

■ 論 文 ■

공급사슬의 성과측정 및 관리를 위한 동적 모델 개발에 관한 연구

A Study on Development of the Dynamic Model for Supply Chain Performance
Measurement and Monitoring

추 봉 성

(한국해양대학교 물류시스템공학과 대학원)

이 흥 결

(경남발전연구원 도시·교통연구실 책임연구원)

曹 德 弼

(동경공업대학교 경영공학과 조교수)

이 철 영

(한국해양대학교 물류시스템공학과 교수)

목 차

- I. 서론
 - II. SCM의 개요 및 선행 연구 고찰
 - 1. SCM의 개요
 - 2. 선행 연구 및 방법론 고찰
 - III. 성과측정 및 관리를 위한 동적 모델 제안
 - 1. 핵심성과지표(KPI)와 동적모델
 - 2. AHP를 통한 KPI 고정 가중치
 - 3. 수요변동을 고려한 KPI 유동 가중치
 - 4. KPI 모니터링 및 개선을 통한 SCM
 - IV. 사례연구를 통한 비교분석
 - V. 결론 및 추후과제
- 참고문헌

Key Words : 공급사슬관리, 핵심성과지표, SCOR모델, 인지맵, 엔트로피

요 약

기업물류에 있어 공급사슬 관리(SCM: Supply Chain Management)의 중요성이 높아짐에 따라 SCM 성과측정과 관련한 다양한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 그러나, 실제 상황에서 요구되는 SCM의 성능 척도는 운영의 효율성과 수요의 반응성을 동시에 고려해야 함에도 불구하고, 기존의 SCM 측정 및 관리 방식은 SCM의 일부분만을 측정 대상으로 하거나, 과거의 성과를 중심으로 측정하기 때문에 운영의 효율성과 수요의 반응성 중 단지 하나의 성향만을 다루는 정적인 모델이라 할 수 있다. 따라서, 급변하는 기업 환경 및 시장환경에 원활하게 대응하고, 운영의 효율성과 수요의 반응성을 동시에 고려할 수 있는 동적인 정량화 모델의 개발이 절실히 요구되고 있다. 본 연구는 이러한 점에 주목하여, 기능/전략적 측면에서 SCOR모델의 핵심성과지표(KPI: Key Performance Indicators)를 활용하여 공급사슬 운영의 효율성을 파악하는 동시에, 수요변동에 따른 핵심성과지표의 반응성을 고려한 정량적인 방식으로 탄력적인 공급사슬의 측정 및 관리가 가능한 동적인 모델을 제안하였다.

Due to the importance of SCM(Supply Chain management) in business logistics, many studies related to the SCM performance measurement have been conducted. However, previous SCM performance measurement models have not reflected both ways, operational efficiency and response for market shift. The aim of this research is to suggest a dynamic model to measure SCM performance both with operational efficiency and response for market shift, based on previous SCOR model To achieve this aim, we developed a cognitive map-based model described eleven KPIs(Key Performance Indicators) with different weight values. And, to measure response level for market shift, we used the concept of entropy-elasticities. Finally, through some actual cases, merits that have no previous models were shown.

I. 서론

공급사슬 관리(Supply Chain Management)는 대량생산 대량소비 시대의 종결과 함께, 고객 주도형 사회로의 이전이 급격히 진행되면서 고객 요구의 다변화에 대한 신속히 반응하고, 불확실하고 역동적으로 변화하는 기업 환경에 원활히 대응하기 위해 등장한 경영 패러다임이다. 이에 대해 많은 기업들이 관심을 가지고 지속적인 지원과 투자를 늘리고 있는 실정이다.

한편, 이와 관련하여 공급사슬의 성과측정에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 공급사슬의 성과 측정과 관련된 선행연구 및 방법론으로는 크게 공급사슬 운영참조 모델(SCOR-Model), 균형성과표 (BSC), SCM Scorecard 등과 같은 기능 및 전략적 측면의 접근방법과 ABC, EVA, SC-ROA, Cash Flow Analysis 등과 같은 재무 회계적인 접근 방법들로 구분될 수 있다. 기능 및 전략적 측면의 방법론은 주요 성능 척도로서 핵심성과지표(KPI: Key Performance Indicators) 등을 이용하여, 기업 내외부의 강약점을 전략적으로 자가 진단하거나 벤치마킹하는 방법을 말하며, 재무회계적 측면의 방법론은 공급사슬의 운영성과를 기업의 재무적인 측면에서 관측하고자 하는 방법이다.

그러나, 기능 및 전략적 측면의 접근 방식은 자가 진단이나 벤치마킹을 통해 부족한 부분을 진단하고 개선할 수는 있으나, 특정 기능에 집중되어 전체적인 공급사슬의 효율성을 분석하고 관리하는 측면에서는 많은 한계를 지니고 있다. 또한, 재무 회계적인 측면의 접근은 공급사슬의 운영 결과를 재무적으로 파악하는 방법론이므로 공급사슬의 직접적인 성능 측정과 관련된 비재무적인 성과측정에 곤란한 측면이 많다. 그 뿐만이 아니라 실질적인 업무상에서 요구되는 공급사슬의 성능 척도는 운영의 효율성과 수요의 반응성을 동시에 고려해야 함에도 불구하고, 기존의 공급사슬 측정 및 관리 방식은 공급사슬의 일부분만을 측정 대상으로 하거나, 과거 성과를 중심으로 측정하기 때문에, 운영의 효율성과 수요의 반응성 중 한 성향만을 다루는 정적인 개념이라 할 수 있다. 결과적으로, 이와 같은 2가지 방법론들은 여러 가지 상호보완적인 문제점을 가지고 있어, 운영의 효율성과 수요의 반응성을 동시에 고려할 수 있는 통합적인 동적 모델에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 기존 모델의 이러한 근본적인 문제에 주목하여, 기능 및 전략적 측면의 핵심성과지표를 활용

하여 운영의 효율성을 파악하는 동시에, 수요 변동에 따른 핵심성과지표의 반응성을 정량적으로 고려하여, 탄력적인 공급사슬 측정 및 관리가 가능한 동적인 모델을 제안하는 것을 본 연구의 목적으로 한다.

II장에서는 선행연구를 고찰하여 기존연구들의 특성과 문제점을 제시하고, III장에서 본 연구가 제안하는 모델을 제시한다. IV장에서는 제안한 모델의 특성과 차별성을 사례를 통해 제시하고, V장에서 본 연구의 결론을 맺고자 한다.

II. SCM의 개요 및 선행연구 고찰

1. SCM의 개요

SCM은 제품 생산을 위한 부품 및 원자재 수급, 제품 생산 및 배송, 재고 및 판매 관리 등에 관련한 공급사슬(Supply Chain) 프로세스를 총괄적인 관점에서 계획 및 관리하는 경영기법에 해당된다. 즉, 과잉재고나 기회 손실을 최소화하고 고객의 요구에 신속 정확하게 대응하고자 하는 경영 패러다임이라 할 수 있다.

현재, 기업의 부가가치 중에서 60~70% 정도가 공급사슬에서 발생을 하고 있으며, 매출의 10~14%가 SCM 관련 비용이다. 게다가, 글로벌 경영 능력의 필요성이 부각되기 시작하면서, SCM의 수준이 기업 핵심역량의 잣대로 평가 받게 됨에 따라 SCM의 필요성이 더욱 강조되고 있는 실정이다.

한편, 물류 유통 분야에서는 1980년대 말부터 SCM이라는 용어를 사용해 왔으며, 그 당시에는 기업간의 물류 및 유통 라인을 관리하고 효율성을 제고하는 확장된 통합 물류관리 개념 정도로만 인식되었다. 그러나, SCM의 지속적인 발전은 비즈니스 관점에서 기업 내외부적으로 경영 방법에 대한 기본적인고도 중요한 변화를 가져오게 되었다.(이영해, 2001)

2. 선행 연구 및 방법론 고찰

SCM의 성과측정과 관련한 선행 연구들을 살펴보면, Brewer(2000) 등은 기존 재무중심의 성과측정 한계를 극복하고자 균형성과표(BSC: Balanced Scorecard)를 이용한 성과측정 대안을 제시하였으며, Hull(2004)은 수요 및 공급의 탄력성을 고려하여 공급사슬 성과 측정을 위한 모델을 제시하였다. Suwignjo의 2인

(2000)은 인지맵(Cognitive maps), 인과관계 다이어그램(Cause and effect diagram), AHP(Analytic hierarchy process)를 이용한 정량적 성과 측정 모델을 제안하였다. 이와 함께, Lohman 외 2인 (2004)은 글로벌 스포츠용품 업체인 Nike의 성과 측정 시스템(PMSs) 사례를 들어 실제적인 공급 사슬의 운영 범위와 방법, 그리고 협력의 중요성을 강조하기도 했다. 이상의 선행 연구들은 SCM을 위한 선행 이론들을 바탕으로 한 것이며, 아래는 실질적인 공급사슬의 성과측정을 위한 선행 방법론이다.

1) 기능 및 전략적 측면의 접근

(1) SCM 스코어카드

SCM의 객관적인 평가 지표로서 개발된 스코어카드(Scorecard)는 “자신을 알고, 적(Best Practice)을 안다.”라는 벤치마킹의 기본 개념을 바탕으로 한 간단한 자가진단 측정 방법으로, 공급사슬 전체의 효율화 관점에서 각 업무에 대한 전략적인 강약점을 파악하고 자사의 업무 수준을 평가하기 위한 것이다.

한편, 스코어카드는 산업 분야별, 특성별로 여러 가지 형식의 카드가 존재하고 있으나, 그 중에서 대표적인 SCM 스코어카드는 ECR Scorecard (Electronic Commerce Council of Canada), Quick Scan(Cardiff University), Quick Response(일본 중소기업 사업단), SCM Logistics Scorecard(일본 로지스틱스 협회), EC/SCM Scorecard(한국 유통물류 진흥원) 등이 있다(高木, 2000).

(2) 균형성과표(BSC)

BSC(Balanced Score Card)는 1990년대 전반, 미국 하버드 대학 비즈니스 스쿨의 Robert S. Kaplan 교수와 경영 컨설턴트 David P. Norton이 개발한 전략적 업적 평가 프레임워크이다. 구체적으로는 기업의 전략을

“재무(Financial)”, “고객(Customer)”, “내부 비즈니스 프로세스(Internal Business Process)”, “학습 및 성장(Learning and Growth)”의 4가지 관점에서 정량적인 목표를 세워 도식화 하고, 그 달성 상황을 지표로서 평가하는 방식을 취하고 있으며, 이를 통해 공급사슬의 성과를 측정할 수 있는 이점이 있다.

(3) SCOR 모델

SCOR(Supply Chain Operation Reference) 모델(2004)은 기업 및 기업간 공급 사슬을 비즈니스 프로세스 관점에서 맵핑, 분석해서 문제 해결을 하고, 관계자의 공통 템플릿으로 사용하는 비즈니스 프로세스를 참조하기 위해 SCC(Supply Chain Council)가 개발한 모델이다. 이는 계획(Plan) 프로세스와 4개의 실행 프로세스(Source Make, Delivery, Return)와 각 프로세스를 실행하기 위해 필요한 물 등을 관리하는 Enable의 5단계로 정의되어 있다.

한편, SCOR 모델을 이용한 공급 사슬의 성과 측정에 있어서는 SCOR 모델 Level 1에서의 공급 사슬 성과지표 매트릭스를 이용한다.

2) 재무 회계적 측면의 접근

(1) 활동기준 원가관리(ABC)

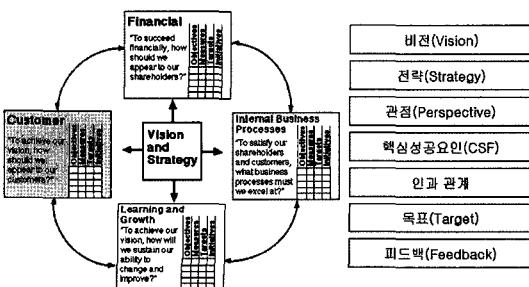
활동기준 원가관리(ABC: Activity-Based Costing)란, 전통적인 원가 계산과는 달리 상품이나 서비스의 원가 계산에 있어, 작업 공정에 따라 행해지는 각각의 활동을 최소 단위로 설정한 후, 이에 준하는 시간이나 노력에 대응해 비용을 분배하는 방법을 말한다.

이는 공급사슬 핵심 프로세스에 대한 세부 활동 요인을 선정하고, 각 활동에 대한 가중치를 부여하여 공급사슬 상의 자재 및 제품에 대해 간접비를 배분함으로써, 재무적인 측면에서 공급사슬의 수익성 및 기업의 시장 가치를 파악하게 된다.

(2) 경제적 부가가치(EVA)

EVA(EVA: Economic Value Added)는 미국의 컨설팅 회사 스탠스튜어트가 제창한 것으로서, 영업이익(NOPAT: Net Operating Profit After Tax)에서 자본 비용을 공제한 후, 산출하게 되며, “자본 코스트 예상 수익”을 표현하는데 우수한 업적 지표이다.

EVA는 투자를 현금 흐름(Cash Flow) 기준이 아니라 투하 자본에 대한 각 분기의 자본 비용으로 인식



〈그림 1〉 BSC의 구성요소

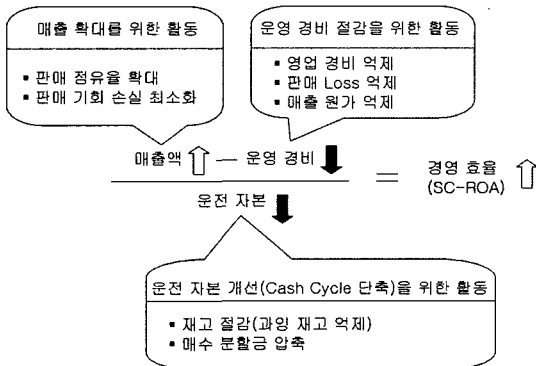
하기 때문에, 각 기간별 업적 평가 이용이 수월하여 공급사슬 전체의 수익성이나 효율성을 재무적인 관점에서 분석할 수 있다. 또한, EVA는 BSC와 함께, BSC의 전략맵을 이용한 핵심성공요소간의 인과관계를 파악함으로써 BSC의 대표적인 수익성 지표인 주주 자본 수익률(ROE: Return On Equity)과 마찬가지로 전체 공급사슬의 재무적인 수익성을 측정할 수 있다.

(3) Cash Flow

비즈니스 프로세스에 있어 Cash Flow는 현금화 사이클의 파악이 가능할 뿐만 아니라, 업무의 재편성(Restructuring)이나 사업 본래의 수익성을 명확히 할 수 있다. 또한, 재고가 정채 되어 있는 프로세스 파악이 가능하기 때문에 재고 수준에 관한 경영 판단에도 도움이 될 뿐만 아니라, 이를 통해 공급사슬 전체의 자본 흐름 및 수익성 파악이 가능하다.

(4) 공급사슬 총자산 수익률(SC-ROA)

공급사슬 총자산 수익률(SC-ROA)은 일본 노무라 종합연구소(野村総合研究所: NRI)에서 정의한 공급 사슬 성과 지표로, Cash Flow를 바탕으로 한 재무적인 측면에서 공급 사슬 전체의 효율성을 평가할 수 있다.



〈그림 2〉 SC-ROA에 의한 효율성(NRI, 1999)

III. 성과측정 및 관리를 위한 동적모델

1. 핵심성과지표(KPI)와 동적모델

본 연구에서는, 공급사슬의 성과 측정을 위해 핵심성 성과지표(KPI)를 이용하고, 〈표 1〉와 같이 SCM에 있어

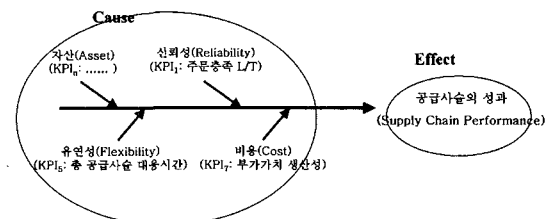
〈표 1〉 SCOR모델의 KPI 매트릭스

	Customer -Facing			Internal -Facing	
	Supply Chain Reliability	Responsiveness	Flexibility	Cost	Assets
Delivery performance	✓				
Fill rate	✓				
Perfect order fulfillment	✓				
Order fulfillment lead time		✓			
Supply Chain Response Time			✓		
Production flexibility			✓		
Total SCM management cost				✓	
Cost of Goods Sold				✓	
Value-added productivity				✓	
Warranty cost or returns processing cost				✓	
Cash-to-cash cycle time					✓
Inventory days of supply					✓
Asset turns					✓

세계적 표준으로서의 의미를 가지는 SCOR Model Version 6.1의 Level 1에 기술된 핵심 성과지표(KPI) 매트릭스와 기본 프레임워크를 활용하고자 한다.

한편, 본 연구에서 제안하는 동적 모델의 기본 프레임워크를 표현하기 위해 앞서 기술한 SCOR모델의 KPI 매트릭스를 바탕으로 한다.

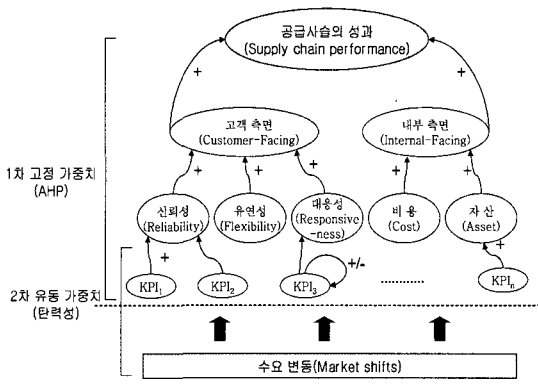
우선, SCOR 모델의 핵심 성과지표를 계층적 구조 확립 및 요인들간 영향력을 가시화하기 위해 본 연구에서는 〈그림 3〉과 같은 인과관계 다이어그램(Cause



〈그림 3〉 성과에 대한 인과관계 다이어그램

and effect diagram)을 사용한다.

다음으로, 인지맵(Cognitive map)으로 요인들 간의 관계를 명확히 하고, AHP(Analytic Hierarchy Process)법을 이용하여 계층적으로 정량화 한다. <그림 4>는 수요변동에 따라 탄력적으로 변화하는 성과지표와 요인들의 관계 명확화 및 구조 인식을 위해 인지맵으로 표현한 동적모델의 개념도이다.



<그림 4> 성과측정 및 관리를 위한 동적모델

SCOR 모델 Level 1에서 정의하고 있는 공급 사슬의 성과지표 매트릭스는 크게 고객 측면(Customer-Facing)과 내부 측면(Internal-Facing)으로 나누어지며, 각 측면에 대해 신뢰성을 비롯한 유연성, 대응성, 비용, 자산 등이 그 하위 계층을 이루고 있다. 본 연구에서는 제안하는 동적 모델은 이러한 SCOR 모델의 기본 프레임워크와 성과지표를 활용하여 계층적 구조로 표현한 후, AHP로 1차 고정 가중치를 산출하고, 수요 변동에 따른 성과지표의 탄력성을 고려한 2차 유동 가중치를 재차 부과하여 최종적으로 정량화한 후 중요도에 따라 모니터링하는 방식을 취하고 있다.

한편, 각 하위 계층의 구성요소에는 총 공급사슬 대응시간 및 리드타임 등과 같은 실제 핵심성과지표들이 존재하게 되는데, 이는 수요의 변동에 따라 변한다고 볼 수 있다(Bradly, 2004).

따라서, 본 논문에서 제안하는 동적 모델은 고정 가중치를 비롯해서, 수요의 변동에 탄력적으로 반응하는 지표들의 특성을 엔트로피 개념의 유동 가중치로 줌으로써, 불확실한 수요 및 기업 환경에 대응하여 측정된 성과지표들을 모니터링하고 개선 혹은 재설정(Re-set)할 수 있는 환경을 제공하는 이점이 있다.

2. AHP를 통한 KPI 고정 가중치

공급사슬 성과 측정 및 관리를 위해서는 핵심성과지표(KPI)의 정량화 과정이 필수적이다. 본 연구에서 제시하는 동적 모델은 AHP 계층분석 과정의 기반위에 성과지표들의 탄력성을 고려한 개념이다. 즉, AHP의 쌍대 비교를 통한 가중치 부여법은 요인의 상대적인 정량화 및 정량화된 KPI의 상하위 요소간 영향력을 쉽게 파악할 수 있기 때문에, ABC분류에 의한 빈도 관리 및 자가 진단에 용이하게 이용할 수 있다는 이점이 있다. 따라서, 이러한 AHP의 가중치 부여법을 활용하면, 해당 관리자가 생각한 중요도를 합리적으로 반영할 수 있다.

한편, AHP법의 과정은 요인들 사이의 중요도 (Weight)를 계층적으로 나누어 파악함으로써 각 대안들의 중요도를 산정하는 기법으로, 쌍대비교(Paired Comparison)를 통한 상대적 중요도를 파악할 수 있는 장점이 있다. 즉, n 개의 요소들을 각각 A_1, A_2, \dots, A_n 이라 하고 각 요소들의 중요도를 w_1, w_2, \dots, w_n 이라 하면 쌍대비교로부터 얻어진 결과는 다음과 같은 행렬 A로 표현된다.

$$A = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ A_1 & \begin{bmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \dots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & & & \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & W_n/W_n \end{bmatrix} & & & \end{matrix}$$

<그림 5> 쌍대비교 행렬

쌍대비교에 의해 행렬 $A = (a_{ij})$ 가 이루어지며, a_{ij} 는 w_i/w_j 의 추정치, $a_{ij} = 1/a_{ji}$ 로 표현되고, 이는 주대각선의 원들이 모두 1이 되는 역수행렬이다. 만일, 행렬 A가 완전한 기수적 일관성(Cardinal Consistency)이 있다면, 특성 방정식의 근은 가장 큰 하나만이 n 의 값을 가지며, 나머지 근들은 모두 0이 되고, 요소 A_1, A_2, A_n 의 중요도 (Weight)는 특성 방정식의 근 λ_{max} 에 대응하는 특성 벡터(eigen vector), $W^T = (w_1, w_2, w_n)$ 로서 얻어진다.

3. 수요변동을 고려한 KPI 유동 가중치

공급사슬은 물리적인 가용성이 허용하는 범위 내에

서 고객 수요에 순응하여야 하며, 시장의 특성을 잘 반영할 수 있어야 한다. 이러한 수요와 공급의 개념은 경제학적인 측면에서 탄력성이라는 개념과 부합된다고 할 수 있다. 또한, 공급 탄력성이나 한계 비용 곡선의 개념은 공급사슬의 역량을 효율적으로 측정 할 수 있으며 동적으로 대응가능하게 한다(Bradly, 2004). 즉, 공급사슬이 높은 탄력성을 지닌다는 의미는 유연한 생산력과 짧은 리드타임, 전략적인 재고 관리, 신속하고 효율적인 공급사슬 운영과 관계되며, 반대로 낮은 탄력성은 긴 리드타임을 비롯한 공급사슬의 비효율적인 운영과 관련된다고 할 수 있다.

본 연구에서는 리드타임이나 재고 수준 등과 같은 공급사슬의 핵심성과지표(KPI)는 수요의 변동에 따라 변화한다고 가정한 후, 수급 균형상태에서 성과지표의 엔트로피 탄력성 개념을 정의하고 활용한다.

한편, 일반적으로 경제학에서 의미하는 탄력성이란, 가격 변동폭에 대한 수요나 공급의 변동폭으로 나타내어지는데, 시점 t_0 에서 시점 t 까지의 수요 변동율을 $Var(d)$, KPI의 변동율을 $Var(k)$ 라 하면, KPI의 탄력성은 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$KPI_e = Var(k) / Var(d) \tag{1}$$

그러나, 단순히 수요의 변동에 대한 KPI의 변동률로 KPI의 탄력성을 정의한다면, 경우에 따라서 탄력성 $e > 1$ 이 되는 경우가 발생하므로 탄력성을 0~1사이의 가중치로 정규화하기가 곤란하다. 또한 변동 확률이 아닌 변동폭(스칼라값)으로 KPI의 탄력성을 정의할 경우는 수요 예측과 같이 미래의 불투명한 부분에 대해 KPI의 예측 및 관리가 힘들다는 단점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 KPI의 탄력성을 규정하기 위해, 공급사슬의 균형점 및 수급지배 상태에서의 영향력 표현이 용이하며, 과거 기준 데이터, 즉 수요 및 KPI의 변동폭과 같은 스칼라값 뿐만 아니라, 확률로도 표현이 가능한 엔트로피(Entropy)라는 개념을 이용한다. 또한, 이와 같은 배경을 바탕으로, 본 연구에서는 공급사슬 상태 정의 및 동적상황에 적합한 엔트로피 탄력성 개념을 이용하여 동적모형을 표현하고자 한다.

한편, 엔트로피 en 은 기본적으로는 사상의 빈도를 나타내는 확률 척도로, 주어진 수치들의 차이가 크면 엔트로피값이 작아지고, 반대로 차이가 작으면 엔트로피값이 커지게 된다. 즉, 엔트로피 방법을 수요와 공급의 관계로

정의했을 때, 수요의 영향력 및 공급의 영향력 차이가 커질수록 엔트로피값이 작아지며 가중치는 올라가게 된다. 반대로 수요와 공급의 영향력 차이가 작을수록 엔트로피값이 커지면서 가중치는 낮아지게 된다.

엔트로피 계산은 앞서 기술한 en 으로 표현되고, p_i 는 0과 1사이의 값을 가진다. 우선, 시점 t 에서의 KPI_i ($i = 1, 2, \dots, 11$)에 대한 탄력성을 eti 라 하면, 이를 0과 1사이의 수치로 정규화 하기 위해서 KPI별 $d_{ti} = eti / et^*$ 으로 계산한다. 단, et^* 는 시간 t 의 흐름에 따른 특정 KPI_i 의 탄력성이 최고일 때를 의미한다. 그 후, KPI별 d_{ti} 를 합산하여 그 합계를 D_i 라 놓고 d_{ti} / D_i 를 계산하게 되며, KPI별 엔트로피값(KPI_e)의 계산식은 식(2)와 같다.

$$KPI_e = en_i = -K \sum_{i=1}^m d_{ti} / D_i \cdot \log d_{ti} / D_i \tag{2}$$

여기서, m 은 시간(t)의 흐름에 따른 관측수를 의미하며, K 는 상수로서 엔트로피값 en_i 의 최대값을 1로 만들어주기 위해 $K = 1 / \log m$ 으로 표현된다. 따라서, 특정 시점 t 에서 KPI의 탄력성(유동 가중치) KPI_e^* 은 식(3)과 같이 계산된다.

$$KPI_e^* = (1 - en_i) / (n - \sum en_i) \tag{3}$$

(단, $n = 1, 2, \dots, 11 / KPI$)

4. KPI 모니터링 및 개선을 통한 SCM

본 연구에서는 핵심성과지표의 모니터링을 위해, Suwignjo(2000) 등의 연구를 참고하여 <표 2>와 같이, 공급사슬의 역량에 영향을 미치는 중요도별로 ABC 클래스로 분류를 한다. AHP를 통한 1차 고정

<표 2> ABC분류의 의한 KPI의 빈도 관리

		RATE OF CHANGE		
I M P A C T	A	Critical Continuously to Daily Monitoring	Intermediate 1 Daily to Weekly Monitoring	Intermediate 2 Weekly to Monthly Monitoring
	B	(KPI) AHP 1차 고정 가중치 + 탄력적 2차 유동 가중치	Intermediate 2 Weekly to Monthly Monitoring	Minor 1 Monthly to Quarterly Monitoring
	C	Intermediate 2 Weekly to Monthly Monitoring	Minor 1 Monthly to Quarterly Monitoring	Minor 2 Quarterly to Annually Monitoring

가중치와 수요의 변동에 의해 탄력적으로 반응하는 특성을 감안한 2차 유동 가중치의 합으로 중요도에 따른 빈도 관리를 하게 된다.

즉, 핵심성과지표에 대한 고정 가중치와 변동하는 유동 가중치의 합이 큰 개체일수록 모니터링을 위한 빈도를 높게 가져가며, 벤치마킹 및 KPI의 개선 사이클, 목표 KPI를 통해 성과지표들을 재설정(Re-set) 하게 된다.

한편, 공급사슬의 역량을 나타내는 핵심성과지표는 급변하는 기업 환경 및 수요, 그리고 공급사슬 구성원들간의 이해 관계를 바탕으로 끊임없이 변화한다고 생각할 수 있기 때문에 지속적인 관리 및 개선이 필요하다. (Bradley Hull, 2004)

〈그림 6〉은 핵심성과지표(KPI)의 개선 과정에 있어, 벤치마킹을 통한 개선 사이클과 목표 KPI의 설정을 기본으로 수요 변동에 대응한 탄력적인 개선 과정을 동시에 고려한 상황을 나타내고 있다.

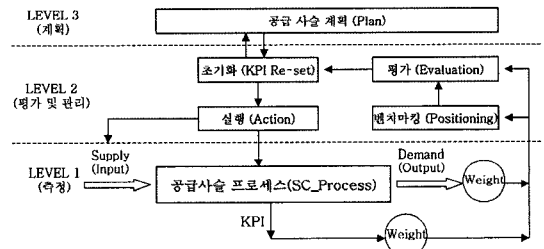
본 연구에서는 〈그림 6〉에서 제시한 KPI의 개선 과정 및 성과지표들의 특성을 감안하여, 정량화 된 성과지표들을 〈그림 7〉과 같이 목표 KPI에 대한 개선 및 업계 최고 수준인 타사의 성과지표들(Best Practice)과 비교를 통해 벤치마킹 하게 되며, 부족한 부분에 대해서는 개선 사이클을 통해 핵심성과지표들을 재설정(Re-set)하게 된다.

결과적으로, 엔트로피 탄력성은 수요 및 KPI의 변동 확률 및 폭이 클수록 높은 엔트로피 가중치값, 다시

말해, 높은 탄력성을 지니게 되는데, 수요의 변동에 대해 높은 탄력성을 지닌다는 말은 수요의 변동시, 공급사슬상에서의 공급 능력을 좌우하는 KPI가 민감한 반응을 나타내며, 이때의 역량이 이러한 수요의 변동을 충족시키지 못한다는 의미이다.

따라서, 공급사슬 관리자들이 중요시 여기는 KPI의 고정 가중치에 이와 같이 높은 탄력성을 지니는 KPI에 대해서 높은 유동 가중치를 부여하며 균형상태의 목표 KPI로 근접할 수 있도록 하기 위해, 두 가중치의 합이 높은 개체들을 중심으로 우선순위별 빈도관리를 한다는 의미이다.

본 연구에서 제시하는 동적 모델을 통한 공급 사슬 관리의 전체적인 개념도는 〈그림 8〉과 같다.



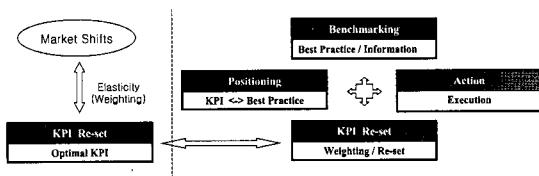
〈그림 8〉 공급사슬 관리 루프 개념도

IV. 사례연구를 통한 비교분석

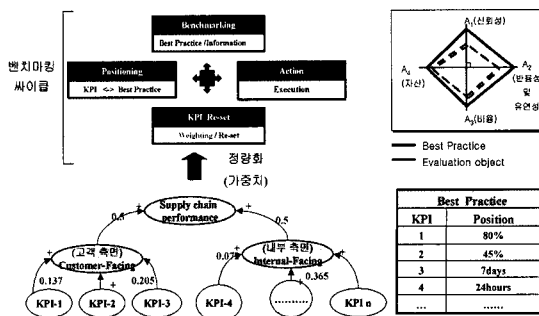
본 장에서는 일본 유수의 자동차 메이커 'N사'의 공급사슬 구조 및 공급사슬 측정과 관리방식 실행을 통해 N사의 공급사슬 측정 및 관리의 한계점을 제시하고, 이를 통해 제안한 동적모델의 이점을 제시한다.

N사의 공급사슬 측정 및 관리방식을 간략히 살펴보면 다음과 같다. N사는 〈그림 9〉와 같이 공급사슬을 공급(Supplier), 생산(Production), 도/소매(Wholesale), 판매 및 서비스(Sale and Service)의 4가지 단계로 나누고, 품질(Quality), 비용(Cost), 배송(Delivery)의 기능적인 측면에서 총 30가지 이상의 핵심성과지표(KPI)를 산출하여 벤치마킹을 위한 기준척도로 활용하고 있다.

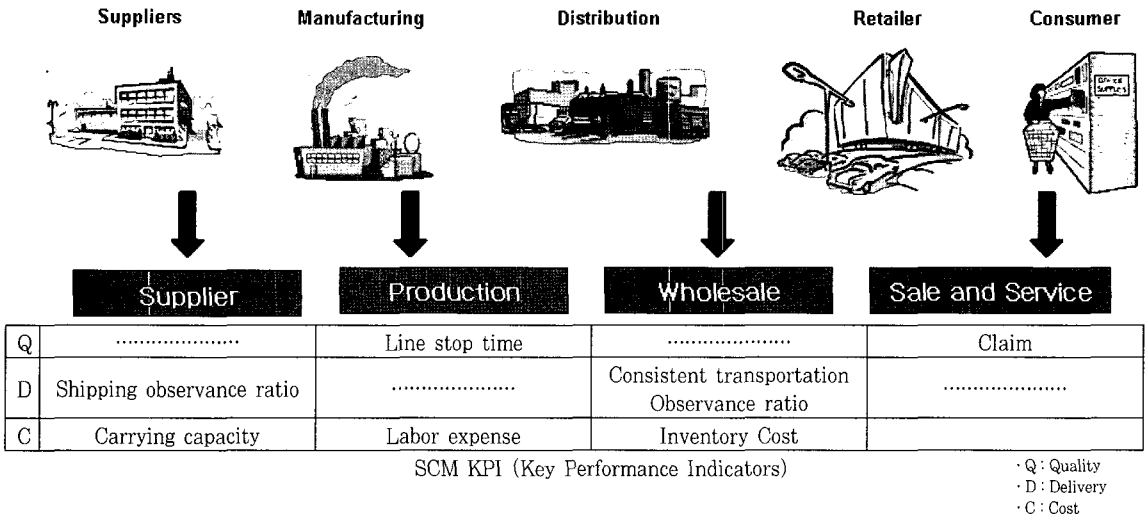
한편, 도출된 핵심성과지표는 〈그림 10〉과 같이, 품질(Q), 배송(D), 비용(C)을 기준으로 현지의 자동차업체 T사(Best Practice), H사, M사 등과의 비교 분석을 통해 자사의 강/약점을 파악하고 미비한 부분에 대해서는 보고서를 통해 원인 분석 및 보강, KPI의 재설정



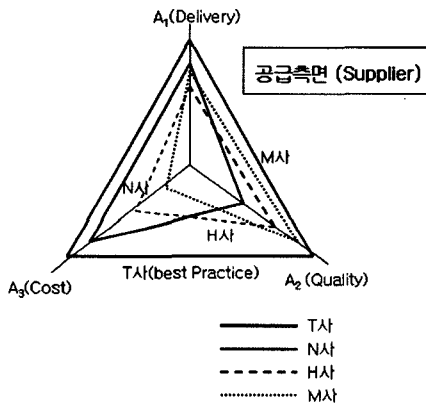
〈그림 6〉 수요변동 및 벤치마킹을 동시에 고려한 KPI의 개선 사이클



〈그림 7〉 모델 정량화 및 KPI의 벤치마킹



〈그림 9〉 'N'사의 공급사슬 성과측정



〈그림 10〉 벤치마킹을 통한 비교분석

(Re-set)을 하게 된다.

그러나, N사의 측정 및 관리방식은 핵심성과지표를 공급사슬의 단계별로 분류하고 있어, 실질적인 기능 측면의 접근을 통한 자가진단에는 용이하지만, 핵심성과 지표들이 벤치마킹을 위한 기준적으로도 활용될 뿐, 정량화되지 않아 전체적인 공급사슬의 성과를 한 눈에 파악하기 힘든 단점이 있다.

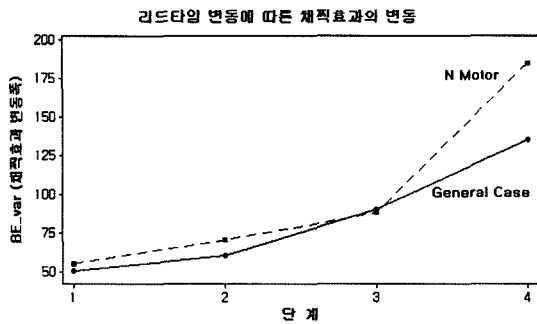
게다가, 부품 조달을 전문 운송회사로 아웃소싱하고 있는 N사의 경우, 이와 관련된 핵심성과지표의 지속적인 모니터링 등과 같은 직접적인 관리가 힘들다는 단점이 있으며, 동기화의 범위가 부품공급업체까지 포함하지 않기 때문에 부품공급-생산 단계에서 수요정보의 왜곡에 따른 채찍효과(Bullwhip Effect)가 발생하더라도 상황 파악 및 신속한 대응이 매우 곤란한 측면이 있다.

〈표 3〉 총점 형태로 정량화 된 공급사슬 수준

공급사슬의 성과(Supply Chain Performance)				
	KPI	벤치마킹 점수(x_1)	가중치 점수(x_2)	
고객측면 (Customer-Facing)	신뢰성	KPI- 1	4/5	10.8/14
		KPI- 2	34/5	11/14
		KPI- 3	3.5/5	11/16
		KPI- 4	5/5	15/5
	유연성	KPI- 5	3/5	12/20
내부측면 (Internal-Facing)	비용	KPI- 6	3/5	6/10
		KPI- 7	3.5/5	12/17
		KPI- 8	2/5	12/30
	자산	KPI- 9	4/5	9/11
		KPI-10	5/5	10/10
		KPI-11	2.5/5	5/10
총점		39.5/55	104/152	

한편, N사의 측정 및 관리 방식에 비해 제안한 동적 모델은 다음과 같은 이점이 있다. 첫째, 벤치마킹을 통한 자사의 수준 및 가중치를 통해 전체적인 공급사슬의 성과를 총점수제와 같이 한 눈에 파악할 수 있는 기준적으로 표현이 가능하다는 점이다. 일례로 수요변동 상황의 가정 하에, 임의의 1, 2차 가중치와 벤치마킹 평가치가 주고, 5점 척도(Best Practice: 5점)로 점수 환산한다고 가정했을 때, 〈표 3〉과 같이 자사의 공급사슬 수준을 총점의 형태로 일목요연하게 간단히 파악할 수 있게 된다.

둘째, 제안한 정량모델이 N사의 측정방식 및 기타 방법들과 차별화되는 점은 탄력성을 바탕으로 한 중요



(그림 11) L/T 변동에 따른 채찍효과의 변동

도별 우선순위의 산정과 그에 따른 모니터링이라 할 수 있다는 것이다. 여기서, 성과지표의 우선순위를 모니터링의 중요성을 살펴보기 위해 채찍효과의 변동폭을 고찰해 보았다. N사의 경우와 같이 상류단계(부품공급-제조)를 외부 전문 운송회사로 위탁한 경우, 정보의 왜곡에 의한 채찍효과가 발생할 가능성이 높다. Chen의 2인(2000)이 제안한 채찍효과 변동폭 정량화식을 바탕으로, 탄력성이 큰 성과지표인 입의 리드타임 변동에 따른 채찍효과(Bullwhip effect)의 변동폭을 고찰해 본 결과는 (그림 11)과 같다.

따라서, N사와 같이 부품조달(3단계)과정에서 비동기화 되어 있는 경우, 리드타임과 같이 가중치가 높은 핵심성과지표(KPI)는 공급사슬의 효율성과 비용 측면에서 직접적으로 많은 영향을 끼치게 되므로, 우선순위를 높게 책정하여 자주 모니터링하며 관리해야 한다는 점을 발견할 수 있다.

V. 결론 및 추후과제

본 연구에서는 공급사슬의 운영 효율성과 수요 반응성을 동시에 고려하기 위해, SCOR 모델의 핵심성과지표를 이용하여 공급 사슬의 운영 성과를 측정 및 산출하고, 각 KPI들이 가지는 중요도를 계층적 구조로 표현하였다. 그리고, 이러한 점을 바탕으로 하고 수요 변동을 고려한 KPI의 탄력성 개념을 도입하여 동적으로 공급 사슬을 측정 및 관리 할 수 있는 모델을 제안하였다. 또한, 사례를 통해, 제안한 동적모델의 차별성을 개발하였다. 덧붙여, 제안한 모델은 우선, 가중치와 벤치마킹을 동시에 고려한 총점수제로 표현함으로써, 전체 공급사슬 수준을 한눈에 파악할 수 있음을 보였다. 따라서, 제안한 모델은 기존모델보다 여러 가지 장점을

지니고 있어, 보다 효과적인 성과측정모델로서 실무적 측면에서 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

한편, 본 연구에서는 연구 범위의 확대를 방지하고, 연구의 주된 흐름을 유지하기 위해 SCOR모델의 핵심성과지표를 이용하였다. 그러나, SCOR모델이 세계적으로 공인된 모델이지만, 모델에서 수렴한 KPI의 타당성과 모델에서 다루고 있는 두 가지 측면(고객측면, 내부측면)의 분리와 이를 통한 다면평가 방안에 대해서 검토할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한, 향후에는 기능 및 전략적 측면과 재무 회계적 측면까지 동시에 고려할 수 있는 새로운 형태의 핵심성과지표의 개발도 필요할 것으로 사료된다. 아울러, 본 연구에서는 SCOR모델의 핵심성과지표를 AHP를 이용해 계층적으로 구조화하는데 있어, 유연성, 효율성, 반응성, 자산, 비용으로 나열되는 상위 요소들간의 세부적인 인과 관계의 복잡성이 고려되지 않았다. 또한, KPI 탄력성에 있어, 실제적인 환경의 탄력성이란 제품의 유형(사치재, 필수재, 열등재 등) 및 시장의 형태(독과점 시장, 완전 경쟁시장 등)와 같은 여러 가지 환경에 의해 달라지는 복잡성이 있어, 이를 고려할 필요가 있다. 또한 향후 연구에서는 세부적인 요소들 사이의 인과관계 정의 및 실제적인 조사를 통한 검증 작업역시 중요할 것으로 사료된다. 이와 함께, 동적모델과 관련한 외국의 연구사례에 대한 보다 심도 깊은 조사도 필요할 것으로 사료된다. 따라서, 이러한 부분들이 본 연구의 추후과제로 남아있다.

참고문헌

1. 박연우·이연우(2004), "SCM 성과측정과 성공 요인에 관한 연구", 한국유통학회 동계학술대회. pp.124~128.
2. 이영해·황정호·장지만(2004), "혼합형 제조물류 산업을 위한 RPM 개립", 한양대 협업형 공급사슬에서의 BPMS Template 개발 보고서. pp.51~59.
3. F.Y.Chen, Z.Drezner, JK Ryan, and D.Simchi-Levi(2000), "Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain : the impact of forecasting, lead times, and information", Management Science, Vol 46, no.3 pp.437~442.
4. B. Hull(2004), "The role of elasticity supply chain performance", International journal of production economics. pp.4~5.

5. Robert S. Kaplan and David P. Norton(1996), "The balanced scorecard: Translating strategy into action", Harvard Business School. pp.20~32.
6. Laura Meade and Joseph Sarkis(1998), "Strategic analysis of logistics and supply chain management systems using the analytical network process. Logistics and Transportation Rev, Vol. 34, No. 3, pp.23~38.
7. Clemens Lohman, Leonard Fortuin, Marc Wouters(2004), "Designing a performance measurement system: A case study", European journal of operation research, pp.269~270.
8. Ovitz Taylor Gates, "SCM Tool-kit", SCM Application Blueprint, pp.11~13.
9. Supply Chain Council(2004), "Supply chain operations reference model: SCOR Version 6.1 Overview." pp.6~9.
10. P.Suwignjo, U.S Bititci, A.S. Carrie (2000), "Quantitative models for performance measurement system", International journal of production economics. pp.3~8.
11. グロービス・マネジメント・インスティテュート(2004), "MBA 定量化分析と意思決定", pp.23~25.
12. 郡司浩太郎 외2(1999), "SCM改革のための 业绩評価システム", NRI pp.2~5.
13. 森泽(2001), "バランス・スコアカードによる业绩評価制度の改革", NRI. pp 5~6.
14. NTTデータ経営研究所(2002), "ロジ스 テイク스診断の概要", pp.13.
15. 高木孝辅(2000), "SCMスコアカードの 分类と泛用化", 东京工业大学, 修士学位论文. pp.50~53.
16. 日本ロジスティクスシステム協会(JILS), "SCMロジスティクススコアカード", Ver. 2.0
17. NISSAN自動車-SCM本部, "SCM成果指標に関する 报告书", pp.22~45.

✉ 주 작 성 자 : 추봉성

✉ 논문투고일 : 2005. 10. 29

✉ 논문심사일 : 2005. 11. 30 (1차)

2005. 12. 15 (2차)

✉ 심사판정일 : 2005. 12. 15

✉ 반론접수기한 : 2006. 4. 30