

# 한국 SCM 학회지

*Journal of the Korean Society of  
Supply Chain Management*

Volume 11 Number 1  
2011



사단  
법인 한국SCM학회

# 한국 SCM 학회지

*Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*

## 1 SCM 환경에서 행동-보상 학습 기법을 이용한 JIT 기반 동적 칸판 시스템

손민영 · 고효현 · 김성식 · 백준걸

This paper propose a reactive Kanban system for a multistage production system with non-stationary customer demands using action-reward learning method. The proposed method leads to decrease the inventory cost. In the reactive Kanban system, the time series data for the demand are monitored and the control parameter of action-reward learning is designed to adaptively change as customer demand pattern changes. Then, in this system, the number of Kanbans and the buffer size at each stage are adjusted as a response to the adapted control parameter. A simulation-based experiment was performed to compare the performance of the reactive Kanban system.

## 15 크로스도킹 터미널에서 입고와 출고를 병행하는 트럭 일정계획에 관한 연구

주철민 · 김병수

Cross docking is a logistics management concept in which items delivered to a terminal by inbound trucks are immediately sorted out, routed and loaded into outbound trucks for delivery to customers. This research considers the scheduling problem of trucks, in which it sequentially deals with the storage process in an inbound dock and the shipping process in an outbound dock of the cross docking terminal. The objective of the problem is to determine the door assignment and the docking sequences of trucks simultaneously to minimize the makespan. A mathematical model for finding an optimal solution is derived, and genetic algorithm (GA) is proposed to find a solution in a reasonable computation time. The performance of the GA is evaluated using randomly generated several examples.

## 25 정보의 품질 수준과 초기 재고의 조절을 통한 공급 사슬의 최적화 방안

박경중

This paper proposes a method to optimize

simultaneously the total costs and order fill rates in a supply chain. Multi objective particle swarm optimization is used to optimize the objectives at the same time. The method changes automatically the initial inventory levels of all tiers considering the quality level of information. ANOVA tests using a 5% significance level are performed in SPSS to examine significant performance changes among various cases. The results show that the proposed method finds best solutions which satisfy the lower inventory level maintaining the higher order fill rate.

## 35 물류서비스품질의 인식의 차이에 대한 비교연구

장광선

Service quality has become a primary concern and criterion recently to assess the competence of logistics service providers. However, most companies have little understanding of logistics service quality, and development of a Logistics Service Quality Index (LSQI) is at an early stage. The purpose of this study is to develop LSQI for the logistics market and to verify the possibility of generalization. Using the developed indices, a comparative study also was done to measure expectations of service quality and performance perceptions between shippers and logistics service providers and between 2PL shippers and 3PL shippers. The result shows that LSQI can be used and generalized in most industries. Also, shippers and logistics services providers regard logistics service quality as quite important. There was little difference on the expectation of service quality between shippers and logistics service providers, or between 2PL shippers and 3PL shippers. As for performance perception, there were differences between shippers and logistics service providers, while there was little difference between 2PL shippers and 3PL shippers.

## 47 공급사슬관리의 지속가능성 이슈 통합 영향요인 연구: 이해관계자 및 자원기반 관점

김정근 · 이수열

This paper examines empirically the factors that facilitate sustainable supply chain management, which involves the integration of environmental

and social issues into conventional supply chain management processes. To build a theoretical model for this issue, the author adopted two previously disparate perspectives together: stakeholder theory and a resource-based view of the firm. Stakeholder pressure, a firm's sustainability issues integration capability (SIIC), and expected sustainability benefits (ESB) were investigated as the antecedents of sustainable SCM. To test hypotheses, this study utilized structural equation modeling with data from 78 Korean firms. SIIC was found to significantly predict sustainable SCM; however, mixed results were found regarding the effects of stakeholder pressure and ESB on SIIC and sustainable SCM. This research represents one of the few survey-based studies which explore the factors that influence sustainable SCM with a dual consideration of external pressure and internal capabilities.

## 61 SCM 시스템 성과 평가모형 개발 및 평가항목별 AHP 분석

박일규 · 김상훈

The objective of this research is to develop performance evaluation model for SCM(Supply Chain Management) systems aiming at optimizing internal and external logistics systems, production, flow of resources and finances, and to establish weight values for performance evaluation items.

Through reviewing and interrelating a vast range of related theoretical studies the integrative evaluation model for SCM systems performance was derived, and then the weight value as relative importance to SCM systems performance was determined for each evaluation area and item by means of AHP(Analytic Hierarchy Process) analysis. The data for AHP analysis were collected by surveying 15 SCM systems experts from academic and corporate sectors.

The performance evaluation model for SCM systems could be reasoned to consist of three evaluation areas(technological quality, task efficiency and organizational outcome) and nine evaluation items(system quality, information quality, service quality, contributiveness to task efficiency, users' satisfaction and four BSC items). The results of AHP analysis shows that each evaluation area and item have significantly different weight value. By applying the integrative

evaluation model suggested in this study and the weight values of evaluation areas and items identified via AHP analysis, the performance evaluation of SCM systems will be able to be done more correctly and meaningfully. Also, the development and application of this rational performance evaluation methodology will lead to effective management of SCM systems.

#### 75 2000-2007년 국내 제조업의 재고회전율, 현금변환주기 및 매출이익률 실증 분석: 업종별 및 대기업과 중소기업 간의 차이를 중심으로

김진백

In this paper, it is examined whether improvement in the supply chain performance of Korean manufacturing industries in the 2000's can be identified from financial data. 20 industries classified into the manufacturing category according to the Korean Standard Industry Classification (KSIC) were selected, and three indices suggested in the SCOR model were analyzed: inventory turns, cash-to-cash cycle, and gross margin. Despite industry wise differences, generally large companies showed better performance than small and medium sized companies. The trend of improvement was not clearly identified in many industries. The degree of variation among the industries suggests that some previous studies on supply chain performance need to be reconsidered if they regarded manufacturing industry as a single homogeneous group. Generally observed negative correlation between inventory turns and gross margin seems to indicate that theoretically suggested supply chain strategies were adopted by many Korean manufacturing industries in the 2000's.

#### 95 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 불확실성 하 다수기간 재고품목 소매점 공급사슬의 리스크 분석

박양병 · 윤성준

Managing risk has become a critical component of supply chain management as the vulnerability of supply chains increases. Because a stochastic modeling approach is very intricate and regarded

as computationally intractable, many existing models utilize a mean value approach to determine the optimal solutions for supply chain management in the presence of uncertainty. In this paper, we perform a risk analysis for the retail supply chain of a multi-period inventory product under uncertainty using a computer simulation when the distribution plan determined by utilizing a mean value approach is applied. An integer linear mathematical model is constructed for the distribution plan. Three types of risk measures are employed: standard deviation ratio, probabilistic financial index, and variability index. The results of the analysis show the variation of the risk measures as the uncertainty of the variables are changed and suggest the preferential priority of uncertain variables which should be taken into account under a limited resource.

#### 105 공급망 환경에서 중소부품제조업체의 생산물류계획 통합 사례 연구

황승준 · 김태영 · 금병찬

For small and medium sized manufacturing companies, establishing a production and logistics integration systems is one of the most critical issues in the supply chain management. It helps SMEs(Small and Medium-sized Enterprises) fulfill production and logistics activities simultaneously, and enhances operational efficiency through the reduced changes in production planning, defect ratio, and inventory turnover.

This case study showed a process of adopting an information system for an auto-part manufacturing company attempting integration of production and logistics activities. In particular, this study performed a system analysis and compared the key performance between before and after adoption of the new system in the context of a supply chain with multi plants and multi distribution centers.

#### 121 중국 중소도시의 유통업체 사례 연구-길림성 연길시를 중심으로-

백시현 · 섀타이마오 · 김신래

China is one of the most attractive markets in the

world, and many international retailers such as Wal-Mart(1996) have already entered into the Chinese market. Although many international retailers have entered into China, many of the local cities currently have no competitive retailers. The market size of a local city is relatively small, however the combined market size of local cities is extremely large. So many companies to seek a new market in China have emphasized the importance of local cities. However, each researcher has defined the size of local cities according to their's subjective criteria, and the resulted problem is that the mixed and incorrect information is re-excerpted.

This paper searches the administrative districts in China and reveals the huge untapped retail market in China. Besides, this work researches the present state and problems of retail industry in Chinese market, introduces the circumstances of four retailers in Yanji-city, and extracts customer's perception about retailers from a survey of a hundred customers in Yanji-city in China. With the questionnaire, this paper suggests the appropriate retailer's model(Net-mart) which is for the small market of local city.

# 한국 SCM 학회지

Journal of the Korean Society of Supply Chain Management

## 투고논문 작성요령

### 1. 제출방법

투고자는 논문을 한글 또는 MS워드 작성하며, 글씨크기 11포인트, 2단 편집으로 작성하여 제출한다. 논문심사 후 게재가 확정되면 저자약력 및 사진이 포함된 최종본을 e-mail로 제출하여야 하며, 특수한 그림의 경우 전사가 가능한 상태의 그림을 별도로 1부 제출하여야 한다. (논문저자 중 한 명 이상은 한국SCM학회의 연회비 납부회원이어야 투고할 수 있다.)

• 제출처 : 한국SCM학회 사무국

(우)426-791 경기도 안산시 상록구 사3동 1271

한양대학교 산업경영공학과 내(5공학관 532호)

E-mail : kscm@kscm.org T. 031-438-5269, 400-4506

### 2. 제출절차

접수된 후 심사과정에 있는 논문의 철회를 저자가 원하는 경우 저자는 서면으로 편집위원장에게 철회요청서를 제출하여야 한다.

### 3. 표지 및 내용

논문 표지에는 논문제목, 저자명 및 직책, 소속기관, 대표저자의 우편번호, 주소, 전화 및 FAX번호, E-mail 주소만을 기입한다. (각 사항에 대한 영문을 병기하고 영문 성명은 이름 먼저 쓰고 성은 뒤에 쓴다.) 연구비의 지원을 받아 연구가 이루어진 논문의 경우 표지에서 밝힐 수 있다. 표지의 다음 쪽에는 저자명 및 소속기관을 기입하지 않고 제목부터 시작하여 영문요약(150단어 이내), 키워드(영문포함), 본문, 참고문헌, 부록 순으로 작성한다.

원고 작성시 본문과 그래프 등의 모든 것은 흑백으로 작성한다(컬러 그래프 사용 자제).

### 4. 영문작성

영문의 대문자는 고유명사나 문장의 첫 자 또는 고유명사의 약자 등에만 사용한다.

### 5. Abstract 및 키워드

영문으로 기입된 저자 소속 아래 150단어 이내의 영문요약(abstract)을 기입하고, 그 아래 Keywords를 기입한다.

### 6. 각주(footnote)

— 연구비의 지원을 받아 연구가 이루어진 논문을 알릴 경우  
— 교신저자의 연락처를 기재하는 경우  
상기 사항을 제외한 각주(footnote)는 사용하지 않는 것을

원칙으로 한다.

### 7. 저자구분

논문의 저자 기재 시 제1저자, 제2저자 순으로 기재하며, 교신저자의 경우 “†”로 이름 옆에 표기하도록 한다.

### 8. 번호매김

장이나 절은 아라비아 숫자로 1., 1.1, (1) 등으로 표기하며, 수식은 필요한 경우(1)등으로 매김을 한다.

### 9. 그림과 표

그림은 그림 1(Fig.1)등으로 표시하며 그림의 제목은 그림의 밑 중앙에 표기하고, 표는 표1(Table 1)등으로 표시하며 표의 제목은 표의 위 중앙에 표기한다. 모든 그림과 표는 본문의 적당한 위치에 삽입하고, 삽입이 어려운 경우는 논문의 맨 뒤에 첨부한다.

### 10. 수식표시

수식(formula)은 필요한 경우 번호를 부여한다.

(예)  $y = a_1 x^2 + a_2 x + a_3$  (1)

### 11. 참고문헌

인용된 문헌은 ( ) 안에 저자명과 연도를 본문 중에 명시하고 인용된 문헌의 전부를 본문 끝에 저자명의 순(국문, 영문 순)으로 일괄 기입한다. 학술지의 경우는 저자명(발행연도), 논문제목, 학술지명(이탈릭체), 권(호), 쪽수의 순으로 기입하고, 정기간행물이 아닌 문헌의 경우는 저자명(출판연도), 서명(이탈릭체), 출판수(2판 이상), 쪽번호 또는 장, 출판사명, 출판지역의 순으로 기입하되, 다음의 예를 따른다.

(예)

홍길동(1990), 한국의 SCM전략, 한국SCM학회지, 제1권, 제1호, pp. 12~22.

Hayes, R. and Pisano, G. P.(2000), SCM Strategy in Korea, *SCM Journals*, Vol. 11(4), pp. 25~41.

홍길동(1990), 한국의 SCM전략, 박영사.

이몽룡(역)(2000), *e-비즈니스 전략*, 헤이즈(원저), 법문사.

Hayes, R.(2000), *SCM Strategy in Korea*, 2nd ed., pp. 123 ~ 145, Prentice-Hall.

### 12. 논문 심사료 및 게재료

심사료는 5만원, 게재료는 10페이지(2단으로 편집된 최종 게재본 기준)를 기본으로 20만원이며, 10페이지 초과시 페이지 당 2만원.

<송금처>

신한 : 100-014-515276 (예금주 : (사)한국SCM학회)

영수증 발급

# SCM 환경에서 행동-보상 학습 기법을 이용한 JIT 기반 동적 간판 시스템

손민영\* · 고효현\*\* · 김성식\* · 백준걸\*\*†

\*고려대학교 산업경영공학부 · \*\*고려대학교 정보통신기술연구소

## A Reactive Kanban System for JIT using Action-Reward Learning Method in a Supply Chain Environment

Min-Young Son\* · Hyo-Heon Ko\*\* · Sung-Shick Kim\* · Jun-Geol Baek\*\*†

\*School of Industrial Management Engineering, Korea University

\*\*Research Institute for Information and Communication Technology, Korea University

This paper propose a reactive Kanban system for a multistage production system with non-stationary customer demands using action-reward learning method. The proposed method leads to decrease the inventory cost. In the reactive Kanban system, the time series data for the demand are monitored and the control parameter of action-reward learning is designed to adaptively change as customer demand pattern changes. Then, in this system, the number of Kanbans and the buffer size at each stage are adjusted as a response to the adapted control parameter. A simulation-based experiment was performed to compare the performance of the reactive Kanban system.

**Keywords:** Reactive Kanban System, Action-Reward Learning, Inventory Cost, Non-Stationary Demand, Demand Clustering

### 1. 서론

최근 세계 유수의 기업들이 벤치마킹해 오던 JIT(Just-In-Time)방식이 심각한 문제를 보이고 있다. 일반적인 JIT 시스템은 안정적인 수요를 가정하기 때문에 불안정한 수요는 하위 공정이나 공장의 재고문제를 발생시키는 것으로 알려져 있다. (Takahashi, 2003).

JIT 시스템의 문제가 2008년 하반기 예기치 못한 글로벌 금융위기가 발생하자 판매가 급감하는 등의 불안정한 수요 변화로 가중되었다. 또한 기업들은 불안정한 수요가 지속되면서 과도한 재고로 인해 많은 손해가 발생하여 유동적인 재고관리 도입을 요구하게 되었다.

일반적인 공급사슬의 고객수요는 안정적인 수요와 불안정한 수요로 나눌 수 있다. 고객수요는 평균과 분산을 가지는 정규분포 형태로 나타낼 수 있다. 안정적 수요의 경우에는 평균과 분산이

\* 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2010-0016507).

† Corresponding author: 136-701, 서울시 성북구 안암동5가 고려대학교 산업경영공학부

TEL : 82-2-3290-3396 FAX : 82-2-929-5888 E-mail : jungeol@korea.ac.kr

\* 2010년 11월 12일 투고, 2011년 1월 10일 수정본 접수, 2011년 1월 17일 게재 확정.



일정한 상태를 갖는다. 하지만 불안정한 수요는 정규분포의 평균과 분산이 시간에 따라 변하게 된다. 따라서 불안정한 수요의 경우 매 시점마다 수요변화를 예측하여 생산해야 효율적인 재고관리가 가능하게 된다(Buzacott and Shanthikumar, 1993)(Yun et al, 2004).

JIT 시스템은 간판을 이용하여 재고관리를 수행한다. 간판이란 단위 재고마다 부착되는 카드로서 작업을 통제하는 도구이다. 간판 수는 총 재고량과 비례하고, 후속 공정이 요구하는 수요의 부품을 선행 공정이 생산하도록 도와준다. JIT 시스템은 간판이라는 손쉬운 방법을 통해 재고관리를 수행한다는 장점이 있다. 하지만 기존 JIT 시스템은 확정적인 간판 수를 사용하여 수요 변동에 따른 재고부족 또는 재고과잉을 발생시킨다.(Muckstadt and Tayur, 1995).

JIT 생산 시스템은 자동차 생산에서 대표적으로 사용된다. 자동차 생산은 재고 유지를 위해 많은 비용을 사용한다. 또한 제품 추세 및 새로운 기술의 등장으로 인해 고객들의 성향이 급격히 변하여 재고를 이용한 경쟁력 있는 대처가 어렵다. 특히, 많은 재고는 수요 증가 시에 효과적이지만, 수요가 감소할 경우 재고과잉에 대한 손실이 발생한다. 반면 적은 재고는 수요 증가 시에 고객에게 수요를 만족시키지 못해 고객 만족도를 감소시켜 경쟁력 상실을 초래하게 된다(Gupta and Al-Turki, 1997).

따라서 본 연구는 간판 수를 수요 변화에 따라 조절하여 재고 비용을 절감하는 동적 간판 시스템을 제안한다. 본 연구는 기존 JIT시스템에서 고려한 안정적인 고객수요뿐만 아니라 불안정한 고객수요에 대해서도 고려한다. 또한 두 가지 수요특징을 매주마다 수요 변화를 클러스터링하고 수요패턴에 따른 유동적인 수요예측 방법을 제안한다.

기존 JIT 시스템은 안정적 수요를 가정한 연구가 대부분이고 불안정한 수요에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. Rees et al.(1987)과 Gupta and Al-Turki(1997)는 프로세싱 시간과 수요의 변동에 대응하기 위해 간판 수와 이에 대응하는 버퍼크기(Buffer Size)를 유연하게 계산하는 시스템을 제안하였다. 하지만 추세나 사이클을 가지고 변화하는 수요의 변화를 고려하지 못했다. Takahashi and Nakamura(1998)는 간판 수를 동적으로 계산하는 관리도(Control Chart) 기반의 동적 JIT 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 불안정한 급격한 변화를 효과적으로

감지하였다. 그러나 일정 서비스 레벨 내에서 재고 유지비용만을 줄이는 방법을 사용하여 재고부족비용과 높은 서비스레벨은 고려하지 못했다. 한편, Tardif and Maaseidvaag(2001)는 특정 재고 레벨을 기준으로 여유 간판을 활용하여 간판 수를 제어하는 동적 간판 시스템을 제안하고 불안정한 수요 환경에 적용하였다. 제안된 시스템은 여유 재고를 일대일 방식으로 사용하여 안정한 고객 수요 변화는 감지하였으나 급격한 변화는 빠르게 감지하지 못하는 한계를 가지고 있었다. Takahashi(2003)는 관리도와 재고레벨을 접목한 새로운 재고 기반의 동적 제어를 제안하였다. 동적 제어기는 관리도를 기반으로 불안정한 변화를 감지하면 여유 간판을 활용하여 간판 수를 제어하는 방법이다. 동적 제어기는 이전 재고기반의 시스템보다 급격한 수요의 변화에 강하고, 재고부족에 따른 서비스레벨을 고려하였다. 하지만 기존 재고기반 연구와 마찬가지로 여유재고가 일대일방식으로 활용되는 한계로 인해 급격한 수요의 변화가 발생할 경우 관리도 기반의 동적 JIT 시스템보다 낮은 성능을 나타내었다.

이상의 기존 연구들은 불안정한 수요 변화를 고려하지 못하거나, 불안정한 수요 변화에 효과적인 대응을 하지 못하였다. 따라서 본 연구는 불안정한 수요 변화를 효과적으로 감지하여 평균재고비용을 줄이는 효율적인 재고관리 방법을 제안한다.

## 2. 동적 간판시스템 모델링

### 2.1. 간판시스템

본 연구의 대상인 JIT기반 간판시스템은 <그림1>과 같이 단계의 연속적인 생산시스템이다. 각 공정은 공정 이전 재고 포인트와 공정 이후 재고 포인트를 갖는다. 이전 재고 포인트는 해당 공정을 위한 부품의 재고를 쌓고, 이후 재고 포인트는 공정이 완료된 재고를 쌓는다. 각 재고는 유지단위마다 간판이 부착되고, 간판의 수는 효율적인 생산을 위해 관리된다.

간판시스템은 번째 공정 이후 재고 포인트에 빈 간판이 발생하면 해당 공정에 생산을 요청한다. 생산이 요청된 공정은 생산을 위해 이전 공정 단계로부터 부품이 공급이 되었는지 확인한다. 또한 현재 공정이 생산 가능한 상태인지 확인하여 공정을 실행한다.

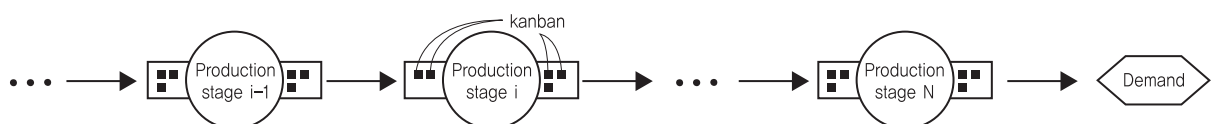


그림 1. 다단계 동적 간판 시스템

가공이 완료된 제품은 다음 재고 포인트에 간판을 부착하여 쌓는다.

필요한 간판 수가 감소하면, 빈 간판의 발생이 줄어들고 공정의 생산 요청이 줄어든다. 따라서 수요가 감소하면 필요한 간판 수를 작게 조절하여 빈 간판의 생성이 줄어들도록 유도한다. 즉, 필요한 간판 수를 결정하는 것은 간판 시스템의 성과를 결정하는데 중요한 요소가 된다(Tayur, 1993).

본 연구에서 사용하는 간판시스템은 다음과 같다.

- 생산은  $N$ 단계의 연속적인 공정을 통해 생산된다. 각 공정은 공정 이전 재고 포인트와 공정 이후 재고 포인트인 두 개의 재고 포인트를 가진다.
- 가공의 한 단위인 간판은 각 재고품에 붙여지고, 재고 유지 단위는 1이다. 즉 재고 포인트에서 재고량은 간판 수와 같고, 재고 포인트의 적재 수량은 제한이 없다고 가정한다.
- 각 단계의 생산시간과 운송시간은 확정적이며, 모든 공정의 생산시간과 운송시간의 합은 단위기간(unit time)보다 작다.
- 수요는 안정적인 수요와 불안정적인 수요의 두 가지를 갖는다. 만족 되지 못한 이전 수요는 이월이 허용된다. 또한 이전 주기에서 이월된 수요는 우선적으로 처리한다.
- 간판 수는 모든 재고 포인트에 동일하게 주어지며, 불안정한 수요변화를 위해 동적으로 관리된다. 단위기간 동안 생산시스템은 주어진 간판 수만큼 제품을 생산한다.
- 제시된 JIT 시스템은 단일품목 생산에 최적화되어 리드타임은 충분히 작고 별도의 생산준비비용은 없다.

대부분의 생산 시스템은 수요가 발생하면 전체 생산시간과 운송시간을 고려하여 생산량을 결정한다. 또한, 생산을 완료한 공정은 새로운 생산이 필요할 때까지 휴식기를 갖는다. 반면, JIT 시스템은 별도의 휴식기 없이 정해진 간판 수를 유지하며 생산을 진행한다. 따라서 불안정 수요가 발생했을 때 JIT 시스템은 불안정한 수요에 대응한 간판 수 결정으로 재고비용을 줄이게 된다. 즉, JIT 시스템은 재고비용의 감소를 위해 불안정한 수요에 대응하는 간판 수 결정 문제가 매우 중요하다.

본 연구는 이상의 가정과 문제 환경에서 간판의 수 결정을 통해 재고비용을 최소화하는 동적 간판 시스템을 제안한다.

## 2.2. 기호정의

본 연구는 제안된 동적 간판 시스템에 대한 수리적 모델링을 위해 다음과 같은 기호를 사용한다.

[ Notation ]

$i$ : 공정 번호 ( $i=1,2,\dots,N$ )

$t$ : 주기 인덱스 ( $t=0,1,2,\dots,\infty$ )

*Unit Time*: 단위 기간의 크기

$u$ : 주기 내 시간 인덱스 ( $u=0,1,\dots,Unit\ Time$ )

$T$ : 현재 주기

$m$ : 클러스터 인덱스 ( $m=1,2,\dots,M$ )

$j$ : 보상계수조합 인덱스 ( $j=1,2,\dots,J$ )

$h$ : 단위당 재고유지 비용

$l$ : 단위당 재고부족 비용

$Demand_t(u)$ :  $t$ 주기 내  $u$ 시간 때의 실제수요

$x_t(u)$ :  $t$ 주기 내  $u$ 시간 때의 수요편차

$K_i(t)$ :  $i$ 번째 공정에서 주기가  $t$ 일 때 간판 수

$X_i(t)$ :  $i$ 번째 공정에서 주기가  $t$ 일 때 발생한 실제 고객 수요

$\hat{X}_i(t)$ :  $i$ 번째 공정에서 주기가  $t$ 일 때 발생한 예측 고객 수요

$Q_i(t)$ :  $i$ 번째 공정에서 주기가  $t$ 일 때 생산량

$Q_i^*(t)$ :  $i$ 번째 공정에서 주기가  $t$ 일 때 L/H ratio를 고려한 최종 생산량

$Z_i(t)$ :  $i$ 번째 공정에서 주기가  $t$ 일 때 재고수준

$Cost_i(t)$ :  $i$ 번째 공정에서 주기가  $t$ 일 때 발생한 실제 재고비용

$\overline{Cost}_i^{mj}(t)$ :  $i$ 번째 공정에서 주기가  $t$ 일 때  $m$ 번째 클러스터와  $j$ 번째 보상계수조합에 대한 가중평균재고비용 (Weighted Mean Inventory Cost)

## 2.3. 목적함수

본 연구는 불안정한 수요 환경에서 간판수 결정을 통해 재고비용을 최소화하는 동적 간판 시스템을 제안한다.

불안정한 수요는 다단계 생산 공정의 수요 예측을 어렵게 한다. 부정확한 수요 예측은 재고부족이나 재고과잉을 야기한다. 재고부족과 재고과잉은 생산 시스템의 재고 비용으로 계산되어 기업의 운영 손실로 측정된다. 즉, 수요 예측에 대한 성과는 재고 비용을 통해 측정된다. 따라서 본 연구는 재고수준( $Z_i(t)$ )에 따라 발생하는 재고유지비용( $h$ )과 재고부족비용( $l$ )의 합인 재고비용( $Cost_i(t)$ )을 성능 지표로 사용한다. 재고비용이 크다면 불안정한 수요에 대한 대응을 잘 못한 것이고, 작다면 변화를 잘 감지하여 효과적인 운영을 한 것이다. 따라서 본 연구는 수요의 변화를 감지하여 총재고비용의 평균을 최소 하는 것을 목적함수로 하며 식 (1)로 표현한다.

$$\text{Min} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N Cost_i(t) \quad (1)$$

$$Cost_i(t) = \begin{cases} h|Z_i(t)| & Z_i(t) \geq 0 \\ l|Z_i(t)| & Z_i(t) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$Z_i(t) = Z_i(t-1) + Q_i(t) - X_i(t) \quad (3)$$

본 연구는 식(1)과 같이 연속적인 수요에 대해 해당 주기( $T$ )까지 각 공정( $i$ )에서 발생한 총재고비용의 평균을 최소화 하는 것을 목적으로 한다. 각 공정의 재고비용( $Cost_i(t)$ )은 식(2)와 같이 공정의 재고수준( $Z_i(t)$ )에 대해 단위비용과의 곱으로 계산된다. 재고수준( $Z_i(t)$ )이 양수이면 재고 과잉에 따른 재고유지비용( $h$ )이 발생하고, 재고수준이 음수이면 재고 부족에 따른 재고부족비용( $l$ )이 발생한다. 재고수준( $Z_i(t)$ )은 식(3)과 같이  $t$ 번째 주기의 생산량( $Q_i(t)$ )과 실제 고객 수요( $X_i(t)$ )에 의해 계산된다. 생산량( $Q_i(t)$ )은 고객수요에 대한 예측을 통해 결정되고, 재고수준( $Z_i(t)$ )은 생산량( $Q_i(t)$ )과 실제 수요( $X_i(t)$ )의 차이에 의해 발생한다. 따라서 본 연구의 목적인 평균재고비용을 줄이기 위해서는 수요변동에 대한 정확한 생산량( $Q_i(t)$ )을 결정하는 것이 매우 중요하다.

본 연구는 매 주기 재고비용 최소화를 위해 클러스터링과 행동보상학습을 사용하여 생산량을 결정한다. 클러스터링과 행동보상학습은 수요예측에 대한 정확성을 높이기 위해 다양한 수요패턴을 클러스터링하고, 패턴에 따른 수요예측을 수행할 때 행동보상학습을 통해 적절한 보상계수조합을 선택 하는 것이다. 보상계수조합은 수요예측에 대한 생산량 결정을 재고수준과 이에 따른 평균재고비용이 최소가 되도록 유도한다.

따라서 본 연구는 평균재고비용을 최소화하기 위해 클러스터링과 행동보상학습을 사용한 동적간판시스템을 제안한다.

### 3. JIT기반 동적 간판시스템

본 연구의 JIT기반 동적 간판시스템이란 매주기 불안정한 수요에 따라 적절한 간판 수와 생산량을 결정하는 시스템이다. 제안된 간판 시스템은 매주기마다 <그림 2>와 같은 절차에 따라 간판 수를 결정한다.

<그림 2>의 절차를 보면, 첫째 이전 주기까지 실제 발생한 고객 수요와 재고수준정보를 모니터링하여 수요정보를 수집한다.

둘째, 수요패턴을 클러스터링 한다. 수집된 고객 수요를 기반으로 최근 수요 패턴을 분석하고 클러스터들의 기존 패턴과 비교, 구분한다. 이 단계를 통해 클러스터가 결정되고 클러스터에 따른 패턴 고유의 특성을 반영한 예측이 가능해진다.

셋째, 행동-보상학습을 통해 클러스터에 따른 보상계수조합을 선택한다. 수요패턴이 클러스터링 되면 해당 클러스터의 보상계수조합별 가중평균재고비용을 계산하여 보상계수별 재고비용을 예측한다. 모든 보상계수조합 중 가중평균재고비용을 최소화 하는 보상계수조합이 선택된다.

넷째, 선택된 보상계수조합을 적용하여 고객 수요를 예측한다. 예측 재고비용을 최소화 하는 보상계수를 선택하여 다음 주기의

최종 고객수요를 예측한다.

다섯째, 예측치를 이용하여 간판 수와 생산량을 결정한다.

매주기마다 간판 시스템은 이상의 과정을 반복하여 불안정한 수요를 위해 동적으로 변화하는 간판수와 생산량을 결정한다.

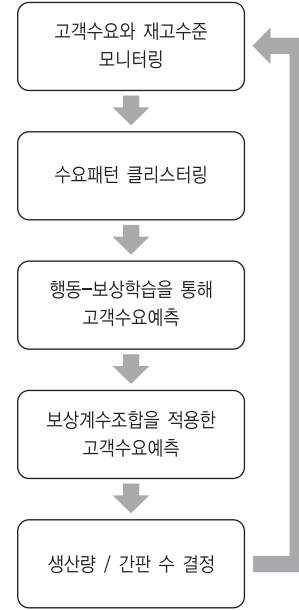


그림 2. JIT기반 동적 간판시스템 절차

#### 3.1. 수요패턴 클러스터링

간판 시스템은 매주기마다 간판 수를 결정하기 위하여 이전 주기까지 실제 발생한 고객 수요와 재고수준정보를 수집한다. 수집된 데이터를 통해 최근의 고객 수요에 대한 안정성 여부를 판단해야 한다. 수요패턴의 안정성 여부에 따라 불안정한 고객 수요는 유동적인 재고관리를 수행하고, 안정적인 고객 수요는 엄격한 재

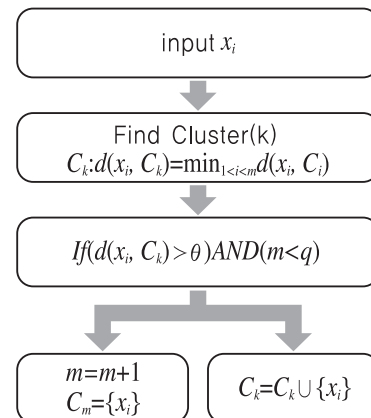


그림 3. Basic Sequential Algorithmic Scheme 절차



고관리를 수행해야 재고비용을 줄일 수 있다. 또한 수요의 패턴에 따라 알맞은 예측 방법을 사용함으로써 보다 정확한 예측이 가능해진다. 따라서 본 연구는 수집된 데이터를 이용하여 올바른 재고 정책 수립에 필요한 수요패턴 클러스터링을 수행한다.

본 연구는 수요패턴 클러스터링을 위해 BSAS(Basic Sequential Algorithmic Scheme)를 사용한다. BSAS는 기본적인 클러스터링 알고리즘으로서 <그림 3> 같은 절차를 따른다(Theodoridis and Koutroumbas, 2003).

<그림 3>에서  $d(x_i, C_k)$ 는 기존의  $k$ 번째 클러스터( $C_k$ )와 새롭게 입력된 값( $x_i$ )의 유클리디언 기반 거리유사도,  $\theta$ 는 거리유사도의 한계점,  $q$ 는 클러스터의 최대 개수를 나타낸다. 거리유사도는 유클리디언 기반의 값으로 작을수록 유사도가 높고, 클수록 유사도가 낮다. BSAS는 새로운 패턴이 입력이 되면 먼저 기존의 패턴과의 거리유사도를 측정하여 가장 비슷한 패턴의 클러스터( $k$ )를 찾는다. 가장 비슷한 패턴의 클러스터와 새로 입력된 패턴과의 거리유사도가 주어진 한계점( $\theta$ )보다 작으면 입력 패턴을 해당 클러스터에 포함시키고, 거리유사도가 한계점보다 크고 총 클러스터 개수가 주어진 최대 클러스터 개수( $q$ )보다 작으면 새로운 클러스터를 생성한다. 이상의 과정을 통해 유사한 패턴끼리 클러스터를 이루게 되고, 클러스터 내의 성질을 활용하여 새로 입력된 패턴의 정책을 수립 할 수 있다.

본 연구는 수요 패턴의 거리유사도를 계산하기 위해 최근 한 주기 수요의 편차 값을 사용한다. 예측 기간 사이에 정확한 예측이 될 경우 실제 수요는 예측 수요로 나타난다. 하지만 실제 수요는 분포를 가지고 예측기간 사이에서 계속적으로 발생한다. 따라서 수요 분포를 추정하기 위해 기간 사이의 예측 수요량을 기준으로 한 주기 수요편차를 구해 해당 구간의 수요분포를 추정한다. 따라서 한 주기 수요의 편차는 수요 분포와 근사 관계를 갖는다. 본 연구는 한 주기 편차의 초기 값을 0으로 둔다. 초기 값을 0으로 설정한 것은 다음 수요에 대해 올바른 예측이 이루어졌음을 가정한다. 한 주기의 수요 편차 값은 다음과 같이 계산된다.

$$x_t(0) = 0 \quad (4)$$

$$x_t(u) = Demand_t(u) - Demand_t(0) \quad (5)$$

식(4)의  $t$ 주기 수요의 초기 값( $x_t(0)$ )은 0으로 설정된다.  $t$ 주기 수요의 초기 값( $x_t(0)$ )은  $t-1$ 주기를 통해 예측된  $t$ 주기 수요량이다. 식(5)의  $t$ 주기 내 각 수요( $x_t(u)$ )는 실제 수요 값( $Demand_t(u)$ )에서 초기의 실제 수요 값( $Demand_t(0)$ )을 빼어 계산된다. 이렇게 계산된  $t$ 주기 수요( $x_t(u)$ )들은 기존의 수요의 패턴과 비교하기 위해 거리유사도( $d(x_i, C_k)$ )를 계산한다. 거리유사도( $d(x_i, C_k)$ )는 유클리디언 기반으로 식(6)과 같이 계산된다.

$$d(x_i, C_k) = \sum_{u=0}^{Unit\ Time} (C_k(u) - x_t(u))^2 \quad (6)$$

모든 클러스터( $C_k$ )에 대해 거리유사도( $d(x_i, C_k)$ )를 계산하여 가장 작은 값을 가지는 클러스터를 선택한다. 기존 수요패턴과 차이가 없을 경우 0에 가까운 값을 가지기 때문이다. 그러나 다른 패턴이 발생하면 유사한 편차가 아닌 커다란 편차를 발생시켜 수요 패턴의 변화를 탐지하게 된다. 따라서 최근 한 주기 수요의 편차 값을 기존의 수요 편차와 비교하여 유사한 패턴의 클러스터가 있으면 해당 클러스터에 포함시키고, 유사한 패턴의 클러스터가 없으면 새로운 클러스터를 만든다.

일반적으로 수요량은 불규칙변동, 추세, 주기성 등이 포함되어 나타난다. 또한 수요를 안정적인 수요와 불안정적인 수요로 구분하는 것은 각 수요량 구성 요소의 변동성 크기로 결정된다.

수요패턴은 제품의 수명주기와 관련이 깊어 추세를 반영하기도 하고, 계절적 영향으로 인해 주기성을 갖기도 한다. 특히, 수요 패턴에 수요량 구성 요소가 모두 포함될 수 있지만 <그림 4>의 첫 번째와 같이 불규칙 변동만 존재할 수 있다. 또한 추세가 반영되었을 경우 두 번째, 세 번째 그림과 같이 추세가 상승 또는 하강하는 모습을 가질 수 있고, 주기성이 존재하면 네 번째, 다섯 번째 그림과 같이 상승·하강 또는 하강·상승하는 수요의 패턴이 발생하게 된다. 또한 주기성의 모습이 계절에 따라 반복될 경우 계절 변동으로 볼 수 있다. 그러나 수요예측을 수행하는 한 주기의

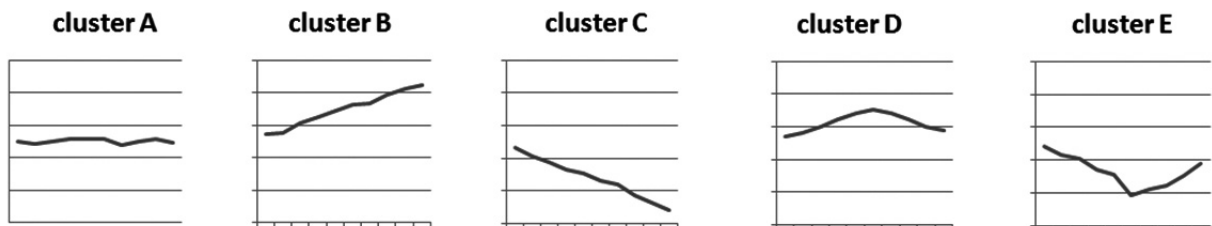


그림 4. 클러스터링을 위한 수요 패턴의 종류

크기가 작은 경우 <그림 4>에서 보이는 수요패턴이 대표적이라 할 수 있다.

<그림 4>와 같이 수요패턴에 따른 클러스터가 분류되면 각각의 클러스터에 알맞은 수요 예측을 수행한다. 수요 예측은 보상계수에 따라 영향을 받는다. 클러스터에 알맞은 수요 예측을 위해서는 클러스터와 보상계수간의 관계도가 필요하다. 본 연구는 평균 재고비용을 줄이는 것이므로 매 주기마다 클러스터와 보상계수간의 재고비용을 업데이트하여 <표 1>과 같이 관계도를 구성한다.

표 1. 클러스터와 보상계수의 관계도

보상계수 \ 클러스터	1	2	...	j
1	$\overline{Cost}_i^{11}(t)$	$\overline{Cost}_i^{12}(t)$	...	$\overline{Cost}_i^{1j}(t)$
2	$\overline{Cost}_i^{21}(t)$	$\overline{Cost}_i^{22}(t)$	...	$\overline{Cost}_i^{2j}(t)$
...	...	...	...	...
m	$\overline{Cost}_i^{m1}(t)$	$\overline{Cost}_i^{m2}(t)$	...	$\overline{Cost}_i^{mj}(t)$

<표 1>에서 보면 클러스터와 보상계수간의 관계도( $\overline{Cost}_i^{mj}(t)$ )는  $i$ 번째 공정에서 주기가  $t$ 일 때  $m$ 번째 클러스터와  $j$ 번째 보상계수조합에 대한 가중평균재고비용 (Weighted Mean Inventory Cost)을 나타낸다. 또한 동일한 형태의 관계도가 모든 공정에 대해 만들어지고, 매 주기마다 모두 갱신하게 된다. 공정 관계도는 주기에서 수요패턴이 클러스터링 되면, 해당 클러스터의 행을 선택한다. 또한 선택된 행에 대하여 보상계수 별 재고비용을 예측하고 가장 작은 재고비용을 갖는 보상계수조합을 선택한다. 공정 관계도 같은 다양한 클러스터에 따른 보상계수 적용은 단순히 하나의 계수로 예측할 때보다 정확한 예측을 가능하게 한다. 또한, 급격한 수요패턴의 변화를 빠르게 감지하여 수요 변화에 대처할 수 있다. 특히 불안정한 수요처럼 패턴이 다양하게 발생할 경우 단순한 예측은 많은 오차를 범하게 되고, 결국 재고비용의 상승을 초래한다. 하지만 본 연구는 매 주기 다양한 패턴 클러스터링을 통해 공정 관계도에 적용하여 정확한 재고비용 분석과 예측을 수행하여 적절한 재고수준을 유지하게 된다.

### 3.2. 행동-보상 학습을 이용한 보상계수조합 선택

연구는 수요패턴을 클러스터링하고 각각의 클러스터에 대해 적절한 수요 예측 계수를 선택하기 위해 행동-보상 학습을 사용한다. 본 연구의 행동-보상학습은 Kim et al.(2006)의 연구에서 사용된 행동-보상학습의 방법을 응용하였다.

강화학습(Reinforcement Learning) 중 하나인 행동-보상 학습은 에이전트가 받을 보상을 최대화하기 위한 행동을 찾는 방법이다. 행동-보상 학습의 원리는 <그림 5>와 같다. 에이전트가 현

재의 상태를 인식하여 새로운 행동을 결정한다. 환경은 에이전트의 행동에 따른 보상과 새로운 상태를 제공한다. 에이전트는 받는 보상을 최대화하기 위한 행동을 선택하는 것을 반복한다. 반복을 통해 에이전트는 일련의 행동의 정책을 찾는 방법을 학습하게 된다(Mitchell, 1997).

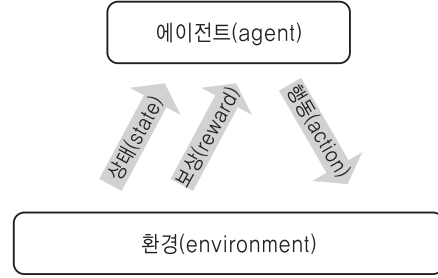


그림 5. 행동-보상 학습

본 연구에서 제안하는 동적 간판 시스템에 행동-보상 학습을 적용하면, <표 2>와 같이 정의 할 수 있다.

표 2. 행동-보상학습을 적용한 동적 간판 시스템

종류	내 용
에이전트	동적 간판 시스템
환경	불안정한 고객수요를 갖는 생산시스템
행동	선택된 보상계수조합으로 계산되는 간판 수와 생산량
상태	생산량에 의한 재고수준
보상	재고수준에 따라 발생하는 재고비용의 합

단, 보상이 재고비용의 합이고 재고비용의 합을 최소화 하는 것이 본 연구의 목적함수이다. 따라서 본 연구는 보상을 최소화 하는 행동을 찾는 행동-보상학습을 고려한다. 행동-보상학습은 간판 수를 결정하기위해 보상계수조합을 선택하게 되는데, 선택된 보상계수조합에 따라 가중평균재고비용(Weighted Mean Inventory Cost)이 계산된다.

보상계수조합은 수요 예측에 사용되는 계수들의 조합  $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ 으로서, 계수의 값에 따라 수요 예측치가 변화한다. 어떤 보상계수조합을 선택하느냐에 따라 수요 예측의 정확성이 조정되고 재고비용이 변한다. 따라서 본 연구는 매주기마다 가중평균재고비용을 식(7)과 같이 계산하고, 재고비용을 최소화하는 보상계수조합(j)을 선택한다.

$$\overline{Cost}_i^{mj}(t+1) = \overline{Cost}_i^{mj}(t) + \lambda(t)[\overline{Cost}_i^{mj}(t) - \overline{Cost}_i^{mj}(t)] \quad (7)$$

식(7)의 가중평균재고비용( $\overline{Cost}_i^{mj}(t+1)$ )은  $i$ 번째 공정에서  $m$ 번째 클러스터와  $j$ 번째 보상계수조합에 대해  $t+1$ 번째 재고비용을

예측한 값이다. 예측한 재고비용은 지난 가중평균재고비용 ( $\overline{Cost_i^{mj}(t)}$ )에 실제 재고비용( $Cost_i^{mj}(t)$ )과의 오차를  $\lambda(t)$  만큼 반영하여 예측되어 진다. 기존 클러스터의 가중평균재고비용을 이용하여 다음주기의 가중평균재고비용을 예측함으로써 보다 정확한 예측이 가능하게 된다. 매 주기의 가중평균재고비용 ( $\overline{Cost_i^{mj}(t+1)}$ )은 <표 3>과 같이 보상계수조합마다 계산되고, 가장 작은 가중평균재고비용의 보상계수가 선택된다.

표 3. 보상계수별 가중평균재고비용

보상계수 클러스터	1	...	j
m	$\overline{Cost_i^{m1}(t+1)}$	...	$\overline{Cost_i^{mj}(t+1)}$

식(7)의  $\lambda(t)$ 는 학습모수(Learning Parameter)로써 행동-보상 학습의 학습속도를 조절하는 역할을 수행한다. 가 클수록 불안정한 고객수요를 반영 하고, 가 작을수록 노이즈에 강하며 안정적인 고객수요에 적합하다. 본 연구는 고객수요에 따라 적절한  $\lambda(t)$ 를 찾기 위해 추적신호(Tracking Signal) 기법을 사용한다. 추적신호 기법이란 과거 데이터들의 실제 재고비용과 가중평균재고비용의 차이를 사용하여 과거에 비해 현재의 변화를 추적하는 방법으로 식(8)과 같다(Kim et al, 2005).

$$\lambda(t) = \frac{MD(t)}{MAD(t)} \quad (8)$$

식(8)에서  $MD(t)$ 는 실제발생한 재고비용과 계산된 가중평균재고비용들의 차이의 평균편차(Mean Deviation)를 의미하고,  $MAD(t)$ 는 평균절대편차(Mean Absolute Deviation)로 식(9)과 식(10)과 같다.

$$MD(t) = \gamma(Cost_i^{mj}(t) - \overline{Cost_i^{mj}(t)}) + (1-\gamma)MD(t-1) \quad (9)$$

$$MAD(t) = \gamma|Cost_i^{mj}(t) - \overline{Cost_i^{mj}(t)}| + (1-\gamma)MAD(t-1) \quad (10)$$

식(9)과 식(10)에서  $\gamma$ 는 과거 누적된 재고비용을 추적할 때 사용된 평활 상수이다. 추적신호기법은 일반적으로  $\gamma$ 를 0.1로 사용한다(Trigg and Leach, 1967)(Kim et al, 2005). 따라서 본 연구에서도  $\gamma$ 를 0.1로 사용하여 과거 누적된 재고비용을 추적한다.

$\lambda(t)$ 는  $MD(t)$ 와  $MAD(t)$ 를 통해 계산되고, 보상계수에 따른 가중평균재고비용이  $\lambda(t)$ 를 이용하여 계산된다. 또한, 가중평균재고비용을 최소화하는 보상계수조합이 선택되고, 최종적인 고객 수요 예측에 사용된다.

### 3.3. 고객수요예측

본 연구는 다양한 수요 패턴에 따른 수요 예측을 하기 위해 Winters의 지수평활법(Exponential Smoothing Method)을 이용한다(Brown, 2004).

지수평활법은 과거의 관측 값으로 미래의 값을 예측할 때 가중치를 사용한다. 가중치가 클수록 경향성을 잘 반영하며, 가중치가 작을수록 노이즈에 강하다. 특히, Winters의 지수평활법은 3종류의 가중치를 사용하여 다양한 영향 요소를 분석하는 장점을 가진다. 또한, 추세와 계절영향을 받는 데이터를 분석하여 예측하는데 좋은 성능을 보인다. Winters의 지수평활법은 식(12), 식(13), 식(14)처럼 데이터의 3가지 영향을 분석하여 식(11)과 같이 계산된다.

$$\hat{X}(t+1) = \{L(t) + C(t)\} \times S(t+1-m) \quad (11)$$

$$\text{수준모형 } L(t) = \alpha \times \left\{ \frac{X(t)}{S(t-m)} \right\} + \{1-\alpha\} \times \{L(t-1) + C(t-1)\} \quad (12)$$

$$\text{추세영향 } C(t) = \beta \times \{L(t) - L(t-1)\} + \{1-\beta\} \times C(t-1) \quad (13)$$

$$\text{계절영향 } S(t) = \gamma \times \left\{ \frac{X(t)}{L(t)} \right\} + \{1-\gamma\} \times S(t-m) \quad (14)$$

식(12)의 수준모형( $L(t)$ )은 현재시점의 계절영향이 제거된 자료에 추세영향을 추가한 평활 값이다. 추세영향( $C(t)$ )은 식(13)과 같이 시간의 흐름에 따른 추세에 마지막 시점의 추세치를 결합하여 추세가 각각 새로운 시점의 증감형태를 표시하도록 해준다. 식(12), 식(13), 식(14)을 통해 각각의 영향정도를 파악할 수 있다.  $t+1$ 시점의 총수요 예측치( $\hat{X}(t+1)$ )는 식(11)과 같이 수준모형( $L(t)$ )과 추세영향( $C(t)$ )의 합에 계절영향( $S(t)$ )을 곱하여 계산된다. 각 성분은 각각  $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ 의 값만큼 가중치를 반영하여 영향의 정도를 결정한다(Brown, 2004).

본 연구는 계수  $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ 를 결정하기 위해 행동-보상학습의 보상계수조합을 사용한다. 매 주기마다 행동-보상학습을 통해 보상계수조합이 결정되면, 보상계수조합의 값은 식(12), (13), (14)의 계수에 각각 적용된다. 각 보상계수  $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ 의 값이 커질수록 해당되는 영향을 크게 받도록 예측하고, 각 보상계수  $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ 의 값이 작을수록 해당되는 영향을 적게 받도록 예측한다. 유동적인 보상계수의 적용은 획일적인 보상계수를 사용하는 것에 비하여 급변하는 고객 수요를 잘 감지하도록 도와준다.

다양한 연구에서 지수평활법의 가중치 계수는 0.1~0.3의 값을 사용한다(Trigg and Leach, 1967)(Kim et al, 2005). 보상계수조합의 총 개수는 각 가중치 단위 계수에 따라 계산된다. 단위계수란 계수들의 단위 간격을 의미한다. 계수  $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ 의 단위계수가 각각 라면 보상계수조합의 개수는

$\left\{\frac{(0.3-0.1)}{a}+1\right\}, \left\{\frac{(0.3-0.1)}{b}+1\right\}, \left\{\frac{(0.3-0.1)}{c}+1\right\}$ 개로 계산될 수 있다. 즉, 단위계수  $a, b, c$ 가 모두 0.1이면 보상계수조합의 총 개수는  $3 \times 3 \times 3 = 27$ 개가 된다. 단위계수가 작아지면 보상계수조합의 총 개수는 증가하고, 단위계수가 커지면 보상계수조합의 총 개수는 감소한다. 보상계수조합의 총 개수에 따라 예측에 소요되는 시간과 예측 정확성이 상충관계를 띤다. 따라서 적절한 단위계수를 이용하여 보상계수조합의 개수를 결정하는 것이 중요하다.

### 3.4. 간판 수와 생산량 결정

간판시스템은 행동-보상학습을 통하여 최근 수요의 패턴을 클러스터링 하고 해당 클러스터에 적합한 보상계수를 선택하여 수요를 예측하였으면, 이를 이용하여  $t$ 번째 주기에 생산해야 할 생산량( $Q_t(t)$ )과 간판 수( $K_t(t)$ )를 결정해야 한다.  $t$ 번째 주기에 생산해야 할 생산량과 간판 수는 식(15), (16)와 같이 계산된다.

$$Q_t(t) = \hat{X}_t(t) - Z_t(t-1) \quad (15)$$

$$K_t(t) = Q_t(t) / \text{Unit Time} \quad (16)$$

$t$ 번째 주기에 생산해야 할 생산량( $Q_t(t)$ )은 수요 예측치  $\hat{X}_t(t)$ 에  $t-1$ 번째 주기의 재고수준( $Z_t(t-1)$ )을 뺀 값으로 계산될 수 있다. 과잉재고가 발생하면 재고수준이 양수가 되고 생산량이 수요 예측치보다 줄어든다. 반대로 재고부족이 발생하면 재고수준이 음수가 되고 생산량이 수요예측치보다 증가하게 된다.  $t$ 번째 주기의 간판 수( $K_t(t)$ )는 재고수준( $Z_t(t-1)$ )으로 조절된 생산량( $Q_t(t)$ )을 한 주기 단위시간의 크기(Unit Time)로 나누어 계산한다. 한주기 단위시간은 시스템에서 미리 재고관리의 시간 간격을 정의한 것으로, 무한한 미래 시점에 대하여 새로운 정책에 대한 효율을 평가하는 기준 시간을 의미한다.

수요 예측치에 따라 생산량이 계산되면, 재고유지비용과 재고부족비용의 비율에 따라 생산량을 조절하는 절차가 필요하다. 재고유지비용과 재고부족비용이 같을 경우, 생산량은 별도의 보정 없이 식(15)와 같이 사용한다. 하지만 대부분의 경우 재고유지비용과 재고부족비용이 다르게 측정된다. 재고유지비용이 재고부족비용보다 크면 수요예측을 통한 생산량보다 생산을 줄여 재고과잉의 확률을 줄여야 한다. 반대로 재고부족비용이 재고유지비용보다 크면 생산량을 늘려 재고부족의 확률을 줄여야 재고비용을 줄여준다. 따라서 본 연구는 L/H ratio (lost sales cost / inventory holding cost ratio)를 사용하여 최종생산량을 식(17)와 같이 조절하는 방법을 제안한다. L/H ratio는 재고부족비용과 재고유지비용의 비율이다.

$$Q_t^*(t) = \max(Q_t(t) + z \cdot \hat{\sigma}_t(t), 0) \quad (17)$$

$$\text{단, } \hat{\sigma}_t(t) \approx \frac{1.25}{T} \sum_{i=1}^T |X_i(t) - \hat{X}_t(t)| \quad (18)$$

$$z = \Phi^{-1}\left(\frac{1}{1 + e^{-(L/H \text{ ratio} - 1)/k_1}}\right) \quad (0 < k_1) \quad (19)$$

일반적인 확률적 재고 수량 결정 모형은 정규분포를 사용하여 재고량을 결정한다. 따라서 본 논문의 최종생산량( $Q_t^*(t)$ )은 식(17)와 같이 정규분포 모형을 사용하여 계산한다. 식(17)의 최종생산량( $Q_t^*(t)$ )은 식(15)의 생산량( $Q_t(t)$ )에 표준편차( $\hat{\sigma}_t(t)$ )와 L/H ratio( $z$ )를 변환한 정규계수의 곱을 더하여 계산된다. 식(18)의 표준편차( $\hat{\sigma}_t(t)$ )는 지난주기 동안 예측한 수요( $\hat{X}_t(t)$ )와 실제 수요( $X_t(t)$ )의 차이를 평균 내어 1.25를 곱한 값으로 근사된다(Nahmias, 2000). 본 연구에서는 L/H ratio의 크기에 따른 생산량 조절을 위해 확률적 재고모형에서 재고량 계산에 사용하는 서비스 수준을 응용한다. 식(19)은 L/H ratio를 시그모이드 함수를 이용하여 서비스 수준으로 환산하고, 서비스 수준에 해당하는 표준정규 분포의 정규계수를 계산한다. L/H ratio는 임계는 0부터 무한대이므로 재고비용을 줄이기 위한 직접적인 조절 값으로 사용하기 힘들다. 따라서 L/H ratio를 시그모이드 함수를 이용해 0에서 1값으로 변환하고 이를 서비스 수준으로 대체한다. L/H ratio가 1일 때 재고유지비용과 재고부족비용이 같은 기준점이 되므로, 서비스 수준은 50%이고 이때 표준정규계수는 0이 되며 평균수요를 그대로 사용한다. 하지만 재고부족비용이 높은 경우 평균수요보다 높은 서비스 수준을 유지하고, 재고유지비용이 높은 경우 평균수요보다 낮은 서비스 정책이 비용의 효과를 줄 수 있다. 또한 조절 파라미터로서  $K_1$ 를 사용하여 서비스 수준의 완급을 조절하여 효과적인 수요량 보안을 수행하게 된다. 따라서 최종생산량( $Q_t^*(t)$ )은 재고부족비용과 재고유지비용의 차이로 인한 재고비용의 절감을 추가로 고려하여 계산하게 된다.

본 연구의 간판 시스템은 매주기마다 이상의 절차를 반복하여 불안정한 수요를 위해 동적으로 변화하는 생산량과 간판 수를 결정한다. 수요의 패턴에 따라 적절한 보상계수를 이용한 수요를 예측함으로써 보다 정확한 고객수요를 예측하고 재고비용을 줄일 수 있다.

## 4. 실험 및 결과 분석

### 4.1. 실험 환경 설정

본 연구에서 제안한 동적 간판 시스템의 성능을 평가하기 위해

실험을 이용하여 관리도 기반 모형(Takahashi and Nakamura, 1998)과 재고레벨 기반의 모형(Tardif and Maaseidvaag, 2001)을 비교한다. 관리도 기반 모형은 수요의 EWMA를 이용하여 수요의 상한선(UCL)과 하한선(LCL)을 계산하고, UCL과 LCL의 범위를 벗어나는 불안정한 변화를 감지하여 재고를 관리하는 모형이다. 관리도 기반 모형은 재고유지비용만을 고려하여 본 연구의 시스템과 비교하기 어렵다. 따라서, Takahashi(2003)의 연구를 참조하여 재고유지비용과 재고부족비용을 모두 고려할 수 있도록 관리도 기반 모형에 수정하여 사용한다. 재고레벨 기반의 모형은 재고의 레벨을 모니터링 하여, 과소재고 시 여유간판을 증가시키고 과잉재고 시에는 여유간판을 감소시키는 방법을 반복하는 모형이다. 또한 본 연구는 각 시스템의 성능을 평가하기 위해 수요를 안정적인 수요와 불안정적 수요로 나누어 실험한다. Kim et al.(2006)는 안정적인 수요와 불안정적 수요에 대하여 기존연구와 비교한 실험을 하였다. 따라서 실험 환경을 Kim et al.(2006)의 연구를 참조하여 설계하고 성능에 대한 비교를 수행한다. 안정적 수요는 정규분포를 따른다고 가정하고, 변동계수(Coefficient of Variance) CV는 <표 4>와 같이 3가지 수준의 값을 사용한다. CV는 안정적 수요를 기반으로 하는 고객수요 변화의 크기를 나타내는 값으로서 작을수록 낮은 산포를 나타내고 클수록 높은 산포를 나타낸다. 이에 반해 불안정적 수요는 식 (20)과 같이 변화하는 특징을 지니고 있다고 가정한다.

$$\mu_t = \mu_{t-1} + slope \quad (20)$$

식(20)의 불안정한 수요()는 균등분포를 따르는 임의의 기간  $t \sim U(tu/2, tu)$ 마다, 균등분포를 따르는 임의의 기울기  $slope \sim U(-su, su)$ 만큼 변한다.  $tu$ 와  $su$ 는 <표 4>와 같이 LN, MN, HN 3가지 수준의 값을 사용하여 불안정한 수요의 변동을 나타낸다.

본 연구의 간판시스템은 수요패턴에 따라 수준, 추세, 계절을 반영할 수 있는 보상계수조합을 만들기 위해 각각 0.1의 단위계수를 사용한다. 즉, 각각의 보상계수는 {0.1, 0.2, 0.3}으로 3가지가 되고 총 27가지의 조합이 만들어 진다. 또한, 본 연구의 실험에서 한 주기의 단위기간(unit time)은 10기간으로 설정되었다. 단위기간이 작을수록 급격한 수요의 변동이 발생했을 때 용이하고, 단위기간이 클수록 임시적인 수요의 변동에 강하다.

L/H ratio에 따른 실험결과를 분석하기 위하여 재고부족비용이 재고유지비용보다 클 경우와 같을 경우, 작을 경우 총 3가지의 경우를 각각 고려한다. 재고부족비용과 재고유지비용이 같을 경우 계산을 위한 각 비용은 1로 계산한다. 재고부족비용이 재고유지비용보다 클 경우 재고부족비용 10과 재고유지비용 1을 사용한다.

다. 재고유지비용이 재고부족비용보다 클 경우에는 재고부족비용 1과 재고유지비용 10을 사용한다.

고객 수요 패턴은 <그림 4>와 같이 크게 5가지로 구분하고, 적절한 클러스터링을 위해 최대 5개의 클러스터 개수()와 이에 따른 거리유사도의 한계점()을 사용한다. 거리유사도의 한계점()은 수요 변동 크기에 따라 조절하기 위해 실험 초기의 수요 데이터를 수집하여 결정한다. 실험 초기의 수요 데이터에 사용자가 정한 임의의 한계점()들을 사용하여 클러스터링 하고, 한계점()들 중 각 클러스터안의 거리유사도의 분포가 작은 한계점을 선택한다.

본 연구는 <표 4>와 같이 서로 다른 인자의 값을 이용하여 다양한 조합을 만들어 내고, 각각의 조합에 대해 20번의 시뮬레이션을 수행한다. 또한, 도출된 결과를 이용하여 관리도 기반 시스템, 재고레벨기반 시스템과 본 연구에서 제안한 동적 간판 시스템과의 성능을 비교한다.

표 4. 실험 데이터

실험인자	데이터
실행기간	1000기간
CV	0.1, 0.5, 1.0
낮은 수요 변동 (LN) Low nonstationary	su=2.0, tu=15
중간 수요 변동 (MN) Medium nonstationary	su=4.0, tu=8
높은 수요 변동 (HN) High nonstationary	su=8.0, tu=4
L/H ratio	10 : 1 비율, 1 : 1 비율, 1 : 10 비율
클러스터 개수(q)	5

## 4.2. 실험결과 및 분석

본 연구는 <표 4>에서 기술한 바와 같이 고객수요를 두 가지 경우(불안정한 경우와 안정적인 경우)로 가정하여 실험한다. 안정적인 수요는 일정한 평균과 분산을 가지는 형태인 반면, 불안정한 수요는 무작위로 추출되는 주기마다 고객수요가 기울기를 가지고 변화한다.

<표 5>와 <그림 6>은 안정적인 고객수요를 기반으로 한 실험 결과이다. 실험 결과는 CV와 L/H ratio에 따른 안정적인 고객수요의 재고 비용으로 나타났다. [표 5]는 본 연구에서 제안한 간판 시스템을 기준으로 기존 재고모형의 재고 비용을 비율로 나타내고, 클러스터링을 통해 분류된 클러스터의 개수를 나타낸 결과이다.



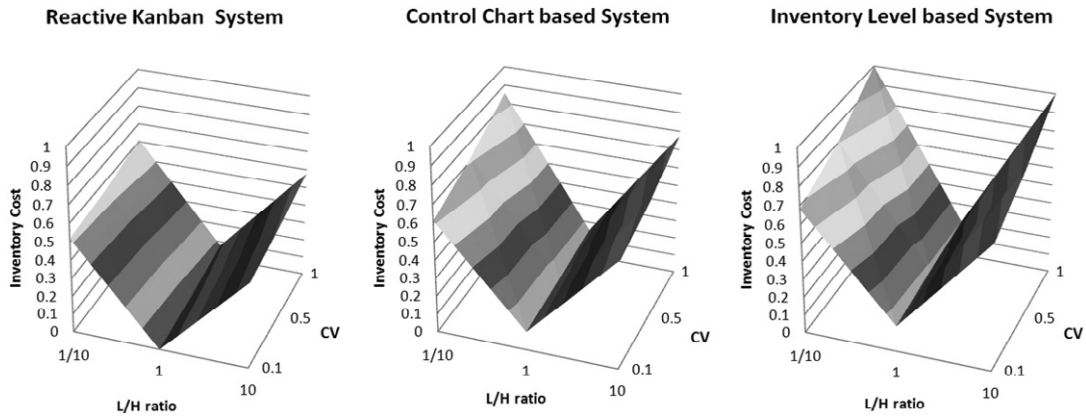


그림 6. 안정적인 고객수요가 발생할 때의 실험 결과

표 5. 안정적인 고객수요의 실험 결과

CV	L/H ratio	재고비용			클러스터 개수
		동적 간판 시스템	관리도 기반 모형	재고레벨 기반 모형	
0.1	1 : 10	1	1.18	1.31	1
	1 : 1	1	1.02	1.42	1
	10 : 1	1	1.27	1.47	1
0.5	1 : 10	1	1.30	1.46	2
	1 : 1	1	1.25	1.75	2
	10 : 1	1	1.28	1.60	2
1.0	1 : 10	1	1.40	1.64	3
	1 : 1	1	1.55	1.99	3
	10 : 1	1	1.34	1.74	3

〈표 5〉의 결과를 통해 본 연구에서 제안한 간판 시스템이 기존의 재고관리 모형에 비해 모든 경우에서 재고비용이 작다는 것을 알 수 있다. 특히, 재고레벨 기반 모형이 관리도 기반 모형에 비해 재고비용이 더 크게 나타났다. 또한, CV가 커질수록 기존 재고모형과의 재고비용 차이가 더욱 커졌다. 이를 통해 변동성이 커질수록 본 연구에서 제안한 간판시스템의 효과가 커진다고 할 수 있다. CV가 작을수록 클러스터의 개수가 줄어드는 것은 수요의 변동이 작아 패턴이 유사하기 때문이다.

〈그림 6〉은 실험 결과를 모형별 L/H ratio와 CV의 크기에 따른 재고비용을 나타낸 결과이다. 재고 비용은 실험 결과의 가장 큰 값과 작은 값을 각각 1과 0으로 기준잡고, 각 값의 비율을 계산하여 변환하였다. 〈그림 6〉을 통해 L/H ratio가 1로 재고유지비용과 재고부족비용이 같을 때 평균재고비용이 가장 작고, 재고유지비용과 재고부족비용의 비율이 다를 때 평균재고비용이 커지는 것을 알 수 있다. 또한, CV가 커질수록 재고 모형들의 평균재고

비용이 증가하는데, 이것은 CV가 커지면 고객수요를 정확하게 예측하는 것이 어려워지므로 평균재고비용이 증가한다고 할 수 있다. 이 때, 모든 실험의 경우에서 본 연구에서 제안한 동적 간판 시스템이 기존 재고 관리 모형에 비해 재고비용이 작게 나타났다. 뿐만 아니라, 변동성이 클수록 기존 재고 관리 모형과의 재고비용의 차이가 크게 나타났다. 즉, 변동성이 증가할수록 본 연구에서 제안한 그림 6. 안정적인 고객수요가 발생할 때의 실험 결과 간판시스템이 안정적이고 효과적이라고 할 수 있다.

〈표 6〉과 〈그림 7〉은 불안정적인 고객수요를 기반으로 한 실험 결과이다. 불확실성의 정도를 나타내기 위해 수요변동을 세 가지의 크기로 나누어 실험을 수행했다. 수요변동은 LN, MN, HN의 순서대로 고객수요 분포가 변하는 주기가 짧고, 고객수요가 변하는 기울기가 크게 설정된 경우로서 고객수요의 불안정성을 높인 설정이다. 본 연구는 각각의 수요변동마다 3가지 L/H ratio의 경우를 적용하여 불안정한 고객수요의 총 9가지 경우를 고려한다. 실험 결과는 수요변동과 L/H ratio에 따른 재고 비용으로 나타냈

표 6. 불안정적인 고객수요의 실험 결과

변동성	L/H ratio	재고비용			클러스터 개수
		동적 간판 시스템	관리도 기반 모형	재고레벨 기반 모형	
LN	1 : 10	1	1.27	1.48	5
	1 : 1	1	1.77	2.91	5
	10 : 1	1	1.09	1.37	5
MN	1 : 10	1	1.34	1.50	5
	1 : 1	1	1.90	3.10	5
	10 : 1	1	1.18	1.38	5
HN	1 : 10	1	1.39	1.51	5
	1 : 1	1	2.19	3.52	5
	10 : 1	1	1.22	1.43	5

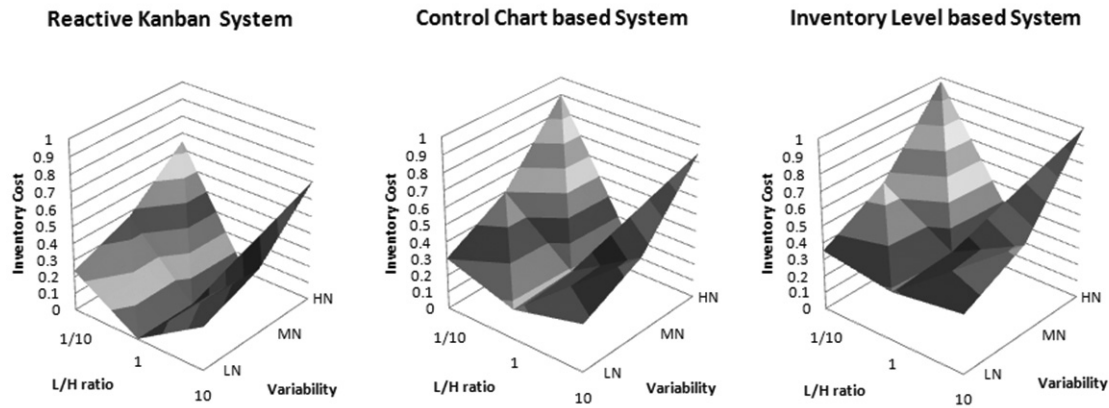


그림 7. 불안정적인 고객수요가 발생할 때의 실험 결과

다. <표 6>은 불안정한 고객수요의 경우 본 연구에서 제안한 간판 시스템을 기준으로 기존 재고모형의 재고 비용 비율과 클러스터의 개수를 나타낸 결과이다.

<표 6>의 모든 경우의 클러스터 개수가 최대 클러스터 개수인 5개가 된 것을 확인 할 수 있다. 이것은 불안정한 수요가 발생하면서 수요의 패턴이 다양해졌고 클러스터링을 통해 다양한 수요의 패턴을 감지했다고 할 수 있다. 또한, 불안정한 수요의 실험결과에서도 모든 실험 인자 조합에 관계없이 제안된 동적 간판 시스템이 기존의 재고관리 모형보다 재고비용이 더 작은 결과를 나타냈다. 이를 통해 불안정적인 고객수요를 갖는 경우에도 동적 간판 시스템이 기존의 재고관리 모델보다 효과적이라고 할 수 있다. 뿐만 아니라, 고객수요의 변동성이 커질수록 본 연구에서 제안한 간판 시스템과 기존 재고모형의 재고비용 차이가 더욱 커졌다. 따라서 고객수요가 불안정 할수록 본 연구에서 제안한 간판 시스템의 성능이 효과적이라고 그림 7. 불안정적인 고객수요가 발생할 때의 실험 결과

<그림 7>은 L/H ratio와 변동성의 크기에 따른 재고비용을 각 모형별로 나타냈다. 재고 비용은 안정적인 고객수요의 경우와 마찬가지로 실험 결과의 가장 큰 값과 작은 값을 기준으로 0에서 1 사이의 값으로 변환하였다. <그림 7>을 통해 불안정한 수요를 기반으로 한 실험에서도 변동성이 커질수록 재고 모형들의 평균재고비용이 증가함을 알 수 있다. 이는 안정적인 고객수요 때의 이유와 마찬가지로 불확실성이 커질수록 고객수요의 예측이 어려워지기 때문이다. 또한, <그림 7>을 통해 불안정한 고객수요에서도 L/H ratio가 1일 때 평균재고비용이 가장 낮고 L/H ratio의 비율이 다를 때 평균재고비용이 커짐을 알 수 있다. 하지만, 변동성과 L/H ratio의 변화에도 불구하고, 본 연구에서 제안한 간판시스템이 다른 재고 모형에 비하여 작은 재고비용의 변화를 나타냈다. 즉, 불안정한 고객수요가 발생하고 L/H ratio가 1과 다른 어려운

수요예측환경일수록, 본 연구에서 제안한 동적 간판 시스템이 더욱 안정적임을 확인 할 수 있다.

위와 같은 모든 실험결과에서 본 연구에서 제안한 간판 시스템이 다른 재고관리 모형에 비해 좋은 성과를 나타냈다. 특히, 안정적인 고객수요보다 불안정한 고객수요일 때 본 연구에서 제안한 간판 시스템이 기존의 재고관리 모형보다 월등히 나은 성과를 나타냈다. 이것은 예측이 어려운 상황일수록 본 연구에서 제안한 간판 시스템이 비교적 정확한 고객수요 예측을 함으로서 평균재고비용을 감소시킬 수 있었던 것으로 해석된다.

## 5. 결론 및 추후연구

본 연구는 고객수요가 불안정하게 변화할 때 다단계 JIT 시스템에서 간판 수와 생산량을 고객 수요의 변화에 따라 동적으로 제어할 수 있는 동적 간판 시스템을 제안하였다. 본 연구에서 제안한 동적 간판 시스템은 불안정한 고객수요를 모니터링 하고 고객수요의 패턴을 클러스터링 한다. 또한, 고객수요패턴에 맞는 고객수요를 예측하기 위하여 강화학습의 하나인 행동-보상학습기법을 사용하였다. 본 연구에서 제안한 동적 간판 시스템의 성과를 검증하기 위해 실험을 이용하여 기존의 재고관리 모델과 비교분석하였다. 그 결과 동적 간판 시스템이 이전 재고관리 모델에 비해 평균재고비용이 작은 효율적인 모형임을 알 수 있었다.

본 연구에서 제안한 동적 간판 시스템은 오늘날 급변하는 고객수요로 재고문제를 겪는 JIT시스템 사용하는 기업에서 재고비용 감소를 위한 좋은 대안이 될 수 있을 것이다. 하지만 실질적인 효과 검증을 위해서는 추후 실제 수요 데이터에 본 연구를 적용하여 성능을 검증해볼 필요가 있다. 또한 수요발생에 영향을 주는 다양한 정보가 포함된 수요량이 존재할 경우, 본 연구에서 사용한 클

리스터링 이외에 수요영향정보를 활용할 수 있는 다양한 클러스터링 방법에 대한 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] Brown, R. G.(2004), Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series, Dover Phoenix Ed, Dover Publications.
- [2] Buzacott, J. A. and Shanthikumar, J. G.(1993), Stochastic Models of Manufacturing Systems, US ed., Prentice Hall
- [3] Gupta, S. M. and Al-Turki, Y. A. Y.(1997) An algorithm to dynamically adjust the number of Kanbans in stochastic processing times and variable demand environment, Production planning & control, Vol.8(2), pp.133-141
- [4] Kim, C. O., Baek, J. G., Choi, J. S. and Kwon, I. H.(2006), An adaptive vendor managed inventory model using action-reward learning method, Journal of the Korean operations research and management science society, Vol.31(3), pp.27-40
- [5] Kim, C. O., Jun, J. and Baek, J. G.(2005), Adaptive inventory control models for supply chain management, International journal of advanced manufacturing technology, Vol.26(9/10), pp.1184-1192
- [6] Mitchell, T. M.(1997), Machine Learning, 1ed, McGraw-Hill Science/Engineering/Math
- [7] Muckstadt, J. A. and Tayur, S. R.(1995), A comparison of alternative kanban control mechanisms. I. Background and structural results, IIE transactions, Vol.27(2), pp.140-150
- [8] Muckstadt, J. A. and Tayur, S. R.(1995), A comparison of alternative kanban control mechanisms. II. Experimental results, IIE transactions, Vol.27(2), pp.151-161
- [9] Nahmias, S.(2000), Production and Operations Analysis, McGraw-Hill
- [10] Rees, L. P., Philipoom, P. R., Taylor, B. W. and Huang, P. Y.(1987), Dynamically Adjusting the Number of Kanbans in a Just-in-Time Production System Using Estimated Values of Leadtime, IIE Transactions, Vol.19, pp.199-207
- [11] Takahashi, K. and Nakamura, N.(1998), Ordering alternatives in JIT production systems, Production planning & control, Vol.9(8), pp.784-794
- [12] Takahashi, K.(2003), Comparing reactive Kanban systems, International journal of production research, Vol.41(18), pp.4317-4337
- [13] Tardif, V. and Maaseidvaag, L.(2001), An adaptive approach to controlling kanban systems, European journal of operational research, Vol.132(2), pp.411-424
- [14] Tayur, S. R.(1993), Structural Properties and a Heuristic for Kanban-Controlled Serial Lines, Management science, Vol.39(11), pp.1347-1368
- [15] Theodoridis, S. and Koutroumbas, K.(2003), Pattern Recognition, 2ed, Academic Press
- [16] Trigg, D. W. and Leach, A. G.(1967), Exponential Smoothing with an Adaptive Response Rate, OR, operational research quarterly, Vol.18(1), pp.53-59
- [17] Yun, B. H., Kwon, I. H. and Kim S. S.(2004), Supply chain planning under non-stationary demand distribution, Journal of the Korean Society of Supply Chain Management, Vol.4(2), pp.1-12

**손 민 영**

고려대학교 공과대학 컴퓨터정보학과 학사

현재 : 고려대학교 공과대학

산업경영공학부 석사과정

관심분야 : ERP, SCM, 생산 및 재고관리  
시스템**고 효 현**

명지대학교 공과대학 산업공학과 학사

고려대학교 공과대학 산업공학과 석사

고려대학교 산업시스템정보공학과 박사

현재 : 고려대학교 정보통신기술연구소  
연구교수관심분야 : MIS, 생산관리,  
첨단공정제어, 이상탐지**김 성 식**

고려대학교 공과대학 기계공학과 학사

고려대학교 공과대학 산업공학과 석사

미국 Southern Methodist University

산업공학과 석사

미국 Southern Methodist University

산업공학과 박사

현재 : 고려대학교 공과대학

정보경영공학부 교수

관심분야 : APC, System Optimization

**백 준 길**

고려대학교 공과대학 산업공학과 학사

고려대학교 공과대학 산업공학과 석사

고려대학교 공과대학 산업공학과 박사

현재 : 고려대학교 공과대학  
정보경영공학부 부교수관심분야 : 생산관리, 첨단공정제어,  
지능형 이상 진단





## 크로스도킹 터미널에서 입고와 출고를 병행하는 트럭 일정계획에 관한 연구

주철민\* · 김병수\*\*†

\*동서대학교 시스템경영공학과 · \*\*부경대학교 시스템경영공학과

## Scheduling for Trucks with Inbound Storage Process and Outbound Shipping Process in Cross Docking Terminals

Cheol Min Joo\* · Byung Soo Kim\*\*†

\*Department of Systems & Management Engineering, Dongseo University

\*\*Department of System Management & Engineering, Pukyong National University

Cross docking is a logistics management concept in which items delivered to a terminal by inbound trucks are immediately sorted out, routed and loaded into outbound trucks for delivery to customers. This research considers the scheduling problem of trucks, in which it sequentially deals with the storage process in an inbound dock and the shipping process in an outbound dock of the cross docking terminal. The objective of the problem is to determine the door assignment and the docking sequences of trucks simultaneously to minimize the makespan. A mathematical model for finding an optimal solution is derived, and genetic algorithm (GA) is proposed to find a solution in a reasonable computation time. The performance of the GA is evaluated using randomly generated several examples.

**Keywords:** Cross Docking Terminal, Scheduling, Genetic Algorithm, Logistics Distribution Center

### 1. 서론

물류, 인터넷 및 이동통신시스템의 발전으로 인해 전통적인 고객의 주문방식은 변화되어 주문이 점점 다양해지고 주문량도 소단위로 바뀌어 가고 있다. 이러한 주문 형태의 변화에 맞추어 고객들에게 우수한 서비스를 제공하기 위해 제품의 정확하고 신속한 배송은 우수한 품질의 제품생산과 더불어 중요한 이슈가 되어

가고 있다. 물류터미널 내의 물류처리와 관련되는 작업들은 노동집약적이고 비용이 많이 발생한다. 이러한 고비용의 노동집약적인 물류터미널의 작업들을 개선하기 위해서는 전통적인 물류센터의 운영방법으로는 한계가 있다. 따라서 신속한 물류의 처리를 위해 물류센터의 운영방법에 변화가 요구 되었다. 이를 해결하기 위하여 물류 센터는 제품을 보관하고 필요시 반출시키는 창고의 기능에서 벗어나 빈번하게 발생하는 소규모 물품의 배송을 신속하게 처리할 수 있는 시스템을 갖추어야 한다. 특히 인터넷이나 통

† Corresponding author: Dept. of Systems & Management Engineering,

Pukyong National University, 599-1, Daeyeon 3-Dong, Nam-Gu, Busan, 608-737, Korea.

TEL: 82-51-629-6491 FAX: +82-51-629-6478 E-mail: iekbs@pknu.ac.kr

\* 2010년 11월 15일 투고, 2010년 12월 8일 수정본 접수, 2011년 4월 6일 게재 확정.

신주문을 주로 처리하는 택배회사나 유통회사의 물류센터는 그 신속성이 경쟁력의 근간이 된다. 이러한 요구에 부합하여 창고 및 운송비용과 같은 물류비용의 감소를 이루고 동시에 고객 서비스 수준 증대를 이룰 수 있는 혁신적인 물류개념이 바로 크로스도킹(Cross Docking) 터미널이다(Apte and Viswanathan (2000)). 기존의 전형적인 물류센터는 반입(Receiving), 저장(Storing), 분류(Sorting), 반출(Retrieving), 그리고 선적(Shipping)의 다섯 가지 작업을 통해 화물을 처리 한다. 이들 다섯 가지 작업들을 개선할 수 있는 방법이 있다면 물류비용을 감소시키고 물류생산성은 증가시킬 수 있다. 그러나, 최선의 방법은 작업들의 효율성을 개선하여 비용을 줄이는 것이 아니라 가능하다면 이들 작업들을 없애는 것이다. 크로스도킹의 개념은 물류센터의 작업들 중 가장 비용이 많이 드는 저장과 반출 작업 자체를 제거 혹은 최소화하여 창고내의 물류의 체제시간을 줄여 인바운드 물류비용을 줄이는 장점을 가지고 있다(Yu and Egbelu (2008)). 크로스도킹은 그림 1과 같이 저장과 반출 작업 없이 입고 트럭으로부터 반입된 물품들을 출고 트럭별(배송지별)로 즉시 분류하여 트럭에 선적하는 개념이다.

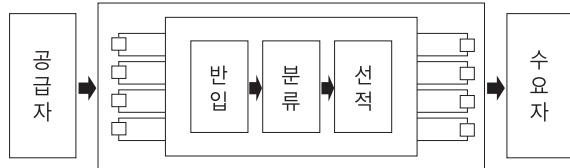


그림 1. 크로스도킹 터미널의 물류흐름

크로스도킹의 비용절감 장점들 중 하나는 주문크기가 다양한 많은 주문지역들의 화물들을 처리하는 LTL(Less-than-truckload) 트럭들을 이용하여 각기 개별적으로 배송지로 운송하기 보다는 배송 물품들을 배송지별로 한대의 FTL(Full-truckload) 트럭으로 취합(Consolidation)하여 배송함으로써 운송비용을 줄이는 효과를 가지게 된다(Apte and Viswanathan (2000)). 이러한 크로스도킹 터미널 도입으로 인한 장점들은 물류비용 절감 및 신속한 배송으로 인한 고객의 만족도 향상을 가져다 주게 되어 물류회사의 경쟁력을 제고하였다.

지금까지 몇 가지 크로스도킹 적용의 성공사례에 대한 연구가 대표적인 물류제인을 가진 회사들로부터 보고되어 왔다(Wal Mart(Stalk et al., 1992); UPS(Forger, 1995); Toyota(Witt, 1998); LTL(Less than Truck-load providers)(Gue, 1999)). 크로스도킹 시스템은 Apte and Viswanathan(2000)에 의해 처음으로 물류네트워크의 효율을 개선할 수 있는 기술로 소개되었고, Bartholdi and Gue(2004)는 크로스도킹 시스템에 가장 적

합한 터미널의 형태를 연구하였다. Sung and Song(2003)은 크로스도킹 센터의 입지 선정과 차량 할당문제를 해결할 수 있는 통합 서비스 네트워크 설계 문제를 다루었으며, Lee et al.(2006)는 공급사슬에서 크로스도킹과 수거와 배달 프로세스를 통합한 모델을 제안하였다. 그 외, Oh et al.(2006), Ley and Elfayoumy (2007), 그리고 고창성 등(2006)은 크로스도킹 터미널의 운영에 있어 입차 또는 출차위치의 결정에 관한 문제를 다루었다.

본 연구에서는 크로스도킹 터미널의 효율적 운영에 가장 중요한 요소 중 하나인 입출고 트럭에 대한 일정계획 문제를 다루고자 한다. 현재까지 크로스도킹에 대하여 다양한 연구가 이루어지고 있으나, 입고 및 출고 트럭의 일정계획문제에 대한 연구는 매우 제한적으로 이루어졌다. Li et al.(2004)은 크로스도킹 터미널의 인바운드 아웃바운드 차량들의 도크 할당이 결정 되었을 때의 JIT(Just In Time) 개념을 이용한 창고 내부의 인바운드 물류의 일정계획 최적화 문제를 다루었다. Boysen (2010) 역시 크로스도킹 터미널 내의 인바운드 화물들의 체류시간을 최소화하는 트럭 일정계획문제를 고려하였다. Yu and Egbelu (2008)는 임시 저장소(Temporary Storage)가 있는 크로스도킹 터미널의 총 처리시간(Makespan)을 최소화하기 위한 입고트럭 및 출고트럭의 작업 순서를 결정하기 위해 수리모형을 수립하고, 지역 해 탐색 휴리스틱 알고리즘을 제시하였다. 주철민(2010) 과 Vahdani and Zandieh(2010)는 Yu and Egbelu(2008)가 제시한 입출고 트럭의 일정계획문제를 위한 메타휴리스틱 기법을 제안하였다.

크로스도킹 터미널에서 물류비용의 효율적 관리를 위한 일반적인 입출고 트럭관리 정책 중 하나는 LTL 트럭들이 하차도크에서 하역작업 마친 후, 공(Empty) 트럭 상태로 지점으로 돌아가기 보다는 상차도크로 이동하여 화물을 선적하여 FTL트럭상태로 지정된 배송지로 출발하는 것이다. 본 연구에서는 이와 같은 사항을 고려하여 한 개의 하차 및 상차도크를 가진 크로스도킹 터미널 환경 하에 입고와 출고를 병행하는 트럭의 일정계획 문제를 다룬다. 크로스도킹 터미널에서 입고 및 출고를 독립적으로 수행하는 경우와 입출고를 병행하는 경우의 트럭들의 흐름은 각기 그림 2와 같다.

지금까지의 관련연구들을 살펴보면 크로스도킹 터미널에서 입고와 출고를 독립적으로시행하는 트럭들의 일정계획을 다룬 연구들은 있었지만, 입고와 출고를 병행하는 트럭들에 관한 일정계획 문제를 다룬 연구는 없었다. 본 연구에서는 크로스도킹 터미널에서 입고와 출고를 병행하는 트럭 일정계획문제를 위한 최적해 모형을 최초로 수립하고, 현실적 규모의 문제를 제한된 시간에 해결하기 위한 효율적인 해법으로 메타휴리스틱(Meta-heuristic) 기법 중 하나인 유전알고리즘을 제시한다.

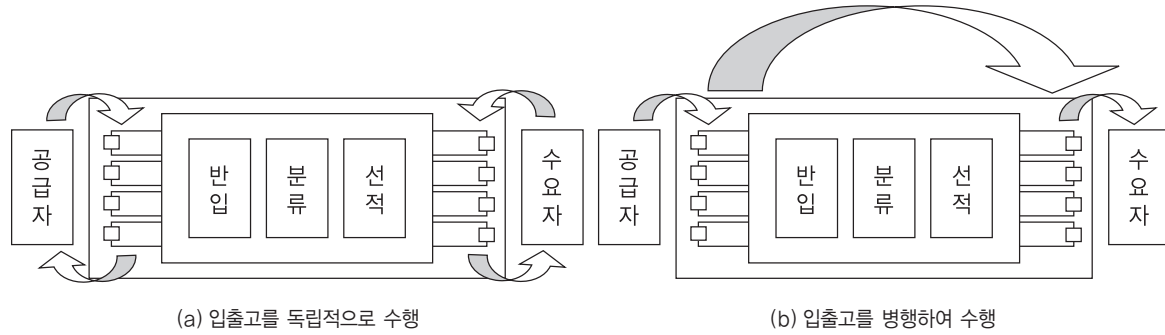


그림 2. 입출고를 독립적으로 수행하는 트럭흐름 과 입출고를 병행하는 트럭흐름

## 2. 문제의 정의

본 연구에서는 하나의 하차도크와 하나의 상차도크가 서로 분리되어 있는 크로스도킹 터미널을 대상으로 한다. 트럭은 순차적으로 하차도크로 들어와 화물을 하역하고, 배송지(출고트럭)별로 분류된 화물은 상차도크로 이동한다. 해당 출고트럭이 상차도크에 없어 바로 선적되지 못하는 화물은 상차도크의 임시 보관소에 저장하였다가 해당 출고트럭이 하차도크에서 하역완료 후 상차도크에 들어오면 선적된다. 모든 화물들이 하역된 트럭은 즉시 상차지점으로 이동한다. 화물은 종류에 관계없이 기본단위 별로 하역 및 선적되며, 입고 및 출고 트럭의 일정에 따라 그 순서가 달라질 수 있다. 각 입고트럭의 하역대상 화물종류, 화물량 및 각 출고트럭의 선적대상 화물종류, 화물량은 미리 알려져 있다고 가정한다. 또한, 화물 기본단위의 하역 및 선적 시간은 문제의 단순화를 위해 동일하게 주어지며, 컨베이어를 통한 하차도크에서 상차도크로의 화물 이동시간 및 트럭이 도크로 들어오거나 빠져나가는 시간은 고정값으로 미리 주어졌다고 가정한다. 또한, 하차지점에서 상차지점으로 트럭이 이동하는 시간도 미리 주어졌다고 가정한다. 본 연구에서 다루는 크로스도킹 터미널의 입고 및 출고 트럭 일정계획문제의 목적은 총 터미널 운영시간(Makespan)을 최소화 하는 것이다. 총 터미널운영시간은 첫 번째 입고트럭이 화물 하역을 위해 하차도크로 진입하는 시점부터 마지막 출고 트럭에 마지막 화물을 선적 후 배송지로 출발하기 위해 상차도크에서 출발하는 시점까지를 의미한다. 크로스도킹 터미널의 총 운영시간을 최소화 하는 입고와 출고를 병행하는 트럭의 일정계획문제에 대한 혼합정수계획(Mixed Integer Programming) 모형은 다음과 같다.

### 〈파라미터〉

- $R$ : 트럭 수(입고 및 출고 병행)  
 $N$ : 화물종류 수

- $r_{ik}$ : 입고트럭  $i$ 가 하역할 화물  $k$ 의 수량  
 $s_{jk}$ : 출고트럭  $j$ 가 선적할 화물  $k$ 의 수량  
 $TR$ : 하차지점에서 상차지점에서의 트럭 이동시간  
 $DE$ : 트럭이 도크로 진입하는 시간  
 $DL$ : 작업을 마친 후 트럭이 도크에서 빠져 나가는 시간  
 $V$ : 컨베이어를 통한 하차도크에서 상차도크로의 화물 이동 및 분류 시간  
 $M$ : 양의 큰 수

### 〈연속변수〉

- $T$ : 총 터미널운영시간 (Makespan)  
 $c_i$ : 트럭  $i$ 의 하역 시작시간  
 $F_i$ : 트럭  $i$ 의 하역 완료시간  
 $d_j$ : 트럭  $j$ 의 선적 시작시간  
 $L_j$ : 트럭  $j$ 의 선적 완료시간

### 〈정수변수〉

- $x_{ijk}$ : 입고트럭  $i$ 에서 하역되어 출고트럭  $j$ 로 선적되는 화물종류  $k$ 의 수량

### 〈이진변수〉

- $v_{ij} = \begin{cases} \text{입고트럭 } i \text{에서 출고트럭 } j \text{로 화물이 하나라도 이동하면} \\ \text{그렇지 않으면} \end{cases}$   
 $p_{ij} = \begin{cases} \text{입고트럭 } i \text{에서 출고트럭 } j \text{로 화물이 하나라도 이동하면} \\ \text{그렇지 않으면} \end{cases}$   
 $q_{ij} = \begin{cases} \text{입고트럭 } i \text{에서 출고트럭 } j \text{로 화물이 하나라도 이동하면} \\ \text{그렇지 않으면} \end{cases}$

### 〈혼합정수모형〉

- Minimize**  $T$   
**s.t.**

$$T \geq L_j + DL, \quad \text{for all } j, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^R x_{ijk} = r_{ik}, \quad \text{for all } i, k, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^R x_{ijk} = s_{jk}, \quad \text{for all } j, k \quad (3)$$

$$x_{ijk} \leq M \cdot v_{ij}, \quad \text{for all } i, j, k, \quad (4)$$

$$c_i \geq DE, \quad \text{for all } i, \quad (5)$$

$$F_i \geq c_i + \sum_{k=1}^N r_{ik}, \quad \text{for all } i, \quad (6)$$

$$c_j \geq F_i + (DL + DE) - M \cdot (1 - p_{ij}), \quad \text{for all } i, j \text{ and where } i \neq j, \quad (7)$$

$$c_i \geq F_j + (DL + DE) - M \cdot p_{ij}, \quad \text{for all } i, j \text{ and where } i \neq j, \quad (8)$$

$$p_{ii} = 0, \quad \text{for all } i, \quad (9)$$

$$d_j \geq DE, \quad \text{for all } j, \quad (10)$$

$$L_j \geq d_j + \sum_{k=1}^N s_{jk}, \quad \text{for all } j, \quad (11)$$

$$d_j \geq L_i + (DL + DE) - M(1 - q_{ij}), \quad \text{for all } i, j \text{ and where } i \neq j, \quad (12)$$

$$d_i \geq L_i + (DL + DE) - Mq_{ij}, \quad \text{for all } i, j \text{ and where } i \neq j, \quad (13)$$

$$q_{ii} = 0, \quad \text{for all } i, \quad (14)$$

$$L_j \geq c_i + V + \sum_{k=1}^N x_{ijk} - M \cdot (1 - v_{ij}), \quad \text{for all } i, j, \quad (15)$$

$$d_j \geq F_j + (DL + DE) + TR, \quad \text{for all } j, \quad (16)$$

$$\text{all variables} \geq 0 \quad (17)$$

제약식(1)은 목적식인 총 터미널 운영시간을 계산하기 위한 제약식이다. 제약식(2)는 하나의 입고트럭에서 하역되어 각각의 출고트럭으로 선적되는 종류별 화물의 수량은 해당 입고트럭의 하역되는 종류별 화물의 총 수량과 같아야 함을 의미하며, 제약식(3)은 각각의 입고트럭에서 하역되어 하나의 출고트럭으로 선적되는 종류별 화물의 수량은 해당 출고트럭에 선적되어야 할 종류별 화물의 총 수량과 같아야 함을 의미한다. 제약식(4)는 변수  $x_{ijk}$ 와  $v_{ij}$  간의 정확한 관계를 정의하기 위한 것이다. 제약식(5)–(8)들은 하차도크에서 트럭의 하역순서에 따른 트럭들의 하역시작시간과 하역완료시간을 계산하기 위한 것이다. 먼저, 제약식(5)는 모든 트럭의 트럭하역시작시간은 트럭이 도크로 진입하는 시간보다는 커야 함을 의미한다. 제약식(6)은 하차도크로 들어오는 특정트럭의 하역완료시간은 하역시작시간과 트럭내의 모든 물품들을 하역하는 시간의 합보다 커야 함을 의미한다. 제약식(7)과(8)은 하차도크로 진입하는 연속된 두 트럭들의 선후관계를 고려한 하역시작시간과 하역완료시간들을 제약한다. 제약식(10)–(13)들은 상차도크에서 트럭들의 선적순서에 따른 선적시작시간과 선적완료시간을 계산하기 위한 식이다. 제약식(10)는 모든 트럭의 트럭선적시작시간은 트럭이 도크로 진입하는 시간보다는 커야 함을 의미

한다. 제약식(11)은 상차도크로 들어오는 특정트럭의 선적완료시간은 선적시작시간과 트럭내의 모든 물품들을 선적하는 시간의 합보다 커야 함을 의미한다. 제약식(12)과(13)은 상차도크로 진입하는 연속된 두 트럭들의 선후관계를 고려한 선적시작시간과 선적완료시간들을 제약한다. 또한, 제약식(9)는 하차도크에서 특정 입고트럭은 한번만 순서지어질 수 있다. 이와 비슷하게 제약식(14)는 상차도크에서 특정 출고트럭은 한번만 순서지어질 수 있다. 제약식(15)는 하나의 트럭에서 선적되어 하나의 출고트럭으로 선적되는 화물이 존재하는 경우 해당 출고트럭의 화물에 의한 선적지연을 산정한다. 제약식(16)은 트럭의 입고지점으로부터 출고지점까지의 이동에 의한 선적 지연을 산정한다. 위의 문제는  $(R!)(R!)$ 가지의 조합(Combinatorial) 문제로 전형적인 NP-hard한 문제이다. 제시한 정수계획법 모델로부터 규모가 큰 현실적인 문제를 제한된 시간에 풀기에는 어렵다.

### 3. 전체조합열거법 (Complete Enumeration)

하차도크로 진입하는 트럭은 트럭내의 모든 화물에 대한 하역작업이 모두 수행될 때까지 하차도크에 머물러 있어야 하므로, 입고트럭은 하차트럭순서에 한번만 나타나게 된다. 이와 마찬가지로 하역 작업을 마치고 하차지점으로부터 상차지점으로 이동 후 상차도크로 진입한 트럭은 할당된 특정 배송지의 모든 화물에 대한 선적작업이 모두 수행될 때까지 상차도크에 머물러 있어야 하므로, 출고트럭도 상차트럭순서에 한번만 나타나게 된다. 따라서, 트럭의 하차도크로의 진입 순서와 상차도크의 진입순서의 모든 가능한 조합의 수  $(R!)(R!)$ 을 고려하게 되면 최적해를 구할 수 있다. 작은 규모의 문제에 있어서는 전체조합열거법으로 최적해를 구하는 것이 가능하다. 예를 들면, 트럭 수가 4대일 경우, 가능한 순서의 개수는 총  $4! \times 4! = 576$ 이다. 그러나 트럭의 수가 10대라면 가능한 트럭의 수는  $10! \times 10! = 1.3 \times 10^{13}$ 이 된다. 이러한 경우에는 전체조합열거법으로는 제한된 시간에 최적해를 찾는다는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서, 본 연구에서는 현실적 크기의 문제에 대해 효과적인 해의 도출을 위해 GA를 이용한 휴리스틱 기법을 제안한다. 전체조합열거법의 적용은 비록 작은 문제크기에서의 비교이지만 본 연구에서 제시한 유전 알고리즘의 효과(Effectiveness)를 평가할 수 있는 기준점(Baseline)을 제시한다는 점에서 큰 의미를 가질 수 있다.

#### 4. 유전알고리즘(Genetic Algorithm: GA)

GA는 생물의 진화과정인 적자생존의 원칙을 활용해 해를 탐색해가는 메타 휴리스틱 기법의 하나로 Holland(1975)에 의해 처음 소개된 후로 다양한 문제에 적용되어 왔고, 특히 본 연구에서 다루는 문제와 같은 조합(Combinatorial) 문제에 대해 비교적 짧은 시간 내에 근사 최적해를 도출하는 것으로 알려져 있다(Gen and Cheng(2000)). GA는 하나의 해를 표현하는 유전자(Chromosome)를 생성하고 정해진 수의 유전자들로 세대(Generation)를 구성한다. 본 연구에서는 크로스도킹 터미널에서 입고와 출고를 병행하는 트럭 일정계획문제를 위한 최적해 모형을 수립하고, 효율적인 해법을 제시하기 위해 메타휴리스틱(Meta-heuristic) 기법 중 하나인 GA를 제시한다.

본 연구에서는 입고 및 출고 트럭의 일정을 표현하기 위한 유전자 구조는 트럭의 작업순서를 나타내는 정수를 사용하며, 입고 및 출고 트럭의 일정을 동시에 결정하기 위하여 전반부 절반은 입고트럭의 일정계획과 후반부 절반은 출고트럭의 일정계획을 갖는 단일스트링(Single string)구조를 사용한다. 예를 들어 5대의 입출고를 병행하는 트럭에 대해 하역을 3, 5, 4, 1, 2 트럭 순으로 하고 선적을 1, 3, 2, 5, 4 트럭 순으로 한다면 이 일정은 그림 3과 같은 유전자 구조를 가진다.

← 입고도크 하역순서					← 출고도크 하역순서				
3	5	4	1	2	1	3	2	5	4

그림 3. 유전자 구조

초기 세대의 해집단(Population)은 모두 임의생성(Random generation)하여 구성하고, 적합도(Fitness) 평가를 위한 척도로는 목적식인 총 터미널운영시간을 사용한다. 다음 세대를 구성하기 위해 현 세대 해집단에서 우선 가장 좋은 적합도(낮은)를 갖는 엘리트 해를 다음세대로 바로 전달한다. 나머지 해 집단은 룰렛휠(Roulette wheel) 선택방법을 통해 확률적으로 우수한 해를 선택하여 특정 연산을 거쳐 다음세대로 전달한다. GA에서는 부모의 형질을 닮은 자식 해의 생성을 위해 선택된 부모 해들의 유전자를 활용한 교차 연산(Crossover operator)이나 돌연변이 연산(Mutation operator)의 유전연산자들을 이용한다. 본 연구에서는 교차연산으로 하나의 교차점을 임의로 선택하고 그림 4와 같이 두 부모의 유전자를 교차하여 자식을 생성하는 한점교차(One-point crossover)방법을 사용한다.

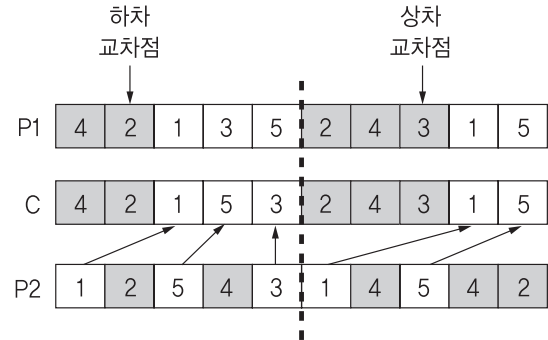


그림 4. 한점 교차 방법

돌연변이연산으로는 그림 5와 같이 부모의 유전자에서 임의로 선택된 두 경계점 내부의 다수의 두 유전자들을 임의로 선택하여 상호 교환하여 자식을 생성하는 로컬지역 내 다수교환 돌연변이(Multi-swap within two random position Mutation)방법을 사용한다.

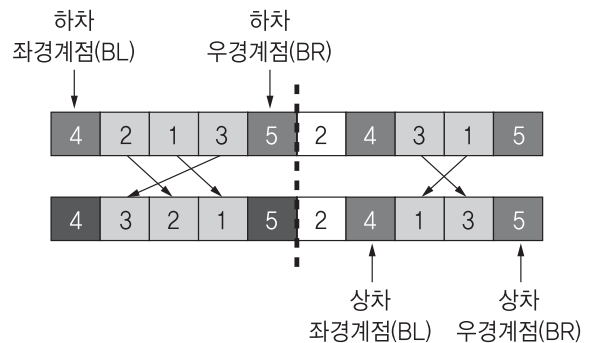


그림 5. 로컬지역 내 다수교환 돌연변이

#### 5. 알고리즘의 검증

본 연구에서 제시한 GA를 검증하기 위하여 두 분류의 데이터를 임의로 생성하여 실험하였다. GA는 C++을 이용하여 프로그래밍 되었고, 정수계획모형의 실험을 위해 CPLEX 6.0.2 패키지를 이용하였으며 Intel Pentium(R) 4 CPU2.66GHz 1GB RAM 하의 컴퓨터에서 실험하였다. 기존의 Yu and Egbelu(2008)와 Vahdani and Zandieh(2010)등의 연구에서 현실적 상황을 고려하여 사용한 파라미터를 참조하여, 트럭의 도크 진출입시간  $DE$ 와  $DL$ 을 35와 45로, 화물 이동 및 분류시간  $V$ 를 100으로, 하차 지점에서 상차지점으로의 트럭 이동시간  $TR$ 을 50으로 가정하였다. 또한, 화물 기본단위의 하역 및 선적 시간은 1단위시간으로 동일하게 주었다. 첫 번째 분류의 실험은 최적해와의 비교를 위하여 10개 이하의 트럭수  $R$ 과 화물종류수  $N$ 을 갖는 20개 실험 데이



유전 알고리즘의 해집단수와 총 세대수가 너무 크면 실험시간에 비해 해의 성능 향상을 기대하기 어려워짐으로 두 분류의 실험 모두 각각 30과 1000으로 실험하였고, 교차율과 돌연변이율은 파라미터 실험결정을 통해 결정된 값 0.6 과 0.4을 사용하였다. 교차율의 경우 돌연변이율을 고정한 후, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7의 다섯가지 대안들에 대해 10회 반복 실험하여 결과가 가장 좋은 값 0.6을 선택하였고, 돌연변이율 역시 앞의 실험에서 선택된 교

GA해의 확률적 변동을 평가하기 위해 각각의 실험데이터를 10회씩 반복 실행하여 그 해들의 평균과 표준편차를 정리하였고 최선해(Best solution)을 정리하였다. 또한, 최적해 대비 GA 해의 성능을 평가하기 위해 상대비율편차(Relative Percentage Deviation: RPD)를 계산하였다. RPD는 최적해에 대한 알고리

실험데이터				최적해	CPLEX CPU Time (초)	GA 해			
번호	병행 트럭수	화물 종류수	전체 화물수			Best 해	평균	표준 편차	RPD (%)
1	4	4	908	1589	0.2	1589	1589	0.00	0.00
2	5	6	910	1752	28.0	1752	1752	0.00	0.00
3	3	8	891	1623	0.1	1623	1623	0.00	0.00
4	5	8	1000	1881	9.9	1881	1881	0.00	0.00
5	5	6	950	1806	>7200	1806	1807.4	2.24	0.08
6	4	5	1013	1858	0.2	1858	1858	0.00	0.00
7	3	6	909	1683	0.1	1683	1683	0.00	0.00
8	3	7	990	1699	0.1	1699	1699	0.00	0.00
9	4	8	1380	2334	0.1	2334	2334	0.00	0.00
10	3	9	1383	2299	0.1	2299	2299	0.00	0.00
11	5	10	2030	3411	23.0	3411	3411	0.00	0.00
12	6	8	1650	2685	>7200	2685	2694.5	9.50	0.35
13	4	7	1748	2787	0.2	2787	2787	0.00	0.00
14	5	8	1270	2257	4.8	2257	2257	0.00	0.00
15	6	10	2028	3328	>7200	3328	3391.8	5.96	1.92
16	5	9	1360	2309	12.0	2309	2309.7	1.26	0.03
17	4	10	1580	2574	0.2	2574	2574	0.00	0.00
18	6	7	1848	2934	>7200	2934	2934	0.00	0.00
19	5	7	1750	2875	3.2	2875	2875	0.00	0.00
20	6	9	2004	3452	>7200	3452	3452	0.00	0.00
평균								0.95	0.12

즈에 의한 해의 편차의 비를 의미하며 식(18)로 표현된다. RPD가 5%란 것은 알고리즘에 의한 해가 최적해에 비해 5% 초과한다는 것이므로, RPD의 값이 적을수록 알고리즘의 효과(Effectiveness)가 좋다는 것을 의미한다

$$\text{RPD} = \frac{\text{GA해}-\text{최적해}}{\text{최적해}} \times 100 \quad (18)$$

표 1의 실험결과를 보면 GA해의 RPD 전체 평균이 0.12%로 대단히 우수하다. 또한, 실험에서의 표준편차는 전체 평균이 0.95로 이는 같은 실험 데이터로 여러 번 실행해도 큰 변화 없이 매번 유사한 결과를 갖는다는 것을 의미하며, 이를 통해 GA해의 강건성(Robustness)에서도 우수함을 알 수 있다.

표 2는 규모가 큰 문제들의 실험에 관한 GA해의 성능을 실험한 결과를 보여 준다. 제한된 시간에 전체조합열거법이나 수리모형을 이용한 최적해의 도출이 불가능하여 최적해와의 비교실험은 하지 않았다. 하지만, 두 번째 분류의 실험 역시 GA해의 확률적 변동을 평가하기 위해 각각의 실험데이터를 10회씩 반복 실행하

여 해의 강건성을 평가하였고, 적은 시간에 우수한 GA해를 탐색하는 것을 보여주기 위해 해의 탐색시간(CPU time)을 기록하였다.

실험의 결과를 보면 제한된 시간에 최적해를 얻는 것은 불가능하나 GA를 이용한 탐색방법으로 표 2에서와 같은 현실적 큰 규모의 문제들에 대해 수십초 내에 강건한 해를 제공해 준다. 표 1에서의 규모가 작은 문제들에 관한 결과를 유추해 볼 때 GA해는 최적해 대비 우수한 해를 제공해 준다고 할 수 있다.

그림 6에서는 두번째 분류 실험의 트릭수 변화에 대한 GA휴리스틱의 RPD\_Best 및 해의 탐색시간의 변화를 나타낸다. 여기서, RPD\_Best는 GA의 성능을 평가하기 위한 척도로 사용되었으며 다음과 같이 나타낸다.

$$\text{RPD\_Best}(\%) = \frac{\text{GA해의평균} - \text{Best해}}{\text{Best해}} \times 100 \quad (19)$$

그림6(a)에서 보는 바와 같이 트럭수가 증가하더라도 RPD\_Best 는 3%이내의 우수한 값을 나타냄을 알 수 있다. 또한,

### 표 2 두번째 분류 실험 결과

실험데이터				GA 해			
번호	병행 트럭수	화물 종류수	전체 화물수	Best 해	평균	표준 편차	CPU Time (초)
1	17	9	3502	6477	6530.2	7.99	38.97
2	12	14	3996	6980	7005.2	5.54	36.72
3	15	7	4500	7422	7452.9	7.34	18.40
4	11	10	4994	7736	7935.5	11.70	16.36
5	13	17	3991	6932	6988.4	8.86	64.85
6	10	11	6000	9062	9226.8	11.21	15.68
7	12	6	6528	9462	9468.4	2.77	8.34
8	11	16	6996	11041	11205.8	15.09	38.34
9	14	15	4494	7693	7755.5	4.59	61.74
10	17	9	6987	11071	11246.8	12.10	39.68
11	10	6	3500	5481	5544.8	4.78	5.64
12	13	8	3991	6635	6725.9	4.26	16.31
13	18	20	4645	8716	8729.8	4.98	121.13
14	13	12	4992	8069	8175.5	12.21	33.97
15	10	15	5500	8871	8884.0	4.56	26.58
16	16	7	6000	9594	9693.7	10.44	21.48
17	18	12	6498	10816	10856.9	6.57	79.27
18	20	15	6900	11764	11851.8	9.37	67.10
19	12	12	5496	10370	10434.1	7.22	27.81
20	18	9	6786	11080	11107.2	5.71	45.40
평균						7.86	39.19

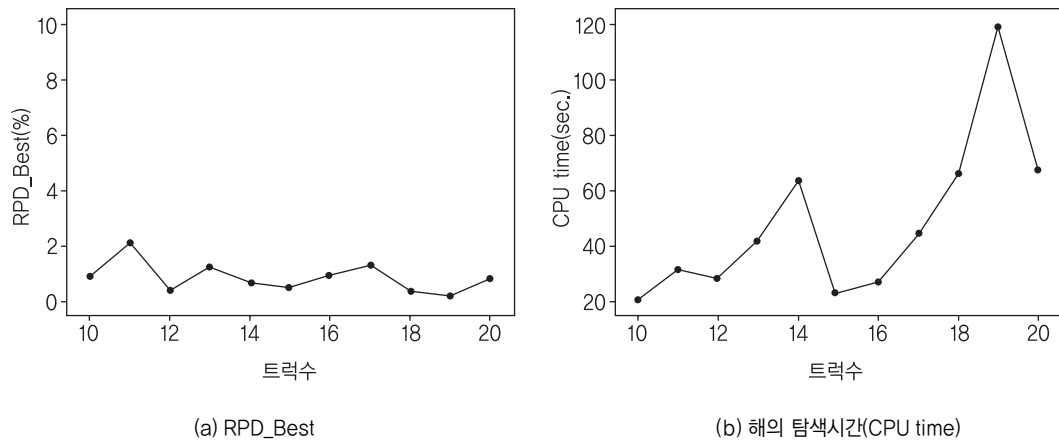


그림 6. 두번째 분류 실험의 트럭수 변화에 따른 RPD\_Best(%) 및 해의 탐색시간의 변화

그림6(b)에서는 전반적으로 GA의 해의 탐색시간은 트럭수가 늘어남에 따라 증가함을 보이지만, 단순히 트럭수의 증가함에 따라 해의 탐색시간이 비례하여 증가하지 않음을 알 수 있다. 즉, GA의 해의 탐색시간은 트럭수 이외에도 화물종류수 그리고 전체화물수에 따라 해의 탐색시간이 달라짐을 알 수 있다.

## 6. 결론

본 연구에서는 크로스도킹 터미널 환경 하에서 하차도크에서 하역작업 마친 트럭들이 상차도크로 이동하여 화물을 선적하는 입고와 출고를 병행하는 트럭의 일정계획 문제를 다루었다. 크로스도킹 터미널의 총 터미널 운영시간 최소화의 목적을 갖는 혼합 정수계획모형을 제시하고, 보다 효율적으로 해를 도출하기 위해 GA를 제시하였다. 제시된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 전 체조합열거법에 의한 최적해와 비교한 결과 해의 우수성 (Effectiveness)과 강건성(Robustness)에 있어서 탁월함을 확인할 수 있었다. 또한, 현실적 규모의 큰 문제들에 대해서도 비교적 짧은 시간 내에 해를 탐색하는 효율적인 방법임을 입증하였다.

향후, 물류비 감소와 고객 서비스 수준 증대를 동시에 이룰 수 있는 혁신적인 물류개념인 크로스도킹 터미널의 효율적인 관리를 위하여 다양한 형태의 연구가 지속되어야 하며, 특히 목적함수에 있어서 트럭들의 터미널 운영시간(Makespan) 최소화 뿐 아니라 트럭의 납기를 고려한 일정계획문제와 다수의 상차 및 하차도크를 갖는 크로스도킹 터미널의 일정계획문제로 연구가 확장되어야 할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] 고창성, 최은진, 이해경 (2006), 자동화 크로스도킹 터미널의 출차 도크 위치 결정, 로지스틱스 연구, Vol. 14(2), pp. 21-34.
- [2] 주철민 (2010), 크로스도킹 터미널의 입고 및 출고 트럭 일정 계획을 위한 유전 알고리즘, 한국경영공학회지, Vol. 15(3), pp. 55-65.
- [3] Apte, U.M. and Viswanathan, S. (2000), Effective cross docking for improving distribution efficiencies, *International Journal of Logistics*, 3, pp. 291-302.
- [4] Bartholdi III., J. J., Gue, K. R. (2004), The best shape for a crossdock, *Transportation Sciences*, 38(2), pp. 235-244.
- [5] Boysen, N. (2010), Truck scheduling at zero-inventory cross docking terminals, *Computers & Operations Research*, 37, 32-41.
- [6] Forger G. (1995), UPS starts world's premiere cross-docking operation, *Modern Material Handling*, pp. 36-38.
- [7] Gen, M. and Cheng, R. (2000), *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*, New York: Wiley.
- [8] Gue, K.R., (1999), The effect of trailer scheduling on the layout of freight terminals, *Transportation Science*, 33, pp. 419-428.
- [9] Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems*, Ann Arbor, IL: University of Michigan Press.

- [10] Lee, Y. H., Jung, H., J.W. and Lee, K.M. (2006), Vehicle routing scheduling for cross-docking in the supply chain, *Computers & Industrial Engineering*, 51, pp. 247-256.
- [11] Ley, S. and Elfayoumy, S. (2007), Cross dock scheduling using genetic algorithms, *In Proceedings: IEEE international Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation*, pp. 416-420
- [12] Li Y., Lim, A. Rodrigues, B. (2004), Crossdocking-JIT scheduling with time windows, *Journal of the Operational Research Society*, 55, pp. 1342-1351.
- [13] Oh, Y., Hwang, H., Cha, C.N. and Lee, S., (2006), A dock door assignment problem for the Korean mail distribution center, *Computers & Industrial Engineering*, 51, pp. 588-596.
- [14] Stalk, G. Evans, P., Shulman, L.E. (1992), Competing on capabilities: the new role of corporate strategy, *Harvard Business Review*, 70(2), pp. 57-69.
- [15] Sung, C.S. and Song, S.H. (2003), Integrated service network design for a cross-docking supply chain network, *The Journal of Operational Research Society*, 54(12), pp. 1283-1295.
- [16] Yu, W. and Egbelu, P. J. (2008), Scheduling of inbound and outbound trucks in cross docking system with temporary storage, *European Journal of Operational Research*, 184, pp. 377-396.
- [17] Vahdani, B. and Zandieh, M. (2010), Scheduling trucks in cross-docking systems : Robust meta-heuristics, *Computers & Industrial Engineering*, 58, 12-24.
- [18] Witt, C.E. (1998), Crossdocking: Concepts demand choice, *Modern Material Handling*, 53(7), pp. 44-49.



#### 주철민

고려대학교 산업공학과 학사  
한국과학기술원(KAIST) 산업공학과 석사  
한국과학기술원(KAIST) 산업공학과 박사  
현재: 동서대학교 시스템경영공학과  
부교수  
관심분야: 스케줄링, 휴리스틱 알고리즘  
최적화, 물류시스템 관리



#### 김병수

부경대학교 산업공학과 학사  
Auburn University, Industrial &  
Systems Engineering 석사  
Auburn University, Industrial &  
Systems Engineering 박사  
현재: 부경대학교 시스템경영공학과  
기금교수  
관심분야: SCM, 창고물류시스템관리,  
생산일정계획





## 정보의 품질 수준과 초기 재고의 조정을 통한 공급 사슬의 최적화 방안<sup>†</sup>

박경중<sup>‡</sup>

광주대학교 경영학과

## The Optimization of a Supply Chain through Information Quality Level and Control of Initial Inventory

KyoungJong Park<sup>‡</sup>

Department of Business Administration, Gwangju University

This paper proposes a method to optimize simultaneously the total costs and order fill rates in a supply chain. Multi objective particle swarm optimization is used to optimize the objectives at the same time. The method changes automatically the initial inventory levels of all tiers considering the quality level of information. ANOVA tests using a 5% significance level are performed in SPSS to examine significant performance changes among various cases. The results show that the proposed method finds best solutions which satisfy the lower inventory level maintaining the higher order fill rate.

**Keywords:** Information Quality Level, Initial Inventory, Initial conditions

### 1. 서론

공급 사슬 경영(Supply Chain Management: SCM)은 고객의 서비스 요구 수준을 만족시키면서 공급 사슬의 전체 비용을 최소화시키고 효과를 최대화시키는 방법이라고 정의된다. 즉, 최적의 제품을, 최적의 양만큼, 최적의 위치에, 최적의 시간에 배송할 수 있도록 공급자, 제조업자, 유통업자, 소매업자 등을 효과적으로 통합하기 위해서 사용하는 프로세스적인 방법으로 설명된다(Zhang & Zhang, 2007). 그러나 공급 사슬은 수요 처리, 리드타

임, 배치 주문, 결품, 가격 변동 및 판촉 등으로 인해 문제들이 발생하는데(Lee et al., 1997), 이것을 채찍 효과(bullwhip effect)라고 설명한다(박경중, 2009; Forrester, 1958).

채찍 효과를 해결하기 위한 가장 효과적인 방법 중의 하나는 각 티어(tier: 공급자, 제조사 등) 간에 정보 공유를 허용하는 것이다(Chatfield et al., 2004; 박경중, 2010b). 또한 Chatfield et al.(2004)은 다운스트림(downstream) 티어에서 요청한 주문 정보를 100% 신뢰하면 변동 폭이 큰 다운스트림 티어의 주문 정보에 의해 채찍 효과가 더 커질 수 있다고 주장하였다. 이 설명은 다운스트림 티어에서 오는 정보가 적절해야 효과적일 수 있다는 것

<sup>†</sup> 이 논문(저서)은 2010년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2010-327-B00219).

<sup>‡</sup> Corresponding author: Gwangju University, 592-1 Jinwol-dong, Nam-gu, Gwangju, 503-703, S. Korea

TEL : 82-62-670-2246 FAX : 82-62-670-2631 E-mail : kjpark@gwangju.ac.kr

\* 2011년 1월 24일 투고, 4월 13일 수정본 접수, 5월 3일 게재 확정.

을 의미한다. 그러나 기존 연구에서는 정보의 품질 수준을 어떤 수준으로 유지해야 좋은 결과를 주는지에 대한 부분이 고려되지 못하고 있다.

대부분의 기존 연구들은 정보 공유, 재고 정책, 수요 예측 방법 등이 채택 효과에 미치는 영향에만 집중하였고, 전체 공급 사슬의 수행도 향상을 통한 총재고비용을 줄이거나 주문만족율을 높이는 전략 등에는 상대적으로 관심이 적었다(박경중, 2009). 공급 사슬 상의 재고가 총비용에 많은 영향을 준다는 연구(Lau et al., 2008)도 재고 전략들 간의 우월성만을 실험하였고 공급 사슬이 가지고 있는 초기 재고가 공급 사슬의 운영에 어떤 영향을 주는지는 알지 못했다. 또한 공급 사슬의 총비용을 줄이기 위해 초기 재고를 어떤 수준으로 가져가야 되는지에 대한 연구도 진행되지 못했다. 공급 사슬이 구축되어 조건이나 상황이 변경되지 않고 장시간 운영되면 공급 사슬의 초기 조건은 공급 사슬에 별 영향을 미치지 못하게 된다. 그러나 소비자 전자 제품 등의 경우에는 소비자의 수요 패턴이 급격하게 변하고 있어서 1개의 제품을 장기간 생산하지 못한다(Minderhoud & Fraser, 2005). 즉 제품을 단기간 생산하면서 소비자의 수요 패턴에 맞추어서 생산 제품을 변경해야 된다. 그러므로 단기간 운영되는 공급 사슬 모델은 공급 사슬의 초기 조건에 영향을 받게 된다.

〈그림 1〉은 공급 사슬의 초기 조건에 따라 전체 공급 사슬의 총 재고비용에 발생하는 차이를 설명한다(Park, 2009; 박경중, 2010b). 〈그림 1〉의 Case 1은 Strozzi et al.(2007)과 같이 각 티어의 초기 결품량은 0, 초기 재고량은 12, 나머지 상태변수들의 값은 모두 4인 경우이며, Case 2는 각 티어의 상태변수들의 초기 값을 모두 0으로 설정했다. Case 3은 각 티어의 초기 재고를 12로 한 경우이며, 다른 상태변수들의 값은 0으로 설정했다. Case 4는 각 티어의 초기 재고를 12로 설정했고 다른 상태변수들의 값은 8로 설정한 경우이다. Case 5는 각 티어의 모든 상태변수들의 값을 12로 설정했다. 실험 결과는 공급 사슬의 초기 조건이 변동됨에 따라 각 조건별로 총재고비용에 많은 차이가 발생한다는 것

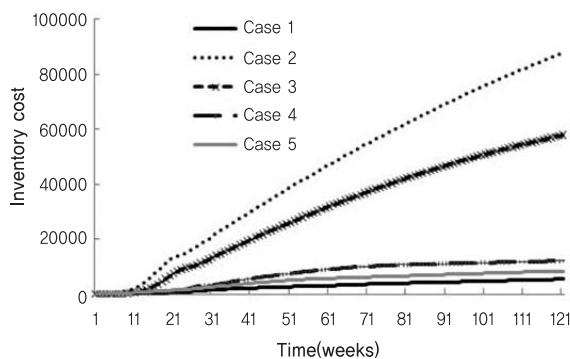


그림 1. 초기 재고 조건에 따른 공급 사슬의 총재고비용

을 보여준다. 본 실험의 경우에는 각 티어의 초기 재고가 모두 0인 경우(Case 2)의 총재고비용이 가장 많다. 그러므로 총재고비용을 줄이기 위해 각 티어의 초기 재고를 0으로 유지하는 것은 공급 사슬의 효율성을 악화시킬 수도 있기 때문에 공급 사슬의 초기 조건을 반영하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 공급 사슬의 각 티어 사이에서 전달되는 정보의 품질 수준을 반영하고 각 티어의 초기 재고 조건을 자동으로 변경시켜서 공급 사슬에 영향을 미치는 총재고비용, 주문만족율 등을 최적화시키는 방법을 제시한다.

제 1장에서는 연구의 배경 및 목적을 설명하였고, 제 2장에서는 제안 모델의 특성에 대해서 설명한다. 제 3장에서는 모델을 설명하고 제 4장에서는 결과를 분석한다. 마지막으로 제 5장에서는 결론 및 추후 연구 과제를 제시한다.

## 2. 제안 모델의 특성

본 논문의 특징은 앞에서 설명한 바와 같이 공급 사슬의 각 티어 사이에서 전달되는 정보의 품질 수준을 고려하는 것과 공급 사슬에 영향을 미치는 초기 재고 조건을 최적화하는 것이며 내용은 다음과 같다.

첫째, 공급 사슬 모델은 같은 제품을 장기간 생산하지 못하고,

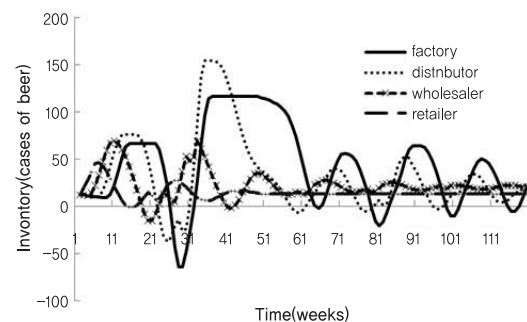
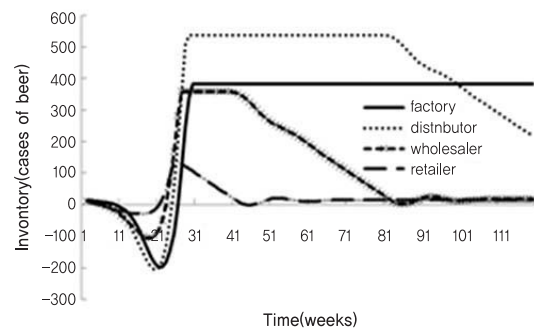


그림 2. 초기 재고 조건에 따른 채택 효과의 영향

소비자의 수요 패턴이 급속하게 변하기 때문에 시장 상황에 맞도록 단기간만 제품을 생산하는 상황을 가정한다. 이런 환경에서는 공급 사슬의 초기 조건이 공급 사슬의 수행도에 영향을 주며, 그 결과는 <그림 1>에서 제시하였다.

공급 사슬의 각 티어들은 <그림 2>와 같이 초기 조건에 따라 많은 영향을 받게 된다. <그림 2>는 Case 3과 Case 5를 시간에 따른 재고의 변동 상황으로 나타낸 것이며, 초기 조건의 차이에 의해 채찍 효과가 발생하여 전체 공급 상에서의 총비용에 영향을 미치기 때문에 초기 재고 조건을 최적화하는 방안이 필요하다(박경중, 2010b; Park, 2009).

둘째, 기존의 연구들은 공급 사슬에서 정보를 공유하는 경우와 그렇지 않은 경우로 나누어 연구되었다. 연구 결과는 정보를 공유하는 경우가 그렇지 않은 경우보다 채찍 효과를 줄일 수 있음을 보였다. 본 연구는 정보의 공유 유무가 초점이 아니며 티어의 정보를 확보하는 수준인 정보의 품질 수준(Information Quality Level; Chatfield et al., 2004)을 공급 사슬 모델에 포함시켜서 최적화를 수행하는 것이다.

셋째, 공급 사슬에서 정보의 품질 수준과 초기 조건을 고려한 최적화 기법은 메타 휴리스틱(meta heuristic) 기법인 PSO (Particle Swarm Optimization)를 사용한다. POS 기법은 미립자집단최적화 방법이라고도 하며 유전자 알고리즘 보다 더 간단하고 효율이 좋다고 제시되었다(Julio et al., 2005).

### 3. 모델 설명

본 논문에서는 4 티어(Factory - Distributor - Wholesaler - Retailer)로 구성되는 <그림 3>과 같은 공급 사슬 모델을 가정한다(Strozzi et al., 2007; Thomson et al., 1991).

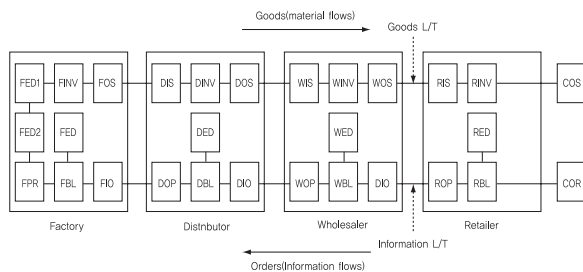


그림 3. 4티어 공급 사슬 모델

<그림 3>의 모델에서 사용되는 주요 용어를 시점  $t$ 를 기준으로 설명하면 다음과 같다.

- $FED_t$  : Factory 기대수요량
- $DED_t$  : Distributor 기대수요량
- $WED_t$  : Wholesaler 기대수요량
- $RED_t$  : Retailer 기대 수요량
- $FIO_t$  : Factory 수주량
- $DIO_t$  : Distributor 수주량
- $WIO_t$  : Wholesaler 수주량
- $COR_t$  : 고객 주문량
- $FPR_t$  : Factory 생산량
- $DOP_t$  : Distributor 주문량
- $WOP_t$  : Wholesaler 주문량
- $ROP_t$  : Retailer 주문량
- $FBL_t$  : Factory 결품량
- $DBL_t$  : Distributor 결품량
- $WBL_t$  : Wholesaler 결품량
- $RBL_t$  : Retailer 결품량
- $FINV_t$  : Factory 재고량
- $DINV_t$  : Distributor 재고량
- $WINV_t$  : Wholesaler 재고량
- $RINV_t$  : Retailer 재고량

최종 고객(end customer)의 수요는 공급 사슬의 현실성을 고려하여 확정적(deterministic) 수요 대신에 확률적(stochastic) 수요를 가정하며  $D_t = \mu + \rho D_{t-1} + \epsilon_t$ ,  $|\rho| < 1$ 인 AR(1) 모델을 사용한다.  $D_t$ 는 시점  $t$ 에서의 수요,  $\mu$ 는 음수가 아닌 상수,  $\epsilon_t$ 는 평균이 0이고 분산이  $\sigma^2$ 인 독립적이고 동일한 정규분포를 따르는 오차항을 의미하고,  $\rho$ 는 1차 자기상관계수(autocorrelation coefficient)이다.

각 티어의 기대 수요는  $ED_t = \theta \cdot IO_{t-1} + (1-\theta) \cdot ED_{t-1}$ 로 가정하며,  $ED_t$ 와  $ED_{t-1}$ 는 시점  $t$ 와  $t-1$ 의 기대 수요이고,  $IO_{t-1}$ 는 시점  $t-1$ 에서 접수된 주문인 수주량을 의미한다. 각 티어의 기대 수요는 다운스트림 티어의 주문량과 현재 티어의 예측 수요량을 합하여 계산하며  $\theta$ 값이 클수록 다운스트림 티어에서 요청한 수주량의 중요도가 커지고 불확실성을 포함하고 있는 예측 수요의 비중이 작아진다.

공급 사슬의 각 단계에서 다음 단계로 주문(정보)과 발주(수량)가 이동하는 시간은 1 단위 기간(period, week)이며, Factory에서의 제품 생산 시간은 원자재의 납품을 고려하여 3주로 가정한다. 생산 용량(capacity)은 무한대로 가정하고 각 단계는 하나의 재고 지점을 가진다고 가정한다. 요청된 주문량은 취소되지 않으며 남은 재고도 반품되지 않는 것으로 가정한다.

공급 사슬의 총재고비용(TIC)은 다음의 식 (1)와 같이 표현된다.

$$\sum_{i=1}^n (BLC(\sum_{i=1}^m BL_{t,i}) + HIC(\sum_{i=1}^m INV_{t,i})) \quad (1)$$

식 (1)의 총재고비용은 전체 기간 동안의 결품비용(BLC)과 재고유지비용(HIC)의 합으로 계산되며, 결품비용은 고객에게 제품을 팔 수 있는 기회와 신뢰를 상실하는 것이기 때문에 재고유지비용보다 높게 책정된다. 식 (1)의  $BL_{t,i}$ 는 시점 t에서 티어 i의 결품량을 의미하고,  $INV_{t,i}$ 는 재고량을 의미한다.

공급 사슬의 각 티어에서 재고를 보충하기 위한 일반적인 전략은 order-up-to-level 재고 정책이며, order-point order-quantity (s, Q) 시스템, order-point order-up-to-level (s, S) 시스템, periodic-review order-up-to-level (R, S) 시스템 및 (R, s, S) 시스템이 여기에 속한다(Silver et al., 1998). 본 논문은 각 티어의 재고 보충 전략으로 periodic-review order-up-to-level (R, S) 정책을 사용하며, 이 정책은 주기(R)마다 각 티어의 재고를  $\max(0, S - INV_{t,i})$ 만큼 주문한다.

공급 사슬에서 정보의 품질 수준은 다음과 같은 2가지를 고려한다.

QL A: 다운스트림 티어의 주문량에 대한 히스토리 데이터를 보유하고 있다. 그러므로 주문량 평균( $\bar{D}$ )과 주문량 표준편차( $S_D$ )를 계산하여 사용할 수 있다. 업스트림 티어와의 리드타임에 대한 히스토리 데이터를 보유하지 못하지만 리드타임의 평균( $\bar{L}$ )은 알고 있다. 각 티어에서 사용되는 periodic-review order-up-to-level (R, S) 정책의 S는 식 (2)으로 표현된다(권오경, 2010; Chatfield, 2004).

$$S = \bar{X} + z s_X \quad (2)$$

리드타임 동안의 수요 평균  $\bar{X}$ 와 표준편차  $s_X$ 는 식 (3)와 식 (4)로 표현된다.  $\bar{D}$ 는 다운스트림 티어의 주문 평균이고  $s_D$ 는 주문에 대한 표준편차를 의미한다.

$$\bar{X} = (\bar{L} + R) \bar{D} \quad (3)$$

$$s_X = s_D \cdot \sqrt{(\bar{L} + R)} \quad (4)$$

QL B: 다운스트림 티어의 주문량에 대한 히스토리 데이터를 보유하고 있다. 그러므로 주문량 평균( $\bar{D}$ )과 분산( $S_D$ )을 계산하여 사용할 수 있다. 업스트림 티어와의 리드타임에 대한 히스토리 데이터를 보유하고 있다. 그러므로 리드타임에 대한 평균( $\bar{L}$ )과 표준편차( $S_L$ )를 계산하여 사용할 수 있다.

QL B의 리드타임에 대한 평균( $\bar{L}$ )과 표준편차( $S_L$ ) 정보를 이용하여 리드타임 동안의 주문에 대한 표준편차는 식 (5)으로 구할

수 있다.

$$s_X = s_D \cdot \sqrt{(\bar{L} + R)} + \bar{D} \cdot s_L \quad (5)$$

공급 사슬의 최적화를 위한 모델은 다음은 <그림 4>와 같이 성할 수 있다.

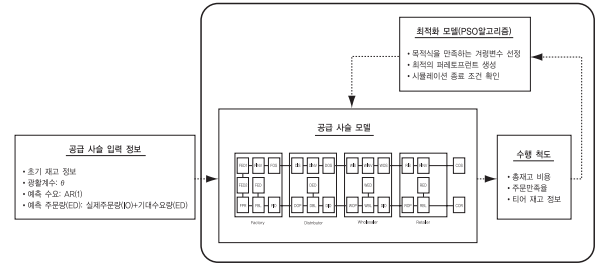


그림 4. 공급 사슬 최적화 프로세스

<그림 4>에서 공급 사슬의 입력 정보는 초기 재고 정보, 각 티어의 예측 주문 정보, 고객주문 정보, 리드타임 정보, 품질 수준 정보 등으로 구성된다. 공급 사슬 모델에서는 공급 사슬의 입력 정보를 이용하여 각 결정변수들에 대한 목적식 값을 구한다. 공급 사슬 모델은 주어진 조건에 따른 수행척도 값만을 계산하며 최적해는 알 수 없다.

최적화 모델은 PSO 알고리즘을 사용하여 새로운 목적식 값을 구하고, 목적식을 만족하는 최적의 파레토 후보 집합을 생성시킨다. 또한 시뮬레이션의 종료 조건을 고려한다.

PSO 기법은 Eberhart & Kennedy (1995)에 의해 처음으로 소개되었고, 자연선택의 진화 과정을 모방하는 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm: GA)과는 다르게 새와 물고기들이 행하는 생체군집의 사회적 행동 양식을 바탕으로 한다. 결정변수를 입자(particle)로 표현하고 결정변수의 전체 모집단(population)을 집단(swarm; 무리)으로 표현한다(Eberhart & Kennedy, 1995; 강석호 & 김승, 2008; 박경중, 2010a).

PSO 기법에서 N개의 입자를 가진 모집단의 결정변수  $X_n^{(t+1)}$ 은 다음 세대의 위치를 결정하는 속도(velocity)를 가진다.  $X_n^{(t+1)}$ 은 t+1세대의 n번째 입자의 벡터 값을 의미한다. 각 입자의 위치(location)는 식 (6) 또는 (7)로 표현된다(Julio et al., 2005).

$$X_n^{(t+1)} = X_n^{(t)} + V_n^{(t)} \quad (6)$$

$$X_n^{(t+1)} = X_n^{(t)} + \chi V_n^{(t)} + \epsilon^{(t)} \quad (7)$$

식 (6)은  $t$ 세대에서 위치와 속도를 이용하여  $t+1$ 세대의 각 입자의 위치를 구하는 가장 일반적인 식이다.  $V_n^{(t)}$ 는  $t$ 세대에서의  $n$ 번째 입자의 이동 속도를 의미한다. 식 (6)은 다음 세대의 개체로 이동할 때 입자의 위치와 속도를 미세하게 조절하도록 식 (7)로 변경하여 사용되기도 한다. 식 (7)의  $\chi \in [0, 1]$ 은 속도의 크기를 제어하는 제약 인자(constriction factor)이다.  $\chi$ 가 0에 가까워지면 다음 세대로 이동하는 입자의 속도가 느려짐을 의미한다. 식 (7)의  $\epsilon^{(t)}$ 은  $t$ 세대의 격동 인자(turbulence factor)로 작은 확률적인 동요(stochastic perturbation)를 의미하며, 입자가 지역 최적해에 빠지지 않도록 현재의 위치에서 결정 공간을 더 넓게 탐색하도록 하는 역할을 수행한다. 식 (7)과 같은 효과를 내기 위해 별도로 식 (8)와 같이 격동 인자(Fieldsend & Singh, 2002)  $R''$ 를 포함하여 사용하기도 한다(Mostaghim & Teich, 2003).

$$X_n^{(t+1)} = R^{(t)} X_n^{(t)} \quad (8)$$

식 (8)의 격동 인자는 모집단에서 각 입자의 위치를 갱신하기 위해 사용되며, 진화 알고리즘의 교배 연산자(mutation operator)와 비슷한 역할을 하고 각 입자의 현재 위치에 랜덤 값을 더하여 계산된다(Mostaghim & Teich, 2003). 각 입자의 속도는 식 (9)을 이용하여 계산한다.

$$v_{nk}^{(t+1)} = wv_{nk}^{(t)} + c_1 r_1 (P_{nk} - x_{nk}^{(t)}) + c_2 r_2 (G_{nk} - x_{nk}^{(t)}) \quad (9)$$

각 입자의 속도  $v_{nk}^{(t+1)}$ 은 개인 최적값  $P_{nk}$ 와 전체 최적값  $G_{nk}$ 인 가이드 지표를 향해 진행하도록 갱신된다.  $v_{nk}^{(t+1)}$ 은  $t+1$ 세대에서  $n$ 번째 입자의  $k$ 번째 요소(component)의 속도를 의미한다.  $P_{nk}$ 는 각 입자에 의해 발견된 현재까지의 개인 최적값이고,  $G_{nk}$ 는 입자들이 정보 공유와 탐색을 더 많이 하도록 전체 모집단에서 발견한 전체 최적값이다.  $r_1$ 과  $r_2$ 는 일양분포  $[0, 1]$  사이의 랜덤 변수이고, 가속상수  $c_1$ 과  $c_2$ 는 개인 최적값과 전체 최적값의 효과를 조절한다.

식 (9)에서 속도 값이 너무 크면 입자가 최적해의 위치를 벗어날 수 있고, 반대로 속도가 너무 작을 때는 가능해 영역을 충분히 탐색하지 못하는 경우가 발생할 수 있기 때문에 속도의 크기를 적절하게 조절하는 것이 필요하다. 관성하중을 나타내는 파라미터  $w$ 가 그 역할을 하며 속도의 크기를 제한한다. 큰  $w$ 는 전역 탐색 능력을 강화시켜 주고 작은  $w$ 는 지역 탐색 능력을 강화시켜준다.

PSO 최적화를 수행하기 위해 필요한 결정변수의 모집단은 <표 1>과 같이 구성된다.

<표 1>은 PSO 최적화 과정에서 목적식을 계산하기 위해 사용된다. 이 값들은 시뮬레이션 시작시에 가능해 범위에서 랜덤으로

표 1. 공급 사슬 모델의 PSO 모집단

FPD2	FPR	FPD1	FINV	FBL	FED	FIO	FOS	DOP	DIS	DINV	DBL	DED	DIO	DOS	WOP
8	8	8	12	0	8	8	8	8	8	12	0	8	8	8	8
WIS	WINV	WBL	WED	WIO	WOS	ROP	RIS	RINV	RBL	RED	RIO	ROS	COR	$\theta$	
8	12	0	8	8	8	8	8	12	0	8	8	0	8	0.25	

선택되거나 0으로 고정된다. 초기에 설정된 값들은 최적화 과정과 파레토 프런트의 생성을 통해 더 좋은 해로 변경된다. 그러므로 <그림 4>와 <표 1>를 이용하여 전체 최적화 프로세스를 수행할 수 있고, 공급 사슬에서 정보의 품질 수준과 초기 재고 조건을 고려한 총재고비용의 최소화, 주문만족율의 최대화 등을 구현할 수 있다.

#### 4. 결과 분석

최종 고객의 수요를 나타내는 AR(1) 모델은  $\rho = -0.6$ ,  $\mu = 100$ ,  $\epsilon_t$ 는  $\sigma = 10$ 인 정규분포  $N(0, \sigma^2)$ 로 가정한다. 각 티어의 재고 변동 범위는  $[0, 20]$ , 수요 예측을 위한  $\theta$ 값의 변동 범위는  $[0, 1]$ , 모집단의 크기는 200, 세대 수는 100으로 설정한다. 정보 리드 타임은 없고 제품 리드 타임은 각 티어별로 평균이 3이고 분산이 1인 정규분포를 가정한다. 전체 시뮬레이션 기간은 600단위 기간이며, 200 단위 기간은 warm-up 기간으로 간주하여 제거한다.

(R, S) 재고 정책에서 각 티어의 재고를 관찰하는 주기 R은 1이며 order-up-to-level S의 서비스 수준(service level)을 95%로 하여 안전 계수(safety factor)  $z$ 값 1.65를 사용한다.

PSO 기법의 파라미터 값은 일반적으로 사용되는 기준을 이용한다(Mostaghim & Teich, 2003; Julio et al, 2005). 가속상수  $c_1$ 과  $c_2$ 는 1이고 관성하중  $w$ 는 0.4로 설정한다. 제약 인자  $\chi$ 는 1이고 격동 인자  $\epsilon^{(t)}$ 는 0으로 설정한다. 모집단의 입자  $X_n$ 과 속도  $V_n$ 은 결정변수의 값이 가질 수 있는 범위 내에서 랜덤으로 초기화한다.

첫 번째 실험은 다운스트림 티어에서 오는 주문 데이터에 대한 히스토리와 리드타임의 평균을 알고 있는 IQL A를 반영하여 공급 사슬의 초기 조건을 결정하는 것이다. <그림 5>와 <그림 6>은 최적화를 수행하기 전과 수행한 후의 총재고비용과 주문만족율의 파레토 프런트를 보여준다.

<그림 5>에서 최적화를 수행하기 전의 총재고비용은 [4735607, 16326540] 구간의 값을 가지며, 주문만족율은 [0.5225, 0.5525] 구간의 값을 가진다. 총재고비용의 평균은 10,014,216이고 주문만족율의 평균은 0.536이다. <그림 12>에서



최적화를 수행한 후의 총재고비용은 [590581, 22074611] 구간의 값이고, 주문만족율은 [0.495, 0.7775] 구간의 값을 가진다. 총재고비용의 평균은 4,267,272이고 주문만족율의 평균은 0.66이다.

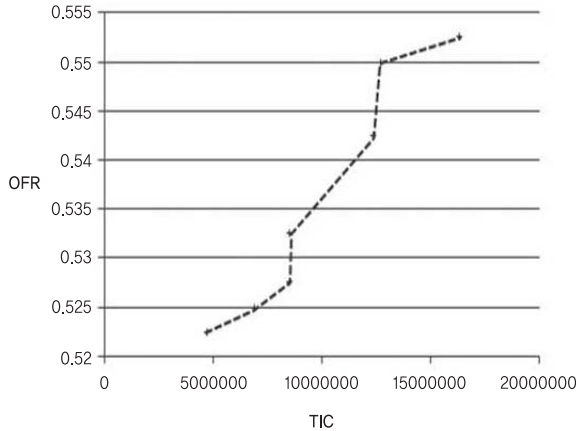


그림 5. 최적화 수행전의 파레토 프런트(IQL A)

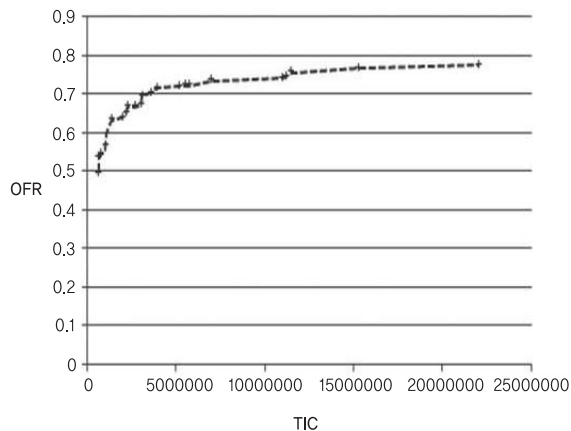


그림 6. 최적화 수행 후의 파레토 프런트(IQL A)

〈그림 5〉와 〈그림 6〉를 비교하면 최적화를 수행하기 전에는 가장 작은 총재고비용이 4,735,607 이지만 최적화를 수행한 후에는 총재고비용이 590,581로 매우 감소했으며 감소비율도 평균값을 기준으로 하면 57.4%가 향상된다. 최적화를 수행하기 전의 주문만족율의 최대값은 0.5525이지만 최적화를 수행한 후에는 0.775로 향상됨을 알 수 있다. 즉, 최적화를 수행하면 총재고비용은 작아지고, 주문만족율은 커지는 방향으로 이동하여 목적식을 만족한다. 최적화 수행 후의 총재고비용과 주문만족율의 구간이 최적화 수행 전의 구간보다 넓은 이유는 파레토 최적화의 기본 개념이 다목적식을 만족시키면서 다양한 해를 얻는 것이기 때문이다.

다음의 〈표 2〉는 최적화 수행 전의 총재고비용이 가장 작은 〈그림 5〉와 최적화를 수행한 후의 총재고비용이 가장 작은 〈그림

6〉의 결정변수 값을 보여준다. 최적화 전의 각 티어의 예측 수요를 계산하는데 사용되는 평활계수  $\theta$ 값은 0.1에서 최적화 후에 0.005로 변경되었고, 다른 결정변수 값들도 최적화가 진행되면 적절한 값으로 변경됨을 알 수 있다.

표 2. 최적화 전과 후의 결정변수 값

결정변수	최적화 전	최적화 후 (IQLA)	결정변수	최적화 전	최적화 후 (IQLA)
$\theta$	0.1	0.005	DOS	18	8
COR	2	17	DIO	5	15
ROS	13	15	DED	10	19
RIO	16	16	DBL	12	9
RED	15	7	DINV	12	6
RBL	6	13	DIS	20	16
RINV	12	14	DOP	19	7
RIS	13	17	FOS	14	9
ROP	11	8	FIO	7	11
WOS	12	11	FED	13	10
WIO	7	11	FBL	16	10
WED	18	9	FINV	9	10
WBL	11	15	FPD1	14	15
WINV	17	12	FPR	13	17
WIS	3	13	FPD2	12	10
WOP	16	15			

다음은 주문 데이터에 대한 히스토리와 리드타임 데이터에 대한 히스토리를 알고 있는 IQL B를 고려하여 초기 조건을 최적화한 결과를 평가한다. 〈그림 7〉은 최적화 수행 전의 파레토 프런트를 나타내고 〈그림 8〉은 최적화 수행 후의 파레토 프런트를 설명한다.

〈그림 7〉에서 최적화를 수행하기 전의 총재고비용은 구간 [13379557, 28041558]에서 움직이고 평균은 20,345,131이다. 주문만족율은 구간 [0.525, 0.555]에서 움직이고 평균은 0.536이다. 〈그림 8〉에서 최적화 수행 후의 총재고비용은 구간 [1306099, 37994506]에서 움직이고 평균은 8,312,250이다. 주문만족율은 구간 [0.505, 0.778]에서 움직이고 평균은 0.685이다. 총재고비용은 최적화 수행 전의 평균이 20,345,131이었지만 최적화 수행 후에는 8,312,250으로 줄어들어 감소율이 59%이다. 주문만족율은 최적화 수행 전의 평균 0.536에서 최적화 수행 후의 평균 0.686으로 증가하였고 증가율은 28%이다.

정보의 품질 수준 IQL A와 IQL B는 최적화를 수행하기 전의 파레토 프런트보다 최적화를 수행한 후의 파레토 프런트의 값이 더 다양하게 얻어진다. 총재고비용은 감소하는 방향으로 진행되고 주문만족율은 증가하는 방향으로 진행되어 적절한 최적화 과



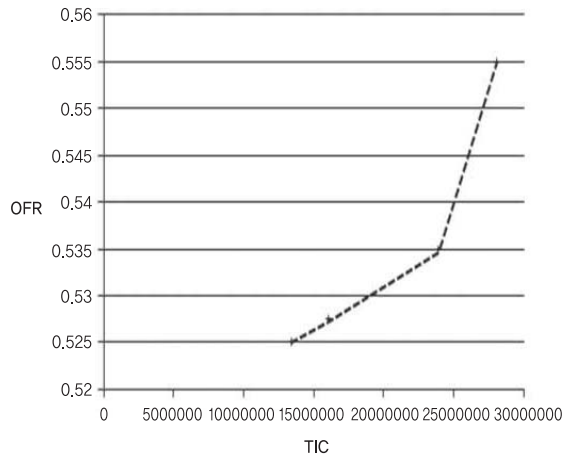


그림 7. 최적화 수행 전의 파레토 프런트(IQL B)

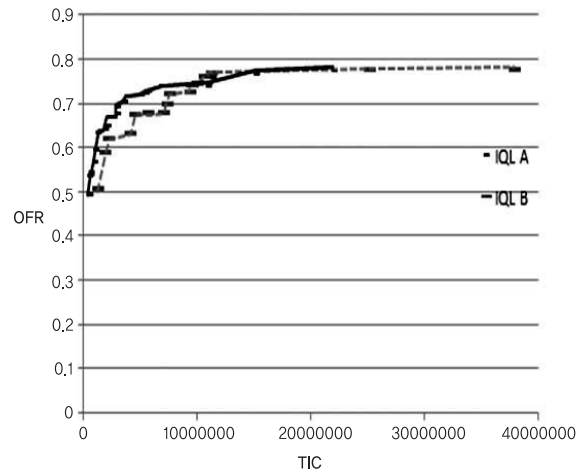


그림 9. 정보의 품질 수준에 따른 최적화 결과

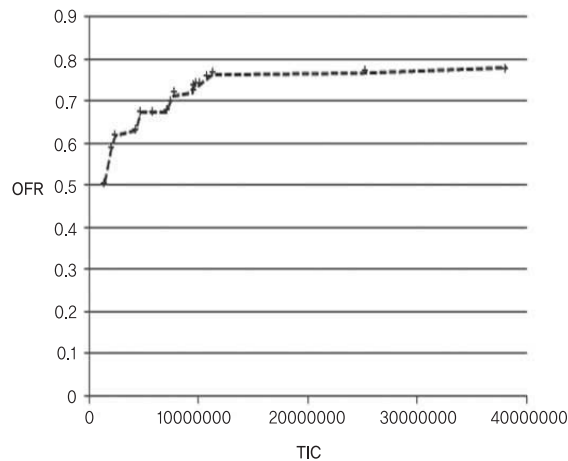


그림 8. 최적화 수행 후의 파레토 프런트(IQL B)

정이 진행됨을 알 수 있다.

다음은 정보의 품질 수준 IQL A와 IQL B가 최적화에 주는 의미를 분석한다. <그림 9>는 정보의 품질 수준이 달라질 때 200개의 모집단에 대한 총재고비용과 주문만족율에 대한 파레토 프런트를 보여준다.

정보의 품질 수준 IQL A를 사용한 경우의 총재고비용은 구간 [590580, 22074611]에서 형성되고 주문만족율은 구간 [0.495, 0.7775] 사이에서 형성된다. 총재고비용의 평균은 4,267,272이고 주문만족율의 평균은 0.6601이다. 정보의 품질 수준 IQL B를 사용한 경우의 총재고비용은 구간 [1306099, 37994506]에서 형성되고 주문만족율은 구간 [0.505, 0.7775] 사이에서 형성된다. 총재고비용의 평균은 8,312,250이고 주문만족율의 평균은 0.685이다.

IQL A와 IQL B를 고려하여 초기 조건을 최적화 한 경우의 비교는 200개의 모집단을 분산분석을 이용해 평가한다. <표 3>과 <

표 4>는 유의수준  $\alpha=0.05$ 일 때의 총재고비용과 주문만족율에 대한 분산분석 결과이다.

표 3. 총재고비용에 대한 분산분석표

변동 요인	제곱합	자유도	제곱 평균	F 비	P-값	F 기각치
처리	1.64 E+15	1	1.64 E+15	46.04803	4.2E-11	3.864929
잔차	1.41 E+16	398	3.55 E+13			
계	1.58 E+16	399				

표 4. 주문만족율에 대한 분산분석표

변동 요인	제곱합	자유도	제곱 평균	F 비	P-값	F 기각치
처리	0.062438	1	0.062438	10.14053	0.001565	3.864929
잔차	2.450574	398	0.006157			
계	2.513012	399				

<표 3>의 총재고비용에 대한 분산분석표는 유의수준  $\alpha$ 가 p값보다 작기 때문에 IQL A와 IQL B는 유의한 차이가 있다고 설명된다. IQL A의 총재고비용의 평균 4,267,272이 IQL B의 총재고비용의 평균 8,312,250 보다 작기 때문에 IQL A가 IQL B보다 더 좋은 효율을 보여준다.

<표 4>의 주문만족율에 대한 분산분석표는 유의수준  $\alpha$ 가 p값보다 작기 때문에 IQL A와 IQL B는 유의한 차이가 있다. IQL B의 주문만족율의 평균 0.685가 IQL A의 주문만족율의 평균 0.660

보다 크기 때문에 IQL B가 IQL A보다 더 좋은 효율을 보여준다.

〈표 5〉는 IQL A를 고려한 초기 조건에 대한 최적화를 수행하여 총재고비용이 가장 작을 때의 결정변수 값과 IQL B를 고려한 초기 조건에 대한 최적화를 수행하여 주문만족율이 가장 클 때의 결정변수 값이다. 각각의 결정변수 값들은 목적식의 조건에 따라 결정됨을 알 수 있고 무조건 작은 값이나 무조건 큰 값이 선택되지 않음을 알 수 있다.

표 5. 총재고비용(IQL A)과 주문만족율(IQL B)의 결정변수 값

결정 변수	IQL A (TIC)	IQL B (OFR)	결정 변수	IQL A (TIC)	IQL B (OFR)
$\theta$	0.005	0.001	DOS	8	8
COR	17	14	DIO	15	6
ROS	15	14	DED	19	15
RIO	16	14	DBL	9	7
RED	7	1	DINV	6	7
RBL	13	13	DIS	16	14
RINV	14	4	DOP	7	9
RIS	17	16	FOS	9	15
ROP	8	14	FIO	11	4
WOS	11	7	FED	10	17
WIO	11	10	FBL	10	13
WED	9	13	FINV	10	14
WBL	15	15	FPD1	15	11
WINV	12	15	FPR	17	2
WIS	13	9	FPD2	10	15
WOP	15	9			

결론적으로 최적화 전략을 사용하면 최적화를 수행하지 않을 때 보다 총재고비용과 주문만족율이 더 우월한 결과를 보여준다. 즉, 본 연구에서 제시한 최적화 과정이 총재고비용을 감소시키면서 동시에 주문만족율을 높여주는 초기 재고 조건을 효율적으로 찾아냄을 알 수 있다. 고려되는 정보의 품질 수준 IQL A와 IQL B 전략 사이의 차이를 보면, 총재고비용 측면에서는 IQL A가 IQL B보다 더 좋은 결과를 보여주고 주문만족율 측면에서는 IQL B가 IQL A보다 더 좋은 결과를 보여준다.

## 5. 결론 및 추후 연구 과제

공급 사슬은 초기 재고 조건과 각 티어에서 제공되는 정보의 품질 수준에 따라서 영향을 받는다. 그러나 기존의 연구에서는 공급 사슬의 초기 조건에 따라 발생하는 채찍 효과의 영향과 이것을 줄이기 위한 방안들을 연구했지만 공급 사슬의 초기 조건과 정보

의 품질 수준을 고려한 연구는 진행되지 못했다.

그러므로 본 연구에서는 정보의 품질 수준을 고려하면서 초기 조건을 자동으로 조정하여 공급 사슬을 총재고비용과 주문만족율 측면에서 최적화시키는 기법을 제시하였다.

실험 결과를 보면 본 연구에서 제시한 최적화 과정이 최적화를 수행하기 전 보다 총재고비용(IQL A: 10,014,216 < 4,267,272; IQL B: 20,345,131 > 8,312,250)과 주문만족율(IQL A: 0.536 < 0.66; IQL B: 0.536 < 0.685)이 더 우월한 결과를 보여준다. 즉, 제시한 최적화 과정이 총재고비용을 감소시키면서 동시에 주문만족율을 높여주는 초기 재고 조건을 효율적으로 찾아냄을 알 수 있다. 고려되는 정보의 품질 수준 IQL A와 IQL B 전략 사이의 차이를 보면, 총재고비용 측면에서는 IQL A가 IQL B보다 더 좋은 결과(4,267,272 < 8,312,250)를 보이고 주문만족율 측면에서는 IQL B가 IQL A보다 더 좋은 결과(0.660 < 0.685)를 보여준다.

본 연구에서는 다운스트림 티어에서 온 주문량 정보와 업스트림 티어에서 오는 리드타임 정보를 고려하고 총재고비용과 주문만족율을 동시에 최적화시키는 공급 사슬의 초기 재고 조건을 찾았다. 그러나 공급 사슬에서 정보의 품질은 여러 가지 요인에 영향을 받기 때문에 추후 연구에서는 각 티어별로 정보의 품질 수준이 달라지는 경우를 실험하고자 한다.

## 참고 문헌

- [1] 강석호, 김승(2008), Particle 2-Swarm Optimization for Robust Search, *경영정보논총*, 제18권, 제1호, pp. 1-10.
- [2] 권오경(2010), *공급사슬관리*, 박영사.
- [3] 박경종(2010a), PSO 알고리즘의 탐색 가능 영역 조정을 위한 새로운 기법, *한국SCM학회지*, 제10권, 제2호, pp. 101-108.
- [4] 박경종(2010b), 공급 사슬의 초기 상태가 총재고비용에 미치는 영향, *한국SCM학회지*, 제10권, 제1호, pp. 191-198.
- [5] 박경종(2009), 고객 수요가 공급 사슬의 총비용과 주문만족율에 미치는 영향, *산업경영시스템학회지*, 제32권, 제3호, pp. 93-98.
- [6] Chatfield, D. C., Kim, J. G., Harrison, T. P., and Hayya, J. C.(2004), The Bullwhip Effect- Impact of Stochastic Lead Time, Information Quality, and Information Sharing: A Simulation Study, *Production and Operations Management*, Vol. 13(4), pp. 340-353.
- [7] Eberhart, R. and Kennedy, J.(1995), A New Optimizer

- Using Particles Swarm Theory, *Proceedings of Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science*, pp. 39-43.
- [8] Fieldsend, J. E. and Singh, S.(2002), A Multi-Objective Algorithm based upon Particle Swarm Optimisation, and Efficient Data Structure and Turbulence, *In The 2002 U.K. Workshop on Computational Intelligence*, pp. 34-44.
- [9] Forrester, J. W.(1958), Industrial Dynamics-A Major Breakthrough for Decision Making, *Harvard Business Review*, Vol. 36(4), pp. 37-66.
- [10] Julio, E. A., Everson, R. M., and Fieldsend, J. E.(2005), A MOPSO Algorithm Based Exclusively on Pareto Dominance Concepts, *Evolutionary Multi-Criterion Optimization*, pp. 1-15.
- [11] Lau, R. S. M., Xie, J., and Zhao, X.(2008), Effects of Inventory Policy on Supply Chain Performance: A Simulation Study of Critical Decision Parameters, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 55, pp. 620-633.
- [12] Lee, H. L., Padmanabhan, V., and Whang, S.(1997), Information Distortion in the Supply Chain: the Bullwhip Effect, *Management Science*, Vol. 43(4), pp. 546-558.
- [13] Mahnam, M., Yadollahpour, M. R., Famil-Dardashti, V., and Hejazi, S. R.(2009), Supply Chain Modeling in Uncertain Environment with Bi-objective Approach, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 56, pp. 1535-1544.
- [14] Minderhoud, S. and Fraser, S.(2005), Shifting Paradigms of Product Development in Fast and Dynamics Markets, *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 88, pp. 127-135.
- [15] Mostaghim, S. and Teich, J.(2003), Strategies of Finding Good Local Guides in Multi-Objective Particle Swarm Optimization(MOPSO), *IEEE 2003 Swarm Intelligence Symposium*, pp. 26-33.
- [16] Park, K. J.(2009), Effect of Initial Conditions of Beer Game in a Supply Chain, *The 5th International Congress on Logistics and SCM Systems(ICLS2009)*, pp. 156-162.
- [17] Silver, E. A., Pyke, D. F., and Peterson, R.(1989), Inventory Management and Production Planning and Scheduling, 3rd Edition, John Wiley & Sons, pp. 237-241.
- [18] Strozzi, F., Bosch, J., and Zaldivar, J. M.(2007), Beer Game Order Policy Optimization under Changing Customer Demand, *Decision Support Systems*, Vol. 42, pp. 2153-2163.
- [19] Thomson, J. S., Mosekilde, E., and Sterman, J. D.(1991), Hyperchaotic Phenomena in Dynamic Decision Making, *Complexity, Chaos, and Biological Evolution*, pp. 397-420, New York.
- [20] Zhang, C. and Zhang, C.(2007), Design and Simulation of Demand Information Sharing in a Supply Chain, *Simulation Modelling Practice and Theory*, Vol. 15, pp. 32-46.



### 박 경 중

한양대학교 산업공학과 학사

한양대학교 산업공학과 석사

한양대학교 산업공학과 박사

현재: 광주대학교 경영학과 부교수

관심분야 : 시뮬레이션 최적화, sSCM,  
PSO, Smart Grids 등



## 물류서비스품질의 인식의 차이에 대한 비교연구

장팔선<sup>†</sup>

<sup>\*</sup>(주)플로우비즈

## A Comparative Study on the Perception Difference of Logistics Service Quality

Palseon Jang<sup>†</sup>

<sup>\*</sup>FLOWBIZ

Service quality has become a primary concern and criterion recently to assess the competence of logistics service providers. However, most companies have little understanding of logistics service quality, and development of a Logistics Service Quality Index (LSQI) is at an early stage. The purpose of this study is to develop LSQI for the logistics market and to verify the possibility of generalization. Using the developed indices, a comparative study also was done to measure expectations of service quality and performance perceptions between shippers and logistics service providers and between 2PL shippers and 3PL shippers. The result shows that LSQI can be used and generalized in most industries. Also, shippers and logistics services providers regard logistics service quality as quite important. There was little difference on the expectation of service quality between shippers and logistics service providers, or between 2PL shippers and 3PL shippers. As for performance perception, there were differences between shippers and logistics service providers, while there was little difference between 2PL shippers and 3PL shippers.

**Keywords:** SERVQUAL, Logistics Outsourcing, Logistics Service Provider, LSQI

### 1. Introduction

According to a survey by the Korea International Trade Association, the rate of 3PL usage of Korean shippers has increased gradually in recent years: 38.8% in 2006; 42.2% in

2007; and 46.1% in 2008. The 3PL outlook surveyed by Logistics Management (2008.6) and eyefortransport (2008.9) predicts that global logistics market will continue to grow. The market expansion has led to more complex and varied customer demands on logistics services providers. Choosing a 3PL is based on best service, lowest cost, and relevant sector

<sup>†</sup> Corresponding Author : 136-034, 2F, Dongsomundong 4ga 272, Seongbuk-gu, Seoul, Korea.

Tel : 82-2-548-1696 E-mail: leojang0708@hanmail.net

<sup>\*</sup> 2011년 1월 28일 투고, 4월 22일 수정본 접수, 5월 6일 게재 확정.

expertise. Contracts are not renewed due to poor service, inefficient management at the 3PL, and cheaper price from a different 3PL (eyefortransport, 2008.9).

It is time to consider logistics service quality, beyond cost saving and functional outsourcing. In reality, some shippers consider not only selection of 3PL but also logistics service quality after the contract. CLO(Chief Logistics Office) of major Korean companies have more focused on logistics service not cost saving and they believe that logistics service quality leads to sales increases(Korea Logistics News, 2008.10) Accordingly, in-depth research is needed to study and evaluate logistics service quality from the shipper's point of view. In addition, development of a Logistics Service Quality Index (LSQI) is at an early stage. The purpose of this study is to develop LSQI for the logistics market and to verify the possibility of generalization. A comparative study on the perception of logistics service quality between shippers and logistics service providers and between 2PL shippers and 3PL shippers also was done. In conclusion, this study will offer the guidance and direction for future research.

## 2. Literature Review

### 2.1 Service Quality

Service quality perception results from a comparison of consumer expectations with actual service performance. (Sasser, Olsen and Wyckoff, 1978; Lehtinen and Lehtinen, 1982; Grönroos, 1982; PZB, 1988; Bolton and Drew, 1991) Grönroos(1982) insisted that service quality consists of technical quality and functional quality, the latter being more important. Parasuraman, Zeithaml and Berry(1985, hereafter referred to as PZB) claimed that consumer perception of service quality is affected by quality gaps due to the poor service quality and that perceived service quality is a Gap function between customer's expectation and their perception on actually performed service.(Gap Model) PZB(1988, 1991) devised SERVQUAL, which consists of 22 items along 5 dimensions, to measure consumer perceptions of service quality. Since then, many researchers have applied the scales to measure service quality in various fields.

### 2.2 Logistics Service Quality

Through empirical study, Lalonde and Zinszer(1976) proved that the definition of logistics service is different from each industry. Christopher et al.(1979) defined logistics service as "system to connect time continuously between order receipt and goods receipt to meet customer's requirement from the long term perspective." Mentzer, Gomes, Krapfel(1989) claimed that service delivery consists of marketing customer service and physical distribution, which complement each component. Mentzer, Flint, Hult (2001) viewed physical distribution as the basis of logistics service. Brensing and Lambert(1990) added logistics attributes to SERVQUAL and proved that it is applicable to logistics services. Stock and Lambert(2001) asserted that logistics service is related with "Place" in a marketing mix, which is a combination of operation and planning of logistics system and measurement to efficiently manage a logistics system for creating a place and time utility for a product.

So far, most researchers studying logistics service quality have used SERVQUAL for their work. Research to develop a logistics service quality index has been rare. Hopkins et al.(1993) applied SERVQUAL devised by PZB (1991) to the American transportation market and developed 22 items to measure the logistics service. Dabholkar et al. (1996) applied SERVQUAL to the distribution market and developed additional 11 items along five dimensions including existing 17 items: physical aspects, reliability, personal interaction, problem solving, and policy. A logistics service quality index( LSQI) for the logistics market also needs to be developed. An 8-step procedure proposed by Churchill (1979) to measure marketing constructs is mainly used to develop the index. The steps are: 1) Scoping of Constructs, 2) Development of detail index 3) Data gathering, 4) Refinement of index, 5) Data gathering, 6) Evaluation of Reliability, 7) Evaluation of Validity, and 8) Development of Norms. PZB (1988, 1991) developed 22 items along five dimensions, 1) Tangibles, 2) Reliability, 3) Responsiveness, 4) Assurance, and 5) Empathy, to measure SERVQUAL adapting the procedure proposed by Churchill. Bienstock et al.(1997) developed 15 items along three dimensions to measure Physical Distribution Service Quality. It focused on technical quality as in the technical and



functional qualities asserted by Grönroos (1983). Mentzer et al.(1999) applied the procedure of service quality index used by PZB (1985,1988) and Bienstock et al.(1997) to the development of logistics service quality index and developed 25 items along nine dimensions. Rafiq and Jaafar (2007) applied logistics service quality index to 3PL shippers of the United Kingdom. They verified the validity and possibility of generalization into logistics market.

In Korea, most studies on logistics service quality have been done since 2000. (Han-won Shin, 2001; Chang Hoon Shin et al., 2001; Sung-woon Choi, Bong-ki Baek, 2003; Il-su Chon, Seok-jin Hong, 2005; Hye-jung Jung, 2005; Young

Kim, 2005; Hye-jin Kim, 2006; Soon-hoo So, 2006; Kwang-ho Ahn et al., 2008; Yi-suk Park,2008) Chang Hoon Shin et al.(2001) developed 25 items along five dimensions. The study has limits to generalization because they only focused on delivery service. However, the study is meaningful because it was done in the early stage of the 3PL market in Korea. Chang Hoon Shin et al.(2006) developed 38 items along five dimension to measure service quality of container terminal. They proposed that different service quality index can be applied from each industry apart from the dimensions devised by PZB(1988). Ki-du Kang et al.(2008) developed 124 items along 12 dimensions to measure logistics service quality, but

Table 1. Preliminary research of Logistics Service Quality

Researcher	Item
Lalonde, Bernard J(1985)	Product Availability, Order Cycle time, Distribution system flexibility, Distribution system information, Distribution system trouble, Post-sales product management
PZB(1985), Shirley et al.(1993), Theodore P. Stank(2003)	Tangibles, Reliability, Responsiveness, Assurance, Empathy
Leahy et al.(1995) Menon, M.K., McGinnis, M.A., Ackerman, K.B. (1998)	Timeliness of Information, Customized Logistics Service, Low product damage, Financial stability of service provider, Reliable Service, Emergency response measures, Variability of Service, Specialty
Bienstock, Mentzer, and Bird(1997)	Timeliness, Availability, Condition
Mentzer, Flint and Kent( 1999), Rafiq and Jaafar(2007), Yi-suk Park(2008)	Information Quality, Ordering Procedures, Ordering Release Quantities, Timeliness, Order Accuracy, Order Quality, Order Condition, Order Discrepancy Handling, Personnel Contact Quality
Chang hoon Shin, Il tae Baek, Yul sung Kim(2001)	Tangibles, Timeliness, Responsiveness, Assurance, Communication, Know-how
Sung-woon Choi, Bong-ki Baek (2003)	Responsiveness, Accuracy, Reliability, Empathy, Tangibles
Woon-suk Ahn(2004)	Delivery Quality, Order Quality, Customer Service, Delivery Price
Hye-jung Jung(2005)	Tangibles, Responsiveness, Reliability, Information Quality
Hye-jin Kim(2006)	Tangibles, Timeliness, Responsiveness, Assurance, Communication, Efficiency
Chang Hoon Shin, Min-Seung Choi, Dong-jin Kim (2006)	Tangibles, Responsiveness, Specialty, Reliability, Security
Ki-du Kang, Seung-Ho Ahn, Myung-Ki Chai(2008)	1)Technical Quality: delivery reliability, product quality, logistics cost reduction, lead time, 2)Functional Quality: transportation problem solving, product visibility, customized communication, ease of ordering, 3)Service Quality: material handling capability, IT system capability, specialty of organization, loyalty of organization

they limited their survey to customers. Logistics service providers were excluded. Also, they focused on delivery service, which has limits to generalization.

Most of prior researches in Korea, have focused on B2C areas such as Internet shopping mall, door-to-door logistics service. Some studies of B2B areas also have only focused specific area like transportation. However, this research considered all areas of B2B logistics services such distribution center, transportation service and logistics planning. Also, research reflected the opinion of logistics services providers and defined the difference of service quality between 2PL and 3PL.

### 3. Development of Logistics Service Quality Index

#### 3.1 Development and Refinement of Index

In order to develop a LSQI, we applied the procedure used by Churchill (1979), PZB(1988,1991), Mentzer et al.(1999).

Step 1: Definition of logistics service quality. By combining experts' opinion and preliminary research on the basis of service quality theory proposed by PZB(1985), we defined logistics service quality as "from the customer's perspective, actually performed logistics service quality according to customer expectations in a total logistics process, from procurement, manufacturing, sales to return and recovery of goods, disposal of goods."

Step 2: Referring to existing indices proposed by earlier research on logistics service quality, we developed LSQI, adding indices used by shippers and logistics service providers in Korea. We referred indices of three companies, including two of the top five Korean logistics service providers and one global logistics service provider. Among shippers, we referred indices of three companies, which belong to the food/beverage, home shopping and electronics/electrics industries. Also, we added indices offered by logistics consultants. Through the above process, we developed 44 items along six dimensions, 1) Timeliness, 2) Accuracy, 3) Availability, 4) Reliability, 5) Visibility, and 6) Valuability.

Step 3: In order to acquire validity and reliability of indices,

we screened the indices with logistics professionals. Four of them were in the first screening -- a logistics manager from shipper, a 3PL professional, a professor related to logistics department and a logistics consultant. The second screening, using the results from the first screening, involved 13 professionals. They were: three logistics managers from shippers, three logistics managers from logistics service providers, four logistics consultants, and four professors from logistics department. As shown in table 2, we developed 43 items along six dimensions.

Step 4: We performed a second main survey using the LSQI developed from the above process.(1~3 step) Expectations and perceived performance on service quality were measured. The questions on expectations and perceived performance were applied equally using 43 items of six dimensions. Expectations on service quality were asked of shippers, managers of logistics service providers and logistics experts, but only people in charge of logistics of shippers and logistics service providers were questioned about perceived performance on service quality. They evaluated service quality level that they offer or which gets to be offered. We used a 7 Likert scale from "Strongly disagree(①)" to "Strongly agree(⑦)" The survey was performed from October 21 to November 21. Four hundred surveys were distributed and 305 were collected. Fourteen copies answered improperly were excluded. The total of 291 surveys used for the research consisted of 117 surveys from 71 shippers, 119 from 42 logistics service providers and 55 from institutes and universities related to logistics. The industries and proportion of shippers were: food and beverage (32.2%); electronics and electrics (20.9%); oil and chemicals (16.5%); automobile (8.7%); metal and machine (8.7%); retail (8.7%); and medical supplies (4.3%)

Step 5: We excluded data collected from universities and institutes because they can't answer perceived performance on service quality. We performed Exploratory Factor Analysis (EFA) using 50% of the data extracted randomly from total 236 copies. We created a new variable called "quality (=expectation ? perceived performance)" on the basis of theory proposed by PZB. (1988) The results from EFA are shown in Table 3.

EFA was performed using Principle Component Analysis

Table 2. Logistics Service Quality Index

Dimension	Item
Timeliness	<p>Definition: The criterion to judge if logistics service provider meets the proper time that a customer requires</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Goods should arrive on time that customer ordered.(On time arrival)</li> <li>2. In and out of the products in warehouse should be accomplished on time.</li> <li>3. Transportation time of logistics service provider should be proper.</li> <li>4. Working time per product in warehouse should be proper.</li> <li>5. Periodic report on logistic service should be accomplished.</li> <li>6. Logistics service provider should meet service quality attribute of timeliness generally.</li> </ol>
Accuracy	<p>Definition : The criterion to judge if logistics service provider perceives and performs exactly and accurately the logistics service that a customer requires.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inventory management between information system and actual site should be aligned.(Inventory accuracy)</li> <li>2. Product picking in warehouse should be performed accurately.</li> <li>3. Ordered product not other products should arrive accurately.(Order accuracy)</li> <li>4. Correct quantity of ordered product should arrive.</li> <li>5. Logistics service provider should meet service quality attribute of accuracy generally.</li> </ol>
Availability	<p>Definition: The criterion to judge if logistics service provider complies with the smooth logistics service that a customer requires.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Urgent logistics service that customer requires should be corresponded.</li> <li>2. Multiple logistics service capability should be acquired.</li> <li>3. Acquisition of logistics equipments and facilities should be enough.</li> <li>4. Acquisition of logistics service manpower should be enough.</li> <li>5. Nationwide logistics service network should be enough.</li> <li>6. Sustainable logistics service capability should be acquired.</li> <li>7. Logistics information system should be possible enough to use.</li> <li>8. Countermeasure to customer's claim should be acquired.</li> <li>9. The capability of consulting and knowledge related to logistics should be acquired.</li> <li>10. Logistics service provider should meet service quality attribute of Availability generally.</li> </ol>
Reliability	<p>Definition : The criterion to judge if logistics service provider offers confidence and assurance to customer</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Logistics service provider should acquire specialty related to logistics service.</li> <li>2. Logistics service man should have communication skill with customer.</li> <li>3. Logistics service provider should provide stable service.</li> <li>4. The product shouldn't be damaged..</li> <li>5. Logistics service provider should have financial stability.</li> <li>6. Logistics service provider should have positive reputation.</li> <li>7. Logistics service provider should provide consistent logistics service quality.</li> <li>8. Logistics service provider should have growth potential.</li> <li>9. Logistics service provider should have confidentiality related with sales and business of customer.</li> <li>10. Logistics service provider should meet service quality attribute of Reliability generally.</li> </ol>
Visibility	<p>Definition : The criterion to judge if logistics service provider traces and visualizes the flow of inventory and product through the logistics process</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Logistics service provider should have capability to offer logistics information through IT system.</li> <li>2. The flow of product should be possible to trace.</li> <li>3. The status and quality of inventory should be possible to check on the real time basis.</li> <li>4. Logistics service provider should have corresponding power to order and order change on the real time basis.</li> <li>5. Performance and logistics index should be possible to share on the real time basis.</li> <li>6. Logistics service provider should meet service quality attribute of Visibility generally.</li> </ol>
Valuability	<p>Definition : The criterion to judge if logistics service provider offers valuable logistics service that a customer requires.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Logistics service quality should be valuable.</li> <li>2. Logistics service quality should be productive.</li> <li>3. Inventory level of logistics service provider should be proper.</li> <li>4. Turnover rate of inventory should be proper.</li> <li>5. Logistics service price should be proper.</li> <li>6. Logistics service provider should meet service quality attribute of Valuability generally.</li> </ol>

Table 3. Rotated Component Matrix

Item	Component					
	1	2	3	4	5	6
q5_4	0.690	0.169	0.199	0.166	0.218	0.169
q5_3	0.665	0.232	0.163	0.185	0.293	0.060
q5_6	0.664	0.215	0.230	0.216	0.355	0.116
q5_5	0.629	0.254	0.206	0.249	0.224	0.135
q6_2	0.579	0.256	0.289	0.103	0.437	0.128
q1_5	0.556	-0.031	0.310	0.220	-0.001	0.398
q6_1	0.555	0.280	0.362	0.279	0.318	0.033
q5_2	0.546	0.309	0.088	0.019	0.417	0.100
q5_1	0.535	0.287	0.316	0.099	0.342	0.093
q3_8	0.507	0.345	0.351	0.327	0.084	0.209
q3_1	0.490	0.396	-0.004	0.305	0.156	0.206
q4_1	0.473	0.289	0.452	0.184	0.073	0.267
q3_5	0.066	0.766	0.156	0.162	0.175	0.058
q3_6	0.244	0.653	0.331	0.256	0.139	0.140
q3_4	0.225	0.641	0.220	0.143	0.194	0.307
q3_3	0.274	0.595	0.248	0.203	0.202	0.303
q3_9	0.408	0.560	0.319	0.142	0.035	0.156
q3_7	0.451	0.558	0.260	0.172	0.116	0.130
q3_2	0.419	0.537	0.136	0.325	0.168	0.209
q3_10	0.475	0.500	0.384	0.282	0.170	0.129
q4_10	0.361	0.213	0.633	0.244	0.340	0.173
q4_9	0.400	0.166	0.618	0.228	0.109	0.008
q4_6	0.033	0.379	0.589	0.100	0.261	0.288
q4_2	0.424	0.201	0.571	0.283	0.155	0.189
q4_8	0.286	0.406	0.553	-0.021	0.217	0.067
q4_5	0.023	0.283	0.539	0.171	0.394	0.259
q4_4	0.329	0.251	0.538	0.259	0.315	0.246
q4_7	0.299	0.239	0.483	0.274	0.316	0.134
q4_3	0.471	0.208	0.473	0.190	0.112	0.354
q2_3	0.142	0.217	0.122	0.819	0.169	0.191
q2_4	0.136	0.174	0.211	0.809	0.133	0.110
q2_2	0.107	0.134	0.196	0.704	0.060	0.362
q2_5	0.387	0.165	0.163	0.703	0.121	0.213
q2_1	0.354	0.200	0.082	0.681	0.037	0.208
q6_3	0.285	0.151	0.100	0.226	0.729	0.152
q6_4	0.284	0.099	0.189	0.240	0.728	0.181
q6_5	0.187	0.173	0.310	-0.047	0.637	0.163
q6_6	0.411	0.213	0.347	0.064	0.580	0.202
q1_3	0.110	0.168	0.145	0.315	0.159	0.745
q1_2	0.194	0.262	0.061	0.145	0.166	0.725
q1_4	0.045	0.261	0.221	0.221	0.194	0.683
q1_6	0.488	-0.003	0.264	0.307	0.134	0.565
q1_1	0.486	0.082	0.119	0.229	0.168	0.516
Initial Eigen values	20.958	2.417	1.680	1.537	1.200	1.131
% of Variance Explained (Cumulative)	48.74	54.36	58.27	61.84	64.63	67.26

(PCA) and orthogonal rotation. Six factors were extracted from EFA and it explains 67.8% of total variance. Each factor was analyzed to six dimensions, which is same results as proposed before by prior study. The validity test involved 34 items. Nine other items were excluded due to problems with cross loading or low loading.

### 3.2 Verification of Validity

Validity test was done using 34 items along 6 dimensions resulting from the refining process for the index. First, convergent validity and discriminant validity between each item and dimension were tested. General validity of model for measuring logistics service quality was verified from the goodness-of-fit for factor model. Second, final logistics service quality index resulting from EFA was applied to each

Table 4. Confirmatory Factor Analysis-Path Coefficient

Item	Dimension	Estimate	S.E	t	p
q1_6	← 1	1			
q1_4	← Timeliness	0.899	0.132	6.792	0.000
q1_3	←	0.947	0.127	8.103	0.000
q2_5	← 1	1			
q2_3	← Accuracy	0.894	0.096	9.329	0.000
q2_2	←	0.765	0.112	6.812	0.000
q2_1	←	0.982	0.132	8.668	0.000
q3_7	← 1	1			
q3_6	← Availability	0.969	0.127	7.655	0.000
q3_3	←	0.973	0.145	7.878	0.000
q3_9	←	0.949	0.148	6.398	0.000
q3_10	←	0.922	0.129	8.567	0.000
q4_7	←	0.935	0.111	9.83	0.000
q4_6	←	0.923	0.121	8.66	0.000
q4_2	← Reliability	0.956	0.111	8.584	0.000
q4_9	←	0.802	0.104	7.674	0.000
q4_10	← 1	1			
q5_6	← 1	1			
q5_4	← Visibility	0.88	0.081	10.84	0.000
q5_3	←	0.913	0.1	9.141	0.000
q5_2	←	0.746	0.092	8.081	0.000
q6_6	← 1	1			
q6_5	← Valuability	0.948	0.122	7.747	0.000
q6_3	←	0.654	0.11	5.942	0.000

\* Weight 1 was assigned to a path on each Index.

shipper and logistics service provider using EFA. And the possibility of service quality model, the external validity fit for logistics service providers and shippers, was tested.

### 3.2.1 Confirmatory Factor Analysis

We performed Confirmatory Factor Analysis (CFA) using the 50% of sample excluded from the prior EFA. Basic model (a priori) for CFA consisted of the 34 items and 6 dimensions of the index. Results from the specification process are in Table 4.

Ten of 34 items were excluded through the specification process of CFA. This process was performed through modification index (over Chi-Square 4), which is possible to

check discriminant validity and convergent validity. Path coefficient of final 24 items is in between 0.654 and 0.982 and it converges into each dimension as relatively high value. While goodness-of-fit for checking general validity of model is  $\chi^2=351.750$ ,  $df=237$ ,  $p=0.000$ ,  $GFI=0.883$ ,  $AGFI=0.832$ ,  $CFI=0.926$ ,  $RMSEA=0.062$ , which is the recommended level, it shows that the data are suitable for model. (Joreskog and Sörbom, 1993)

### 3.2.2 Verification of External Validity

In order to check the possibility of general usage of 24 items among 6 dimensions, external validity was verified at shippers and logistics service providers. The number of

Table 5. Logistics Service Quality Index–Shipper vs. Logistics Service Provider

		Shipper				Logistics			
Item	Dimension	Estimate	S.E.	t	p	Estimate	S.E.	t	p
q1_6	←	1				1			
q1_4	←	0.939	0.139	6.76	0.000	0.943	0.15	8.32	0.000
q1_3	←	0.916	0.118	7.76	0.000	0.915	0.13	7.93	0.000
q2_5	←	0.759	0.094	8.06	0.000	0.923	0.09	12.5	0.000
q2_3	←	0.789	0.093	8.49	0.000	0.98	0.09	11.1	0.000
q2_2	←	0.895	0.109	8.18	0.000	0.879	0.09	9.5	0.000
q2_1	←	1				1			
q3_7	←	0.826	0.096	8.62	0.000	0.933	0.14	7.75	0.000
q3_6	←	0.858	0.097	8.85	0.000	0.945	0.13	8.1	0.000
q3_3	←	0.784	0.097	8.1	0.000	0.932	0.12	7.56	0.000
q3_9	←	1				1			
q3_10	←	0.915	0.091	10.1	0.000	0.918	0.12	8.81	0.000
q4_7	←	0.797	0.088	9.05	0.000	0.941	0.11	9.15	0.000
q4_6	←	0.704	0.086	8.23	0.000	0.987	0.13	7.67	0.000
q4_2	←	0.995	0.094	10.6	0.000	0.794	0.1	7.89	0.000
q4_9	←	0.802	0.085	9.4	0.000	0.74	0.1	7.38	0.000
q4_10	←	1				1			
q5_6	←	0.873	0.085	10.3	0.000	0.973	0.13	9.44	0.000
q5_4	←	0.911	0.086	10.6	0.000	0.873	0.12	7.39	0.000
q5_3	←	1				1			
q5_2	←	0.749	0.097	7.7	0.000	0.968	0.13	7.63	0.000
q6_6	←	1				1			
q6_5	←	0.948	0.101	9.42	0.000	0.943	0.13	8.55	0.000
q6_3	←	0.899	0.115	7.84	0.000	0.826	0.11	7.58	0.000
Goodness-of-fit		χ2=341.678, df=237, p=0.000, GFI=0.864 AGFI=0.827, CFI=0.939, RMSEA=0.062				χ2=355.700, df=237, p=0.000, GFI=0.874 AGFI=0.833, CFI=0.935, RMSEA=0.065			

sample is 117 from shippers and 119 from logistics service providers. The results of CFA are shown in Table 5.

Among the shippers, path coefficient on each dimension is in between 0.749 and 0.995. All paths converge to assigned dimension with the high coefficient. Also, in case of logistics service providers, path coefficient is in between 0.740 and 0.987. Goodness-of-fit for two models is more than the recommended level, accordingly, it proves that each model is suitable for data. From the above results, we assert that logistics service quality index developed from the study can be applied in shippers and logistics service providers.

## 4. A comparison of perception on Logistics Service Quality

### 4.1 Research Hypothesis

Using finally refined indices, a comparison study of perception on logistics service quality between shippers and logistics service providers, and between 2PL shippers and 3PL shippers was performed. In the refining process of LSQI, there was a difference on the importance of logistics service quality according to from the body such as shippers, logistics service providers and logistics specialist. Accordingly, this research hypothesizes that perception of expectation and perceived

Table 6. A comparison of perception on expectation and performance between shippers and logistics service providers( $p < 0.05$ ,  $df = 234$ ,  $N$ : shipper=117, Logistics=119)

(Expectation)								(Performance)							
Dimension	Item	Mean		Std. Deviation		t	p	Dimension	Item	Mean		Std. Deviation		t	p
		Shipper	Logis.	Shipper	Logis.					Shipper	Logis.	Shipper	Logis.		
Time.	e1_3	6.188	6.092	0.955	0.834	0.820	0.413	Time.	p1_3	5.068	5.597	1.056	0.977	-3.989	0.000
	e1_4	5.684	5.815	1.127	0.939	-0.974	0.331		p1_4	4.949	5.353	1.151	1.078	-2.785	0.006
	e1_6	6.470	6.227	0.677	0.706	2.700	0.007		p1_6	4.829	5.445	1.198	1.087	-4.140	0.000
Accu.	e2_1	6.638	6.471	0.690	0.674	1.880	0.061	Accu.	p2_1	5.051	5.513	1.407	1.134	-2.775	0.006
	e2_2	6.342	6.269	0.842	0.767	0.696	0.487		p2_2	5.265	5.529	1.228	1.032	-1.793	0.074
	e2_3	6.675	6.580	0.599	0.604	1.218	0.224		p2_3	5.487	5.714	1.149	1.051	-1.585	0.114
	e2_5	6.453	6.303	0.701	0.720	1.627	0.105		p2_5	5.180	5.571	1.186	1.046	-2.693	0.008
Avail.	e3_3	5.675	5.630	0.999	0.901	0.363	0.717		p3_3	4.727	5.269	1.369	1.125	-3.328	0.001
	e3_6	5.966	6.000	0.982	0.803	-0.293	0.770	Avail.	p3_6	5.154	5.538	1.229	1.133	-2.496	0.013
	e3_7	6.171	6.076	0.823	0.865	0.867	0.387		p3_7	4.863	5.269	1.332	1.205	-2.454	0.015
	e3_9	5.573	5.849	1.069	0.953	-2.094	0.037		p3_9	4.376	5.109	1.513	1.254	-4.056	0.000
	e3_10	5.949	5.899	0.839	0.775	0.472	0.638		p3_10	4.838	5.353	1.273	1.070	-3.369	0.001
Relia.	e4_2	6.137	6.126	0.840	0.765	0.102	0.919	Relia.	p4_2	4.803	5.538	1.321	1.072	-4.693	0.000
	e4_6	5.598	5.593	1.026	1.040	0.038	0.970		p4_6	4.923	5.412	1.138	1.100	-3.354	0.001
	e4_7	6.137	6.042	0.829	0.877	0.852	0.395		p4_7	5.026	5.412	1.212	1.092	-2.565	0.011
	e4_9	6.274	6.193	0.925	0.905	0.674	0.501		p4_9	5.248	5.664	1.332	1.060	-2.657	0.008
	e4_10	6.162	6.193	0.719	0.728	-0.328	0.743		p4_10	5.009	5.496	1.270	1.049	-3.217	0.001
Visi.	e5_2	6.034	6.000	0.928	0.864	0.293	0.770	Visibi.	p5_2	4.556	5.109	1.494	1.254	-3.086	0.002
	e5_3	6.094	5.924	0.928	0.903	1.423	0.156		p5_3	4.581	5.076	1.504	1.263	-2.736	0.007
	e5_4	6.094	5.866	0.991	0.873	1.880	0.061		p5_4	4.624	5.160	1.437	1.049	-3.275	0.001
	e5_6	5.991	5.866	0.914	0.863	1.088	0.278		p5_6	4.590	5.151	1.281	1.176	-3.509	0.001
Valua.	e6_3	5.846	6.008	1.111	0.916	-1.225	0.222	Valua.	p6_3	4.684	5.235	1.250	1.125	-3.563	0.000
	e6_5	6.009	6.092	0.924	0.854	-0.725	0.469		p6_5	4.650	4.882	1.248	1.263	-1.424	0.156
	e6_6	6.017	5.950	0.830	0.852	0.616	0.538		p6_6	4.812	5.185	1.144	1.104	-2.548	0.011
General P.								General P.	p7_1	4.769	5.261	1.117	1.061	-3.464	0.001

performance will differ from the shippers and logistics service providers.

Hypothesis 1 : A difference of perception on expectation of logistics service quality between shippers and logistics service providers will exist.

Hypothesis 2 : A difference of perception on perceived performance of logistics service quality between shippers and logistics service providers will exist.

Hypothesis 3 : A difference of perception on expectation of logistics service quality between 2PL shippers and 3PL shippers will exist.

Hypothesis 4 : A difference of perception on perceived

performance of logistics service quality between 2PL shippers and 3PL shippers.

## 4.2 Verification of Hypothesis

### 4.2.1 Verification of Hypothesis 1

There was no difference of perception on expectation of logistics service quality between shippers and logistics service providers except from only e1\_6 and e3\_9.(Table 6) It means that shippers more consider the importance of timeliness. Also, they think that logistics service providers should have consulting and knowledge capability. However, shippers and logistics service providers have high value of expectation and

Table 7. A comparison of perception on expectation and performance between 2PL shippers and 3PL shippers( $p < 0.05$ ,  $df=90$ )

〈Expectation〉								〈Performance〉							
Dimension	Item	Mean		Std. Deviation		t	p	Dimension	Item	Mean		Std. Deviation		t	p
		2PL	3PL	2PL	3PL					2PL	3PL	2PL	3PL		
Time.	e1_3	5.683	5.647	1.035	1.092	0.160	0.873	Time.	p1_3	5.317	5.000	0.960	1.058	1.488	0.140
	e1_4	6.024	5.941	0.987	1.121	0.373	0.710		p1_4	5.024	5.000	0.961	1.149	0.109	0.914
	e1_6	6.439	6.569	0.709	0.575	-0.969	0.335		p1_6	5.024	4.804	1.151	1.217	0.885	0.379
Accu.	e2_1	6.610	6.720	0.703	0.536	-0.849	0.398	Accu.	p2_1	5.122	5.176	1.503	1.276	-0.188	0.851
	e2_2	6.195	6.451	0.843	0.730	-1.559	0.122		p2_2	5.341	5.333	1.087	1.211	0.033	0.973
	e2_3	6.659	6.725	0.530	0.635	-0.541	0.590		p2_3	5.439	5.627	1.097	1.076	-0.828	0.410
	e2_5	6.537	6.412	0.745	0.638	0.865	0.389		p2_5	5.268	5.216	1.205	1.154	0.213	0.832
Avail.	e3_3	5.659	5.765	0.938	0.992	-0.523	0.602	Avail.	p3_3	4.829	4.843	1.223	1.447	-0.049	0.961
	e3_6	5.976	6.098	0.961	0.900	-0.629	0.531		p3_6	5.463	5.255	1.075	1.129	0.900	0.371
	e3_7	6.098	6.275	0.860	0.723	-1.072	0.287		p3_7	5.317	4.745	1.234	1.339	2.108	0.038
	e3_9	5.756	5.569	0.969	0.944	0.936	0.352		p3_9	4.610	4.412	1.464	1.403	0.660	0.511
	e3_10	5.854	6.000	0.989	0.693	-0.833	0.407		p3_10	5.049	4.980	1.094	1.257	0.275	0.784
Relia	e4_2	6.000	6.255	0.949	0.717	-1.468	0.146	Relia.	p4_2	5.024	4.706	1.107	1.390	1.194	0.236
	e4_6	5.707	5.588	0.929	1.099	0.553	0.582		p4_6	4.829	5.216	1.093	1.119	-1.663	0.100
	e4_7	6.268	6.078	0.775	0.821	1.130	0.261		p4_7	5.122	5.120	1.249	1.189	0.008	0.994
	e4_9	6.098	6.314	0.970	0.927	-1.089	0.279		p4_9	5.463	5.275	1.164	1.234	0.748	0.456
	e4_10	6.098	6.196	0.800	0.633	-0.659	0.511		p4_10	5.098	5.118	1.158	1.211	-0.081	0.936
Visi.	e5_2	6.195	5.941	0.782	0.988	1.342	0.183	Visi.	p5_2	4.854	4.314	1.315	1.655	1.701	0.092
	e5_3	6.000	6.176	0.975	0.713	-1.002	0.319		p5_3	4.829	4.451	1.321	1.629	1.203	0.232
	e5_4	6.268	6.020	0.708	1.122	1.234	0.220		p5_4	4.976	4.569	1.084	1.565	1.414	0.161
	e5_6	6.049	6.020	0.805	0.761	0.178	0.859		p5_6	4.951	4.510	1.161	1.332	1.672	0.098
Valua.	e6_3	5.878	5.882	1.053	1.160	-0.018	0.985	Valua	p6_3	4.805	4.765	1.209	1.305	0.152	0.880
	e6_5	6.049	6.098	0.805	0.855	-0.282	0.779		p6_5	4.829	4.706	1.283	1.171	0.481	0.631
	e6_6	6.024	6.137	0.724	0.722	-0.744	0.459		p6_6	4.951	4.804	1.139	1.184	0.603	0.548
General P.								General P.	p7_1	4.902	4.784	1.158	1.083	0.504	0.615



it proves that all of two recognize the importance of logistics service quality.

#### 4.2.2 Verification of Hypothesis 2

There was a difference of perception on perceived performance of logistics service quality between shippers and logistics service providers except from only p2\_2, p2\_3, p6\_5. (Table 6) It means that logistics service services providers don't meet service quality of shippers generally except for basic functions such as order accuracy and product picking. In case of general performance, shippers evaluated the performance lower than logistics service providers.(shippers = 4.769, logistics service providers = 5.261) The results show that most of shippers are not satisfied yet with logistics service quality relatively and logistics service providers need to try more to meet their customers' requirement.

#### 4.2.3 Verification of Hypothesis 3

There was no difference of perception on expectation of logistics service quality between 2PL shippers and 3PL shippers.(Table 7) It proves that even if their logistics services differ, all shippers feel that that logistics service quality is important.

#### 4.2.4 Verification of Hypothesis 4

There was no difference of perception on perceived performance of logistics service quality between 2PL shippers and 3PL shippers except from only p3\_7.(Table 7) It means that 3PL providers need to invest customized information system to meet the standard of shippers. In case of general performance, 2PL shippers evaluated the performance higher than 3PL shippers.(2PL shippers = 4.902, 3PL shippers = 4.784) The results show that 2PL providers have more specialty than 3PL providers and it results from long-term experience of logistics service to their customers.

## 5. Conclusion

The purpose of this study is to 1) develop the LSQI for the logistics market, 2) verify the possibility of generalization, and 3) offer the guidance and direction for future research. The

value of this study can be summarized as follows:

First, in the process of development of indices, we reflected various opinions of logistics experts such as logistics managers of shippers and logistics service providers and other experts, which belong to universities, institutes and consulting firms.

Second, the study proves that 24 items of 6 dimensions developed from this study can be applied to shippers and logistics services providers.

Third, there was no difference of perception on expectations of logistics service quality between shippers and logistics service providers but in case of perceived performance, shippers rated lower in performance than logistics service providers and 2PL shippers rated performance a little higher than 3PL shippers.

This study proves that shippers and logistics service providers recognize that logistics service quality is important and logistics service is the core for their competitive advantage. However, logistics service providers still don't meet the expectation of shippers. Especially, 3PL providers have a long way to go to have a capability as a synthetic logistics service provider. They need to try more to satisfy the expectation of shippers. Even though, I tried to reflect more opinions from the various groups related with logistics, ongoing study should be followed to enhance academic and practical usage. Also, using the LSQI developed from the study, additional research from each industry needs to be performed to improve the possibility of generalization. In conclusion, it is valuable to study the relationship between logistics service quality and re-purchasing of service and long-term partnership.

## REFERENCES

- [1] A. Parasuraman, Valarie A. Zeithaml, Leonard L. Berry(1985), "A conceptual model of service quality and its implication for future research", *Journal of Marketing*
- [2] A. Parasuraman, Valarie A. Zeithaml, Leonard L. Berry(1988), "A Multiple-Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality", *Journal of Retailing*, Volume 64, No.1

- [3] A. Parasuraman, Valarie A. Zeithaml, Leonard L. Berry(1991), "Refinement and Reassessment of the SERVQUAL Scale", *Journal of Retailing*, Volume 67
- [4] Bienstock, Carol C., John T. Mentzer, and Monroe M. Bird (1997), "Measuring Physical Distribution Service Quality," *Journal of Academy of Marketing Science*, Vol. 25, No. 1, pp. 31-44.
- [5] Bressinger, Ronald P. and Douglas M. Lambert(1990), "Can the SERVQUAL Scale Be Generalized to Business-to-Business Services?" in *Enhancing Knowledge Development in Marketing*, A. Parasuraman et al., eds. Chicago: American marketing Association, 289.
- [6] Chang Hoon Shin, Il Tae Baek, Yul Sung Kim(2001), "Measurement for the Third-Party Logistics Service Quality", *Korean Marketing Management Association, Marketing Management Research*, Vol.6, No.2, pp.1-27.
- [7] Chang Hoon Shin, Min-Seung Choi, Dong-jin Kim(2006), "A study for the scale of service quality of container terminal", *Korean Institute of Navigation and Port Research*, Vol.30, No.1, Spring Conference, pp. 381-387.
- [8] Christian Grönroos(1982), "An Applied Service Marketing Theory", *European Journal of Marketing*, Vol.16
- [9] Christian Gronroos(1983), "Innovative Marketing Strategies and Organizational Structures for Service Firm" in Leonard L. Berry, G. Lynn Shostack, and Gregory D. Upah, eds., *Emerging Perspective on Service Marketing*, AMA
- [10] Dabholkar, P.A., Thorpe, D.I. and Rentz, J.O.(1996), "A Measure of Service Quality for Retail Stores: Scale Development and Validation", *Journal of the Academy of Marketing Science*, 24(1), pp.3-16.
- [11] Eyefortransport(2008.9), "The European 3PL Market : A brief analysis of eyefortransport's recent survey"
- [12] Gilbert A. Churchill, Jr.(1979), "A Paradigm for Developing Better Measures of Marketing Constructs", *Journal of Marketing Research*, pp. 64-73.
- [13] H.W. Shin, S.K. Kim, Y.R. Choi(2001), "An empirical study on the perception of port service quality-Primarily on SERVQUAL Model in container terminal", *Korean Institute of Navigation and Port Research*, Vol.15, No.1 pp.1-18.
- [14] Hye-jin Kim(2006), "The study on the third party logistics services: User versus Provider Perspective", Graduate School of Logistics, Incheon University
- [15] Hye-jung Cheong(2004), "A study on differences of perception in service quality between shippers and third party logistics providers", Graduate School of International Trade, Chung-Ang University
- [16] Il-su Jeon, Seok-jin Hong(2004), "An evaluation of service quality priorities between air cargo service providers and customers", *Korean Society of Transportation*, Vol.22, No.5, pp.35-45.
- [17] James R. Stock & Douglas M. Lambert(2001), "Strategic Logistics management", Fourth Edition, McGraw-Hill, pp. 3, pp. 96.
- [18] John T. Mentzer, Daniel J. Flint, John L. Kent(1999), "Developing a logistics service quality scale", *Journal of Business Logistics*, Vol.20, No.1, pp. 9-32.
- [19] John T. Mentzer, Daniel J. Flint, & G. Tomas M. Hult(2001), "Logistics Service Quality as a Segment-Customized Process", *Journal of Marketing*, pp. 82-104.
- [20] Ki-Du Kang, Seung-Ho Ahn, Myung-Ki Chai(2008), "Development of the scale to measure the logistics service quality", *The Korean Society for Quality Management*, Vol. 36, No.1, pp.45-58.
- [21] Kim Young, Kim Jong-sung, Cho Jae-wan(2005), "A study on customer satisfaction for home delivery system of postal service", *Korea Customer Satisfaction Management Association*, Vol.7, No.1, pp.17-33.
- [22] Korean Logistics News, 2008. 10
- [23] Kwangho Ahn, Minsung Kim, Byung il Kim(2008), "The study of the effect of container terminal service quality on customer satisfaction and loyalty: The moderating effect of the company size and port location", *Korean Academic Society of Business Administration*, Korean Management Review, Vol.37, No.3, p.417-442.
- [24] Lalonde, Bernard J. and Paul H. Zinszer(1976), "Customer Service : Meaning and Measurement, Chicago : National Council of Physical Distribution Management"
- [25] Leahy, Steven E., Murphy, Paul R. and Richard F. Poist(1995), "Determinants of Successful Logistical Relationships: A Third-Party Provider Perspective,"

- Transportation Journal*, (Winter), pp. 5-13.
- [26] Logistics Management, 2008.6), “3PL Market Update: The Shift in On “
- [27] Martin Christopher, Philip B Schary, Tage Skjott-Larsen(1979), “Customer Service and Distribution Strategy”
- [28] Menon, M.K., McGinnis, M.A., Ackerman, K.B. (1998), “Selection criteria for providers of third party logistics services: an exploratory study”, *Journal of Business Logistics*, Vol. 19 No.1, pp. 121-134.
- [29] Mohammed Rafiq, Harlina S. Jaafar(2007), “Measuring Customers’ Perceptions of Logistics Service Quality of 3PL Service Providers”, *Journal of Business Logistics*, Vol.28, No.2
- [30] Rhim Ho-sun, Baek Seung-kee, Her Hee-young(2005), “Service quality and customer satisfaction in IT consulting service”, *Service Management Society*, Vol.6, No.2
- [31] Shirley A. Hopkins, Sandra Strasser, Willie E. Hopkins(1993), “Service quality gaps in the transportation industry: An empirical investigation”
- [32] Soon-hoo So, JaeJon Kim, Geon Cho(2006), “Evaluating the service quality of third-party logistics service providers using the analytic hierarchy process”, *Journal of Information Systems and Technology Management*, Vol.3, No.3, pp. 261-270.
- [33] Sung-woon Choi, Bong-ki Baek(2003), “Measuring logistics quality in parcel delivery service”, *Society of Korea Industrial and systems Engineering*, Autumn conference
- [34] The Korea International Trade Association(2008.12), “The status of Korean shippers on 3PL usage”
- [35] Valarie A. Zeithaml, Leonard L. Berry, and A. Parasuraman(1988), “Communication and Control Processes in the Delivery of Service Quality”, *Journal of Marketing*
- [36] Yi-suk Park(2008), “The effect of long-term orientation and service quality of 3PL on supply chain performance”, Graduate School of Business Administration, Chonnam University.



#### 장 팔 선

인하대학교 물류전문대학원 박사

현재: (주)플로우비즈 대표이사

관심분야 : SCM/물류전략, S&OP,  
물류서비스품질

# 공급사슬관리의 지속가능성 이슈 통합 영향요인 연구: 이해관계자 및 자원기반 관점

김정근\* · 이수열\*\*†

\*글로벌 비즈니스 코칭 연구소 · \*\*전남대학교 경영학부

## Determinants of Integrating Sustainability into Supply Chain Management: Stakeholder and Resource-based Perspectives

Joung-Gun Kim\* · Su-Yol Lee\*\*†

\*Global Business Coaching Institute

\*\*College of Business Administration, Chonnam National University

This paper examines empirically the factors that facilitate sustainable supply chain management, which involves the integration of environmental and social issues into conventional supply chain management processes. To build a theoretical model for this issue, the author adopted two previously disparate perspectives together: stakeholder theory and a resource-based view of the firm. Stakeholder pressure, a firm's sustainability issues integration capability (SIIC), and expected sustainability benefits (ESB) were investigated as the antecedents of sustainable SCM. To test hypotheses, this study utilized structural equation modeling with data from 78 Korean firms. SIIC was found to significantly predict sustainable SCM; however, mixed results were found regarding the effects of stakeholder pressure and ESB on SIIC and sustainable SCM. This research represents one of the few survey-based studies which explore the factors that influence sustainable SCM with a dual consideration of external pressure and internal capabilities.

**Keywords:** Sustainable supply chain management, Sustainability, Strategic planning process, Stakeholders, Structural equation modeling

### 1. Introduction

Firms have increasingly relied on their suppliers for the achievement and maintenance of quality, cost, and delivery

competitiveness. They have also looked to their suppliers for goods that will ensure adequate environmental and social performance in their products. Managers have come to realize that a large and increasing number of environmental risks can be found in their firm's supply chain (Handfield *et al.*, 2005).

† Corresponding Author : 500-757, 광주광역시 북구 용봉로 77 전남대학교 경영학부

Tel : +82-62-530-1446 Fax: +82-62-530-1449 E-mail: leesuyol@chonnam.ac.kr

\* 2011년 2월 24일 투고, 3월 29일 수정본 접수, 4월 14일 게재 확정.

For instance, the infamous Sony PlayStation incident in 2001 and the Nike sweatshop accusations in the mid 1990s clearly illustrate what may go wrong, if supply chain is ignored when firms attempt to institute sustainability issues in their management processes (Lee & Klassen, 2008). In order to meet emerging social and environmental requirements demanded from various stakeholders, firms must alter their managerial behavior with respect to their supply chain.

Sustainable supply chain management (SCM) involves the integration of social and environmental issues into the general supply chain management process of firms. Since the major stream research on sustainable SCM started in the mid-1990s, more than 190 papers have been presented in this area (Seuring & Müller, 2008a; b). Prior literature, however, is still limited in certain aspects: First, research on sustainability issues within SCM has tended to define sustainable SCM and to identify the factors that influence and facilitate sustainable SCM. Stakeholders are commonly addressed as the most important trigger for sustainable SCM; however, the degree of impact represented by different stakeholders still remains unanswered. Second, firms may exhibit different sustainable SCM even though they are under the same stakeholder pressure. This is because they interpret and assess differently the sustainability demands from stakeholders. Thus, sustainable SCM should be understood within the context of corporate strategic planning process. However, there has been very little research on the impact of strategic sustainability planning process in corporations as an organizational capability on the motivation for achieving sustainable SCM. Third, most literature on sustainable SCM address environmental problems (Seuring & Müller, 2008a). In this light, more research that considers the combined effects of environmental and social issues in SCM is needed. Fourth, a growing number of studies have provided benchmarks and exemplary practices of sustainable SCM (e.g., Koplin *et al.*, 2007; Pedersen & Andersen, 2006; Hamprecht *et al.*, 2005); however, a relatively small number of studies have been conducted using survey-based empirical study techniques (Seuring and Müller, 2008a).

In light of these gaps in literature, this study aims to empirically examine the antecedents of sustainable SCM. This analysis considers two previously disparate perspectives

together: the stakeholder theory and a resource-based view of the firm (RBV). The stakeholder effect on sustainable SCM is explained through the stakeholder theory, and the capability of corporations in integrating sustainability issues into their strategic planning process is addressed with the RBV. Consequently, this paper illustrates a path diagram showing how diverse external stakeholder pressure and sustainability issues integration capability of corporations influence sustainable SCM.

This article is organized as follows: The next section presents the research framework and study hypotheses based on a concise synthesis of literature with respect to sustainable SCM, stakeholders, sustainability issues integration, and sustainability benefits. The following section provides the research method, the results of empirical analyses, and a discussion. The final section examines the implications of the results and study limitations, as well as a discussion on future research.

## 2. Theoretical development

### 2.1 Sustainable supply chain management

Sustainable SCM is commonly understood as an issue of intersect between supply chain management and sustainability. Supply chain is a set of all activities associated with the flow and transformation of goods, as well as information, throughout the entire value chain. Supply chain management is the integration of these activities in order to acquire and maintain competitive advantage by improving supply chain relationships (Handfield & Nichols, 1999). When considering sustainability, which combines sustainable development and business practice together, several terms are commonly used, such as the triple bottom line (Elkington, 1998), corporate social responsibility (CSR: e.g., Carroll, 1991), corporate citizenship (e.g., Marsden & Andriof, 2001), and business ethics (e.g., Kilcullen & Kooistra, 1999). In particular, sustainability and CSR have developed along separate paths; for instance, sustainability is heavily associated with the environment, and CSR refers largely to social concerns (Keijzers, 2002). Although these terms are often used with subtle differences within different contexts, nowadays, many

consider sustainability and CSR to be synonymous as a catch-all term to designate “a firm’s commitment to sustainable development in its management practices by pursuing environmental integrity, social equity, and economic prosperity at the same time” (van Marrewijk, 2003).

By combining sustainability and SCM, sustainable SCM can be defined as a firm’s intention and activities to integrate sustainability issues into the management of materials, information, and capital flows, as well as cooperation among organizations along the supply chain, in order to improve sustainability-related performance (e.g., Seuring & Müller, 2008a). The range of sustainable SCM encompasses specific sets of activities with environmental and social dimensions. On the environmental side, it includes green purchasing (e.g., Min & Galle, 2001), green supply chain practices (e.g., Vachon & Klassen, 2006; Zhu & Sarkis, 2004) in the forward supply chain, and closed-loop supply chain or reverse logistics (e.g., Guide & Van Wassenhove, 2006) in the backward supply chain. On the social side, diversity (e.g., Clair *et al.*, 1997), human rights (e.g., Jennings & Entine, 1999), and justice issues (e.g., Boyd *et al.*, 2007) are included.

Prior research in this area has generally focused on the environmental dimension; a relatively small number of studies have addressed both environmental and social aspects simultaneously (Seuring & Müller, 2008a). Carter (2004) suggested a more holistic construct of sustainable SCM, termed purchasing social responsibility (PSR), which integrates five stand-alone areas of CSR: diversity, the environment, human rights, philanthropy and community, and safety. Reflecting the trend toward convergence and integration of CSR and sustainability, the number of studies on sustainable SCM addressing environmental and social issues together have been increasing (e.g., Seuring & Müller, 2008a; Koplin *et al.*, 2007; Young & Kielkiewicz-Young, 2001).

Sustainable SCM can be classified into two different but complementary approaches adopted from green supply chain management literature: the monitoring-based approach and collaboration-based approach (e.g., Lee & Klassen, 2008; Vachon & Klassen, 2006). The monitoring-based sustainable SCM, which is based on an arm’s length approach, involves the gathering and processing of supplier information, the

establishment of supplier assessment criteria, and the evaluation of sustainability performance. In this approach, the manner in which the social and environmental criteria are fulfilled is left to suppliers, and a tougher penalty mechanism, such as “three strikes and you’re out” may be adopted. The collaboration-based approach encompasses a broad range of activities, including training and education programs for suppliers, information and knowledge sharing, and various technical and financial assistances. For instance, the IKEA Way on Purchasing Home Furnishing Products (IWAY), which was adopted in 2003 based on a long-term partnership policy, is a well-known best practice in sustainable SCM. IKEA provides its suppliers with technical as well as financial support, allowing for the fulfillment of the codes of conduct by its suppliers (Pedersen & Andersen, 2006). In any approach, the most important consideration in sustainable SCM is to what extent and in what manner the environmental and social standards can be integrated into the supply management policies and processes.

## 2.2 Sustainability Issues Integration Capability (SIIC)

Sustainable SCM should be understood within the context of strategic planning process, as SCM is relevant to all other areas of managerial function. One of the primary ways that firms respond to new strategic issues such as sustainability is to integrate those issues into their formal strategic planning process (Ansoff & McDonnell, 1990). When firms face new and emerging challenges posed by environmental and social issues, their strategic responses may differ even though they are in the same competitive context (Lee & Rhee, 2007). This is because firms assess differently a set of issues, demands from stakeholders, and potential solutions to solve problems, depending on how they integrate a critical strategic issue into their strategic planning process.

The RBV can be used to explain the strategic difference in how firms respond to the sustainability issue. The RBV argues that differences in behaviors and performance of firms are dependent on the unique assembly of internal resources and capabilities which are valuable, rare, and imperfectly imitable and non-substitutable (e.g., Amit & Schoemaker, 1993; Barney, 1991). Hart (1995) extended the RBV to the “natural RBV” in explaining why firms show different and

diverging environmental approaches. According to Hart's argument (1995), organizational capabilities in total quality management and cross-functional management can facilitate the adoption of pollution prevention and product stewardship, respectively. With respect to the natural RBV, Judge and Douglas (1998) mentioned that incorporating issues related to the environment into strategic planning processes should be understood as an organizational capability, because this offers organizations an opportunity to develop valuable, potentially rare, and not easily imitated capabilities. This paper introduces the concept of sustainability issues integration capability (SIIC), which is an extension of the environmental issues integration capability proposed by Judge and Douglas by adding social issues. This is defined as the ability of corporations to incorporate a critical strategic issue, the sustainability, into their strategic planning process.

Sustainable SCM seems to be an extended version of SIIC to the entire supply chain. While SIIC is embedded in the intra-firm strategic planning process, sustainable SCM is fulfilled in the inter-firm management process. Therefore, there must be a strong relationship between these intra-firm and inter-firm sustainability issues integration practices. Specifically, SIIC might be a prerequisite for sustainable SCM.

In the green supply chain management context, Bowen et al.(2001) illustrated that the greater a firm integrates environmental issues into its general management process, the higher the firm implements green supply chain. Likewise, to best integrate environmental issues into SCM, firms should first better measure, monitor, and manage environmental issues internally by developing an environmental management system (EMS: Handfield *et al.*, 2005). Bremmers et al.(2007) supported this argument with a mention that many elements of an internally-oriented EMS are necessary for a firm to expand beyond its boundaries.

Consequently, a positive relationship between SIIC and sustainable SCM is expected simply by applying these arguments in the environmental context to sustainability.

*Hypothesis 1: There will be a positive relationship between sustainability issues integration capability (SIIC) and sustainable SCM.*

### 2.3 Stakeholders

The stakeholder theory is a common theory within social and environmental contexts. It suggests that a variety of constituents, called stakeholders, maintain relationships with and affect firms, and they are, in turn, impacted by the decisions of those firms (Freeman, 1984). Therefore, a firm's attitude and practices towards sustainability may change significantly depending on the degree of stakeholders' concerns regarding social and environmental issues. In actuality, firms have been under an increasing pressure to envision new ways of operating their business (Setthasakko, 2007); however, the intensity of external pressure may vary by country, industry, and stakeholder (Benerjee, 1999).

Stakeholder groups have been categorized by various authors, referring to the level of importance of each group to the attainment of corporate goals (Clarkson, 1995). For instance, in the environmental management context, Henriques and Sadosky (1999) stressed four critical groups: regulatory stakeholders, organizational stakeholders, community stakeholders, and the media. Bremmers et al.(2007) suggested a stakeholder positioning with two dimensions: commercial versus non-commercial and primary versus secondary. In sustainable SCM literature, regulatory, customer, and other stakeholder demands are most commonly addressed as the external pressures and incentives for sustainability in supply chain management (Seuring & Müller, 2008a).

First, regulatory agencies are generally considered as one of the most influential stakeholders. Their regulatory power has forced economy-driven corporate strategies to evolve into strategies that consider the environment and society, in both Western (Warhurst, 2005) and Asian countries (Setthasakko, 2007; Lee & Rhee, 2005). Second, customers, which were grouped as organizational stakeholders in Henriques and Sardorski (1999), are increasingly recognized as the most powerful stakeholder in sustainable SCM. This is because supply chain operations are only justified if products and services are finally accepted by customers (Seuring & Müller, 2008a). Accordingly, ethical and green consumerism has rapidly emerged (e.g., Hendriques & Sardorsky, 1999). In other cases, consumers tend to rely on second-hand information, primarily through the media, and companies may



not experience profound, direct pressure from these consumers (Welford & Frost, 2006). Third, the intensity of non-governmental organizations (NGOs), which were classified as community stakeholders in Henriques and Sadosky (1999), has increased steadily. These groups play a pivotal role in generating issues and scrutinizing corporate activities closely, thereby establishing the social concerns dimension regarding sustainability. Fourth, local communities have emerged as another critical source of external pressure. Quite often, managers find it more difficult to satisfy the demands of the local community than to comply with regulations (Lee & Rhee, 2005). This is why companies try to establish good corporate citizenship via social engagement in the local area where they operate. Finally, shareholders and investors, which were put into organizational stakeholders in Henriques and Sadosky (1999), should be considered a powerful source of sustainability pressure. Conventionally, shareholders are expected to resist trends toward sustainability, as the profit margin is their principal interest. However, as more shareholders, particularly long-term investors, begin to realize that protecting reputation and brand is central to preserving their investment and eventually making them more money, they have placed more sustainability pressure on the companies they have invested in (Welford & Frost, 2006).

These arguments on stakeholder pressures lead to the following hypotheses:

*Hypothesis 2a: Stakeholders will have a positive impact on a firm's SIIC.*

*Hypothesis 2b: Stakeholders will have a positive impact on sustainable SCM.*

## 2.4 Expected sustainability benefits

There is a long-standing debate on the relationship between social and environmental performance and firm performance, financial performance in particular. Both win-win and trade-off situations between sustainability and firm performance can happen. In sustainable SCM literature, win-win situations have been better supported; however, trade-off situations have not been shown to be a minority (Seuring & Müller, 2008a). However, focus may be better placed on the managerial perception regarding the benefits from sustainability, rather

than on the sustainability practices, with respect to firm performance. Under same situations, firms may differ in the implementation of sustainability practices. This is due to the difference in how managements assess the consequences of their responses to environmental and social issues. This paper introduces the concept of expected sustainability benefits (ESB). This is defined as the extent of managerial perception about the benefits from firms' sustainability practices.

Protection against the loss of competitive advantage and reputation is generally considered an important incentive for sustainability in supply chains (Seuring & Müller, 2008a). This is in line with the results of studies that showed that green management, or green SCM, are not due to direct demands from regulations and customers, but are due to corporate motivation for reducing related risks and improving competitiveness (e.g., Rao & Holt, 2005; Cousins *et al.*, 2004; Judge & Douglas, 1998). For large brand name corporations, sustainability practices can be seen as a tool to avoid bad publicity (Welford & Frost, 2006). It can also increase employee morale, the retention of top talent, and the commitment of workers to organization and productivity, and it can also help reduce cost in manufacturing and other business activities (Willard, 2002). In actuality, companies in Asian countries tend to be more willing to comply with environmental laws because they expect to obtain non-monetary benefits, including good relationship with government (Setthasakko, 2007; Lee and Rhee, 2005).

Consequently, firms that have positive expectations about sustainability practices, or ESB may be more likely to willingly adopt these practices. These arguments lead to following hypotheses.

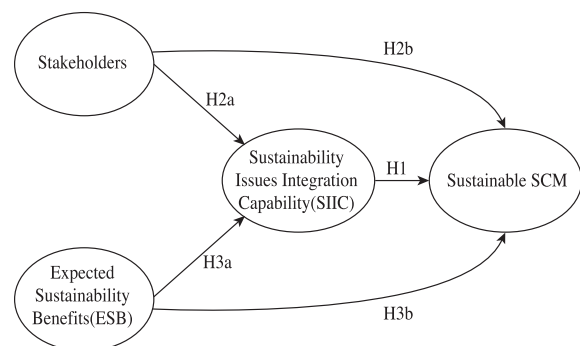


Fig 1. Research model

*Hypothesis 3a. There will be a positive relationship between a firm's ESB and its SIIC*

*Hypothesis 3b. There will be a positive relationship between a firm's ESB and sustainable SCM.*

### 3. Research methods

#### 3.1 Data collection

612 publicly traded Korean companies were targeted as respondents. The data were collected via Web-based questionnaires that were e-mailed to top-level executives and managers in sustainability and/or CSR, environmental management, and investor relations departments. All of the recipients were well-acquainted with the overall policies and practices associated with sustainability issues integration in strategic planning process and sustainable SCM. Data collection was completed in March of 2005. A total of 84 surveys were returned, representing a 13.2% response rate. Non-response bias was evaluated via comparisons of responses that were returned early with those that were returned late (Lambert & Harrington, 1990). Due to the receipt of 6 incomplete responses, 78 surveys were ultimately utilized in this structural equation modeling analysis.

#### 3.2 Research variables and measurements

The survey instruments were developed based on literature review and the result of in-depth interviews with the managers of the sustainability department of a Korean electronic manufacturing corporation.

**Stakeholders.** A total of nine stakeholders were identified based on prior studies (e.g., Bremmers *et al.*, 2008; Seuring & Müller, 2008a; Henriques & Sadosky, 1999). The sources of sustainability pressure included in this analysis were institutional and general investors, board of directors,

regulatory agencies, customers, employees, suppliers, local communities, and NGOs. The media (Henriques & Sardorsky, 1999) was excluded in this study, because its impact on corporations is usually conveyed indirectly by the above-mentioned stakeholders. Instead, the investors were focused on to reflect an emerging pressure with respect to socially responsible investment and sustainability information disclosure (e.g., Dow Jones Sustainability Index and Global Reporting Initiatives).

**Sustainability issues integration capability (SIIC).** This construct is defined as the capability of firms to incorporate sustainability issues into their strategic planning processes. To operationalize this construct, a five-point Likert scale across four items was employed. These items were derived and modified from environmental management literature that addressed "organizational capability" and the level of proactive responses (e.g., Lee & Klassen, 2008; Judge & Douglas, 1998; Hunt & Auster, 1990). The scale listed in the appendix include the level of diffusion of sustainability issues throughout the entire organization, the level of the integration in business decision processes and practices, and the level of top management commitment to sustainability.

**Expected sustainability benefits (ESB).** To measure this construct, a set of well-established perceptual measures of expected benefits from sustainability practice were used. A total of six items were derived from previous studies that addressed these benefits (e.g., Willard, 2002): environmental management (e.g., Russo & Fouts, 1997), corporate social responsibility (e.g., Waddock & Graves, 1997), and sustainable SCM (e.g., Seuring & Müller, 2008a).

**Sustainable SCM.** Sustainable SCM is a construct emphasizing the integration of social and environmental issues into general supply chain management. To measure this variable, the author referred to previous studies that have addressed the environmental and/or social issues in SCM (e.g.,

Table 1. Summary of responses

Industry	Electric and electronic	Heavy industries	Consumer products	Services	Energy and electricity	Total (mean)
Respondents	17	24	14	10	13	78
Sales (US\$ billion)	8.3	4.4	1.3	7.7	8.7	5.9
No. of employees	12,926	6,353	1,281	9,870	4,470	7,012

Lee & Klassen, 2008; Rao & Holt, 2005; Zhu & Sarkis, 2004; Carter, 2004; Carter & Jennings, 2002; Young & Kielkiewicz-Young, 2001). Only two items, which were simply aggregated from a specific set of activities classified in these the abovementioned previous studies, were used in this research.

## 4. Analysis and results

### 4.1 Measurement model

The measurement instrument used in this paper was tested for reliability, validity and unidimensionality. Prior to data collection, the content validity of this survey was established with an extensive literature review, in-depth interviews with practitioners and academic researchers, and a pre-test. These procedures allowed for a better understanding and improvements in the questionnaire.

To examine the suitability of these data for factor analysis, Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test was performed. KMO is a measure of sampling adequacy that indicates the proportion of variance which is common variance, i.e. which might be caused by underlying factors. High value (close to 1) generally indicates that factor analysis may be useful. The overall KMO measure should be greater than .80; however, a measure of above .60 is tolerable. The KMO measure in this study is .80 for stakeholders, .78 for ESB, and .78 for SIIC.

An exploratory factor analysis (EFA) and Cronbach's alpha test were utilized in order to evaluate the construct validity and reliability of each scale for the variables, respectively. The items loaded only one factor in each of the ESB and SIIC cases (Table 2). After eliminating two items (Stake6 and Stake7) that violated the prior specific criteria (a factor loading above |.40| and cross-loading below |.20|), the EFA for

stakeholders resulted in the identification of two distinct dimensions, which are labeled "shareholders" and "stakeholders"(Table 3). With respect to reliability, the Cronbach's alpha values for all constructs exceeded the recommended value of 0.70 (Nunnally, 1978).

A confirmatory factor analysis (CFA) was conducted to

Table 2. Validity and reliability analysis for ESB and sustainable SIIC

	ESB		SIIC	
	Items	Estimate	Items	Estimate
	Expect1	0.57	CSR1	0.88
	Expect2	0.82	CSR2	0.90
	Expect3	0.60	CSR3	0.89
	Expect4	0.77	CSR4	0.84
	Expect5	0.76		
	Expect6	0.84		
Eigenvalue		3.24		3.07
Variance explained (%)		54.40		77.00
Cronbach's alpha		0.82		0.90

Table 3. Exploratory factor analysis for stakeholder pressures

Items	Exploratory factor analysis	
	F1	F2
	Shareholder	Shareholder
Stake1	<b>0.83</b>	0.13
Stake2	<b>0.78</b>	0.23
Stake5	<b>0.76</b>	0.16
Stake3	0.34	<b>0.64</b>
Stake4	0.08	<b>0.77</b>
Stake8	0.30	<b>0.76</b>
Stake9	0.08	<b>0.86</b>
Eigenvalue	2.41	2.09
Variance explained (%)	30.0	34.4
Cronbach's alpha	0.80	0.74

Table 4. Correlation matrix

	Mean	S.D.	1	2	3	4	5
1. Shareholder pressure	3.30	0.62	—				
2. Stakeholder pressure	3.81	0.63	0.47**	—			
3. ESB	3.66	0.61	0.50**	0.30**	—		
4. SIIC	3.59	0.74	0.62**	0.47**	0.43**	—	
5. Sustainable SCM	3.40	0.89	0.48**	0.14	0.47**	0.59**	—

Notes: +p-value < 0.10, \*p-value < 0.05, \*\*p-value < 0.01

evaluate the construct validity and unidimensionality. Table 4 presents the standardized factor loading, Cronbach's alpha, averaged variance extracted (AVE), and composite reliability for the measurement model. In general, it is recommended that the loading of each individual indicator is greater than 0.50 with a significant t-value ( $t > 2.0$ ) (Li *et al.*, 2007). For this study, all of the loadings for the indicators exceeded 0.50, except for one that had 0.47 (since this was reasonably close to 0.50, all of the indicators were retained).

#### 4.2 The structural model

Structural equation modeling (SEM) was used to simultaneously estimate multiple relationships between latent constructs. The model test was based on the covariance matrix as implemented in LISREL 8.30 (Joreskog & Sorbom, 1996). Descriptive statistics for all study variables and the results of the measurement and full structural model are presented in Tables 5, 6 and 7, respectively. Although NFI and GFI were close to the cut-off criteria, not all of the fit statistics satisfied the desirable range of reasonable fit (Hu & Bentler, 1999). A relatively low response rate and a small number of

Table 5 Measurement model

Construct	Code	Loadings	Cronbach's Alpha	AVE	Composite reliability
Shareholder	Stake1	0.65	0.80	0.49	0.74
	Stake2	0.82			
	Stake5	0.62			
Shareholder	Stake3	0.61	0.74	0.51	0.80
	Stake4	0.68			
	Stake8	0.76			
	Stake9	0.79			
ESB	Expect1	0.47	0.82	0.46	0.83
	Expect2	0.77			
	Expect3	0.51			
	Expect4	0.68			
	Expect5	0.70			
	Expect6	0.86			
SHIC	SusCap1	0.85	0.90	0.70	0.90
	SusCap2	0.86			
	SusCap3	0.85			
	SusCap4	0.78			
Sustainable SCM	SusSCM1	0.85	0.77	0.64	0.78
	SusSCM2	0.74			

Table 6 Measures of measurement and structural models fit and statistical power

Fit statistics	Desirable range (Hu and Bentler, 1998)	Measurement model	Structural model
$\chi^2$ test statistic			
( $\chi^2$ / d.f.)	<3.0	1.51	1.51
RMSEA	<0.8 reasonable fit and <0.5 good fit	0.08	0.08
NFI	>0.8 marginal fit and >0.9 good fit	0.74	0.74
NNFI	>0.8 marginal fit and >0.9 good fit	0.84	0.84
CFI	>0.8 marginal fit and >0.9 good fit	0.87	0.87
GFI	>0.8 marginal fit and >0.9 good fit	0.77	0.77
RMR	<0.09 for reasonable fit	0.08	0.06

respondents may have caused bias in conducting structural equation modeling. However, in the Korean context where only a limited number of companies have been undertaking sustainable SCM practices so far, the results could be considered as meaningful to explore the relationships between stakeholder pressure, SIIC, ESB, and sustainable SCM.

The results of the full structural model are presented in Figure 2. As suggested from the LISREL model, SIIC was positively related to sustainable SCM ( $\beta = 0.65$ ,  $p < 0.01$ ). SIIC was predicted by shareholder pressures ( $\beta = 0.66$ ,  $p < 0.01$ ), while sustainable SCM was predicted by both stakeholder pressures ( $\beta = -0.40$ ,  $p < 0.01$ ) and ESB ( $\beta = 0.35$ ,  $p < 0.05$ ).

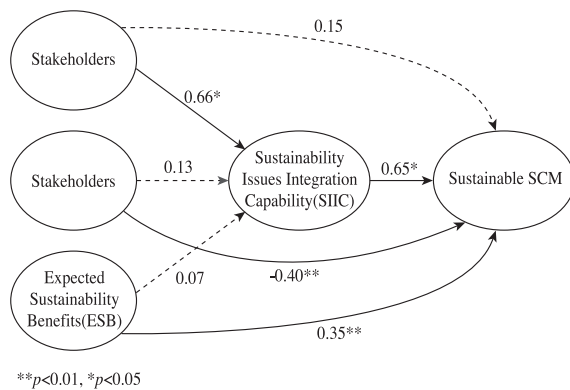


Fig 2. Standardized parameter estimates for the overall structural model

## 5. Discussion

Overall, the potential determinants on sustainable SCM hypothesized in this study were supported, except for a few unexpected results. Sustainable SCM was observed to be strongly influenced by SIIC of a firm (H1). The support for the RBV was relatively strong in the sustainable SCM context. In line with the argument by Judge and Douglas (1998), the organizational capability of integrating environmental issues into strategic planning process could lead to advanced environmental management, the organization that owns SIIC become more capable in the adoption of sustainable SCM. Based on this study, it appears that corporations that are optimistic vis-à-vis sustainability benefits are better able to implement sustainable SCM (H3b). This finding supports the

notion that one of the starting points for integrating sustainability issues into SCM is to increase the understanding and/or awareness the connection between supply chain decisions and firms' performance engendered by sustainable SCM (Koplin *et al.*, 2007).

One of main unexpected findings is that stakeholder pressure was negatively related to sustainable SCM (H2b). The author suggests two potential reasons for this surprising result. The first is measurement or other methodological errors, because the measure of stakeholder pressure in this study is on corporate sustainability rather than on sustainable SCM. The second is contextual differences. In South Korea, most of the prominent social issues affecting the world, including diversity and forced and child labor (e.g., Carter 2004), are considered less serious issues. Therefore, Korean companies may be less likely to consider sustainability issues in their supply chain when they are pressured by stakeholders.

With respect to SIIC, a mixture of expected and unexpected results was found (H2a). First, shareholder pressure was seen as a critical driver for firms to integrate sustainability issues into their strategic planning process. The result was consistent with previous arguments that firms have been experiencing an increasing pressure from their shareholders, particularly those who realize that the protection of reputation and brands are central to preserving their investments (Welford & Frost, 2006). Stakeholders, however, in contrast to our expectation, were not strongly linked to SIIC. One potential reason for this result could be firm size. Most of the respondents in this survey were large-sized corporations. Large corporations have been the target of close scrutiny with respect to environmental and social issues from regulatory agencies, NGOs, and local communities. In Korea, because of its close, homogeneous society characteristics, large corporations are likely to meet the requirements of these stakeholders; thus, the stakeholders' increasing pressure on sustainability issues integration may not have had a significant impact. All of these findings support the stakeholder theory regarding sustainability issues. However, the path in which stakeholders affect sustainability issues integration within and beyond a firm is less clear. This reflects the notion that the intensity of external pressure may vary by country, industry, and market (Benerjee, 1999).

In addition, support was not found for a positive

relationship between the ESB by firms and SIIC (H3a). There may be mediating factors between these two variables. For instance, having a positive perception on sustainability performance may not be sufficient to trigger sustainability issues integration. It is possible that another driving force within an organization is needed, such as championing (Andersson & Bateman, 2000).

## 6. Conclusion

This study adds to prior literature on sustainable SCM by re-verifying that an organization's capability with respect to incorporating sustainability issues into its strategic planning process, stakeholder pressure, and ESB act differently over sustainable SCM.

First, sustainable SCM rested heavily on SIIC of firms. This implies that firms that intend to change their managerial behavior along the entire supply chain should enhance the sustainability integration capability within their own organization first. The expansion throughout the supply chain should follow. SIIC can be achieved by enhancing the integration of environmental and social issues into general management process and everyday operating procedures, with top management commitment and the involvement of all employees throughout the organization. Second, SIIC and sustainable SCM are affected differently by shareholder and stakeholder pressure. Consistent with expectations, shareholder pressure motivated corporations to consider sustainability issues in their strategic planning and management process. However, stakeholder pressure had a negatively significant effect on sustainable SCM. Thus, the impact of ESB showed inconsistent results. While ESB motivated sustainable SCM, it did not show any significant relationship with SIIC. Some of the results that contrast what was expected may reflect a unique characteristic of the Korean context; further study is required to more fully probe this aspect.

This study provides a comprehensive research framework for a better understanding of the antecedents of sustainable SCM. Sustainability integration capability and stakeholder influence with respect to firms have largely been addressed

separately. This research model contributes to the body of knowledge vis-a-vis sustainable SCM by simultaneously examining the stakeholder theory and the RBV. The theoretical and empirical results of this study could be generalized to the context of rapidly developing countries, such as China and India. This is because South Korea was one of the most rapidly developing countries in the world in the 1980s and 1990s; thus, the Korean model could be exemplary to other rapidly growing economies in terms of societal concerns regarding environmental and social issues.

The author suggested directions for further research by clarifying the limitations of this paper. This study has some limitations: First, this study investigated a narrow range of likely-to-be drivers for sustainable SCM; thus, there may be important variables not considered in this paper. Second, there remains a need for a more comprehensive model, including the consequences of sustainable SCM in particular. Third, the measurements of sustainable SCM in this study did not include all of the important items suggested in prior studies. A more elaborate measurement accounting for these variables should be developed. Last, a relatively low response rate and a small number of respondents may have caused bias in conducting structural equation modeling. This paper awaits further, more refined studies in consideration of these limitations.

## 7. Acknowledgement

The author would like to thank the Business Institute for Sustainable Development for its support in data collection and for making this paper possible.

## REFERENCES

- [1] Amit, R. and Schoemaker, P.J.H., (1993), Strategic assets and organizational rent. *Strategic Management Journal*, Vol.14, pp.33-46.
- [2] Andersson, L.M. and Bateman, T.S., (2000), Individual environmental initiative: Championing natural environmental issues in U.S. business organizations,

- Academy of Management Journal*, Vol.43, pp.548-570.
- [3] Ansoff, I. and McDonnell, E., (1990), *Implementing strategic management*, 2<sup>nd</sup> eds. New York: Prentice Hall.
- [4] Barney, J., (1991), Firm resources and sustained competitive advantage, *Journal of Management*, Vol.17, pp.99-120.
- [5] Benerjee, S.B., (1999), Corporate environmentalism and the greening of strategic marketing: Implications for marketing theory and practice. In: Charter, M. and Polonsky, M.J., eds. *Greener marketing: A global perspective on greening marketing practice*, Sheffield: Greenleaf Publishing, 16-40.
- [6] Bowen, F.E., Cousins, P.D., Lamming, R.C. and Faruk, A.C., (2001), The role of supply management capabilities in green supply, *Production and Operations Management*, Vol.10, pp.174-189.
- [7] Boyd, D.E., Spekman, R.E. and Kamauff, J.W., (2007), Corporate social responsibility in global supply chains: A procedural justice perspective, *Long Range Planning*, Vol.40, pp.341-356.
- [8] Bremmers, H., Omta, O., Kemp, R. And Haverkamp, D-J., (2007). Do stakeholder groups influence environmental management system development in the Dutch agri-food section? *Business Strategy and the Environment*, Vol.16, pp.214-231.
- [9] Carroll, A.B., (1991), The pyramid of corporate social responsibility: toward the moral management of organizational stakeholders, *Business Horizons*, Vol.34, pp.39-48.
- [10] Carter, C.R. and Jennings, M.M., (2002), Social responsibility and supply chain relationships, *Transaction Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol.38, pp.37-52.
- [11] Carter, C.R., (2004), Purchasing and social responsibility: a replication and extension, *The Journal of Supply Chain Management*, Vol.40, pp.4-16.
- [12] Clair, J.A., Crary, M., McDaniels, M., Spelman, D., Buote, J.D., and MacLean, T., (1997), A cooperative inquiry into teaching and taking a course on managing diversity, *Research in Corporate Social Performance and Policy Supplement*, Vol.2, pp.25-62.
- [13] Clarkson, M., (1995), A stakeholder framework for analyzing and evaluating corporate social performance, *Academy of Management Review*, Vol.20, pp.92-117.
- [14] Cousins, P.D., Lamming, R.C. and Bowen, F., (2004), The role of risk in environment-related supplier initiatives, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.24, pp.554-565.
- [15] Elkington, J., (1998), *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21<sup>st</sup> century business*, Connecticut: New Society Publishing.
- [16] Freeman, R. E., (1984), *Strategic management: A stakeholder approach*, Boston: Pitman.
- [17] Guide, V.D.R. Jr. and Van Wassenhove, L.N., (2006), Closed-loop supply chains: An introduction to the feature issue (Part1), *Production and Operations Management*, Vol.15, pp.345-350.
- [18] Hamprecht, J., Corsten, D., Noll, M. and Meiser, E., (2005), Controlling the sustainability of food supply chains, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol.10, pp.7-10.
- [19] Handfield, R.B. and Nichols, E.L., (1999), *Introduction to supply chain management*, New Jersey: Prentice Hall.
- [20] Handfield, R.B., Sroufe, R. and Walton, S., (2005), Integrating environmental management and supply chain strategies, *Business Strategy and the Environment*, Vol.14, pp.1-19.
- [21] Hart, S., (1995), A natural resource-based view of the firm, *Academy of Management Review*, Vol.20, pp.986-1014.
- [22] Henriques, I. and Sadorsky, P., (1999), The relationship between environmental commitment and managerial perceptions of stakeholder importance, *Academy of Management Journal*, Vol.42, pp.87-99.
- [23] Hu, L. and Bentler, P.M., (1999), Cutoff criteria for fit indexes in covariance structural analysis: Conventional criteria versus new alternatives, *Structural Equation Modeling*, Vol.6, pp.1-55.
- [24] Hunt, C.B. and Auster, E.R., (1990), Proactive environmental management: Avoiding the toxic trap, *Sloan Management Review*, Vol.31, pp.7-18.
- [25] Jennings, M.M. and Entine, J., (1999), Business with a soul: a reexamination of what counts in business ethics, *Journal of Public Law and Policy*, Vol.20, pp.1-88.



- [26] Joreskog, K.G. and Sorbom, D., (1996), *LISREL 8: User's Reference Guide*, Chicago: SSI Inc.
- [27] Judge, W.Q.Jr. and Douglas, T.J., (1998), Performance implications of incorporating natural environmental issues into the strategic planning process: An empirical assessment, *Journal of Management Studies*, Vol.35, pp.241-262.
- [28] Keijzers, G., (2002), The transition to the sustainable enterprise, *Journal of Cleaner Production*, Vol.10, pp.349-359.
- [29] Kilcullen, M. and Kooistra, J.O., (1999), At least do no harm: sources on the changing role of business ethics and corporate social responsibility, *Reference Services Review*, Vol.27, pp.158-178.
- [30] Koplin, J., Seuring, S., and Mesterharm, M., (2007), Incorporating sustainability into supply chain management in the automotive industry: The case of the Volkswagen AG., *Journal of Cleaner Production*, Vol.15, pp.1053-1062.
- [31] Lambert, D.M. and Harrington, T.C., (1990), Measuring non-response bias in customer service mail surveys, *Journal of Business Logistics*, Vol.11, pp.5-25.
- [32] Lee, S. and Klassen, R.D., (2008), Drivers and enablers that foster environmental management capabilities in small- and medium-sized suppliers in supply chains, *Production and Operations Management*, Vol.17, pp.573-586.
- [33] Lee, S. and Rhee, S., (2005), From end-of-pipe technology towards pollution preventive approach: the evolution of corporate environmentalism in Korea, *Journal of Cleaner Production*, Vol.13, pp.387-395.
- [34] Lee, S. and Rhee, S., (2007), The change in corporate environmental strategies: a longitudinal empirical study, *Management Decision*, Vol.45, pp.196-216.
- [35] Li, W., Humphreys, P.K., Yeung, A.C.L. and Cheng, T.C.E., (2007), The impact of specific supplier development efforts on buyer competitive advantage: An empirical model, *International Journal of Production Economics*, Vol.106, pp.230-247.
- [36] Marrewijk, M., van, (2003), Concepts and definitions of CSR and corporate sustainability: Between agency and communion, *Journal of Business Ethics*, Vol.44, pp.95-103.
- [37] Marsden, C. and Androf, J., (1998), Towards an understanding of corporate citizenship and how to influence it, *Citizenship Studies*, Vol.2, pp.329-352.
- [38] Min, H. and Galle, W.P., (2001), Green purchasing practices of U.S. firms, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.21, pp.1222-1238.
- [39] Nunnally, J.C., (1978), *Psychometric Theory*, New York: McGraw-Hill.
- [40] Pedersen, E.R. and Andersen, M., (2006), Safeguarding corporate social responsibility (CSR) in global supply chains: How codes of conduct are managed in buyer-supplier relationships, *Journal of Public Affairs*, Vol.6, pp.228-240.
- [41] Rao, P. and Holt, D., (2005), Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance? *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.25, pp.898-916.
- [42] Russo, M.V. and Fouts, P.A., (1997), A resource-based perspective on corporate environmental performance and profitability, *Academy of Management Journal*, Vol.40, pp.534-559.
- [43] Setthasakko, W., (2007), Determinants of corporate sustainability: Thai frozen seafood processors, *British Food Journal*, Vol.109, pp.155-168.
- [44] Seuring, S. and Müller, M., (2008)a, From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management, *Journal of Cleaner Production*, Vol.16, pp.1699-1710.
- [45] Seuring, S. and Müller, M., (2008)b, Core issues in sustainable supply chain management - a Delphi study, *Business Strategy and the Environment*, Vol.17, pp.1699-1710.
- [46] Vachon, S. and Klassen, R.D., (2006), Extending green practices across the supply chain: The impact of upstream and downstream integration, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.26, pp.795-821.
- [47] Waddock, S. and Graves, S., (1997), The corporate social performance-financial performance link, *Strategic Management Journal*, Vol.18, pp.303-319.

- [48] Warhurst, A., (2005), Future roles of business in society: the expanding boundaries of corporate responsibility and a compelling case for partnership, *Futures*, Vol.37, pp.151-168.
- [49] Welford, R. and Frost, S., (2006), Corporate social responsibility in Asian supply chains, *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, Vol.13, pp.166-176.
- [50] Willard, B., (2002), *The sustainability advantage: Seven business case benefits of a triple bottom line*, British Columbia: New Society Publishers.
- [51] Young, A. and Kielkiewicz-Young, A., (2001), Sustainable supply network management, *International Journal of Corporate Sustainability and Corporate Environmental Strategy*, Vol.8, pp.260-268.
- [52] Zhu, Q. and Sarkis, J., (2004), Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises, *Journal of Operations Management*, Vol.22, pp.265-289.



#### 김 정 군

일리노이 주립대 MBA  
미주리 주립대 교육학 박사  
삼성SDI 지속가능경영 추진 사무국  
현재: 글로벌 비즈니스 코칭 연구소 대표  
관심분야: 조직변화, 비즈니스 코칭,  
지속가능 경영



#### 이 수 열

KAIST 경영공학 석사  
KAIST 경영공학 박사  
웨스턴온타리오대학교 박사후 연구원  
현재: 전남대학교 경영학부 조교수  
관심분야: 환경경영, 지속가능 SCM,  
탄소경영

## Appendix: Questionnaire items

### Stakeholder pressure

*(1 = very low to 5=very strong)*

How has been strong the following stakeholder's requirement for corporate sustainability for the last 3 years?

Stake1	Institutional investors
Stake2	Board of directors
Stake3	Regulatory agencies
Stake4	Customers
Stake5	General investors
Stake6*	Employees
Stake7*	Suppliers
Stake8	Local communities
Stake9	Non Governmental Organizations (NGOs)

### Expected sustainability benefits (ESB)

*(1 = strongly disagree to 5=strongly agree)*

Corporate sustainability will...

Expect1	help comply with regulations
Expect1	contribute to gain and maintain competitive advantage
Expect3	help improve corporate image and reputation
Expect4	reduce risks in doing business
Expect5	improve morale and satisfaction of employees
Expect6	improve financial performance

### Sustainability issues integration capability (SIIC)

*(1 = strongly disagree to 5=strongly agree)*

SusCap1	Our firm takes sustainability issues into account in the strategic decision processes
SusCap2	Our firm considers sustainability issues in everyday operating procedures
SusCap3	Top management commits sustainability
SusCap4	Every employee participates in sustainability practices

### Sustainable SCM

*(1 = strongly disagree to 5=strongly agree)*

SusSCM1	Our firm has a supply chain policy of long-term partnership and win-win approach
SusSCM2	Our firm conducts environmental and social audits and procurement practices

Note: Items denoted with an asterisk (\*) were subsequently dropped from the study.

## SCM 시스템 성과 평가모형 개발 및 평가항목별 AHP 분석\*

박일규<sup>†</sup> · 김상훈

광운대학교 대학원 경영정보학과

## Development of Performance Evaluation Model for SCM Systems and AHP Analysis of Evaluation Items

Il-Kyu Park<sup>†</sup> · Sang-Hoon Kim

Department of Management Information Systems, The Graduate School of Kwangwoon University

The objective of this research is to develop performance evaluation model for SCM(Supply Chain Management) systems aiming at optimizing internal and external logistics systems, production, flow of resources and finances, and to establish weight values for performance evaluation items.

Through reviewing and interrelating a vast range of related theoretical studies the integrative evaluation model for SCM systems performance was derived, and then the weight value as relative importance to SCM systems performance was determined for each evaluation area and item by means of AHP(Analytic Hierarchy Process) analysis. The data for AHP analysis were collected by surveying 15 SCM systems experts from academic and corporate sectors.

The performance evaluation model for SCM systems could be reasoned to consist of three evaluation areas(technological quality, task efficiency and organizational outcome) and nine evaluation items(system quality, information quality, service quality, contributiveness to task efficiency, users' satisfaction and four BSC items). The results of AHP analysis shows that each evaluation area and item have significantly different weight value. By applying the integrative evaluation model suggested in this study and the weight values of evaluation areas and items identified via AHP analysis, the performance evaluation of SCM systems will be able to be done more correctly and meaningfully. Also, the development and application of this rational performance evaluation methodology will lead to effective management of SCM systems.

**Keywords:** SCM systems, Performance Evaluation Model, Evaluation Areas, Evaluation Items, Analytic Hierarchy Process(AHP)

---

\* 이 논문은 2010년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

<sup>†</sup> **Corresponding author:** Room #538, Nuri Hall, Kwangwoon Univ., 20 Gwangun-ro, Nowon-gu, Seoul 139-701, South Korea.

TEL : 82-2-940-8397 FAX : 82-2-940-5432 E-mail : ikpark97@kw.ac.kr

\* 2011년 3월 3일 투고, 4월 7일 게재 확정.

## 1. 서론

SCM(Supply Chain Management) 시스템은 기업 내·외부를 연결하는 공급사슬을 통합적으로 관리하는 시스템으로서 내·외부의 물류체계, 생산, 자원과 자금의 흐름을 최적화하는데 그 목적을 두고 있다(강성배 외, 2010).

기업은 SCM 시스템을 통하여 재고감소, 비용절감, 납기준수, 품질개선 등의 경영개선 효과를 기대할 수 있으며, 나아가 고객의 만족도를 제고할 수 있다(Mentzer, 2001). 기업 간 경쟁이 심화됨에 따라 이에 대한 대응 수단으로 많은 기업들은 SCM 시스템의 구축에 상당한 노력을 기울여왔다. SCM 시스템 도입을 통하여 획기적인 경영성과를 거둔 기업도 있으나, 아직도 많은 기업들은 SCM 도입과 운영 과정에서 시행착오를 겪고 있다.

국내 기업들은 1990년대 후반에 SCM 전략을 도입하기 시작하여 대기업을 중심으로 한 제조, 기계, 전자, 물류, 유통 등 다양한 업종에 구축·실행되고 있으며, 현재는 도입초기를 지나 중기에 접어들고 있다(김창봉과 배영진, 2010). 이 중 LG 생활건강, 유한킴벌리, 오투기, CJ(제일제당), 풀무원, 유니레버 코리아, 롯데마트 등과 같이 SCM 도입으로 인한 괄목할 만한 경영성과를 달성한 기업도 있지만(박연우와 이정희, 2004), 여전히 많은 기업들이 SCM 전략 추진에 있어 정보기술 및 시스템, SCM 추진 조직, 조직간 프로세스 통합, SCM 프로젝트 추진, SCM 추진 비용 등에 따른 문제점을 노출시키고 있다(장형욱 과 이상식, 2006a). 한편 기업은 인터넷 비즈니스라는 시대적 요청에 순응하여 IT 인프라 확충에 막대한 비용을 지출함과 동시에 정부의 IT 지원정책과 맞물려 대표적인 기업정보시스템인 SCM 시스템 도입에 많은 자원을 투입하고 있다(나승화, 2006). SCM 시스템은 공급사슬내 참여하는 모든 기업간의 물류 및 정보의 흐름 등을 효율적으로 조정하고 관리함으로써 궁극적으로 기업의 경쟁력을 강화시켜주는 역할을 하며, 기업들은 이러한 SCM 시스템을 활용하여 고객 서비스 수준을 향상시키고, 비용을 최소화시킴으로써 공급사슬 전반에 걸쳐 있는 참여기업들과 공동으로 경쟁력을 향상시킬 수 있는 노력을 기울일 수 있다(장형욱과 이상식, 2006b).

이러한 배경으로 공급사슬 전체의 최적화를 추구하는 SCM 시스템의 도입 및 효율적인 운영이 기업의 중차대한 문제로 부각되고 있는 현 시점에서 본 연구는 정보시스템 평가 및 SCM 업무 프로세스 관련 참조모델에 관한 이론적 문헌을 토대로 SCM 부문의 특징적 요소를 고려한 SCM 시스템 성과 평가모형을 개발하고, 평가모형을 구성하는 평가영역 및 평가항목들 간의 중요도 차이를 AHP(Analytic Hierarchy Process)분석기법을 활용하여 도출하였다.

## 2. SCM 시스템 성과평가에 관한 이론적 배경

### 2.1 관련 주요 기저이론 및 연구

SCM 시스템 성과평가 관련 주요 선행연구를 살펴보면 기존의 정보시스템 성과모형들 중 이론계 및 실무계에서 지지도와 활용도가 가장 높은 DeLone and McLean 모형(1992, 2003)을 중심으로 한 정보시스템 성공요인에 관한 연구, 조직 및 경영 성과를 측정하기 위한 Kaplan and Norton(1992, 1996, 2005)의 BSC 모형 관점의 연구, 방대하고 복잡한 SCM 업무프로세스 분석수행에 대한 타당성을 확보하기 위해 공급사슬 운영의 참조모델로서 각광받고 있는 SCOR 모델 연구(Supply Chain Council, 2008)를 들 수 있다.

이 중 미국의 공급사슬협회(1996)가 개발한 SCOR 모델은 통합적 공급체인을 관리하기 위해서 개발된 프로세스 중심의 참조모델로서 <그림 1>과 같이 계획(plan), 조달(source), 제조(make), 배송(deliver), 반품(return) 등의 5가지 업무영역으로 구성되어 있다. SCOR 모델은 리엔지니어링(BPR), 벤치마킹, 실천사례의 3가지 방법론을 하나로 통합하여 구성되어 있으며, 그 구조를 살펴보면 레벨 1에서 레벨 3까지의 표준적인 참조모델을 정의해 놓고 레벨 4에 대해서는 각 기업 및 조직에서 하위모델을 정의하고 구현하여 사용하도록 하고 있다. 그리고 SCOR 모델은 기존의 공급사슬관리에서 독립적으로 취급되어왔던 중요한 경영 기능들을 보다 전략적인 시각에서 재정의하고 통합함으로써 공급사슬상의 이해관계자들이 경쟁우위를 획득할 수 있도록 하며, 공급사슬에 대한 정확한 진단과 시장에서의 벤치마킹을 통한 경쟁우위를 달성할 수 있도록 최상의 공급사슬 프로세스를 지속적으로 유지하도록 하고 있다(문태수 외, 2006).

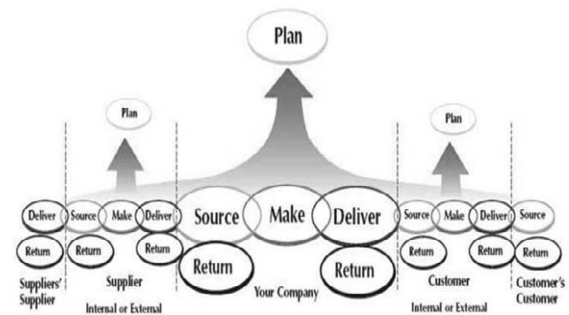


그림 1. SCOR 모델(Ver 9.0)

이상의 세 가지 이론적 모형들에 부가하여 투입→산출→효과라는 성과창출 단계(흐름)의 성과창출경로 확보를 위한 EA방법

론의 성과참조모형(PRM)(한국정보사회진흥원, 2008), 기업 활동에서 부가가치 창출에 관련된 가치사슬모형(Porter and Millar, 1985) 등이 SCM 성과 평가모형 도출의 이론적 근거가 될 수 있을 것이다.

한편 1970년대 이래 정보시스템(IS) 평가에 관한 연구들은 시스템의 성능을 중심으로 한 시스템 영역에 대한 평가, 사용자 만족도를 중심으로 한 사용자 영역에 대한 평가, 재무적 측정지표 중심의 조직 및 경영 성과영역에 대한 평가로 그 평가영역과 범위를 확대해 왔다(Lucas, 1972; Swanson, 1974; Borovits and Ein-Dor, 1977; Hurtado, 1978; Hamilton and Chervany, 1981; Chandler, 1982; Ives and Olson, 1983; Seddon and Kiew, 1994; Kettinger and Lee, 1994; Pitt and Watson, 1995; Pitt et al., 1997; Seddon, 1997).

특히 최근까지도 IS 평가 연구 중 가장 포괄적인 평가모형으로 인정받고 있는 DeLone and McLean(1992)의 연구에서는 정보시스템의 주요 평가영역을 6개 영역(시스템 품질, 정보 품질, 시스템 사용도, 사용자 만족도, 개인업무 성과 영향도, 조직성과 영향도)으로 범주화하였는데 이는 Shannon and Weaver(1949)가 제시한 정보시스템 성과의 영역인 기술적 수준(technical level), 의미론적 수준(semantic level), 효과성 수준(effectiveness level) 등 세 가지 수준을 재 정의한 것으로 이 세 가지 수준과 연관시킨다면 DeLone and McLean이 제시한 이들 6개 영역들은 다시 시스템영역, 사용자 영역, 조직 및 경영 성과영역 등 세 영역으로 대분류될 수 있을 것이다. 또한 후속 연구인 DeLone and McLean(2002, 2003)에서도 일부 평가항목에서 차이는 있으나 앞에서 제시된 세 가지 영역은 그대로 유지되고 있다고 볼 수 있다.

또한 이러한 시스템 영역, 사용자 및 업무 영역, 조직 및 경영 성과영역으로의 평가영역 구분 및 평가항목 도출은 다음의 <표 1>에서 요약·제시된 바와 같이 정보시스템 평가에 관한 주요 선행연구들에 포함된 평가항목들이 세 관점(시스템 관점, 사용자/업무 관점, 조직/경영성과 관점)의 평가항목으로 분류될 수 있다는 점에서도 뒷받침 된다고 볼 수 있다.

## 2.2 정보시스템의 성과 평가영역 및 평가항목

### 2.2.1 기술영역의 평가항목

시스템영역에 대한 평가는 정보시스템의 개발프로젝트의 최종 결과물로 완성된 개별 정보시스템의 자체 성과를 측정하는 것으로 주로 시스템의 성능과 기능 즉, 기술영역에 대한 평가로 볼 수 있다(정해용과 김상훈, 2003). 정보시스템의 성공차원을 여섯 가지로 나눈 DeLone and McLean(1992)은 정보시스템 및 제공 정

보의 품질 및 정보시스템 사용자 그룹의 사용정도, 사용시점의 만족도 평가를 통하여 도출되는 개인, 조직의 성과 향상 정도를 확인할 수 있는 IS 성과(성공) 모형을 제시함으로써 미래 연구자들에게 가이드라인을 제공하였다(박기남, 2006).

또한 1990년대 후반에 들어서 인터넷과 정보기술의 급격한 발전으로 인해 컴퓨터 보급이 활발하게 이루어지고, 사용이 용이해짐에 따라 정보시스템의 역할에 많은 변화를 가져오게 됨에 따라 DeLone and McLean(2003)은 지난 1992년 정보시스템 성과모형 발효 이후 제기된 여러 가지 논쟁(Seddon and Kiew, 1994; Pitt and Watson, 1995; Seddon, 1997)들을 보완하고, 정보기술의 발전 및 정보시스템의 역할변화를 고려하여 수정된 모형을 발표하였다. 수정된 정보시스템 성과모형은 1992년의 정보시스템 성과모형에 Kettinger and Lee(1994), Pitt and Watson(1995), Myers and Kappelman(1997), Watson et al.(1998) 등이 제시한 서비스 품질을 추가하였다. 즉, 단일의 개별적인 정보시스템을 평가함에 있어서는 시스템 품질과 정보 품질이 중요한 품질 구성요소이지만 인터넷과 전자상거래 등으로 정보기술의 활용범위가 확장되고, 사용자의 수준이 향상됨에 따라 서비스 품질의 평가도 병행되어야 한다는 주장을 하였다.

이러한 연구들에 근거하여 SCM 시스템의 기술영역에 대한 평가항목들은 시스템 품질, 정보 품질, 서비스 품질이 포함되어야 할 것이다.

### 2.2.2 업무영역의 평가항목

기술적으로 우수한 정보시스템이 조직 내에 도입되더라도 사용자들에 의하여 성공적으로 활용되고, 사용자의 만족을 통하여 조직의 성과로 이어질 때 그 의미가 있다는 점에서 정보시스템 사용자 및 업무영역에 대한 평가는 기술영역 평가와 조직성과영역 평가 간의 매개적인 의미가 있다(정해용과 김상훈, 2003). 사용자 영역의 평가항목은 개발 완료된 정보시스템의 사용을 통하여 개인업무 및 조직의 성과에 연결된다는 점에서 개인업무 및 조직성과의 대리 평가항목으로 많이 사용되는데 사용자영역의 평가항목으로서는 통계적으로 타당성이 검증된 주관적, 인지적 측정변수인 사용자 만족도가 주로 사용되어왔으며, 사용자 만족도 외에 시스템 사용도와 인식된 유용성이 사용자영역의 대표적인 평가항목으로 제시되어 왔다.

그러나 시스템 사용도는 시스템 사용이 강제된 경우에는 측정치로 적절치 않다는 점에서 많은 연구들에서 비판을 받고 있는데 특히 Lucas(1978)의 경우에도 시스템 사용도는 정보시스템의 사용이 강제적이지 않고 자발적(voluntary)일 때에 한하여 정보시스템 성공의 지표로 적당함을 강력히 주장하였으며, 일반적인 정보시스템에 있어서는 시스템 사용도를 정보시스템의 성공의 지표

표 1. 주요 IS 평가연구에 포함된 평가관점별 평가항목

구분	시스템 관점	사용자/업무 관점	조직/경영성과 관점
Shannon and Weaver(1949)	기술적 수준 (Technical Level)	의미론적 수준 (Semantic Level)	효과성 수준 (Effectiveness Level)
Mason(1978)	기술적 수준 (Technical Level)	의미론적 수준 (Semantic Level)	영향도 수준 (Influence Level)
Lucas(1978)	시스템 품질	사용도, 사용자 특성	-
Hurtado(1978)	EDP시스템 설계, 컴퓨터 센터운영	사용자 응용분야	-
Sutton and Mathis(1979)	시스템 개발	-	운영 및 지원, 상황적 계획, 안전관리, 장기계획
Hamilton and Chervany (1981a)	정보제공	사용자 업무성과	조직성과
Hamilton and Chervany (1981b)	정보시스템 개발그룹	사용자 그룹	경영관리 그룹, 내부감사 그룹
Chandler (1982)	시스템 영역 (자원활용, 비용, 효율성 등)	사용자 영역 (처리율, 신뢰성, 응답시간 등)	-
Franz and Robey(1986)	-	관여도, 인식된 유용성	-
Singleton, McLean, Altman(1988)	-	운영수준 (Operational Level)	조직수준 (Organizational Level), 전략수준 (Strategic Level)
DeLone and McLean(1992)	시스템 품질, 정보 품질	시스템 사용도, 사용자 만족도	개인 업무 성과에의 영향, 조직 성과에의 영향
Saunders and Jones(1992)	정보 산출물의 품질	사용자 및 관리자 태도	조직의 재무적 성과에 대한 IS의 기여도
Seddon and Kiew(1994)	시스템 품질, 정보 품질	인식된 유용성, 사용자 만족도, 관여도	-
Kettinger and Lee(1994)	서비스 품질	사용자 만족도	-
Seddon(1997)	시스템 품질, 정보 품질	인식된 유용성, 사용자 만족도	개인 효과, 조직 효과, 사회적 효과
Li(1997)	시스템 품질, 정보 품질, 서비스 품질	사용도, 사용자 만족도, 갈등해결	개인 효과, 조직 효과
Myers, Kappelman, Prybutok(1997)	서비스 품질, 시스템 품질, 정보 품질	시스템 사용도, 사용자 만족도	개인에의 영향, 작업집단내의 영향, 조직에의 영향
DeLone and McLean (2002, 2003)	시스템 품질, 정보 품질, 서비스 품질	시스템 사용도(사용의도), 사용자 만족도	순이익 (Net Benefits)

로 활용하는 것은 무리라는 견해가 지배적이다(Agarwal and Karahanna, 2000; Legris et al., 2003). 이와 같이 시스템 사용도는 시스템 사용이 강제된 경우 평가의 측정지표로 부적합하

다는 논리에 따라 Davis(1989) 등은 인식된 유용성(perceived usefulness)과 인식된 시스템 사용 용이성 등을 미래의 IS 사용의 아주 중요한 예측치임을 주장하고 있으며, Seddon(1997)은



IS 성공모형에서 IS 사용도 대신 중요한 측정지표로 Franz and Robey(1986)가 제시한 인식된 유용성 변수를 사용하여 실증분석을 실시하였다.

또한 Adams et al.(1993)은 Davis (1989)가 제시한 인식된 유용성 및 사용의 용이성(perceived usefulness and ease of use)과 정보시스템의 사용도(information usage)의 관계에 대한 모사연구(replication study)를 통하여 Davis(1989)의 연구결과와 같이 인식된 유용성은 정보시스템 사용의 중요한 결정요인을 밝힌 바, 인식된 유용성은 사용의 용이성과 함께 주로 개인을 연구대상으로 하는 정보기술 수용모형에서 많은 연구들이 진행되어 왔으며, 정보기술 수용모형에서도 실증분석된 결과에 따라 인식된 유용성은 시스템의 사용도 변수의 대리변수로 활용해도 무리가 없음을 보여주고 있다.

한편 DeLone and McLean(2003)의 모형에서 중요한 매개변수이자 정보시스템의 순효과에 영향을 미치는 중요한 매개변수로 포함된 사용의도(intention to use)와 사용(use)을 본 연구에서는 다른 시각으로 검토해 볼 필요가 있다. D & M(2003)은 IS 성공모형에서 시스템의 사용정도가 시스템품질, 정보 품질, 서비스 품질 등 세 독립변수의 영향을 받으면서 사용자 만족도에 영향을 주고, 사용자 만족도는 다시 사용의도에 영향을 주는 상호작용적인 관계로 묘사하고 있다. 이처럼 정보시스템의 사용의도와 만족도, 사용정도와 만족도의 관계는 대부분의 연구에서 사용자가 필요에 의해 정보시스템을 사용할 지 여부를 선택하거나 자발적 의지에 의해 선택한다는 자발성에 대한 전제가 일부 반영되어 있으나(강동석과 유시형, 2009) SCM 시스템의 경우 그 특성상 사용자 자발성의 전제를 충족시킬 수 없는 상황이다.

본 연구에서는 그간의 많은 연구들에서 제시하였듯이 정보시스템이 조직의 업무효율성 향상에 기여하는 지원도구라는 인식하에 SCM 시스템의 운영영역 즉, 업무영역에서 SCM 시스템의 사용으로 인한 업무효율성 향상에 대한 평가는 공급가치사슬상의 제반 업무기능이 정보시스템 및 정보기술의 도입으로 인하여 효율적으로 강화됨을 의미하는 바(최경현과 남지영, 2005), 이를 「SCM 시스템의 업무효율화 기여도」로 정의하고자 한다. 정보시스템의 사용으로 인한 업무의 효율성을 강화하기 위해서는 업무 프로세스에 대한 정보시스템의 지원범위 측면(서울특별시, 2003; 이관수, 2007), 업무를 처리할 때 시스템에 의존하는 측면(Rai and Lang, 2002; 박성준과 유은정, 2004), 업무수행 시 시스템의 사용자체가 용이한 측면(Davis, 1989; Legris et al., 2003), 정보시스템을 사용하여 목표로 하는 업무를 달성한 측면(Davis, 1989; Legris et al., 2003) 모두가 적절할 경우에 가능하다.

이상의 논의를 바탕으로 본 연구에서는 일반적인 정보시스템

에 있어서 시스템 사용도를 정보시스템의 성공(성과)의 지표로 활용하는 것은 무리라는 지배적인 견해를 고려하여 사용자 만족도와 SCM 시스템 사용을 통한 업무효율화 기여도를 업무영역의 평가항목으로 설정하고자 하며, 업무효율화 기여도의 세부평가항목들로서는 SCM 시스템 사용정도 및 사용을 통한 개인 및 조직의 업무효율화에 직접적으로 영향을 주며, 통계적으로 타당성이 검증된 주관적 및 인지적 측정변수들인 IS 포괄도(coverage), IS 의존도(dependency), IS 사용용이성(ease of use), IS 유용성(usefulness) 등 4가지 항목들을 포함시키고자 한다.

### 2.2.3 성과영역의 평가항목

조직 및 경영성과 영역은 조직의 성과에 대한 궁극적인 평가로서 재무적 측정치로 평가하는 것이 가장 타당하며, 정보시스템 평가에 관한 선행연구들에서도 이 부분에 대한 많은 연구들이 수행되어 왔다 (DeLone and McLean, 1992; Hitt and Brynjolfsson, 1996; 정해용과 김상훈, 2003). 그러나 재무적 측정지표는 조직 내·외의 수많은 요인들(smoothing factors)이 결합되어 작용하기 때문에 정보기술로 인한 순수한 성과만을 떼어내어 측정할 수 없는 등 평가에 많은 한계를 가지고 있다.

이러한 재무적 지표의 한계점을 극복하기 위해 재무적 측정지표들뿐 만아니라 내부사업관점, 고객관점 및 혁신과 학습관점의 측정지표들을 포함한 Kaplan and Norton(1992, 1993, 1996, 2005)의 균형성과표(Balanced Scorecard: BSC)가 정보시스템 평가를 위한 측정지표 설정에 있어서 보편적으로 활용되고 있다.

본 연구에서도 Kaplan and Norton(1992)의 균형성과표(BSC)에 입각하여 SCM 시스템 사용으로 인한 조직의 재무 성과, 고객성과, 내부 프로세스 성과, 학습 및 성장성과를 SCM 시스템의 성과영역 평가항목으로 설정하고자 한다.

## 3. SCM 시스템 성과 평가모형 개발

앞서 기술한 SCM 시스템 성과평가에 관련된 기존의 이론적 모형들 및 모형 내 구성요소들과 이들 간의 관계를 기반으로 SCM 시스템 성과평가를 위한 이론적 모형과 모형 도출의 논리적 근거를 도식화하면 <그림 2>와 같이 나타낼 수 있을 것이다.

즉, 본 연구모형은 전체적으로 투입(input)→산출(output)→효과(outcome)라는 성과창출 단계(흐름)의 주(主)경로(critical path)별로 평가항목이 분류되어야 함을 보이고 있으며, 이는 정보시스템의 평가관점별 분류인 시스템 관점, 사용자 및 업무 관점, 조직 및 경영 성과 관점의 평가항목 분류와 직접적인 연계가 있고, 또한 이 세 가지 관점에 입각하여 SCM 시스템의 성과

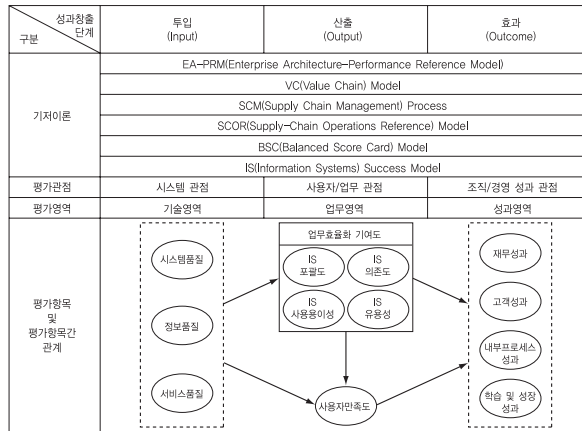


그림 2. SCM 성과평가 모형

평가영역이 기술영역, 업무영역, 성과영역으로 구분되어야 함을 나타내고 있다.

아울러 본 연구모형에 의하면 SCM 성과평가 항목은 9개의 평가항목-시스템 품질, 정보 품질, 서비스 품질, 업무효율화 기여도 (IS 포괄도, IS 의존도, IS 사용용이성, IS 유용성의 4개 평가지표로 구성), 사용자 만족도, 재무 성과, 고객 성과, 내부프로세스 성과, 학습 및 성장 성과-으로 구성되어야 함을 알 수 있다.

## 4. AHP 분석을 위한 연구설계

### 4.1 평가영역 및 평가항목별 가중치 결정을 위한 AHP 모형의 설정

앞서 제시된 SCM 시스템 성과평가에 대한 평가항목들은 AHP 분석의 평가기준(evaluation criterion)에 해당되는 것으로 각 평가항목들 간의 관계를 고려했을 때 다음의 <그림 3>과 같은 계층구조로 도식화 할 수 있다.

<그림 3>의 계층구조를 살펴보면 계층 1의 최상위 계층에 「SCM 시스템 성과평가를 위한 평가영역 및 평가항목의 계층구조도」라는 포괄적인 목표를 두었으며, SCM시스템 성과 평가영역 즉 기술영역, 업무영역, 성과영역을 계층 2(대분류)로 구성하였다. 또한 기술영역을 구성하는 시스템품질, 정보 품질, 서비스 품질에 관한 세 가지 평가항목과 업무영역의 업무효율화 기여도 및 사용자 만족도 등 두 가지 평가항목, 그리고 성과영역의 재무 성과, 고객성과, 내부 프로세스 성과, 학습 및 성장성과 등 네 가지 평가항목을 계층 3(중분류)으로 분류하였다. 아울러 SCM 시스템 성과평가의 업무영역의 평가항목들 중 하나인 업무효율화 기여도의 경우는 다시 네 가지 세부평가항목으로 구분하였다.

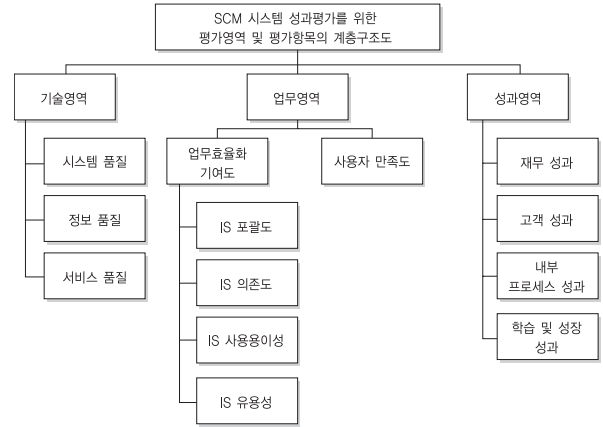


그림 3. SCM 시스템 성과평가의 평가항목간 계층구조

즉, SCM 시스템 성과평가에 대한 계층화 모형은 총 세 계층으로 구성되었으며, 계층 1은 포괄적인 목표, 계층 2가 3개, 계층 3이 9개의 비교대상 항목으로 설정되었다. 또한 업무영역의 업무효율화 기여도에 관한 4개의 세부평가항목이 부가적으로 포함되었다.

### 4.2 SCM 시스템 성과평가의 평가영역 및 평가항목 도출

전술하였던 SCM 시스템 성과평가 관련 주요 기저이론 및 연구와 정보시스템의 성과 평가영역 및 평가항목들에 대한 기존 연구를 바탕으로 SCM 시스템 성과평가를 위한 AHP 모형에 따른 평가영역 및 평가항목을 정의하여 제시하면 <표 2>에서 <표 6>까지와 같다. 우선 SCM 시스템 성과평가는 <표 2>와 같이 3단계의 평가영역으로 구분 할 수 있으며, 각 단계별로 「기술영역」, 「업무영역」, 「성과영역」의 평가가 수행 될 수 있다.

표 2. SCM 시스템의 평가영역

평가영역	정의
기술영역	SCM 시스템의 기능이나 산출정보, 지원요원이 공급사슬관리 업무수행을 적절하게 지원할 수 있는 정도를 평가하는 영역
업무영역	공급사슬관리 업무프로세스가 SCM 시스템에 의해 효율성(efficiency)이 향상된 정도 및 SCM 시스템 사용자의 만족도를 평가하는 영역
성과영역	SCM 시스템에 의해 공급사슬관리 업무의 성과(effectiveness)가 얼마나 향상되었는지를 평가하는 영역

이 중 「기술영역」에 대한 평가수행 시에 적용되는 평가항목은 <표 3>과 같이 3가지 평가항목으로 구성되었다.

표 3. 「기술영역」의 평가항목

평가항목	정의
시스템 품질	SCM 시스템의 기술적 수준에서 사용자가 인지하는 SCM 시스템 자체의 특성 및 성능
정보 품질	SCM 시스템의 산출물 측면에서 SCM 시스템이 생산하여 사용자에게 제공하는 정보의 내용 및 특성이 가지는 가치
서비스 품질	SCM 시스템 사용시 제공되는 정보화지원 활동(IS 구축·운영, 정보화컨설팅 등)을 행한 SCM 시스템 지원원들의 태도, 관계, 지원활동

또한 「업무영역」에 대한 평가 수행 시에 적용되는 평가항목은 <표 4>와 같이 2가지 평가항목으로 구성되었다.

표 4. 「업무영역」의 평가항목

평가항목	정의
업무효율화 기여도	사용자들이 SCM 시스템을 활용하여 업무를 수행할 때 그 SCM 시스템이 업무의 효율성 향상에 기여하는 정도
사용자 만족도	사용자들이 SCM 시스템 사용으로 인한 효과가 자신들의 기대에 부응한다고 믿는 정도

부가적으로 「업무영역」을 평가하기 위한 항목으로서 공급사슬 관리 업무효율화 향상에 SCM 시스템이 얼마나 기여하는지에 관해 평가하기 위해 <표 5>의 4가지 세부 평가항목을 이용하였다.

표 5. 업무효율화 기여도에 관한 세부평가항목

세부평가항목	정의
IS 포괄도	공급사슬관리 업무 수행 시 SCM 시스템의 지원범위
IS 의존도	공급사슬관리 업무 수행 시 SCM 시스템에 의존하는 정도
IS 사용용이성	공급사슬관리 업무 수행 시 SCM 시스템의 사용이 쉽고, 편리한 정도
IS 유용성	공급사슬관리 업무 수행 시 SCM 시스템이 유용한 정도

이어 「성과영역」에 대한 평가 수행 시에 적용되는 평가항목은 <표 6>과 같이 4가지 평가항목으로 구성되었다.

### 4.3 상대적 중요도 분석을 위한 쌍대비교표 개발

<그림 3>의 계층구조에서 제시된 SCM 시스템 성과평가에 대

표 6. 「성과영역」의 평가항목

평가항목	정의
재무성과	조직 및 경영성과의 재무적 관점에서 SCM 시스템 사용으로 인해 측정되는 재무적 성장성을 고려한 조직의 사업가치 향상정도
고객성과	조직 및 경영성과의 고객 관점에서 SCM 시스템 사용으로 인해 측정되는 고객의 만족 및 고객에게 가치를 제공하는 정도
내부 프로세스성과	조직 및 경영성과의 내부 프로세스 관점에서 SCM 시스템 사용으로 인해 내부 업무 프로세스가 효과적이고, 효율적으로 운영되는 정도
학습 및 성장 성과	조직 및 경영성과의 학습 및 성장 관점에서 SCM 시스템 사용으로 인해 미래 대응을 위한 혁신활동 및 지식자산의 창출과 활용정도 및 임·직원의 역량 향상정도

한 평가영역 및 평가항목들 간의 상대적 중요도를 계산하기 위하여 쌍대비교 설문지를 개발하였으며, 이 중 평가영역별 평가의 상대적 중요도 분석을 위한 쌍대비교설문지를 예시적으로 제시하면 다음의 <표 7>과 같다.

표 7. 평가영역별 평가간 상대적 중요도 분석을 위한 쌍대비교표

비교항목	극히중요	매우중요	중요	약간중요	동등	약간중요	중요	매우중요	극히중요	비교항목
기술영역	9	8	7	6	5	4	3	2	1	업무영역
기술영역	9	8	7	6	5	4	3	2	1	성과영역
기술영역	9	8	7	6	5	4	3	2	1	성과영역

즉, <표 7>은 <그림 3>의 계층 2에 속하는 3가지 평가영역 간의 상대적 중요도를 구하기 위해 두 개의 비교대상 항목인 평가영역들 간의 상대적인 중요도를 평가자가 어의적 판단(verbal judgment)을 통해 내리고, 이를 수치적인 판단(numerical judgment) 자료로 변환할 수 있도록 해주는 측정도구이다. 평가항목 간 쌍대비교설문도 비교항목의 내용만 다를 뿐 <표 7>과 동일한 형태를 취하였다. 이에 관해 보다 구체적으로 기술하면 계층 3에 배열되어 있는 9가지 평가항목들에 대해서도 3가지 평가영역별로 해당 평가항목들 간의 상대적 중요도 검증에 위한 쌍대비교표를 개발함으로써 최종적으로 SCM 시스템 성과평가에 대한

평가기준들 간의 가중치 도출을 위해 총 5개(업무효율화 기여도의 세부평가항목 관련 쌍대비교표 포함)의 쌍대비교표가 개발·적용되었다.

## 5. AHP 분석 절차 및 절차별 주요 내용

보다 객관적인 시각에서 SCM 시스템 성과평가에 대한 평가기준별 합리적인 중요도 산정을 위해 본 연구에서는 SCM 성과측정 및 SCM 시스템 성과평가와 관련된 연구업적과 경험이 있는 전문가 그룹 즉, 학계와 업계의 전문가들을 표본으로 선정하여 2010년 6월 1일 부터 14일 까지 2주간 자료를 수집하였다. 전문가 그룹의 구성을 살펴보면 교수 2명, 연구원 3명, 컨설턴트 및 현업종사자 10명이 분포하고 있으며, 표본집단으로 선정된 15명을 대상으로 설문 협조요청 이메일을 개별적으로 발송하였다.

이와 같은 과정을 거쳐 수집된 15명의 유효자료를 이용한 SCM 시스템 성과평가 항목별 중요도 설정에 대한 AHP 분석은 <그림 4>와 같은 절차를 통해 이루어졌으며, 대표적인 스프레드시트(spread sheet)인 Microsoft Office Excel 2007을 이용해 분석을 수행하였다.

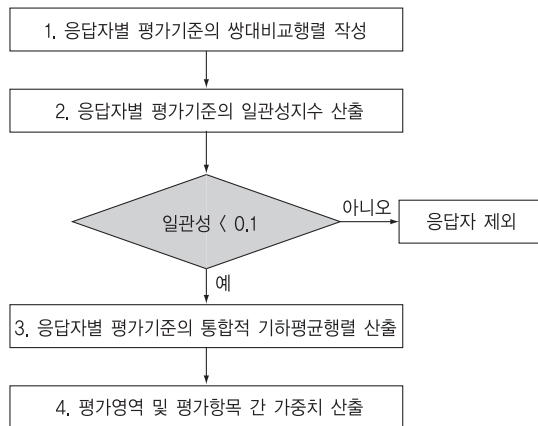


그림 4. SCM 시스템 성과평가에 대한 평가영역 및 평가항목별 가중치 산출을 위한 AHP 분석 절차

또한 분석 절차별 주요 내용을 살펴보면 첫째, 응답자별 평가기준(평가영역, 평가항목)에 대한 쌍대비교 수치를 이용해 개인별 비교판단행렬(comparative judgment matrix)을 작성하였으며, 이를 이용해 응답자 개인별로 생각하는 평가기준별 상대적 중요도를 계산하고, 개인별 중요도 수치를 하나로 통합하여 전체 응답자가 생각하는 평가기준별 상대적 중요도를 산정하였다.

둘째, 개인별로 응답한 평가기준별 쌍대비교 수치에 논리적인

일관성(logical consistency)이 결여되어 있는 경우, 이를 이용해 산출한 개인별 상대적 중요도나 이를 통합한 전체 응답자의 상대적 중요도 계산에 잘못된 영향을 미치게 되므로 개인별 응답의 논리적 일관성을 판정하기 위한 일관성 비율(consistency ratio)을 산출하였다. 일관성 비율은 비교대상의 수와 유의수준에 따라 다르게 적용해야 한다는 주장도 있지만 절대적인 기준이 존재하는 것은 아니며, 일반적으로 0.1이하의 기준을 적용한다(Saaty, 1980). 본 연구에서는 유효응답자 15명 모두가 일관성 비율 0.1 이하를 만족시키는 것으로 나타났다.

셋째, 일관성 비율기준을 통과한 이들 15명의 개인별 의견을 하나로 통합시키는 작업을 수행하였다. 일반적으로 다수 전문가들의 가중치 종합화를 위한 방법으로는 개인별 비교행렬로부터 얻은 각자의 가중치를 「산술평균」하는 방법과 「기하평균」하는 방법이 있으나, 이들 두 가지 방법과 비교했을 때 개인별 비교행렬을 「기하평균」으로 통합한 「기하평균행렬」을 이용하여 종합적인 가중치를 산정하는 방식이 가장 우수한 것으로 널리 활용되고 있어 개인별 비교판단행렬들을 이용해 통합적 「기하평균행렬」(geometric mean matrix)을 산출하였다.

마지막으로 SCM 시스템 성과평가를 위한 종합적인 평가기준별 가중치를 산출하였다.

## 6. AHP 분석결과 및 논의

SCM 시스템 성과평가에 대한 평가영역 및 평가항목별 가중치는 최종적으로 다음의 <표 8>에 제시된 바와 같이 산출되었다.

<표 8>을 살펴보면, Local 가중치는 세 가지 평가영역 중 한 가지 평가영역 안에서의 지역적(local) 가중치를 나타내며, Global 가중치는 평가영역과 평가항목을 망라한 전(全) 평가기준에서의 전역적(global) 가중치를 의미한다. 즉 평가영역의 가중치와 평가항목의 Local 가중치를 곱하면 평가항목의 Global 가중치가 산출되는 바, 예를 들어 기술영역의 가중치 0.131과 시스템 품질 항목의 Local 가중치 0.179를 곱하면 시스템 품질 항목의 Global 가중치 0.023이 계산된다. 따라서 <표 8>에서 제시하고 있는 순위는 평가항목의 Global 가중치에 대한 순위를 나타낸다.

### 6.1 평가영역별 가중치

<표 8>에서 나타난 바와 같이 세 가지 평가영역들에 대한 가중치를 비교하였을 때, 성과영역의 가중치가 0.651이라는 압도적으로 가장 중요하게 평가 되었고, 이어서 업무영역과 기술영역이 각각 0.218과 0.131의 가중치로 그 뒤를 이었다. 이는 기술영역이

나 업무영역에 비해 최종 성과의 중요성을 부각시키는 결과로서 SCM 시스템에 의해 공급사슬관리 업무의 성과 즉, 효과성(effectiveness)의 향상이 가장 중요하다고 할 수 있다. 기업들이 기업 내부의 활동들을 효과적으로 조정하며, 공급사슬 상의 상호 관련된 기업들로 구성된 네트워크가 효율적으로 운영될 수 있도록 하기위한 방안으로 새로운 정보기술(IT) 및 정보시스템(IS)의 도입 및 활용시에 아무리 새로운 정보기술이나 성능이 좋은 SCM 시스템을 사용한다고 하더라도 결국 최종적인 SCM 업무의 성과와 무관하다면 별의미가 없는 것으로 해석될 수 있다.

표 8. SCM 시스템 성과 평가영역 및 평가항목별 가중치 산출

평가 영역	평가영역 가중치	평가항목	평가항목 가중치		순위
			Local	Global	
기술 영역	0.131	시스템 품질	0.179	0.023	9
		정보 품질	0.610	0.080	6
		서비스 품질	0.211	0.028	8
	Local 가중합계		1.000	0.131	-
업무 영역	0.218	업무효율화 기여도	0.754	0.164	3
		사용자 만족도	0.246	0.054	7
	Local 가중합계		1.000	0.218	-
성과 영역	0.651	재무 성과	0.267	0.174	2
		고객 성과	0.253	0.164	3
		내부프로세스 성과	0.354	0.230	1
		학습 및 성장 성과	0.126	0.083	5
	Local 가중합계		1.000	0.651	-
평가 영역 가중합계	1.000	Global 가중합계	1.000		-

## 6.2 평가항목별 가중치

### 6.2.1 기술영역의 평가항목별 가중치

〈표 8〉에 나타나 있는 기술영역의 평가항목별 가중치를 살펴 보면, 정보 품질의 가중치가 0.610으로 월등히 중요하게 나타났고, 서비스 품질과 시스템 품질은 각각 0.211과 0.179의 가중치로 두 번째와 세 번째로 평가되었다. 즉, SCM 시스템 자체의 특성 및 성과와 SCM 시스템 지원요원들의 지원서비스 수준 보다 SCM 시스템의 산출물 측면에서 시스템에서 생산하여 제공하는 정보의 품질이 상당히 중요함을 보여주고 있다. 이는 SCM 시스템 성공의 핵심은 시스템 자체의 성능 및 특성보다도 시스템을 실제로 이용하는 사용자들에게 제공되는 정보의 내용 및 특성이 가지는 가치에 달려 있다는 것을 의미하는 것으로 시스템 품질은 일

정 수준이상의 성능을 확보할 수 있다는 점에서 그 상대적인 중요성이 낮게 나타난 것으로 보여 진다. 아울러 구축된 SCM 시스템의 사용을 원활하게 지원해주는 SCM 시스템 지원요원들의 서비스 품질(0.211) 평가항목이 시스템 품질(0.179)에 비해 보다 비중이 높게 나타남을 알 수 있다.

### 6.2.2 업무영역의 평가항목별 가중치

이어서 〈표 8〉에서 제시하고 있는 업무영역의 평가항목별 가중치를 비교해 보았을 때, 업무효율화 기여도의 가중치(0.754)가 사용자 만족도의 가중치(0.246)에 비해 그 비중이 약 3배 정도 큰 것으로 조사되었다. 이는 SCM 시스템 사용자들이 인지하는 만족도라는 것은 SCM 시스템 사용으로 인한 효과가 자신들의 기대와 일치 하는 정도를 의미하는 바, 기대충족 정도보다는 SCM 시스템의 활용이 업무에 실제 얼마나 기여하는 가에 대한 관심이 더욱 큼을 의미한다.

아래의 〈표 9〉와 같이 부가적으로 실시된 업무영역의 업무효율화 기여도에 관한 세부평가항목별 가중치 산출에 의하면, IS 유용성의 가중치가 0.534로 월등히 높게 나타났고, IS 사용용이성의 가중치가 0.178로 두 번째 중요한 비중으로 조사되었으며, IS 의존도와 IS 포괄도가 0.149와 0.139의 가중치로 그 뒤를 이었다. 이는 SCM 시스템이 공급사슬관리 업무효율화에 기여하는 것은 시스템이 업무를 상당 부분 지원하거나 또는 사용자들이 시스템에 많이 의존하거나 그 사용이 쉽고, 편리해서 라기보다는 시스템을 활용하여 업무를 처리하면 시스템 사용으로 인하여 목적인 바를 달성하는데 도움이 되기 때문인 것으로 보고 있음을 알 수 있다. 상대적으로 IS 사용용이성 · 의존도 · 포괄도의 가중치가 IS유용성의 가중치에 비해 덜 중요하게 나타난 것은 시스템 자체의 특성 및 기능, 업무 지원범위처럼 사용자의 입장에서 통제 가능한 변수가 아닐 가능성이 높기 때문이며, 무엇보다 사용자들이 복잡하고, 방대한 공급사슬관리 업무를 수행할 때 SCM 시스템이 유용하여 도움이 된다는 인식을 갖도록 하는 것이 긴요한 일임을 알 수 있다.

표 9. 업무효율화 기여도에 관한 세부평가항목별 가중치 산출

구분	IS 포괄도	IS 의존도	IS 사용 용이성	IS 유용성
세부평가항목별 가중치	0.139	0.149	0.178	0.534

### 6.2.3 성과영역의 평가항목별 가중치

또한 〈표 8〉에서 제시하고 있는 성과영역의 평가항목들 중에서는 내부 프로세스성과가 0.354로 가장 중요하게 나타났다. 재무 성과와 고객 성과가 각각 0.267과 0.253의 비슷한 수준의 가

중치로 그 뒤를 이었으며, 학습 및 성장 성과가 0.126의 가중치로 상대적으로 덜 중요하게 조사되었다. 이는 SCM 시스템 사용으로 인해 내부 업무프로세스가 효과적이고, 효율적으로 운영되는 것이 여러 성과들 중에서 가장 기본적이면서도 핵심적인 성과임을 알 수 있으며, 기업 성과창출의 상대적 중요성 및 차지하는 비중에서 재무 성과와 고객 성과 또한 SCM 시스템의 성과로서 중시되고 있음을 알 수 있다. 한편, 학습 및 성장 성과가 덜 중요하게 분석된 것으로 보아 미래 대응을 위한 기업의 활동 및 역량 등은 현실적으로 체감하는 중요성이 다소 떨어지는 것으로 파악된다.

#### 6.2.4 전체(Global) 평가항목별 가중치

앞에서 언급하였듯이 평가영역의 가중치와 평가항목의 Local 가중치를 곱하면 평가항목의 Global 가중치가 산출되는 바, 평가항목 전체적(Global)으로 비교했을 때 가중치가 높은 순서대로 나열하면 내부 프로세스 성과 0.230, 재무 성과 0.174, 고객 성과 0.164, 업무효율화 기여도 0.164, 학습 및 성장 성과 0.083, 정보 품질 0.080, 사용자 만족도 0.054, 서비스 품질 0.028, 시스템 품질 0.023의 순으로 나타났다.

이러한 결과는 평가항목 전체의 중요도에서 성과영역의 평가항목들 즉 내부 프로세스 성과(1위), 재무 성과(2위), 고객성과 및 업무효율화 기여도(공동 3위), 학습 및 성장 성과(5위)가 상위 그룹을 형성하고 있는 것으로 파악되며, 특이할 만한 사항으로 고객 성과의 가중치와 업무효율화 기여도의 가중치가 0.164로 동일한 비중을 보이고 있다는 점이다. 이외에도 기술영역의 평가항목별 가중치와 사용자 만족도의 가중치는 0.08이하의 상대적으로 덜 중요한 항목들로 판명되었다. 즉, SCM 시스템 사용으로 인한 조직의 성과를 극대화하기 위해서는 우선적으로 성과영역내의 성과평가항목들과 업무영역에 속해 있는 업무효율화 기여도를 비중 있게 관리해야함을 알 수 있으며, 이는 SCM 시스템 사용자들은 시스템 활용을 통한 조직의 성과에 우선적으로 큰 관심을 보이고 있기 때문인 것으로 판단된다.

## 7. 결론

기업 간 경쟁의 강도가 심화되고, 경쟁의 상대가 다변화 되어 감에 따라 이에 대한 대응수단의 하나로 많은 기업들은 SCM 시스템의 구축에 상당한 노력을 기울여 온 바, 본 연구는 기업 내·외부를 연결하는 공급사슬을 통합적으로 관리하는 시스템을 최적화하기 위한 SCM 시스템의 성과 평가모형 개발 및 평가항목별 가중치 설정에 그 목적을 두고 있다.

이를 위해 이론적 연구를 기반으로 하여 SCM 시스템 성과평

가를 위한 통합적 모형을 도출하고, SCM 시스템 성과평가를 위한 평가영역 및 평가항목 간의 상대적 중요도를 규명하기 위하여 학계와 업계의 전문가 15명을 대상으로 설문조사 수집하여 AHP 분석을 수행하였다. 가중치 분석 결과, 내부프로세스 성과-재무 성과-고객 성과-업무효율화 기여도-학습 및 성장 성과-정보 품질-사용자 만족도-서비스 품질-시스템 품질의 순으로 중요도 차이를 보이는 것을 비롯하여 평가영역 및 평가항목별로 차별적인 가중치를 보이는 것으로 분석되었다.

본 연구의 기여점으로는 평가항목 전체의 중요도에서 성과영역의 평가항목들이 주로 상위 그룹을 형성하고 있는 것으로 나타나며 따라 SCM 시스템 사용으로 인한 조직의 성과를 향상시키기 위해서는 우선적으로 성과영역내의 평가항목들과 시스템의 업무효율화 기여도를 비중 있게 관리해야 한다는 점을 들 수 있다. 또한 AHP 분석을 통해 평가영역 및 평가항목 간 가중치가 상이하다는 점을 밝힘에 따라 SCM 시스템 성과평가에 대한 다양한 이해관계자들(stakeholders)의 입장을 합리적이고, 객관적으로 통합·조정할 수 있는 방안을 제시함과 아울러 SCM 시스템의 성과를 계량적으로 분석 및 파악할 수 있는 계기를 마련하였다는 점이며, 더 나아가 AHP 분석을 통해 산출된 평가영역 및 평가항목 간의 가중치를 사용 중인 SCM 시스템에 대한 여러 평가 상황에 준용하여 활용함으로써 실제 성과가 과대 또는 과소평가 되는 오류를 줄일 수 있다는 점이다.

그러나 본 연구에서는 가중치 도출과정의 비교대상이었던 평가항목들에 대한 개념적인 타당성 및 신뢰성에 대한 통계적인 검증은 수행하지 못한 한계를 지니고 있으며, 본 연구에서 도출한 가중치들을 기존 연구 및 사례들의 가중치들과 비교·검토해 보는 것이 필요하나 전체적으로 비교해 보지 못했으며, 표본집단의 선정에 있어서도 보다 계량화된 전문가 선정기준의 개발·적용이 필요함에도 불구하고, 성과평가 관련 연구실적 및 실제 평가사업 경험 유·무로만 선정했다는 점에서 한계로 지적된다.

향후에는 보다 최신의 정보시스템 성과모형들 중 이론적 및 실무계에서 지지도와 활용도가 높은 모형을 중심으로 한 정보시스템 성과요인과 성과평가에 관한 기저이론 및 모형 연구, 조직 및 경영 성과를 측정하기 위한 최근 연구, 방대하고 복잡한 SCM 업무프로세스 분석 수행에 대한 타당성을 확보하기 위해 공급사슬 운영의 참조모델로서 각광 받고 있는 SCOR 모델 연구 등을 통해 SCM 시스템 성과평가 모형의 이론적 견고성 및 차별성을 확보할 필요가 있으며, 평가항목 및 측정지표 개발에 관한 보다 심도 있는 이론적 문헌고찰 및 심층적 사례분석 그리고 광범위한 자료수집에 근거한 실증분석이 수반되어야 할 것이다. 아울러 각 평가항목들 간의 유의적인 인과관계 유·무에 대한 검증을 위해 구조방정식 모델링(SEM: Structural Equation Modeling) 방법을 통



해 SCM 시스템의 성과창출 과정(경로)에 대한 메커니즘(mechanism)을 규명하는 작업도 요망된다.

## 참고 문헌

- [1] 강동석, 유시형(2009), “공공정보시스템 효과성 측정지표의 타당성 검증에 관한 연구 -행정정보DB구축사업을 중심으로-”, *정보처리학회 논문지D*, 제16권, 제3호, pp.417-422.
- [2] 강성배, 문태수, 정운(2010), “참여자관점에서 공급사슬관리 시스템의 성공에 영향을 미치는 요인에 관한 실증연구”, *Asia Pacific Journal of Information Systems*, 제20권, 제3호, pp.139-166.
- [3] 김창봉, 배영진(2010), “국내 제조기업의 SCM구축 성과에 관한 실증 연구”, *e-비즈니스연구*, 제11권, 제1호, pp.25-44.
- [4] 나승화(2006), “SCM 시스템 특성이 마케팅 성과에 미치는 영향”, *한국유통과학회 · 중국청도과기대학 2006년 공동국제학술대회 논문집*, pp.315-337.
- [5] 문태수, 강성배, 정주익(2006), “SCOR 모델을 활용한 자동차부품산업의 공급망관리(SCM) 시스템 설계 및 구현”, *인터넷전자상거래연구*, 제6권, 제1호, pp.261-285.
- [6] 박기남(2006), “사례기반추론을 이용한 정보시스템 가치평가 모형개발에 관한 연구”, *정보시스템연구*, 제15권, 제2호, pp.95-123.
- [7] 박성순, 유은정(2004), “기업정보화 핵심업무 활동 선정을 위한 IT의존도 결정 모델에 관한 연구”, *대한산업공학회 2004년 추계학술대회 논문집*, pp.1-8.
- [8] 박연우, 이정희(2004), “SCM 성과측정과 성공요인에 관한 연구”, *한국유통학회 2004년 동계학술대회 논문집*, pp.123-152.
- [9] 서울특별시(2003), *Intelligent City Seoul 2006: 서울정보화 마스터플랜*, pp.1-166.
- [10] 이판수(2007), “ERP시스템의 도입특성이 공기업 성과에 미치는 영향에 관한 연구”, *경영교육저널*, 제11권, pp.163-179.
- [11] 장형욱, 이상식(2006a), “공급사슬내 IT 활동과 SCM 활동이 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구”, *한국경영정보학회 2006년 춘계학술대회 논문집*, pp.743-750.
- [12] 장형욱, 이상식(2006b), “SCM의 핵심성공요인(CSF)이 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구”, *대한경영학회지*, 제19권, 제6호, pp.2561-2584.
- [13] 정해용, 김상훈(2003), “정보시스템 평가지표개발에 관한 실증적 연구: 공공부문을 중심으로”, *한국경영과학회지*, 제28권, 제4호, pp.155-189.
- [14] 최경현, 남지영(2005), “정보기술 성과 평가 모델에 관한 연구”, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 제28권, 제3호, pp.121-132.
- [15] 한국정보사회진흥원(2008), *법정부 성과참조 모델 1.1*.
- [16] Adams, Dennis A., Nelson, R. Ryan and Todd, Peter A.(1993), “A comparative evaluation of the impact of electronic and voice mail on organizational communication”, *Information & management*, Vol.24, No.1, pp.9-21.
- [17] Agarwal, R. and Karahanna, E.(2000), “Time Flies When You’re Having Fun : Cognitive Absorption and Beliefs about Information Technology Usage”, *MIS Quarterly*, Vol.24, No.4, pp.665-694.
- [18] Borovits, I. and Ein-Dor, P.(1977), “Cost/Utilization: A Measure of System Performance”, *Communications of the ACM*, Vol.20, No.3, pp.185-191.
- [19] Chandler, J. S.(1982), “A Multiple Criteria Approach for Evaluating Information Systems”, *MIS Quarterly*, Vol.6, No.1, pp.61-74.
- [20] Davis, F. D.(1989), “Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology”, *MIS Quarterly*, Vol.13, No.3, pp.319-340.
- [21] DeLone, W. H. and McLean, E. R.(1992), “Information Systems Success: The Quest for the Dependent Variable”, *Information Systems Research*, Vol.3, No.1, pp.60-95.
- [22] DeLone, W. H. and McLean, E. R.(2002), “Information Systems Success Revisited”, *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference System Sciences on 2002*, pp.3057-3067.
- [23] DeLone, W. H., and McLean, E. R.(2003), “The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update”, *Journal of Management Information Systems*, Vol.19, No.4, pp.9-30.
- [24] Doll, W. J. and Torkzadeh, G.(1991), “The Measurement of End-User Computing Satisfaction”, *MIS Quarterly*, Vol.12, No.2, pp.259-274.
- [25] Edberg, S. C.(1997), “Are there human indicators of



- emerging public health threat?", *In Under the Microscope-Examining Microbes in Ground Water Awwa Research Foundation Conference*, Boston, Lincoln, Nebraska.
- [26] Eickelmann, N.(2001), "A Comparative analysis of the Balanced Scorecard as Applied in Government and Industry Organizations", *Information Technology Evaluation Methods & Management*, In Grembergen, W. V.(Org.) Hershey: Idea Group Publishing.
- [27] Franz, C. R. and Robey, D.(1986), "Organizational Contexts, User Involvement and the Usefulness of Information Systems", *Decision Sciences*, Vol.17, No.3, pp.329-356.
- [28] Hamilton, S. and Chervany, N. L.(1981a), "Evaluating Information System Effectiveness. PartI. Comparing Evaluation Approaches", *MIS Quarterly*, Vol.5, No.3, pp.55-69.
- [29] Hamilton, S. and Chervany, N. L.(1981b), "Evaluating Information system Effectiveness. Part II. Comparing Evaluator Viewpoints", *MIS Quarterly*, Vol.5, No.4, pp.79-86.
- [30] Hitt, L. and Brynjolfsson, E.(1996), "Productivity, Business Profitability, and Consumer Surplus: Three Different Measures of Information Technology Value", *MIS Quarterly*, Vol.20, No.2, pp.121-136.
- [31] Hurtado, C. D(1978), "EDP Effectiveness Evaluation", *Journals of Systems Management*, pp.18-21.
- [32] Ives, B. and Olson, M. H.(1983), "The Measurement of User Information Satisfaction", *Communications of the ACM*, Vol.26, No.10, pp.785-793.
- [33] Kaplan, R. S. and Norton, D. P.(1992), "The Balanced Scorecard-Measures That Drive Performance", *Harvard Business Review*, Vol.70, No.1, pp.71-79.
- [34] Kaplan, R. S. and Norton, D. P.(1996), "Linking the Balanced Scorecard to Strategy", *California Management Review*, Vol.39, No.1, pp.53-79.
- [35] Kaplan, R. S. and Norton, D. P.(2005), "The Balanced Scorecard: Measures That Drive Performance", *Harvard Business Review*, Vol.83, No.7, pp.172-180.
- [36] Kettinger, William J. and Lee, Choong C.(1994), "Perceived Service Quality and User Satisfaction with the Information Services Function", *Decision Sciences*, Vol.25, No.5, pp.737-766.
- [37] Legris, P., Ingham, J. and Colletette, P.(2003), "Why do people use information technology? A critical review of the Technology Acceptance Model", *Information and Management*, Vol.40, No.3, pp.191-204.
- [38] Lucas, Robert C.(1972), "Expectations and the Neutrality of Money", *Journal of Economic Theory*, Vol.4, pp.103-124.
- [39] Lucas, Robert C.(1978), "Asset Prices in an Exchange Economy", *Econometrica*, Vol.46, No.6, pp.1429-1445.
- [40] Mason, R. O.(1978), "Measuring Information Output : A Communication Systems Approach", *Information & Management*, Vol.1, No.5, pp.219-234.
- [41] Mentzer, J., DeWitt, W., Keebler, J., Min, S., Nix, N., Smith, C. and Zacharia, Z.(2001), "Defining Supply Chain Management", *Journal of Business Logistics*, Vol.22, No.2, pp.1-25.
- [42] Meyerson, A.(2001), *Online facility location*. In *Proc. FOCS*.
- [43] Myers, B. L., Kappelman, L. A. and Prybutok, V. R.(1997), "A Comprehensive Model for Assessing the Quality and Productivity of the Information Systems Function : Toward a Theory for Information Systems Assessment", *Information Resource Management Journal*, Vol.10, No.1, pp.6-25.
- [44] Pitt, L. F. and R. T. Watson(1995), "Service Quality: A Measure of Information Systems Effectiveness", *MIS Quarterly*, Vol.19, No.2, pp.173-187.
- [45] Pitt, Leyland, Watson, Richard, and Kavan, C.(1997), "Measuring Information Systems Service Quality: Concerns for a Complete Canvas", *MIS Quarterly*, Vol.21, No.2, pp.167-182.
- [46] Porter, M. E. and Millar, V. E.(1985), "Technology and Competitive Advantage", *Harvard Business Review*, Vol.63, No.4, pp.149-160.
- [47] Rai, A. and Lang, S. S.(2002), "Assessing the Validity of IS Success Models: An Empirical Test and Theoretical Analysis", *Information Systems Research*, Vol.13, No.1, pp.50-69.
- [48] Saaty, T. L.(1980), *The AHP : Planning, Priority*

- Setting, Resource Allocation*, McGraw-Hill, New York.
- [49] Saunders, C. S. and Jones, J. W.(1992), "Measuring Performance of the Information Systems Function", *Journal of MIS*, Vol.8, No.4, pp.63-82.
- [50] Seddon, P. B. and Kiew, M. Y.(1994), "A Partial Test and Development of the DeLone and McLean Model of IS Success", *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Information Systems*, pp.99-110.
- [51] Seddon, P. B.(1997), "A Respecification and Extension of the DeLone and McLean Model of IS Success", *Information Systems Research*, Vol.8, No.3, pp.240-253.
- [52] Shannon, C. E. and Weaver, W.(1949), *The mathematical theory of information*, Urbana: University of Illinois Press.
- [53] Singleton, C. E., McLean, E. R. and Altman, E. R. (1988), "Measuring Information Systems Performance : Experience with the Management by Results System at Security Pacific Bank", *MIS Quarterly*, Vol.12, No.2, pp.325-337.
- [54] Supply Chain Council(2008), *Supply Chain Operations Reference Model Version 9.0*, Pittsburgh, PA.
- [55] Sutton, R. H. and Mathis, R. L.(1979), "Performance Appraisal - Part1", *Journal of Systems Management*, Vol.30, No.6, pp.16-18.
- [56] Swanson, E. Burton(1974), "Management Information Systems: Appreciation and Involvement", *Management Science*, Vol.21, No.2, pp.178-188.
- [57] Van Grembergen, W. and Saull, R.(2001), "Aligning business and information technology through the balanced scorecard at a major Canadian financial group: its status measured with an IT BSC maturity model", *Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences*, Maui, Hawaii, pp.1-10.
- [58] Watson, R. T., Pitt, L. F. and Kavan, C. B.(1998), "Measuring information systems service quality: Lessons from two longitudinal case studies", *MIS Quarterly*, Vol.22, No.1, pp.61-79.



#### 박 일 규

광운대학교 경영정보학과 학사  
 광운대학교 대학원 경영정보학과 석사  
 및 박사  
 현재: 광운대학교 정보과학교육원 강사  
 관심분야 : 정보시스템(IS)평가, EA



#### 김 상 훈

서울대학교 경제학과 학사  
 한국과학기술원 경영학과 석사 및 박사  
 현재: 광운대학교 경영학부 교수  
 관심분야 : 정보화 전략 수립 및 추진,  
 정보시스템(IS)평가, ERP



# 2000-2007년 국내 제조업의 재고회전율, 현금변환주기 및 매출이익률 실증 분석: 업종별 및 대기업과 중소기업 간의 차이를 중심으로\*

김진백<sup>†</sup>

중앙대학교 경영경제대학 경영학부

## Empirical Analysis of Inventory Turns, Cash-to-Cash Cycle, and Gross Margin of Korean Manufacturing Industries between 2000 and 2007

JinBaek Kim<sup>†</sup>

\*Chung-Ang University, College of Business and Economics

In this paper, it is examined whether improvement in the supply chain performance of Korean manufacturing industries in the 2000's can be identified from financial data. 20 industries classified into the manufacturing category according to the Korean Standard Industry Classification (KSIC) were selected, and three indices suggested in the SCOR model were analyzed: inventory turns, cash-to-cash cycle, and gross margin. Despite industry wise differences, generally large companies showed better performance than small and medium sized companies. The trend of improvement was not clearly identified in many industries. The degree of variation among the industries suggests that some previous studies on supply chain performance need to be reconsidered if they regarded manufacturing industry as a single homogeneous group. Generally observed negative correlation between inventory turns and gross margin seems to indicate that theoretically suggested supply chain strategies were adopted by many Korean manufacturing industries in the 2000's.

**Keywords:** manufacturing industry, supply chain, performance analysis, financial data, inventory turns, cash-to-cash cycle, gross margin

---

\* 이 논문은 2010년도 중앙대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.

† Corresponding author: 서울시 동작구 흑석동 중앙대학교 경영경제대학 303동

TEL : 82-2-820-5545 E-mail : jinbaek@cau.ac.kr

\* 2011년 3월 15일 투고, 4월 1일 1차 수정본 접수, 4월 9일 2차 수정본 접수, 4월 12일 게재 확정.

## 1. 서론

국내 제조업종 기업들에 있어서 1997년 말의 외환위기 충격을 어느 정도 극복한 2000년대 초반부터 세계금융위기가 발생한 2008년 전까지의 2000~2007 8년간의 기간은 국내총생산이 연평균 7% 가량 성장하는 비교적 안정된 기간이었다고 할 수 있다. 그러나, 이 기간은 또한 중국 등 신흥국의 부상으로 인해 날로 치열해지는 경쟁에 대응하기 위해, 많은 국내 기업들이 경영혁신을 위해 투자하고 노력한 시기이기도 했다. 특히, 제조업종의 기업들은 최초 원자재에서 최종 제품에 이르는 전반적인 공급사슬의 효율을 높이기 위해 많은 노력을 기울였는데, 이를 위해 전사적 자원관리(ERP) 시스템 도입, 제약조건이론(TOC)에 따른 생산관리, 적시생산(JIT) 및 린(Lean) 경영, 전사적 품질관리(TQM) 및 6시그마 운동, ISO 인증, 셀 생산방식, 활동원가계산(ABC) 등 기업 내부적으로 낭비를 없애기 위해 다양한 혁신 노력을 기울였을 뿐 아니라, 공급업체 및 고객과의 정보공유 및 협력을 강화해 왔다.

공급사슬관리의 성과를 측정하는 방법으로는 Kaplan & Norton(1992)에 의해 개발된 균형성과표(BSC: Balanced Score Card)와 Supply Chain Council(SCC)에서 제안한 SCOR(Supply Chain Operations Reference) 모델을 대표적으로 들 수 있다. 균형성과표는 성과 측정을 위해 과거의 실적을 알려주는 재무 관련 성과 지표 뿐만 아니라 미래의 성과에 영향을 주는 고객, 내부프로세스, 조직의 학습과 혁신 능력의 관점에서도 핵심 성과 지표들을 정의한다. 균형성과표는 정량적인 부분과 정성적인 부분, 단기적 활동과 장기적 목표를 균형 있게 유기적으로 연결해 줌으로써 공급사슬관리에 있어 조직의 전략을 일관적으로 반영할 수 있다는 장점이 있다(신혜경과 홍유신, 2007). SCOR 모델은 공급사슬 내의 세부 프로세스들을 표준화한 것인데, 공급업체로부터 고객에 이르기까지의 공급사슬을 계획(Plan), 공급(Source), 생산(Make), 인도(Deliver), 회수(Return)라는 5대 비즈니스 프로세스의 관점에서 통합적으로 분석하는데 목적을 둔다. SCOR 모델에서는 공급사슬내의 주요 프로세스에서 측정되어야 할 주요 성과 지표들을 신뢰성(Reliability), 대응성(Responsiveness), 유연성(Flexibility), 비용(Cost), 자산(Asset)의 5개 특성 영역으로 나누고, 완전주문충족율, 주문충족 사이클타임, 공급사슬 유연성, 재고일수, 매출원가 등 상위레벨과 하위레벨의 계층구조를 갖는 100개 이상의 지표들을 제시한다. SCOR 모델은 공급사슬 프로세스 전반의 운영성과를 세부적으로 측정하고 개선 분야를 구체적으로 파악하여 개선 방법을 도출할 수 있다는 장점을 가지고 있다(김대기 등, 2003).

SCOR 모델에 포함된 다양한 지표들은 많은 기업들이 공급사

슬 관리의 성과를 측정하기 위해 산출하여 모니터링 하는 주요 지표들이지만, 그 산출 기준은 기업마다 조금씩 다르다. 또, 그 수치는 기업 비밀에 가깝기 때문에 경쟁 업체 또는 유사 기업의 자료를 확보하기 힘들어 기업간 또는 산업간 비교를 하는 것은 힘들다. 그럼에도 불구하고, SCOR의 지표들 중 비용과 자산 영역에 속하는 몇몇 상위 지표들은 기업의 회계자료를 활용하여 산출할 수 있으므로, 자료 수집이 가능하고 기업간 또는 산업간의 비교도 가능하다. 본 연구에서는 회계정보를 통해 산출되는 지표를 통하여 2000년대 국내 제조업종에 있어 공급사슬관리 부문의 성과가 파악되는지를 살펴보는데 초점을 두었다. 이를 위해, SCOR 모델에서 회계정보를 기초로 산출하는 지표 중 매출채권 및 매입채무, 매출원가에 관련한 지표들에 초점을 두었는데, 이는 공급사슬 관리의 원자재 구매에서 최종품 판매에 이르는 공급사슬에서 발생하는 실물, 재화 및 정보의 흐름을 관리하는 것이라는 정의(Tsay et al. 1999)에 입각한 것이다. 물론, 회계자료를 기반으로 산출이 되는 지표들에서 개선이 없었다고 공급사슬관리의 효과가 없다고 할 수는 없다. 고객 서비스 만족도 향상, 직원 만족도 향상, 전반적인 고객 만족 등 공급사슬관리로 인해 나타나는 정성적인 효과도 매우 중요하기 때문이다. 그러나, 공급사슬관리를 위한 투자 및 노력이 상당하고, 기업의 실적 및 가치평가의 기준은 회계자료이므로 공급사슬관리로 인한 효과가 회계자료로 산출되는 정량적인 지표로 나타나는 것 또한 중요하다.

국내 기업의 공급사슬관리 성과에 관한 기존의 연구를 살펴보면, 2000년대의 기업회계 자료를 활용하여 분석한 연구는 찾기 힘든 상황이고, 제조업종을 자동차, 전자부품, 철강 등으로 좀더 세분화하여 분석한 연구는 더욱 찾기 힘들다. 본 연구의 의의는 2000년대 제조업종의 기업들의 회계정보를 기반으로 산출되는 주요 공급사슬 관련 지표들에서 개선 성과를 확인할 수 있는 지, 또 제조업내의 세부 업종 별로는 어떠한 차이가 있으며 대기업과 중소기업 간의 차이는 존재하는지를 파악하였다는 데 있다 할 수 있다. 본 연구의 결과는 기업들이 자신의 성과를 동종 산업 또는 유사 업종의 평균적인 성과와 비교하여, 목표를 설정하고 개선 전략을 수립하는 데에도 도움을 줄 수 있을 것이다.

본 연구에서는 한국은행에서 수집하여 발표하는 기업실적 자료를 이용하였는데, 이는 상장기업과 외부 감사대상 기업 이외의 기업도 포함하는 것으로 국내에서 가장 방대한 기업 표본자료라고 할 수 있을 뿐 아니라, 한국은행의 통화정책, 정부 정책 등 각종 의사 결정의 기반이 되는 자료이다 (<http://ecos.bok.or.kr>). 2000년대의 자료 중, 2008년 8월의 금융위기로 인해 2008년 및 2009년의 경영 수치가 있어서는 기업 내부 요인 보다 외부에서 발생하는 특이요인이 더 클 수 있었다고 판단하여, 자료 분석 기간은 2000년에서 2007년까지의 8년간으로 하였다.

본고의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 공급사슬관리의 성과를 분석한 기존의 연구 문헌에 대하여 알아본다. 다음으로 3장에서는 본 연구에서 사용한 데이터에 대하여 설명하며, 4장에서는 업종별 규모별 재고회전율, 현금변환주기, 매출이익률 지표의 추세와 대기업과 중소기업간의 차이에 대한 분석결과를 제시하고, 재고회전율과 매출이익률, 현금변환주기와 매출이익률 간의 상관관계를 알아본다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결과와 그 의미를 요약하고, 본 연구의 한계점과 향후 연구과제에 대하여 기술하였다.

## 2. 문헌 연구

김대홍 등(1999)은 1994년에서 1997년까지의 4년간의 기간 동안 국내 776개 상장기업들의 재고회전율의 경향을 분석하였는데, 조사대상 기업의 재고회전율은 94년도 46.45, 95년도 44.66, 96년도 45.30, 97년도 68.64로 나타났고, 재고회전율이 이익에 끼치는 직접적인 영향은 발견하지 못하였다고 하였다. 그러나, 제조업과 비제조업 등 기본적인 산업별 차이를 고려하지 않은 분석이라서 그 함의와 신뢰성에 있어 문제가 있다고 보여진다. 김대기 등(2003)은 621개의 상장기업을 대상으로 1997년에서 2001년까지 5년 동안의 재고일수, 현금변환주기(Cash-to-Cash Cycle), 자산 회전율 등 자산과 관련된 공급사슬성과를 기업 회계자료를 이용하여 분석하였는데, 재고일수는 1997년 67.1일에서 2001년 52.4일로 감소하였고, 현금변환주기는 1997년 90.4일에서 2001년 77.7일로 감소한 것으로 나타났다고 보고하였다. 조사 대상이 된 621개 기업 중 제조업종 기업은 444개, 유통업종이 33개, 기타업종이 144개였고, 그 중 대기업은 448개, 중소기업은 173개였다. 저자들은 제조업종 기업의 재고일수의 경우 1997년 70.8일에서 2001년 54.6일로, 제조업종 기업의 현금변환주기는 1997년 107.6일에서 2001년 89.1일로 각각 감소한 것으로 나타났다고 하였다. 또한, 2001년을 기준으로 대기업의 현금변환주기는 68일, 공급 재고일수는 50.7일이었던 반면, 중소기업의 현금변환주기는 99일, 재고일수는 60.7일로 나타나, 이를 바탕으로 저자들은 국내 기업의 자산관련 공급사슬 성과는 소폭이지만 지속적으로 개선되는 추이를 보이고 있으며, 기업규모별로는 대기업이 중소기업에 비해 우수한 성과를 보이고 있다고 주장하였다. 그러나, 제조업 내에서도 상이한 세부업종이 존재함에도 불구하고 이를 고려하지 않은 것과 통계적 도구를 사용하지 않고 단지 기술 통계만을 바탕으로 분석한 것이 한계라 할 수 있다.

국내 기업들의 SCM의 성공요인을 분석하는 논문들도 다수 있는데, 이들 연구는 대부분 설문조사를 통해 해당기업의 SCM 노

력과 SCM의 성과를 측정하였다. SCM 성공요인 제안된 것들에는 프로세스 혁신(김창봉, 2004), SCM 전략(김계수, 2003), 공급사슬 통합활동(장형욱 외, 2008, 김수옥 2004), 공급사슬내 협력관계 및 파트너십(김창봉과 배영진, 2010; 장성기, 2009; 이성욱과 홍사선, 2010; 이미숙, 2009), 프로세스 관리역량(이선로와 김기영, 2007) 등이 있는데, 대부분 SCM 성과를 균형성과표(BSC)에 의거하여 재무적 관점, 고객 관점, 내부 프로세스 관점, 그리고 학습과 성장의 관점이라는 4가지 관점에서 설문하거나(장형욱 외, 2008; 김수옥, 2004; 이내준, 2006), SCOR 모델에 의거하여 신뢰성, 대응성, 유연성, 비용, 자산의 5가지 영역에 속하는 지표들의 개선 여부를 설문하여 조사하였다(김창봉과 배영진, 2010; 이미숙, 2009; 이선로와 김기영, 2007). 이들 설문 기반의 연구는 회계정보에서 나타나지 않는 부분에 대한 조사가 가능하다는 장점이 있으나, 객관성과 비교 가능성 부분에 있어서 논란이 있을 수 밖에 없다는 한계가 있다.

이외에도 ERP 도입의 효과를 기업 재무자료를 사용하여 분석한 연구들이 있는데, 이들 연구는 총자산수익률, 투자수익률, 자산회전율, 매출액수익률, 주식수익률 등의 주요 재무지표를 사용하여 분석하였으나, ERP 도입의 효과는 연구마다 상당한 차이를 보이고 있으며, 제조업 내의 다양한 업종들간의 차이를 무시하고 제조업을 하나의 범주로 묶어서 분석했다는 한계를 벗어나지 못하였다. 그 일례로, 남천현(2005)은 2002년 8월말을 기준으로 ERP시스템을 도입한 상장기업 159개를 표본으로 하여 ERP 도입 1년 후와 도입 2년 후의 재무성과를 조사하였는데, 미도입 상장기업 298개를 추가 표본으로 하여 해당 기업의 재무성과가 ERP 도입에 따른 효과인지의 여부를 통제하여 분석하였다. 재무성과를 확인하기 위한 지표로는 투자수익성 중심으로 총자산매출이익률, 총자산영업이익률, 총자산경상이익률, 총자산회전율, 매출원가율, 매출액영업비율, 매출액영업외비용률의 7개의 재무비율을 사용하였는데, 분석 결과 긍정적으로 유의한 것은 없었고, 오히려 일부 재무비율은 부정적인 결과만 발견되었다고 보고하였으며, 기업 규모별(대기업, 중소기업), 업종별(제조업, 비제조업), ERP제품별(국산/외산)로 구분하여 분석한 결과 역시 마찬가지였다고 하였다. 이장건 등(2009)은 2000년부터 2005년 까지 ERP를 도입한 111개 기업 표본을 추출하여 ERP로 인한 재무성과를 분석하였는데, 재무성과가 ERP 도입에 따른 효과인지 아니면 기업환경과 시장환경 등의 변화에 의한 것인지 정확히 구분하기 위하여, 산업평균, 자산규모, 매출액크기 별로 기업의 재무성과를 통제한 후 ERP를 도입한 기업들의 도입효과에 대한 분석을 시도하였다. 재무성과를 확인하기 위한 지표로서 수익성뿐만 아니라, 성장성, 활동성 범주에 속하는 주요 재무 비율도 사용하여, 단기적 효과(도입 후 1년 또는 2년)와 장기적 효과(도입 후 3년 또는 4

년)를 분석하였다. 그 결과, 역시 수익성 관점의 재무 비율은 ERP 도입 후 오히려 성과가 감소하는 경향을 보였다고 하였다. 또한, 성장성 관점에 있어서는 유의한 차이가 없고, 활동성 관점에 속하는 재고회전율은 오히려 감소하여 악화되는 경향을 보였으며, 매출채권 회전율 및 총자산 회전율에 있어서도 유의한 결과를 관측할 수 없었다고 보고하였다. (제조업 91개 기업, 비제조업 20개).

재무자료를 활용한 재고수준 분석에 관한 연구는 해외에서도 찾아볼 수 있는데, Chen et al. (2005)은 1981-2000 년간 제조업종에 속하는 미국 상장 기업들의 재고를 분석하였는데, 재고일수는 96일에서 81일로 줄었고, 연평균으로는 2%의 감소추세를 보였다고 보고하였다. 특히, 재공품의 재고가 연간 6% 감소하여 매우 컸던 반면, 완제품의 재고는 감소하지 않았으며, 주식의 수익률에 있어서는 재고수준이 비정상적으로 높은 회사는 매우 낮은 장기 수익률을 보인 반면, 평균 보다 약간 낮은 회사는 양호한 수익률을 보였고, 재고 수준이 가장 낮은 회사는 일반인 수준의 수익률을 보였다고 보고하였다. Chen et al. (2007)은 1981-2004년간 도소매 업종에 속하는 미국 상장기업들의 재고를 분석하였는데, 도매업종의 경우 재고일수가 73일에서 49일로 감소하였고, 소매업종의 경우 1995년 이후부터 감소추세가 나타나기 시작하는 등 재고 수준이 전반적으로 감소한 것으로 나타났다고 보고하였다.

Rumyantsev & Netessine(2007)은 1992-2002 년간 미국 상장기업들 중 사업 다각화가 심하지 않은 기업들을 중심으로 722개의 기업들을 표본으로 하여 그 재고 수준을 분석하였는데, 수요의 불확실성이 크고, 리드타임이 길며, 매출이익률이 높은 기업일수록 재고를 더 많이 보유한다는 고전적 재고 이론의 내용을 경험적으로 확인할 수 있었다고 하였다. 이 연구에서 대기업들이 중소기업들보다 상대적으로 적은 재고를 보유하는 것으로 나타났는데, 저자들은 이를 재고에 있어 규모의 경제가 존재함을 시사하는 것이라 해석하였으며, 재고 보유 비용과 재고 수준 간의 관계는 일관적이지 않은 것으로 나타났다고 하였다. Gaur & Fisher(2005)는 1987-2000년간 소매업종에 속하는 311개의 미국 상장 기업의 재무 데이터를 이용하여 재고 회전율과 자본집중도, 매출이익률, 예상을 초과하는 실적(Sales Surprise) 간의 상관관계를 분석하였는데, 그 결과 1987-2000의 기간 중 재고 회전율은 감소한 것으로 나타났다고 보고하였으며, 재고 회전율을 매출이익률, 자본집중도, 예상을 초과하는 실적 여부를 사용하여 조정한 지표를 실적 분석과 경영 의사결정에 사용할 것을 제안하였다. Kesavan et al.(2010)은 Gaur and Fisher (2005)의 모델을 확장하여, 소매업종 기업들의 경우 매출원가, 재고, 매출이익률을 활용하여 기업의 실적에 대한 예측의 정확도를 높일 수 있

다는 것을 보였다.

Rajagopalan & Malhotra(2001)는 미국 인구통계국에서 집계한 산업별 추계 데이터를 바탕으로 1961-1994의 기간 동안 20개 제조업종의 원자재, 중간가공품, 완제품 재고일수의 변화를 분석하였다. 원자재와 중간가공품 재고일수의 경우는 대부분의 업종에서 감소 추세를 보였고, 많은 기업들이 적시생산(JIT) 방식을 도입한 1980-1994년의 기간 동안 그 이전의 기간 (1961-1979)보다 더 큰 개선추세를 확인할 수 있었다고 하였다. 반면, 완제품 재고일수의 경우 20개 업종 중 6개의 업종에서만 개선 추세를 확인하였고, 1980-1994년의 기간 동안 그 이전의 기간(1961-1979)보다 더 큰 증가 추세를 관찰한 업종의 수는 4개였다고 보고하였다. 그러나, 절반이상의 업종에서 완제품 재고일수에서는 유의미한 추세를 확인하지 못하였고, 오히려 악화되는 추세를 보인 업종도 일부 관측되었다고 하였다.

본 연구와 기존 연구간의 연결점을 찾자면, 먼저 데이터 측면에 있어 한국은행에서 집계한 업종별 추계 데이터를 사용하여 분석하였다는 점에서는 Rajagopalan & Malhotra(2001)과 유사하다고 할 수 있다. 또, 재고일수 뿐 만 아니라 현금변환주기를 고려하였다는 점에서는 김대기 등(2003)의 연구와 공통점을 찾을 수 있을 것이며, 매출이익률을 고려했다는 점에서는 Gaur and Fisher(2005)의 접근과 공통점이 있다.

### 3. 데이터

본 연구는 앞서 설명한 바와 같이 한국은행에서 수집하여 발표하는 기업회계 데이터를 기반으로 수행 되었다. 한국은행 경제통계국은 1961년부터 기업의 경영실태를 조사하여 매년 발표하고 있는데, 이는 비상장 기업 주요기업들도 포함하는 국내 최대 규모의 조사 결과일 뿐 아니라, 정부의 산업정책, 중앙은행의 통화신용정책, 금융기관의 여신관리 및 구조조정 대상기업 요건기준, 조달청의 용역적격심사 기준 등 주요한 정책과 의사결정에 있어서의 기초 통계자료로 활용된다.

한국은행은 경제성장에 따른 산업구조 및 기업규모 변화를 반영하여 매 3년마다 표본설계를 개편하는데, 조사 대상으로 선정된 모집단 및 표본조사 기업 수는 <표 1>과 같다. 표본조사 방식은 먼저 업종별로 상장기업 등 주요 기업들은 전수조사를 진행하고, 전수조사 대상이 아닌 기업들은 업종별로 신뢰도 95% 허용오차 5%를 목표로 1차 층화하고, 매출액 규모별로 2차 층화하는 층화임의추출법(Stratified Random Sampling)으로 표본조사를 진행한다. 전수조사와 임의추출 조사를 통해 수집된 자료를 활용하여 업종별로 모집단의 각종 재무정보를 아래의 식과 같이 합산



표 1. 업종별 연도별 표본수 및 모집단 내의 기업수

코드	업종	연도 별 표본수 (모집단내 개체수)							
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
D	제조업	2172 (14678)	2175 (14678)	3235 (18640)	3239 (18640)	3446 (18640)	2880 (24691)	3120 (24691)	3210 (24691)
D15	음식료품	198 (875)	201 (875)	243 (1017)	253 (1017)	257 (1017)	222 (1471)	227 (1471)	229 (1471)
D17	섬유제품	156 (1930)	133 (1930)	155 (2162)	160 (2162)	136 (2162)	161 (2084)	170 (2084)	163 (2084)
D18	봉제의복 및 모피제품	65 (977)	59 (977)	108 (1243)	106 (1243)	94 (1243)	94 (1313)	103 (1313)	102 (1313)
D19	가죽, 가방 및 신발	63 (429)	55 (429)	86 (500)	64 (500)	74 (500)	67 (445)	65 (445)	69 (445)
D20	목재 및 나무제품 (가구 제외)	23 (208)	20 (208)	33 (247)	27 (247)	31 (247)	39 (349)	39 (349)	38 (349)
D21	펄프, 종이 및 종이제품	64 (386)	67 (386)	78 (457)	76 (457)	82 (457)	61 (511)	61 (511)	61 (511)
D22	출판, 인쇄 및 기록매체 복제업	71 (451)	67 (451)	117 (628)	119 (628)	117 (628)	108 (817)	111 (817)	121 (817)
D23	코크스, 석유정제품 및 핵연료 가공업	32 (55)	24 (55)	31 (57)	39 (57)	30 (57)	17 (81)	17 (81)	17 (81)
D24	화합물 및 화학제품	318 (1062)	307 (1062)	382 (1187)	386 (1187)	440 (1187)	296 (1493)	349 (1493)	359 (1493)
D25	고무 및 플라스틱 제품	87 (671)	80 (671)	104 (941)	116 (941)	128 (941)	122 (1393)	139 (1393)	146 (1393)
D26	비금속 광물 제품	138 (917)	133 (917)	189 (1056)	189 (1056)	205 (1056)	164 (1423)	182 (1423)	179 (1423)
D27	제1차 금속	158 (707)	163 (707)	240 (809)	232 (809)	228 (809)	193 (1131)	218 (1131)	227 (1131)
D28	조립금속제품 (기계 장비 및 가구 제외)	71 (1008)	81 (1008)	134 (1248)	130 (1248)	142 (1248)	140 (1905)	144 (1905)	157 (1905)
D29	기타 기계 및 장비	156 (1230)	173 (1230)	294 (1697)	293 (1697)	317 (1697)	281 (2697)	313 (2697)	354 (2697)
D30	컴퓨터 및 사무용 기기	36 (222)	40 (222)	86 (375)	80 (375)	78 (375)	65 (388)	60 (388)	69 (388)
D31	기타 전기기계 및 전기 변환장치	125 (585)	107 (585)	169 (782)	161 (782)	200 (782)	148 (1097)	167 (1097)	173 (1097)
D32	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비	162 (1115)	188 (1115)	339 (1723)	344 (1723)	372 (1723)	171 (1739)	320 (2541)	182 (1739)
D33	의료, 정밀, 광학기기 및 시계	31 (280)	39 (280)	72 (350)	68 (350)	84 (350)	71 (531)	79 (531)	78 (531)
D34	자동차 및 트레일러	114 (838)	115 (838)	175 (1104)	193 (1104)	208 (1104)	161 (1602)	165 (1602)	175 (1602)
D35	기타 운송장비	49 (166)	49 (166)	69 (241)	71 (241)	75 (241)	39 (366)	49 (366)	51 (366)
D36	가구 및 기타 제품 제조업	43 (475)	59 (475)	96 (674)	91 (674)	105 (674)	87 (808)	87 (808)	85 (808)
D37	재생용 가공원료 생산업	12 (91)	15 (91)	32 (139)	38 (139)	40 (139)	33 (241)	46 (241)	36 (241)

표 2. 표준산업분류내 제조업종에 속하는 업종 및 대표적 기업들

업종 및 포함업종	대표적 기업
D15 음식료품 D151 고기, 과일, 채소 및 유지가공업, D152 낙농제품 및 아이스크림, D153 곡물가공품, 전분 및 사료, D154 기타 식품(빵, 과자, 조미료, 식품 첨가물, 기타), D155 음료(주류, 비알콜성 음료 및 얼음)	하림, 농협목우촌, 동원F&B, 사조대림, 대상에프엔에프, 오투기, 사조해표, 한국아쿠르트, 남양유업, 대상, 대한제분, 농심, 삼양사, 대한제당, 농협사료 등
D17 섬유제품 D171 제사및 방직업, D172 직물직조업, D173,4,9 기타 섬유 제품	대한방직, 일신방직, 코오롱글로벌 등
D18 봉제의복 및 모피 제품	LG패션, 신원 등
D19 가죽, 가방 및 신발	조광피혁, 씬지, 금강, 태광실업 등
D20 목재 및 나무제품 (가구제외)	동화기업, 이진산업, 한솔홈데코 등
D21 펄프, 종이 및 종이제품	한솔제지, 전주페이퍼, 태림포장공업, 아세아제지, 유한김벌리 등
D23 코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업	GS칼텍스, S-OIL 등
D24 화합물 및 화학제품 D241 기초 화합물(기초 화합물, 비료, 합성고무 및 플라스틱 물질), D242 의약품, D243 기타 화학제품 (살충제, 도료, 비누, 화장품, 기타), D244 화학섬유	여천NCC, 삼성토탈, 남해화학, 삼성정밀화학, LG화학, 제일모직, 한화, 효성, 태광산업, 대웅제약, 동아제약 등
D25 고무 및 플라스틱제품 D251 고무제품(고무타이어 및 튜브, 기타), D252 플라스틱 제품	한국타이어, 금호타이어, 한화엘앤씨, 도레이첨단소재 등
D26 비금속 광물제품 D261 유리 및 유리제품, D262 도자기및 기타 요업 제품, D263 시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품, D269 기타 비금속 광물 제품	삼성코닝정밀소재, 아사히초자화인테크노한국, 조선내화, 케이씨씨, 쌍용양회공업, 고려시리카 등
D27 제 1차 금속 D271 제 1차 철강, D272 제 1차 비철금속, D273 금속 주조업	포스코, 현대제철, 엘에스니코동제련, 고려아연, 메티아 등
D28 조립 금속제품 (기계 장비 및 가구 제외) D281 구조용금속제품, 탱크 및 증기 발생기, D289 기타조립금속제품제조 및 금속처리업	성진지오텍, 이진창호, 엘아이지빅스원, 태광, 현대종합금속 등
D29 기타 기계 및 장비 D291 일반 목적용 기계 (산업용 트럭, 물품취급장비, 기타), D292 가공공작기계, D293,4 기타 특수목적용 기계 (농업, 건설 및 광산용 기계장비), D295 기타 가정용 기구	두산중공업, 한라공조, 두산인프라코어, 볼보그룹코리아 등
D30 컴퓨터 및 사무용 기기	삼보컴퓨터, 주연테크 등
D31 기타 전기기계 및 전기 변환장치 D311 전동기, 발전기 및 전기 변환장치, D312 전기공급 및 전기 제어 장치, D313 절연선 및 케이블, D314,5,9 기타 전기장비	LS산전, 세방전지, 아트라스비엑스, 대한전선, 희성전자, 금호전기, 대우일렉트로닉스 등
D32 전자부품, 영상, 음향 및 통신장비 D321 반도체 및 기타 전자부품, D322 통신기기 및 방송장비, D323 방송수신기 및 기타 영상, 음향기기	삼성전자, 하이닉스반도체, 엘지디스플레이, LG전자, 노키아티엠씨, 휴맥스홀딩스, 에스케이씨 등
D33 의료, 정밀, 광학기기 및 시계	오스템임플란트, 삼성탈레스, 한국하니웰 등
D34 자동차 및 트레일러 D341 자동차용 엔진 및 자동차, D342,3 자동차차체 및 트레일러, 자동차 부품	현대자동차, 기아자동차, 현대모비스, 쌍용자동차, 만도 등
D35 기타 운송장비 D351 선박 및 보트건조업, D352,3,9 철도, 항공기 및 기타 운송장비	현대중공업, 삼성중공업, 현대로템, 한국항공우주산업, 대림자동차공업, S&T모터스 등
D36 가구 및 기타제품 제조업 D361 가구, D369 기타 제품 제조업	리바트, 퍼시스, 영창악기, 와이케이케이한국 등

하여 추계하게 되며, 본 연구에서 분석을 위해 사용한 재무 지표들은 이러한 업종별 재고, 매출액, 매출원가 등의 추계치를 기반으로 산출된 것이다.

$$X_h = A_h + B_h = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left( X_{ij} \frac{N_i}{n_i} \right) + B_h$$

$X_h$  :  $h$ 업종의 추계치

$A_h$  :  $h$ 업종의 부모집단 추계치

$B_h$  :  $h$ 업종의 전수조사치

$N_i$  :  $h$ 업종  $i$ 층의 부모집단수

$n_i$  :  $h$ 업종  $i$ 층의 표본수 ( $i=1, \dots, m$ )

$X_{ij}$  :  $h$ 업종  $i$ 층  $j$ 번째 표본치 ( $j=1, \dots, m$ )

업종별 분류기준은 2000년 3월부터 시행된 제 8차 한국표준산업분류를 따랐는데, 조사대상업체의 업종 결정은 매출액을 기준으로 하며 단일 기업이 여러 종류의 사업을 겸영하는 경우는 매출액 비중이 가장 큰 사업의 업종으로 분류된다. 이에 따른 제조업의 업종 내역 및 그에 해당하는 대표 기업들은 <표 2>와 같다. 이들 중 '출판, 인쇄 및 기록매체 복제업(D22)'은 그 특수성으로 인해 2008년부터 시행된 제 9차 분류에서는 제조업종에서 제외되었고, '재생용 가공원료 생산업(D37)'은 매출 규모가 타업종에 비해 현저히 떨어지고 표본의 수도 적어서 분석 대상에서 제외하였다. 표준산업분류에서 제조업과 비제조업의 구분은 대분류 기준에 속하며 제조업도 중분류, 세분류, 세세분류 기준으로 더욱

세분화 할 수 있다. 본 연구에서는 Rajagopalan & Malhotra (2001)의 기준과 유사하게 제조업종 내의 중분류 업종(즉, 업종번호 두 자리 수) 기준으로 구분하여 분석하였다.

한국은행은 대기업과 중소기업으로 분류하여 데이터를 제공하고 있는데, 중소기업의 분류 기준은 중소기업 기본법의 정의에 의거한다. 이에 따르면, 일반적으로 상시 종업원 300인 이상인 제조업체는 대기업으로, 상시 종업원 300인 미만인 제조업체는 중소기업으로 분류된다. 이상과 같이 설명한대로 산출한 업종별, 2000~2007년도의 기업규모별 제조업 모집단의 매출액 추계치는 <표 3>과 같다. 표에서 볼 수 있듯이 대기업과 중소기업의 전체 매출액 비율은 약 2:1 정도라 할 수 있다. 제조업종 아래 세분화된 업종의 총수는 20개인데, 이 중 매출액 규모가 가장 큰 업종은 '전자부품, 영상, 음향 및 통신장비(D32)'이며, 여기에 '자동차 및 트레일러(D34)', '화학물 및 화학제품(D24)', '제 1차 금속(D27)', '코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업(D23)'을 포함한 5개 업종이 국내 제조업의 50% 이상의 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. '코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업(D23)'의 경우 대기업에 비해 중소기업이 차지하는 비중이 특히 미미한 편이

표 3. 2000-2007년간 업종별 규모별 매출액 추계의 변화

코드	업종	매출액 추계(중합)		매출액 추계(대기업)		매출액 추계(중소기업)	
		2000년	2007년	2000년	2007년	2000년	2007년
D	제조업	539.5	987.2	355.5	622.5	184.0	364.7
D15	음식료품	35.1	54.0	24.6	30.7	10.5	23.2
D17	섬유제품	35.4	28.9	15.0	12.5	20.3	16.5
D18	봉제의복 및 모피 제품	14.5	20.0	2.8	3.5	11.7	16.5
D19	가죽, 가방 및 신발	7.1	6.5	1.4	1.0	5.7	5.5
D20	목재 및 나무제품(가구제외)	2.9	4.1	.8	.8	2.2	3.3
D21	펄프, 종이 및 종이제품	11.6	13.5	5.3	5.5	6.3	8.0
D23	코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업	44.5	84.3	43.7	81.7	.7	2.5
D24	화학물 및 화학제품	51.2	100.7	33.6	70.6	17.6	30.0
D25	고무 및 플라스틱제품	12.5	26.8	5.6	7.9	6.9	18.9
D26	비금속 광물제품	18.7	24.6	10.3	10.6	8.3	14.0
D27	제 1차 금속	41.9	98.7	28.7	65.7	13.1	33.0
D28	조립 금속제품(기계 장비 및 가구 제외)	13.0	26.5	3.1	2.0	9.9	24.5
D29	기타 기계 및 장비	19.0	57.3	6.9	22.3	12.1	35.0
D30	컴퓨터 및 사무용 기기	14.0	6.3	11.6	1.5	2.4	4.8
D31	기타 전기기계 및 전기 변환장치	12.9	28.1	4.9	11.5	8.0	16.6
D32	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비	99.7	179.4	82.4	137.7	17.3	41.7
D33	의료, 정밀, 광학기기 및 시계	4.3	9.3	1.9	4.3	2.4	5.0
D34	자동차 및 트레일러	65.2	138.8	48.5	98.6	16.7	40.2
D35	기타 운송장비	20.8	51.5	19.1	45.5	1.7	6.0
D36	가구 및 기타제품 제조업	6.2	9.3	1.3	1.3	4.8	8.0

(단위: 조원)

었고, '기타 운송장비(D35)' 업종도 중소기업이 차지하는 비중이 매우 적었다. 반면, '섬유제품(D17)', '봉제의복 및 모피 제품(D18)', '가죽, 가방 및 신발(D19)', '목재 및 나무제품(가구제외)(D20)', '펄프, 종이 및 종이제품(D21)', '고무 및 플라스틱제품(D25)', '조립 금속제품(기계 장비 및 가구 제외)(D28)', '기타 기계 및 장비(D29)', '기타 전기기계 및 전기 변환장치(D31)', '의료, 정밀, 광학기기 및 시계(D33)', '가구 및 기타제품 제조업(D36)' 등의 업종들은 규모가 적고, 대기업보다도 중소기업의 추세가 더 크게 나타나는 업종들이었다. '섬유제품(D17)' 과 '가죽, 가방 및 신발(D19)', '컴퓨터 및 사무용 기기(D30)' 업종들은 2000년에 비해 2007년 매출액 추세가 오히려 감소한 업종들이었다.

표 4. 2000-2007년 기간의 주요 거시경제지표

지표명	평균	표준편차	최소값	최대값
GDP성장률	7.12	2.02	4.64	10.61
기준금리	4.21	0.60	3.25	5.25
물가상승률	2.98	0.68	2.20	4.10
원/달러 환율	1122	126	902	1352

본 연구에서 고려한 2000년에서 2007년까지의 8년간의 기간은 국내 제조업종 기업들에 있어서 비교적 안정적인 경제환경이 제공된 기간으로, 이는 <표 4>에 제시된 주요 거시 경제 지표들에 있어서도 확인 할 수 있다.

#### 4. 분석 결과

본 연구에서는 재고회전율, 현금변환주기, 매출이익률의 세 지표를 중심으로 분석을 수행하였다. 이 중 재고회전율과 현금변환주기는 SCOR 모델에서 제시하는 실물과 현금의 흐름을 측정하는 자산영역의 주요 지표들이고, 매출이익률은 SCOR 모델의 비용영역에 속하는 주요 지표로서 순수하게 제조영역에서 발생한 이익을 측정한다. 이 장에서는 먼저 각 업종별로 2000-2007년의 8년간의 지표를 제시하고, 각 업종별로 이들 지표가 매년 일정 수준 증가 또는 감소하는 추세가 있다고 할 수 있는지 살펴보기 위하여 다음과 같이 선형회귀 분석을 수행하였다.

$$V_{ht} = \alpha_h + \beta_h(t - 1999) + \varepsilon_{ht}$$

$V_{ht}$  : h업종의 t년도 지표의 값

표 5. 2000-2007년 중 연도별 업종별 재고회전율

코드	업종	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	평균	표준 편차
D	제조업	10.2	10.1	11.1	10.5	10.8	10.9	10.8	10.8	10.6	0.4
D15	음식료품	9.5	9.9	9.7	9.4	10.1	10.1	9.5	10.5	9.8	0.4
D17	섬유제품	6.5	6.4	7.0	6.5	6.9	6.7	6.8	7.4	6.8	0.3
D18	봉제의복 및 모피 제품	7.9	6.5	7.6	5.8	4.8	6.3	6.1	5.8	6.4	1.0
D19	가죽, 가방 및 신발	7.8	7.6	9.6	8.7	7.0	7.3	6.3	6.4	7.6	1.1
D20	목재 및 나무제품(가구제외)	7.3	7.3	7.1	8.6	7.7	8.0	8.8	7.4	7.8	0.6
D21	펄프, 종이 및 종이제품	10.1	9.6	9.6	9.9	8.8	9.1	9.1	8.4	9.3	0.6
D23	코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업	18.4	16.7	14.6	11.0	10.9	10.9	10.4	9.7	12.8	3.3
D24	화합물 및 화학제품	8.5	8.9	9.5	9.5	9.9	9.7	9.5	9.5	9.4	0.4
D25	고무 및 플라스틱제품	10.1	10.2	13.0	13.5	11.8	13.3	12.0	10.7	11.8	1.4
D26	비금속 광물제품	11.6	12.1	14.8	14.1	13.9	11.7	11.9	13.0	12.9	1.2
D27	제 1차 금속	8.4	8.0	9.1	9.4	9.4	7.9	7.5	7.5	8.4	0.8
D28	조립 금속제품(기계 장비 및 가구 제외)	10.5	9.6	10.9	9.4	10.2	8.0	9.8	8.5	9.6	1.0
D29	기타 기계 및 장비	8.2	7.8	9.8	9.3	9.8	10.6	10.7	10.9	9.6	1.2
D30	컴퓨터 및 사무용 기기	13.5	9.0	10.3	10.1	11.0	9.8	9.1	8.9	10.2	1.5
D31	기타 전기기계 및 전기 변환장치	10.4	10.2	10.8	10.2	11.3	10.4	11.0	11.3	10.7	0.5
D32	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비	11.1	10.7	12.6	12.1	14.1	15.1	15.1	15.7	13.3	2.0
D33	의료, 정밀, 광학기기 및 시계	5.9	6.5	6.8	8.9	7.6	8.9	8.1	7.5	7.5	1.1
D34	자동차 및 트레일러	14.0	16.3	20.9	18.1	16.8	17.7	16.8	16.1	17.1	1.9
D35	기타 운송장비	11.6	12.8	13.3	13.9	12.1	12.4	13.3	14.7	13.0	1.0
D36	가구 및 기타제품 제조업	6.9	8.4	9.5	8.3	9.7	10.6	11.2	11.5	9.5	1.6

$\alpha_{it}$  :  $h$ 업종의 절편값

$\beta_h$  :  $h$ 업종의 기울기

$\varepsilon_{it}$  :  $h$ 업종의  $t$ 년도 오차

또한, 각 업종별로 2000~2007년의 8년의 기간 중 대기업과 중소기업 평균의 차이가 존재하는 지를 검증하기 위해  $t$ -검정을 수행하였고, 연도별 경제상황으로 인한 실적 영향을 통제하기 위하여 연도별로 짝을 지은 쌍체  $t$ -검정도 수행하여 비교 분석에 참조하였다.

#### 4.1 재고회전율 분석

재고회전율(Inventory Turns)은 재고자산의 회전속도 즉 재고자산이 당좌자산으로 변화하는 속도를 나타내는 지표로 연간 총 매출액을 재고자산으로 나누어 산출한다. 일반적으로 재고회전율이 높을수록 재고의 관리가 효율적으로 이루어지고 있음을 나타내는데, 재고가 정상적인 영업활동에 필요한 적정수준 이하로 유지되는 경우에도 그 값이 높게 나타날 수 있다. 재고가 판매

로 이루어지기까지 소요되는 기간을 나타내는 재고일수(Days of Inventory Supply)는 재고회전율의 역수로 구할 수 있다.

재고회전율 = 연간 총 매출액 / 재고자산

〈표 5〉는 2000~2007년의 기간 중의 업종별 재고회전율을 제시하는데, ‘자동차 및 트레일러(D34)’ 업종이 평균 17.1로 높은 재고회전율을 유지한 것으로 나타났으며, ‘섬유제품(D17)’, ‘봉제의복 및 모피제품(D18)’, ‘가죽, 가방 및 신발(D19)’, ‘목재 및 나무제품(가구제외)(D20)’, ‘의료, 정밀, 광학기기 및 시계(D33)’ 등 규모가 적고 중소기업의 비중이 큰 업종들은 평균 재고회전율 8 미만으로 저조한 수준을 보인 것을 알 수 있다.

##### 4.1.1 재고회전율: 추세분석

제조업을 종합해 보면 재고회전율의 유의한 추세는 나타나지 않는 것으로 나타났지만, 제조업에서 중소기업만을 종합해 보면 유의수준은 0.10 에서 재고회전율이 연간 0.16 가량 증가 추세를 보인 것으로 나타났다. 중소기업 중 큰 비중을 차지하는 업종들인

표 6. 업종별 규모별 재고회전율 추세분석

코드	업종	종합		대기업		중소기업	
		절편	기울기	절편	기울기	절편	기울기
D	제조업	10.3***	0.088	11.4***	0.043	8.54***	0.160*
D15	음식료품	9.43***	0.091	9.68***	0.177***	8.78***	0.026
D17	섬유제품	6.32***	0.100**	5.76***	0.274**	6.65***	-0.003
D18	봉제의복 및 모피 제품	7.48***	-0.250	6.62***	-0.323***	7.87***	-0.234
D19	가죽, 가방 및 신발	8.92***	-0.298*	9.85***	-0.417	8.66***	-0.268
D20	목재 및 나무제품(가구제외)	7.24***	0.119	4.87***	0.339*	9.03***	-0.066
D21	펄프, 종이 및 종이제품	10.2***	-0.203***	8.93***	-0.065	11.9***	-0.374**
D23	코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업	18.4***	-1.240***	18.6***	-1.270***	11.4***	-0.321
D24	화합물 및 화학제품	8.76***	0.134**	9.74***	0.099	7.24***	0.153**
D25	고무 및 플라스틱제품	11.2***	0.147	8.83***	0.355	14.1***	-0.228
D26	비금속 광물제품	12.9***	-0.003	11.1***	0.148	15.2***	-0.211
D27	제 1차 금속	9.06***	-0.150	8.91***	-0.180	9.47***	-0.079
D28	조립 금속제품(기계 장비 및 가구 제외)	10.7***	-0.245	10.1***	-0.403**	10.8***	-0.232
D29	기타 기계 및 장비	7.65***	0.439***	7.67***	0.844***	7.58***	0.265**
D30	컴퓨터 및 사무용 기기	11.9***	-0.386*	15.9***	-0.763*	7.22***	0.268
D31	기타 전기기계 및 전기 변환장치	10.1***	0.120*	14.1***	-0.324*	8.57***	0.261**
D32	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비	9.89***	0.763***	11.7***	0.750***	5.56**	0.865***
D33	의료, 정밀, 광학기기 및 시계	6.21***	0.290*	5.61***	0.695***	6.48**	0.093
D34	자동차 및 트레일러	16.8***	0.073	18.1***	0.052	14***	0.127
D35	기타 운송장비	12***	0.231	12.4***	0.167	8.8***	0.735**
D36	가구 및 기타제품 제조업	6.79***	0.604***	2.17	2.390***	7.38***	0.400**

\*p<0.10, \*\*p<0.05, \*\*\*p<0.01

‘전자부품, 영상, 음향 및 통신장비(D32)’, ‘기타 기계 및 장비(D29)’, ‘화학물 및 화학제품(D24)’ 등의 업종에서 중소기업 부문의 재고회전율이 증가한 추세가 나타났고, ‘펄프, 종이 및 종이제품(D21)’은 중소기업 중 감소추세를 보인 유일한 업종이었다.

20개 업종 중 가장 큰 규모를 차지하는 ‘전자부품, 영상, 음향 및 통신장비(D32)’ 업종에서는 전체적으로는 연간 0.763, 대기업 부문은 0.75, 중소기업 부문은 0.865 의 유의한 재고회전율 증가 추세가 전반적으로 나타나, 대기업과 중소기업 모두에서 재고수준이 전반적으로 감소하였다는 것을 나타내고 있다. 두 번째로 규모가 큰 ‘자동차 및 트레일러(D34)’ 업종의 경우 재고회전율의 증가추세는 관측되지 않았지만, 재고회전율의 수준이 절편기준으로 16.8로 타업종에 비해 높은 수준을 보였다. 이는 자동차 업종

에서 비록 추세는 나타나지 않았지만 우수한 수준에서 재고를 유지하였다고 해석이 가능하다고 생각된다. 재고회전율에 있어 유의한 감소 추세를 보인 업종은 4개가 있었는데, 특히 규모가 큰 업종인 ‘코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업(D23)’이 연간 -1.24의 큰 감소추세를 보였다.

#### 4.1.2 재고회전율: 대기업과 중소기업의 비교

제조업의 세부업종들을 모두 종합하였을 때는 대기업의 재고회전율 평균이 11.62, 중소기업의 평균이 9.26으로 대기업이 중소기업보다 재고회전율에 있어 25% 가량 우위인 것으로 나타났다. 업종별로는 대기업이 우위로 나타나는 업종이 9개, 중소기업이 우위인 업종이 7개였는데, 중소기업의 재고회전율이 대기업보다 우위인 업종들은 ‘봉제의복 및 모피 제품(D18)’, ‘목재 및 나무제품(가구제외)(D20)’, ‘펄프, 종이 및 종이제품(D21)’, ‘고무 및 플라스틱제품(D25)’, ‘비금속 광물제품(D26)’, ‘조립 금속제품(기계 장비 및 가구 제외)(D28)’ 등 규모가 적고 중소기업의 비중이 대기업의 비중보다 큰 업종들인 경우가 많았다. ‘전자부품, 영상, 음향 및 통신장비(D32)’, ‘자동차 및 트레일러(D34)’와 같이 규모가 크

표 7. 업종별 규모별 재고회전율 추세 요약

	종합			대기업			중소기업		
	증가 추세	감소 추세	추세 없음	증가 추세	감소 추세	추세 없음	증가 추세	감소 추세	추세 없음
업종수	7	4	9	7	5	8	6	1	13

표 8. 업종별 대기업과 중소기업간 재고회전율 차이 분석

코드	업종	우세	평균		표준편차		t-검정 결과(p 값)	
			대기업	중소기업	대기업	중소기업	2표본	쌍체
D	제조업	대기업**	11.62	9.26	0.32	0.59	0	0.000
D15	음식료품	대기업**	10.47	8.90	0.49	0.66	0	0.001
D17	섬유제품		6.99	6.64	0.85	0.35	0.308	0.339
D18	봉제의복 및 모피 제품	중소기업**	5.17	6.82	0.90	1.19	0.008	0.002
D19	가죽, 가방 및 신발		7.98	7.45	1.96	1.13	0.523	0.436
D20	목재 및 나무제품(가구제외)	중소기업*	6.40	8.74	1.19	1.20	0.002	0.012
D21	펄프, 종이 및 종이제품	중소기업*	8.63	10.25	0.50	1.29	0.009	0.017
D23	코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업	대기업	12.92	9.93	3.38	1.46	0.047	0.040
D24	화학물 및 화학제품	대기업**	10.19	7.93	0.55	0.48	0	0.000
D25	고무 및 플라스틱제품	중소기업*	10.43	13.11	1.68	1.56	0.006	0.012
D26	비금속 광물제품	중소기업*	11.76	14.28	0.87	2.26	0.016	0.013
D27	제 1차 금속	중소기업*	8.10	9.11	0.92	0.73	0.03	0.003
D28	조립 금속제품(기계 장비 및 가구 제외)	중소기업	8.32	9.79	1.31	1.08	0.028	0.025
D29	기타 기계 및 장비	대기업*	11.47	8.78	2.22	0.79	0.012	0.003
D30	컴퓨터 및 사무용 기기	대기업*	12.51	8.42	2.90	1.08	0.006	0.012
D31	기타 전기기계 및 전기 변환장치	대기업**	12.60	9.75	1.13	0.79	0	0.003
D32	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비	대기업**	15.10	9.46	1.93	2.44	0	0.000
D33	의료, 정밀, 광학기기 및 시계	대기업	8.73	6.89	1.81	1.16	0.034	0.027
D34	자동차 및 트레일러	대기업**	18.30	14.58	2.54	1.35	0.004	0.001
D35	기타 운송장비		13.12	12.10	1.09	2.35	0.297	0.288
D36	가구 및 기타제품 제조업		12.94	9.18	6.05	1.20	0.128	0.075

\*p<0.05, \*\*p<0.01

고 대기업의 비중이 큰 주요 업종들에서는 대부분 대기업의 재고회전율이 중소기업보다 유의하게 높은 것으로 나타났다.

표 9. 대기업과 중소기업간 재고회전율 차이 요약

대기업 우위	대기업 우위	중소기업 우위	나타나지 않음
업종수	9	7	4

## 4.2 현금변환주기(Cash-to-Cash Cycle) 분석

현금변환주기(Cash-to-Cash Cycle)는 원자재 구매에서 판매대금 회수까지 소요되는 기간을 의미하는데, 기업이 공급업체 및 고객으로부터의 재무적인 흐름을 얼마나 잘 관리하고 있는지를 나타내는 지표이다. 현금변환주기를 구하기 위해서는 재고일수와 매출채권회수기간, 매입채무변제기간이 필요한데, 매출채권회수기간은 외상매출금과 받을어음 등 매출채권이 현금화되기 까지 걸리는 기간을 나타내고, 매입채무 변제기간은 외상매입금과 지급어음 등 매입채무가 지급되기까지의 기간으로 기업이 원활히 결제하고 있는지를 나타낸다. 현금변환주기는 재고일수와 매출채권 회수기간의 합에서 매입채무 변제기간을 빼서 구하게 된다. 현

금변환 주기가 길수록 재고와 매출채권이 현금화 되는데 걸리는 시간이 길어진다는 것을 의미하므로, 기업들은 고객에 대한 신속한 제품인도와 대금회수, 효율적인 재고 관리, 신속한 원재료의 획득 등을 통해 이를 개선할 필요가 있다(김대기 외, 2003).

현금변환주기(일)=재고일수+매출채권회수기간-매입채무변제기간

재고일수=365/재고회전율=재고자산/(연간 총 매출액/365)

매출채권회수기간=매출채권/(연간 총 매출액/365)

매입채무변제기간=매입채무/(연간 총 자재구입비/365)

〈표 10〉은 업종별 연도별 현금변환주기를 나타내는데, 규모가 큰 업종인 '전자부품, 영상, 음향 및 통신장비(D32)', '자동차 및 트레일러(D34)', '코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업(D23)' 등은 각각 34.9일, 14.7일, 40.3일로 짧은 편이고, '봉제의복 및 모피 제품(D18)', '목재 및 나무제품(가구제외)(D20)', '의료, 정밀, 광학기기 및 시계(D33)' 등 영세한 업종들은 각각 74.8일, 76.8 일, 77.7일로 긴 편인 것을 확인 할 수 있다. 현금변환주기가 가장 큰 업종은 '기타 운송장비(D35)'로 평균 80.8일이었는데 공사중인 선박이 재고로 포함되는 조선업이 여기에 포함되어 있

표 10. 2000-2007년 중 연도별 업종별 현금변환주기

코드	업종	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	평균	표준 편차
D	제조업	50.1	52.5	48.8	50.3	47.1	47.1	49.0	49.6	49.3	1.8
D15	음식료품	53.0	52.0	52.9	52.9	50.6	50.8	53.9	47.2	51.7	2.1
D17	섬유제품	64.6	70.0	66.8	66.6	58.7	64.8	63.4	63.2	64.7	3.3
D18	봉제의복 및 모피 제품	60.9	76.7	82.4	83.2	85.3	66.7	65.7	77.7	74.8	9.2
D19	가죽, 가방 및 신발	47.5	52.9	43.5	60.6	62.5	69.0	79.9	77.6	61.7	13.3
D20	목재 및 나무제품(가구제외)	74.0	76.4	80.1	76.0	75.9	74.2	80.8	77.2	76.8	2.5
D21	펄프, 종이 및 종이제품	63.0	65.4	61.5	62.5	73.9	73.7	80.7	82.7	70.4	8.5
D23	코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업	40.7	34.3	39.1	43.7	39.7	40.4	41.3	42.9	40.3	2.9
D24	화학물 및 화학제품	69.8	70.9	68.3	67.3	61.8	62.0	63.2	64.6	66.0	3.6
D25	고무 및 플라스틱제품	42.4	51.1	36.8	48.0	51.3	47.5	46.2	56.0	47.4	5.9
D26	비금속 광물제품	61.9	63.8	53.6	59.6	55.4	59.5	60.3	56.7	58.8	3.4
D27	제 1차 금속	54.1	59.9	55.2	53.1	51.8	62.5	66.2	65.4	58.5	5.7
D28	조립 금속제품(기계 장비 및 가구 제외)	65.2	66.4	57.7	60.3	57.1	69.2	65.6	70.6	64.0	5.1
D29	기타 기계 및 장비	63.6	73.1	68.7	70.5	63.4	57.4	59.5	58.3	64.3	5.9
D30	컴퓨터 및 사무용 기기	31.9	52.9	42.2	46.8	44.3	63.9	72.0	63.7	52.2	13.5
D31	기타 전기기계 및 전기 변환장치	53.8	60.9	54.2	60.1	56.8	61.9	60.5	63.6	59.0	3.6
D32	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비	36.4	40.2	34.6	36.8	33.6	31.9	32.7	32.8	34.9	2.8
D33	의료, 정밀, 광학기기 및 시계	93.0	89.2	84.6	66.3	75.6	64.2	70.6	78.6	77.7	10.6
D34	자동차 및 트레일러	14.8	16.2	10.4	11.5	10.7	10.7	18.9	24.2	14.7	4.9
D35	기타 운송장비	112.9	95.8	88.7	84.5	83.0	71.8	63.4	46.6	80.8	20.3
D36	가구 및 기타제품 제조업	66.3	55.9	51.3	56.7	50.9	53.8	56.8	52.9	55.6	4.9



표 11. 업종별 규모별 현금변환주기 추세분석

코드	업종	종합		대기업		중소기업	
		절편	기울기	절편	기울기	절편	기울기
D	제조업	50.8***	-0.343	46.1***	-0.736**	60.1***	0.177
D15	음식료품	53.7***	-0.463	48.1***	-0.667*	67.6***	-0.807
D17	섬유제품	67.8***	-0.676	76.8***	-4.54***	60.7***	2.22*
D18	봉제의복 및 모피 제품	73.9***	0.21	87.9***	1.02	69.2***	0.19
D19	가죽, 가방 및 신발	39***	5.04**	30.5**	6.72**	42.2***	4.55***
D20	목재 및 나무제품(가구제외)	75.4***	0.316	110***	-3.21	60.9***	2.08
D21	펄프, 종이 및 종이제품	56.4***	3.13***	63.2***	1.6	51.2***	4.23***
D23	코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업	37.5***	0.601	37.4***	0.422	57.6***	4.04***
D24	화합물 및 화학제품	71.3***	-1.19**	56***	-0.42	103***	-2.24**
D25	고무 및 플라스틱제품	41.8***	1.26	37.1**	2.7	43.6***	0.7
D26	비금속 광물제품	61***	-0.48	74.1***	-1.89**	46.1***	1.33*
D27	제 1차 금속	51.5***	1.57*	49.9***	1.46	55.3***	1.73*
D28	조립 금속제품(기계 장비 및 가구 제외)	60.5***	0.78	110**	-6.95	44.7***	3.33***
D29	기타 기계 및 장비	72.2***	-1.74**	85.4***	-3.88***	64.3***	-0.469
D30	컴퓨터 및 사무용 기기	31.8**	4.53**	4.2	7.99**	83.4***	-2.76
D31	기타 전기기계 및 전기 변환장치	54.4***	1.03*	51.6***	1.8***	56.3***	0.497
D32	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비	38.9***	-0.887**	31.9***	-1.09***	71.6***	-1.83
D33	의료, 정밀, 광학기기 및 시계	90.9***	-2.93*	109***	-9.75***	76.5***	2.47
D34	자동차 및 트레일러	10.4**	0.942	6.64	0.993	21.7**	0.623
D35	기타 운송장비	117***	-8.08***	124***	-8.45***	43.5***	-1.52
D36	가구 및 기타제품 제조업	60.3***	-1.04	85.2***	-9.54***	55.5***	0.698

\*p&lt;0.10, \*\*p&lt;0.05, \*\*\*p&lt;0.01

기 때문인 것으로 보인다.

#### 4.2.1 현금변환주기: 추세분석

제조업종들을 종합했을 때와 중소기업만을 종합했을 때는 유의한 추세가 나타나지 않았지만, 대기업만 종합했을 경우는 현금변환주기는 연간 0.74일 가량 감소하는 유의한 추세가 나타났다. 대기업 부문만 볼 경우 유의한 감소추세를 보인 업종은 9개였는데 반해, 중소기업 부문만 볼 때 감소추세를 보인 업종은 ‘화합물 및 화학제품(D24)’의 1개에 불과하였다. ‘전자부품, 영상, 음향 및 통신장비(D32)’ 연간 -0.887일, ‘화합물 및 화학제품(D24)’ 연간 -1.19일, ‘기타 운송장비(D35)’ 연간 -8.08일, ‘기타 기계 및 장비(D29)’ 연간 -1.74일 등 비교적 규모가 큰 업종들에서는 현금변환주기에 있어 유의한 감소 추세를 보였다. 현금변환주기에 있어 유의한 증가 추세를 보인 업종들은, ‘가죽, 가방 및 신발(D19)’ 연간 5.04일, ‘펄프, 종이 및 종이제품(D21)’ 연간 3.13일, ‘컴퓨터 및 사무용 기기(D30)’ 연간 4.53일, ‘기타 전기기계 및 전기 변환장치(D31)’ 연간 1.03일 등 비교적 영세한 업종들이었다.

표 12. 업종별 규모별 현금변환주기 추세 요약

	종합			대기업			중소기업		
	증가 추세	감소 추세	추세 없음	증가 추세	감소 추세	추세 없음	증가 추세	감소 추세	추세 없음
업종수	5	5	10	3	9	8	7	1	12

#### 4.2.2 현금변환주기: 대기업과 중소기업의 비교

업종을 종합해서 볼 때 대기업의 현금변환 주기는 42.75일인 반면, 중소기업은 60.92일로 대기업이 중소기업보다 현저한 우위를 보인 것으로 나타났다. ‘전자부품, 영상, 음향 및 통신장비(D32)’ (27.00일 대 63.41일), ‘자동차 및 트레일러(D34)’ (11.11일 대 24.49일), ‘코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업(D23)’ (39.26일 대 75.80일), ‘화합물 및 화학제품 (D24)’ (54.15일 대 92.59일), ‘음식료품(D15)’ (대기업 45.11일 대비 중소기업 63.95일), ‘섬유제품(D17)’ (56.36일 대 70.71일) 등 매출액 규모가 큰 다수의 업종들에서 대기업과 중소기업간의 차이가 현저하였고, 중소기업의 현금변환주기가 대기업보다 더 짧게 나타난 업종들은 ‘봉제의복 및 모피 제품(D18)’, ‘목재 및 나무제품(가구제

표 13. 업종별 대기업과 중소기업간 현금변환주기 차이 분석

코드	업종	우세	평균		표준편차		t-검정 결과(p 값)	
			대기업	중소기업	대기업	중소기업	2표본	쌍체
D	제조업	대기업**	42.75	60.92	2.46	3.11	0	0
D15	음식료품	대기업**	45.11	63.95	2.59	6.20	0	0
D17	섬유제품		56.36	70.71	11.48	8.14	0.014	0.064
D18	봉제의복 및 모피 제품	중소기업**	92.50	70.09	8.89	9.75	0	0
D19	가죽, 가방 및 신발		60.78	62.70	19.83	12.78	0.822	0.711
D20	목재 및 나무제품(가구제외)	중소기업*	95.61	70.28	15.79	8.48	0.003	0.019
D21	펄프, 종이 및 종이제품		70.41	70.21	8.35	11.20	0.969	0.963
D23	코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업	대기업**	39.26	75.80	2.70	11.62	0	0
D24	화합물 및 화학제품	대기업**	54.15	92.59	2.00	6.97	0	0
D25	고무 및 플라스틱제품		49.24	46.70	12.37	4.96	0.604	0.601
D26	비금속 광물제품	중소기업**	65.63	52.10	5.73	5.00	0	0.004
D27	제 1차 금속	대기업*	56.42	63.06	6.06	6.07	0.048	0.004
D28	조립 금속제품(기계 장비 및 가구 제외)		78.58	59.67	29.54	9.08	0.122	0.186
D29	기타 기계 및 장비		67.93	62.14	9.67	5.81	0.175	0.131
D30	컴퓨터 및 사무용 기기	대기업*	40.10	71.00	26.67	12.09	0.015	0.028
D31	기타 전기기계 및 전기 변환장치		59.67	58.56	5.24	4.22	0.65	0.617
D32	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비	대기업**	27.00	63.41	3.10	9.98	0	0
D33	의료, 정밀, 광학기기 및 시계		65.04	87.66	25.08	12.17	0.045	0.078
D34	자동차 및 트레일러	대기업**	11.11	24.49	5.40	4.69	0	0
D35	기타 운송장비	중소기업**	86.18	36.69	21.36	7.32	0	0
D36	가구 및 기타제품 제조업		42.28	58.64	25.28	4.82	0.115	0.138

\*p&lt;0.05, \*\*p&lt;0.01

외)(D20)', '비금속 광물제품(D26)', '조립 금속제품(기계 장비 및 가구 제외)(D28)' 등 규모가 적고 중소기업의 비중이 대기업보다 큰 업종들이었다.

표 14. 대기업과 중소기업간 현금변환주기 차이 요약

대기업 우위	대기업 우위	중소기업 우위	나타나지 않음
업종수	7	4	9

### 4.3 매출이익률 분석

매출이익률(Gross Margin)은 매출액 중 매출원가(COGS: Cost of Goods Sold)를 뺀 매출이익이 매출액에서 차지하는 비중을 나타내는 비율이다. 이는, 관리비, 판매비, 연구개발비 등을 제외한 순수하게 제품을 생산 및 판매하는 데 사용된 매출원가를 기준으로 측정한 이익률 지표이다. 이러한 매출원가는 당기에 사용된 제품 제조원가와 기초제품 재고액의 합계액에서 기말제품 재고액을 차감하여 산출된다.

매출이익률=(매출액-매출원가)/매출액

매출원가=기초제품재고액+당기제품제조원가-기말제품재고액

〈표 15〉는 연도별 업종별 매출이익률을 제시하는데, 매출이익률이 높게 나타나는 업종은 '음식료품(D15)' 28.0%, '봉제의복 및 모피 제품(D18)' 29.6% 등 고정비용이 적고 판매 및 유통관련 비용이 큰 편인 업종들이었고, 특히 낮게 나타난 업종은 '코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업(D23)' 9.9%, '기타 운송장비(D35)' 11.2% 등 대규모 장치산업에 가까운 업종들로 보인다.

#### 4.3.1 매출이익률: 추세분석

제조업종을 모두 종합해서 볼 때나, 대기업 부문과 중소기업 부문만을 종합해서 볼 때 각각 모두 매출 이익에 있어 유의한 추세는 나타나지 않았다. 또한, 업종별로도 대부분 유의한 추세가 나타나지 않았다. 매출이익률의 증가 추세를 보인 일부 업종은 '봉제의복 및 모피 제품(D18)', '가죽, 가방 및 신발(D19)', '컴퓨터 및 사무용 기기(D30)', '기타 기계 및 장비(D29)' 와 '기타 전

표 15. 2000-2007년 중 연도별 업종별 매출이익률

코드	업종	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	평균	표준 편차
D	제조업	19.2	18.3	19.4	20.1	19.7	18.2	17.5	17.8	18.8	0.9
D15	음식료품	27.0	27.9	28.7	28.9	27.7	27.8	29.6	26.8	28.0	1.0
D17	섬유제품	15.2	15.1	14.3	13.5	11.2	11.3	12.4	14.8	13.5	1.6
D18	봉제의복 및 모피 제품	23.8	26.1	25.7	30.0	31.6	33.1	33.4	32.9	29.6	3.9
D19	가죽, 가방 및 신발	15.8	17.7	19.1	25.5	20.2	23.3	25.4	25.2	21.5	3.8
D20	목재 및 나무제품(가구제외)	14.0	13.3	15.6	15.6	13.3	12.1	14.7	15.1	14.2	1.2
D21	펄프, 종이 및 종이제품	18.6	18.4	21.8	16.7	16.5	18.7	17.5	17.4	18.2	1.7
D23	코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업	9.4	8.2	8.6	10.9	13.7	10.2	8.4	10.1	9.9	1.8
D24	화합물 및 화학제품	23.2	24.3	24.9	23.3	22.8	22.3	21.5	22.6	23.1	1.1
D25	고무 및 플라스틱제품	18.4	19.5	17.9	17.7	18.3	18.4	17.2	17.4	18.1	0.7
D26	비금속 광물제품	21.5	22.1	22.8	23.2	22.5	20.9	20.6	19.6	21.6	1.2
D27	제 1차 금속	15.1	14.2	14.3	15.8	17.4	16.4	13.6	13.1	15.0	1.5
D28	조립 금속제품(기계 장비 및 가구 제외)	14.7	15.7	15.2	15.8	14.0	14.5	13.9	14.2	14.7	0.7
D29	기타 기계 및 장비	19.0	19.3	18.6	18.1	17.0	16.3	16.8	17.4	17.8	1.1
D30	컴퓨터 및 사무용 기기	16.2	10.0	12.6	13.5	15.1	17.3	19.9	19.1	15.5	3.4
D31	기타 전기기계 및 전기 변환장치	15.9	16.2	14.1	14.6	13.0	13.5	12.5	12.8	14.1	1.4
D32	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비	24.4	17.5	21.9	22.9	25.0	21.8	20.0	19.9	21.7	2.5
D33	의료, 정밀, 광학기기 및 시계	23.9	23.8	22.5	20.1	20.2	19.9	21.6	21.9	21.7	1.6
D34	자동차 및 트레일러	15.4	18.3	17.3	18.8	16.8	14.2	14.2	14.7	16.2	1.8
D35	기타 운송장비	16.1	14.5	12.7	12.4	6.0	6.5	8.6	12.5	11.2	3.7
D36	가구 및 기타제품 제조업	19.3	18.6	21.6	20.0	19.0	19.8	20.5	20.9	20.0	1.0

기기계 및 전기 변환장치(D31)' 등 규모가 크지 않은 업종들이었다. 규모가 큰 업종들인 '전자부품, 영상, 음향 및 통신장비(D32)' 와 '자동차 및 트레일러(D34)' 업종에서 대기업 부문만을 볼 때는 오히려 각각 연간 0.25%, 0.55% 정도의 매출이익 감소 추세를 보였는데, 이는 이들 업종의 대기업들이 주로 경쟁을 벌이는 글로벌 시장에서의 경쟁이 점점 더 치열해졌기 때문이라고 보여진다.

#### 4.3.2 매출이익률: 대기업과 중소기업의 비교

대기업 부문을 종합해 보았을 때의 매출이익률은 20%, 중소기업을 종합한 매출이익률은 18% 선으로 대기업의 매출이익률이 중소기업보다 유의하게 높은 것으로 나타났다. 그러나, 그 차이는 재고회전율과 현금변환 주기에 비해서는 적은 편이라 할 수 있다. 매출규모가 크고 대기업의 비중이 큰 업종들인 '전자부품, 영상, 음향 및 통신장비(D32)', '자동차 및 트레일러(D34)', '제 1차 금속(D27)' 등에서 대기업의 매출이익률이 유의하게 높게 나타났을 뿐 아니라, 매출규모가 적고 중소기업의 비중이 큰 '봉제의복 및 모피 제품(D18)', '가죽, 가방 및 신발(D19)', '비금속 광물제품

(D26)' 등의 업종들에서도 대기업의 매출이익률이 더 높은 것으로 나타났다. '코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업(D23)' 과 '기타 운송장비(D35)' 업종 등에서는 중소기업의 매출이익률이 더 높게 나타났지만, 이들 업종은 중소기업의 비중이 매우 적은 업종들이어서 큰 의미를 두기 힘들다고 생각된다. 이외에도 '의료, 정밀, 광학기기 및 시계(D33)', '컴퓨터 및 사무용 기기(D30)', '기타 전기기계 및 전기 변환장치(D31)' 등에서 중소기업의 매출이익률이 대기업의 매출이익률을 상회하였는데, 이는 이들 업종에서 대기업과 중소기업간의 경쟁력 차이가 크지 않음을 반영하는 것으로 생각된다.

#### 4.4 재고회전율과 매출이익률간의 관계 분석

<표 5>에 제시된 20개 업종의 2000-2007년의 8년간 재고회전율과 <표 15>에 제시된 매출이익률을 업종별 연도별로 짝을 지어 구성한 160개 데이터를 그래프로 나타내면 <그림 1>과 같다. 이들 160개의 관측 자료를 바탕으로 통계적으로 분석한 결과, 재고회전율과 매출이익률 간의 상관성을 나타내는 피어슨

표 16. 업종별 규모별 매출이익률 추세분석

코드	업종	종합		대기업		중소기업	
		절편	기울기	절편	기울기	절편	기울기
D	제조업	0.197***	-0.00211	0.208***	-0.00298	0.178***	-0.00043
D15	음식료품	0.279***	0.00035	0.311***	0.00269	0.189***	0.00268
D17	섬유제품	0.149***	-0.00329	0.157***	-0.00828*	0.142***	0.0005
D18	봉제의복 및 모피 제품	0.229***	0.0149***	0.294***	0.0176**	0.208***	0.0148***
D19	가죽, 가방 및 신발	0.156***	0.0133**	0.252***	0.01***	0.118**	0.0158**
D20	목재 및 나무제품(가구제외)	0.141***	0.00028	0.168***	-0.00592***	0.132***	0.00193
D21	펄프, 종이 및 종이제품	0.194***	-0.00276	0.221***	-0.00669	0.167***	0.00108
D23	코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업	0.0923**	0.00157	0.0908**	0.00132	0.192***	0.00113
D24	화합물 및 화학제품	0.245***	-0.00312	0.225***	-0.00224	0.285***	-0.00408
D25	고무 및 플라스틱제품	0.19***	-0.00194	0.234***	-0.00178	0.156***	0.00031
D26	비금속 광물제품	0.231***	-0.00325	0.272***	-0.00139	0.187***	-0.00302**
D27	제 1차 금속	0.155***	-0.00108	0.166***	0.00066	0.127***	-0.00424***
D28	조립 금속제품(기계 장비 및 가구 제외)	0.156***	-0.00196	0.137***	-0.00225	0.164***	-0.00294**
D29	기타 기계 및 장비	0.195***	-0.00379**	0.21***	-0.00713	0.187***	-0.0018**
D30	컴퓨터 및 사무용 기기	0.108**	0.0103*	0.083**	0.00882***	0.171***	0.00284
D31	기타 전기기계 및 전기 변환장치	0.164***	-0.00523**	0.143***	-0.00377	0.178***	-0.00609***
D32	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비	0.226***	-0.00199	0.244***	-0.00254***	0.144***	0.00363
D33	의료, 정밀, 광학기기 및 시계	0.235***	-0.00392	0.224***	-0.0126	0.244***	0.00261
D34	자동차 및 트레일러	0.182***	-0.00433	0.203***	-0.00547***	0.12***	-0.00038
D35	기타 운송장비	0.154**	-0.00952	0.153**	-0.0102	0.163***	-0.00527**
D36	가구 및 기타제품 제조업	0.192***	0.00168	0.196***	0.00124	0.189***	0.00215

\*p&lt;0.10, \*\*p&lt;0.05, \*\*\*p&lt;0.01

표 17. 업종별 규모별 매출이익률 추세 요약

	종합			대기업			중소기업		
	증가 추세	감소 추세	추세 없음	증가 추세	감소 추세	추세 없음	증가 추세	감소 추세	추세 없음
업종수	3	2	15	3	4	13	2	6	12

(Pearson) 상관계수는 유의수준 0.01 에서 - 0.256 로 나타났다. 이는 미국의 도소매 업종 기업들의 재고회전율과 매출이익률 간에 부(-)의 상관관계가 존재한다는 Gaur et al.(2005), Kesavan et al.(2010) 의 분석 결과와 유사한데, 재고회전율과 매출이익률 간의 이러한 부(-)의 상관관계는 높은 가격 또는 높은 매출이익률을 얻기 위해서 낮은 재고회전율을 유지하는 것이 필요할 수 있고, 낮은 가격 또는 낮은 매출이익률을 보상하기 위해 높은 재고회전율을 유지할 필요가 있을 수도 있다는 것을 시사한다고 볼 수 있다.

재고회전율과 매출이익률 간 부(-)의 상관관계에 대한 설명은 공급사슬이론에서도 찾아볼 수 있다. Fisher(1997)와 Lee(2002)에 따르면 제품이 기능적(Functional)인지 혁신적(Innovative)인

지 따라 수요의 특성도 다르므로 그에 적합한 공급사슬관리를 해야 한다. 기능적 제품의 경우 이익률은 적지만 제품수명주기가 길고, 종류도 적으며, 예측오차가 적다는 특성이 있으므로, 공급사슬 관리는 효율성(Efficiency)에 초점을 두어 재고를 줄여 재고회전율을 높이고, 가동률을 높이는 등 비용을 절감하는데 중점을 두는 것이 유리하다. 혁신적 제품의 경우는 반대로 이익률이 크지만 제품 수명주기가 짧고 예측오차가 크다는 특성이 있으므로, 안전 재고를 쌓고 여유 생산설비를 두는 등 반응성(Responsiveness)을 높이는 데 공급사슬 관리의 초점을 두는 것이 바람직하다. 기업들이 수요와 공급의 특성에 따라 이러한 공급사슬관리 전략을 따른다면, 결과적으로 매출이익률과 재고회전율간 부의 상관관계가 나타나게 된다.

물론, 순수하게 공급사슬관리의 성과로 불필요한 재고 보유를 줄여 적정 수준의 재고를 유지한다면 매출이익률의 변동 없이 재고회전율이 증가하게 될 것이며, 구매와 제조 프로세스 등을 개선하여 제조원가를 줄이는 경우 재고회전율의 변동 없이 매출이익률이 증가하게 될 것이다. 이러한 관점에서는 재고회전율과 매출

표 18. 업종별 대기업과 중소기업간 매출이익률 차이 분석

코드	업종	우세	평균		표준편차		t-검정 결과(p 값)	
			대기업	중소기업	대기업	중소기업	2표본	쌍체
D	제조업	대기업*	0.194	0.178	0.014	0.005	0.015	0.024
D15	음식료품	대기업**	0.323	0.201	0.009	0.022	0	0
D17	섬유제품		0.121	0.145	0.029	0.014	0.061	0.034
D18	봉제의복 및 모피 제품	대기업**	0.374	0.274	0.049	0.040	0.001	0
D19	가죽, 가방 및 신발	대기업**	0.299	0.193	0.029	0.048	0	0
D20	목재 및 나무제품(가구제외)		0.140	0.139	0.025	0.016	0.907	0.908
D21	펄프, 종이 및 종이제품		0.191	0.173	0.029	0.019	0.148	0.144
D23	코크스, 석유 정제품 및 핵연료 가공업	중소기업**	0.098	0.199	0.021	0.020	0	0
D24	화합물 및 화학제품	중소기업**	0.215	0.266	0.011	0.015	0	0
D25	고무 및 플라스틱제품	대기업**	0.226	0.156	0.015	0.007	0	0
D26	비금속 광물제품	대기업**	0.265	0.173	0.028	0.010	0	0
D27	제 1차 금속	대기업**	0.168	0.108	0.020	0.010	0	0
D28	조립 금속제품(기계 장비 및 가구 제외)	중소기업**	0.128	0.151	0.017	0.011	0.006	0.004
D29	기타 기계 및 장비		0.180	0.179	0.021	0.008	0.878	0.802
D30	컴퓨터 및 사무용 기기	중소기업**	0.124	0.185	0.037	0.030	0.003	0
D31	기타 전기기계 및 전기 변환장치	중소기업**	0.125	0.151	0.011	0.017	0.004	0
D32	전자부품, 영상, 음향 및 통신장비	대기업**	0.216	0.160	0.026	0.021	0	0.001
D33	의료, 정밀, 광학기기 및 시계	중소기업**	0.168	0.255	0.033	0.018	0	0
D34	자동차 및 트레일러	대기업**	0.176	0.118	0.023	0.007	0	0
D35	기타 운송장비		0.105	0.139	0.041	0.020	0.061	0.034
D36	가구 및 기타제품 제조업		0.203	0.199	0.029	0.014	0.746	0.76

\*p&lt;0.05, \*\*p&lt;0.01

표 19. 대기업과 중소기업간 매출이익률 차이 요약

대기업 우위	대기업 우위	중소기업 우위	나타나지 않음
업종수	8	6	6

이익률이 모두 높게 나타나는 경우라면 일반적으로 공급사슬관리 수준이 높다고 판단할 수도 있는데, 재고회전율과 매출이익률의 분포를 보여주는 <그림 1>을 보면 일부 업종들은 다른 업종에 비해 재고회전율과 매출이익률 모두 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 공급사슬관리의 수준이 타업종에 비해 양호하다고 볼 수 있는 이들 업종은, '봉제의복 및 모피 제품(D18)', '음식료품(D15)', '전자부품, 영상, 음향 및 통신장비(D32)', '비금속 광물제품(D26)', '화합물 및 화학제품(D24)' 등이다. 반면, '섬유제품(D17)과 코크스', '석유 정제품 및 핵연료 가공업(D23)' 업종들은 타 업종에 비해 유난히 재고회전율과 매출이익률이 모두 저조한 업종들로 나타났는데, 이는 이들 업종이 공급사슬관리 관점에서 타업종에 비해 개선할 여지가 많음을 시사한다고 볼 수 있다.

#### 4.5 현금변환주기와 매출이익률간의 관계 분석

<그림 2>는 <표 10>에 제시된 2000~2007년간 20개 업종의 현금변환주기와 <표 15>에 제시된 매출이익률을 업종별 연도별로 짝을 지어 구성한 160개 데이터를 <그림 1>과 유사하게 그래프로 나타낸 것이다. 현금변환주기와 매출이익률간의 상관분석을 수행한 결과 피어슨 상관계수는 0.119 였으며, P-값은 0.135 로 나타났다. 재고회전율과 매출이익률 간의 상관계수가 -0.256 이고, P-값이 0.01 이하였던 것과 비교해보면, 현금회전율은 재고회전율보다 매출이익과 상관성이 적다고 판단할 수 있다. 4.2절에서 설명한 바와 같이 현금변환주기에는 재고일수가 포함되어 있으며, 재고일수는 재고회전율과 역의 관계가 있으므로 현금변환주기와 매출이익률간 양(+)의 상관관계가 나타난 것은, 재고회전율과 매출이익률 간 부(-)의 상관관계가 나타난 것과 방향성 측면에서는 기본적으로 일치하는 결과이다. 따라서, P-값이 0.135 이므로 통계적 유의미성이 강하게 나타나는 않지만, 앞장에서 설명한 Fisher(1997)와 Lee(2002)가 정리한 바와 같은 매출이익률에

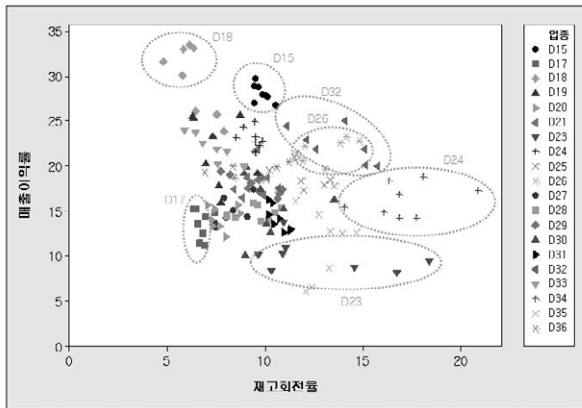


그림 1. 재고회전율과 매출이익률의 분포

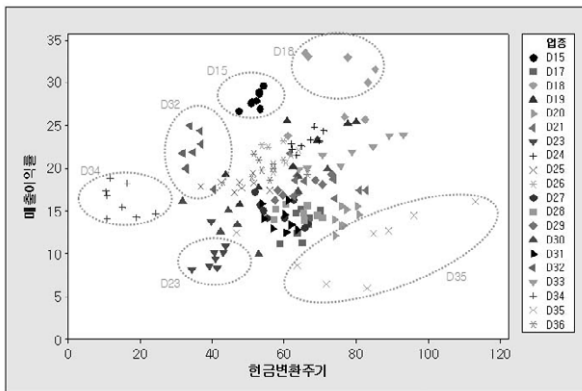


그림 2. 현금변환주기와 매출이익률의 분포

다른 재고보유 전략이 현금변환 관리전략에서도 어느 정도 확인되는 것이라고 볼 수 있을 것이다.

동일한 조건에서라면 자본의 효율적 사용 및 위험관리 측면에서 현금변환주기가 적은 편이 유리하다. 매출이익률은 물론 높은 편이 더 바람직하므로, 현금변환주기와 매출이익률 분포에서 좌상에 위치하는 업종들이 운영상 더 효율적인 업종들이라 할 수 있을 것이다. 이들 업종은 <그림 2>에 표시한 바와 같이 ‘봉제의복 및 모피 제품(D18)’, ‘음식료품(D15)’, ‘전자부품, 영상, 음향 및 통신장비(D32)’, ‘자동차 및 트레일러(D34)’ 이었다. 이 4개 업종 중 3개(D18, D15, D32)는 재고회전율의 측면으로만 볼 때에도 효율성이 높은 것으로 나타난 업종들이다. 반면, 현금변환주기의 관점에서 볼 때, 눈에 띄게 효율성이 떨어지는 것으로 보이는 업종들은 ‘석유 정제품 및 핵연료 가공업(D23)’과 ‘기타 운송장비(D35)’ 였는데, ‘석유 정제품 및 핵연료 가공업(D23)’은 재고회전율 관점에서도 효율이 떨어지는 것으로 나타난 업종이다. ‘자동차 및 트레일러(D34)’ 업종과 ‘기타 운송장비(D35)’ 업종은 재고회전율과는 달리 현금변환주기 관점에서 효율적이거나 비효율적 업종으로 나타났다. 이는 재고회전율을 중심으로 효율성을

평가하는 것과 현금변환주기를 중심으로 효율성을 평가하는 것은 서로 다른 결과가 나타날 수도 있음을 보여주는 것으로, 현금변환주기 관점에서 효율성을 평가하는 것이 재고회전율 기준으로 평가하는 것과 중복되는 것은 아니며, 평가할 가치가 있는 것이라는 사실을 보여준다고 생각된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 한국은행에서 매년 취합하여 정책결정의 기초 자료로 사용하는 기업통계자료 중 2000-2007년의 8년의 기간을 취하여, SCOR모델이 제시하는 주요 공급사슬관리 지표 중 재고회전율, 현금변환주기, 매출이익률의 세 지표에 있어 제조업 내의 세부 업종별로 증가 또는 감소의 추세가 있었는지 분석하고, 또 각 업종 내에서도 기업규모별(대기업과 중소기업) 차이가 존재하는지를 비교하였다. 분석결과 먼저 제조업 내부에서도 세부 업종별로 지표의 수준 및 추세에 있어 상당한 차이가 존재함을 확인하였다. 모든 제조업 업종에서 일관되게 나타나는 추세는 관측되지 않았고, 유의미한 추세가 관측되지 않는 업종이 오히려 더 많았다. 대기업과 중소기업간의 비교에 있어서는 업종별 차이에도 불구하고 대체로 대기업의 공급사슬관리의 수준이 중소기업의 수준보다 전반적으로 높은 것으로 나타났다. 이러한 대기업의 우위는 규모의 경제로 인한 영향과 공급사슬관리에 대한 투자와 노력이 합쳐져서 나타나는 것으로 설명할 수 있을 것이다.

국내 제조업종들 중 최대 규모 업종인 전자산업(D32)은 2000년대 있어 공급사슬관리에 대한 투자와 노력이 비교적 잘 알려진 업종인데, 재고회전율과 현금변환주기가 전반적으로 양호할 뿐 아니라 대기업과 중소기업 부문 모두에서 유의한 개선 추세가 나타났다. 이는 공급사슬관리에 있어 뚜렷한 성과가 있다면 재무적인 지표 상에서도 나타날 수 있다는 일례라 할 수 있을 것이다. 국내 제조업의 또 다른 주력업종이면서 역시 공급사슬관리에 많은 관심을 기울인 업종으로 알려진 자동차(D34) 산업에서는 재고회전율과 현금변환주기의 유의한 추세는 나타나지 않았지만, 그 수준은 타업종에 비해 높은 편으로 나타나, 역시 공급사슬관리의 성과가 재무적인 지표로 나타날 수 있다는 것을 보여준다고 생각된다. 다만, 매출이익률에 있어서는 전자업종의 대기업은 매년 0.25%, 자동차 업종의 대기업은 매년 0.55% 씩 감소하는 추세가 나타났는데, 이는 공급사슬관리의 성과가 반드시 매출이익률의 증가로 이어지는 것은 아니라는 것을 또한 보여준다고 생각된다. 이들 두 업종에서의 치열한 글로벌 경쟁을 생각하면, 이들 업종의 매출이익률 하락이 공급사슬관리에 기인한다기 보다는, 오히려 매출이익률이 하락할 정도로 경쟁이 치열한 산업에서는 공급사슬

관리가 더욱 중요하다는 것을 보여주는 것으로 해석하는 것이 적합할 것으로 생각된다.

일반적으로 대기업이 중소기업에 비해 전반적으로 우세로 나타났다는 것과 지표의 추세가 나타나지 않는 업종들이 다수라는 점을 함께 고려하면, 2000년대 국내 제조업종에 있어 대기업들은 대체로 공급사슬관리에 있어 이미 어느 정도 수준에 도달하였으며, 추가적으로 획기적인 개선을 이루지는 못했지만 중소기업보다는 우수한 수준을 유지하였다고 정리할 수 있다. 실제로, 산업자원부 발표에 따르면 2002년 8월 이미 거래소 상장법인 45.2% 코스닥 등록법인 42.8%의 기업들이 ERP시스템을 도입하였고, 국내 대기업의 ERP 시스템 도입률은 50%를 넘어 성숙기에 진입하였다는 결과가 보고된 바 있는데(전자신문, 2002; 남천현, 2005), 제조업종 상장기업의 대부분은 대기업에 속하고 ERP의 성공적인 도입 및 운영이 공급사슬관리의 개선에 있어 매우 중요한 역할을 한다는 것을 생각할 때, 이러한 조사결과는 2000년대 대기업들의 공급사슬관리 수준이 이미 어느 정도 성숙기에 진입했음을 보여주는 하나의 근거라 할 수 있다고 생각된다.

각 업종의 연도별 재고회전율과 매출이익률 간의 상관관계 분석에서는 재고회전율과 매출이익률 간 부(-)의 상관관계가 나타났다. 이는 Gaur et al. (2005)이 미국의 기업들을 대상으로 분석한 연구 결과와 유사한 관계가 국내 제조업종에 있어서도 성립한다는 것을 확인한 것으로, 이는 이익률이 크고 수요의 불확실성이 큰 경우는 반응성에 중점을 두고, 이익률이 적고 수요가 비교적 안정적인 경우는 효율성에 초점을 두는 공급사슬 관리 전략을 다수의 국내 기업들도 채택한 결과가 아닌가 생각된다. 현금변환주기와 매출이익률 간 상관관계 분석에서는 재고회전율과 매출이익률간의 상관 관계와 동일한 방향성을 나타내는 결과를 얻었지만, 상관계수와 P-값으로 판단되는 상관성은 더 약한 것으로 나타났다. 업종별 효율성 비교를 재고회전율과 매출이익률로 할 때와, 현금변환주기와 매출이익률로 할 때 유사한 결과를 얻을 수 있었지만, 일부 차이가 있다는 점은 재고회전율과 현금변환주기 모두 독립적인 공급사슬 관리성과 지표로서 사용할 가치가 있다는 사실을 보여준 것이라 생각된다.

본 연구의 한계점은 먼저 2000~2007년간의 8년 동안의 데이터를 사용함에 따라 추세를 파악하기에는 관측수가 부족할 수 있다는 것이다. 그러나, 앞서 설명한 바와 같이 2000년 이전과 2007년 이후의 연도를 추가하여 분석하는 것에도, IMF와 글로벌 금융위기 등 국내 경제의 특이 상황으로 인해 분석 결과가 왜곡될 수 있다는 단점이 있다. 가령, 2008년 미국발 금융위기의 충격을 가장 많이 받은 것으로 알려진 국내의 주력업종 중 하나인 자동차 산업의 경우 재고회전율이 2007년 16.08에서 2008년 12.97로 20% 가량이나 하락하였는데, 이는 2000~2007년 중 그

어떤 해보다도 큰 변동이고 낮은 수준의 재고회전율이다. 또, 조선업을 포함하는 기타 운송 장비 업종도 2007년 14.66에서 2008년 11.77로 유례를 찾기 힘들 정도로 큰 폭으로 변동하였고, 1차 금속, 석유 화학 등의 주요 업종들에서도 2008년과 2009년의 이전과는 다른 지표 변동 패턴이 나타났다. 이러한 점을 고려할 때, 2008년과 2009년의 2년간의 자료를 포함하여 분석할 경우 2000~2007년의 8년간의 기간에서 꾸준히 나타난 추세가 2008~2009 2년간의 극심한 변동으로 인해 파악이 되지 않을 수 있다. 많은 제조기업들에 있어 공급사슬 관리가 화두가 된 것은 이미 2000년대 초반부터였으며, 본 연구의 목적은 이러한 2000년대에 국내 기업들의 공급사슬 성과가 회계자료로 확인되는지 알아보고자 하는데 있었기에, 기업 내부의 역량보다 외부 충격 요인이 더 컸고 지표의 패턴 또한 이전과는 다르다고 판단되는 2008~2009년간의 데이터는 제외하는 것이 오히려 분석 결과의 신뢰성을 높일 수 있다고 생각하지만, 그 결과 가장 최근의 자료를 포함하지 못한 분석이 되었다는 것은 아쉬운 점이라 할 수 있다.

본 연구에서 각 업종별 대표치로 사용한 통계치는 그 업종에 속하는 모든 기업들의 총합을 통계적으로 추측한 추계인데, 이는 평균이나 중앙값을 사용하는 것보다도 규모가 큰 기업에 가중치를 더 두는 방식이다. 추계를 사용한 이유는 한국은행에서 매년 제공하는 기업통계 자료가 추계만을 발표하는 것도 있지만, 기업 간 규모의 차이가 큰 편인 국내 제조업의 상황을 감안할 때 추계를 사용하는 것이 바람직하다고도 볼 수 있기 때문이다. 더욱이, 중소기업의 경우를 별도로 분석하게 되면 대기업에 가중치를 많이 둠으로 인해 중소기업들의 실상이 드러나지 않는 단점도 보완할 수 있기 때문에, 본 연구에서는 모든 분석에 있어 중소기업 부문을 별도로 분석하였다.

본 연구의 공헌은 기존에 수행되지 않았던 국내 제조업의 2000년대 데이터를 세부업종별로 추세와 기업규모별 차이에 대한 통계적 분석 결과를 제시한 최초의 연구라는 것에도 있지만, 기업들의 실적을 분석한 기존의 많은 연구들이 접근한 것처럼 세부업종에 대한 고려 없이 제조업을 하나의 집합으로 보고 분석하는 것은 무리가 있으며, 제조업도 업종별로 세분화해서 분석하는 것이 바람직하다는 것을 보인 것에도 있다고 할 수 있다. 또, 비록 2000년대 들어 공급사슬관리에 많은 투자와 노력이 진행된 것으로 알려진 전자산업의 경우 재고 및 현금흐름을 나타내는 지표에서 유의한 개선의 추세가 나타나기도 하였으나, 2000년대 타업종의 기업들에 있어서도 공급사슬관리가 주요한 화두였음에도 불구하고 다수의 업종에서 추세가 관측되지 않았다는 것은, 회계정보로 산출한 재고, 현금흐름, 이익 등의 지표에서 개선 또는 악화 추세가 있는지만을 기준으로 공급사슬관리의 성과를 평가하는 것은



문제가 있다는 것을 확인하였다는 점도 하나의 공헌이라 할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 제조업 내 세부업종들의 재고회전율과 현금변환주기를 동일 선상에서 비교하였다. 제조업종 기업에 있어 재무제표에서 표기되는 재고자산은 판매를 위하여 보유하고 있는 제품과 상품 뿐 만 아니라, 생산과정에 있는 반제품과 재공품, 생산과정에 투입될 원재료, 소모품 등을 포함하며, 선박업의 경우에는 미완성공사도 재고에 포함된다. 그런데, 세부업종별로 생산에 소요되는 기간이 다르고, 수주를 바탕으로 한 주문생산이 관행인 업종이 있는 반면 예측을 바탕으로 한 생산이 일반적인 업종이 있는 등 생산방식에 있어서도 업종별로 차이가 존재한다. 또한, 자동차 산업에서는 생산된 완제품 재고를 보유하는 판매 법인이 별도로 존재하는 등 공급사슬의 구조도 업종마다 다르다. 이러한 업종별 차이는 재고회전율 및 현금변환주기의 차이로 나타나게 될 것이므로, 같은 제조업이라 하더라도 그 차이를 고려하지 않고 세부업종들을 동일한 선상에서 비교하는 것은 해석에 한계가 존재한다고 할 수 있다.

향후의 연구에서는 개별 업종과 기업의 상황을 반영한 심도 있는 분석을 위해, 자동차, 전자산업과 같은 국내 제조업의 대표 업종들 중 하나에 초점을 맞추어 하청관계, 기업집단 소속여부, 해외지사/국내본사 및 판매법인/제조법인을 연결한 재무정보 등 업종 및 기업내의 공급사슬 구조와 관행을 고려한 분석을 수행할 예정이다. 또한, 추계를 바탕으로 한 분석과 중앙값 및 평균을 바탕으로 한 분석 결과를 비교하고, 재고를 상품/제품 및 원자재와 재공품 등으로 세분화하며, 본 연구에서 고려되지 않은 공급사슬관련 지표들에 대해서도 좀 더 살펴보고 통계적 모델을 수립하여 검증할 계획이다.

## 참고 문헌

- [1] 김계수(2003), “e-supply chain management system 구축 전략의 실행방안에 관한 연구: 제조업을 중심으로”, *품질경영학회지*, 제31권, 제2호, pp.98-116
- [2] 김대기, 권오경, 백인수(2003), “우리나라 기업의 SCM 성과에 관한 실증적 연구-자산성과 분석을 중심으로”, *IE Interfaces*, Vol. 16, No.2, pp.167-173
- [3] 김대홍, 노재현, 신재상(1999), “국내 776개 상장기업의 재고회전율 조사”, *한국경영과학회 1999년 학술대회논문집*, 제1권, pp. 165~166
- [4] 김수옥(2004), “기업성과향상을 위한 공급체인통합의 전략적 역할에 관한 연구”, *경영학연구*, 제33권 제2호, pp.631-653
- [5] 김창봉(2004), “SCM의 프로세스혁신과 사업성과에 관한 연구”, *무역학회지*, 제29권, 제6호, pp.255-274
- [6] 김창봉, 배영진(2010), “국내 제조기업의 SCM구축 성과에 관한 실증 연구”, *e-비즈니스연구*, 제11권, 제1호, pp.25-44
- [7] 남찬현(2005), “한국기업의 ERP시스템 투자수익성 연구”, *회계학연구*, 제30권 제1호, pp.325-351
- [8] 신혜경, 홍유신(2007), “SCOR 모델과 만족도 함수를 이용한 공급사슬의 성과 측정 프레임워크 개발에 관한 연구”, *Entrue Journal of Information Technology*, 제6권, 제1호, pp.155-170
- [9] 이내준(2006), “수요-공급특성에 따른 SCM 성공요인과 기업성과에 관한 연구”, *e-비즈니스연구*, 제7권 제5호, pp.165-192
- [10] 이미숙(2009), “제조기업 생산성과에 대한 SCM 내/외부 활동의 관련성 분석”, *생산성논집*, 제23권, 제4호, pp.199-221
- [11] 이선로, 김기영(2007), “IT와 SCM 프로세스 관리역량이 e-SCM 성과에 미치는 영향에 관한 연구”, *경영정보학연구*, 제17권, 제3호, pp.79-103
- [12] 이성욱, 홍사선(2010), “SCM파트너십이 기업성과에 미치는 영향에 관한 연구”, *관리회계연구*, 제10권, 제1호, pp. 39-68
- [13] 이장건, 정용기, 허봉구(2009), “ERP 도입효과 분석을 위한 계량적 접근과 생산성 역설”, *회계정보연구*, 제27권, 제1호, pp.231-259
- [14] 장형욱, 이상식, 김종원(2008), “SCM활동과 경쟁전략이 경영성과에 미치는 영향”, *물류학회지*, 제18권, 제1호, pp. 133-158
- [15] 전자신문(2002), “거래소·코스닥 등록기업 44% ERP 도입”, 2002년 10월 29일자
- [16] Chen, H., Frank, M., and O., Wu(2005), “What Actually Happened to the Inventories of American Companies Between 1981 and 2000?”, *Management Science*, Vol.51, No.7, pp.1015-1031
- [17] Chen, H., Frank, M., and O., Wu(2007), “U.S. Retail and Wholesale Inventory Performance from 1981 to 2004”, *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol.9, No.4, pp.430-456
- [18] Fisher, M(1997), “What is the right supply chain for your product?”, *Harvard Business Review*, March-April, pp.105-116

- [19] Gaur, V., Fisher, M., and A. Raman(2005), "An Econometric Analysis of Inventory Turnover Performance in Retail Services", *Management Science*, Vol.51, No.2, pp.181-194
- [20] Kaplan, R. S. and D. P. Norton(1992), "The Balanced Scorecard Measures that Drive Performance", *Harvard Business Review*, Vol. 70, No.1, pp.71-79
- [21] Kesavan, S., V. Gaur, and A. Raman, "Do Inventory and Gross Margin Data Improve Sales Forecasts for U.S. Public Retailers?", *Management Science*, Vol. 56, No. 9(2010), pp.1519-1533
- [22] Lee, H. (2002), "Aligning Supply Chain Strategies with Product Uncertainties", *California Management Review*, Vol. 44, No.3, pp.105-119
- [23] Rajagopalan, S., and A. Malhotra(2001), "Have U.S. manufacturing inventories really decreased? An empirical study", *Manufacturing and Service Operations Management*, Vol. 4, pp.14-24
- [24] Rumyantsev, S., and S. Netessine(2007), "What Can Be Learned from Classical Inventory Models? A Cross-Industry Exploratory Investigation", *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol.9, No.4, pp.409-429
- [25] Tsay, A., S. Nahmias, N. Agrawal(1999), "Modeling Supply Chain Contracts: A Review", S. Tayur, R. Ganeshan, M. Magazine, eds., *Quantitative Models for Supply Chain Management*, pp.299-336, Kluwer Academic Publishers.



#### 김진백

서울대학교 전기공학부 학사

U.C. Berkeley 산업공학 석사

U.C. Berkeley 산업공학 박사

현재: 중앙대학교 경영경제대학 조교수

관심분야 : SCM, e-Business,  
집단지성, 위험관리

# 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 불확실성 하 다수기간 재고품목 소매점 공급사슬의 리스크 분석

박양병<sup>†</sup> · 윤성준

경희대학교 공과대학 산업경영공학과

## Risk Analysis for the Retail Supply Chain of a Multi-period Inventory Product under Uncertainty Using a Computer Simulation

Yang Byung Park<sup>†</sup> · Sung Joon Yoon

Department of Industrial and Management Systems Engineering,  
College of Engineering, Kyung Hee University

Managing risk has become a critical component of supply chain management as the vulnerability of supply chains increases. Because a stochastic modeling approach is very intricate and regarded as computationally intractable, many existing models utilize a mean value approach to determine the optimal solutions for supply chain management in the presence of uncertainty. In this paper, we perform a risk analysis for the retail supply chain of a multi-period inventory product under uncertainty using a computer simulation when the distribution plan determined by utilizing a mean value approach is applied. An integer linear mathematical model is constructed for the distribution plan. Three types of risk measures are employed: standard deviation ratio, probabilistic financial index, and variability index. The results of the analysis show the variation of the risk measures as the uncertainty of the variables are changed and suggest the preferential priority of uncertain variables which should be taken into account under a limited resource.

**Keywords:** Supply chain management, Risk analysis, Retail supply chain, Computer simulation, Integer linear mathematical model

### 1. 서론

공급사슬관리(supply chain management: SCM)는 재화의 제조에서부터 고객에게 도달하는 전 과정에 관련된 모든 가치사

슬을 통합 관리하여 효율적 및 효과적으로 수요와 공급의 균형을 이루고자 하는 목적을 가진다. 그런데 기업의 공급사슬에서는 다양한 이유로 구매, 생산, 수송, 저장, 판매의 각 가치사슬 간에 통제할 수 없는 또는 통제가 어려운 불확실한 현상이 빈번히 발생한다. 예를 들면, 원자재 및 부품 구매, 생산량, 수송시간, 고객수요,

\* 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2010-0007404).

<sup>†</sup> Corresponding author: 446-701 경기도 용인시 기흥구 서천동 1번지, 경희대학교 산업경영공학과

TEL : 82-31-201-2553 FAX : 82-31-203-4004 E-mail : ybpark@khu.ac.kr

\* 2011년 3월 20일 투고, 5월 3일 수정본 접수, 5월 12일 게재 확정.

환율 등의 불확실성을 들 수 있다.

2000년 미국 앨버커키 소재 Royal Philips 전자회사 공장에서 전력선이 번개를 맞아 작은 화재가 발생한 적이 있었다. 이로 인하여 수백만 개의 마이크로 칩 재고가 폐기되고 3주간 공장이 완전히 폐쇄되었는데, 결과적으로 Royal Philips 회사는 물론 이 칩을 공급받아 휴대폰을 생산하는 스웨덴의 에릭슨 회사에까지 막대한 손실을 끼쳤다(Waters, 2007). 기업에서는 부품공급의 불확실성을 줄이기 위해 다수 공급처 정책을 고려한다. 대부분의 경우 수요는 고객에 의해 결정되는 불확실성 특성 등을 지니고 있다. 기업에서는 수요의 불확실성을 줄이기 위해 수요관리 등을 고려한다. 글로벌 공급사슬에서는 수송수단의 확보와 수송시간의 불확실성이 커질 수 있다. 기업에서는 수송의 불확실성에 대비하기 위해 안전재고 정책 등을 고려한다.

이와 같이 공급사슬의 붕괴 또는 운영상 불확실성에 기인하여 목표에 달성하지 못하게 만드는 각종 상황과 요인을 공급사슬 리스크(supply chain risk), 그리고 불확실성 리스크를 사전에 식별 및 분석하여 대책을 마련하거나 실제 발생 시 효과적으로 다루는 활동을 공급사슬의 리스크 관리(supply chain risk management: SCRM)라고 한다. 공급사슬에서 리스크 발생은 공급사슬의 정상적 흐름에 치명적인 단절 및 왜곡현상을 초래하여 기업에 막대한 손실을 입힌다. 최근, 기업의 글로벌화, 아웃소싱의 증가, 제품수명주기의 단축, 전자상거래와 정보통신 기술에 대한 의존도 증가로 공급사슬의 불확실성이 증가함에 따라 리스크 관리의 SCM의 필수요소가 되고 있다. Deloitte(2005)가 제안한 공급사슬의 리스크 관리 프로세스를 도식화하면 <그림 1>과 같다.

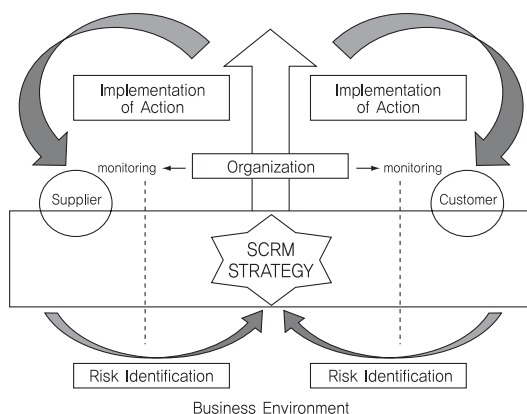


그림 1. Supply Chain Risk Management Process

공급사슬에서 발생할 수 있는 운영 리스크를 예측하는 일은 매우 중요하다. 일반적으로 공급사슬 운영에는 수많은 불확실성 요소가 존재하며, 이러한 요소에 대한 적절한 전략과 투자를 통하여

불확실성을 줄이거나 제거함으로써 공급사슬의 효과를 극대화시키고 구성원들의 수익을 향상시킬 수 있다. 하지만 공급사슬에서는 정성적 및 정량적 불확실성 요소들이 복잡하게 연관되어 상호작용을 하고 있기 때문에 리스크를 사전에 인지하고 종합적으로 분석하여 총체적 대응방안을 수립하기가 결코 쉽지 않다.

Harland et al.(2003)은 공급사슬에서 발생할 수 있는 리스크의 정의와 유형을 조사 발표하였으며, Khan and Burnes(2007)는 공급사슬의 리스크 관리에 대한 문헌조사를 토대로 다양한 연구주제를 도출하였다. SCRM을 위한 접근방법은 크게 전략 및 전술적 방법과 계량적 분석방법으로 나눌 수 있는데, 계량적 분석방법에 관한 최근의 주요 연구를 아래에 정리한다.

Gupta and Maranas(2003)는 불확실한 수요의 공급사슬 계획에서 확정적 수리모형의 결정변수와 제약식을 제조와 로지스틱스 부분으로 나누어 로지스틱 문제에 수요의 불확실성을 반영하는 2단계 확률적 프로그래밍 해법을 개발하였다. Tang(2006)은 공급사슬 리스크 관리를 위한 다양한 계량모형과 SCRM 전략을 광범위하게 조사하였다. 그는 공급사슬 운영 리스크의 원천을 공급, 수요, 제품, 정보로 분류하였다. Gaudenzi and Borghesi(2006)는 공급사슬 리스크 요인을 확인 및 평가하기 위해 AHP 모형을 제안하고 사례에 적용하였다. AHP의 첫 번째 단계에서는 공급사슬 목적들의 우선순위를 정하고, 두 번째 단계에서는 리스크 지표를 선택하였다. Wu and Olson(2008)은 불확실한 공급사슬 내의 공급자 선정문제에서 CCP(chance constrained programming), DEA(data envelopment analysis), MOP(multi-objective programming)의 3가지 형태의 리스크 평가모형을 제시하였다. 평가기준으로는 구매비, 품질, 납기준수를 선정하였다.

Lee(2008)은 공급자 실패 리스크가 존재할 때 최적 공급자 수를 결정하기 위해 평균 값 분석을 일반화한 mean-variance 모형화 방법을 제안하였다. 그리고 그는 동일 공급자의 경우 평균 값 분석방법이 최적 공급자 수에 미달하는 해를 제시하는 충분조건을 도출하였다. Tuncel and Alpan(2010)는 사례연구를 통해 그들이 개발한 페트리 넷 모형이 공급사슬의 불확실성을 정의하고 리스크 완화조치의 가치를 평가하는데 효율적임을 보여주었다. You et al.(2009)은 수요와 운임의 불확실성이 존재하는 다품종 화학제품의 글로벌 공급사슬에서 생산, 시설 간 선적, 배송의 중기계획을 수립하기 위한 2단계 확률적 선형계획 접근방법을 제안하였다. 또한, 확률적 모형에 리스크 척도를 포함함으로써 비용과 리스크를 적절히 조절하는 다목적 최적화 모형을 소개하였다.

Smith(2011)는 사용자가 스스로 글로벌 공급사슬을 구축하여 각종 변화에 따른 리스크를 분석, 관리, 평가해 볼 수 있는 “X-treme Supply Chain Simulation” 이름의 시뮬레이션 게임 패

키지를 개발하였다. 패키지는 리스크를 크게 전략적, 산업, 기업 리스크 카테고리 나누어 각 카테고리에 여러 개의 서브 카테고리를 포함하고 있다.

불확실한 공급사슬의 최적 운영 해로써 리스크를 관리하기 위한 확률적 수리모형 접근방법은 어느 수준까지 최적성을 보장할 수 있으나 계산상 매우 복잡하고 다루기 힘들다. 따라서 실제 많은 경우 운영 해를 구하기 위해 단순히 편이성 때문에 불확실성 변수의 평균 값 또는 기대 값을 이용한 확정적 수리모형 접근방법을 사용한다. 하지만 이와 같이 확정적 모형의 해에 의한 운영은 실제 불확실한 공급사슬에서 리스크 발생으로 인해 상당한 손실을 초래할 수 있다.

본 논문에서는 다수기간 재고품목 소매점 공급사슬에서 여러 변수에 불확실성이 존재하는 경우 이들의 평균 값 또는 기대 값을 이용하여 구축한 확정적 수리모형의 배송 해를 적용할 때 예상되는 공급사슬 리스크를 컴퓨터 시뮬레이션을 이용해 분석한다. 그리고 변수들의 불확실성 수준 변화에 대한 실험을 통해 공급사슬의 리스크를 효과적으로 관리할 수 있는 방안을 모색한다. 리스크 분석에는 표준편차 비율(Mulvey et al., 1995), 확률적 재정지수(Barbaro and Bagaiewicz, 2004), 가변성 지수(Ahmed and Sahinidis, 1998)의 세 가지 척도를 이용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제1장 서론에 이어, 제2장에서는 불확실성 하 다수기간 재고품목의 소매점 공급사슬에서 분배 계획의 확정적 수리모형을 구축한다. 제3장에서는 시뮬레이션을 이용하여 불확실성 변수들로 인한 공급사슬 리스크를 분석한다. 마지막으로, 결론 및 향후과제를 제4장에 기술한다.

## 2. 불확실성 하 다수기간 재고품목 소매점 공급사슬의 운영

다수기간 재고 품목은 일정기간 동안 재고를 유지하면서 판매가 이루어지고, 판매기간 종료 후의 재고에는 잔존가치가 존재한다. 예를 들면, 계절의류, 이벤트 상품, 수명이 매우 짧은 제품 등이 이에 해당한다. 불확실성 하 다수기간 재고품목의 소매점 공급사슬 운영은 다음과 같이 묘사된다.

회사는 고객서비스 수준에 근거하여 산출한 수량을 단일 공급자로부터 일괄 구매하여 여러 곳의 물류센터에 균등하게 나누어 저장한다. 각 물류센터는 분배계획에 의거 가용트럭을 이용하여 소매점들에게 제품을 배송한다. 소매점은 물류센터에 지정 할당되어 있지 않다. 판매는 준비기간이 지난 후 모든 소매점에서 동시에 개시되어 일정기간 동안 이루어지며, 판매가 종료되면 물류센터 및 소매점 재고는 외부에 잔존가치로 일괄 처분된다. 품질

시 판매 손실(lost sales)과 함께 품질비가 발생한다. 공급사슬에는 고객수요, 물류센터의 수송능력, outbound(O/B) 수송시간, O/B 단위수송비, 소매점의 저장 공간, 제품 잔존가치에 불확실성이 존재한다.

### 2.1 분배계획 수리모형

불확실성 변수들의 평균 또는 기대 값을 이용하여 계획기간 동안 물류센터의 소매점 배송계획을 위한 정수 선형 수리모형을 아래와 같이 구축한다.

#### 입력변수

$T$  = 계획기간

$P$  = 판매 준비기간

$M$  = 예상 물류센터 수

$R$  = 소매점 수

$p$  = 개당 판매가

$\bar{p}$  = 평균 개당 잔존가치

$c$  = 개당 구매가

$a^D$  = 물류센터에서 단위 재고유지비

$a^E$  = 소매점에서 단위 재고유지비

$a^O$  = 운송 중 단위 재고유지비

$F$  = 차량고정비

$\bar{v}_{ij}$  = 물류센터  $i$ 에서 소매점  $j$ 까지 평균 수송비(즉,  $i$ 와  $j$ 간 직각거리  $\times$  평균 단위수송비)

$b$  = 물류센터에서 개당 자재취급비

$k$  = 소매점에서 개당 품질비

$\bar{d}_{jt} = t$ 주 소매점  $j$ 의 평균수요(단,  $\bar{d}_{jt}=0$  for  $t=1, \dots, P$ )

$W$  = 차량 적재용량

$\bar{G}_j$  = 소매점  $j$ 의 평균 저장능력

$\bar{H}_j$  = 물류센터  $i$ 의 평균 수송능력(대)

$\bar{\lambda}_{ij}$  = 물류센터  $j$ 에서 소매점  $j$ 까지 평균 수송시간

$I_{i0}^D$  = 물류센터  $i$ 의 초기재고

$I_{j0}^E$  = 소매점  $j$ 의 초기재고

#### 결정변수

$I_{it}^D$  = 물류센터  $i$ 의  $t$ 기말 재고

$I_{jt}^E$  = 소매점  $j$ 의  $t$ 기말 재고

$X_{ijt}$  =  $t$ 기 물류센터  $i$ 에서 소매점  $j$ 로 배송량

$L_{jt}$  =  $t$ 기 소매점  $j$ 의 품질량

목적함수 (1)은 계획기간 동안 수익의 최대화를 추구한다. 모든



물류센터의 초기재고 합인 총구매량은 고객수요의 평균과 표준편차를 토대로 결정된 입력 값이다(식 (9) 참조). 총비용은 구매비, 물류센터와 소매점 재고유지비, 운송 중 재고유지비, 차량고정비와 변동수송비, 물류센터 자재취급비, 품질비의 합으로 계산된다. 공급자에서 물류센터까지의 I/B 수송비는 배송계획에 영향을 미치지 않으므로 목적식에 포함하지 않았으나, 실제 공급사슬의 수익 계산에는 반영한다. 제약식 (2)는 물류센터의 기말 재고수준을 산정한다. 제약식 (3)과 (4)는 소매점의 기말재고와 기간 품질량을 산정한다. 제약식 (5)는 물류센터에서 계획기간 이전의 소매점 배송을 불허한다. 제약식 (6)은 소매점 재고수준을 저장능력 이내로 제한한다. 제약식 (7)은 매기 물류센터의 배송물량을 수송능력 이내로 제한한다. 「 $\lceil$ 」는 매기 물류센터에서 소요 차량대수를 산정한다.

$$\begin{aligned} \text{Max. } p \sum_{j=1}^R \sum_{t=1}^T (I_{jt}^E - I_{jt}^D) + \sum_{i=1}^M X_{ij,t} - \bar{\lambda}_{ij} - I_{jt}^E - c \sum_{i=1}^M I_{it}^D - a^D \sum_{i=1}^M \sum_{t=1}^T I_{it}^D - a^E \sum_{j=1}^R \sum_{t=1}^T I_{jt}^E \\ - a^Q \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^R \sum_{t=1}^T X_{ij,t} \cdot \bar{\lambda}_{ij} - \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^R \sum_{t=1}^T (F + \bar{v}_{ij}) \lceil X_{ij,t} / 1000 + 1 \rceil - b \sum_{i=1}^M I_{it}^D \\ - k \sum_{j=1}^R \sum_{t=1}^T L_{jt} + p^S (\sum_{i=1}^M I_{it}^D + \sum_{j=1}^R I_{jt}^E) \end{aligned} \quad (1)$$

s.t.

$$I_{i,t-1}^D - I_{it}^D = \sum_{j=1}^R X_{ij,t} \quad i = 1, 2, \dots, M; t = 1, 2, \dots, T \quad (2)$$

$$I_{j,t-1}^E + \sum_{i=1}^M X_{ij,t} - \bar{\lambda}_{ij} - I_{jt}^E + L_{jt} = \bar{d}_{jt} \quad j = 1, 2, \dots, R; t = 1, 2, \dots, T \quad (3)$$

$$I_{jt}^E \cdot L_{jt} = 0 \quad j = 1, 2, \dots, R; t = 1, 2, \dots, T \quad (4)$$

$$X_{iju} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, R; -5 \leq u \leq 0 \quad (5)$$

$$I_{j,t-1}^E + \sum_{i=1}^M X_{ij,t} - \bar{\lambda}_{ij} \leq \bar{G}_j \quad j = 1, 2, \dots, R; t = 1, 2, \dots, T \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^R \lceil X_{ij,t} / W + 1 \rceil \leq \bar{H}_i \quad i = 1, 2, \dots, M; t = 1, 2, \dots, T \quad (7)$$

$$X_{ijt} \geq 0, I_{it}^D \geq 0, I_{jt}^E \geq 0, L_{jt} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, R; t = 1, 2, \dots, T \quad (8)$$

## 2.2 기본문제

본 연구를 위해 불확실성 하 다수기간 재고품목의 소매점 공급사슬 운영문제를 구축하였다. 문제변수들은 사전실험을 통해 임의로 설정하였다.

공급사슬에서는 2개의 (임대)물류센터가 운영되며, 이들은 지리적으로 분산 위치해 있는 총 16개 소매점의 배송을 맡게 된다. 계획기간은 15주이며, 처음 3주는 판매 준비기간이다. 따라서 실제 판매기간은 4주부터 12주 동안 지속된다. 물류센터와 소매점 위치는 <그림 2>와 같다. 그림에서 네모는 물류센터 그리고 원은 소매점을 나타낸다. 공급자는 두 물류센터를 연결하는 직선의 중심에서부터 수직방향으로 12개 단위거리(눈금) 위쪽에 위치하고 있다. 즉, 그림 상에 나타나지 않는 좌표 (4, 16)에 위치한다.

공급사슬에서 고객서비스 수준은 90%이다. 각 물류센터에서 가용 차량대수는 [7, 9, 14]의 삼각분포를 따른다. 모든 차량은 직각이동을 가정한다. 공급자에서 물류센터까지 수송트럭의 적재용

량은 대당 3,000개이며, 차량고정비로 대당 60만원, 단위거리 당 수송비는 5만원이 발생한다. 물류센터에서 소매점까지 수송트럭의 적재용량은 대당 1,000개이며, 차량고정비로 대당 40만원이 발생한다. 단위거리 당 수송비는 [4만원, 6만원]의 일양분포를 따른다. 물류센터에서 소매점까지 수송시간은 [두 지점 간 직각거리와 동일한 값의 주 - 2주, 두 지점 간 직각거리와 동일한 값의 주, 두 지점간의 직각거리와 동일한 값의 주 + 2주]의 삼각분포를 따른다.

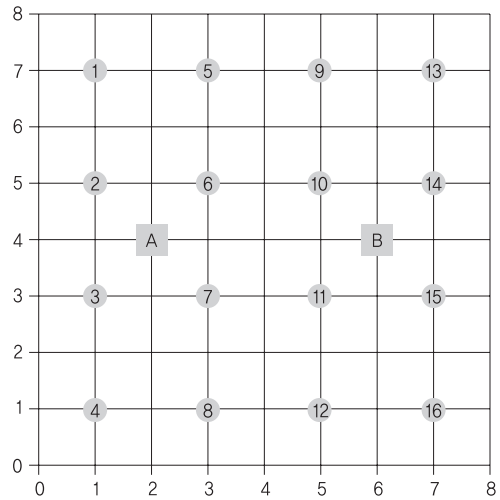


그림 2. 물류센터와 소매점 위치

각 소매점에서 주간 수요는 [640, 660]의 일양변수를 평균으로 하는 정규분포를 따른다. 정규분포의 표준편차는 4주부터 9주까지 평균수요의 5%, 10주에서 15주까지 평균수요의 10%로 예측된다. 단, 주간 수요는 평균의  $\pm 3\sigma$ 를 벗어나지 않는다. 소매점에서는 매주 상품계획에 따라 제품별 저장 공간이 달라진다. 이에 따라 소매점의 주간 저장능력은 모두 동일하게 [2400개, 3000개, 3600개]의 삼각분포를 따르는 것으로 설정한다. 모든 소매점의 초기재고는 0으로 한다. 제품 판매가는 개당 10만원이고, 구매비용은 판매가의 50%이다. 제품의 주간 재고유지비용은 물류창고에서 제품가의 1%, 소매점에서 2%, 운송 중 0.5%가 발생한다. 품질은 판매 손실로 처리되며, 제품가의 15%에 해당되는 비용이 발생한다. 판매기간 종료 후 판매가에 대한 잔존가치 비율은 [20%, 40%]의 일양분포를 따른다.

기본문제의 소매점 배송계획을 위해 불확실성 변수들의 평균값으로써 구축한 확정적 수리모형을 LINGO 11.0을 이용해 풀었다. 풀이 결과, 공급사슬의 총수입은 10,727백만원, 총비용은 8,694백만원, 그리고 수익은 2,032백만원으로 구해졌다(표 2 참조). 금액은 모두 백만원 단위로 반올림한 값이다. 배송계획 해는 수송능력의 제약으로 판매기간 초기와 높은 차량고정비로 판매기

간 말기에 상당한 수량의 품질을 발생하였다.

### 3. 시뮬레이션을 이용한 리스크 분석

#### 3.1 실험계획

기본문제의 공급사슬에는 리스크 요인으로 7가지의 불확실성 변수가 존재한다. 먼저, 물류센터 수를 2개로 설정하고 나머지 변수들의 평균값을 이용한 확정적 수리모형의 배송계획 해를 불확실성 공급사슬에서 실행함으로써 예상되는 리스크 손실을 시뮬레이션을 이용해 분석하였다. 다음, 각 변수의 불확실성 수준이 달라질 때(나머지 다른 변수들은 기본문제의 수준을 유지) 이에 따른 리스크 손실의 변화를 시뮬레이션을 이용해 분석하였다.

리스크 분석을 위해 각 변수에 대해 기본문제(B) 보다 불확실성이 더 낮은 수준(L)과 더 높은 수준(H)을 설정해 7가지 경우를 구성하였다. 그리고 모든 변수의 L과 H를 각각 일괄 적용하여 8번째 경우를 구성하였다. 경우 8의 L과 H는 공급사슬의 불확실성 차원에서 각각 가장 낙관적 및 가장 비관적 상황을 의미한다. 8가지 경우에 대한 세 수준의 확률분포와 파라미터 값이 <표 1>에 정리되어 있다.

물류센터 수를 제외한 각 경우에서 변수의 수준별 평균은 동일하게 유지하고, 단지 분산크기를 다르게 하였다. 변수의 수준별 변화를 모든 경우에 대해 동일한 비율로써 조절하는 게 거의 불가

능하기 때문에 주관적 사고를 바탕으로 합리적 크기로 설정하였다. 경우 2의 H에서 아주 드물게 발생하는 음의 수송시간은 0으로 처리하였다. 경우 7의 L에서 4개 물류센터 위치는 (2, 2), (2, 6), (6, 2), (6, 6), 그리고 H에서 1개 물류센터 위치는 (4, 4)로 설정하였다.

공급사슬의 시뮬레이션 모형은 ARENA 10.0(Kelton et al., 2007)을 이용해 구축하였다. ARENA 모형은 주로 VBA 모듈로써 구축된 총 4개의 서브 네트워크로 이루어져 있다. 첫 번째 네트워크에서는 모든 소매점의 고객수요를 생성한다. 두 번째 네트워크에서는 물류센터에서 배송계획에 따라 소매점에 물품을 보내고, 관련 비용을 계산한다. 여기서 수송시간 및 특별수송 여부가 함께 결정된다. 세 번째 네트워크에서는 소매점의 수입, 각종 비용, 재고 잔존가치 등이 계산된다. 마지막 네 번째 네트워크에서는 판매기간 종료 후 물류센터에 남은 재고의 잔존가치를 계산한다. 모든 실험은 IBM 호환 Pentium IV PC(AMD Athlon 64 X2 Dual Core Processor 4200+, CPU 2.21GHz, 1GB RAM)에서 실시하였다. 매 시뮬레이션에서 공급자로부터의 총 구매량은 소매점 평균수요의 일양변수 값을 이용해 다음 식에 의해 구했다.

$$\sum_{j=1}^{16} \sum_{t=4}^{15} \bar{d}_{jt} + z_{0.9} \left( \sum_{j=1}^{16} \sum_{t=4}^{15} \sigma_{jt}^2 \right)^{1/2} \quad (9)$$

시뮬레이션에서는 물류센터 수송능력이나 소매점 저장능력의 불확실성에 기인하여 매주 처리해야 할 물량이 가용능력을 초과할 수 있다. 물류센터의 주간 배송량이 가용 수송능력을 초과하는

표 1. 8가지 경우에 대한 3수준의 변수 확률분포(또는 값)

경우	변수	B	L	H
1	수요 표준편차(%)	첫 6주: 5, 다음 6주:10	첫 6주: 0, 다음 6주: 5	첫 6주: 10, 다음 6주: 15
2	수송시간(주)	TRIA(거리-2, 거리,거리+2)	TRIA(거리-1, 거리,거리+1)	TRIA(거리-3, 거리,거리+3)
3	수송능력(대)	TRIA(7,9,14)	TRIA(8,9,13)	TRIA(6,9,15)
4	소매점 저장능력(백개)	TRIA(24,30,36)	TRIA(27,30,33)	TRIA(21,30,39)
5	잔존가치(%)	UNRFM(40,60)	UNRFM(25,35)	UNRFM(15,45)
6	단위수송비(만원)	UNRFM(4,6)	UNRFM(4.5,5.5)	UNRFM(3.5,6.5)
7	물류센터 수(개)	2	4	1
8	경우 1~7의 모든 변수	경우 1~7의 모든 B	경우 1~7의 모든 L	경우 1~7의 모든 H



표 2. 확정적 모형과 기본문제 풀이에 의해 구해진 수입, 비용, 수익의 결과

(단위: 백만원)

형태	수입	구매비	수송비		재고유지비			DC 운영비	품질비	특별비		수익
			I/B	O/B	DC	소매점	운송중			수송	재고	
D	10,727	6,240	55	89	624	1,014	380	35	257	0	0	2,032
B	11,702	6,902	65	84	690	1,100	413	37	319	36	353	1,702

경우에는 초과분을 특별수송으로 처리하고, 특별수송에는 차량고정비가 대당 20% 추가 발생하는 것으로 설정하였다. 소매점에 저장물량이 저장능력을 초과하는 경우에는 특별저장으로 인해 초과분에 대해 단위재고유지비가 20% 추가 발생하는 것으로 설정하였다.

공급사슬의 리스크 평가척도로는 표준편차 비율(standard deviation ratio: SDR), 확률적 재정지수(probabilistic financial index: PFI), 가변성 지수(variability index: VRI)를 선정하였다. 불확실한 공급사슬에서는 계획기간 동안의 수익이 불확실하다. 평균에 대한 표준편차의 상대적 크기를 나타내는 표준편차 비율은 반복 시뮬레이션으로 구한 수익의 평균과 표준편차를 이용해서  $SDR = \sigma/\mu$  식에 의해 계산된다. 큰 값의 SDR은 실제 공급사슬을 운영할 때 수익이 평균값 보다 아주 적을 가능성이 존재한다는 것을 의미한다. 리스크에 민감한 의사결정자라면 불확실한 공급사슬에서 수익뿐만 아니라 표준편차의 크기에도 관심을 가질 것이다. 표준편차나 분산에 의한 리스크 관리를 robust 최적화(Mulvey et al., 1995)라 부른다.

반복 시뮬레이션의 결과로 반복횟수 만큼의 수익 출력자료를 얻을 수 있다. 시뮬레이션 반복  $s$ 의 수익이 불확실성 변수의 평균값을 이용한 확정적 모형의 기대수익 보다 같거나 크면  $\omega_s = 0$ , 그리고 작으면  $\omega_s = 1$ 로 하자. 그러면  $PFI = (\sum_{s=1}^S \omega_s)/S$  식에 의해 계산된다. 여기서  $S$ 는 시뮬레이션 총 반복횟수를 나타낸다. PFI는 불확실한 공급사슬에서 실제 수익이 기대수익 보다 작을 확률을 나타내며, 큰 값의 PFI는 공급사슬 운영에서 작은 수익을 얻을 가능성이 크다는 것을 의미한다. 시뮬레이션 반복  $s$ 의 수익이 확정적 모형의 기대수익 보다 같거나 크면  $\Delta_s = 0$ , 그리고 작으면  $\Delta_s =$  양의 실제 차이 값으로 하자. 그러면  $VRI = (\sum_{s=1}^S \Delta_s)/S$  식에 의해 계산된다. VRI는 불확실한 공급사슬에서 실제 수익이 기대수익 보다 얼마만큼 작게 될지의 정도를 나타낸다.

## 3.2 리스크 분석

### 3.2.1 기본문제의 리스크 분석

확정적 수리모형의 배송계획 해로써 기본문제의 불확실성 공급사슬을 1,000회 반복 시뮬레이션 하여 구한 계획기간 동안의

수입, 비용, 수익의 평균이 확정적 수리모형의 결과와 함께 <표 2>에 정리되어 있다. 모든 금액은 백만원 단위로 반올림한 값이다. 표에서 형태 D와 B는 각각 확정적 모형과 기본문제를 나타낸다. <표 2>를 살펴보면, 기본문제에서 수요의 변동성으로 인해 구매량이 늘어나 수입이 증가하였지만, 각종 비용이 모두 증가하여 오히려 수익은 확정적 모형의 2,032백만원에서 1,702백만원으로 감소하였다. 즉, 불확실성의 리스크가 약 16.2%의 수익손실을 초래하는 것으로 나타났다.

기본문제에서 리스크 평가척도  $SDR=0.08$ ,  $PFI=0.84$ ,  $VRI=478$ 백만원으로 구해졌다. 이러한 결과는 수익의 변동성(표준편차)이 평균의 약 8%에 달하고, 1,000회 가상운영 중에서 840회가 확정적 모형의 기대수익 보다 작고, 확정적 모형과 비교한 순수 수익 감소액이 전체적으로 평균 478백만원임을 의미한다. 이에 따라 기본문제에서는 물류센터 수를 제외한 6가지 변수들의 불확실성이 복합적으로 작용함으로써 확정적 모형과 비교해 수익의 변동성이 커지고 또한 수익이 상당한 금액으로 줄어들 가능성이 높아질 것으로 예상되어 불확실성 변수의 리스크가 작지 않음을 알 수 있다.

### 3.2.2 불확실성 수준 변화에 대한 리스크 분석

공급사슬에서 변수들의 불확실성 수준이 달라짐에 따라 수익이 어떻게 변화하는지를 평가해 리스크를 분석하였다. 이를 위해 8가지 경우에 대해 1,000회씩의 반복 시뮬레이션을 수행해 평균 수익과 리스크 평가척도를 구하였다. 물류센터 수가 달라지는 경우에는 해당 값으로써 확정적 수리모형의 배송계획 해를 새롭게 구해 시뮬레이션에 적용하였다.

<그림 3>은 8가지 경우에서 두 수준의 평균수익 결과를 보여준다. 변수들의 불확실성 수준이 낮아질 때 공급사슬의 수익은 기본문제와 비교해 경우 8과 7에서 각각 34.2%와 28.2%로 가장 크게 증가하였다(물류센터가 2개인 확정적 모형 보다는 각각 약 12.5%와 7.4% 증가하였음). 경우 8은 물류센터 수가 4개이며 나머지 6가지 변수의 불확실성 수준이 모두 낮은 가장 낙관적 상황으로서 수익이 가장 크게 나타난 것은 당연하다. 경우 7의 수익 증가는 단지 물류센터를 4개로 늘림으로써 얻어진 결과이다. 이에 근거하여, 물류센터 수의 증가는 공급의 불확실성을 줄여 공급

사슬의 수익에 매우 긍정적 영향을 미친다고 말할 수 있다. 하지만 현재 분석에서는 물류센터의 수가 늘어나 각 물류센터의 취급 물량이 감소함으로써 예상되는 단위 자재취급비의 증가 가능성은 고려하지 않았음을 지적해 둔다.

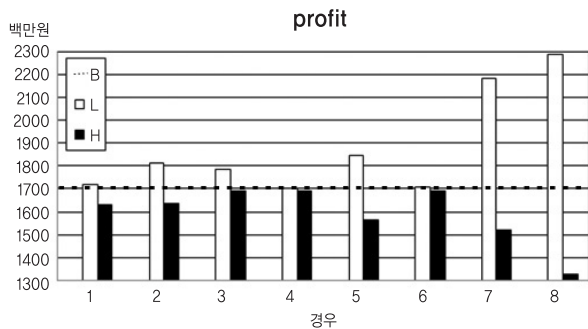


그림 3. 8가지 경우에서 두 수준의 평균수익

L의 나머지 다른 경우에서 수익은 기본문제 보다 모두 증가하였다. 이것은 기본문제에서 존재하는 불확실성이 부분적으로 감소함으로써 수익의 늘어났음을 의미한다. 단일변수로는 제품 잔존가치(경우 5), 수송시간(경우 2)의 불확실성 저하가 높은 수익 증가를 초래하였으며, 수요 표준편차(경우 1), 소매점 저장능력(경우 4), 단위수송비(경우 6)의 불확실성 저하는 거의 영향을 미치지 않았다. 특히, 단위수송비의 결과는 공급사슬의 총운영비에서 O/B 수송비가 차지하는 비중이 매우 작기 때문인 것으로 보인다. 물류센터가 2개인 확정적 모형과 비교해서는 모두 수익이 작게 나타났으며, 각각의 감소액은 불확실성에 따른 손실의 크기를 의미한다.

반면에, 변수들의 불확실성 수준이 높아질 때 공급사슬 수익은 기본문제와 비교해 경우 8과 7에서 각각 약 21.9%와 10.7%로 가장 크게 감소하였다(물류센터가 2개인 확정적 모형 보다는 각각 약 34.5%와 25.2% 감소하였음). 경우 8은 7가지 변수의 불확실성 수준이 모두 높은 가장 비관적 상황으로서 수익이 가장 작은 것은 당연하다. 경우 7의 수익 감소는 단지 물류센터를 1개로 줄임으로써 나타난 결과이다. 이러한 결과에 비추어, 물류센터 수의 감소는 공급의 불확실성을 크게 하여 공급사슬의 수익에 매우 부정적인 영향을 미친다고 말할 수 있다. 수송능력(경우 3), 소매점 저장능력(경우 4), 단위수송비(경우 6)의 개별 불확실성 증가는 기본문제의 수익감소에 거의 영향을 미치지 않았다.

〈그림 4〉는 8가지 경우에서 두 수준의 SDR 결과를 보여준다. 변수들의 불확실성 수준이 낮아질 때 SDR은 경우 8에서 기본문제의 1/4인 0.02로 구해져 수익 변동성이 가장 크게 줄어들었다. 다음으로는 수송능력(경우 3)과 소매점 저장능력(경우 4)의 수익 변동성이 각각 기본문제의 반으로 크게 줄었다. 이것은 수송능력

이나 소매점 저장능력의 안정적 제공은 안정적 판매수입에 직결되기 때문으로 판단된다. 나머지 다른 경우에서도 모두 수익 변동성이 감소하였으며, 가장 작은 감소를 보인 변수는 단위수송비(경우 6)로 SDR이 0.07로 구해졌다. 이에 근거하여, 수익변동 리스크를 줄이는데 있어 단일변수로는 소매점 저장능력과 수송능력의 불확실성 감소가 우선순위를 가진다.

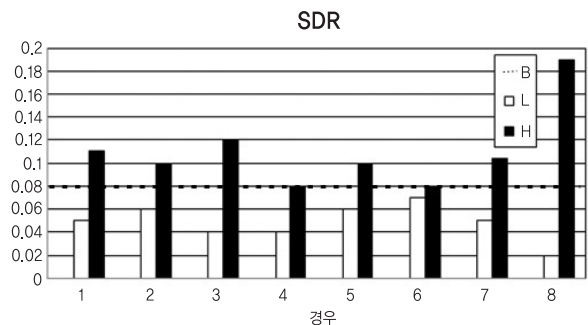


그림 4. 8가지 경우에서 두 수준의 SDR 결과

반면에, 변수들의 불확실성 수준이 높아질 때 경우 8에서 SDR은 0.19로 가장 크게 커져, 수익 변동성이 기본문제의 두 배를 초과하는 것으로 나타났다. 다음으로는 수송능력(경우 3)의 SDR이 0.12로 구해져 수익 변동성이 크게 증가하였다. 소매점 저장능력(경우 4)과 단위수송비(경우 6)의 수준 상승은 기본문제와 비교하여 수익 변동성에 아무런 변화를 초래하지 않았다.

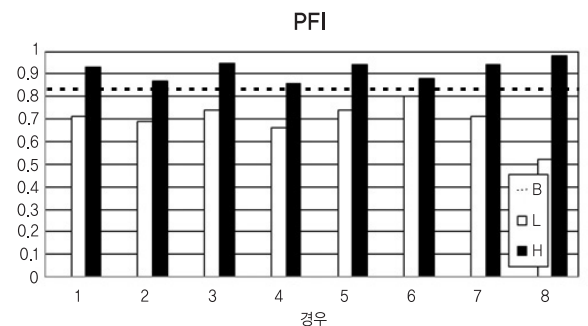


그림 5. 8가지 경우에서 두 수준의 PFI 결과

〈그림 5〉는 8가지 경우에서 두 수준의 PFI 결과를 보여준다. 변수들의 불확실성 수준이 낮아질 때 PFI는 모든 경우에서 기본문제의 0.84 보다 감소하였다. 경우 8에서 PFI는 0.52로 가장 크게 0.32가 감소하였지만, 여전히 반복실험의 반 이상이 물류센터가 2개인 확정적 모형의 기대수익 보다 작은 것으로 나타났다. 다음으로는 소매점 저장능력(경우 4)에서 크게 0.18이 감소하였다. 이것은 소매점 저장능력이 판매수입에 직접적인 영향을 미치기 때문으로 판단된다. 8가지 경우 중 단위수송비(경우 6)에서 PFI

감소가 0.04로 가장 작게 나타났다. 나머지 다른 경우에서는 PFI가 0.7 내외로 비슷하게 구해졌다. 이에 근거하여, 기대수익 이상의 수익을 얻을 확률을 높이는데 있어 단일변수로는 소매점 저장능력의 불확실성 감소가 우선순위를 가진다.

반면에, 변수들의 불확실성 수준이 높아질 때 모든 경우에서 PFI는 기본문제 보다 커졌다. 경우 8에서 가장 크게 0.14가 증가하였으며, 나머지 다른 경우에서 PFI는 0.9 내외로 비슷한 수준을 보여 대부분 반복실험의 수익이 물류센터가 2개인 확정적 모형의 기대수익에 미달하는 것으로 나타났다.

〈그림 6〉은 8가지 경우에서 두 수준의 VRI 결과를 보여준다. 변수들의 불확실성 수준이 낮아질 때 VRI는 모든 경우에서 기본문제의 값인 478백만원 보다 감소하였다. 감소액은 경우 8에서 245백만원으로 가장 크게, 소매점 저장능력(경우 4)에서 134백만원으로 그 다음으로 크게, 그리고 단위수송비(경우 6)에서 46백만원으로 가장 작게 나타났다. 나머지 다른 경우에서 VRI는 큰 차이 없이 350백만원 내외의 금액을 유지하였다. 이에 근거하여, 기대수익 이하의 수익 차를 줄이는데 있어 단일변수로는 소매점 저장능력의 불확실성 감소가 우선순위를 가진다.

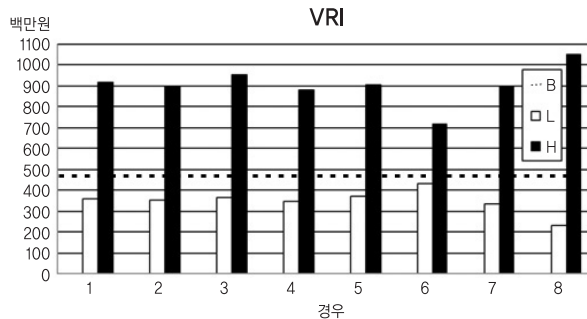


그림 6. 8가지 경우에서 두 수준의 VRI 결과

반면에, 변수들의 불확실성 수준이 높아질 때 VRI는 모든 경우에서 기본문제 보다 크게 증가하였다. 증가액은 경우 8에서 573백만원으로 가장 크게, 그리고 단위수송비(경우 6)에서 237백만원으로 가장 작게 나타났다. 나머지 다른 경우에서 VRI는 기본문제의 두 배에 가까운 900백만원 내외로 구해졌다.

〈그림 3〉~〈그림 6〉을 살펴보면, 불확실성 수준 L과 H에서 세 가지 리스크 척도에 대한 8가지 경우의 순위는 상호 유사하나 일

치하지는 않는다. 예를 들면, L에서 세 가지 척도의 상위 순서에는 경우 4, 8이 그리고 H에서는 경우 2, 4, 6이 포함되어 있다. 각 리스크 척도에 대해 L과 H간 8가지 경우의 순위에는 아무런 유사성이 존재하지 않는다.

〈그림 7〉은 기본문제와 경우 8의 L과 H를 각각 1,000회 반복시뮬레이션 하여 구해진 수익의 구간별 빈도를 나타낸 그래프이다. 기본문제의 그래프는 구간 [1700, 1800]을 중심으로 개략적으로 좌우 균형의 정규분포 모습을 보인다. L과 H의 그래프는 각각 정규분포가 우측과 좌측으로 밀려 치우친 모습을 보인다. H의 그래프에서 첫 번째 구간의 빈도수가 165로 많은 이유는 수익이 1,200백만원 이하인 횟수를 모두 합한 때문이다. 이에 따라 반복시뮬레이션의 결과는 정상적인 샘플 집합이라고 볼 수 있다.

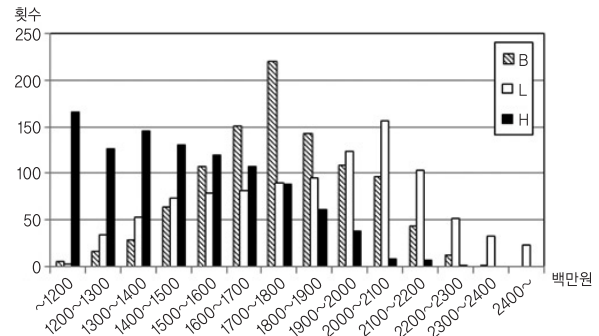


그림 7. 기본문제와 경우 8의 L과 H에서 구해진 수익의 구간별 빈도

끝으로, L과 H의 8가지 경우에 대한 표준화된 리스크 척도 값을 이용하여 불확실성 변수들이 공급사슬 리스크에 미치는 영향을 종합적으로 살펴보았다. 리스크 척도 값의 표준화는  $n_{ij} / \sum_{j=1}^3 n_{ij}$  식을 이용하였다. 여기서  $n_{ij}$ 는 경우  $i$ 의 리스크 척도 값을 나타낸다. 〈표 3〉은 L과 H의 8가지 경우에 대해 세 리스크 척도의 표준화된 값의 합을 보여준다. 세 척도의 비중은 동일한 것으로 가정하였다.

L에 대해서는 경우 8의 합이 가장 작고, 그 다음으로 소매점 저장능력(경우 4)이 작게 나타났다. 이러한 결과는 모든 불확실성 변수의 수준이 낮아지는 경우 다음으로 단일변수로는 소매점 저장능력의 확률분포 폭을 좁히는 것이 종합적으로 공급사슬의 리스크를 줄이는데 가장 효과적임을 의미한다. 반면에, 단위수송비(경우 6)의 합이 가장 큰 것으로 나타났다.

표 3. L과 H의 8가지 경우에 대한 세 리스크 척도의 표준화된 값의 합

경우	1	2	3	4	5	6	7	8
L	0.383	0.401	0.364	0.343	0.418	0.476	0.363	0.253
H	0.379	0.356	0.397	0.329	0.366	0.309	0.370	0.494

H에 대해서는 단위수송비(경우 6)의 합이 가장 작고, 다음으로 소매점 저장능력(경우 4)이 작게 나타났다. 이에 따라 단위수송비와 소매점 저장능력의 불확실성 상승은 다른 변수들에 비해 리스크 증가에 비교적 덜 영향을 미친다고 볼 수 있다. 반면에, 경우 8 그리고 다음으로 수송능력(경우 3)의 합이 가장 크게 나타났다. 이에 따라 모든 불확실성 변수의 수준이 높아지는 경우 다음으로 단일변수로는 수송능력의 불확실성 상승이 종합적으로 공급사슬 리스크에 가장 부정적인 영향을 미친다고 볼 수 있다.

#### 4. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 여러 운영 및 입력변수에 불확실성이 존재하는 다수기간 재고품목 소매점 공급사슬에서 이들 변수들의 평균 값 또는 기대 값을 이용하여 구축한 확정적 수리모형의 배송계획 해를 적용할 때 예상되는 공급사슬의 리스크를 컴퓨터 시뮬레이션을 이용해 분석하였다.

분석결과는 다음과 같이 요약된다.

- (1) 공급사슬에서 불확실성 변수들은 수입과 비용에 상호 복합적으로 작용함으로써 수익의 손실과 변동성을 초래하는 리스크의 요인임을 확인하였다.
- (2) 모든 불확실성 변수들의 수준을 동시에 낮추고 높일 때 각각 리스크의 감소와 증가 효과가 변수의 불확실성 수준을 개별적으로 변화할 때와 비교하여 현저히 크게 나타났다.
- (3) 단일변수로는 물류센터 수의 증가와 함께 제품 잔존가치, 수송시간의 불확실성 저하가 높은 수익증가를 초래하였다. 반면에, 물류센터 수의 감소가 수익에 가장 부정적인 영향을 초래하였다.
- (3) 단일변수로는 수송능력과 소매점 저장능력의 불확실성 저하가 수익의 변동성을 가장 크게 줄였다. 반면에, 수송능력의 불확실성 상승으로 인해 수익 변동성이 가장 크게 증가하였다.
- (4) 모든 불확실성 공급사슬의 반복실험에서 절반 이상의 횟수에서 수익이 확정적 모형의 기대수익 보다 작게 나타났다. 단일변수로는 소매점 저장능력의 불확실성 저하가 기대수익 보다 작은 횟수를 가장 많이 줄였다.
- (5) 단일변수로는 물류센터 수의 증가가 확정적 모형의 기대수익과 비교한 수익 감소액을 가장 작게 하였다. 반면에, 수송능력의 불확실성 상승이 기대수익과 비교한 수익 감소액을 가장 크게 하였다.
- (6) 종합적으로, 단일변수로는 소매점 저장능력의 확률분포 폭

을 좁히고 물류센터 수를 늘리는 순서로 리스크 감소에 가장 효과적이었다. 또한, 단일변수로는 수송능력의 확률분포 폭이 커지고, 수요의 표준편차가 커지는 순서로 리스크 증가에 가장 크게 영향을 미쳤다.

본 논문에서는 변수들의 불확실성 수준 변화(즉, L과 H)를 주관적으로 설정해 분석하였기 때문에 결과에 보편성을 부여하기 어려운 한계가 있다. 그러나 본 논문에서 사용한 분석방법은 실제 불확실성 공급사슬에서 한정된 자원으로써 리스크 감소효과를 극대화 하거나 또는 리스크 증가를 효과적으로 방지할 수 있는 최적 방안을 모색할 수 있다는데 그 의미를 부여한다. 향후, 여러 새로운 불확실성 변수들을 추가하여 모든 변수들의 일관성 있고 체계적인 불확실성 수준 변화에 대한 리스크 분석과 함께 민감도 분석을 통해 보편적 결론을 도출하는 연구가 필요하다. 또한, 불확실성을 반영한 확률적 모형의 구축과 효율적인 풀이방법 개발이 요망된다.

#### 참고 문헌

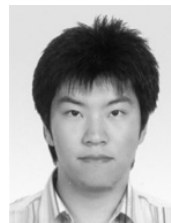
- [1] Ahmed, S., Sahinidis, N.V.(1998), Robust Process Planning Under Uncertainty, *Industrial Engineering Chemistry Research*, Vol.37, pp.1883~1892.
- [2] Barbaro, A.F. and Bagajewicz, M.(2004), Managing Financial Risk in Planning under Uncertainty, *AIChE Journal*, Vol.50, pp.963~989.
- [3] Deloitte(2005), Disarming the Value Killers: A Risk Management Study, *Deloitte Development*, London, United Kingdom.
- [4] Gaudenzi, B. and Borghesi, A.(2006), Managing Risks in the Supply Chain Using the AHP Method, *International Journal of Logistics Management*, Vol.17(1), pp.114~136.
- [5] Gupta, A. and Maranas, C.D.(2003), Managing Demand Uncertainty in Supply Chain Planning, *Computers and Chemical Engineering*, Vol.27, pp.1219~1227.
- [6] Harland, C., Brenchley, R., and Walker, H.(2003), Risk in Supply Networks, *Journal of Purchasing & Supply Chain Management*, Vol.9, pp.51~62.
- [7] Kelton, W.D., Sadowski, R.P., and Sturrock, D.T.(2007), *Simulation with ARENA*, 4th ed., McGraw

- Hill, New York, NY, USA.
- [8] Khan, O. and Burnes, B.(2007), Risk and Supply Chain Management: Creating a Research Agenda, *International Journal of Logistics Management*, Vol.18(2), pp.197~216.
- [9] Lee, T.Y.S.(2008), Supply Chain Management, *International Journal of Information and Decision Sciences*, Vol.1(1), pp.98~114.
- [10] Mulvey, J.M., Vanderbei, R.J., and Zenios, S.A.(1995), Robust Optimization of Large-scale Systems, *Operations Research*, Vol.43(2), pp.264~281.
- [11] Smith, R.H(2011)., *X-treme Supply Chain Simulation*, University of Maryland, USA.
- [12] Tang, C.S.(2006), Perspectives in Supply Chain Risk Management, *International Journal of Production Economics*, Vol.103, pp.451~488.
- [13] Tuncel, G. and Alpan, G.(2010), Risk Assessment and Management for Supply Chain Networks: A Case Study, *Computers in Industry*, Vol.61, pp.250~259.
- [14] Waters, D.(2007), *Supply Chain Management: Vulnerability and Resilience in Logistics*, Kogan Page, London, United Kingdom, pp2~3.
- [15] Wu, D and Olson, D.L.(2008), Supply Chain Risk, Simulation, and Vendor Selection, *International Journal of Production Economics*, Vol.114, pp.646~655.
- [16] You, F., Wassick, J.M., and Grossmann, I.E.(2009), Risk Management for a Global Supply Chain Planning under Uncertainty: Models and Algorithms, *American Institute of Chemical Institutes*, Vol.55(4), pp. 931~946.



### 박 양 병

한양대학교 산업공학과 학사  
미국 Pennsylvania State University  
산업공학과 석사  
미국 Oklahoma State University  
산업공학과 박사  
현재: 경희대학교 산업경영공학과 교수  
관심분야: Logistics/SCM, SCRM



### 윤 성 준

경희대학교 산업공학과 학사  
경희대학교 산업공학과 석사  
현재: 경희대학교 산업경영공학과  
박사과정  
관심분야: SCM, 시뮬레이션, SCRM

## 공급망 환경에서 중소부품제조업체의 생산물류계획 통합 사례연구

황승준\* · 김태영†\*\* · 금병찬\*\*\*

\*한양대학교 경상대학 경영학부 · \*\*동양미래대학 경영학부 · \*\*\*한양대학교 전략경영학과

### A Case Study of the Production and Logistics Integration for a Small and Medium-sized Manufacturing Company in Supply Chain Environment

Seung-June Hwang\* · Tai-Young Kim†\*\* · Keum-Byung Chan\*\*\*

\*Department of Business Administration, Hanyang University

\*\*School of Management, Dongyang Mirae University

\*\*\*Department of Strategic Management, Hanyang University

For small and medium sized manufacturing companies, establishing a production and logistics integration systems is one of the most critical issues in the supply chain management. It helps SMEs(Small and Medium-sized Enterprises) fulfill production and logistics activities simultaneously, and enhances operational efficiency through the reduced changes in production planning, defect ratio, and inventory turnover.

This case study showed a process of adopting an information system for an auto-part manufacturing company attempting integration of production and logistics activities. In particular, this study performed a system analysis and compared the key performance between before and after adoption of the new system in the context of a supply chain with multi plants and multi distribution centers.

**Keywords:** SCM System Development, SME(Small and Medium-sized Enterprises), Integration Planning

#### 1. 서론

정보통신 기술의 급격한 발달과 혁신적 운송수단의 대중화, 세계시장이 하나로 개방되고 통합되는 글로벌(global)화라는 새로

운 시대적 사조에 따라 경영환경은 급속히 변화하고 있다. 오늘날 지구촌 전체가 점점 하나의 시장으로 통합됨에 따라, 기업들은 한정된 지역에 대한 시장 정보를 선점하여 비즈니스를 진행하였던 기존의 경영 방식으로는 경쟁력을 확보할 수 없게 되었다. 시대적 변화에 따라 글로벌 경쟁이 극적으로 격화되고 있으며, 확고한 차

† Corresponding author: 152-714, 62-160 Gocheok-dong, Guro-gu, School of Management, Dongyang Mirae University, Seoul, Korea

TEL : 82-2-2610-5235 FAX :82-2-2610-1701 E-mail : tykim@dongyang.ac.kr

\* 2011년 3월 24일 투고, 4월 25일 1차 수정본 접수, 5월 20일 2차 수정본 접수, 5월 28일 게재 확정.



별적 우위성을 확보한 기업만이 살아남을 수 있는 경영 환경이 조성되고 있다. 따라서 빠르게 다양화되고 있는 소비자의 요구에 적극적으로 대응하고, 납기를 단축하고 원가를 최대한 절감하기 위해 노력하고 있다(Mezgar 등, 2000). 단일 기업의 최적화나 개선을 위한 노력만으로는 이러한 시대적 요구를 수용하여 경쟁력을 확보할 수가 없게 되면서, 원자재를 공급해주는 벤더에서부터 내부적 생산 및 대외적 분배를 담당하는 유통 채널까지 모든 과정, 즉 공급 사슬(supply chain) 환경의 확립과 운영상의 효율성을 확보하지 않고서는 경쟁력을 제고시킬 수 없다.

하나의 단일 완성품을 생산하기 위하여 다양한 부품을 많이 활용하여야 하는 자동차나 가전제품 등의 산업에서는, 완제품 제조업체와 부품 제조업체 사이의 공급망의 확립에 따른 효과적인 생산 및 물류 계획 수립이 더욱 중요하다. 공급망에 많은 부품제조업체들이 존재하고, 이들 부품제조업체들의 생산 및 물류 활동은 완성품의 생산 활동과 긴밀한 관련을 맺고 있기 때문에, 궁극적으로 완성품의 생산 효율성과 원가 경쟁력에 그 영향을 미치기 때문이다. 따라서 공급망 내에 존재하는 부품 제조업체들의 생산 및 물류 활동은 공급망 전체를 종합적으로 관리하는 최적 생산운영 계획의 결과에 따라 수립하여 통제되는 것이 바람직하다.

공급 사슬의 관점에서 완성품 제조업체와 부품제조업체를 포괄적으로 관리하는 공급망 관리에 대해서는 지금까지 다양한 연구가 진행되어 왔다. 우선 공급망 구성에 관한 연구로는, Pontrandolfo와 Okogbaa(1999)는 생산 및 물류를 통합하는 공급 사슬을 구성하는 기본적인 구성요소로서 부품 공급자(component suppliers), 인바운드 물류(inbound logistics), 완제품 조립 공장(final assembly plants), 아웃바운드 물류(outbound logistics)의 4가지 단계가 필요하다고 지적하면서, 이들 물류 단계들을 중재하는 중앙조정단위(central coordinating unit)에서 최적 생산물류계획이 수립되어야 한다고 제안하였다. Mezgar 등(2000)은 공급 사슬 상에 존재하는 모든 관련 기업에 대한 데이터와 제약조건 및 각종 표준 등을 포함하고 있는 글로벌 지식 베이스를 구축하여야 한다고 주장하였으며, 여기에서 수집한 바탕으로 최적 생산 및 물류 계획을 수립할 것을 제안하였다. Su 등(2008)은 통합 생산계획 수립을 위하여 공급망 내의 협력 관계 수립의 중요성을 설명하였다.

공급망 환경에서의 통합 생산 및 물류계획을 위하여 수리계획법에 기반을 둔 모형을 수립하고 최적해를 구하는 연구도 꾸준히 진행되어 왔다. Rizk 등(2006)은 단일 완제품 생산자와 복수 물류센터를 갖는 공급망에 대한 통합 생산 물류 계획 수리모형을 정수계획법의 형태로 제안하였고, Romo 등(2009)은 생산 및 운송 계획 수립을 위하여 이전 수리모형에 대한 향상된 해법을 제시하였다. Gen과 Syarif(2005)는 생산 및 운송 계획을 위한 통합 수

리모형을 정수계획법의 형태로 수립하고, 가능 시간 안에 해를 구하기 위하여 유전 알고리즘(genetic algorithm)을 활용하는 해법을 제안하였다. Eksioğlu 등(2006)은 생산과 운송 계획을 동시에 수립할 수 있는 수리모형을 제시하였고, 이후 Eksioğlu 등(2007)에서 라그랑지안 분해 접근법(lagrangian decomposition)을 이용한 해법을 제안하였다. Chern과 Hsieh(2007), Torabi와 Hassini(2008), Selim 등(2008)은 생산계획 수립에 있어 다중 목표를 달성하기 위한 목표계획법에 의한 수리모형과 해법을 제안하였다. 그리고 최근에는 Mula 등(2010)이 수리계획법에 의한 공급망 통합 생산 및 운송 계획 수립에 대한 연구들을 종합적으로 리뷰하였다.

공급망 내의 시스템을 통합하는 소프트웨어의 도입 관점에서도 연구가 진행되었다. Davis와 O'Sullivan(1999)은 공급망 내에 존재하는 기업들 사이의 정보교환을 위하여 필요한 정보 인프라스트럭처의 프레임워크를 제시하였으며, 규모(scope), 서비스(services), 기술(technology)의 세 가지 차원을 고려하면서 전략적 의사결정을 위한 통합 소프트웨어를 도입의 필요성을 제시하였다. Satapathy 등(1998)은 완제품 제조사와 부품 제조업체 등을 포괄하는 분산된 생산 및 물류관리 문제가 개별 하위문제로 분해될 때, 각 단계에서 업무 순서가 정의되고 각 단계의 정보 교환을 담당하는 에이전트의 역할이 중요하다고 주장하였다. Bruce와 Steve(2000)는 SCM 구축하는데 비용과 오류를 줄이고 빠른 시간에 구축하기 위해서는 ERP나 기존의 정보 시스템과의 연계와 통합이 필요하다고 필요성을 강조하였다.

2000년대 들어 국내외적으로 ERP 시스템 도입이 본격적으로 활성화되면서, ERP 및 SCM 시스템의 도입과 이에 따라 통합 생산 및 물류 계획을 수립하여 활용하는 문제에 대해 관심이 증가하고 있다. 하지만 ERP를 이용한 기업 내의 각 부문업무를 연동 및 통합에 비하여 SCM 시스템을 이용한 기업 간 통합을 위한 활동은 아직 미진한 것이 사실이다. 특히 중소 부품 제조업체의 경우 SCM 환경에서 전체 최적화를 이룰 수 있는 강력한 생산 및 물류 계획 수립 방법론에 의하여 재고를 최소화하고 생산 및 물류 자원의 활용성을 극대화하는 작업이 더욱 절실하지만, 실제로 이를 구현한 예는 찾아보기 어렵다.

본 연구는 공급망 내의 각 기업들이 정보를 공유하고 교환하는 통합된 관리 체계를 도입함으로써, 기존에 운영 중인 ERP 시스템의 결과와 연동하여 생산 및 물류 제약을 포괄적으로 고려하여 구해진 최적해를 활용한 사례에 대한 연구이다. 특히 최적해를 구할 수 있는 지능형 엔진(Intelligence engine)의 구조를 설계하고 이를 실제 소프트웨어 상에 탑재하도록 함으로써, 중소부품 제조업체들이 공급망 전체의 글로벌 최적화를 달성한 생산 및 물류 계획에 맞추어 운영되는 사례를 보이고자 한다.



## 2. 통합 생산 물류 시스템 설계

### 2.1 통합 생산 및 물류 계획 수립을 위한 공급 사슬 환경 분석

W사는 국내의 중소 자동차 부품 제조 기업으로서, 자동차 천정재인 헤드라이닝을 생산하여 완성품 제조업체인 H사나 G사에 납품하고 있다. W사는 완성품 제조업체인 H사와 G사로부터 1달에 1번씩 총괄생산계획(APP) 결과 정보를 통보받고 있다. 그리고 매주 완성차 업체인 H사와 G사에서 각 차량별로 기준생산계획(MPS)과 자재소요계획(MRP)을 수행한 후 계획오더(planned order)를 확정하여 기존 계획을 업데이트하면, 부품 공급업체인 W사는 H사로부터 업데이트된 완성차를 위한 계획오더 정보와 해당 차량에 탑재될 부품에 대한 판매주문(Sales Order)을 받고 생산에 들어가게 된다. 기본적으로 JIT(Just-in-Time)의 실현을 목표로 하기 때문에 W사가 생산하여 완성차 업체에 납품하는 부품들에 대해서는 재고를 최소화하도록 하고, 매일 아침 생산을 진행하여 부품을 납품할 기업과 당일 부품 생산 수량과 납품 수량에 대하여 최종 판매주문 수량을 확정하는 협력적 조정 절차를 거치게 된다.

본 연구에서 대상으로 하는 통합 생산 및 물류 시스템은 <그림 1>과 같이 중소규모의 부품제조를 담당하는 협력업체의 입장에서 복수의 완성품 제조업체에 부품을 납품하는 공급 사슬 환경을 대

상으로 하고 있다.

이 때 통합 생산 및 물류계획은 공급 사슬 내 기업 간의 부품 생산에 의한 공급에 있어 완제품 기업과 부품 생산 기업이 협업을 하는 것을 목적으로 하고, 복수의 완제품 생산 기업과 물류센터 등을 포함할 수 있다. W사를 포함하여 공급 사슬에서 통합적으로 처리할 수 있는 계획은 크게 1) 수요 관리 2) 공급 사슬 디자인, 3) 각 기업들의 생산 계획, 4) 기업 간 운송 계획, 5) 창고/보관 관리로 나누어 파악할 수 있다.

통합 생산 및 물류 시스템을 도입하기 이전까지 W사가 속해 있는 공급 사슬에서 AS-IS 프로세스에 따라 업무를 진행하면서 발생하고 있는 문제점은 다음과 같았다. 우선 완제품 제조업체로부터 1개월 단위로 총괄 생산 계획을 받지만 납품 시 주문량 수정이 이루어지는 경우가 많으며, 수요 정보를 협력업체와 전혀 공유하지 않고 있기 때문에 협력업체들은 완제품 제조업체로부터 매주 주문이 수정되더라도 그것에 맞추어 생산을 실시하는 경우가 많았다. 이 때문에 무리한 수량의 생산을 위하여 잔업을 진행하거나 또는 매우 적은 생산만을 진행하는 등 일자별로 작업량 분배가 제대로 이루어지지 않으면서 제조 능력과 비용의 낭비가 발생하였다. 이를 해결하기 위해 W사는 미리 독자적인 생산 계획을 수립하여 생산을 실시하여 보았지만, 재고 부담이 가중되는 문제가 발생하였다. 또한 무리한 생산을 실시하는 경우에는 품질에서도 문제가 발생할 수 있으며, 갑자기 많은 수량을 납품 받은 완제품 제조업체에서도 무리한 생산을 진행하면서 W사가 납품한 부품을 제대로 활용하지 못하고 제조 과정에서 파손시키거나 Scrap으로 처리하는 경우가 많이 발생하였다. 더 나아가 이렇게 완제품 제조업체 등에서 생산을 진행하는 과정에서 Scrap 처리한 부품에 대한 책임을 W사에 미루면서, 협력업체와 제품 제조업체 사이에 분쟁이 발생하기도 하였다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 도출한 TO-BE 프로세스는 다음과 같다. 우선 완제품 제조업체에서 W사를 포함한 공급망 내에 존재하는 여러 협력업체들의 생산 능력과 운송 및 저장 능력 등을 고려하면서 최적 생산 및 분배 계획 수립하도록 한다. 완제품 제조업체에서는 공급망 내의 모든 협력업체들에게 최종 수요 정보를 공유함은 물론, 최적 생산 및 분배 계획 수립 결과를 공유하여 각 협력업체들이 생산 수량, 저장 수량, 운송 수량을 각 기간별로 정확하게 통보받아 활용할 수 있도록 한다. 궁극적으로 W사를 비롯한 모든 협력업체들은 완제품 제조업체 주도로 수립된 통합 생산 및 분배 계획의 결과를 각 협력업체들이 자체적으로 운영 중인 ERP 시스템에 연동시킴으로써, 각 협력업체들이 유연하고 정확하게 자사 생산 및 분배 업무를 진행하고 업무처리 결과 데이터(Transaction Data)를 축적하여 경영 성과를 관리하도록 하였다.

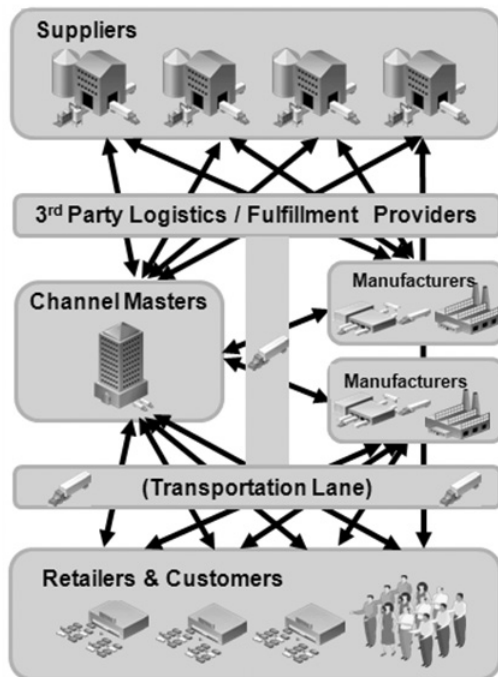


그림 1. 통합 생산 및 물류계획 수립을 위한 공급 사슬 환경

## 2.2 통합 생산 및 물류 시스템 설계

원자재나 부품의 공급자로부터 완제품 제조사, 최종 소비자까지 포함한 전체 공급 사슬을 대상으로 프로세스, 조직, 시스템을 재구축하는 총체적인 혁신 활동인 공급 사슬 관리는 서로 다른 기업들이 맡고 있는 부품 생산 및 공급, 완성차 생산, 물류 및 판매의 흐름을 연결하여 전체 프로세스를 관리할 경우 기업경쟁력 재고에 커다란 도움을 줄 수 있다.

공급 사슬 환경에서의 통합 생산 및 물류 시스템 아키텍처 설계를 위하여, 객체 지향 분석설계(OOAD: object-orient analysis and design) 모델링 도구인 UML(Unified Modeling Language)을 이용하였다. 우선 Use Case Diagram을 통하여 시스템의 요구사항을 파악하였으며, 부품 생산 업체의 생산 물류

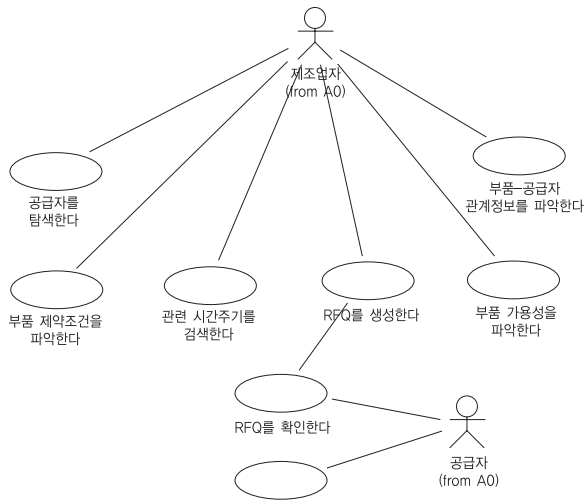


그림 2. 부품 생산 업체의 생산 물류 계획을 위한 Use Case Diagram

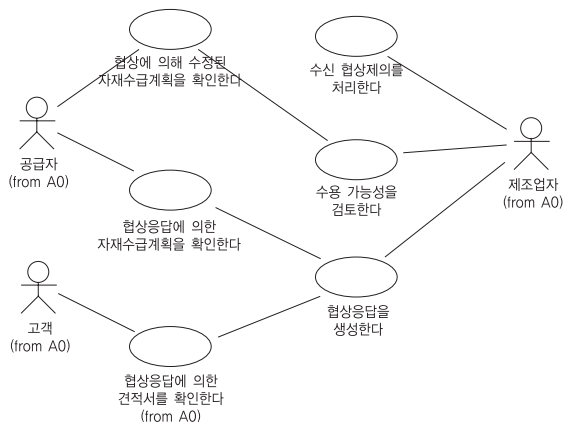


그림 3. 부품 생산 업체와 완제품 생산 업체의 협상에 대한 Use Case Diagram

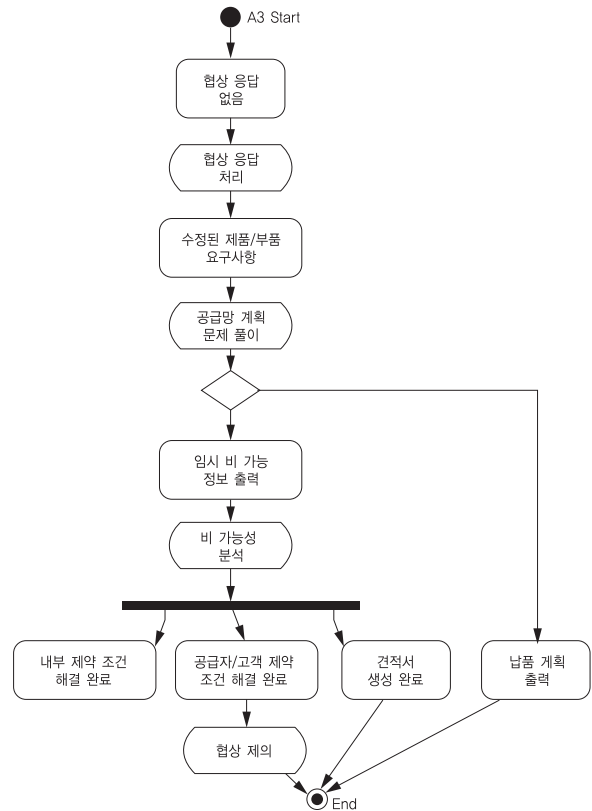


그림 4. 통합 생산 및 물류 계획 수립을 위한 Activity diagram

계획을 위한 Use Case Diagram을 도시하면 <그림 2>와 <그림 3>과 같다.

<그림 2>에서 볼 수 있는 것과 같은 완제품 제조업체에서 부품을 생산할 수 있는 공급업체들의 생산 능력을 파악하고, 이후 <그림 3>과 같이 완제품 제조업체와 부품공급업체 사이에 협상이 이루어지게 된다.

본 연구의 주요 대상은 부품 공급기업과 완제품 제조기업 사이의 협상 과정이라고 할 수 있으며, 따라서 <그림 3>에서는 우선 공급자와 완제품 제조 기업 간의 협상을 우선적으로 다루고 있다. 그 밖에도 <그림 3>에서 보는 바와 같이 제조업자는 완제품을 구매하는 고객을 대상으로 하여 같은 방식으로 협상을 진행할 수 있다.

Activity diagram을 통하여 이와 같은 업무 프로세스 진행 과정을 순차적으로 도시하면 <그림 4>와 같다. <그림 2>와 <그림 3>의 과정에 의하여 부품 공급업체와 완제품 제조기업 사이에서 상호간에 협상이 진행되고, <그림 4>와 같은 절차에 따라 통합 공급망 계획의 문제를 해결하면 생산 수량과 물류 수량이 시점별로 결정되므로 공급업체와 완제품 제조업체가 효과적으로 업무를 진행할 수 있게 된다.

정성원 등(2003)이 개발한 수리모형을 W사가 존재하는 공급 사슬 환경에 맞추어 수정하여 제시하면, 식(1)~식(21)까지 전개된 혼합 정수 계획법(MIP: Mixed Integer Programming) 형태의 수리 모형과 같다.

$$\text{Min} \sum_{t=1}^T \left[ \sum_{i=1}^I \left\{ \sum_{w=1}^W (s_{iw} Y_{iwt} + h_{iw} I_{iwt}) \right. \right. \quad (1)$$

$$\left. + \sum_{p=1}^P (s_{ip} Y_{ipt} + h_{ip} I_{ipt} + p_{ip} X_{ipt}) \right\} \\ + \sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^S (s_{js} Y_{jst} + h_{js} I_{jst} + p_{js} X_{jst}) \left. \right] \\ + \sum_{t=1}^T \left[ \sum_{i=1}^I \left\{ \sum_{w=1}^W \sum_{c=1}^C (ts_{iwc} Z_{iwt} + tp_{iwc} Q_{iwt}) \right. \right. \\ + \sum_{p=1}^P \sum_{w=1}^W (ts_{ipw} Z_{ipwt} + tp_{ipw} Q_{ipwt}) \left. \right\} \\ + \sum_{j=1}^J \sum_{s=1}^S \sum_{p=1}^P (ts_{isp} Z_{ispt} + tp_{isp} Q_{ispt}) \left. \right]$$

$$s.t. \sum_{w=1}^W Q_{iwt} = d_{ict}, \quad \forall i, c, t \quad (2)$$

$$I_{iwt(t-1)} + \sum_{p=1}^P Q_{ipwt} - I_{iwt} = \sum_{c=1}^C Q_{iwc}(t + l_{ic}), \quad \forall i, w, t \quad (3)$$

$$I_{ip(t-1)} + X_{ipt} - I_{ipt} = \sum_{w=1}^W Q_{ipw}(t + l_{pw}), \quad \forall i, p, t \quad (4)$$

$$\sum_{s=1}^S Q_{jspt} = \alpha_{ij} X_{ipt}, \quad \forall i, j, s, t \quad (5)$$

$$I_{jst(t-1)} + X_{jst} - I_{jst} = \sum_{p=1}^P Q_{jsp}(t + l_{jp}), \quad \forall j, s, t \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^I c_{iw} I_{iwt} \leq Cp_{wt}, \quad \forall w, t \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^I c_{ip} I_{ipt} \leq Cp_{pt}, \quad \forall p, t \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^J c_{js} I_{jst} \leq Cp_{st}, \quad \forall s, t \quad (9)$$

$$I_{iwt0} + \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P Q_{ipwt} \geq \sum_{t=1}^T \sum_{c=1}^C Q_{iwc}(t + l_{ic}), \quad \forall i, w \quad (10)$$

$$I_{ipt0} + \sum_{t=1}^T X_{ipt} \geq \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P Q_{ipw}(t + l_{pw}), \quad \forall i, p \quad (11)$$

$$I_{jst0} + \sum_{t=1}^T X_{jst} \geq \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^S Q_{jsp}(t + l_{jp}), \quad \forall j, s \quad (12)$$

$$\sum_{p=1}^P Q_{ipwt} \leq MY_{iwt}, \quad \forall i, w, t \quad (13)$$

$$X_{ipt} \leq MY_{ipt}, \quad \forall i, p, t \quad (14)$$

$$X_{jst} \leq MY_{jst}, \quad \forall j, s, t \quad (15)$$

$$Q_{iwt} \leq MZ_{iwt}, \quad \forall i, w, c, t \quad (16)$$

$$Q_{ipwt} \leq MZ_{ipwt}, \quad \forall i, p, w, t \quad (17)$$

$$Q_{jspt} \leq MZ_{jspt}, \quad \forall j, s, p, t \quad (18)$$

$$I_{iwt0} = i_{iwt0}, I_{ipt0} = i_{ipt0}, I_{jst0} = i_{jst0}, \quad \forall i, j, s, p, w \quad (19)$$

$$Y_{iwt}, Y_{ipt}, Y_{jst}, Z_{iwt}, Z_{ipwt}, Z_{jspt} = \{0, 1\}, \quad \forall i, j, s, p \quad (20)$$

$$Q_{iwt}, Q_{ipwt}, Q_{jspt}, l_{iwt}, l_{ipt}, l_{jst}, X_{ipt}, X_{jst} \geq 0, \quad \forall i, j, s, p, w, c \quad (21)$$

이 때 식(1)~식(21)과 같이 전개된 수리모형에서 사용한 첨자(index)는 다음과 같다.

- $t$  : 시점,
- $i$  : 완성품,
- $j$  : 부품,
- $s$  : 공급업체(supplier),
- $p$  : 완제품 제조업체(plant),
- $w$  : 물류창고(distribution center) 및 도매 총판,
- $c$  : 리테일러(retailer) 및 고객.

다음은 식(1)~식(21)의 수리모형에서 주어진 값으로 가정하는 입력 변수에 대한 설명이다.

- $d_{ict}$  : 기간  $t$ 에서 고객  $c$ 의 제품  $i$ 에 대한 수요,
- $\alpha_{ij}$  : 제품  $i$ 를 생산하기 위해 필요한 외주 부품  $j$ 의 공급 비율,
- $l_{iwc}$  : 제품  $i$ 를 물류창고  $w$ 에서 고객  $c$ 에게 전달하는데 걸리는 리드 타임,
- $l_{ipw}$  : 제품  $i$ 를 공장  $p$ 에서 물류창고  $w$ 에게 전달하는데 걸리는 리드 타임,
- $l_{jsp}$  : 외주 부품  $j$ 를 공급업체  $s$ 부터 공장  $p$ 에게 전달하는데 걸리는 리드 타임,
- $c_{iw}$  : 물류창고  $w$ 에서 하나의 제품  $i$ 가 보관하는데 요구되는 용량(면적),
- $c_{ip}$  : 공장  $p$ 에서 하나의 제품  $i$ 를 생산하는데 요구되는 용량(시간),
- $c_{js}$  : 공급업체  $s$ 에서 외주 부품  $j$ 를 하나 생산하는데 요구되는 용량(시간),
- $Cp_{wt}$  : 물류창고  $w$ 에서 기간  $t$ 에 보관 가능한 총 용량(면적),
- $Cp_{pt}$  : 공장  $p$ 에서 기간  $t$ 에 생산 가능한 총 용량(시간),
- $Cp_{st}$  : 공급업체  $s$ 에서 기간  $t$ 에 보관 가능한 총 용량(시간),
- $I_{iwt0}$  : 물류창고  $w$ 에서 보유하고 있는 제품  $i$ 의 초기 재고,
- $I_{ipt0}$  : 공장  $p$ 에서 보유하고 있는 제품  $i$ 의 초기 재고,
- $I_{jst0}$  : 공급 업체  $s$ 에서 보유하고 있는 외주 부품  $j$ 의 초기 재고,
- $h_{iw}$  : 물류창고  $w$ 에서 제품  $i$ 를 보유할 때의 단위 비용,
- $s_{iw}$  : 물류창고  $w$ 에서 제품  $i$ 를 1개 이상 취급할 때 발생하는 준비 비용,

- $p_{ip}$  : 공장 p에서 제품 i를 생산할 때의 단위 비용,  
 $h_{ip}$  : 공장 p에서 제품 i를 보유할 때의 단위 비용,  
 $s_{ip}$  : 공장 p에서 제품 i를 1개 이상 취급할 때 발생하는 준비 비용,  
 $p_{js}$  : 공급업체 s에서 부품 j를 생산할 때의 단위 비용,  
 $h_{js}$  : 공급업체 s에서 부품 j를 보유할 때의 단위 비용,  
 $s_{js}$  : 공급업체 s에서 부품 j를 1개 이상 취급할 때 발생하는 준비 비용,  
 $ts_{iwc}$  : 물류창고 w에서 고객 c로 제품 i를 1개 이상 운송할 때 발생하는 준비 비용,  
 $tp_{iwc}$  : 물류창고 w에서 고객 c로 제품 i를 운송할 때의 단위 비용,  
 $ts_{ipw}$  : 공장 p에서 물류센터 w로 제품 i를 1개 이상 운송할 때 발생하는 준비 비용,  
 $tp_{ipw}$  : 공장 p에서 물류센터 w로 제품 i를 운송할 때의 단위 비용,  
 $ts_{jsp}$  : 공급업체 s에서 공장 p로 부품 j를 1개 이상 운송할 때 발생하는 준비 비용,  
 $tp_{jsp}$  : 공급업체 s에서 공장 p로 부품 j를 운송할 때의 단위 비용.

다음은 식(1)~식(21)의 수리모형에서 풀고자 하는 결정 변수이다.

- $Q_{iwct}$  : 기간 t에 물류창고 w에서 고객 c에게 제품 i의 수송량,  
 $Q_{ipwt}$  : 기간 t에 공장 p에서 물류창고 w에게 제품 i의 수송량,  
 $Q_{jspt}$  : 기간 t에 공급업체 s에서 공장 p에게 제품 j의 수송량,  
 $l_{iwt}$  : 기간 t에 물류창고 w에서 가지고 있는 제품 i의 재고량,  
 $l_{ipt}$  : 기간 t에 공장 p에서 가지고 있는 제품 i의 재고량,  
 $l_{jst}$  : 기간 t에 공급업체 s에서 가지고 있는 외주 부품j의 재고량,  
 $X_{ipt}$  : 기간 t에 공장 p에서 제품 i의 생산량,  
 $X_{jst}$  : 기간 t에 공급업체 s에서 제품 j의 생산량,  
 $Y_{iwt}$  : 기간 t에서 물류창고 w에서 제품 i 입고 여부 결정 변수(0 or 1),  
 $Y_{ipt}$  : 기간 t에서 공장 p에서 제품 i 생산 여부 결정 변수(0 or 1),  
 $Y_{jst}$  : 기간 t에서 공급업체 s에서 제품 j 생산 여부 결정 변수(0 or 1),  
 $Z_{iwct}$  : 기간 t에서 물류창고 w에서 고객 c에게 제품 i를 수송 여부 결정변수(0 or 1),  
 $Z_{ipwt}$  : 기간 t에서 공장 p에서 물류창고 w에게 제품 i를 수송 여부 결정변수(0 or 1),

- $Z_{jspt}$  : 기간 t에서 공급업체 s에서 공장 p에게 부품 j를 수송 여부 결정변수(0 or 1).

식(1)과 같이 표현된 목적식은 공급사슬 상에서 모든 사이트에서 발생하는 고정비용(생산 준비비용 및 입고 준비비용), 변동비용(생산 변동비용 및 입고변동비용), 재고 유지비용 및 네트워크에서 발생하는 고정비용(운송 준비비용), 변동비용(운송 변동비용)의 합을 최소화 하는 것을 목적으로 하고 있음을 뜻한다.

식(2)는 고객 사이트에서 발생한 제품에 대한 수요는 물류창고에서 수용되어지는 양으로 만족시켜주어야 한다는 것을 나타내는 제약 조건이다. 식(3)은 고객 사이트에 수용되어야 할 수송량은 물류창고에서의 현재 재고량과 공장으로부터 공급되는 수송량으로 만족시켜주어야 한다는 조건식이다. 식(4), 식(5), 식(6)은 이와 같은 방식으로 공장 및 공급업체에서 수요를 만족시켜주기 위한 생산량과 수송량에 대하여 결정하는데 사용되는 재고 균형식이다.

식(7), 식(8), 식(9)는 물류창고에 입고되는 양 및 공장 및 공급업체에서 생산되는 양은 해당 사이트의 용량 제약을 만족해야 한다는 것을 나타낸다. 물류창고에서의 용량제약조건은 해당 제품이 차지하는 부피 등 보관과 관련된 것이고, 공장 및 공급업체에서의 용량 제약조건은 해당 사이트에서 가용한 자원의 시간과 관련된 것이다. 식(10), 식(11), 식(12)는 모든 기간에 있어 누적생산량은 누적 수요량을 초과해야 한다는 조건을 나타낸다.

식(13)은 물류 창고에서 해당기간에 해당제품에 대하여 입고계획이 있으면 고정입고비용이 발생한다는 것을 나타내며, 식(14), 식(15)는 공장 및 공급업체에서 해당 기간에 해당제품에 대한 생산계획이 있으면 고정생산비용이 발생한다는 것을 의미하는 제약식이다. 식(16), 식(17), 식(18)은 각 사이트들을 연결하는 네트워크에서 해당 기간에 해당 제품에 대한 수송 계획이 있는 경우 고정운송비용이 발생한다는 것을 나타낸다. 이상과 같이 식(13)~식(18)까지는 변동량을 나타내는 결정변수와 이진변수 사이의 Big M 제약 조건식이라고 할 수 있다.

식(19)는 각 사이트에서의 초기 재고량에 관련한 내용을 의미하고 있으며, 식(20)은 이진변수 제약식이다. 식(21)은 변동량에 대한 결정변수들의 비음조건식이다.

본 논문이 제안하는 식(1)~식(21)은 정성원 등(2003)이 개발한 수리모형을 W사가 존재하는 공급 사슬 환경에 맞게 수정 보완한 것이다. 공급업체와 제조 기업 사이의 재고 균형을 의미하는 식(6)의 경우, 정성원 등(2003)의 연구에서는 공장 내부적인 원자재의 입고량과 출고량의 재고 균형식은 존재하지만 공급업체와 공장 사이의 재고 균형식이 빠져 있었던 것을 추가하였다. 각 거점에서의 누적 생산량과 누적 운송량 사이의 재고 균형을 보여주고 있는 식 (10), 식 (11), 식 (12)의 경우, 수송량을 의미하는 결정변

수  $Q_{iwt}$ ,  $Q_{ipwt}$ ,  $Q_{jspt}$ 에 대하여 정성원 등(2003)의 연구에서는 운송 출발지에 대한 정의는 존재하지만 도착지에 대한 정의를 누락하여 사용하였던 것을 본 연구에서는 도착지에 대한 정의를 추가하였다. 또한 주요 결정 변수에 대한 비음 조건식은 해당 연구와 같은 정수계획법 모형에서 반드시 필요한 부분임에도 불구하고 정성원 등(2003)의 연구에서는 누락되어 있었는데, 본 연구에서는 식 (21)과 같이 추가함으로써 수리 모형의 완성도를 높였다.

### 3. 통합 생산 물류 시스템 개발 구현

#### 3.1 시스템 개발 환경 및 방법

통합 생산 및 물류 계획 수립을 위한 공급 사슬 관리 소프트웨어는 Windows O/S 환경에서 사용할 수 있도록 개발되었고, Visual Studio 2008의 Visual Basic과 C#, ProcessQ를 개발 도구로 채택하여 화면을 디자인하고 기능 모듈을 개발하였다. 데이터베이스 설계와 구성은 MS SQL Server를 이용하여 기능 모듈과 연동시켜 활용할 수 있도록 개발하였다.

효과적인 통합 생산 및 물류 계획을 수립하기 위해서는 중앙 조정의 역할을 하는 해법 엔진이 시스템에 탑재되어야 한다. 이를 위하여 정성원 등(2003)이 제안한 수리모형과 해법을 활용한 엔진을 개발하였으며, 공급 사슬 환경에서 통합 생산계획을 수립하여 활용하는 소프트웨어에 탑재하였다. 식(1)~식(21)에 제시된 바와 같이 W사가 속해 있는 공급망 환경에 맞추어 수정한 수리모형은 혼합 정수 계획법(MIP)의 형태를 갖고 있으므로, 기업에서 업무를 처리하기 위하여 할당할 수 있는 가능해 시간 동안 최적해를 구하기 어렵다. 정성원 등(2003)은 유전 알고리즘을 활용하여 가능해 시간 동안 빠르게 해를 구할 수 있는 해법을 개발하여 제안하였고, 이를 활용하여 통합 생산 물류 시스템을 개발하였다.

정성원 등(2003)은 본 연구에서 다루고 있는 문제를 유전알고리즘을 이용하여 풀기 위하여 가능해(feasible solution)로 이루어진 해 집단들의 진화 과정을 통해 우수한 해를 찾도록 하였으며, 만약 제약조건을 만족 시켜주지 못하는 비가능해(infeasible solution)가 진화 과정 중 생성되는 경우에 대해서는 피하기 위해 전진, 후진 기법을 사용한 것이 특징이다.

교차에 쓰이는 두 개의 부모 해를 고르기 위한 선택(Selection) 연산은 우수한 해가 선택될 확률이 높도록 하여야 하는 원칙이 있다. 정성원 등(2003)에서는 가장 단순하면서 많이 쓰이는 룰렛 휠 방법을 사용하였다.

교배(Crossover) 연산은 부모 해의 유전 정보를 바탕으로 보다 우수한 자식 해의 생성을 위해 사용된다. 우리가 다루고 있는

문제에 있어 유전 알고리즘을 적용하는 경우 교배연산을 통해 나온 자식 해들은 해의 보정 과정에서 부모해가 가지고 있는 유전정보가 매우 많이 파괴되어진다. 일반적으로 복잡한 교배 연산의 적용은 부모 해들의 유전정보를 다양한 조합을 통하여 받아들이 수 있으나 부모 해가 가지고 있는 유전 정보의 교란을 일으키는 정도가 심한 것으로 알려져 있다. 정성원 등(2003)이 개발하여 본 연구가 채택한 알고리즘에서는 부모 해가 가지고 있는 우수한 유전 정보가 자식 해에게 전달되어지도록 하기 위하여 가장 일반적으로 알려져 있으며 단순한 형태인 일점 교배 연산을 선택하였다.

변이(Mutation) 연산은 부모해에 없는 속성을 도입하여 탐색 공간을 넓히려는 목적을 가진 연산이다. 각각의 유전자에 대하여 [0, 1] 범위의 난수를 생성하여 미리 정한 임의의 임계 값 미만의 수가 나오면 해당 유전자를 임의로 변형시키고 그 이상의 수가 나오면 변형을 가하지 않는 방법을 사용한다. 정성원 등(2003)에서는 변이 연산으로는 일반적으로 많이 사용되어지는 비균등 변이(non-uniform mutation) 연산자를 채택하였다. 정성원 등(2003)에서 제시된 해의 유전적 표현은 상위 단계의 주문량을 기본 단위로 하여 생산량을 결정하는데, 이러한 생산량은 사이트의 용량을 고려하고 있지 않기 때문에 생산 분배 계획에서 필수 제약 조건인 용량 제약을 만족시킬 수 없다. 그러므로 해가 용량 제약을 만족시키기 위한 해의 수정이 불가피하다. 이를 위해서 본 연구는 생산량을 결정하는 해독 작업 과정에서 규칙을 기반으로 하여 사이트의 생산 용량 제약에 위배되지 않도록 생산량을 전진 방법과 후진 방법으로 이동시키는 방법을 사용하였다. 전진 방법은 상위 단계로부터의 주문량이 너무 많아 용량 제약을 만족시키는 생산계획을 수립하기 어려운 경우, 이전 계획기간 동안 미리 생산을 하도록 하여 용량을 맞추는 방법이다. 후진 방법은 상위 단계로부터의 이번 계획기간에 대한 주문량과 다음 계획기간 동안의 주문량을 이번 계획기간 동안 생산하도록 계획을 수립함으로써 용량 제약을 위반하였을 경우, 미래의 수요를 이번 계획기간에 생산하지 않고 미래의 수요가 일어나는 계획기간에 생산토록 함으로써 용량 제약을 맞추는 방법이다. 한편, 이러한 규칙을 기반으로 용량 제약 조건을 만족시켜주는 기법 이외에도 유전자 알고리즘의 변이 과정에서 비가능해를 갖는 유전자를 가능해로 변환 시켜주는 수정된 변이과정의 적용과 수요가 발생하는 시점에 해당 수요만큼 생산하는 Lot-For-Lot에 기반해서 초기 모집단을 생성하는 기법도 사용하였으며, 각 거점의 용량 제약 조건을 만족하지 못하는 비가능해에 대해서 수정변이과정을 적용하였다. 거점에서 용량 제약 조건을 만족시키지 못하는 주된 이유는 상위 단계에서 과도한 주문이 발생하는 경우이다. 이는 상위 단계에서 발생한 주문들을 특정 계획기간에 묶어서 입고시키거나 또는 생산 계획을 수립함으로써 발생한다. 본 연구는 수정변이과정에서는 비가능해

들에 대해서 0(생산안함)을 1(생산함)로 바꾸는 변이만을 적용한다. 일반적인 변이연산에서의 변이율은 0.01 정도이지만 수정된 변이 연산의 적용 시 변이율은 0.1에서 0.3 정도로 높게 잡으므로 수정변이연산에 대한 해의 개선효과를 높인다. 이러한 수정변이 이러한 수정변이연산과정의 적용은 비 가능해들에 대하여 Lot-For-Lot에 기반한 생산 및 입고계획에 가깝게 해를 개선함으로써 가능해들로 변환될 수 있는 확률을 높인다.

본 논문은 식(1)~식(21)과 같이 혼합정수계획법의 형태로 제안된 수리모형을 정성원 등(2003)이 제안한 유전 알고리즘을 활용하여 가능해 시간 동안 빠르게 해를 구할 수 있도록 할 수 있도록 통합 생산 물류 시스템을 개발하였다. 특히 본 연구는 기존의 정성원 등(2003)의 연구 결과를 바탕으로 하면서 실제 산업계에서 공급망 계획을 수립하고 그 결과를 활용할 수 있도록 수리모형을 수정하고 알고리즘을 적용한 것이 차별점이라고 할 수 있다.

### 3.2 기준 정보 등록 및 활용

소프트웨어로 구현한 통합 생산 및 물류 계획 수립 기능을 활용하기 위해서는, 공급 사슬 환경에 대한 기준 정보 등록 기능이 필요하다. 이를 위해서는 공급 사슬에 존재하는 거점과 운송로, 공급망 환경 정보를 등록하여야 한다. 이러한 공급 사슬 환경에 대한 주요 기준 정보를 등록하고 활용하는 기능을 구현하였다. <그림 5>는 공급망 환경을 등록하는 화면을 보인 것이다.

그림 5. 공급망 환경 설정 기능

<그림 5>의 공급망 환경 등록에서는 전체 계획 기간과 단위 기간 등을 등록하고, 표준 공급망과 활용 거점 등에 대한 제약 조건을 등록하게 된다.

공급망을 구성하기 위해서는 부품 생산업체와 완성차 업체, 물류센터 등과 같은 주요 거점(location)에 대한 정보와 공급망의 거점 기업들을 연결하는 운송로(transportation lane)에 대한 정보 등이 기준 정보로 등록되어야 한다. <그림 6>은 거점 기업들을

네트워크로 연결하는 운송로 정보의 등록 화면이다.

그림 6. 운송로 등록 및 운송 수단별 내역 등록

운송로에는 각 운송 수단별로 어떠한 운송 능력(transportation capacity)을 가지고 있는지에 대한 상세한 설정이 포함되어 있는 모든 운송 자원(transportation resource)에 대한 기준정보 등록이 필요하다. <그림 7>은 운송 자원에 대한 기준 정보를 보인 것이다. 각각의 운송 자원별로 주요 운송계획 수립을 위한 파라미터 값을 설정하고, 운송 자원의 적재 용량과 운송 가능 속도에 대한 정보를 등록하여 활용하게 된다.

그림 7. 운송 자원의 운송 능력 등록

공급 사슬 환경에서 부품 제조 기업과 완제품 제조 기업 사이에 거래되는 품목에 대한 정보는 다른 어느 기준정보 이상으로 중요하다 할 수 있다. <그림 8>은 품목 정보 등록 화면이다. 이 때 품목의 유형은 공급업체와 완제품 제조 기업 사이에서는 부품, 완제품 제조기업과 물류센터, 고객 사이에서는 완제품의 유형으로 관리되게 된다.

<그림 8>에서 보는 바와 같이, 품목 정보는 해당 품목에 대한 기본적인 규격과 유형 등을 담은 정보 등록 기능이 우선 필요하다



고, 생산계획이나 운송계획 수립과 같은 각각의 구체적인 업무를 위한 세부 파라미터 값 설정 기능이 모두 포함되어 있어야 한다.

그림 8. 품목의 세부 설정 등록

### 3.3 통합 생산 및 물류계획 수립

부품 제조업체와 완성품 제조업체 사이의 통합 생산 및 물류계획을 진행하기 위해서는, 우선 장기적인 관점에서 어떠한 부품제조업체와 완성품 제조업체 사이에 거래 관계가 형성되고 공급사슬 파트너로 협력해야 하는가를 결정하는 네트워크 구성 문제를 우선 해결하여야 한다. 그리고 이러한 공급망 네트워크 구성 결과는 이후 공급망에서의 생산 및 물류 계획 수립 및 실행을 위한 주요 기준 정보로 등록되어야 한다. 공급사슬 네트워크 구성을 담당하는 공급망 계획(Network Planning) 솔루션은 Jang 등(2002)이 개발한 수리모형과 해법을 탑재하고 있으며, 공급사슬 내의 각 거점의 활용 여부와 운송로 연결 여부에 대하여 비용 최

소화 목적의 이진 정수 계획법(BIP: Binary Integer Programming) 수리모형을 수립하고 최적해를 계산하여 네트워크 구성 결과를 보이게 된다.

〈그림 9〉는 공급사슬 네트워크 구성 결과를 조회하는 화면을 도시한 것이다. 공급사슬 구성 결과 각각의 거점과 운송로가 구성된 결과를 운송로의 활용여부에 대한 0, 1의 해로 구하고, 그 결과를 〈그림 9〉와 같은 화면에 표시하여 확인할 수 있도록 한 것이다.

그림 10. 운송 물류 비용 소요 조회

이 때 해당 공급망에서 소요되는 물류 비용을 운송비용과 저장비용 등으로 조회할 수 있다. 〈그림 10〉은 운송비용의 소요를 조회하는 화면이다.

통합 생산 및 물류 계획의 수립 결과, 부품을 제조하여 완성품 제조업체에 공급하는 공급자와 완성차량 제조업체 사이에 공급일자 및 수량, 완성차 생산에의 원자재 투입 일자 및 수량, 완성차량 생산 완료 일자 및 수량 등이 계산되어 호출되게 된다. 이와 같은 문제는 혼합정수계획법(Mixed Integer Programming)으로 모델링하여 정수해를 구해야 하므로, 정성원 등(2003)이 개발한 수리모형과 유전 알고리즘에 기반을 둔 해법을 탑재하여 결과를

그림 9. 공급사슬 네트워크 구성 결과 조회

그림 11. 통합 생산 계획 수립 결과 조회



보일 수 있도록 하였다.

〈그림 11〉은 공급 사슬 환경에서 생산 계획을 수립한 결과를 각 계획 번호 별로 원천 수요에서부터 확인할 수 있는 조회 화면을 도시한 것이다.

〈그림 11〉에서 볼 수 있는 것과 같이 고객으로부터 발생한 수요를 만족시키기 위하여 통합 생산 및 물류계획을 수립하면, 고객 수요에 대응하여 완성품이 유통망에 입고되는 시점이 계산되고, 이에 따라 완성품 제조업자가 언제 몇 개의 제품을 생산하여야 하는가에 대한 생산계획이 수립된다. 또한 물류망에서의 운송은 언제 어느 생산 거점에서 어느 분배 거점으로 이루어져야 하는가의 정보도 계산되어 나온다. 이러한 완제품 생산계획 일정을 만족시키기 위하여 원자재 공급자와 및 부품 제조업자가 어느 시점에 몇 개의 물건을 공급하여 완성품 제조업자에게 납품하여야 하는지에 대한 내용도 계산되고, 중소 부품 제조업체로부터 완성품 제조업자 사이의 원자재의 운송계획도 동시에 수립된다. 이를 통하여 공급 사슬 전체의 비용을 최소화하면서 중소 부품 제조업체의 생산 및 공급계획을 완성품 제조업체의 일정에 맞추어 갈 수 있게 되고, 이를 통하여 생산 및 물류계획을 공급 사슬 전체의 관점에서 최적화할 수 있게 된다.

## 4. W사의 통합 생산 물류 시스템 적용 및 ERP 연동

### 4.1 통합 생산 및 물류 시스템 적용

완제품 제조업체 주도로 구축한 통합 생산 물류 시스템은 W사를 비롯한 여러 협력업체에서 동시에 활용할 수 있도록 설계되었으며, Data Manager를 통하여 이를 구현하였다.

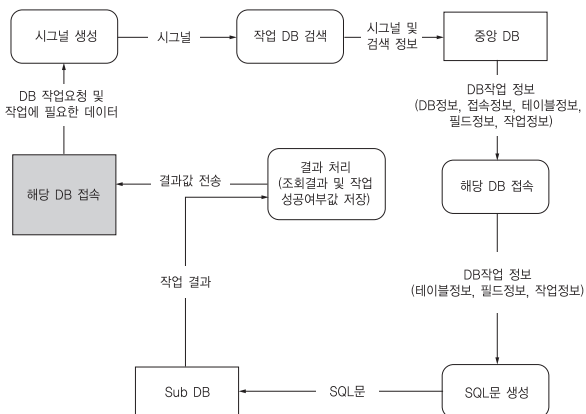


그림 12. 통합 시스템 활용 Data Manager DFD

통합 생산 및 물류 시스템을 적용을 위한 Data Manager 구조는 〈그림 12〉와 같다. Data Manager를 구현하기 위해서는, 데이터를 조회하는 데 있어서 동적으로 변하는 필드 정보에 대응할 수 있는 구조를 설계하여야 하고, 통합 생산 및 분배 계획을 각 협력업체에서 활용할 수 있도록 DCOM 구조로 변환하여 구축하여야 한다.

통합 생산 및 물류 시스템은 완제품 제조업체와 W사를 포함한 여러 업체들이 동시에 서버에 접속하여 활용할 수 있어야 하므로, DCOM 분산 객체 기술이 적용되었다. 분산 객체 기술은 여러 다른 장소에 존재하는 기업들이 동시에 중앙 서버에 접속하여 정보를 주고받을 수 있도록 하는 기반 기술이라고 할 수 있으며, 공급 사슬 내에서 통합 생산 및 분배 계획을 수립하고 실행하기 위해서는 분산 객체 기술을 이용하여 계획 수립을 위한 입력 파라미터 정보를 중앙 서버 접속하여 제공하고 통합 계획 수립 결과를 다시 제공 받을 수 있도록 하여야 한다. 공급 사슬 관리를 위하여 적용할 수 있는 분산 객체 기술에 대한 설명은 〈표 1〉과 같다.

표 1. 분산 객체 기술

구 분	내 용
분산객체	다른 메모리 도메인에 존재하면서 접근하기 위해 네트워크를 이용하는 것이 필요한 객체
분산객체 기술	다양한 환경에서 분산객체를 사용할 수 있게 해 주는 기술로 플랫폼과 프로그램 언어에 대한 독립성을 제공함
분산객체 시스템	CORBA, DCOM
분산객체 기술의 장점	1) 개발자에게 어플리케이션 개발의 생산성 향상 제공 2) 사용자에게 분산 환경에 투명하게 통합된 정보를 제공

통합 생산 및 물류 시스템을 위하여 활용할 수 있는 분산 객체 기술에는 〈표 1〉에 소개한 CORBA와 DCOM(Distributed Object Model)이 외에도 Java RMI, NCA(Network Computing Architecture)등이 있으나, 마이크로소프트의 분산 객체 시스템인 DCOM은 원격 객체 액세스를 지원하는 장점이 있으므로 이를 이용하여 업무 현장에서 활용할 수 있도록 하였다.

통합 생산 및 물류 시스템은 기본적으로 중앙조정형의 시스템 구조를 고려하고 있다. 중앙조정형 시스템은 모듈별 엔진 구동에 필요한 정보를 각 사이트에 구축된 ERP 시스템에서 관리하고, 각 사이트에서 통합 생산 및 물류 시스템의 중앙서버에 접근할 수 있도록 DCOM으로 구현된 핵심 엔진과의 인터페이스(Interface)를 제공한다.

각 사이트에선 부여된 권한에 따라 해당 모듈을 구동시킬 수 있으며 중앙서버에 필요한 엔진을 호출하게 된다. 호출된 엔진은 Data Manager를 통해 중앙 데이터베이스에서 계획 실행에 필요

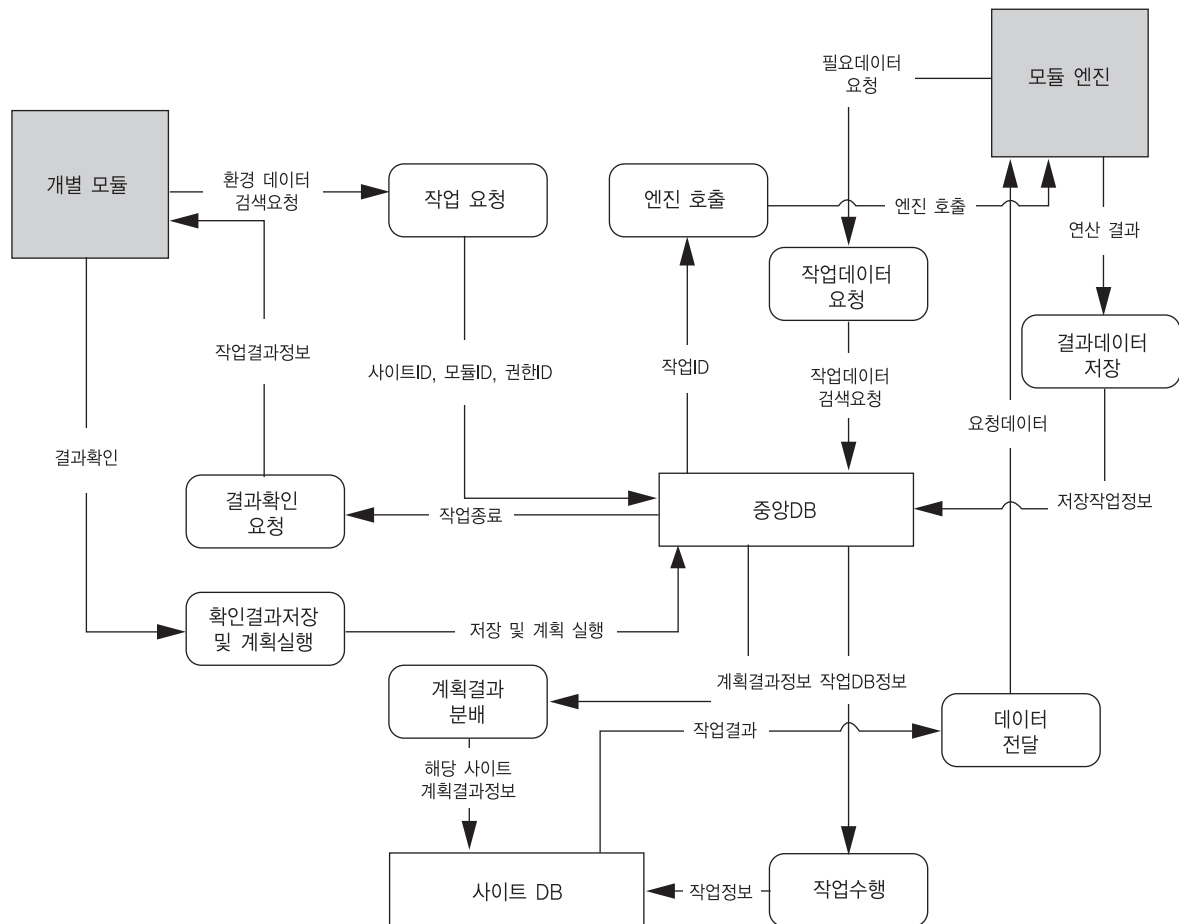


그림 13. 통합 시스템의 협력업체 적용 구조

한 환경 데이터를 가져오게 된다. 이 환경 데이터가 있는 테이블에는 사이트ID, 권한ID, 작업ID 등의 필드가 있으며, 이 정보를 가지고 작업 정보가 담겨 있는 테이블에서 필요한 데이터를 읽어 해당 작업을 수행하게 된다. 이 작업 테이블에는 작업ID, DSN명, DB 접속 ID, DB 접속 암호, 테이블명, 필드정보, 작업정보 등의 필드가 있으며, 작업정보에는 입력(Insert), 수정(Update), 삭제(Delete), 조회(Select) 등의 정보와 업무 실행 로그 정보가 담겨 있다. 작업정보에 따라 필드정보에는 해당 작업을 수행할 필드 정보가 담겨 있다.

통합 생산 및 물류 시스템을 W가 속해 있는 완제품 제조업체와 협력업체들에게 적용하여 활용하기 위한 프로세스 구조는 <그림 13>과 같다.

Data Manager를 통하여 엔진 구동을 위한 데이터를 수집한 후, 식(1)~식(21)에 제시된 수식을 정성원 등(2003)이 제안한 유전 알고리즘을 이용한 해법으로 구현한 엔진으로 해를 구하게 된다. 해법 수행 연산 결과는 중앙 데이터베이스에 존재하는 결과

테이블에 저장되고, 연산 결과를 사용자에게 통보한다. 결과 데이터들을 각 협력업체들의 사이트 DB에 전달 및 저장하고, 이러한 통합 생산 및 분배 계획 결과를 실제로 실행하는 단계에 들어간다. 확인된 결과 데이터는 정식으로 중앙 데이터베이스에 계획번호와 계획수립일시, 결과 데이터 등의 정보를 저장하게 된다.

#### 4.2 통합 생산 및 물류 시스템과 ERP 시스템 연동

W사에서는 완제품 제조업체 주도로 구축한 통합 생산 물류 시스템을 적용하여, 그 결과를 W사에서 활용하고 있는 ERP 시스템에 연동시켜 업무를 진행할 수 있도록 생산 및 분배 관련 업무 프로세스를 정비하였다. <그림 14>는 <그림 11>과 같은 형태로 수립된 통합 생산 분배 계획의 결과를 각 협력업체들에게 배포한 것이다.

W사는 통합 생산 분배 계획의 결과를 계획오더(Planned Order)의 형태로 넘겨받은 후, W사에서 자체적으로 활용하는

ERP 시스템으로부터 생산오더(Production Order)를 생성하여 생산 작업지시서를 발부한다. W사는 사내 업무처리를 위하여 E사가 개발한 ECOUNT ERP를 활용 중에 있으며, 이를 통하여 생산 물류 업무를 진행하고 업무처리 결과 데이터를 관리하고 있다.

〈그림 15〉는 W사가 자사에서 활용하고 있는 ECOUNT ERP를 통하여 생산 작업지시서를 발부하는 화면을 보인 것이다.

〈그림 15〉와 같이 발부된 작업지시서에 따라 작업을 진행하고,

그 결과 생산이 완료되면 생산 진행 실적이 실시간으로 업데이트 처리된다. 작업 지시서의 발부는 '생산 계획'을 '생산 실행'을 위한 명령'으로 전환하는 단계로, 작업지시서가 발부된 이후에는 작업 현장에서 반드시 작업지시서에 명시된 내용의 작업을 진행하여 완료하여야만 한다. 작업 현장의 감독자와 실무자들은 생산 계획의 수립 과정에 대해서는 크게 관심을 두지 않으며, 생산 계획의 수립 결과 발부된 작업지시서의 명량에 맞추어 어떻게 작업

기준월:201104		안구분:C1	회사구분:K					
년식:-	수출:A	지역:-						
트립:-	엔진:A	연료:-						
공장명	수출명	엔진명	04월 확정량	'5월 확정량	'6월 확정량	'7월 확정량	'8월 확정량	
광주1	소 계		2,500	2,700	2,800	3,400	3,100	
	AM(CS)	내수	1,850	1,700	2,250	2,250	1,600	
		수출	12,100	10,200	12,100	9,600	9,150	
	소 계		13,950	11,900	14,350	11,850	10,750	
광주2	SL	내수	5,700	3,900	4,300	4,200	4,000	
		수출	10,500	10,400	12,600	10,800	9,600	
	소 계		16,200	14,300	16,900	15,000	13,600	
	AM(CS)	내수	150	200	150	150	200	
		수출	100	100	100	100	50	
	소 계		250	300	250	250	250	
	합 계		32,900	29,200	34,300	30,500	27,700	
동해오토	TA	내수	8,750	8,900	9,500	9,000	7,000	
		수출	12,150	11,900	12,500	13,200	8,800	
	소 계		20,900	20,800	22,000	22,200	15,800	
	TAM	내수	-	-	-	-	2,000	
		수출	-	-	-	-	-	
	소 계		-	-	-	-	2,000	

그림 14. 협력업체들에 배포된 통합 생산 분배 계획 결과

## 작업지시서현황

회사명 :

2010/04/08 ~ 2010/04/08

월/일	거래처	담당자	납기일자	종결
품목코드	품목 및 규격		수량	
10/04/08-1	세일인텍(주)	신현일GJ	10/04/30	
2401202	V250 S / R H / L PU BOARD [ 6T*1490*1730 ]		247.00	
10/04/08-2	주식회사엘지에스	신현일GJ	10/04/30	
2701102	SA H / L PU BOARD(S) [ 5T*1310*1800 ]		868.00	
10/04/08-3		신현일GJ	10/04/30	
31011	보강 SCRIM(sang) [ 1310 ]		4,812.00	
31016	보강 SCRIM(san) [ 1310 ]		4,968.00	
【누 계】			10,895.00	

2011-04-19 15:53:41

그림 15. W사의 작업지시서 발부 내역

## 생산진행현황

회사명 :		2010/04/08 ~ 2010/04/08							
작업지시번호									
품목	BOM기준			생산				미생산	현재고
	공정	일자	필요수량	공장	공정	일자	수량		
10/04/08-1									
V250 S / R H / L P U BOARD [6T*1490*1730]	생산 2라인 라미 네이팅	10/04/30	247,00	생산 2LINE	생산 2라인 라미 네이팅	10/04/08	247,00		
2401202/V250 S / R H / L PU BOARD	계		247,00				247,00		
10/04/08-2									
SA H / L PU BOARD(S) [5T*1310*1800]	생산 2라인 라미 네이팅	10/04/30	868,00	생산 2LINE	생산 2라인 라미 네이팅	10/04/08	868,00		
2701102/SA H / L PU BOARD(S)	계		868,00				868,00		
10/04/08-3									
보강 SCRIM(sang) [1310]	SCRIM 라인	10/04/30	4,812,00	SCRIM LINE	SCRIM 라인	10/04/08	4,812,00		
31011/보강 SCRIM (sang)	계		4,812,00				4,812,00		
10/04/08-3									
보강 SCRIM(san) [1310]	SCRIM 라인	10/04/30	4,968,00	SCRIM LINE	SCRIM 라인	10/04/08	4,968,00		
31016/보강 SCRIM (san)	계		4,968,00				4,968,00		

2011-04-19 15:54:51

2011-04-19 15:54:51

그림 16. W사의 생산 진행 현황

을 진행하여 수행해낼 것인가에 초점을 맞추어 업무를 진행하게 된다. W사의 생산 작업 현장에서는 <그림 16>과 같은 생산 진행 실적에 대한 현황 정보를 도출하여 계속적으로 입력하게 되며, ERP 시스템은 이렇게 업무 현장에서 실시간으로 업데이트된 실적 정보를 데이터베이스에서 관리하게 된다.

생산이 완료된 제품은 생산 결과에 의한 창고 입고가 이루어지고, 되도록 당일 출고를 원칙으로 하되 최대 2일 이내에 완제품 제조업체로 출고된다. 이와 같이 W사는 통합 생산 및 분배 관리 시스템과 ERP를 연동하여 효과적으로 업무를 처리하고 데이터를 관리하는 시스템을 구축하여 활용하고 있다.

### 4.3 통합 생산 및 물류 시스템 도입 효과

통합 생산 및 물류 시스템은 완제품 제조업체가 일방적으로 주문량을 변경함에 따라 발생하는 생산계획 수정과 여기에서 기인하는 생산 및 분배 관리의 어려움을 해결하는 것을 목적으로 하고 있다. 특히 협력업체에 재고가 쌓이거나, 납기일을 맞추기 위하여 무리한 생산을 실시하여 불량이 발생하는 문제를 해결하고, 완제품 제조업체에서 Scrap으로 처리되어 수급에 어려움을 겪는 물

량을 줄이는 것 역시 W사 입장에서는 매우 큰 관심사라고 할 수 있다.

통합 생산 및 물류 시스템을 W사에 적용한 결과, 주요 KPI 별로 업무 성과를 정리하면 <표 2>와 같다. <표 2>에서 보는 바와 같이, W사는 생산 계획 수정률이 과거 통합 생산 분배 관리 시스템 도입 이전의 30%에서 도입 이후 5%로 비약적으로 낮아지는 성과를 거두었다. 이를 통하여 불량 발생도 크게 낮출 수 있었으며, 납기일 수정하는 경우도 기존의 15% 정도에서 5%이하로 크게 낮출 수 있었다.

표 2. 주요 KPI별 통합 생산 분배 관리 시스템 적용 성과

KPI	통합 생산 분배 관리 적용 성과	
	적용 이전	적용 이후
생산계획 수정률	30%	5%
불량률	5%	3% 이하
납기일 수정률	15%	5% 이하
재고 회전일	5일 (최대)	2일 이하
미수처리 납품비율	5%	2% 이하

<표 2>에서 확인할 수 있듯이 재고 회전율도 통합 생산 분배

관리 시스템 도입 이전의 최대 5일에서 도입 이후에는 2일 이하로 줄임으로써, 전세계적으로 자동차 산업계 전반에서 진행 중인 JIT(Just-in-Time)에 육박하는 성과를 달성하는 데 성공하였음을 알 수 있다. 또한 완제품 제조업체의 경우에도 W사가 납품한 부품을 이용하여 작업을 진행함에 있어 무리한 생산계획을 수립하지 않으면서 Scrap으로 처리되는 수량이 줄어들게 되고, 이에 따라 W사가 수급하지 못하는 미수처리 납품 수량도 기존의 5%에서 2% 이하로 낮아졌음을 알 수 있다.

본 연구는 통합 생산 및 물류 시스템을 적용하여 완제품 제조 기업이 공급업체에게 주문하는 수량의 변동을 줄임으로써, 중소 규모의 공급업체에서 효과적으로 경영이 이루어지도록 할 수 있다는 것을 보이고 있다. <표 2>에서 확인할 수 있듯이, 통합 생산 및 물류 시스템을 적용하지 않고 기존 방식으로 경영을 진행하였을 때에는 중소 공급업체가 완제품 업체로부터 받는 주문량이 매우 자주 변화하였고, 이에 따라 공급업체에서의 부품 생산 계획이 수정되는 경우가 전체의 60%에 달하였다. 하지만 통합 생산 및 물류 시스템이 적용된 결과 공급 사슬 전체의 계획 수정이 줄어들게 되면서 W사와 같은 중소 공급업체의 부품 생산 계획 수정률이 5%로 개선될 수 있었다. 이에 따라 공급업체로부터 완성품 제조업체로 납품되는 부품의 납기일이 수정되는 비율도 15%에서 3%로 크게 낮출 수 있게 되었으며, 공급 사슬 내의 기업들 간에 약속 기일을 지킬 수 있도록 하는 현실적인 장점이 도출되었음을 알 수 있다. 이처럼 생산 계획이 자주 변경되었을 때와 그렇지 않을 때의 경영상의 안정성에는 큰 차이가 있으며, 생산 계획이 안정적으로 유지됨에 따라 불량률과 미수처리 납품비율 등도 크게 개선되었음을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 연구는 공급망 환경에서 중소 부품 제조업체가 완성품 제조업체와의 연계를 통해 통합 생산 및 물류계획을 수립하여 활용하는 공급 사슬 관리 도입 사례를 다루고 있으며, 공급 사슬 관리 소프트웨어 개발 과정에서 적용한 주요 개발 방법론과 개발 내용을 상세하게 소개하였다. 지금까지 국내외에서 공급 사슬 관리를 다루는 연구는 다양한 방법으로 진행된 바 있지만, 한국의 중소 부품 제조업체와 완성품 제조업체 사이의 협업 실정에 적합한 공급 사슬 관리 소프트웨어를 실제로 개발하고 그 과정에 대하여 상세하게 소개한 것은 이번 사례 연구가 처음이다. 실제 한국의 중소 부품 제조업체의 상황과 완성품에 대한 수요의 변화 추이에 맞추어 자동으로 최적의 공급망의 생산 및 물류계획을 수립하고, 그것에 따라 생산계획과 물류계획의 결과를 활용할 수 있도록 한 것이

본 연구에서 소개한 공급 사슬 관리 소프트웨어의 특징이다.

완제품을 제조하는 대기업을 위하여 부품을 생산하여 납품하는 중소기업의 경우, 정상적으로 생산하여 불량 없이 납품한 부품이라고 하더라도 완제품 제조 기업에서 작업과정에서 가공 중 파손이나 작업 중 실수로 발생하는 Scrap 물량에 대해서는 정당하게 대금을 받지 못하는 경우가 많이 발생한다. 중소 부품 공급업체가 이러한 문제에 대하여 이익을 제기하더라도, 완제품 제조기업에서는 부품 공급업체가 약속된 시점에 적량의 부품을 생산하여 납품하지 못하였다는 계약 불이행을 이유로 중소 부품 공급업체에게 일반적으로 불이익을 감수하도록 강요하고 있는 것이 현실이다. 그렇지만 부품 공급업체가 약속된 시점에 적량을 생산하지 못하였던 것의 근본 원인은, 완제품 제조업체 측에서 부품의 주문 수량을 자주 변경하였기 때문이다. 본 연구에서 제시한 통합 생산 및 물류 계획을 채택하여 경영을 진행할 경우 완제품 제조기업에 의한 부품 주문 수량의 변경을 원천적으로 차단하여 개선시킬 수 있고 이에 따라 W사와 같은 중소 부품업체에서의 적시에 적량을 생산하여 납품하는 것이 가능해지므로, 중소 부품 제조기업이 계약 불이행을 이유로 일반적으로 불이익을 당하는 경우를 예방할 수 있게 된다.

W사는 통합 생산 및 물류 계획을 진행함에 따라 상당한 경영상의 효과를 거두었다. 하지만 앞으로 완제품 제조업체가 계속적으로 해외 생산 기지 건설에 나서면서 공급 사슬 역시 글로벌화되어가고 있으므로, W사가 여기에 효과적으로 대응하기 위한 적절한 전략 수립과 글로벌 납품 역량 강화 여부에 따라 향후 발전 전망이 크게 달라질 것으로 예상된다. 따라서 앞으로 W사는 해외 완제품 생산 기지에 대한 공급 역량을 확보하여야 하고, 해당 산업계의 공급 사슬의 확장에 적절히 대응하면서 통합 생산 물류 시스템과 같은 SCM 경영 솔루션을 적극적으로 활용함으로써 체계적이고 과학적인 방법을 통한 효율적인 경영 혁신을 도모하여야 한다.

향후 과제로는, 최적 계획 수립을 위한 적절한 수요 예측을 할 수 있는 모듈을 개발하는 연구와 고객 주문에 맞추어 응답을 하는 ATP 모듈을 개발하는 연구가 필요하다고 생각된다.

## 참고 문헌

- [1] 정성원, 임정, 박찬권, 박진우(2003), 생산용량계약조건을 고려한 공급 사슬 상에서의 생산분배계획, 한국SCM학회지, Vol. 3(1), pp. 125-134
- [2] Bruce, M. and Steve, E.(2000), Time for A Supply Chain Revolution?, *Supply Chain Management*

- Review, pp. 91-100.
- [3] Chern, C. C. and Hsieh, J. S.(2007), A heuristic algorithm for master planning that satisfies multiple objectives, *Computers and Operations Research*, Vol. 34(11), pp. 3491-3513.
- [4] Davis, M. and O'Sullivan, D.(1999), Systems design framework for the extended enterprise, *Production Planning & Control*, Vol. 10(1), pp. 3-18.
- [5] Ekşioğlu, S. D., Edwin, R. H. and Pardalos, P. M.(2006), Cross-facility management of production and transportation planning problem, *Computers and Operations Research*, Vol. 33(11), pp. 3231-3251.
- [6] Ekşioğlu, S. D., Ekşioğlu, B. and Romeijn, H. E.(2007), A Lagrangean heuristic for integrated production and transportation planning problems in a dynamic, multi-item, two-layer supply chain, *IIE Transactions*, Vol. 39(2), pp. 191-201.
- [7] Gen, M. S. and Syarif, A.(2005), Hybrid genetic algorithm for multi-time period production / distribution planning, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 48(4), pp. 799-809.
- [8] Jang, Y. J., Jang, S. Y., Chang, B. M. and Park, J.(2002), A combined model of network design and production / distribution planning for a supply network, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 43(1-2), pp. 263-281.
- [9] Lee, Y. H. and Kim, S. H.(2002), Production-distribution planning in supply chain considering capacity constraints, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 43(1/2), pp. 169-190.
- [10] Lee, Y. H., Kim, S. H., Moon, C.(2002), Production-distribution planning in supply chain using a hybrid approach, *Production Planning and Control*, Vol. 13(1), pp. 35-46.
- [11] Mezgar, I., Kovacs, G. L. and Paganelli, P.(2000), Co-operative production planning for small- and medium-sized enterprises, *International Journal of Production Economics*, Vol. 64(1/3), pp. 37-48.
- [12] Mula, J. Pedro, D. Diaz-Madronero, M. and Vicens, E.(2010), Mathematical programming models for supply chain production and transport planning, *European Journal of Operational Research*, Vol. 204(3), pp. 377-390.
- [13] Pontrandolfo, P. and Okogbaa, O. G.(1999), Global manufacturing: a review and a framework for planning in a global corporation, *International Journal of Production Research*, Vol. 37(1), pp. 1-19.
- [14] Rizk, N., Martel, A. and D'Amours, S.(2006), Multi-item dynamic production-distribution planning in process industries with divergent finishing stages, *Computers and Operations Research*, Vol. 33(12), pp. 3600-3623.
- [15] Romo, F., Tomasgard, A., Hellemo, L., Fodstad, M., Eidsen, B. H. and Pedersen, B.(2009), Optimizing the Norwegian Natural gas production and transport, *Interfaces*, Vol. 39(1), pp. 46-56.
- [16] Satapathy, G., Kumara, S. R. T. and Moor, L. M.(1998), Distributed intelligent architecture for logistics (DIAL), *Expert Systems With Applications*, 14(4), pp. 409-424.
- [17] Selim, H., Am, C., and Ozkarahan, I.(2008), Collaborative production-distribution planning in supply chain: a fuzzy goal programming approach, *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, Vol. 44(3), pp. 396-419.
- [18] Su, Q., Song, Y. Li, Z. and Dang, J.(2008), The impact of supply chain relationship quality on cooperative strategy, *Journal of Purchasing and Supply Management*, Vol. 14(4), pp. 263-272.
- [19] Torabi, S. A. and Hassini, E.(2008), An interactive possibilistic programming approach for multiple objective supply chain master planning, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 159(2), pp. 193-214.

**황 승 준**

Georgia Institute of Technology  
산업공학과 공학박사

현재 : 한양대학교 경상대학 경영학부  
조교수

관심분야 : 생산관리, 물류/SCM,  
경영과학

**금 병 찬**

한양대학교 경영학석사

현재 : 한양대학교 전략경영학과  
박사과정, 우진폼테크 대표

관심분야 : 생산관리, 물류/SCM,  
자동차산업

**김 태 영**

한양대학교 산업공학과 공학박사

현재 : 동양미래대학 경영학부 전임강사

관심분야 : 생산 및 물류관리,  
ERP/SCM, 경영과학



## 중국 중소도시의 유통업체 사례 연구 -길림성 연길시를 중심으로-

백시현<sup>\*†</sup> · 선타이마오<sup>\*</sup> · 김신래<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>중국연변과학기술대학교 상경학부 · <sup>\*\*</sup>교양학부

## A Study on the Environment of Retailers in Chinese Local Cities - A Case Study of Yanji city in Jilin Province -

Sihyun Paik<sup>\*†</sup> · Taimao Sun<sup>\*</sup> · Shinrae Kim<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>School of Business, Yanbian University of Science and Technology in China

<sup>\*\*</sup>Department of Liberal Arts, Yanbian University of Science and Technology in China

China is one of the most attractive markets in the world, and many international retailers such as Wal-Mart(1996) have already entered into the Chinese market. Although many international retailers have entered into China, many of the local cities currently have no competitive retailers. The market size of a local city is relatively small, however the combined market size of local cities is extremely large. So many companies to seek a new market in China have emphasized the importance of local cities. However, each researcher has defined the size of local cities according to their's subjective criteria, and the resulted problem is that the mixed and incorrect information is re-excerpted.

This paper searches the administrative districts in China and reveals the huge untapped retail market in China. Besides, this work researches the present state and problems of retail industry in Chinese market, introduces the circumstances of four retailers in Yanji-city, and extracts customer's perception about retailers from a survey of a hundred customers in Yanji-city in China. With the questionnaire, this paper suggests the appropriate retailer's model(Net-mart) which is for the small market of local city.

**Keywords:** chinese market, local city, retail, Wal-mart, business model

### 1. 서론

최근 2011년 3월 2일 한국경제신문에 상해의 이마트 조안점

(曹安 ; 차오안)이 폐점하고 청도의 롯데마트 성양점(城陽 ; 청양)이 휴점 및 고전하고 있는 것으로 알려졌다. 부진의 이유 중 가장 큰 원인은 인근의 치열한 경쟁업체들이 준비하고 있기 때문이다. 실제로 성양점은 맞은편에 있는 JUSCO(일본 AEON사)에 밀리

† Corresponding author: Zhaoyang St., Yanji-city, Jilin Province, 133000, CHINA

TEL : 86-433-291-2597 FAX : 86-139-4438-6237 E-mail : shpaiker@gmail.com

\* 2011년 4월 8일 투고, 5월 10일 수정본 접수, 5월 13일 게재 확정.

고 있고, 롯데마트의 노산(嶗山; 라오산)점도 바로 옆에 위치한 중국의 청도국화(靑島國貨; 칭다오꾸어화)와 경합을 벌이고 있다. 청도뿐만 아니라 중국 전역의 할인마트들이 치열하게 경쟁을 벌이고 있지만, 대부분의 할인마트들이 중국의 일부도시에 지나치게 편중되어 있다.

중국은 56개의 다른 민족으로 구성되어 있어 다양한 문화를 가지고 있고, <표 1>과 같이 22개의 성(대만 제외)과, 4개의 직할시, 5개의 자치구, 2개의 특별자치구 등 인구 13억 4천만의 거대한 나라이다. 글로벌 업체들이 이러한 거대한 시장에 관심을 갖는 것은 당연할 것이다. 2001년 11월 10일 카타르에서 중국의 WTO 가입이 통과된 이후, 세계의 많은 기업들이 중국에 진출하였고, 특히 2004년도에는 중국의 유통시장이 전면 개방함으로써, 막대한 자본을 가진 글로벌 유통업체들이 앞 다투어 들어왔다. 월마트(Wal-Mart, 沃尔玛)도 1996년 심천시(深圳市, shenzhen)에 1호를 개점한 이후 2010년 말까지 199개의 점포를 개설하였고 한국의 이마트(E-Mart, 易买得)도 1997년 상해에, 롯데마트는 2007년에 베이징, 천진에서 첫 점포를 개장한 이후 현재 각각 25개, 82개 점포를 갖고 있다. 갈수록 중국 시장의 경쟁은 치열해지고 있는 가운데, 최근에는 많은 기업들이 중국 내륙 도시들로의 진출을 모색하고 있다.

본 연구에서는 중국 중소도시의 유통시장을 조사하기 위해서 중국의 행정편제를 살펴보고, 중국 중소도시 진출의 필요성과 사례를 통해 중소도시의 유통업체들의 현황을 파악하였다. 특히 중국 길림성의 연변자치주안에 있는 연길시 소비자 100명에게 설문지를 조사하고, 연길시의 유통업체들의 인터뷰를 통해, 유통업체들의 특징과 소비자들의 쇼핑의식 수준 등을 조사하였다. 이를 바탕으로 중국 중소도시에 적합한 유통업의 사업모델을 제시하였다.

## 2. 관련 연구

‘세계의 공장’이라고 불리던 중국에 제조업은 물론 많은 글로벌 유통기업들이 진입하여 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 외국의 유통업체들 중(대형할인마트와 백화점만 고려) 가장 먼저 중국 시장에 진출한 업체는 일본의 이세탄(ISETAN) 백화점으로 현재 4개 점포(2011. 2월 현재)가 있으며, 대형마트로는 프랑스의 까르푸(Carrefour)가 174개의 점포(2010. 12월 현재)를 운영되고 있다. 까르푸와 월마트는 중국에서도 시장 선점을 위해 치열하게 경쟁하듯 개점하고 있는데, <그림 1>과 같이 매년 각각 20여개 이상의 점포들을 새로 출점하였고[14], 현재는 월마트가 199개의 점포로 2009년부터 까르푸를 앞지르고 있다.

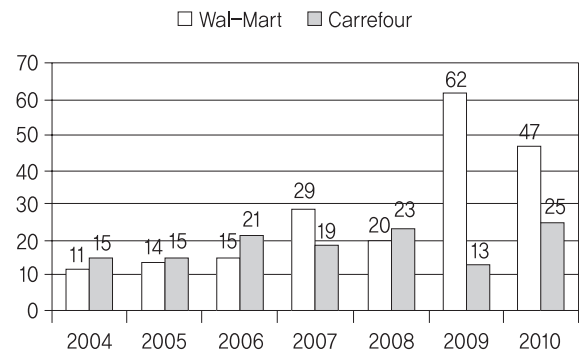


그림 1. 월마트와 까르푸 점포 개장 수

중국의 토종 유통업체 1위인 백련그룹(百联集团, bailianjituang)도 4개의 회사가 합병해 2003년에 인위적으로 만들어진 국유회사이다. 과거 중국은 정부가 생산량을 계획하고 할

표 1. 중국의 행정구역

성급단위			지급단위		현급단위	
직할시 直辖市	4	북경, 천진, 상해, 중경	직할시 直辖市	4	시할구 市辖区	859
성 省	22	-	지급시 地级市	283	현급시 县级市	368
자치구 自治区	5	내몽고, 서장, 신강, 광서, 녕하	주 州	30	현 县	1463
특별자치구 特别行政区	2	마카오, 홍콩	지구 地区	17	자치현 自治县	117
			맹 盟	3	기 旗	49
					자치기 自治旗	3
합계	34		합계	337	합계	2860

\*각 성에는 대표 도시(성도, 省都)가 있으며, 지급시에 해당됨.

\*성급단위의 4개 직할시는 현급단위인 ‘시할구’, ‘현’으로 구성됨.

\*향급단위는 진, 향, 촌, 판사처 등으로 매우 세분화됨.

\*22개의 성은 대만을 제외함(중국행정편제에는 대만을 ‘성’으로 취급).

당하는 ‘계획경제’ 체제하에서 상품들을 분배(分配, fenpei)하다가[12], 1992년 처음으로 부분합작 방식으로 유통시장을 개방하기 시작했다. Chung 외[5]은 중국의 소매산업의 변화를 개혁개방 전부터 시작해서 최근까지 3단계로 나누어 잘 설명하였고, 산업자원부[3]에서도 1992년 이후부터 유통시장에 개방과정을 잘 정리하고 있다. Chang 외[4]은 이메일을 통해 얻은 23명의 응답 결과와 11명의 인터뷰 결과를 분석하여 외국계 대형마트(까르푸)와 중국계 대형마트(백련)의 이미지를 조사하였다. 연구 결과는 중국 소비자들이 가격에도 민감하지만, 가격보다는 서비스에 더 큰 관심을 갖고 있는 것으로 나타났고, 할인마트들을 선택할 때에는 ‘평판’(reputation)을 가장 중요하게 생각한다고 분석되었다. Fei 외[6]도 중국의 대형도시 11개(직할시와 성급 도시들)에서 20개 유통업체에서 250명의 고객들을 조사하였는데, 중국의 대형

마트들보다는 외국계 대형마트들의 충성도와 이미지, 고객만족도가 월등히 좋았다. 비록 Fei 외[6] 연구에서는 월마트는 쇼핑환경, Metro는 상품다양성, Auchon은 가격과 쇼핑환경 측면에서 우수하다고 조사되었지만, Sun 외[13]의 연구에서는, 중국 대형도시들의 고객들은 유통업체들의 충성도(평판, 신뢰)가 중요하지만, 지방도시들의 고객들은 쇼핑에 대한 지식수준과 쇼핑 체험 기회가 상대적으로 낮기 때문에, 제품에 대한 메시지 전달에 대한 이해가 낮고, 간접광고보다는 직접광고가 더 효과적이며, 제품 포장과 지역 공동체의 리더들에 의해 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 따라서 지방도시에서는 글로벌 유통업체들의 대한 인지도가 상대적으로 낮음을 말하고 있다.

Hingley 외[7]은 중국 소비자들은 수입의 39%를 음식관련해서 소비하지만 저축이 높고, 중국 노동인력의 46%가 여성이기에

표 2. 중국 내 주요 대형유통업체들

국적	회사	진출/ 창업 시기	점포수	비고 (집계시기)	국적	회사	진출/ 창업 시기	점포수	비고 (집계시기)
중국 <sup>1)</sup>	联华 (lianhua) <sup>2)</sup>	1991	5300	2010	중국 <sup>1)</sup>	北京超市发 (beijingchaoshifa)	1999	66	2008
	大润发 (darunfa)	1996	102	2008		苏果 (suguo)	1996	1800	2008
	苏果 (suguo)	1996	1800	2008		延边国际贸易公司 <sup>3)</sup> (yanbianguojimaoyi)	1992	978	2010
	物美控股 集团(wumei)	1994	700	2008	미국	Wal-Mart	1996	199	2010.11
	农工商超市 (nong gongshang)	1994	3330	2008		Home Depot	2006	12	2011. 1
	新一佳 (xinyijia)	1995	105	2008	영국	TESCO	1997	81	2010.8
	人人乐 (renrenle)	1996	73	2008	프랑스	Carrefour	1995	174	2010.12
	武汉中百 (wuhanzhongbai)	1937	626	2008		AUCHAN	1999	36	2010. 6
	江苏时代超市 (jiangsushidai)	1996	67	2008	독일	METRO	1996	43	2010.12
	北京华联综合超市 (beijingshualian)	1996	65	2008	한국	E-Mart	1997	25	2011.1
	山东家家悦 (shandongjiajiayue)	1994	456	2008		롯데마트	2007	82	2011.1
	福建永辉 (fujianyonghui)	1998	205	2008	태국	TRUST-Mart	1997	101	2011.1
	步步高 (bubugao)	1995	110	2008		LOTUS	1997	77	2010. 8
	成都红旗连锁 (chengduhongqiliansuo)	2000	858	2008	1) Report on China Retail Business Monitoring and Analysis, 2009 2) Lianhua(联华)는 2010.10월에 Hualian(华联)을 인수하고, 두 회사는 모두 바이렌(百联) 그룹에 속함. 3) 연변국제무역 자체 자료 참고, 2010 *중국은 대형할인마트와 백화점의 혼합형이 많아 구분이 어려움이 있음.				
	四川互惠 (sichuan huhui)	1993	800	2008					
	美特好 (meitehao)	1997	21	2008					
	大商集团 (dashang)	1937	57	2008					

쇼핑 시간에 대한 제약이 크다고 밝혀 이에 적합한 할인마트의 사업모델이 필요하다고 밝혔다. Skallerud 외[11]는 중국 유통업의 특징과 포맷(format), 고객의 구매형태 및 특성(업체 선택기준, 선호도, 구매습관 등), 유통전략(포지셔닝, 중요 요소) 등으로 구분하였다. 하지만 대부분의 연구들이 북경[4,10], 상해, 광주 등과 같은 특대도시와 연안지역[6,12]에 한정된 논문들이다. 특히 상해, 북경, 무한, 심천, 천진 등 5개 도시에 전체 유통업 점포수의 48%를 차지하고 있다[10]. 따라서 아직 글로벌 유통업체들이 진입하지 않은 중국 내륙과 중소도시들의 중요성이 강조되면서 몇몇 연구들이 계속 되어왔다. Li,S.[9]는 소도시에 적합한 유통업체의 모델에 대한 필요성을 강조하였고, Qian,C.[10]도 소도시로의 진출이 비용이 적고, 농산물의 연계가 용이함을 강조하였지만, Li,S.[9]와 Qian,C.[10]의 논문은 농촌과 가까운 소도시를 의미하고, 소도시의 구분이 너무 주관적이며, 원론적으로 중국 유통업을 소개하는 수준에 그쳤다.

### 3. 중국 유통환경

중국의 소비시장은 매년 15~20% 가량 급속 성장하고 있고 <그림 2>과 같이 시장규모도 2010년에 15조 위엔을 넘어섰고, 2007년에는 유통업체가 25,185개에 달하였고, 중국의 100대 기업 중 55개 유통기업들이 포함될 만큼 유통시장은 활발히 움직이고 있다[14]. 하지만 중국 전체의 유통망을 가지고 있는 유통기업들은 아직 없으며, 외국 글로벌 유통업체들에 비해 규모와 기술면에서 열세인 중국 유통업체들은 기업 합병 등을 통해 규모의 경쟁력을 키워나가는 등 많은 고전을 면치 못하고 있다[7]. 중국 토종

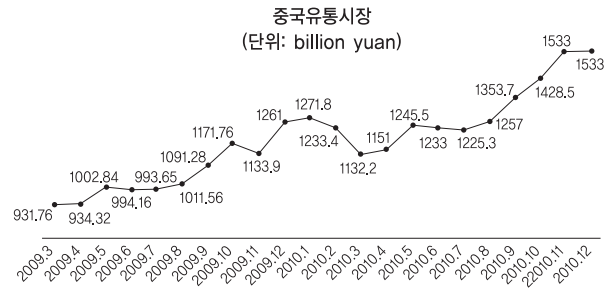


그림 2. 중국 유통시장 규모

유통업체들의 특징은, 성내(省内) 혹은 도시 인근 지역에 분포되고 있어, 전국적인 체인을 구성하고 있지 못하고 있으며, 일반적으로 한 유통업체가 일정 지역내에서 백화점, 할인점, 동네 슈퍼마켓을 모두 운영하고 있다. 중국할인마트 중 매출액 대비 1위이고 중국 전역에 5,300여 점포를 가지고 있는 련화(联华; Lianhua, '백련그룹'의 한 회사)도 84% 점포들이 화동지역에 몰려있다. 대표적인 중국 대형마트들은 <표 2>와 같다.

외국계 유통기업들도 주로 대도시와 인근지역을 중심으로 분포되고 있으며, 주로 중국계 할인마트들을 인수하여 시장에 진출하고 있다. 비교적 늦게 진출한 한국의 롯데마트는 2007년에 8개의 Makro(중국에 진출한 네덜란드계 대형마트) 점포들을 인수를 시발점으로, 2009년에는 중국 대형마트인 TIMES를 인수함으로써 점포의 수를 급격히 증가시켰다. 중국 할인마트들도 규모를 키워나가기 위해 화련(华联; hualian)과 상해제일백화점을 인수하여 백련(百联)이라는 거대한 회사가 이루어졌다. 백련은 2010년 영업이익 대비 중국내 28위 업체이다(중국 가전업체인 Haier(海尔)이 47위임). <표 1>과 <표 3>와 같이 까르푸도 중국

표 3. 성급도시내의 월마트, 까르푸 진출 현황(2010.12현재)

번호	성급명	지급 도시수	매장진출 도시수	Wal-Mart 진출도시수	Wal-Mart 매장수	Carrefour 진출도시수	Carrefour 매장수	번호	성급명	전체 도시수	매장진출 도시수	Wal-Mart 진출도시수	Wal-Mart 매장수	Carrefour 진출도시수	Carrefour 매장수
1	북경직할시	1	1	1	7	1	15	17	호북성	13	4	4	9	1	7
2	상해직할시	1	1	1	6	1	19	18	호남성	14	7	6	9	2	4
3	천진직할시	1	1	1	2	1	5	19	광둥성	21	12	11	33	5	19
4	중경직할시	1	1	1	10	1	6	20	광서황족자치구	14	2	2	3	0	0
5	하북성	11	4	2	2	8	21	21	해남성	2	1	0	0	1	3
6	산서성	11	3	3	4	0	0	22	복건성	9	5	5	12	3	6
7	내몽고자치구	12	0	0	0	0	0	23	사천성	21	11	10	11	2	10
8	요녕성	14	4	2	8	4	13	24	귀주성	9	3	3	5	1	1
9	길림성	9	1	1	4	1	3	25	운남성	16	5	5	10	1	5
10	흑룡강성	13	4	3	5	2	6	26	섬서성	10	1	1	4	0	0
11	강소성	13	10	9	15	7	20	27	감숙성	14	0	0	0	0	0
12	절강성	11	7	8	14	3	6	28	청해성	8	0	0	0	0	0
13	안휘성	17	7	6	8	4	6	29	닝하회족자치구	5	0	0	0	0	0
14	강서성	11	4	4	6	0	0	30	신강위구르자치구	14	1	0	0	1	3
15	산둥성	17	5	5	7	2	4	31	서장장족자치구	7	0	0	0	0	0
16	하남성	17	5	4	5	3	5		합계	337	110	98	199	49	174

내에 174개의 점포가 있지만, 337개의 '지급단위' 도시중 49개 지역에만 진출한 상태이고 까르푸 매장의 25% 이상이 북경, 상해, 천진, 중경에 몰려 있는 상황이다. Qian, C.[10]의 연구와 Wang, K.[14]의 연구를 조합해보면, 중국 5대 도시(상해, 북경, 무한, 심천, 천진)에 유통업체들이 대략 12,000여개나 된다. 즉, 월마트와 까르푸가 현재 중국에서 치열한 유통전쟁을 벌이고 있지만, 현재 인구 100만이 넘는 '지급단위'로 중국 시장을 구분해 본다면(표 1, 표 3 참조), 까르푸는 15%의 지급도시들에만 진출한 것이다. 좀 더 세분하여 평균 50만 인구의 '현급시(县级市)'와 '시할구(市辖区)'로 살펴본다면 약 6%(= 매장수 174/ 현급도시 개수 2,860)의 도시들에만 진출한 셈이다. 이는 여전히 많은 중국 시장들이 남아 있음을 알 수 있다.

중국은 지역에 따라 고객들의 제품 선호도 및 이미지가 다르고 [8], 중국 전역의 고객을 상대로 제품들을 판매하는 것이 어렵지만, 다른 한편으로는 여전히 블루오션으로 남겨진 시장들이고, 아직 유통업체들이 진입하지 않은 중소도시(지급시 일부와 현급시)에 대한 올바른 이해와 적합한 사업모델이 필요하겠다. 특히 최근에 가구전문매장인 이케아(IKEA)는 중국에 8개 매장을 갖고 있지만, 입점 되지 않은 '연길시'에서도 '심양시'에 있는 이케아를 통해 제품을 쉽게 구매할 수 있다(연길에서 심양까지 기차로 12시간 이상 소요). 이케아는 인터넷 전문 벤더들을 장려하여 타오바오(taobao.com)나, 당당(dangdang.com)과 같은 사이트를 통해서 이케아가 출점되지 않은 지역까지 서비스를 제공하고 있다. 이러한 이케아의 사업모델을 이용해 중국 중소도시에 적합한 사업 모델을 제안하겠다.

## 4. 중소도시 시장분석

### 4.1 연길시 유통업체 현황

본 연구에서는 중국의 '현급시' 중에 하나인 연길시를 중심으로 조사하였다. '연길시'는 중국의 동북3성(요녕성, 길림성, 흑룡강성) 중에 하나인 길림성(성급단위) 안에 '연변조선족자치주'(지급단위)가 있고, 연변조선족자치주 안에 '현급단위'인 인구 52만인 중소도시이다. 하지만, 연길시에는 외국계 대형마트가 전무한 실정이다. 비록 대표적인 지역 중소형 할인마트들이 <표 4>과 같이 4개가 있지만, 지방도시의 할인마트는 농수산물과 식료품 위주로 구성이 갖추어져 있고, 일반적으로 백화점과 함께 있다. 연길시는 조선족은 물론 외국인들이 많이 거주하고 있고, 많은 조선족들이 일본과 한국에서 돈을 벌어서 연길시에서 소비하고 있어, 일인당 소비수준은 중국의 수도인 북경과 비슷하다.

연길시내 유통업체들은 치열한 경쟁을 벌이고 있지만, 서비스

표 4. 연길시내의 유통업체

유통업체	설명
연길 제일백화	1950년 설립, 자본 2,400만 위엔, 2009년 매출액은 약 10억 위엔
연길 국제무역	1992년 설립, 8개의 백화점, 9개의 대형마트, 46개 중형할인마트(SSM), 915개의 소형슈퍼마켓
천성쇼핑	2009년 3월 '대련 대상그룹'이 설립 (자본 1000만 위엔)
칼마	2000년 설립, 1990년 작은 슈퍼마켓을 운영하다가 2000년에 확장

수준이 낮아져서 각각 유통업체들은 충성고객들이 많지 않다. 90년대까지는 '연길제일백화(일백화)'가 국유기업으로 독보적이었지만, 2000년대 초부터 '칼마(卡爾瑪; Kaerma)'는 제품구색을 경쟁력으로 삼아 2000년대 중반까지 연길시의 상권을 장악하였다. 하지만, 일백화가 2007년 리모델링함으로 인해 '배적한 쇼핑환경'을 앞세워 상권을 회복하였고, 2009년에는 '천성쇼핑'의 등장으로 2강(일백화, 천성쇼핑), 1중(연길국제무역), 1약(칼마) 체계로 자리잡아가고 있다.

연길지역의 유통업체들의 특징은 3사의 유통업체 담당자들 수명과 2~3회 인터뷰를 통해 다음과 같이 분석되었고, 일반적으로 타 중소도시의 중소 유통업체들의 환경도 크게 다르지 않다.

- ▷ 정보화 수준 낮음 - 일반적으로 점포별로 시스템들이 통합되어 있지 않고, 각 점포별로 POS 시스템만이 운용되고 있다. 실제로 POS 시스템은 체크아웃용으로만 사용되고 있는 실정이다. 심지어는 중국 고유의 결제 방식은 수금처(收銀台)에 영수증을 가지고 가서 결제하기도 한다. 즉, 고객이 영수증을 받고, 수금처에서 결제를 한 후, 다시 매장으로 가서 영수증과 물건을 교환하는 방식이다.
- ▷ 매장관리 매뉴얼 부재 - 제품들을 적재적소에 진열하기보다, 임의대로 작업자가 진열한다. 따라서 빈 공간을 찾아서 제품군의 이동이 잦으며, 많은 제품들이 더미로 쌓여 있는 경우가 많고, 세로 진열이 바람직하지만 원칙 없이 진열한 경우가 많다. 또한 엔드매대(end shelf)의 활용이 미흡하고, 섬(isolate)진열도 마구잡이로 설치하기도 한다. <그림 3(a),(d)참고>
- ▷ 창고 부족 - 일반적으로 중소 도시의 유통업체들은 점포들이 많지 않다보니, 별도의 물류센터를 가지고 있지 않고, 창고도 매우 협소하다.
- ▷ 제품별 가격차이 심함 - 제품을 어떻게 구입하였느냐에 따라 매입가가 다르기 때문에, 동일한 제품이라도 인근 매장



들과의 가격차가 심하다. 가령 한국제품을 수입할 때, 직수입을 한 경우와 도매상으로부터 구입한 경우에는 가격 차이가 존재할 수밖에 없다.

- ▷ POP(Point of Purchase)가 표준화 되지 않음 - 상품 판촉을 위해 매장 내에 부착하는 POP가 표준화 되어 있지 않다. 주로 출력해서 붙이거나 자필(自筆)로 적고 있어서 다양함도 있지만, 크기는 물론 부착 위치, 모양도 달라서 매우 혼잡스럽다. <그림 3(c) 참고>
- ▷ 동선(動線)의 혼란 - 매장들이 일반 건물에 입점하고 있기 때문에, 기둥들이 많으며 공간과 공간을 연결하여 매장을 늘린 경우가 많다. 따라서 진열대 위치나 제품 진열들은 고객의 동선을 무시하고 있으며, 입출구도 사방으로 분산되어 있는 경우도 많다. <그림 3(b)>
- ▷ 서비스 마인드 부족 - 과거 중국의 유통업체들은 판매보다는 분배의 기능이 강하다보니, 고객을 우선하는 마인드가 부족하고, 제품의 반품과 환불도 매우 까다롭다. 또한 종업원들에 대한 대우가 미흡하고, 관련 교육도 거의 이루어지고 있지 않다. 또한 중국 고객들은 맛벌이들이 많지만, 주로 폐점시간이 저녁 6~8시로 한정되어 있어 고객 중심의 마인드가 매우 부족하다.

▷ 먹거리 중요 - 중국의 음식문화는 매우 다양하고 중요하게 여기고 있기 때문에, 음식이 맛있는 점포들이 장사가 잘 된다는 통설(通說)이 있다. 따라서 매장 내에 먹거리 상점들이 많이 입점하고 있으나, 때로는 음식 냄새와 미관상 청결하지 못한 인상을 주기도 한다.

▷ 유통업체보다는 부동산업체 - 일반적으로 유통업체가 단독 건물을 사용하기보다는 점포를 임대하여 <그림 3(b)>와 같이 공간과 공간을 통합하여 사용하는 경우가 많다. 그렇다 보니, 유통업체의 브랜드 관리 및 판촉을 위한 행사 등에 큰 관심을 갖지 않는다.

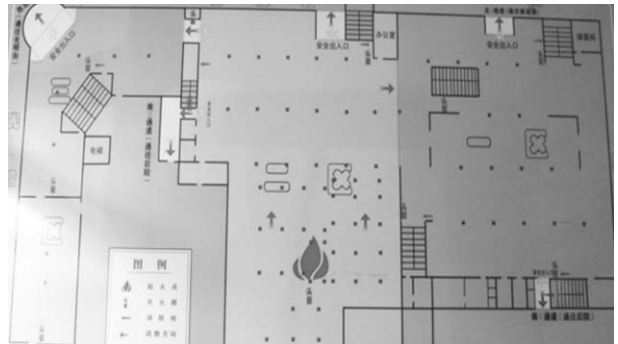
▷ 쇼핑 인프라 미흡 - 고객들이 쇼핑을 좀 더 편하게 할 수 있도록 주차장 및 기타 부대시설에 대한 관심이 부족하다.

▷ 순응하는 고객 - 대부분의 고객들도 선진화된 쇼핑의 경험을 해 본적이 거의 없기 때문에, 쇼핑에 많은 불편과 불만이 있지만 대부분 감수한다.

아직 지역 유통업체들은 자신만의 고유한 특색이 없어 제대로 포지셔닝이 되어있지 않아서, 유동고객들이 많은 상황이고, 비록 계속해서 중소형 쇼핑센터들이 등장하고 있지만 서비스 낙후와 정가제 미정착 등으로 인해, 고객들의 불만은 점점 높아지고 있고 중소도시의 유통업체들은 경쟁력이 미약한 상황으로 선진화된 유



(a) 좁은 통로와 많은 기둥



(b) 매장 공간들의 통합



(c) POP



(d) 매장관리 낙후

그림 3. 연결시의 낙후한 유통관리

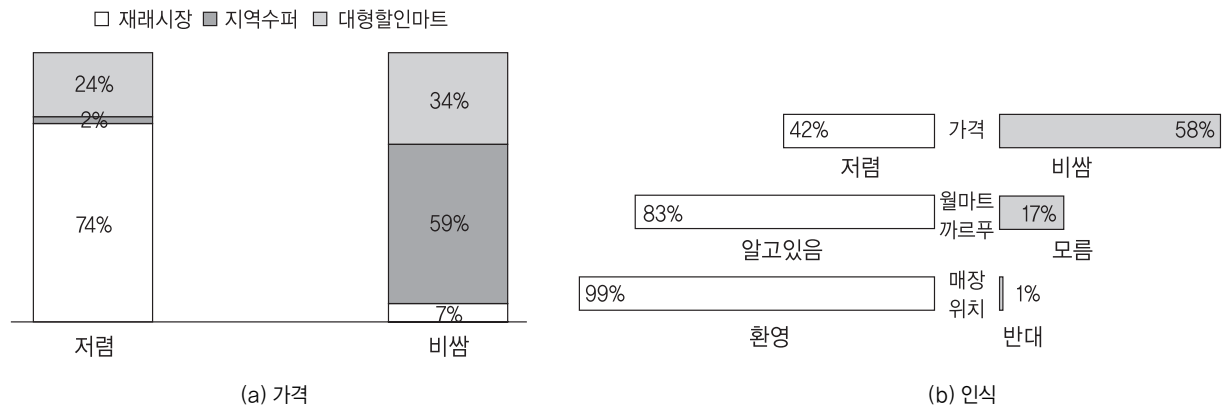


그림 4. 대형마트의 포지셔닝(positioning)

통업체의 등장이 시급한 실정이다.

## 4.2 연길시 고객들의 쇼핑 수준

본 연구에서는 연길시내의 고객들에 대한 유통업체의 서비스에 대한 만족도와 쇼핑시 유통업체를 선정하는 기준에 대해서 일반 소비자 100명과 매장담당자들을 만났다(2010.11~2011.3). 본 설문은 남자 25명, 여자 75명 고객들에게 직접 방문 하였다(설문지 부록 1). 설문 결과 유효 설문지는 남자 24명과 여자 68명이었다. 조사를 하면서 몇몇 고객들에게는 대형마트라는 개념을 이해시키기 어려웠다.

설문 결과, 고객들이 매장을 선정시, 품질을 우선한다는 사람이 66%, 그 다음은 가격 27%, 서비스가 7%로 조사되었다. Chang[4]는 북경 소비자들을 중심으로 조사하였고, 소비자들이 가격에도 민감하지만 가격보다는 서비스에 더 큰 관심을 갖고 있음을 밝혔지만, Chang[4]은 설문조사 항목에서 품질과 가격을 구분하지 않고 'Merchandise' 항목으로 종합해서 평가하였기 때문에 본 연구의 결과와 크게 다르지 않다. 이는 중국 중소도시의 시장들이 짝퉁과 저질 상품들이 난무하고 대부분 영세한 상점들로 구성되어 있어 제품의 품질에 대한 관심은 높게 나타났다. 하지만, 품질을 우선으로하나, 가격이 싼 재래시장을 대형마트보다 더 많이 선호한다. 약 2배 정도 재래시장을 더 자주 방문하였고(재래시장 : 남자 주 1.80회, 여자 2.62회, 대형마트 : 남자 주 0.74회, 여자 1.25회), 제품의 품질에 대한 관심은 높지만, 선정기준은 가격을 우선시함을 <그림 4(b)>를 통해 알 수 있다. 또한 아직 자가용 보급률이 상대적으로 낮기 때문에, 쇼핑시 택시를 포함한 대중교통을 이용하는 고객은 73%이고, 자가용은 17%를 이용하는 것으로 나타났다. 특히 대형마트에 대한 고객의 인식은 Sun[13]의 연구처럼, 중국 중소도시들의 소비자들은 쇼핑에 대한

지식수준과 쇼핑 체험이 상대적으로 낮고, 연길시의 고객들 중 월마트와 까르푸와 같은 다국적 유통회사를 전혀 모르는 고객들도 <그림 4(b)>처럼 17%나 있었다.

전반적으로 지역 대형마트에 대한 불만이 많았고, 선진화된 대형마트가 들어오기를 대부분 희망하였다. 하지만 중국 중소도시 소비자들은 대형마트의 가격이 싸다고 생각하지 않고 있다. 일반적으로 한국에서는 대형마트에서 최저가 제도를 시행하면서 '박리다매'를 통해 수익을 얻는 사업모델로 인식하고 있지만, 중국의 대형마트에서 판매되는 제품들은 중국 소비자들에게는 저렴하지 않다. 오히려 백화점에 가까운 것이 사실이다. 대형마트의 포지셔닝을 '가격'에 일괄적으로 맞추기 보다는 다른 관점(품질, 환경 등)에서도 바라보아야 할 것이다. 실제로 중국인들이 느끼는 월마트에 대한 포지셔닝은 가격이 아닌 '편리한 쇼핑환경'이다 [6].

## 4.3 사업모델

본 논문에서 제시하는 사업모델은 과학적으로 평가하기는 어렵지만 설문내용을 통해 <표 5와> 같이 문제점들을 정리하고, 이를 해결하기 위한 대응책을 찾아볼 수 있다.

중소도시의 대형마트들은 고객들이 좀 더 쉽게 접근할 수 있고, 변화가의 인구밀도는 높지만 시장이 적으므로 좀 더 넓은 지역을 담당할 수 있는 사업모델이 필요하다. 또한 지역 중소도시들은 농촌과 가까이 있지만, 대형마트와 거래할 만한 규모를 가진 농민들이 적고, 보따리 수준의 농민들로 이루어진 농산물 시장이 지역마다 존재하다보니, 대형마트들이 농산물에 대한 가격 경쟁력은 떨어지기 쉽지만, 공산품과 가전제품들은 물류비와 소수 독점공급 등으로 인해 대도시들보다 상대적으로 비싸게 팔리고 있으므로 생활용품과 가전제품들 중심으로 제품들 구색을 갖추는



것이 합당하다. 중소도시들의 자동차 보급률도 낮으므로 자전거나 오토바이로 '1일 수회' 정기 배송 서비스 등이 이루어질 필요가 있다. 이를 위해 중국에서 성공을 거두고 있는 이케아(IKEA)가 운영하고 있는 사업방식과 백시현[2]이 제안한 '넷마트(Net mart)' 사업모델을 응용하고자 한다.

넷마트는 오프라인 매장이 있지만, 오프라인 매장이 개설되기 어려운 지역은 창고를 중심으로 온라인 매장을 개설하는 모델이다. 즉, 도심지역 혹은 '현급시'는 중대형마트로 점포를 오픈하고, 도심을 벗어난 지역에는 실제 점포가 없이 온라인상에서만 판매되는 넷수퍼(Net-Super, [2])를 오픈한다. 넷수퍼와 넷마트의 차이점은, 넷수퍼는 식품·생활용품들을 온라인상에서만 판매하고 있고, 넷마트는 <그림 5(b)>와 같이 온라인 뿐만 아니라 오프라인에서도 제품들을 구매할 수 있다. 기존의 한국의 대형할인마트와 온라인 몰 통합모델인 <그림 5(a)>와 다른 점은 대형마트가 없어도 인터넷 상에서만 제품을 판매한다는 것이다. 또한 넷마트

와 일반적인 인터넷 몰과 다른 점은, a지역과 b지역의 인터넷 몰의 상품 구색은 다를 수 있다. 즉, 인터넷으로 A대형마트 사이트를 접속하지만, 그 안에 지역별로 A대형마트 가상점포가 있는 것이다. 물론 <그림 5(b)>와 같이 그 지역에는 창고나 소규모의 슈퍼마켓을 운영하는 것이다. 이케아의 혼합모델과 넷마트 모델의 차이점은, 이케아는 인터넷 전문 벤더들을 엄격하게 심사하고 있지만, 제품에 대한 책임은 벤더들이 짊어지고 있다. 넷마트 모델은 인터넷 상에서 판매되는 제품도 대형마트가 직접 운영하는 것이고, 제품에 대한 모든 책임도 대형마트가 감당하는 차이점이 있다.

상대적으로 시장이 작은 도시들에 많은 제품구색을 갖추는 큰 매장을 설치하기 보다는 자본이 적게 드는 창고 등을 갖추고 인터넷, 전화 등을 통해 제품을 판매하는 것이다. 배송도 1일 수회 배송으로 오토바이나 자전거를 통해 배송할 수 있다. 물론 넷마트는 실제 오프라인 점포는 없더라도 유통업체의 브랜드 관리를 위해

표 5. 지역 유통업체들의 문제점 및 대응

성급단위	내 용	대 응
지역 소비자 의식	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선진화 쇼핑경험 부족</li> <li>• 기존 유통업체들에 대한 충성심(단골고객) 약함</li> <li>• 기존 서비스 불만 크고, 품질과 가격 모두 중시</li> <li>• 선진 유통업체 출점 적극 희망</li> <li>• 개점시간 한계</li> <li>• 중국의 대형마트의 가격 경쟁력 약함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 선진 유통업체 진출 필요</li> <li>- 홍보 필요</li> <li>- 서비스 향상 (개점시간 확대, 합리적인 품질과 가격 등)</li> </ul>
지역성 (이동성)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장의 크기가 작고, 행정구역이 넓음 (인구밀도가 낮음)</li> <li>• 대중교통(택시, 버스)을 많이 이용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 인터넷 몰 지원 필요</li> <li>- 배송시스템 지원</li> </ul>
지역 유통업체	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주먹구구식 매장관리</li> <li>• 유통업보다 부동산 임대업에 더 큰 관심</li> <li>• AS 및 반품 관리 미흡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 점포별, 지역별 구색 차별화 필요</li> <li>- 전문 유통업체 진출 필요</li> </ul>

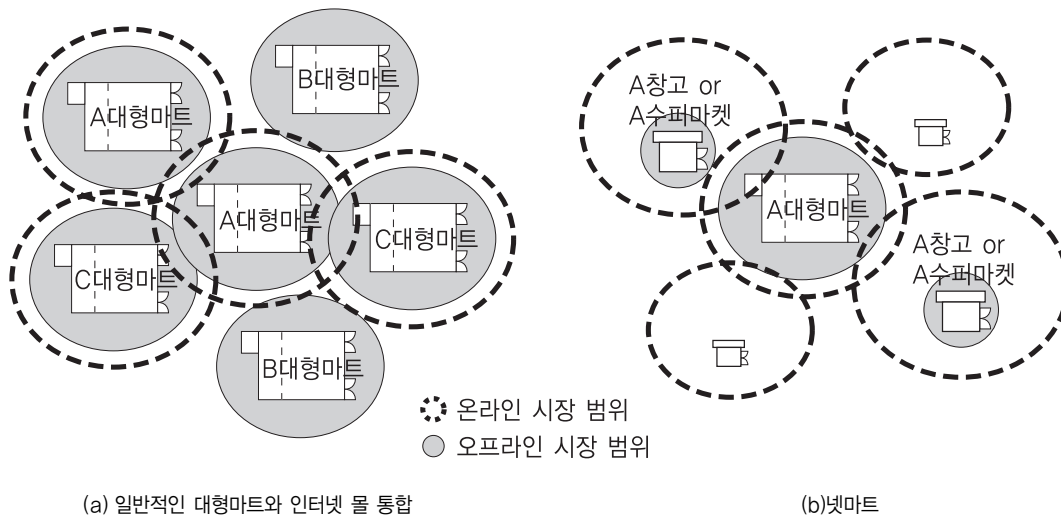


그림 5. 중소도시의 대형마트 사업모델

노력해야만 한다. 이러한 넷마트는 Hingley 외[7]가 말한 쇼핑시간의 문제점도 해결해 줄 수 있고, 넷마트의 브랜드 관리를 철저히 하여 Sun 외[13]이 지적했듯이 고객 충성도를 높일 수 있도록 해야 할 것이다.

## 5. 결 론

중국에는 많은 글로벌 유통업체들이 들어와 있고, 경쟁도 치열하다. 하지만 여전히 불모지로 남아 있는 많은 중소 도시들이 있다. 또한 중국은 도시와 농촌, 연안지역과 내륙지역간의 균형발전을 많은 투자를 하고 있다. 중국의 '도시화 전략'이라는 것이 새로운 신도시를 만들기 보다는 지역의 소규모의 도시들을 현금시 혹은 직급시로 규모를 키우는 것이다. 따라서 중국의 중소도시들의 시장의 중요성은 더욱 커지고 있다.

본 연구에서는 중국의 중소도시 시장의 개척에 적합한 유통업 사업모델을 제시하였다. 우선 중소도시의 유통업체의 현황을 알아보기 위해 '연길시'를 중심으로 설문과 시장조사를 통해 파악하였다. 또한 본 논문에서는 중국에 대한 중소도시 시장의 중요성을 부각시키고, 중국 유통관련 연구에 필요한 기초 데이터와 정보를 제공하는데도 의의가 있다.

제시된 사업모델의 성능을 객관적으로 평가하기는 어렵지만, 제품 구매 측면에서도 '음식문화'와 '광장문화'를 반영한 유통업체의 부가가치를 높이는 연구도 필요하겠고, 중국시장을 좀 더 정확히 알 수 있도록 지역별 유통환경 조사가 계속 진행되어야 할 것이고, 각 지역에 맞는 다양한 전략적 연구들이 나올 필요가 있다.

## 참고 문헌

- [1] 박한진 외 8명 (2009), "중국 내수의 신 블루오션 -유망 2,3선 도시 소비트렌드", Global Business Report, 삼성경제연구소.
- [2] 백시현 (2010), "대형할인마트의 물류유통 혁신", 높은오름, pp. 65~76.
- [3] 산업자원부, KOTRA (2005), "중국 유통시장 진출 가이드", 산업자원부.
- [4] Chang, E. C., and Luan, B. (2010), "Chinese consumers' perception of hypermarket store image", *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 22(4), pp. 512~527.
- [5] Chung, J. E., Huang, Y., Jin, B., and Sternquist, B. (2011), "The impact of market orientation on Chinese retailers' channel relationships", *Journal of Business & Industrial Marketing*, 26(1), pp. 14~25.
- [6] Fei, L., Bu, M., Gao, W., and Xiang, L. (2010), "An empirical study on the positioning point of successful retail enterprises in China", *Nankai Business Review International*, 1(2), pp. 152~165.
- [7] Hingley, M., Lindgreen, A., and Chen, L. (2009), "Development of the grocery retail market in China: a qualitative study on how foreign retailers and local companies are seeking to increase their market share", *British Food Journal*, 111(1), pp. 44~55.
- [8] Li, D., An, S., and Ahn, J. (2010), "Regional differences of country image effect in Chinese market", *Nankai Business Review: International*, 1(1), pp. 39~58.
- [9] Li, S. (2005), "中国零售业经营方式多元化的现状和对策", *J. 中国流通经济*, No.7, pp. 51~54.
- [10] Qian, C. (2006), "基于SWOT分析的 中国连锁超市小城镇拓展战略研究", 东南大学, A dissertation of Master Degree in China.
- [11] Skallerud, K., and Grønhaug, K. (2010), "Chinese food retailers' positioning strategies and the influence on their buying behaviour", *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 22(2), pp. 196~209.
- [12] Sternquist, B., Huang, Y., and Chen, Z. (2010), "Predicting market orientation : Chinese retailers in a transitional economy", *International Journal of Retail & Distribution Management*, 38(5), pp. 360~378.
- [13] Sun, T., and Wu, G. (2004), "Consumption patterns of Chinese urban and rural consumers", *Journal of Consumer Marketing*, 21(4), pp. 245~253.
- [14] Wang, K. (2009), "Report on China Retail Business Monitoring and Analysis", *China Economic Publishing House*, pp. 7~73.

**백시현**

아주대학교 산업공학 학사, 석사, 박사  
전) 네오씨앤씨 대표

현재 : 중국 연변과학기술대학교  
상경학부 부교수, 중국기업발전  
연구원 원장

관심분야 : SCM, 유통, 물류정보시스템

**선타이마오**

중국 연변과학기술대학교 상경학부 학사

현재 : 중국연변과학기술대학교  
상경학부 연구원

관심분야 : MIS, 물류

**김신래**

중국연변과학기술대학교 영어학과 학사  
이화여자대학교 교육학 석사, 박사

현재 : 중국연변과학기술대학교  
교양학부 전임강사

관심분야 : 마케팅, 분석

**[부록 1] 설문내용 -지면관계상 일부 편집함****1. 당신의 성별은?**

您的性别是 ?

(만일 당신이 여성이라면, 주부인가요? 직장인 인가요?

如果您是女性的话, 会是家庭主妇还是职场人员呢 ?

**2. 당신의 연령대는?**

您的年龄是 ?

**3. 매주에 평균적으로 서시장 혹은 대형 슈퍼마켓(일백화, 귀마오, 천성, 칼마 등)에 몇번 가는가요?**

每周去西市场或者大型超市(百货, 国贸, 凯尔玛, 千盛等)的频率是多少?

**4. 지역 동네 슈퍼는 1주일에 몇번 이용하나요?**

每周去小区内或公寓附近小超市的频率是多少 ?

**5. 대형슈퍼마켓이나 서시장에서 물건을 샀을 경우에, 돌아오는 교통편은 주로 무엇을 이용하나요?**

去大型超市或西市场买东西的时候, 主要采用何种交通工具 ?

① 버스 公交

② 택시 出租车

③ 자가용 私家车

④ 오토바이 摩托车

⑤ 자전거 自行车

⑥ 도보 徒步行走

**6. 당신은 제품을 살때, 가격과 품질 중 어느것을 더 중시하시나요?**

您购买商品的时候, 在价格和质量中更注重哪一个?

① 가격 价格

② 품질 质量

③您主要在哪里购买野菜、蔬菜、肉类/食品/生活必需

**7. 다음 중 일반적으로 어디가 가격이 싸다고 생각하십니까? 체크를 해주세요.**

下列较为便宜的地方是哪? 请选择

A. 가장 싼곳 最便宜的地方 / B. 가장 바싼곳 最贵的地方

① 서시장 西市场

② 대형슈퍼마켓 大型超市

③ 동네슈퍼 小区内的超市

④ 동네시장 小区内的市场

**8. 일백화, 귀마오, 천성, 칼마 슈퍼마켓 중에서 제일 자주 가는**

곳은 어디인가요?

百货, 国贸, 千盛和凯尔玛超市中, 最常去的 是哪个?

① 일백화 百货超市

② 꺀마오 国贸超市

③ 천성 千盛超市

④ 칼마 凯尔玛

⑤ 아무곳이나 간다 随便去/很多都去

② 환영 欢迎

③ 반대 反对

④ 적극반대 极力反对

G. 대형슈퍼마켓이 발전하기 위해서, 개선해야 할 점을 적어주세요.

为了大型超市的发展, 您认为需要改善的有

A. 자주 가는 이유? 经常去的理由是?

① 교통 交通便利

② 저렴 价格便宜

③ 품질 质量好

④ 서비스 态度亲切

⑤ 구색 品种多

9-13. 고기류/식품/생활용품/의류는 각각 어디서 주로 구매하십니까?

您主要在哪里购买野菜、蔬菜、肉类/食品/生活必需品/衣物类/家电产品?

① 대형슈퍼 延吉百货、千盛、国贸这样的大型超市

② 서시장과 동네슈퍼 西市场和小区内的超市

B. 평균 쇼핑시간?

在大型超市购物时, 逗留时间通常为多久?

14. 쇼핑은 주로 누구와 하는가?

主要和谁一起购物

① 친구 朋友

② 가족 家属

③ 혼자 自己一个人

C. 평균 쇼핑 금액?

平均消费金额为?

15. 쇼핑시 외식을 하는 경우가 많은가요?

购物时, 在外面吃饭 的情况多吗?

D. Wal-mart, Carrefour를 알고 있나요?

您听说过沃尔玛或者家乐福吗?

16. 쇼핑시 꼭 필요한 것만 종이에 적어가시나요?

购物前, 写购物清单吗?

E. Wal-mart, Carrefour를 방문한적이 있나요?

您有访问过沃尔玛、家乐福的经历吗?

17. 구경하다가 마음에 드는 물건이 있으면 사시나요?

看见了自己喜欢的东西, 您会怎么办?

F. 만일 당신의 도시에 월마트나 까르푸가 입점한다면?

如果您所在的城市要引进沃尔玛或者家乐福您持什么样的态度?

① 적극환영 积极欢迎



## 2011년 한국SCM학회지 11권 1호 심사자 명단(가나다 순)

---

강민식 교수(남서울대 산업경영공학과), 강준규 교수(성결대 산업경영공학부), 고현정 교수(군산대 물류학과), 김동환 교수(안양대 무역유통학과), 김영민 교수(서울사이버대 국제무역물류학과), 김창욱 교수(연세대 컴퓨터산업공학부), 김현수 교수(경기대 산업경영공학과), 김화중 교수(인하대 아태물류학부), 노승종 교수(명지대 경영학과), 문덕희 교수(창원대 산업시스템공학과), 문상원 교수(한국방송통신대 경영학과), 문석환 교수(경북대 경영학과), 문일경 교수(부산대 산업공학과), 문희철 교수(충남대 무역학과), 박영태 교수(동의대 무역학과), 서용원 교수(중앙대 경영학부), 서현주 연구위원(이화여자대), 송상화 교수(인천대 동북아물류대학원), 송용석 선임연구원(건설교통기술평가원), 오용희 교수(대진대 산업경영공학과), 유영목 교수(단국대 경영학부), 이동원 교수(인하대 경영대학), 이동호 교수(한양대 산업공학과), 이명무 교수(한양사이버대), 임성묵 교수(고려대 경영학부), 임승길 교수(성결대 산업경영공학과), 임준묵 교수(한밭대 산업경영공학과), 장윤석 부교수(한국항공대 항공교통물류학부), 조영빈 교수(건국대 경영학과), 채준재 교수(한국항공대 항공교통물류학부), 허선 교수(한양대 산업경영공학과)

학회지 심사를 위해 노고를 아껴주시지 않은 심사자 여러분들께 깊은 감사의 말씀을 올립니다.

※ 이 학술지는 정부재원(과학기술진흥기금)으로 한국과학기술단체총연합회의 지원을 받아 출판되었음.

※ 이 학술지는 2010년도 하반기 학술단체지원사업비로 재단법인 산학협동재단의 지원을 받아 출판되었음.

## 한국 SCM 학회지 제11권, 제1호

---

인 쇄 / 2011년 5월 31일

발 행 / 2011년 5월 31일

발행인 / 이영해

편집인 / 고창성 · 김수옥

발행처 /  한국SCM학회

경기도 안산시 상록구 사3동 1271 한양대학교 산업경영공학과 내  
5공학관 532호

전화 031-438-5269, 400-4506 전송 031-406-1089

<http://www.kscm.org>