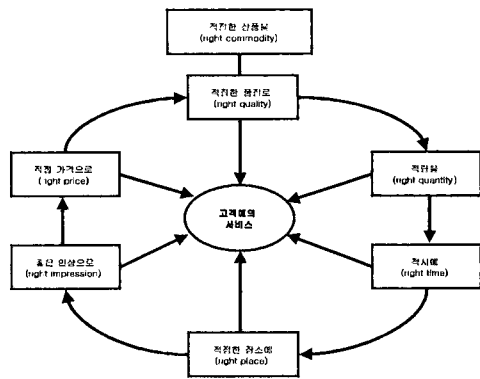
[그림 1] SCM 발전단계

익을 배제한 조달자 중심의 관점이 이었다. 이후 발전된 분배 망 설계 문제는 이익 최대화 문제를 다루었고, 몇몇 논문에서는 분배 설계에서 이익과 비용정보와 함께 고객 서비스 요소가 포함되기 시작하였다. 일반적으로 이런 문제들을 제품 가용성, 납기 시간과 납기 빈도요소를 포함한 Service-sensitive framework 라 한다.(H.Meshkat, 1996)

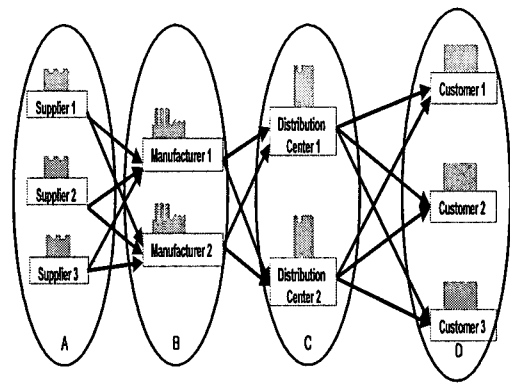
본 연구는 이 Service-sensitive framework의 확장된 모형으로 기간에 연구된 고객 서비스를 고려한 여러 모형을 좀더 구체화시킨 모형을 제안하고자 한다.

2.3 공급사슬에서의 고객

공급사슬경영은 고객들에게 적시에 정확한 제품을, 정확한 품질로, 정확한 양을 배달함으로써, 기업의 성공에 기여한다. 공급사슬경영에 있어서 고객은 배달의 목적지를 말하며, 전형적인 목적지는 고객의 가정에서부터 도소매업자, 한 기업의 제조 공장 및 창고에 이르기까지 다양하다. 어떤 경우 고객은 배달되는 제품 혹은 서비스를 소유하게 될 조직이나 개인을 말하기도 하며, 보다 보편적인 경우 고객은 동일 기업 내 다른 시설이나 공급사슬상의 타 지역에 있는 영업상대를 말한다. 동거나 배달목적에 관계없이 서비스를 제공받는 고객은 공급사슬경영 수행의 요구사항을 설정하는 핵심 점이자 추진요인이 된다. 공급사슬 전략을 수립할 때 고객 서비스의 결과물(Deliverables)을 완전하게 이해하는 것은 중요하다. 또한 제품의 라이프사이클 타임이 짧아지고, 고객의 다양한 요구에 신속한 대처와 신뢰성 있는 품질을 끊임없이 제공하기 위해 조달을 담당하는 공급업체와 체결하는 전략적 파트너쉽은 장기적인 관점에서 기업의 이익에 기여하며, 상생전략(Win-Win)에 따른 이익의 공유는 과거의 주로 일관한 종속적인 관계에서 부분 전문화에 따른 아웃소싱을 걸쳐, 독립적인 생산특화 기업으로 발전하고 있는 현실에 더욱 설득력이 있는 경영 철학이다. 따라서 기존에 국한된 고객의 경계를 공급사슬경영에서는 흡수 또는 확장하여 자재공급을 담당하는 공급업체 또한 기업에 있어 내부적, 또는 외부적 고객으로 규정짓고, 이에 따른 서비스를 제



[그림 2] 고객 서비스 요소



[그림 3] 기업의 공급사슬

공함으로써 진정한 이익의 공유를 통한 기업의 이익에 기여할 수 있도록 하여야 한다. 따라서 공급사슬을 형성하고 있는 모든 각 구성요소를 커다란 고객집단으로 바라보는 관점이 필요하다. 공급사슬 활동 원칙의 하나로 3SIL이 있다. 즉, [신속하게 (speedy), 싸게(low), 안전하게(safety), 확실하게 (surely)]하여 Material을 움직인다는 사고이다. 이에 대해 Smyky는 7R의 원칙을 근거로 고객에 대해 서비스해야 한다고 주장했다.

- ① 적절한 상품을
- ② 적절한 품질로
- ③ 적절한 양을
- ④ 적절한 시기에
- ⑤ 적절한 장소로
- ⑥ 적절한 인상 아래
- ⑦ 적절한 가격으로
- 고객에게 전달한다.

이 7R을 잘 수행하려면 하역·포장·운송·정보·유통가공 등의 공급사슬의 구성요소가 같은 목표를 향해 공동으로 노력해야 한다. 그 범위는 원재료의 조달에서 생산, 소비에 이르기까지의 물류 구성요소를 종합적으로 시스템으로서 위치 설정하고, 관계되는 사람들이 같은 목표를 향해 공동으로 기업활동을 해 나가야 한다. 이 같은 기준을 바탕으로 ● 고객에 대한 서비스 수준 향상 ● 관련비용의 최소화, 이익의 최대화가 공급사슬 경영의 목적이 된다. 결국 공급사슬에서의 서비스는 서비스 우선 순위와 비용과 기업의 이익과의 균형 점에서 이루어진다.

3. Supply Chain Network 구성요소들의 양방향 선호도를 고려한 생산/분배 통합 모형

본 연구에서는 공급사슬경영에서 기업의 이익 최대화를 기본 축으로 고객 서비스에 대하여 고려하여, 기업의 전략적 선택 및 통합적인 생산/분배 모형을 제시한다. 이미 2장 3절에서 현 공급사슬경영에 있어서의 고객을 규정 지었으며, 고객은 검증된 고객의 서비스 요소를 고려하여 공급사슬상에 있는 구성요소에 대하여 AHP를 통하여 평가한다. 기업 또한 기업의 입장에서 이익을 최대화시킬 수 있도록 공급사슬상의 구성요소에 대하여 AHP를 통하여 평가한다. AHP를 통해 산출된 우선 순위는 혼합 정수 계획법의 입력 자료로 활용한다.

3.1 문제의 정의

본 논문에서 주어진 상황은 다음과 같다. 기업은 주요 시장 지역의 새로운 공급사슬을 설계한다. 기업은 두 개의 제조 공장을 운영하고 있으며, 두 제조 공장에 원자재의 조달이 가능한 세 개의 공급업체가 있으며, 제조 공장을 통해 완제품을 완성한다. 완성된 완제품은 시장 지역에 있는 두 개의 분배창고를 통해 최종 소비자에게 전달된다. 공급사슬상에 있는 각 거점별 운송 수단은 트럭으로 가정하며, 각 거점별 위치한 대체 가능한 운송업체의 능력과 단위당 운송비용은 같다고 가정한다. [그림-3]을 통해 확인해 보면 A는 공급업체 들이며 B는 기업의 두 개의 제조 공장을 나타낸다. C와 D는 시장지역에 위치하며, C는 기업의 두 개의 분배창고이고, D는 시장 지역의 세 개의 최종 소비자를 나타낸다. 따라서 기업의 제조공장을 중심으로 공급사슬상에 형성된 고객은 A, C 이며, C의 분배창고의 고객은 D이다.

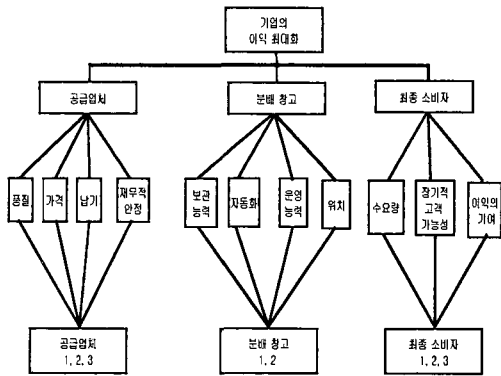
3.2 기업의 공급사슬 상에 있는 구성요소의 평가

3.2.1 공급업체 평가

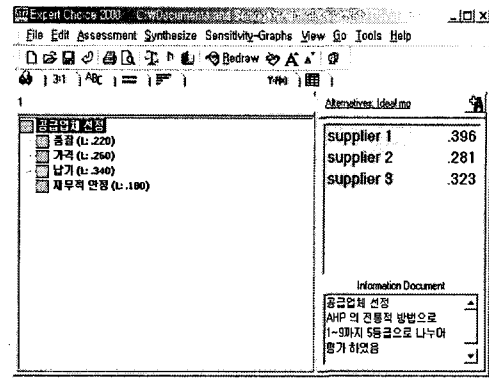
효과적인 공급사슬경영은 외부 기업과의 조정과 통합을 통해 시너지 효과를 창출 할 수 있어야 한다. 또한 우수한 협력업체와의 연계 및 협력업체 개발은 전체 공급사슬의 경쟁력을 높이는 역할을 한다. (Choi & Hartley, 1996) 협력업체 선정 평가기준을 정의한 논문으로 Dickson(1966)은 23개의 협력업체 선정 평가기준을 정의했고, Weber *et al.*(1991)은 74개의 논문을 토대로 평가기준의 중요성은 품질, 납기준수 능력, 가격 순임을 알아냈다. 김성홍(2001)은 AHP를 이용하여 공급사슬 형성을 위한 협력업체 기준을 선정하였다. 위의 논문들은 재무능력, 가격, 품질, 납기능력을 강조했으며, 본 연구에서도 위의 기준을 적용하여 AHP를 통하여 협력업체를 평가하였다.

3.2.2 분배 창고 평가

공급사슬경영에 있어서, 분배창고는 창고 이상의 가치를 부여받는다. 기업의 이윤증대와 고객서비스



[그림 4] 기업의 평가를 위한 AHP 구조



[그림 5] Expert choice 실행 결과 - 일부분

에 기여하기 때문이다. 보관 량, 보관기간 및 소요 면적 등을 고려하는 동시에 효율화를 위한 자동화도 필요하며, 위치에 있어서는 생산 거점과의 거리나, 교통의 편리성, 고객의 분포, 경쟁사의 물류 거점 위치, 관계법규, 투자비용 및 운영비용 등의 요소를 감안해야 한다. 본 연구에서는 분배 참고 평가를 위한 기준으로 보관능력, 운영능력, 자동화, 위치를 사용하여 AHP를 통하여 분배참고를 평가하였다.

3.2.3 최종 소비자 평가

공급사슬에서의 최종 소비자는 중요한 공급사슬 구성 요소이다. 기업의 궁극적인 목표는 이윤을 창출하는 것이고, 그 직접적인 역할을 담당하는 것은 최종 소비자이기 때문이다. 본 연구에서 최종 소비자의 평가를 위한 기준으로 수요량, 장기적 고객 가능성, 기업 이익의 기여를 사용하여 AHP를 통하여 최종 소비자를 평가하였다.

3.2.4 AHP를 통한 평가

AHP를 통한 평가는 [그림 4]와 같은 계층적 구조를 이룬다. 이 계층적 구조의 가장 상위레벨에 위치한 것은 AHP를 통해 얻고자 하는 궁극적인 목표가 되며, 다음 계층에 기준을 찾을 수 있다. 일반적인 AHP 구조에서 결정 대안은 가장 낮은 계층에 위치한다. 등급은 기준에 따라 달라 질 수 있지만, 본 연구에서는 같은 등급을 적용하여 평가한다. 즉 AHP의 전통적인 방법인 5등급으로 나누어 가장 만족스럽지 못하면 1점을 현저하게 뛰어나면 9점을 부여한다. AHP는 등급을 평가하기 위해 여러 사람의 의견을 수렴하거나, 투표, 개인적 판단들의 평균을 사용하기도 한다. 본 연구에서는 해당 업무의 전문가 집단에 의해 등급을 매기는 것으로 가정

[표 1] 기업 선호도의 결과 - 정규화 시킨 결과임

공급업체	기업의 선호도 조사								
	제조 공장			분배 참고			최종 소비자		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	0.916	1	1	0.724	1	1	0.779	0.678
2	0.710	0.713	2	1	0.873	2	1	0.933	0.860
3	0.816	1	3	2	1	1	2	1	1

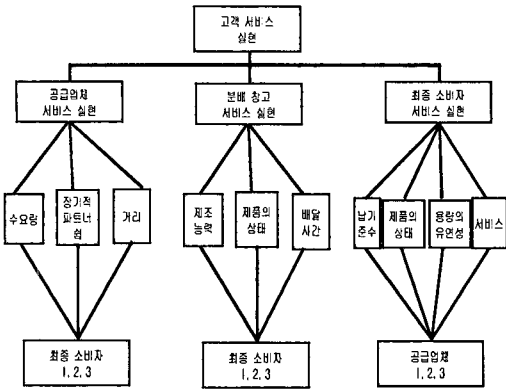
한다. Expert Choice2000을 사용한 결과는 일치성 지수의 허용범위 내에서 [그림 5]와 같고, 공급사슬 전반에 대한 우선 순위의 평가는 [표 1]를 통하여 확인할 수 있다.

3.3 고객의 공급사슬 상에 있는 구성요소의 평가

본 연구는 기업이 기존의 시장지역에 공급사슬 상에 있는 각 고객의 선호도를 고려한 생산 및 분배 모형설계에 대한 연구이다. 앞장에서 기업의 입장에서 전체 공급사슬을 구성하는 요소들에 대하여 평가하였다면 이번 장에서는 공급사슬상 고객의 관점으로 마주보고 있는 대상에 대하여 각각의 기준을 적용하여 대안에 대한 선호도를 평가한다.

3.3.1 공급업체들의 제조 공장에 대한 평가

현재의 공급사슬경영 환경 하에서는 공급업자와 제조 기업과의 유기적인 협력체제가 그 어느 시대보다 강조되는 상황이다. 공급업체는 제조 공장 1, 2에 대한 평가를 시행한다. 평가는 공급업체들이 직접 제조 공장을 방문하여 준비된 자료를 확인하여 평가하는 직접적인 방법과 온라인 상으로 인증 코드를 부여받아 사이트를 방문하여 준비된 각 제조 공장의 자료를 확인하고 주어진 설문을 작성하는 간접적인 방법, 그룹웨어 솔루션을 통한 가상 설문 및 평가 등 기술적 발전에 따른 여러 가지 방법을 통하여 가능하다. 본 연구에서는 온라인으로 사이트를 방문, 온라인 설문에 의한 간접적인 방법을 통한 평가로 가정한다. 같은 방법으로 이후에 전개 될 공급사슬상에 있는 고객들의 평가가 이루어지는 것으로 가정한다. 평가 기준으로는 안정적인 수요량, 장기적 파트너 협의 가능성, 거리를 적용하였다. 각 공급업체는 이 평가기준을 적용하고, 중요도를 선정한 후에 AHP를 통하여 제조 공장 1,



[그림 6] 고객의 평가를 위한 AHP 구조

2를 평가한다.

3.3.2 분배창고들의 제조 공장에 대한 평가

위와 같은 방법으로 각 분배 창고는 제조 공장 1, 2를 평가한다. 평가 기준으로는 제조 능력, 제품의 상태, 배달 시간을 적용하였다. 각 분배 창고는 이 평가기준을 적용하고, 중요도를 선정한 후에 AHP를 통하여 제조 공장 1, 2 평가한다.

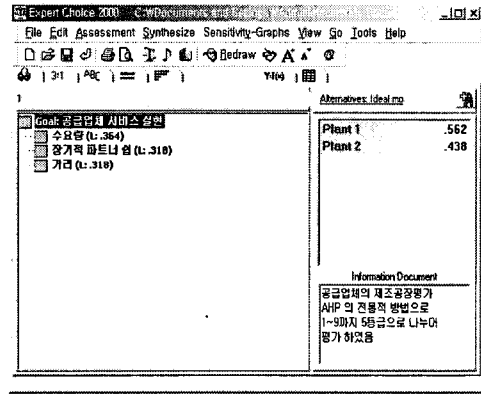
3.3.3 최종소비자들의 분배창고에 대한 평가

위와 같은 방법으로 최종소비자들은 분배 창고 1, 2를 평가한다. 모든 최종소비자들의 의견을 수렴하는 것이 가장 현실적이며, 효과적인 방법이지만, 규모에 따라 기업의 선별작업을 거쳐 최종소비자를 선별하여 평가받는 것이 효과적인 방법이라 할 수 있겠다. 평가 기준으로는 납기 준수, 제품의 상태, 용량의 유연성, 사후 서비스를 적용하였다. 선출된 최종소비자 집단은 이 평가기준을 적용하고, 중요도를 선정한 후에 AHP를 통하여 분배 창고1, 2를 평가한다.

3.3.4 AHP를 통한 평가

AHP를 통한 평가는 [그림 6]과 같은 계층적 구조를 이루며, 4.2.4 에서와 같은 방법으로 AHP를 사용하였다. Expert Choice 2000을 사용하여 나온 결과 값과, 전체적인 우선 순위는 다음의 [그림 7] 과 [표 2]와 같다.

3.4 MILP을 통한 공급사슬의 최적화



[그림 7] Expert choice 실행 결과 - 일부분

본

연구에서는 기업의 공급사슬의 이익을 최대화를 목적으로 하고, 고객서비스를 고려하여, 기업의 전략적 선택 및 통합적인 생산/분배 모형을 제시한다. AHP를 통하여 공급사슬상의 각 구성요소에 대하여, 기업과 고객의 관점으로 선호도를 구하였다. 이것을 MIP의 입력자료로 활용하여 전체 공급사슬을 최적화한다. 구체적인 수식 모형은 아래와 같다.

● Notation

X_{sp} : 공급 업체 s 가 제조 공장 p 에 공급하는 량

u_{sp} : 공급 업체 s 가 제조 공장 p 에 공급할 때의 기업의 선호도

Y_{pd} : 제조 공장 p 에서 분배 창고 d 에 공급하는 량

v_{pd} : 제조 공장 p 에서 분배 창고 d 에 공급할 때의 기업의 선호도

Z_{dc} : 분배 창고 d 에서 최종 소비자 c 에 공급하는 량

w_{dc} : 분배 창고 d 에서 최종 소비자 c 에 공급할 때의 기업의 선호도

\hat{u}_{sp} : 공급 업체 s 가 제조 공장 p 에 공급할 때의 공급 업체의 제조 공장에 대한 선호도

\hat{v}_{pd} : 제조 공장 p 에서 분배 창고 d 에 공급할 때의 분배창고의 제조 공장에 대한 선호도

\hat{w}_{dc} : 분배 창고 d 에서 최종 소비자 c 에 공급할 때의 최종 소비자의 분배 창고에 대한 선호도

D_c : 최종 소비자 c 의 수요량

$L_{S,P,D}$: 기업이 공급업체, 분배 창고, 최종 소비자에게 제공하는 서비스 레벨 0 ~ 1

M : 임의의 큰 정수

IX_s : 0,1 변수로 공급업체 s 가 e 에 공급하면 1, 그렇지 않으면 0

[표 2] 고객 선호도의 결과 - 정규화 시킨 결과임

공급업체	고객 선호도 조사								
	제조 공장		분배 창고				최종 소비자		
	1	2	제조 공장	1	2	분배 창고	1	2	3
1	1	0.779	1	0.637	0.597	1	0.779	0.942	1
2	1	1	2	1	1	2	1	1	0.887
3	1	0.629							

NOS : 기업이 선택하는 공급업체의 수
 $Lower_{s,d,c}$: 공급 업체, 제조 공장, 분배 창고
 의 최소 요구 량
 $Upper_{s,b,d}$: 공급 업체, 제조 공장, 분배 창고
 의 용량 제한

● Index

s : 공급 업체 1.....S
 p : 제조 공장 1.....P
 d : 분배 창고 1.....D
 c : 최종 소비자 1.....C

● 목적함수

$$MAX Z = \sum_{s,p} u_{sp} \cdot X_{sp} + \sum_{p,d} v_{pd} \cdot Y_{pd} + \sum_{d,c} w_{dc} \cdot Z_{dc} \quad (1)$$

● 제약식

$$\sum_s X_{sp} = \sum_d Y_{pd} \quad \forall p \quad (2)$$

$$\sum_p Y_{pd} = \sum_c Z_{dc} \quad \forall d \quad (3)$$

$$\sum_d Z_{dc} = D_c \quad \forall c \quad (4)$$

$$\sum_{s,p} \hat{u}_{sp} \cdot X_{sp} \geq L_S \cdot \sum_{s,p} X_{sp} \quad (5)$$

$$\sum_{p,d} \hat{v}_{pd} \cdot Y_{pd} \geq L_P \cdot \sum_{p,d} Y_{pd} \quad (6)$$

$$\sum_{d,c} \hat{w}_{dc} \cdot Z_{dc} \geq L_D \cdot \sum_{d,c} Z_{dc} \quad (7)$$

(1) 식은 목적 함수로써, 공급사슬 상에 있는 구성요소 즉, 공급 업체, 분배 창고, 최종 소비자에 대하여 기업의 관점에서 선호도를 최대화시키고자 한다. (2), (3), (4)식은 제약식으로 공급사슬 상에 흐르는 물동량에 대한 Inbound, Outbound 제약 식이다. 목적함수가 기업의 입장에서 선호도를 최대화시키는 것이라면, (5), (6), (7) 식은 공급사슬상의 고객들의 각각의 선호도에 대하여 고려한 식이다. 좌변 항은 공급사슬에 흐르는 물동량에 해당되는 고객의 선호도를 계수로 주었고, 우변 항은 공급사슬상 거점간 기업이 제공할 수 있는 서비스 레벨 parameter $L_{S,P,D}$ 을 주어서 공급사슬 상에 있는 구성요소의 서비스에 대하여 고려하였다. 고객에 대한 서비스 레벨은 거점간 중요도에 따라 0 ~ 1 사이의 값으로 기업의 목적과 장기적인 전략, 환경과 이슈에 따라 유연하게 부여 할 수 있는 값이며, 여러 가지 전략을 수립하는 데에 유용하게 작용할 것이다. 본 연구에서는 고객 서비스를 고려하였을 때에 공급사슬의 모든 고객에 대하여 기업이 0.9의 서비스 레벨을 제공하는 것으로 한다.

위의 식은 추가 제약 식으로써, (8), (9) 식은 공급업체의 수의 제한에 관련된 제약 식이다. 기업의

$$\sum_p X_{sp} \leq M \cdot IX_s \quad \forall s \quad (8)$$

$$\sum_s IX_s \leq NOS \quad (9)$$

$$Lower_s \cdot IX_s \leq \sum_p X_{sp} \leq Upper_s \cdot IX_s \quad \forall s \quad (10)$$

$$Lower_p \leq \sum_d Y_{pd} \leq Upper_p \quad \forall p \quad (11)$$

$$Lower_d \leq \sum_c Z_{dc} \leq Upper_d \quad \forall d \quad (12)$$

선호도에 의해 공급업체는 순위가 매겨지며, 이 선호도에 따라 공급 업체는 선택된다. 가치를 부여하지 않는 모든 낭비를 제거하고, 이를 위해 지속적인 개선을 수행하는 JIT에서는 공급업체를 생산의 일원으로 간주하며 장기계약을 통해 품질 향상과 가격 안정을 도모한다. 마찬가지로, 공급사슬 경영에서도 통합적인 관점으로, 구매·공급사 제휴 (buyer-supplier partnership)나 공급사슬 동조화 (supply chain synchronization)(Bechtel & Jayaram, 1997) 또는 통합적 공급사슬경영(integrated supply chain management)(Kannan *et al.*,1998)등의 개념으로 공급사슬경영에 있어서의 전략적 통합의 중요성을 강조하였다. 따라서 위의 식을 이용하여 기업은, 기업이 가지고 있는 인적 자원 및 정보시스템과 관련된 현실적인 기업의 경영능력과 관리능력의 제한으로 인하여 다수의 공급업체와의 협업이 불가능할 때, 또는 장기적인 관점에서 몇몇 공급업체와 파트너쉽을 이루어 공급사슬경영에서 경쟁 우위를 점하고자 할 때, 기업이 전략적으로 선택 가능한 공급업체의 수에 대하여 고려할 수 있는 식이다.

(10), (11), (12)식은 공급 업체, 제조 공장, 분배 창고의 공급, 생산, 분배의 최소 요구 량과 용량 제한을 나타낸 식이다. 식 (10)을 이용하면, 식 (8)에 의해서 선택되지 않은 자원(Supplier)에 대해서는 $IX_s=0$ 이기 때문에 식(10)의 Upper bound 값은 0이 되어 사전에 자원을 활용할 수 있는 여지를 배제한 것과 같다. 하지만, 자원의 한 단위 사용에 대한 목적 값에 기여할 수 있는 Shadow Price 정보를 얻을 수 있다. 만약Upper bound에서 0,1 변수를 고려하지 않았다면, 자원이 있어도 식 (8)에 의해 활용하지 않을 것으로 간주하여 Shadow Price는 0이 된다. 선택되든, 또는 선택되지 않든 자원(Supplier)에 대한 Shadow Price를 이용하여 기업의 이익에 기여하는 자원(Supplier)에 대하여 고려할 수 있다. 결국 Upper bound에 0,1 변수를 고려함으로써 얻어진 Shadow Price는 기업의 의사결정에 다양한 대안과, 가능성을 제공해주는 주요한 Data로 작용한다.

본 연구에서는 공급사슬 상의 고객에 대한 선호도를 고려하지 않았을 때와 고려하였을 때의 결과 값을 중심으로 비교하였다. 두 경우 모두 공급업체의 수의 제한이나, 제조 공장, 분배창고의 용량 제한을 두지 않았으며, 최종 소비자 1, 2, 3의 수요량은 2,000, 2,000, 3,000개로 가정하였다. 수식 모형은 Lindo를 사용하여 문제를 해결하였다.

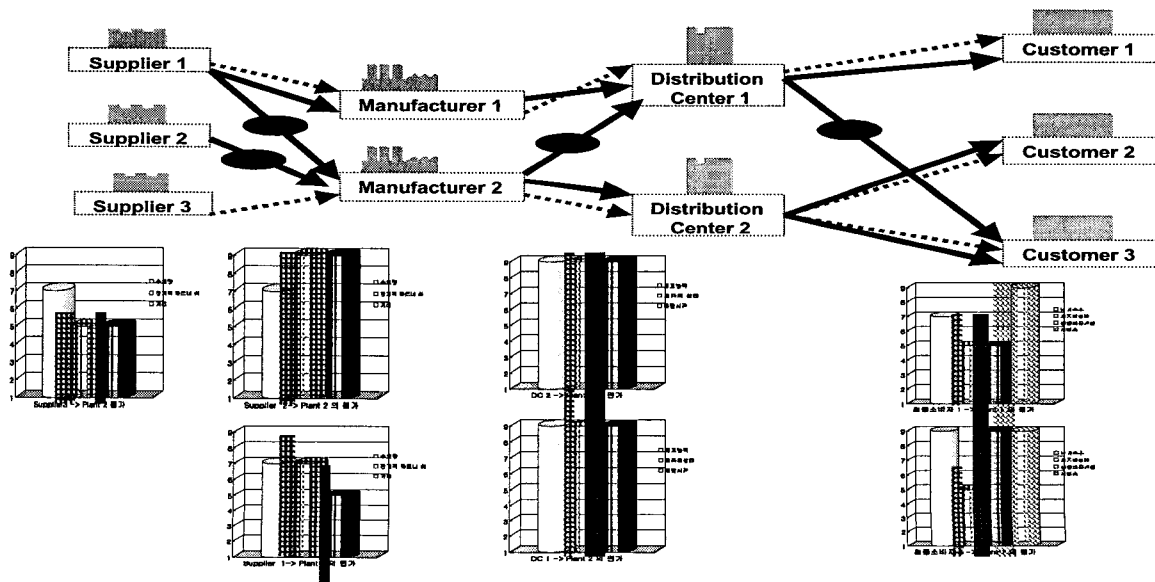
[표 3] Lindo를 통한 수식 모형 결과

고객 서비스를 고려하지 않았을 때									
제조 공장			분배 창고			최종 소비자			
공급업체	1	2	제조 공장	1	2	분배 창고	1	2	3
1	2,000		1	2,000		1	2,000		
2			2		5,000	2		2,000	3,000
3		5,000				목적 값		19,811	
고객 서비스를 고려하였을 때									
고객 서비스 레벨 : 0.9									
제조 공장			분배 창고			최종 소비자			
공급업체	1	2	제조 공장	1	2	분배 창고	1	2	3
1	1,928	3,167	1	1,928		1	2,000		717
2		1,905	2	789	4,283	2		2,000	2,283
3						목적 값		18,958.80	

4. 결론

결과는 [표 3]을 통하여 확인 할 수 있다. 고객의 선호도를 고려하지 않았을 때는 기업에 의해 높은 우선 순위를 확보한 공급사슬상의 공급 업체, 분배 창고, 최종 소비자의 방향으로 물동량이 흘렀고, 고객의 선호도를 고려하였을 때는 고객의 우선 순위에 의해 고려하지 않았을 때와는 다른 방향의 물동량이 흐름을 알 수 있다. 고객의 선호도에 의해 변화된 물동량의 변화를 [그림 8]을 통하여 확인해보면, 고객 서비스를 고려하였을 때 ($L, S, P, D=0.9$)의 전체 공급 사슬에 흐르는 물동량은 진한 색의 화살표이며, ● 표시가 있는 흐름이 고객 서비스를 고려하지 않았을 때와는 다른 물동량이다. 공급 업체와 제조 공장 사이, 고객 서비스를 고려하지 않았을 때는 공급 업체 3이 제조 공장 2에 공급하였지만, 고객 서비스를 고려하였을 때는 공급 업체 1, 2가 제조 공장 2에 공급하는 것을 알 수 있다. 그럼으로써, 공급 업체 1은 제조 공장 2에 대해 장기적 파트너쉽의 가능성에 대한 높은 수준의 서비스를 받을 수 있으며, 공급업체 1은 장기적 파트너쉽의 가능성과 거리 부분에서 높은 서비스를 제조 공장 2에서 제공받을 수 있다.(그림 8 - 등급평가 표 참조) 제조 공장과 분배 창고사이의 물동량의 변화

는 제조 공장 2에서 분배 센터 1로의 물동량이 생긴 것이다. 제조 공장 1, 2 모두 분배 창고 1, 2에 높은 서비스를 제공한다.(그림 8 - 등급평가 표 참조) 따라서, 분배 창고 1, 2의 서비스를 제공하기 위하여 생긴 물동량이기 보다는 최종 소비자에 높은 서비스를 제공하기 위하여 생긴 물동량이다. 마지막으로, 분배 창고와 최종 소비자 사이의 새로운 물동량은 분배 창고 1에서 최종 소비자 3으로의 물동량이다. 최종 소비자 3은 분배 창고 1에 제공받음으로써, 납기 준수, 용량의 유연성, 사후 서비스의 높은 수준의 서비스를 보장받을 수 있다.(그림 8 - 등급평가 표 참조) 고객 서비스를 고려하지 않았을 때, 고객이 느끼는 만족도(물동량 * 고객의 선호도)는 17,638이며, 고려하였을 때의 만족도는 18,900이다. 기업의 이익 최대화에 상쇄되는 값이 고객 만족도 값으로 흡수되었다. 현재의 공급사슬 경영에서는 공급사슬 전체를 하나로 인식하고, 기업간 경쟁이 아닌 공급사슬간의 경쟁으로 치닫고 있다. 하나의 기업 중심으로 이익을 최대화시키고자 하는 노력에서 전체 공급사슬 상에 있는 모든 구성 요소들을 고려하여 궁극적으로는 하나의 공급사슬 전체가 이익이 될 수 있도록 하는 것이 공급사슬 간의 경쟁에서 우위를 점할 수 있을 것이다. 기업의 정성적, 전략적 요소에 대한 의사결정을



[그림 8] 고객 서비스를 고려한 기업의 공급사슬

위한 AHP는 1980년대 이후로 많은 분야에서 사용되어 왔으며, 특히 의사결정을 위한 여러 가지 정성적 요소들에 대하여 정량화시켜 의사결정의 정확성을 높이는데 많이 사용되어 왔다. 본 연구에서도 이 AHP의 장점을 극대화 시켰으며, 수식 모형의 입력 자료로 활용하여, 전체적인 전략적, 전술(운영)적 계획을 수립하였다. AHP를 활용하여 공급사슬경영에 관한 기존의 논문들은 하나의 협력업체 선정 및 관리, 최종 소비자의 평가기준 선정 및 선호도의 반영에 따른 분배 계획 등이었다. 본 연구에서는 기업의 전략적이면서도, 전술적인 운영을 위하여 두 문제를 동시에 해결하도록 노력하였다. 또한 공급사슬 전체를 하나의 큰 유기체로 판단하여 하나의 기업관점이 아닌 전체적인 공급사슬경영의 관점으로 공급사슬상에 있는 모든 구성요소에 대하여 고려하여 전략적, 전술적 계획을 수립하였다.

5. 향후 과제

공급사슬에서의 서비스는 기업의 서비스 우선 순위와 비용과 이익과의 균형 점에서 이루어진다. 본 연구에서는 기업의 이익관련 선호도와, 고객의 서비스를 고려하여 공급사슬경영에 적용하였지만, 기업 의사결정의 중요한 요소인 비용측면에서도 반드시 고려해야함을 인지하는 바이다. 관리 회계의 ABC 분석과 같은 과정을 통하여 산출된 기업의 원가 및 직접 비용의 데이터를 활용하여 기업의 전술적, 전략적 계획 수립에 있어, 비용과 이익과 서비스 측면을 동시에 고려하는 공급사슬 설계가 앞으로 해결해야 할 과제이다.

참고문헌

김성홍·백종홍(2001), 기업간 협력강화를 위한 협력업체 선정기준, 춘계학술 대회, SCM 학회
김성희,정병호,김계경,(1999), 의사결정분석 및 응용, 영지문화사
서현진,노전표,현병인,김창은(1999), 물류관리론, 을곡출판사
이덕진(2000), 일본 제조기업의 공급사슬경영 통합화 전략에 관한 실증 연구, IE interfaces 13(3), 486-495
이연경·김승권·하성도·이교원(2000), 제조업체-협력업체간의 효율적 공급사슬 관리를 위한 평가기준 선정에 관한 연구, IE interface 13(3), 296-305
이영해·김숙한 공급사슬경영 연구의 현황 및 향후 연구 방향, IE interface 13(3), (2000), 288-295
한국과학기술원 생산경영연구실(2000), 생산관리 전략과 분석, 도서출판 석정
Bechtel, C. & Jayaram, J.(1997), Supply chain management: A strategic perspective, Int.J. of Logistics and Management, 8, 15-34
C. Canel,(1996), B. Khumawala, A mixed-integer programming approach for the international Journal of Operations and Production maement, 16(4), 49-68
C. Lee,(1993), The multiproduct warehouse location problem: applying a decomposition algorithm, International Journal of Physical Distribution and Logistics

Dickson, G. W. (1966), An analysis of vendor selection systems and decisions, Prentice-Hall
D.J. Thomas, P.M. Griffin,(1996), Coordinated supply chain management, European Journal of Operational Research 94 1-15
H. Meshkat,(1996), R. Ballou, Warehouse location with ncertain stock availability, Journal of Business Logistics 17 (2) 197-216
J.L. Wagner,(1975),L.M. Fulkson, The optimal nodal location of public facilities with price-sensitive demand, Geographical Analysis 7 69-83
Management 23 (6) 3- 13
K. A. O'Laughlin, W.C. Copacino(1994), Logistics strategy, In : J.F.Robeson, W.C. Copacino(EDs.), The Logistics Handbook, The Free Press, New york, pp. 57-75
Kannan, V. R, Tan, K. C. and Handfield, R. B. (1998), Managing competition, quality, customer relations, and the supply base, and its impact on firm performance, Pro. of 1998 Annual Meeting, Decision Science Institute, 3, 1259-1261
Lehmusvaara, Markku Tuominen,(2001), Customer based design of the supply chain, International Journal of Production Economics 69 193-204
L. Vargas,(1990), An overview of the analytic Hierarchy process and its applications, European Journal of Operational Research 48 2-8
S.L. Hakimi(1964), Optimum locations of switching centers and the absolute centers medians of a graph, Operations Research 12 450-459
S.L. Hakimi,(1991), C.-C. Kuo, On a general network location allocation problem, European Journal of Operational Research 55 31-45
S.R. Clinton, R.J. Calantone,(1997), Logistics strategy: Does is travel well ?, Logistics Information Management ,10(5),224-234
T.L. Saaty,(1983), Priority setting in complex problems, IEEE Transactions on Engineering Management, EM-30 (3), 140-155
T.L. Saaty,(1985), K.P. Kearns, Analytical Planning: The Organization of Systems, Pergamon Press, USA
T.L. Saaty,(1990), The Analytic Hierarchy Process, Rws Publications, USA, Jukka Korpela, Antti Weber, C. A. Current,J.R. and Benton, W.C.(1991), Vendor selection criteria and methods, European Journal of Operational Research, 50,2-18
YI Wind, T.L. Saaty,(1980), Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process, Management Science 26(7), 641-658

참조 사이트

<http://www.apics.org> <http://www.oracle.com> <http://www.sap.com>
<http://www.centerworld.co.kr/acad/prof/kimkc/index.asp>