

한국 SCM 학회지

*Journal of the Korean Society of
Supply Chain Management*

Volume 9 Number 2
2009



사단
법인 한국SCM학회

한국 SCM 학회지

Journal of the Korean Society of Supply Chain Management

1 컨테이너터미널 게이트에서의 정체현상 개선에 관한 연구

최형림 · 이호인 · 손정락 · 최성필
· 김채수 · 신중조

Due to appearance of extra-large container ship, global port environment has been being changed quickly to Hub & Spoke system, in which large container ships stop at some central ports and small size ships distribute the shipping freight to the final destinations. In addition, every countries are trying to improve efficiency and productivity implementing high technologies such as construction of automated container terminal. In Korea, there are some studies on automation of container terminal including automated gate system. Especially the phenomena and causes of congestion in gate of container terminal have not been considered sufficiently. This study presents the real status of congestion in some container terminals in Korea, and figures out the causes of congestion through empirical investigation and analysis. As a result of our studies, we found that the critical causes of congestion were sorted in the order of the inappropriate COPINO(Container Pick-up Notice And Arrival Notice), unstable TOS(Terminal Operation System), and H/W and operator's error.

11 화주기업과 3자 물류기업의 신뢰 형성에 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 상하이의 중국기업을 대상으로

이명무 · 유승훈 · 김윤호

With increased global competition and higher customer expectations, logistics outsourcing has become a rapidly expanding source of competitive advantage and logistics cost savings. An increasing number of companies are outsourcing their logistics activities to third-party logistics (3PL) firms so that they can concentrate on their core competencies. Using China's emerging logistics industry as a backdrop, the present study focuses on how to build trust between logistics users and 3PL providers and explores how trust influences logistics users' performance. The findings indicate that logistics users' satisfaction with prior interactions with logistics providers, 3PL provider's shared values, 3PL provider's participation, 3PL provider's learning capacity, 3PL provider's information sharing and 3PL provider's communication are key determinants of logistics users' level of trust towards 3PL providers. Additionally, logistics users' trust may facilitate their performance towards 3PL providers. Our findings suggest that increasing the level of trust in China's 3PL relationships would greatly improve the efficiency of China's 3PL practitioners by reducing the substantial monitoring costs required in today's environment to make sure that the interests of

both parties are being addressed.

25 물류서비스시스템의 공급사슬 및 성과에 관한 연구

이창원

This study presents a decision-making model for designing, evaluating, and implementing a strategic supply chain management (SCM) planning based on the data obtained from a transportation service system. A management decision-making model is applied and analyzed to simulate real a transportation service system and utilized to derive satisfying solutions. The model results are derived and discussed to enhance the model applicability. The model results provide the supply chain managers with managerial insights for planning and controlling SCM in a transportation service system. Proposed management model can serve as a transportation service system's key management tool to improve supply chain performance and competitive advantages as well as in other similar service systems.

33 마스크 셋업을 가지는 FAB에서 납기 지연 최소화를 목적으로 하는 Shifting Bottleneck을 이용한 일정계획 수립

원대일 · 백종관 · 우태희

This paper addresses a heuristic algorithm that minimizes total weighted tardiness(TWT) in wafer fabrication process (FAB) using shifting bottleneck procedure. There are various processes in FAB. Some processes consist of identical parallel machines and the others consist of single machine. Also mask setup is required in between when a machine changes processing job types, jobs are grouped into the same type if they used the same setup apparatus. The developed algorithm consists of two steps. In first step, Apparent Tardiness Cost with Mask Setup(ATCMS) index rule is suggested to solve subproblem on parallel machines. In second step, bottleneck process is selected and jobs are assigned to the process according to the subproblem solution having largest TWT value. Steps are repeated until all jobs are assigned to the process. Various experiments were carried out to show the efficiency of the proposed algorithm. It is shown that the proposed algorithm outperforms other algorithms in a wide range of problem settings.

45 유전자 알고리즘과 시뮬레이션을 이용한 공급 사슬의 하이브리드 다목적 최적화

박경종

This paper deals with multi-objective optimization of a supply chain using a simulation model and a genetic

algorithm. This paper proposes a hybrid model which has a complex supply chain model and a multi-objective model through a simulation method and a genetic algorithm. Also the model considers a manufacturing capacity, the number of vehicles, and the velocity of the vehicles which are dynamically changed. Finally, this paper shows that the proposed multi-objective hybrid model is effectively applied to either a variability of a supply chain is large or not.

57 의료 제품 공급망 변화에 대한 사례 연구: 미국 의료 제품 공급망 중심 사례연구

이진표

The healthcare industry is a single largest industry in the United States. In spite of this, it is growing rapidly and is arguably the hottest area of business. However, the present organization of the healthcare supply chain is in some ways less developed than one would expect, compared against the Hi-Tech industry. In this paper, we focus on the supplier, distributor and customer in the supply chain of healthcare products. The market for healthcare product is currently highly-fragmented with many disparate suppliers and distributors offering a wide variety of products and services. So, we map out a generic supply chain for the healthcare industry, survey some of the players, and see which players are getting on the more dominant track. Finally, we conclude with a discussion on the possible future evolution of players in the supply chain of healthcare product.

77 폐가전제품 회수물류 및 재활용 활동의 온실가스 배출량 산정

장태우 · 박재원 · 김현수

Urban mining, which considers economic benefits of recycling end-of-life (EOL) consumer electronic goods, is regarded as another source of raw materials and contributes to both environmental protection and resource recirculation. In order to prepare a criteria for eco-friendly activities, this study estimates emissions of greenhouse gases (GHG) in reverse logistics of EOL consumer electronic goods. We used the legacy guidelines for estimation about the GHG emissions in collection, transportation and recycling processes with priority given to the recycling centers. Also we proved that obtainments and utilization of recycled materials is eco-friendly by indirectly comparing GHG emissions in recycling EOL goods with emissions in producing virgin materials. This study could be used as a basic example for environmental assessment of reverse logistics, recycling and other related activities.

89 물류 및 공급사슬 경쟁전략으로

서의 정보공유: 공급자 개발계획의 성과형성모델

송장근 · 김광석 · 손림수 · 이철식

Supplier development project(SDP) is designed to create and maintain networks as well as to improve the suppliers' capabilities. In this research, the performance formation model of SDP is established, which enables readers to understand what factors affect the firm's performance. To identify the significance of the proposed model, the survey data from 144 suppliers of Delphi Korea Corporation were collected. As a result, the managerial attitude towards supplier development has a significant effect on the performance of SDP. In addition, it is tested whether the two variables, (1)the level of information exchange and (2)the level of comprehension on the purpose of SDP, play mediating roles between the managerial attitude and the performance. In the event, it is verified that (1)the level of information exchange plays a role as a partial mediator, but (2)the comprehension level on the purpose of SDP is not statistically significant.

99 지연배송 보상비용을 고려한 빠른배송과 일반배송 서비스의 가격 및 보장된 배송시간 결정

이철웅 · 함중현

In this paper, we develop the profit maximization model for the different types of delivery services to select the best price and guaranteed delivery time with consideration of lateness penalties. Customer demand is sensitive to the price paid for service and guaranteed delivery time. Using a simple M/M/1 queueing model of a profit maximizing firm, we show concavities of model about two prices and one guaranteed delivery time respectively. According to the proposed algorithm using the concavities, we find out the optimized prices and delivery time. Through numerical examples, we examine the pricing and guaranteed delivery time for delivery services when the market is sensitive to price or guaranteed time.

111 새주소체계에 따른 우리나라 우편번호체계의 최적설계에 관한 연구

임준목 · 황은정 · 차춘남 · 이성준

A new address system based on road name(Road Name Address) has been introduced since April, 2007. By the Enforcement Ordinance(2007) we should use only Road Name Address nationwide from 2012. If Road Name Address system is introduced with keeping current address system based on lot number and current postal code system, many problems such as the followings are anticipated.

Those problems include confusion of sorting process by duplex address notation, unavoidable route division by deliver area boundary, improperly matching problem between address and postal code. Hereafter inefficiency and turmoil are expected in collection and delivery work of postal letter. Therefore the change of Postal Code System and renumbering of Postal Code are required to increase the efficiency of postal work.

In this paper, we analyzed the effect of delivery area and postal code by introducing road name address system, and suggested improvement directions through the benchmarking of advanced countries. Considering those directions we proposed four new alternatives for postal code system and evaluated these. The suggested new postal code systems are expected to be utilized effective under the road name address system.

123 수요급변 시의 재고주문 의사결정에 관한 연구: 제한된 합리성 가정을 바탕으로

김태현 · 문성암 · 김원소 · 박세훈

Extant studies on inventory decision making with rational-men assumption have focused on finding an optimal order quantity. However, in most social science fields, bounded rationality assumption has recently been emerging as more realistic assumption. Based on this research trend, some inventory studies turned their interest toward inventory ordering behavior with bounded rationality assumption. This research also gears its foundation to that assumption, and takes inventory ordering behavior in a sudden demand change situation. If inventory manager is rational, he or she will show the same amount of response to the same quantity change only with opposite change direction. This study, however, set hypothesis of asymmetric ordering contrary to that of classical economic assumption. The authors believe that this research will contribute to extend the understanding of the current inventory studies with the expectation of improving practical ordering performance.

135 경기지역 냉동냉장창고업의 경쟁우위 결정요인에 관한 연구

이재학

A freezing and refrigerating warehouse make practice as knot from production to consumption so as to meet customers' needs in each stage. Developing from the dimension of stable food supply, it plays the role of blocking the factors harmful to food and performs socially important function.

To present the method for enhancing the competitiveness of freezing and refrigerating warehouse business in Gyeonggi-do, this research investigates the present situation and problem of freezing and refrigerating warehouse business in

Gyeonggi-do and corroboratively analyzes the factors affecting the sales volume of commercial freezing and refrigerating warehouse.

The suggestion to domestic freezing and refrigerating warehouse business through this research is that domestic freezing and refrigerating warehouse business needs to develop as company specialized in logistics by increasing logistics service to shipper. It is required to enhance and professionalize the employees in logistics training, to adopt stevedoring equipment and facilities that can be mechanized. Government should prevent the reckless increase of warehouse by converting warehouse business to permit system in consideration of the required facilities for freight quantity of freezing and refrigerating warehouse.

147 폐기물류 최적화를 위한 다기간 다용량 복수 순회구매자 문제

최명진 · 이상현

In the last decade, traveling purchaser problem(TPP) has received some attention of the researchers in the operational research area. TPP is a generalization of the well-known traveling salesman problem(TSP), which has many real-world applications such as purchasing the required raw materials for the manufacturing factories and the scheduling of a set of jobs over some machines, and many others. However all the past study of TPP is restricted on single purchaser. Therefore it's hard to apply it to real world problem. In this paper we suggest PHMTTP(periodic heterogeneous multiple traveling purchaser problem) which is generalized form of TPP. It's considered multiple period and heterogeneous multiple purchaser(vehicle) based on TPP. We study PHMTTP for refuse logistics optimization.

155 복도형 오퍼피킹시스템의 최적 경로를 위한 그래프 최적화 알고리즘

장호영 · 최경일

The regional distribution center of a major Korean food and beverage company uses picking tours generated by its warehouse management system (WMS), but its management is not satisfied with the quality of current tours. The picking area consists of vertical and middle cross aisles, and has picking locations at some cross aisles. Pickers with carts walk to collect line items. A graph optimization algorithm is developed to minimize total traveling distances for the unique layout. For the given set of orders, the graph optimization algorithm reduces total distances than the WMS by 24.3%. Its computing times are less than a second in average.

한국 SCM 학회지

Journal of the Korean Society of Supply Chain Management

투고논문 작성요령

1. 제출방법

투고자는 논문을 한글(3.0 이상) 또는 MS워드(2003 이상)로 작성하며, 글씨크기 11, 2단(double space)으로 작성하여 e-mail로 제출한다. 논문 심사 후 게재가 확정되면 논문 작성요령을 완벽하게 준수하는 최종본이 수록된 e-mail 또는 디스켓 1매를 저자 약력 사진과 함께 우편으로 제출하여야 하며, 특수한 그림의 경우 전사가 가능한 상태의 그림을 별도로 1부 제출하여야 한다.(논문저자 중 한 명 이상은 한국SCM학회 회비 납부회원(정회원)으로 자격이 있어야 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 삽입 표시를 하고, 일괄하여 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

컨테이너터미널 게이트에서의 정체현상 개선에 관한 연구[†]

최형림* · 이호인* · 손정락* · 최성필* · 김채수* · 신중조**[†]

동아대학교 항만물류시스템학과* · 동아대학교 경영정보학과**

A Study on Improvement of Gate Congestion in Container Terminal[†]

Hyung-Rim Choi* · Ho-In Lee* · Jung-Rock Shon* · Sung-Pill Choi* · Chae-Soo Kim* · Joong-Jo Shin**[†]

Dept. of Port and Logistics Systems, Dong-A University*

Dept. of Management Information Systems, Dong-A University**

Due to appearance of extra-large container ship, global port environment has been being changed quickly to Hub & Spoke system, in which large container ships stop at some central ports and small size ships distribute the shipping freight to the final destinations. In addition, every countries are trying to improve efficiency and productivity implementing high technologies such as construction of automated container terminal. In Korea, there are some studies on automation of container terminal including automated gate system. Especially the phenomena and causes of congestion in gate of container terminal have not been considered sufficiently. This study presents the real status of congestion in some container terminals in Korea, and figures out the causes of congestion through empirical investigation and analysis. As a result of our studies, we found that the critical causes of congestion were sorted in the order of the inappropriate COPINO(Container Pick-up Notice And Arrival Notice), unstable TOS(Terminal Operation System), and H/W and operator's error.

Keywords: Container Terminal, Gate, Congestion of Gate, COPINO

1. 서론

세계화의 진전 및 시장 개방의 가속화로 인해 국내외적으로 물류산업의 중요도가 높아지고 있으며, 이에 따른 물동량은 급속히 증가하는 추세이다. 이들 물동량 중 가장 많은 부분을 담당하

고 있는 항만물류의 환경은 빠른 속도로 변해가고 있다. 이 중 항만물류에서 환적화물 예상 물동량은 2011년에 1,320만 TEU, 2020년에 2,100만 TEU로 예측되고 이를 처리하기 위하여 초대형 컨테이너선, 즉 12,000~15,000 TEU급 선박이 등장하였다. 초대형 컨테이너선의 등장 이후에는 대표적으로 지역의 몇몇 중 심항만에만 기항하고, 소형 선박을 이용하여 나머지 항만으로 화

[†] 본 연구는 지식경제부 지방혁신사업(B0009720) 지원으로 수행되었습니다.

[‡] Corresponding author: #840, hadan-dong, saha-gu, Pusan, 604-774, S. Korea,

Tel: 82-51-200-5606 Fax: 82-51-200-5617 E-mail: gomuncle@dau.ac.kr

* 2009년 3월 31일 투고, 2009년 5월 15일 수정본 접수, 2009년 6월 15일 게재 확정.

물을 운송하는 허브 & 스포크(hub & spoke) 형태로의 변화가 일어났다. 이러한 변화에 맞추어 국내·외 선진 컨테이너터미널 들도 효율성 및 생산성을 향상시키기 위한 여러 연구들을 수행하였으나 대부분의 연구들이 컨테이너터미널의 하역장비(CC: Container Crane, YT: Yard Tractor, TC: Transfer Crane), 이송장비(AGV: Automated Guided Vehicle, ALV: Automated Lifting Vehicle, SC: Shuttle Carrier) 및 터미널 운영정보시스템(TOS: Terminal Operating Systems)에 관한 것이며 상대적으로 컨테이너터미널 게이트에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

컨테이너터미널 게이트 및 관련 연구의 부족으로 현재 국내 컨테이너터미널 게이트에서는 컨테이너차량에 의한 정체현상이 발생하고 있으며, 이로 인하여 컨테이너터미널의 업무 생산성 저하, 항만 주변 도로에서의 교통체증, 안전사고 그리고 인력 및 공간의 낭비가 초래되고 있다.

본 연구에서는 항만물류 상의 중요한 거점인 컨테이너터미널, 그 중에서도 컨테이너터미널의 업무가 시작되는 게이트 업무 부분에서의 효율성을 향상시키기 위하여 어떤 원인들이 차량들의 정체현상이 발생시키는지 그리고 차량들의 정체현상이 컨테이너터미널과 그 주변에 미치는 영향들은 어떠한 것들이 실증조사를

통하여 알아보고, 이를 해결하기 위한 방안들을 연구하고자 한다.

본 논문의 구성으로는 2장에서는 컨테이너터미널의 업무 생산성 향상을 위하여 수행된 연구 중에서 게이트와 관련하여 기존에 어떤 연구가 이루어졌는지 살펴보고자 하며, 3장에서 컨테이너터미널 게이트란 무엇이며 현재 게이트에서 수행하는 업무를 어떤 방법과 절차로 처리하고 있는지, 또한 이 때 COPINO라는 정보가 어떻게 사용되는지 알아보고자 한다. 4장은 본 논문의 핵심으로서 컨테이너터미널 게이트에서의 정체현상의 원인을 파악하기 위하여 부산항의 컨테이너터미널 게이트를 대상으로 실증조사하여 그 결과를 분석하고자 하고, 5장에서는 4장에서의 결과 분석을 통하여 정체현상으로 인하여 발생하는 문제점과 문제점들의 발생원인과 그리고 이를 해결하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

2. 선행 연구

항만물류상의 중요한 거점인 컨테이너터미널에서는 화물의 반출입들이 발생하는 게이트 업무, 화물의 하역을 처리하는 안벽

표 1. 컨테이너터미널 게이트의 생산성 향상 선행 연구

구 분	논문명	저자	내용
컨 테 이 너 터 미 널 게 이 트	화물차량 및 화물 인식을 위한 자동게이트시스템 구현	홍승범외 2인	ITS 구축의 핵심적인 기술인 AVI/AEI를 활용하여 무선통신기반의 자동화 게이트시스템을 개발하는 연구임
	RFID/OCR 기반의 자동화 게이트시스템 개발	최형림외 3인	생산성 및 보안성 향상을 위하여 RFID과 OCR을 사용하여 상호 Cross Match 함으로써 인식률을 향상시킨 연구임
	RFID 기반의 컨테이너터미널 게이트 자동화 시스템 개발에 관한 연구	이석용외 3인	게이트 자동화 시스템 개발을 위하여 RFID 기반의 시스템 설계와 개발을 한 연구임
	컨테이너 차량용 자동 게이트통관 시스템 개발	김진길외 1인	단거리전용통신(DSRC) 시스템을 이용하여 무선통신기반의 자동화 게이트시스템을 개발하는 연구임
	RFID 기반의 자동화 게이트시스템 개발	최형림외 6인	유비쿼터스 컨테이너터미널이 되기 위한 무정차 자동화 게이트시스템 기술 개발에 관한 연구임
	항만컨테이너터미널 게이트 입출입 관리에서의 RFID적용에 관한 실증 연구	이충훈외 3인	컨테이너터미널 게이트에 RFID 기술을 적용하여 실증실험과 시뮬레이션을 실시한 연구임
	무선통신과 Digital Media 기반 무정차 자동화 게이트시스템 개발	최형림외 2인	Non-stop 게이트 개발을 위하여 2.45GHz 무선통신 및 컨테이너트럭 전용 Digital Media 단말기 개발에 관한 연구임
	유비쿼터스 컨테이너터미널 구현을 위한 무정차 자동화게이트 시스템 기술개발에 관한 연구	최형림외 3인	게이트 운영업무에서 RFID 기술을 적용할 수 있는 부분을 제시하였음
운 영 방 안	컨테이너터미널의 리모델링 방안 연구	최용석외 2인	게이트에서의 차량의 체제시간 감소와 통행량 분산을 위하여 및 분리게이트 운영방안을 제시함

업무, 화물의 하역·보관·반출입 등이 이루어지는 야드 업무로 이루어진다.

컨테이너터미널 게이트의 생산성과 효율성 향상을 위한 문헌 조사 결과 <표 1>과 같이 기존 연구들의 특징은 크게 3가지로 나타난다. 첫 번째, 기존 연구의 대부분이 컨테이너터미널에 RFID(Radio-Frequency IDentification: 무선전파식별), DSRC(Dedicated Short-Range Communications: 단거리 전용 통신), OCR(Optical Character Reader: 광학문자인식) 등의 신기술을 활용하여 게이트의 생산성을 향상시키기 위한 방안을 논의하였다. 두 번째, 신기술의 적용을 통한 프로세스 개선보다는 현재의 운영방법을 개선한 연구가 있었으나 이에 대한 연구 역시 통합게이트 및 분리게이트 방안 제시 외에는 미흡한 현황이다. 또한 신기술적용에 관한 문헌이나 운영방안 개선에 관한 논문 모두 컨테이너터미널 게이트에서 정상적인 프로세스가 이루어졌을 때만 고려하였을 뿐, 본 논문에서 논하고자 하는 정체현상의 세부적인 이유와 원인에 대해서는 연구되지 않았다. 마지막으로 항만물류의 중요성으로 인하여 컨테이너터미널에 관한 연구는 많이 되었으나 게이트와 관련하여 연구된 부분은 부족한 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 실증조사를 통하여 컨테이너터미널 게이트에서 정체현상이 발생하는 원인을 분석하고자 하며, 이를 통해 신기술 적용 및 인프라 변경 등의 관점이 아닌 기존 운영상에 발생하는 문제점의 해결을 통하여 컨테이너터미널의 생산성을 향상시키기 위한 방안을 제시하고자 한다.

3. 컨테이너터미널 게이트

3.1 컨테이너터미널 게이트 정의

기존 문헌에서 게이트는 “컨테이너터미널에서 보안상의 경계인 외곽에서 출입구 이외의 터미널 내부 장치장(藏置場) 근처에서 별도의 점검 장치를 갖춘 문처럼 생긴 구조물”, The truck/interchange in the physical interface between the container terminal and hinterland transport by road로 정의하며 이는 일반적으로 구조물 및 하드웨어적인 측면의 정의로 한정되어있다.

하지만 컨테이너터미널에서 게이트는 이런 구조물적인 역할 뿐만이 아니라 컨테이너터미널로 반출입 되는 화물과 컨테이너 차량과 운전자 등을 인식 및 확인하고 컨테이너 속성, 무게, 위험 화물 확인여부 등과 터미널 내의 차량흐름을 제어한다. 그리고 내륙운송업자와 컨테이너터미널 간에 컨테이너 관리에 대한 책임을 전환하고 장치장 내 진입방향을 지시하는 기능을 하고 있

다. 또한 컨테이너터미널 게이트는 터미널운영시스템이 필요로 하는 정보를 제공하고 저장 및 기록한다. 이러한 측면을 고려할 때, 컨테이너터미널 게이트는 “컨테이너터미널을 출입하는 컨테이너화물의 이동 및 관련 정보의 발생지이자 종착지이며, 실질적으로 보안구역이 시작되는 장소” 또는 “컨테이너터미널에서 보안, 책임상의 경계 지점으로 컨테이너차량 및 컨테이너의 인식을 통하여 반출입을 승인하고, 컨테이너 이상 유무 점검 및 컨테이너차량의 진입방향을 지시하는 등의 기능을 지닌 시스템”이라고 할 수 있다.

3.2 컨테이너터미널 게이트 업무

현재 컨테이너터미널 게이트의 업무는 크게 반입업무와 반출업무로 나누어진다. 반입업무는 컨테이너차량이 컨테이너터미널 게이트에 도착하여 사전정보와 대조한 후 이상이 없을 시, 반입할 컨테이너의 장치(藏置) 위치가 표시되어 있는 인수도증을 발급 받아 야드(Yard)의 해당 작업 위치(TP: Transfer Point)로 이동하여 컨테이너를 야드에 적재하는 것을 말한다. 반출업무 역시 반입업무와 유사하지만 일부 다른 점은 반출업무를 하기 위하여 게이트 진입 시에 발급받은 인수도증을 업무를 종료하고 다시 게이트를 통하여 빠져 나갈 때 반납을 한다. 이와 같은 게이트의 반출입 업무는 <표 2>와 같이 세부적으로 인식·확인 업무, 정보관리 업무, 고객서비스 업무로 분류된다.

표 2. 컨테이너터미널 게이트 업무

구 분	내용
인식·확인 업무	운전자 및 차량·컨테이너·샤시번호 인식, 컨테이너봉인·무게·규격·손상·온도 확인
정보관리 업무	사전정보(COPINO) 관리, 작업지시정보 전달, 컨테이너 정보 저장, TOS(Terminal Operation System)에 실시간 정보 전달
고객서비스 업무	고객(화주, 운송사, 선사)에게 반출예정, 컨테이너현황 정보 제공, 각종 통계정보 제공

현재 국내의 컨테이너터미널 게이트에서는 앞서 설명한 반출입 업무와 세부적인 인식·확인 업무, 정보관리 업무, 고객서비스 업무 등을 처리하기 위하여 각 터미널의 상황에 맞는 게이트 시스템을 사용하고 있다. 터미널의 상황에 따라 구체적으로 적용되는 시스템과 업무프로세스는 차이가 날 수 있겠지만 일반적으로 <그림 1>과 같은 업무프로세스로 관련 업무를 처리한다.

- ① 화주(선사)는 운송사에 컨테이너 반출입 요청을 하고, 이에 따라 운송사는 COPINO(사전반출입정보)를 컨테이너터미널에 전송한다.
- ② 운송사는 배차지시서를 통하여 운전자에게 해당 컨테이너

터미널로부터 컨테이너를 반출입할 것을 지시한다.

- ③~⑦ 컨테이너터미널 게이트에 도착하면 컨테이너차량 운전사는 바코드 카드를 제시하거나 OCR 카메라로 차량번호 또는 컨테이너번호가 인식되어 터미널운영시스템(TOS)으로 전달된다. 전달된 정보는 앞서 운송사가 전송한 사전정보와 대조 후, 이상이 없으면 종이문서(Slip, EIR)를 발행하여 작업지시 정보를 전달한다.
- ⑧ 컨테이너차량 운전사는 전달받은 인수도중(Slip 또는 EIR)을 통해 작업지시정보를 확인한 후, 지정받은 야드로 이동하여 컨테이너를 적재한다. 그리고 게이트시스템에서는 그 결과를 TOS 전송하여 기존 정보를 갱신한다.

COPINO는 컨테이너터미널의 반출입업무를 지원하기 위하여 <그림 2>와 같은 사용자 인터페이스를 지니고 있다.

이 중 필수적으로 사용되는 데이터로는 모션코드, 터미널차, Operator, Booking Agent, 컨테이너 규격, 컨테이너 화물 적재여부, 중량, 차량번호, 양륙항, 적재항 등이 있다. 이외에 수출입구분, 환적구분, 통관유무, 온도, 위험물 여부, 규격 여부 등의 데이터가 있으나 이는 필요한 상황에서만 사용된다.

COPINO 정보는 운송사가 컨테이너터미널로 반드시 전송해야 하는 정보로서 COPINO 정보가 사용되는 이유는 다음과 같다. 첫째, 컨테이너차량의 출입과 컨테이너 반출입에 대하여 컨테이너터미널이 승인할 수 있는 근거정보를 제공하고, 둘째, 컨테이

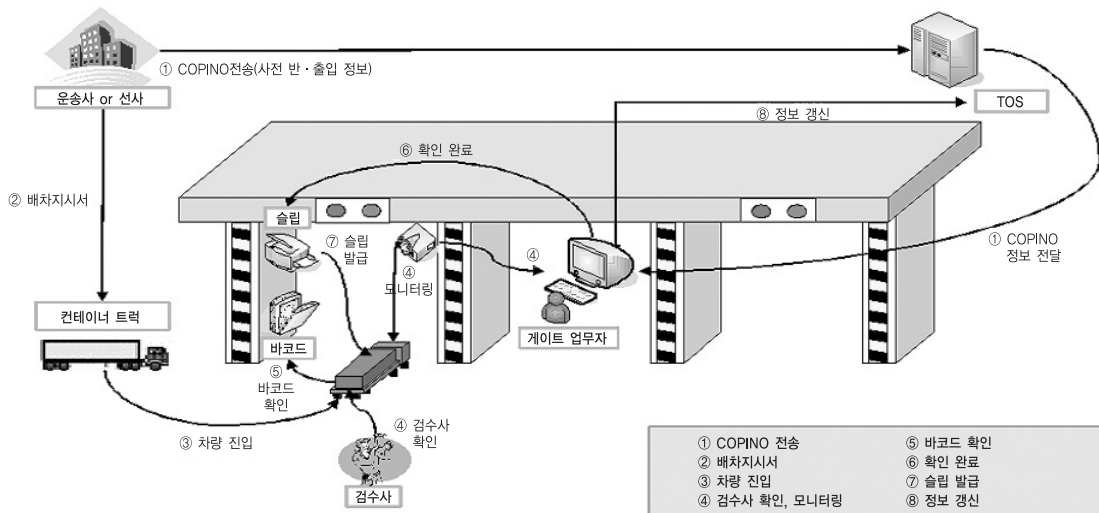


그림 1. 게이트시스템 업무프로세스

3.3 COPINO

컨테이너터미널 게이트에서 업무처리를 하기 위해서 반드시 필요한 정보로는 COPINO(Container Pick-up Notice And Arrival Notice: 사전반출입정보)가 있다. COPINO는 현재 항만물류산업에서 사용되는 EDI(Electronic Data Interchange: 전자자료 교환방식) 전자메시지 중의 하나로서 예전에 EDI 방식을 사용하기 전에는 컨테이너터미널에서 종이문서로 사용되었으나 EDI의 도입 후 전자문서화되어 사용되고 있다. 앞서 업무프로세스에서 설명한 것과 같이 COPINO는 운송사 또는 선사에서 반출입 업무를 위하여 컨테이너터미널로 전송한 정보 중의 하나로서 컨테이너터미널에서는 게이트시스템에서 인식한 차량 및 컨테이너 정보를 앞서 받은 COPINO 정보와 비교·확인하여 정상처리된 것에 한하여 반출입 업무를 처리한다.

터미널에서 COPINO에 있는 데이터(모션, 출발지, 도착지, 컨테이너 번호 등등)를 활용하여 사전에 야드에서의 컨테이너 반출입과 관련된 장치장 계획업무와 안벽 업무를 수행하기 위해서이다. 셋째, 컨테이너 반출입에 관련된 정보를 사전에 전송함으로써



그림 2. COPINO 사용자 인터페이스

써 컨테이너터미널에서의 게이트 업무 시 컨테이너차량이 게이트 Lane에서의 대기시간을 줄이기 위해서이다.

4. 컨테이너터미널 게이트 정체현상 실증 분석

4.1 실측조사 개요

컨테이너터미널 게이트에서의 정체현상에 대한 주요 원인을 파악하기 위하여 국내에서 가장 많은 물동량을 처리하고 있는 부산항의 4개 컨테이너터미널 게이트를 대상으로 16일 동안 실측조사를 실시하였다.

4.2 조사 결과

실측조사 결과 컨테이너터미널 게이트에서 발생하는 정체현상들의 주요 원인으로는 운송사에서 COPINO 정보 입력 시 오류 입력을 함으로써 전송한 정보가 규격에 맞지 않아 TOS가 COPINO 정보를 수신하지 못한 No COPINO의 경우와 운송사에서 COPINO 정보를 전송은 하였으나 정보 자체에 틀려 오류상황으로 분류되는 COPINO 입력 Error, COPINO 정보와 비교·확인 후 컨테이너차량이 이동해야할 장소인 장치장이 터미널은

영정보시스템(TOS)에서 할당되지 않은 장치장 미할당을 비롯하여 Booking Error, Gate System Error, 프레드릭(F/R) 컨테이너 작업 및 기타 운영상의 이유들이 있다. 이와 같은 원인들을 특징과 내용에 따라 구분한 결과 <표 3>과 같이 COPINO에 의한 정체현상, TOS에 의한 정체현상, H/W적인 요소에 정체상황 그리고 운영상의 이유로 인한 정체상황 등으로 구분되었다.

<표 4>와 같이 A 컨테이너터미널 게이트의 경우 16일 동안 측정된 정체현상 원인 중 전체 4,351건 중에서 COPINO에 의한 정체현상 발생률이 전체의 52.5%를 차지하고 있다. COPINO에 의한 발생된 정체현상은 전송한 COPINO 정보가 규격에 맞지 않아서 TOS가 COPINO 정보를 수신하지 못한 것으로 측정된 부분이 가장 많고, 규격에 맞게 COPINO 정보가 전송이 되었으나 정보자체가 틀려 정확한 반출입 업무를 할 수 없는 경우도 포함되어 있다.

운영상의 이유로 발생한 정체현상은 22.1%로 이는 COPINO에 의해 발생된 원인에 비해서는 경미하며, 더욱이 운영상의 이유로 인하여 발생된 정체현상들은 컨테이너터미널게이트에서 반드시 수행되어야 할 업무에 의하여 발생한 것이라서 이는 순수한 정체현상으로 분류하기는 어렵다.

<표 4>는 A 컨테이너터미널 게이트를 대상으로 측정된 결과이며 <표 5>는 A컨테이너터미널 게이트 외에 추가적으로 3개의 컨테이너터미널 게이트들을 같은 기간 동안 실측조사한 것으로서 조사결과와는 앞서 분석된 <표 4>와 거의 유사하다. B사, C사,

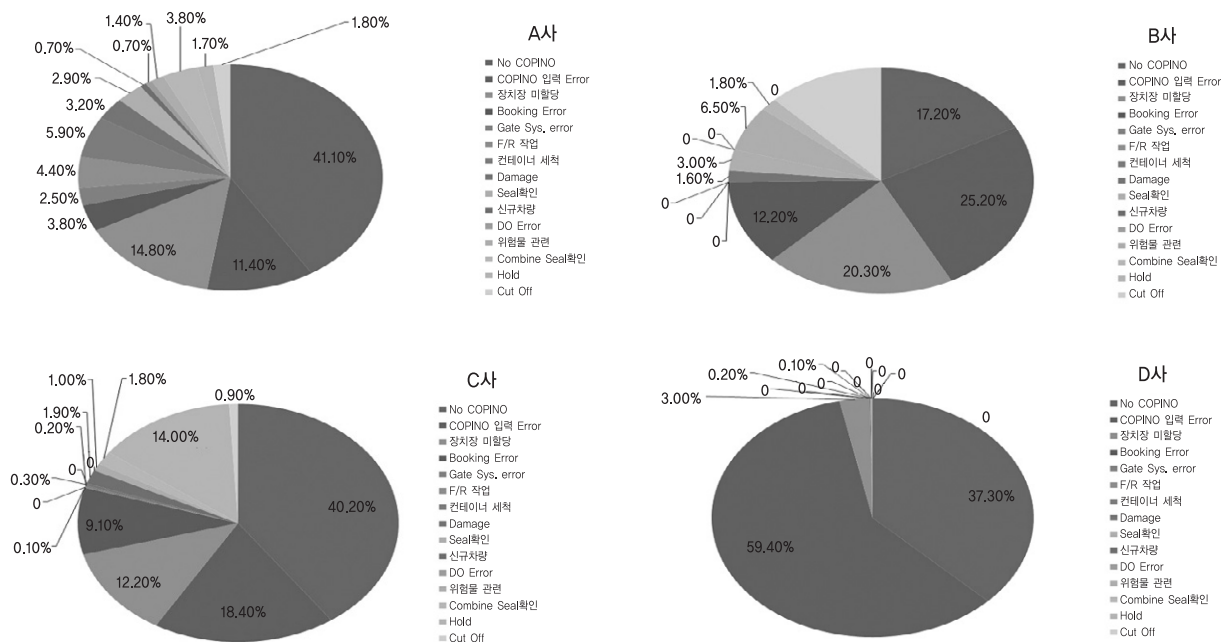


그림 3. 컨테이너터미널 게이트별 정체현상 분석

D사의 경우 측정된 데이터 부분에 공란이 있으나 이는 컨테이너 터미널 게이트마다 On-Dock 서비스 유무 및 운영상의 처리 방식에 따라 차이가 있을 수 있는 것으로 대부분의 문제는 <그림 3>과 같이 EDI 전자문서 중의 하나인 COPINO에 의해 정체현상이 발생함을 알 수 있다.

표 3. 컨테이너터미널 게이트 정체현상 원인

구 분			설 명
COP INO	①	No COPINO	운송사에서 터미널로 COPINO가 전송되지 않거나 정보자체가 규격에 맞지 않아서 수신하지 못한 경우
	②	COPINO입력 Error	COPINO 데이터는 기입이 되었으나 잘못된 데이터가 기입되어 정상 처리 되지 않는 경우
TOS	③	장치장 미할당	TOS에서 반출입할 컨테이너의 장치장 할당을 완료 못한 경우
	④	Booking Error	TOS에서 반출입할 컨테이너의 장치장 할당을 완료 못한 경우
H/W	⑤	Booking Error	Gate Sys. error바코드시스템, CCTV시스템, OCR 시스템 등의 게이트시스템 에러
	⑥	프레드릭 컨테이너(F/R) 작업	규격에 맞지 않는 프레드릭 컨테이너 및 사시로 인하여 게이트시스템에서 정상처리하지 못하는 에러발생
O p e r a t i o n	⑦	컨테이너 세척	선사의 요청에 의해서 컨테이너 내 · 외부에 세척하는 경우
	⑧	Damage	게이트 요원이 컨테이너 내 · 외부에 손상이 발생된 것을 확인
	⑨	Seal 확인	컨테이너 봉인 장치인 Seal 장착 및 파손 유무 확인
	⑩	신규차량	신규차량의 경우 컨테이너터미널에 등록이 되어 있지 않아 오류 발생
	⑪	DO Error	컨테이너터미널 출입과 관련하여 사전에 등록이 되지 않은 차량
	⑫	위험물 관련	위험물에 대하여 신고되지 않은 경우
	⑬	Combine Seal 확인	20ft 컨테이너가 2개가 붙어있는 Combine의 경우 방향문제로 Seal 확인이 불가능함
	⑭	Hold	정산 등 발생한 비용에 대해서 미처리
	⑮	Cut Off	모선에 컨테이너를 선적할 수 있는 시간을 초과한 경우

표 4. A 컨테이너터미널 게이트 정체현상 실측조사

구 분	COPINO		TOS		H/W		Operation										총계
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮		
1월 3일	128	44	62	4	6	6	17	40	3	1	1	1	10	8	1	332	
1월 4일	48	3	60	1	9	17	11	5	7	2	0	3	15	3	1	185	
1월 5일	93	35	32	17	4	11	20	11	6	0	1	3	11	5	7	256	
1월 6일	179	43	60	27	7	33	10	24	3	1	0	10	16	4	8	425	
1월 7일	122	38	59	18	19	22	14	12	15	3	0	8	20	15	3	368	
1월 8일	190	92	58	17	11	25	43	10	10	0	6	10	30	1	5	508	
1월 9일	45	15	10	0	5	0	0	5	10	0	0	0	1	3	3	97	
1월 10일	164	45	56	7	5	10	47	10	20	3	4	6	11	7	11	406	
1월 11일	129	24	55	9	7	3	22	10	1	2	4	0	10	9	1	286	
1월 12일	105	34	68	26	4	11	19	1	15	5	2	8	8	11	1	318	
1월 13일	130	35	40	22	9	35	35	3	3	4	3	3	12	2	5	341	
1월 14일	186	29	52	9	6	9	11	0	9	2	2	4	16	5	1	341	
1월 15일	55	10	13	3	4	9	5	3	10	1	0	3	1	0	1	118	
1월 16일	88	21	5	5	10	0	1	4	8	6	6	0	1	1	4	160	
1월 17일	52	9	7	0	2	0	1	0	6	0	0	1	4	0	2	84	
1월 18일	76	17	5	0	0	0	0	0	2	0	0	2	1	0	23	126	
SUM	1,790	494	642	165	108	191	256	138	128	30	29	62	167	74	77	4,351	
백분율(%)	41.1	11.4	14.8	3.8	2.5	4.4	5.9	3.2	2.9	0.7	0.7	1.4	3.8	1.7	1.8	100.0	
	52.5		18.5		6.9		22.1										100.0

표 5. 부산항 주요 컨테이너터미널 4개사에서의 정체현상 실측조사

구 분	COPINO		TOS		H/W		Operation										총계
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮		
A사	41.1%	11.4%	14.8%	3.8%	2.5%	4.4%	5.9%	3.2%	2.9%	0.7%	0.7%	1.4%	3.8%	1.7%	1.8%	100.0%	
B사	17.2%	25.2%	20.3%	12.2%	-	-	-	1.6%	3.0%	-	-	6.5%	1.8%	-	12.3%	100.0%	
C사	40.2%	18.4%	12.2%	9.1%	0.1%	-	0.2%	0.3%	-	1.9%	-	1.0%	1.8%	14.0%	0.9%	100.0%	
D사	37.3%	59.4%	3.0%	-	-	-	-	0.1%	-	-	-	0.2%	-	-	-	100.0%	

4.3 정체현상 원인 분석

컨테이너터미널 게이트에서의 정체현상들은 주로 COPINO에 의해서 발생되었으며 COPINO에서 주된 문제점이 생기는 원인을 컨테이너터미널 운영팀 및 정보화팀의 실무자들을 대상으로 인터뷰한 결과, 발생 원인으로는 운송업체의 인적자원 문제와 운영 및 시스템 상의 문제점 등 크게 2가지로 분류되었다.

인적자원과 관련한 문제점으로는 대형운송업체의 경우 화물 운송 시, 배차지시부서에서 COPINO 정보를 전송하는 전문 인력이 여러 명이 있으므로 정보 전송 시, 데이터의 오입력 및 오전송이 적게 발생하고 여러 명의 전문 인력이 교대 근무를 통해 야근 근무 시의도 큰 문제가 발생하지 않았다. 하지만 중소형운송업체의 경우 COPINO 정보를 전송하는 전문 인력이 없으며 COPINO 정보 전송 시, 데이터의 오입력 및 오전송 등의 문제가 많이 발생하고 있다. 또한 야간 근무 시에는 전혀 COPINO 전송 업무를 해보지 않은 사람이 갑자기 COPINO 정보를 전송을 해야 하는 상황이 발생하고 이로 인해 COPINO 정보 전송 시 오류가 많이 발생하였다.

운영 및 시스템 상의 문제로는 대형운송업체의 경우, COPINO 정보 오류 시 이를 보정해주는 정보시스템을 사용하고 있어서 COPINO로 인한 문제점을 최소화하고 있다. 하지만 중소형운송업체의 경우에는 위와 같은 정보시스템에 투자할 비용이 없으며 또한 시스템이 있더라도 이를 사용할 수 있는 인력이 없는 관계로 COPINO 정보 전송 시, 오류가 발생해도 시스템 상에서 보정할 수 있는 방법이 없다.

5. 문제점 및 개선방안 분석

5.1 정체현상으로 인해 발생하는 문제점

4장에서의 내용과 같이 컨테이너터미널 게이트에서는 COPINO, TOS, H/W 및 Operation 상의 이유로 차량이 정체하는 현상이 발생하고 이는 컨테이너터미널을 비롯하여 관련 주

체들에게 직간접적인 문제들을 발생시킨다.

직접적인 문제로 컨테이너터미널에서 차량이 컨테이너를 반출입하기 위하여 게이트 Lane을 통과하여야 하나 COPINO에 의한 오류상황이 발생하면 일반적으로 게이트 Lane에서 차량을 정차시켜둔 상태로 문제를 해결하려한다. 이로 인해 현재 사용 중인 게이트 Lane을 다른 차량이 사용하지 못하게 되는 경우가 비일비재하다. 또한 A와 B 컨테이너터미널의 경우 위와 같은 문제점을 해결하기 위해서 차량이 정체되는 현상이 발생하면 차량을 별도의 장소로 이동시켜서 문제를 해결하려고 하였으나 계속적으로 정체현상이 발생되면 사전에 준비해둔 대기장소(Buffer Area)까지 혼잡해 지는 경우가 발생하고 있다. 즉 문제해결을 하기 위한 별도의 차량 대기장소, 게이트 Lane 그리고 터미널 주변 도로까지 혼잡해지는 상황이 발생하고 있다.

간접적으로는 운송사 입장에서 컨테이너터미널 게이트에서 COPINO에 의한 업무처리상의 오류나 정체현상이 발생하였을 때 COPINO를 재전송으로 함으로써 EDI 전송비용의 증가라는 별도의 운영비용이 증가한다. 그리고 컨테이너터미널 입장에서는 COPINO로 인하여 발생한 문제점들을 해결하기 위하여 진입로 통제를 하기 위한 별도의 운영인력이 추가되어야 하며 또한 게이트에서의 정체현상으로 인하여 컨테이너터미널에서는 사전에 정해진 시간 내에 반출입작업과 컨테이너를 야드에 적재하는 작업을 하지 못함으로써 사전에 정해진 장치장 업무 계획에 변동이 발생하게 된다. 그 결과 추가적인 장치장 Planning 작업이 되어야 하며 이를 위해서 업무상 계획되지 않은 하역장비를 다시 사용하여야 하므로 시간과 비용적인 부담이 증가된다.

이외에 고객인 선사의 선박출항시간에도 영향을 미칠 수 있으며, 반출업무의 경우 화주에게 정해진 시간 내에 컨테이너를 운송하게 되어있으나 이를 지키지 못함으로써 운송사와 컨테이너터미널의 서비스 인지도가 하락하는 문제점들이 발생할 수도 있다.

5.2 개선방안

문제점들을 해결하기 위한 방안을 찾기 위하여 부산항에 위치

하고 있는 A, B, C, D 컨테이너터미널 운영팀 및 정보화팀의 실무자와 운송사에서 배차지시 업무를 담당하고 있는 관련 분야 전문가들을 대상으로 개선방안을 수렴하였으며 그 결과 정보시스템 관점, 운영 관점, 법·제도적 관점 등 3가지 관점으로 정리될 수가 있었다.

정보시스템 관점에서의 개선 방안으로는 SMS 문자서비스, 메신저 서비스, 전용 디스플레이 장비, 방송 장비 등을 활용한 방안이 있다. SMS 문자서비스 방안은 COPINO 수신 시 발생한 에러사항을 TOS를 통하여 운송사의 담당자에게 핸드폰 SMS를 발송하고, 담당자가 확인 후 다시 COPINO를 보낼 수 있도록 하는 것이고, 메신저 서비스 방안은 터미널과 운송사 담당자 간에 전용 메신저 프로그램을 설치하여 오류 발생 시, 설치된 메신저를 통하여 상황을 전달하고 COPINO를 재전송할 수 있도록 하는 것이다. 전용 Display 장비를 활용하는 방안은 컨테이너 차량에 WebPDA 등의 무선단말기를 장착하여 터미널과 차량 운전자 간에 직접적인 커뮤니케이션을 함으로써 운전자가 문제를 해결할 수 있게 하는 방안이다. 마지막으로 방송 장비를 활용하는 방안은 컨테이너터미널 게이트에 방송장비를 활용하여 오류상황 발

생 시 방송장비를 통하여 문제를 확인하고 이를 해결하는 방안이다.

운영 관점에서는 운송사의 COPINO 오류사항을 줄이기 위해서 인센티브 제도와 페널티 제도를 활용하는 방안이 있다. 인센티브 제도는 COPINO를 지속적으로 정확히 전송하는 업체에게는 하역 및 운송 요금 할인 등의 서비스와 컨테이너 반출이 업무시 우선적으로 업무를 처리해줌으로써 COPINO와 관련하여 오류가 발생하지 않게 하는 방안이다. 페널티 제도는 인센티브 제도와 반대의 개념으로 COPINO와 관련하여 오류상황을 발생시키는 운송사와 운전자들을 대상으로 별도의 요금부과 및 업무처리 우선권을 낮게 하는 것으로 이를 통하여 COPINO 오류 발생률을 낮추고자 하는 방안이다.

마지막으로 법·제도적인 관점은 정보시스템 및 운영 등의 개선방안보다 간접적인 개선방안으로 현재 기관마다 조금씩 상이한 COPINO 포맷을 표준화하고, 입력데이터의 간소화 및 인터페이스 개선을 통하여 사용자가 사용하기 편리한 COPINO 포맷을 제정함으로써 COPINO 사용 시 오류발생률을 낮추고자 하는 방안이다.

앞서 설명된 개선방안들의 주요 기대효과는 <표 6>과 같이 COPINO와 관련하여 발생되는 문제점을 해결하는 것이다.

표 6. 기대효과

구 분	개선방안	기대효과
정보 시스템 관점	SMS	COPINO와 관련하여 발생된 문제들을 실시간으로 해결할 수 있는 방안으로 단기적인 관점에서 COPINO 문제점을 해결할 수 있음
	메신저서비스	
	전용 Display 장비	
	방송 장비	
운영 관점	인센티브	신규 정보시스템의 도입이 없더라도 적용 가능한 방안으로 중장기적 관점에서 COPINO와 관련하여 발생되는 문제점을 해결할 수 있음
	페널티 제도	
법·제도 관점	표준 EDI 제정 및 쉬운 포맷	관련 법·제도 등을 정비하는 장기적 관점으로 COPINO와 관련하여 발생되는 근본적인 문제점을 해결할 수 있음

5.3 개선방안 분석

제시된 개선방안들을 현재 컨테이너터미널 및 운송사에 적용함에 있어 기대효과보다 더 많은 비용을 필요로 하거나 아니면 현 시점의 기술수준 및 터미널의 운영 상황에 따라 적용하기 어려운 방안들이 있을 수 있다. 또한 방안들 중에서 컨테이너터미널에 적용하더라도 사용자들이 사용하기 불편하다면 결과적으로 사용도가 떨어져서 사용되지 않을 수 있다. 이러한 문제점을 고려하여 컨테이너터미널에 적용하기 위해서는 제시된 개선방안들을 아래의 <표 7>과 같이 비용, 기술적/운영적 타당성 그리고 편리성 등의 기준으로 분석하여 다시 한 번 의사결정을 내릴 필요

표 7. 개선방안 분석

구 분		정보시스템 관점				운영 관점		법·제도 관점
		SMS	메신저 서비스	전용 Display 장비	방송 장비	인센티브	페널티 제도	표준 EDI 제정 및 쉬운 포맷
비용	설치	낮음	매우 낮음	매우 높음	높음	-	-	매우 높음
	운영	낮음	매우 낮음	높음	보통	-	-	낮음
기술/운영 타당성		매우 높음	매우 높음	높음	매우 높음	높음	높음	보통
편리성		매우 높음	매우 높음	매우 높음	낮음	-	-	높음
적용 기간		단기적용 가능	단기적용 가능	중장기적용 가능	단기 적용 가능	중장기 적용 가능	중장기 적용 가능	장기 적용 가능

가 있다.

분석결과, 정보시스템 관점의 경우 WebPAD 등의 무선단말기를 사용하는 전용 Display 장비 대안을 제외하고는 대체적으로 설치 및 운영비용이 적게 들고 또한 기술/운영 타당성과 편리성이 높은 편이다. 운영 관점의 경우 시스템을 구축/운영하기 위한 별도의 비용과 필요하지 않으며, 운영적 타당성이 높은 편이다. 표준 EDI 제정 및 사용하기 용이한 COPINO 포맷을 개발하는 법·제도 관점의 경우 개발하는데 오랜 기간과 비용이 소모되나 개발된 이후에는 COPINO 사용과 관련하여 높은 편리성을 가질 수 있다.

그리고 분석된 방안들을 합리적으로 수용하기 위해서는 컨테이너터미널과 운송사가 적용 기간과 효율성을 고려하여야 하며, 단기간에 효율을 보고자 하는 경우 적용기간이 상대적으로 적게 걸리는 정보시스템 관점을, 장기간에 걸쳐 지속적인 효율을 보고자 할 때에는 적용 기간이 중장기적인 운영 관점과 법·제도 관점을 수용할 필요가 있다.

각 방안들의 실제 적용에 앞서 반드시 예상되는 예외사항들을 고려하여야 한다. 정보시스템 관점의 SMS를 사용하는 방안은 컨테이너차량에 따라 운전사가 몇 명이 배속되어 있어, 이 경우 핸드폰의 개수도 복수개가 되므로 SMS 발송 시 해당 운전사가 관련 정보를 수신하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 방송장비의 경우 컨테이너터미널 게이트에서의 소음으로 인하여 구축된 장비가 무용지물이 될 수가 있다. 운영 관점에서의 페널티 제도는 과도한 벌금부과 및 업무지연 시 처음 기대했던 효과와는 다르게 역효과가 일어날 수 있음을 고려해야한다. 법·제도 관점의 표준 EDI 제정의 경우 충분한 사용자 요구사항의 조사가 없이 진행될 경우, 새롭게 제정됨에도 불구하고 사용자가 사용하기 불편하여 사용하지 못할 수 있는 경우도 고려해야한다.

6. 결론

본 연구에서는 컨테이너터미널 게이트에서 발생하는 정체현상의 원인을 파악하기 위하여 실증조사를 통하여 그 원인을 파악하고자 하였다. 그 결과 COPINO, TOS, H/W 및 운영상의 문제점 등으로 구분이 될 수 있었으며, 이 중 주요 원인으로는 COPINO에 의한 것으로 분석되었다. 정체현상의 주요 원인인 COPINO에서 문제점이 발생하는 원인을 분석하기 위하여 전문가 인터뷰를 실시한 결과, 운송사에서의 인적자원 문제와 운영 및 시스템 상의 문제점 등으로 구분이 되었으며, 이를 해결하기 위한 개선방안으로 정보시스템 관점, 운영 관점, 법·제도 관점에서의 개선방안이 제시되었다.

각 개선방안들에 대하여 비용, 기술/운영 타당성, 편리성을 기준으로 분석하고 이를 합리적으로 수용하기 위해서는 사용자들의 효율성과 적용 기간 그리고 예상되는 예외사항들을 고려해야 함을 알 수 있다.

본 연구는 컨테이너터미널 게이트의 업무 생산성과 효율성에 영향을 미치는 문제점들에 대하여 실증조사를 통하여 그 원인을 분석하고자 하였으며, 본 연구를 통해 게이트에서의 정체현상을 감소시킴으로서 컨테이너터미널 전체의 생산성 향상과 주요 고객인 화주 및 선사에 대한 고객 서비스를 향상시킬 수 있을 것으로 기대가 된다.

향후 연구방향으로는 제시한 개선방안 등을 실제 컨테이너터미널에 적용함으로써 얻을 수 있는 효과를 분석하고자 하며 또한 COPINO 이외에 정체현상의 원인으로 분석되었던 TOS, H/W 및 운영상의 문제점들에 대해서도 개선방안을 제시하고자 한다.

참고 문헌

- [1] 국토해양부(2006), 초대형 컨테이너선용 항만기술연구, 제 1권
- [2] KMI(2002), 우리나라 컨테이너부두 생산성 향상방안 연구
- [3] KMI(2005), 컨테이너터미널의 리모델링 방안 연구, 기본 연구보고서
- [4] 김진길(2000), 컨테이너 차량용 자동 게이트 통관 시스템 개발, 정보통신연구소논문지, Vol. 8, No. 1, pp. 159~164
- [5] 신중조(2007), 무선통신과 Digital Media 기반 무정차 자동화 게이트시스템 개발, EJIT, Vol. 6, No. 2, pp. 151~163
- [6] 이석용(2006), RFID 기반의 컨테이너터미널 게이트 자동화 시스템 개발에 관한 연구, Vol. 15, No. 3, pp. 187~211
- [7] 이선용(2005), 무정차 자동화 게이트시스템 기술개발 방안에 관한 연구, 월간해양한국, No.8, pp. 96~102
- [8] 이충훈(2007), 항만컨테이너터미널 게이트 입/출입 관리에서의 RFID적용에 관한 실증 연구, 산업공학, Vol. 20, No. 1, pp. 69~78
- [9] 최형림(2007), RFID/OCR 기반의 자동화 게이트시스템 개발, 한국산업정보학회논문지, 제12권, 제2호, pp. 37~48
- [10] 최형림(2005), 유비쿼터스 컨테이너터미널 구현을 위한 무정차 자동화게이트 시스템 기술개발에 관한 연구, 한국

지능정보시스템학회 학술대회논문집, Vol. 1, No. 1, pp.
149~158

[11] 홍승범(2000), 화물차량 및 화물 인식 중 자동 게이트 시스템의 구현, 한국항공운항학회지, Vol. 12, No. 2, pp.
43~58

[12] HPC(2004), State of the art gate technology and future development



최형림

서울대학교 경영학과 학사
KAIST 경영과학과 석사
KAIST 경영과학과 박사
현재 : 동아대학교 항만물류시스템학과
교수
관심분야 : RFID/USN, 항만물류



김재중

서울대학교 해양학과 학사
서울대학교 토목공학과 석사
서울대학교 토목공학과 박사
현재 : 동아대학교 항만물류시스템학과
교수
관심분야 : 항만계획, 항만운영



손정락

동서대학교 컴퓨터공학과 학사
현재 : 동아대학교 항만물류시스템학과
석사과정
관심분야 : RFID/USN, 시뮬레이션,
항만물류



최성필

동명대학교 경영정보학과 학사
현재 : 동아대학교 항만물류시스템학과
석사과정
관심분야 : RFID/USN, 항만물류



김채수

동아대학교 산업공학과 학사
KAIST 산업공학과 석사
KAIST 산업공학과 박사
현재 : 동아대학교 산업공학과 부교수
관심분야 : 물류시스템설계, 항만효율화



신중조

동아대학교 경영정보과학부 학사
동아대학교 경영정보학과 석사
현재 : 동아대학교 경영정보학과
박사수료
관심분야 : RFID/USN, 항만물류

화주기업과 3자 물류기업의 신뢰 형성에 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 상하이의 중국기업을 대상으로

이명무* · 유승훈* · 김윤호**†

*우송대학교 국제경영학부 · **한국외국어대학교 일본연구소

A Study on Factors affecting Formation of Trust between Logistics user and third-party Logistics providers in China

Myung-Moo Lee* · Seung-Hun Yu* · Yun-Ho Kim**†

*Department of International Business, Woosong University

**Institute of Japanese Studies, HUFS

With increased global competition and higher customer expectations, logistics outsourcing has become a rapidly expanding source of competitive advantage and logistics cost savings. An increasing number of companies are outsourcing their logistics activities to third-party logistics (3PL) firms so that they can concentrate on their core competencies. Using China's emerging logistics industry as a backdrop, the present study focuses on how to build trust between logistics users and 3PL providers and explores how trust influences logistics users' performance. The findings indicate that logistics users' satisfaction with prior interactions with logistics providers, 3PL provider's shared values, 3PL provider's participation, 3PL provider's learning capacity, 3PL provider's information sharing and 3PL provider's communication are key determinants of logistics users' level of trust towards 3PL providers. Additionally, logistics users' trust may facilitate their performance towards 3PL providers. Our findings suggest that increasing the level of trust in China's 3PL relationships would greatly improve the efficiency of China's 3PL practitioners by reducing the substantial monitoring costs required in today's environment to make sure that the interests of both parties are being addressed.

Keywords: Third-party Logistics, 3PL, Logistics, Trust, China

1. 서론

물류 아웃소싱은 기업의 물류 비용절감과 경쟁적 우위를 확보하기 위한 수단으로 전세계적으로 확산되고 있다(Mitra, 2006; Perrons et al., 2005). 글로벌 경쟁 격화와 높아진 고객 기대치

† Corresponding author: Institute of Japanese Studies, HUFS, 270 Imun-Dong, Dongdaemun-Gu, Seoul 130-791, S. Korea

Tel : +82-16-317-0575 E-mail : kic555@empas.com

* 2009년 3월 31일 투고, 2009년 9월 13일 수정본 접수, 2009년 10월 8일 게재 확정.

로 인하여 최근에 기업들은 핵심역량에 한곳에 집중하기 위해 3자 물류기업(third-party logistics firms)에 물류 활동을 아웃소싱하는 사례가 늘어나고 있다.

중국은 고도의 경제성장으로 내수시장이 확대되었으며, 이를 바탕으로 국내의 물류산업의 발전적 토대를 마련하였다. 또한 중국의 대외교역 급증은 중국경제의 성장과 함께 국외 물류수요의 급증을 가져왔다. 이와 같이 중국을 중심으로 한 다국적기업의 글로벌 생산네트워크 확대됨으로 인해 세계 물류네트워크가 중국을 중심으로 재편되고 있다.

2006년 기준으로 포춘지 선정 세계 500대 기업 중 470개 기업이 중국에 진출하여 '세계의 공장'으로서 역할을 하고 있다. 2001에 중국의 GDP(국내총생산)가 13,000억 달러에서 2005년 22,000억 달러로 증가하여 '세계의 시장'으로서도 중요성이 부각되고 있다. 이러한 중국의 수출입 물동량 확대와 시장의 성장은 중국의 물류 수요를 급격히 증가시켰으며, 중국내의 대형 공항과 항만이 세계 물류 시장에서 새로운 국제 물류 거점으로 급부상하는 계기를 제공해주고 있다.

물류는 중국에서 가장 빠르게 성장하는 산업 중 하나이다. 2005년 중국 물류 시장은 약 48.1조 위안 규모로 전년 대비 25.2%의 증가를 보였으며, 물류 산업의 부가가치는 1.2조 위안으로 전년 대비 12.5% 성장하였다. 중국 정부는 '11차 5개년 계획(2006-2010년)' 기간 동안 물류 수요의 증가뿐만 아니라 물류비의 절감을 주요 목표로 설정하고 있다.

2005년 기준으로 중국의 GDP 대비 물류비는 18%를 상회하여 미국 9.9%, 일본 11.4%에 비해 큰 차이를 보이고 있다. 중국의 GDP대비 재고 상품 비중이 6%와 평균 재고기간이 33-45일로서 미국과 일본의 재고상품 비중 1%, 평균 재고기간 10일 이하에 비해 낙후된 물류 효율성을 보이고 있다. 또한 2005년 중국의 3자 물류 비율도 18%에 그침으로써 미국 75%, 일본 80%에 비해 4배에 가까운 격차를 보이고 있다. 물류 산업 전체의 수익률도 미국과 일본에 비해 많이 낮아서 물류 서비스의 부가가치가 매우 낮은 편이다(문상영, 2007).

대부분의 중국 물류 기업들은 전통적 물류 기업에 속하며 낙후된 메커니즘 및 관리 방식, 낮은 효율성 등으로 현대적인 물류 서비스 수요를 따라가지 못하고 있다. 그러나 WTO 가입 이후, 일부 전통적 대형 국유 물류 기업들은 구조 조정 및 M&A 등을 통해 현대화, 전문화된 3자 물류 기업의 방향으로 발전하려고 변신 중이다.

중국의 물류 수요의 증가에 따라 2005년 중국의 3자 물류 시장의 규모가 전년 대비 30% 증가한 1,000억 위안을 넘어선 것으로 추정된다. 현재 중국의 3자 물류시장은 아직 초보적 단계이지만, WTO가입에 따라 중국 물류 산업의 개방화, 규범화가 본격적

으로 진행되고 있다. 중국 정부도 3자 물류가 물류비 절감과 선진화된 물류 시스템임을 인식하고 3자 물류에 대한 정책적 지원을 통해 물류 산업의 발전과 효율성 제고에 관심을 기울이고 있다.

물류기업간 관계에 대한 연구에서 신뢰가 중요한 변수임에도 불구하고, 신뢰에 관한 선행 연구는 비교적 드문 편이다(Maloni et al., 2006; Mitra, 2006). 특히 물류에서 다양한 종류의 글로벌 아웃소싱이 이루어지는 상황에서 그 중심으로 부상하고 있는 중국의 3자 물류 시장을 대상으로 한 신뢰에 대한 연구는 매우 드물다.

중국내에서 외국 기업의 경쟁이 늘어나는 상황에서 중국의 물류시장에 대한 정확한 이해는 한국 기업의 경쟁 우위 확보를 위한 중요한 원천이 된다. 또한 중국에서 물류 아웃소싱관계에서 신뢰의 성격은 동양적 사고에 바탕을 둔 연구가 필요하다.

한국과 중국 두 나라는 다 같이 동북아에 위치하고 있고, 물류 아웃소싱의 활성화를 통해 물류산업의 고도화를 이루어야 하는 동일한 과제에 직면하고 있다. 특히 한국은 수출을 통해 지속적인 경제성장을 추구할 수밖에 없기 때문에 최대 수출시장인 중국을 적극 공략하기 위해서는 물류비 절감으로 인한 수출상품의 경쟁력 확보가 절실한 상황이다.

본 연구의 목적은 세계 물류의 중심거점으로 떠오르고 있는 동북아 지역에서 한국과 더불어 동북아 물류 주도권을 다투고 있는 중국의 3자 물류 실태를 파악하고자 한다. 이를 위해 화주와 3자 물류 기업간의 어떠한 파트너십 요인이 파트너간 신뢰형성에 유의한 영향을 미치는지, 화주와 3자 물류 기업간 형성된 물류성과에 신뢰와 몰입이 어떠한 영향을 주는지를 살펴보고자 한다.

이러한 연구를 통하여 거대한 잠재력을 갖고 있는 중국 시장으로의 진출을 서두르고 있는 물류 기업에게는 중국의 3자 물류시장에 대한 전략적 대응 방안을 제시할 것이며, 정부 차원에서는 동북아 물류 허브를 지향하면서 물류 기업의 육성과 적극적 해외 진출을 지원하는 정책적인 시사점을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 이론적 배경

2.1 3자 물류 파트너십 모델 연구

과거에 회사 내부에서 수행되었던 물류 활동이 최근에는 일부 분 또는 전부를 아웃소싱하고 있다. 이러한 것을 '물류 아웃소싱', '물류 제휴', '3자 물류', '계약 물류', '계약 유통' 등이란 용어로 사용하고 있다(Aertsen, 1993; Bowersox, 1990; Lieb, 1992). 이들은 정의들은 제공된 서비스, 관계의 기간과 성격, 아

아웃소싱 계약, 공급사슬상의 물류 프로세스나 역할 등의 다양한 측면을 강조하고 있다.

3자 물류는 독립된 수송이나 창고 기능이라기보다는 복수, 추가 서비스를 제공하는 활동과 연결되어 있다(Leahy et al., 1995). 최근 3자 물류는 물류서비스의 일회성 구매라기보다는 공식적 계약에 기초하고 있다.

3자 물류에 관한 파트너십 모델에 대한 다양한 연구가 이루어져 왔는데, Bagchi et al.(1998)은 이를 필요성의 인식 단계, 계획 단계, 평가 단계로 구분하였다. 또한 Gardner et al.(1994)은 파트너 선택 및 관계 설계, 평가를 3자 물류 파트너십 구축 프로세스에서 핵심 단계로 정의하였다. Lambert et al.(1999)은 관계형성(자산/비용 효율성), 요인 촉진(문화적 친화성), 핵심 파트너십 요소(합동 계획 및 통제), 3자 물류 협력의 결과물(향상된 고객 서비스와 경쟁 우위)을 3자 물류의 파트너십 형성을 위한 핵심 요인이라고 강조하였다.

Knemeyer et al.(2003)은 3자 물류의 상황에서 파트너십 개발의 수준을 실험적으로 조사하였다. Moore et al.(1999)은 물류 서비스업체와 화주사이에 공평, 신뢰, 몰입을 사회적 교환 관점에서 적용하여 연구를 진행하였다.

협력적 3자 물류 관계는 새로운 경쟁력 개발과 혁신을 이끌고, 파트너가 개방적으로 정보를 공유하고 그들의 지식과 기술을 공유하는 것을 이끌어 낼 수 있다(Halldorsson et al., 2004). 또한 조직적 학습도 3자 물류서비스의 향상과 혁신을 촉진하기 위한 중요한 요소라고 조사되고 있다(Chapman et al., 2003; Panayides, 2007; Panayides et al., 2005).

2.2 물류아웃소싱과 신뢰에 관한 연구

신뢰는 사회관계에서 흔히 사용되어 온 일상적 개념이다. 하지만 신뢰의 본질과 구조가 체계적으로 연구되기 시작한 것은 최근의 일이다. 신뢰에 대한 전통적인 개념은 다른 사람의 말을 신뢰할 수 있는 개개인의 일반적인 기대감으로 정의하고 있다(Rotter, 1967). 즉 다른 사람의 정직성에서의 자신감을 가지는 것으로 정의했다(Evans et al., 1990). 이런 전통적인 신뢰에 대한 개념은 관계마케팅 영역에서 의미가 더욱 발전하였다. Moorman et al.(1993)은 신뢰란 사람들이 믿는 교환 파트너(기업)에 기꺼이 의존할 수 있는 마음이라고 정의하였다. 또한 Morgan et al.(1994)은 교환 파트너의 믿음과 정직에서 나오는 확신이라고 정의하였다.

서비스 마케팅 분야에서 Parasuraman et al.(1991)은 고객 기업간의 관계는 반드시 신뢰가 전제되어야 한다고 강조하였다. 전략적 제휴에 있어서 Sherman et al.(1992)은 제휴의 성공에

가장 큰 장애는 신뢰의 부족이라고 하였다. 소매 분야에 있어서 Berry(1995)는 신뢰가 상표 충성도의 기초가 된다고 하였다. 또한 신뢰는 산업 마케팅과 구매 집단에 의해 수행된 연구에서도 계속 중요한 것으로 간주되었다(Ford, 1980; Hakansson, 1982).

신뢰는 조직간 협력과 경제적 효율성을 높이는데 중요한 선행 요인이다(Sako, 1991; Smith et al., 1995). 신뢰는 구매자와 공급자 관계에서 경쟁 우위를 가져오는 주요 원천이 되고 있다. 즉 신뢰는 낮은 거래처리 비용(Sako, 1991), 특허 자산의 투자 촉진(Dyer, 1996), 정보 공유의 순위를 제공(Fruin, 1992)한다.

Doney et al.(1997)은 교환 관계가 장기적인 시간을 가질 때 이전 비즈니스 에피소드의 결과물은 이어지는 상호작용의 프레임워크를 제공한다고 주장하였다. 공유된 시간이 길어질수록, 개발을 위한 가장 중요한 단계를 성공적으로 극복하기 위한 관계를 암시하게 되고, 각각의 특이한 행동과 미래의 행위를 이해하는데 도움을 준다. 마지막으로 장기간 상호작용은 관계 파트너의 윤리적 특성에 대한 시야를 제공하고, 파트너를 정확하게 이해하는데 도움을 준다(Hill, 1990; Barney et al., 1994).

기존 실증적 연구는 신뢰가 관계 기간에 긍정적 연결을 보인다고 설명한다. 예를 들면 Coulter(2002)의 연구에 따르면 공급자에 대한 고객의 신뢰는 관계의 시간이 늘어날수록 늘어난다고 주장하였다. Anderson et al.(1989)은 신뢰는 관계 기간에 따라 증가한다고 주장하였으며, Dyer et al.(2000)은 관계의 기간은 신뢰에서 유의하고 긍정적인 영향을 준다고 주장하였다.

Ganesan(1994)은 판매자의 평판이 지각된 신뢰성에 큰 영향을 미친다고 주장하였다. Kwon et al.(2004)은 파트너의 평판은 공급사슬 구성원간의 신뢰의 수준에 유의하고 긍정적인 영향을 미친다고 주장하였다. 동시에 보다 나은 평판을 가진 회사는 좀 더 신뢰할 수 있다고 주장하였다.

마케팅 관계성에서 서비스 경험은 구매자와 판매자간 관계성을 증진시키고, 신뢰를 향상시킬 수 있는 핵심 기회를 제공한다(Bitner, 1995; Papler et al., 2007). 경로 종속성의 개념에 따른 일관성(Cohen et al., 1990)과 선행적 긍정적 경험은 신뢰 형성에 긍정적인 모습을 보이며, 보다 신뢰를 구축할 수 있는 환경으로 이끌어 간다(Kwon et al., 2004). 3자 물류 사용자는 만족한 경험을 공유하는 3자 물류 업체를 더 신뢰한다.

Cheng(2001)은 경험적 거래 처리를 가진 고객의 높은 만족은 더 쉽게 공급자에게 신뢰를 제공한다. Batt(2003)는 만약 파트너십이 상호간에 만족한 결과물을 낼 수 있다면 신뢰는 더욱 확장될 것이라고 주장했고, Suh(2004)는 파트너십은 공급사슬 구성원간 신뢰에 깊게 관계되어 있다.

협력업체와의 파트너십은 신뢰를 바탕으로 지속적으로 협력

하는 몰입을 통해 형성이 가능하며 단기적 비용 절감의 성과를 추구하기 보다는 장기적으로 협력업체와의 관계 개선을 통하여 전략적 우위를 달성하는 것이다(Anderson et al., 1994).

Cheng et al.(2008)은 대만의 주요 농업제조회사 288개를 대상으로 한 연구 결과에서 신뢰는 조직간 지식 공유에 영향을 미치는 핵심 요인이며, 참여와 커뮤니케이션은 신뢰에 긍정적인 영향을 미치고, 기회주의적 행위는 신뢰에 부정적인 영향을 미친다고 주장하였다.

Tian et al.(2008)은 중국의 물류아웃소싱을 이용하고 있는 115개 기업을 대상으로 조사한 결과 물류제공업체와 사전 상호작용을 통한 만족, 3자 물류기업의 관계특화투자, 3자 물류기업의 정보공유, 3자 물류기업의 평판이 기업의 3자 물류기업에 대한 신뢰의 수준을 결정하는데 중요 요소라고 주장하였으며, 기업의 신뢰가 3자 물류기업을 향한 충성도를 촉진시킨다고 주장하였다.

3. 연구 모형 및 가설

3.1 연구 모형

기존 중국의 3자 물류 아웃소싱에 관한 연구(Anderson et al., 1994; Leahy et al., 1995; Ravald et al., 1996; Selnes, 1998; Kwon et al., 2004; Cheng, 2001)는 아직 중국의 시장 구조, 높은 경제성장, 사회적 이동 등과 같은 중국 특유의 문화에 입각한 고객 행위를 고려하지 않고 서구적 방식의 이론 적용이 이루어져 왔다(Zhao et al., 2006). 따라서 중국의 물류 아웃소싱 시장에서 신뢰와 성과의 연구는 이러한 중국적 상황에 바탕을 둔 동양적 관점에서 연구되어야 할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 중국적 상황을 반영하여, 물류 아웃소싱의 파트너십 형성요인으로 공유가치, 참여, 학습능력, 정보공유, 커뮤니케이션 등을 선정하였다. 또한 이러한 파트너십 형성요인이 성과에 미치는 영향을 살펴보고, 파트너십 형성 요인과 성과 사이에 신뢰와 몰입의 매개효과를 검증하고자 하였다.

이를 위해 본 연구에서는 기존의 3자 물류의 문헌 연구에서 도출되어 온 특성요인 항목들에 중국적 특성을 반영한 요인을 추가하여 연구모형을 구성하고 이를 중국 상하이의 중국 물류 기업을 대상으로 실증연구를 실시하였다.

본 연구에서 독립변수로 설정한 공유가치, 참여, 학습능력, 정보공유, 커뮤니케이션 등이 성과에 어떠한 영향을 미치며, 신뢰, 몰입이 공유가치, 참여, 학습능력, 정보공유, 커뮤니케이션과 성과에 어떤 매개 역할을 하는지를 알아보기 위한 연구가설은 그림

1과 같다.

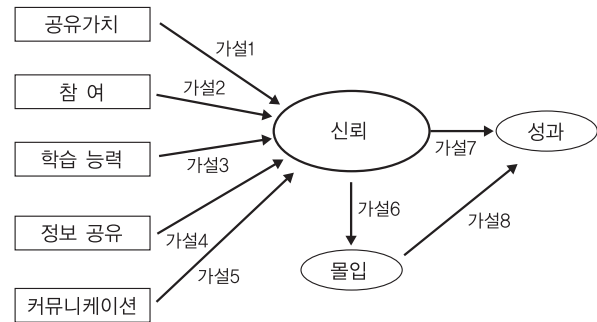


그림 1. 연구 가설 모형도

3.2 연구 가설

3.2.1 공유 가치(Shared Values)

공유 가치의 개념은 행위, 목표, 정책 등이 중요하거나 중요하지 않거나, 적절하거나 적절하지 않거나, 좋거나 나쁘거나 등에 관한 공통의 신뢰를 파트너로 확장시키는 것을 말한다(Morgan et al., 1994).

조직행위에 관한 기존연구에서 파트너는 공유된 가치를 가질 때 그들의 파트너십에 더욱 몰입하는 경향을 보이고 있다(Morgan et al., 1994). 공급 사슬 구성원이 상대방과 어떻게 상호작용하는가에 관한 같은 지각을 가지고 있을 때, 그들은 그들의 커뮤니케이션에서 잘못 이해될 가능성을 피할 수 있고, 그들의 생각을 자유롭게 교환할 수 있는 기회를 확대시킨다(Tsai et al., 1998).

공유 가치는 조직간 관계를 발전시키고, 공급 사슬 구성원이 서로를 신뢰하는데 도움을 준다. 동시에 공유된 가치는 다른 구성원의 행위를 이해하고 목표를 개선시키는데 도움을 준다(Dwyer et al., 1987; Anderson et al., 1989; Sahay, 2003).

즉 공급 사슬 구성원은 경쟁 우위의 원천으로서 공유된 가치를 가지며 그들의 지식을 공유하는 행위를 줄일 것이다(Tsai et al., 1998; Jap, 1999).

본 연구에서는 정보 공유와 관련하여 기존연구와 중국의 특성을 반영하여 파트너간 공동의 (장기적) 목표수립, 업무에 상대방이 집단적 참여, 파트너가 각각의 공존의 목표 존중 등의 항목을 세부 내용으로 사용하였다. 이상의 내용을 통해 다음과 같은 가설을 설정할 수 있다.

[가설 1] 3자 물류기업의 정보 공유는 3자 물류기업에 대한 화

주의 신뢰에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

3.2.2 참여(Participation)

참여는 의사결정과정에서 아이디어 생성을 포함하여 의사결정 과정에 목표 설정에 포함되어 이룩할 상호간의 상업적 목표의 정도를 말한다(Dwyer et al., 1988). 조직간 관계에서 참여는 상호간에 분산된 통제의 양을 반영하며, 의사결정에 상대방의 투입을 암시한다(Hernandez-Espallardo et al., 2003).

의사결정이나 목표설정 과정에서 상대방의 투입은 성공적인 파트너십을 이끄는 참여의 중요한 요인이다(Dwyer et al., 1988). 의사결정에 참여가 커질수록 비즈니스 단위의 성과는 좋아진다(Walker et al., 1987). 연구결과 참여는 조직간 관계의 기능적 갈등을 줄일 뿐만 아니라 그들의 기능적 질을 향상시킨다(Henderson, 1990; Lee et al., 1999).

의사결정과정의 참여는 공급사슬의 협력적 성과를 향상시킨다. 마케팅 분야에서 연구결과에 따르면 참여는 정보 공유나 활용에서 긍정적 영향을 미친다고 조사되고 있다(Deshpande, 1982).

또한 의사결정과정에서 능동적 참여는 효과적인 조직간 지식 공유를 보증하게 된다.

본 연구에서는 참여의 세부 내용으로 (장기)목표수립에 참여, 상대방에서 의사결정에 참여, 의사결정과정에 능동적 역할 수행 등의 내용을 사용하였다. 또한 이러한 내용을 바탕으로 다음과 같은 가설을 설정할 수 있다.

[가설 2] 3자 물류기업의 참여는 3자 물류기업에 대한 회주의 신뢰에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

3.2.3 학습 능력(Learning Capacity)

학습 능력은 조직의 상업적 목표에 성공적으로 새로운 지식을 적용하거나 동화시키는 회사의 능력이다(Szulanski, 1996). 파트너의 지식을 개발하고, 동화시키고, 획득하는 회사의 능력은 빠르게 능력 개발을 향상시키고, 기술적 불확실성에 대하여 회사의 노출을 최소화시킬 것이다(Lane et al., 1998).

조직간 지식 이전을 촉진하기 위해서는 지식 획득 회사는 핵심 정보를 정의하고 지식의 경쟁적 중요성을 이해하고 적용시키는 학습 능력을 가질 것을 요구한다(Jordan et al., 2004). 공급사슬에서 학습을 통해 협력을 위한 충분한 이익을 얻을 수 있다(Spekman et al., 2002).

조직간 지식 공유의 성공적인 핵심원천은 필요한 지식을 획득하고 배울 수 있는 파트너의 능력이다(Lee, 2001). 파트너가 훌륭한 학습 능력을 가지고 있다면, 조직간 신뢰는 강화될 것이다(Mayer et al., 1995). 지식 공유 상황에서 학습하는 능력은 지식

획득의 수준에 유의한 영향을 미친다(Lyles et al., 1996).

이상의 내용을 바탕으로 정보공유의 항목으로 제휴사가 새로운 신기술 능력을 보유, 제휴사가 새로운 기술에 대한 확장 능력 보유(수용성), 통합(공존)의 관점에서 기존 지식을 재구성 등의 항목을 사용하였다. 이러한 내용을 바탕으로 다음과 같은 가설을 설정하였다.

[가설 3] 3자 물류기업의 학습 능력은 3자 물류기업에 대한 회주의 신뢰에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

3.2.4 정보 공유(Information Sharing)

정보 공유는 상대방에게 서로 상대방에게 자유롭고 능동적으로 유용한 정보를 제공하는 것을 기대하는 것이다(Heide et al., 1992). 이것은 조직간 신뢰에 영향을 미치는 핵심요인 중 하나이며(Ross et al., 2007), 어떤 관계에 있어서 효과적이고 효율적인 관리를 위한 핵심적인 요소이다. 만약 정보를 적시에 공유하지 못한다면, 파트너는 환경 변화에 즉각적으로 반영할 것이다. 이러한 가치 저하는 파트너십의 관계를 위협하게 될 것이다(Kuo et al., 2005; Kwon et al., 2005).

정보 공유는 정보의 불균형을 줄여주고, 의사결정 투명성을 향상시킨다. 정보 균형(조화)은 파트너의 행위에 대하여 불확실성을 줄여준다. 즉, 신뢰 수준이 높으면 정보 불균형이 낮아지고, 행위의 불확실성이 줄어드는데 도움이 된다(Dyer et al., 2000). 의사결정 투명성 향상과 관련되어, 정보 공유는 관계의 상대방간 신뢰와 신용을 향상시키고, 기회적 행위를 줄여주어서 시스템 통합성이나 정직성을 강화시켜 준다.

단기적인 정보 공유는 물류 파트너간 전략적 협력에 필요하며, 회사의 입장에서 약점이 드러날 가능성이 있다. 따라서 좋은 관계성을 유지하기 위해 장기적으로 정보를 공유하는 것이 필요하며, 이는 공유한 파트너의 인내와 장기적 의도를 가질 때 유지될 수 있다(Doney et al., 1997).

경험적으로 Doney et al.(1997)은 정보 공유가 판매자와 구매자간 관계에서 신뢰에 강한 연결 고리가 있다고 주장하였다. Kwon et al.(2005)은 정보 공유는 행위적 불확실성이나 잠재적 기회주의를 줄이고 공급사슬 구성원간 신뢰를 강화시킨다고 주장하였다.

이상의 내용을 바탕으로 정보공유 변수의 항목으로 비즈니스와 기술에 관한 정보공유, 비즈니스 프로세스를 상대방에 보고, 회사 내부의 정보를 상대방과 공유 등의 항목을 사용하였다. 이상의 내용을 통해 다음과 같은 가설을 설정할 수 있다.

[가설 4] 3자 물류기업의 정보 공유는 3자 물류기업에 대한 회

주의 신뢰에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

3.2.5 커뮤니케이션(Communication)

커뮤니케이션은 조직간 적시 정보 및 공식 및 비공식적 정보 공유를 말한다(Anderson et al., 1990). 효과적인 커뮤니케이션은 조직간 협업의 효과적인 이익을 달성하는데 필수적이다(Cummings, 1984). 커뮤니케이션은 신뢰의 중요한 시작점이며, 신뢰의 축적은 보다 좋은 커뮤니케이션으로 이끈다(Morgan et al., 1994). Karen(1996)은 원활한 의사소통을 위해서 매일 전화 의사소통, 월별 정기회의, 매월 성과평가, 개방형 의사소통 구조 등을 가져야 한다고 주장하였다.

지금까지의 여러 연구결과에서 커뮤니케이션은 다양한 조직간 관계에서 신뢰에 긍정적으로 관계되어 있다(Anderson et al., 1989; Anderson et al., 1990; Morgan et al., 1994). 또한 커뮤니케이션은 지식 공유에 기여한다(Hendriks, 1999). 지식 공유의 실패는 부적절한 커뮤니케이션 메커니즘에 기인한다(Gilbert et al., 1996; Treleven, 2004)고 연구되고 있다.

커뮤니케이션은 정보 교환의 능력으로 파악된다(Mohr et al., 1994). 공급사슬에서 커뮤니케이션 메커니즘을 구축하는 것은 신뢰 구축과 지식 공유를 증가시키고, 협업의 효과적 관리로 이어진다(Cetindamar et al., 2005).

본 연구에서는 정보 공유의 항목으로 잦은 의견 교환(오프라인 중시), 새로운 기술 정보 교환, (장기)목표에 대한 의견교환 등을 사용하였다.

[가설 5] 3자 물류기업의 커뮤니케이션은 3자 물류기업에 대한 화주의 신뢰에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

3.2.6 몰입(Commitment)

신뢰에서 몰입으로 연결은 상호 연결성의 논리로 정의된다(Sirdeshmukh et al., 2002). 3자 물류기업이 화주의 신뢰를 구축하는 방향으로 행동한다면, 3자 물류기업과 관련된 지각된 위험이나 불확실성은 줄어들 것이며, 화주의 3자 물류기업의 미래 행동에 대해 확실적인 예측을 할 수 있을 것이다(Mayer et al., 1995). 즉 몰입으로 연결될 것이다.

Morgan et al.(1994)은 관계 몰입의 주요 결정요인으로 신뢰를 주장하였으며, 파트너가 관계가 깨어졌다고 느끼게 되면 몰입은 달성되기 어렵다. Dyer(1996)는 신뢰는 몰입을 위한 전제 조건이라고 주장하였다. Kwon et al.(2004)은 경험적으로 신뢰의 수준과 몰입의 정도가 연결되어 있다고 주장하였다. 이상의 내용을 통해 다음과 같은 가설을 설정할 수 있다.

[가설 6] 3자 물류기업 대한 화주의 신뢰는 아웃소싱관계에서 화주의 몰입에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

3.2.7 성과(Performance)

신뢰와 몰입의 파트너십은 양측 간 기회주의적 행동을 줄여주고, 상호 관계에 대해 더 높은 만족을 느끼게 할 것이며, 나아가 전반적인 합작 성과의 달성에도 긍정적으로 작용한다(Madhoc, 1995). Johnson et al.(1996)은 건설 산업분야의 국제합작을 대상으로 한 연구를 통해 상호신뢰와 몰입의 파트너십은 프로젝트 효율성과 성과에 긍정적 효과가 있는 것으로 나타났다.

공급사슬관리를 도입한 기업들은 업무처리 효율성 증대, 고객 서비스 개선 등 정성적 효과와 재무상의 수익률, 시장점유율, 납품성과 등 정량적 효과를 얻고 있다고 알려지고 있다. 정용균 등(2007)은 기존 연구에서 사용된 다양한 성과측정 지표들을 5가지 종류로 분류하였다. 이 5가지는 재무지표(판매증가, 수익성, 주당이익 등), 생산운영지표(생산원가, 납품성과 등), 프로세스 지표(프로세스 단계별 성과), SCOR모형(계획, 조달 등 5가지 프로세스별 성과), BSC(기존 재무성과외에 고객, 내부 프로세스 등 포함)이다. 이상의 내용을 통해 다음과 같은 가설을 설정할 수 있다.

본 연구에서 성과 측정의 항목으로 2년간의 평균성장률, 시장점유율, 판매수익률, 투자대비 수익률, 전반적인 재무적 성과 등을 사용하였다.

[가설 7] 3자 물류기업에 대한 화주의 신뢰는 3자 물류기업에 대한 화주의 성과에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

Ikpen et al.(1997)은 일본기업과 외국기업의 합작에서 상호 몰입도가 높을수록 양측 관계의 만족도와 재무적 성과가 양호하다고 주장하였다. Day(1969)와 Dick et al.(1994)은 몰입이 강화되면 구매자는 구매자와 판매자 관계에서 잠재적 장벽을 극복하기 좋아하고, 결과적으로 성과로 이어진다고 주장하였다. 몰입된 파트너는 그들의 관계성에 보다 강하게 투자하는 경향이 있다. 확장된 투자를 위해 관계가 특화되고, 그들이 관계를 끝났을 경우 높은 전환 비용에 직면하게 된다(Burnham et al., 2003). 그러므로 몰입된 파트너는 관계를 지속하기 위해 강력하게 심리적으 로 유인되며, 관계 속으로 파트너를 묶는데 도움을 준다. 이상의 내용을 통해 다음과 같은 가설을 설정할 수 있다.

[가설 8] 아웃소싱관계에서 화주의 몰입은 3자 물류기업에 대한 화주의 성과에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

4. 연구 결과

4.1 연구 방법 및 표본의 특성

본 연구는 다음과 같은 연구방법을 사용하였다. 우선 문헌연구에서 파악된 성공요인을 사전에 검증하기 위하여 중국 관련전공 대학생과 대학원생을 대상으로 프리테스트(Pre-Test)를 실시하였다. 프리테스트에 참여할 10명의 학생을 선발하여 8개의 요인과 26개의 항목을 제시하고 연구 참여자들에게 작성한 설문문에 대해 이해도가 떨어지는 항목이나 중복된 항목을 지적하도록 하였다. 그 결과 2개의 항목이 탈락 되었다. 이후 항목을 재검토하여 재작성 하였으며 중국 3자 물류를 이용하는 기업의 담당자를 대상으로 실증조사에 사용하였다.

본 연구에서 설문지를 상하이의 중국 3자 물류를 이용하는 기업을 대상으로 실시하였다. 본 연구에서 상하이를 실험의 대상으로 삼은 이유는 다음과 같다.

상하이가 위치하고 있는 창장 삼각주 지역은 중국 최대 경제발전 지역이며 세계 6대 경제권역으로 부상하면서 다국적 기업 지역본부가 집중되고 있다. 또한 상하이항은 세계 3위(물동량기준)의 항만이다. 상하이는 2007년 말 현재 1,844개 지역본부가 포진하고 있으며, 기존 투자 관리와 R&D분야의 지역본부뿐만 아니라, 판매관리, 자금 지원서비스 등을 종합적으로 관리 지원하는 종합기능 영업운영센터가 설립되고 있다. 상하이 소재 다국적기업의 지역본사는 지방정부 세수 창출에 큰 도움을 주고 있어 상하

이 전체 경제발전에 큰 기여를 하고 있다. 이와 같이 중국의 물류 시스템은 상하이를 중심으로 재편성되고 있다.

설문의 배포과정에서 설문의 오류를 방지하기 위한 노력을 하였다. 상하이 소재 사립대학교의 물류 전공 교수의 자문을 얻어서 설문을 실시하였으며, 중국어로 번역하는 작업을 진행하여 배포하였다. 설문은 2009년 1월에서 2월 사이에 실시하였다. 약 150부를 배포하여 101부가 회수되었으며, 일부 부실한 응답을 보완 작업을 진행하여 101부 모두를 분석대상으로 하였다.

분석에 사용된 설문 응답자들의 인구통계학적인 특성을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 산업별로는 기계, 장비 업종이 가장 많았고 그 다음은 전자부품, 수송장비 순으로 나타났다. 종업원의 수를 기준으로 알아본 회사규모는 500이내에 존재하는 기업이 많았으며 응답자의 직책은 대부분이 부장이상으로 나타났다. 이러한 설문 응답자들의 인구통계학적인 특성을 정리하면 <표 1>과 같다.

본 연구에서 사용한 변수에 대한 조작적 정의는 <표 2>와 같다.

표 1. 표본의 인구통계적 특성

인구통계적 특성	(n=101)	
산업별	빈도	%
기계, 장비	30	30
전자부품	25	25
수송장비	22	22
화학	13	13
식음료	9	9
기타(무응답 포함)	2	2
종업원 수	빈도	%
99명 이내	15	15
100~499명	57	57
500~999명	15	15
1,000명 이상	14	14
직책	빈도	%
부장이상	92	92
과장	7	7
과장이하	2	2

표 2. 변수의 조작적 정의 및 선행 연구

변 수	구성개념	내 용	선행 연구
독립변수	공유가치	compatible goals with our partner 3PL. pursuing the collective missions of our partner 3PL. support each other's goals.	Anderson & Weitz, 1989; Dwyer et al., 1987; Tsai et al., 1998
	정보공유	involved in the set up of the commercial goals. takes into account our suggestions. perform an active role in the decision making.	Doney & Cannon, 1997; Dyer & Chu, 2000; Kwon & Suh, 2005
	의사소통	share information about their business development. reported to us about the order status. willing to share confidential information.	Anderson & Narus, 1990; Anderson & Weitz, 1989; Cummings, 1984
	참여	frequently exchange each other's opinions. keeps us informed of new developments. frequently discuss each other's expectations.	Dwyer & Oh, 1988; Henderson, 1990; Kim & Oh, 2005
	학습능력	ability to apply new knowledge to commercial goals. ability to extend existing capabilities. ability to reconfigure existing knowledge.	Jordan & Lowe, 2004; Mayer & Davis, 1995; Lyles & Salk, 1996
매개변수	신뢰	keeps the promises it makes to our company. concerned about our company's welfare. practiced sound business ethics.	Morgan & Hunt, 1994; Li et al., 2006; Mayer et al., 1995
	몰입	continue our relationship with 3PL firm. committed to the relationship with 3PL firm. committed to maintaining the relationship.	Corsten & Kumar, 2005; Parasuraman et al., 1996; Reichheld, 1996
종속변수	성과	overall financial performance. average growth rate during 2 years. market share during 2 years.	Burnham et al., 2003; Day, 1969; Dick et al., 1994; Ikpen et al., 1997

4.2 신뢰성과 타당성

본 연구에서 사용하고 있는 이론적인 개념은 응답자들의 주관적인 평가에 의해 측정되었다고 할 수 있다. 따라서 이들 개념들이 얼마나 신뢰성 있게 측정되었는가의 여부를 검증할 필요가 있다.

신뢰성(Reliability)이란 측정의 안정성, 일관성, 예측가능성 및 정확성 등이 내포된 개념으로서 측정결과가 어느 정도 일관성 있게 측정되었으며 측정결과에 오차가 있는지를 판단하는 척도가 된다. 동일한 개념을 여러 개의 복수문항으로 측정하는 경우에 보

통 Cronbach's Alpha 계수를 이용하는데 본 연구에서도 이를 이용하여 내적 일관성 여부를 측정하였다.

〈표 3〉에서 제시된 변수들의 Cronbach's Alpha 계수들을 보면 정보 공유를 제외한 모든 변수들의 수치가 0.7 이상인 것을 알 수 있다. 신뢰도 계수가 어느 정도 이상이어야 한다는 정해진 기준이 있는 것은 아니지만 일반적으로 신뢰도 계수의 값이 0.6 이상이면 유효하다고 할 수 있기 때문에 본 연구의 검증을 위해 사용될 변수들은 전체적으로 신뢰도가 높은 편이라고 할 수 있다.

타당성은 측정도구가 측정하고자 하는 개념이나 속성을 얼마나 정확하게 측정하였는가를 의미한다. 타당성을 검증하는 통계적인 방법으로는 일반적으로 요인분석(Factor Analysis)이 사용되고 있다. 따라서 본 연구도 요인분석을 통해 타당성검증을 하였다. 요인의 추출에 있어서는 구해진 자료의 손실을 최소화하면서 요인의 수를 적절히 줄이기 위해 주성분분석(Principal Component Analysis) 방식을 사용하였고, 요인의 회전으로는 직각회전방식(VARIMAX)을 선택하였다. 요인분석의 결과 15개 항목들이 5개의 요인으로, 매개변수의 경우 6개의 항목들이 2개의 요인으로, 종속변수의 경우 3개의 항목이 1개의 요인으로 구분되었다. 각 요인은 공유 가치, 참여, 학습 능력, 정보 공유, 커뮤니케이션, 몰입, 신뢰, 성과로 정의하였다. 요인분석의 결과는 〈표

표 3. Cronbach's Alpha 계수

변수명	구 분	항목의 수	Cronbach's α
공유 가치		3	0.7097
참여		3	0.7723
학습 능력		3	0.7104
정보 공유		2	0.6209
커뮤니케이션		3	0.7104
신뢰		3	0.7523
몰입		3	0.7085

4)와 같다.

4.3 가설 검증

본 연구에서는 공분산 구조 분석을 실시해 모형의 적합도를 확인하고, 모형상의 모수들을 동시에 추정하였다. 모수추정법은 최대우도법(maximum likelihood method)을 이용한 연구모형의 적합도 지수는 <표 5>와 같다.

우선 카이제곱 통계량과 유의 확률인 P값(0.0565)(P>0.05)이 제시되었다. 카이제곱값이 90.701이며, 자유도는 325로 나타났다. 전반적인 적합도의 척도인 GFI(모형적합도 지수)는 0.967이고, AGFI (모형적합도 수정지수)는 0.901이다. RMR(평균잔차

제곱근)값의 경우 0.0136의 값을 보이고 있다. RMR은 GFI와 반대로 모형이 설명할 수 없는 표본공분산 행렬의 잔량을 한 셀(cell)당 평균으로 나타낸 지표이므로 작을수록 좋은데, 특히 이 척도는 관측변수를 표준화시킨 경우, 즉 상관행렬로 분석하는 경우에는 0.1보다 작으면 적합도가 양호한 것으로 판단된다. 그 외 NFI, CFI, IFI는 각각 0.912, 0.952, 0.952로 일반적인 기준에 비해 양호한 것으로 볼 수 있다.

가설검증을 위한 모형의 추정 결과에 따른 가설의 채택 및 기각은 가설채택여부를 나타내는 기각비(C.R : critical ratio)값을 기준으로 결정하였다. 기각비는 인과계수를 표준오차로 나눈 것으로 95% 유의수준에서 1.96보다 크면 유의하고, 99% 유의수준에서 1.65보다 크면 유의하다고 본다. 모형상 모수들에 대한 리즈

표 4. 요인분석

설문문항	공유가치	정보공유	의사소통	참여	학습능력	신뢰	몰입	성과
Ⅱ-1	.669	0.201	0.111	0.056	0.332	0.160	0.423	0.389
Ⅱ-2	.731	0.218	0.132	-0.028	-0.171	0.221	0.111	0.408
Ⅱ-3	.449	0.017	0.312	0.111	0.277	0.247	-0.101	0.017
Ⅱ-4	0.071	.601	0.063	-6.266E-02	0.489	0.123	0.111	0.408
Ⅱ-5	0.025	.731	0.013	.133	0.056	0.321	0.321	0.418
Ⅱ-6	0.317	.842	0.051	-.423	0.111	0.277	0.247	-0.101
Ⅱ-7	0.038	0.203	.411	-1.789E-02	0.008	0.489	0.243	0.111
Ⅱ-8	0.038	0.211	.534	-2.345E-02	-0.171	0.221	0.111	0.408
Ⅱ-9	0.091	0.166	.414	.698	0.277	0.247	-0.101	0.017
Ⅱ-10	0.090	0.488	0.033	.602	0.008	0.489	0.017	0.429
Ⅱ-11	0.179	0.208	-0.028	.523	0.111	0.056	0.008	0.486
Ⅱ-12	0.094	0.418	0.408	.735	0.212	-0.019	-0.171	0.221
Ⅱ-13	0.035	0.211	0.211	0.408	.531	0.130	0.277	0.247
Ⅱ-14	-0.085	-0.028	0.203	0.017	.525	0.022	0.429	-0.039
Ⅱ-15	0.023	0.127	0.211	0.033	.717	3.258	0.483	0.266
Ⅲ-1	-0.072	0.007	0.006	0.408	-0.171	.687	-0.078	0.033
Ⅲ-2	0.114	0.056	-0.028	0.111	0.277	.679	-0.019	-0.028
Ⅲ-3	0.047	0.032	0.056	0.211	0.056	.728	3.258	0.033
Ⅲ-4	0.217	0.017	0.017	0.203	0.079	0.077	.551	-0.028
Ⅲ-5	0.056	-0.218	0.033	0.211	0.177	0.023	.731	0.408
Ⅲ-6	0.017	0.013	0.211	0.218	0.112	0.016	.490	0.056
Ⅳ-1	0.278	0.005	0.019	-0.028	0.166	0.033	-0.019	.751
Ⅳ-2	-0.101	-0.171	0.111	0.056	0.145	-0.028	0.130	.604
Ⅳ-3	0.321	0.277	-0.019	-0.028	-0.171	0.408	0.022	.455

표 5. 연구모형의 적합도 지수

모형적합도지수	Chi-Squire (df)	P	GFI	AGFI	RMR	NFI	CFI	IFI
지수값	902.701(325)	0.0565	0.967	0.901	0.0136	0.912	0.952	0.952

렐의 추정 결과 및 가설검증 결과를 정리하면 <표 6>과 같다.

이상의 결과를 바탕으로 연구가설에 대한 채택 여부를 실시하면 다음과 같다. 중국의 화주기업과 3자 물류기업의 파트너십 형성 요인(공유가치, 참여, 학습능력, 정보공유, 커뮤니케이션)과 신뢰간의 관계를 가정한 가설의 경우에는 공유가치, 참여, 정보공유, 커뮤니케이션이 신뢰에 대해 긍정적인 관계를 나타냈다. 즉 CR이 1.96보다 크므로 유의 수준 5%내에서 유의하다고 할 수 있다.

서양의 경우 개인의 역량을 중요시하고 단기성과를 추구하는 문화를 가지고 있는데 비해, 중국은 장기적 관계성에 높은 가치를 부여하는 유교주의 전통을 가진 집단주의 성향을 보이고 있다. 즉, 파트너 사이의 장기적인 목적의 공유, 파트너 사이의 조화 및 계속성을 강조하고 있다. 따라서 파트너 사이의 장기적인 관계 형성에 핵심적인 역할을 수행하는 가치 공유, 지속적인 참여, 정보공유와 커뮤니케이션을 통한 조화가 파트너십 형성의 중요한 요인으로 간주되고 있다.

그러나 학습능력은 유의적인 관계가 나타나고 있지 않으므로 가설을 기각하였다. 파트너십 형성요인 중에서 공유가치, 참여, 정보공유, 커뮤니케이션은 화주기업과 3자 물류기업사이의 직접적인 관계형성 및 성과에 영향을 미치는 변수인데 비하여, 학습능력은 파트너 사이의 관계형성보다는 각 기업의 역량강화라는 측면에서 파트너 기업에게 간접적인 효과를 제공하는 경향이 있다. 따라서 현재 중국의 3자 물류 아웃소싱이 시작 내지 도입단계에 있는 것을 감안하면 학습능력은 향후 강화해야 하는 역량이라는 점에서 가설이 채택되지 못한 것으로 생각된다.

화주기업과 3자 물류기업 사이의 신뢰와 성과는 상관관계는 유의한 것으로 나타났다. 그러나 신뢰가 몰입에 긍정적인 영향을 미칠 것이라는 가설과 몰입이 성과에 긍정적인 영향을 미칠 것이라는 가설은 기각되어 채택되지 않았다. 신뢰의 개념은 파트너십 초기단계에서 보이는 현상으로, 이러한 신뢰를 바탕으로 장기적이고 지속적인 파트너십의 단계인 몰입으로 진전되고 시간이 경

과되면 성과로 이어질 수 있다. 아직 중국 화주기업이 3자 물류기업과의 관계를 파트너십으로 이해하지 못하고, '갑'과 '을'의 종속관계로 파악하는 경향이 있으며, 상호간의 몰입이 부족한 아웃소싱의 초기단계에 머무르고 있다. 따라서 신뢰가 몰입으로 진전되고 이어서 성과로 이어지지 못하고 있는 것으로 판단된다.

5. 연구 결과

본 연구는 중국 화주기업과 3자 물류기업사이의 파트너십 특성요인(공유가치, 참여, 학습능력, 정보공유, 커뮤니케이션)이 신뢰와 성과에 어떠한 영향을 미치는지, 파트너십 특성요인과 성과 사이에 신뢰와 몰입이 어떠한 매개 효과를 가지는지 연구하였다.

본 연구의 주요한 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 본 연구를 위해 물류, SCM, 아웃소싱 등 기존 연구에서 사용한 요인들 중에서 독립변수를 선정하였는데, 이들 변수가 중국의 화주기업을 대상으로 사용한 종속변수 및 매개변수와 관계에서 대부분 유의한 영향을 미치는 것으로 나타나 기존 연구의 변수들이 중국의 3자 물류의 아웃소싱에도 적용될 수 있음을 입증하였다.

둘째, 신뢰가 성과에 유의한 영향을 미친다는 기존 물류, 아웃소싱 연구결과가 그대로 중국의 3자 물류 아웃소싱에서도 적용되어, 신뢰가 중국의 3자 물류를 이용하는 기업간의 파트너십 특성요인과 성과사이에 매개효과가 있음을 증명하였다.

본 연구결과를 통해 본 한국 물류기업의 실무적인 차원에서 중국 진출 전략을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 파트너십 형성요인(공유가치, 참여, 정보공유, 커뮤니케이션)이 신뢰에 영향을 미친다는 연구결과에서도 알 수 있듯이, 한국의 물류 기업은 중국 시장 진입 초기부터 동양적인 사고를 가지고 접근할 필요가 있다. 따라서 중국의 물류기업과 처음부터 장기적이고, 상호이익을 극대화할 수 있는 관계(關係)형성에 주력해야 할 것이다. 둘째, 물류

표 6. 추정 결과 및 가설 검증

가설	가설 경로	추정치	표준오차	Critical Ratio	채택 여부	유의 수준
가설1	공유 가치 → 신뢰	0.200	0.196	2.267	○	$\alpha = 0.05$
가설2	참여 → 신뢰	0.154	0.141	2.212	○	$\alpha = 0.05$
가설3	학습 능력 → 신뢰	0.133	0.155	-	×	N.S
가설4	정보 공유 → 신뢰	0.061	0.141	3.430	○	$\alpha = 0.05$
가설5	커뮤니케이션 → 신뢰	0.333	0.129	3.508	○	$\alpha = 0.05$
가설6	신뢰 → 몰입	0.211	0.103	-	×	N.S
가설7	신뢰 → 성과	0.197	0.201	3.005	○	$\alpha = 0.05$
가설8	몰입 → 성과	0.111	0.132	-	×	N.S

기업의 중국 진출을 위한 철저한 사전조사가 필요하다. 물류기업의 현지화를 통해 중국시장에서 경쟁우위를 확보하기 위해서는 다양하고 복잡한 현지 물류시장에 대한 충분한 검토와 조사가 이루어져야 한다. 중국 진출과 관련하여 우리 물류기업은 상대적으로 우수한 물류기업의 서비스 경쟁력, 우수한 물류정보시스템이라는 강점을 가지고 있다. 하지만 중국 현지 시장의 정보 부족, 글로벌 물류네트워크 구축 미비라는 단점도 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서는 철저한 사전 준비를 통하여 중국 물류기업과의 관계를 형성하고, 이를 통한 상호간 신뢰의 증가시켜야 할 것이다. 이러한 신뢰의 증가는 파트너십 형성에 투여되는 잠재적인 기회비용을 줄여줌으로써 효율적인 현지화를 추진할 수 있게 해 줄 것이다.

셋째, 3자 물류업과 같은 부가가치를 창출시킬 수 있는 물류사업에 대한 진출을 모색해야 한다. 향후 중국에서 3자 물류에 대한 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상되기 때문에 중국보다 3자 물류 서비스에 대한 경험과 기술을 보유한 우리 물류기업의 진출이 유리할 것으로 보인다. 특히 글로벌 물류기업과 경쟁하기 위해서는 진출기업의 대형화와 전문화가 선행되어야 할 것이다.

본 연구를 통하여 거대한 잠재력을 갖고 있는 중국 시장으로의 진출을 서두르고 있는 물류 기업에게는 중국의 물류서비스 시장에 대한 전략적 대응 방안을 제시하였으며, 정부 차원에서는 동북아 물류 허브를 지향하면서 물류 기업의 육성과 적극적 해외 진출을 지원하는 정책적인 시사점을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

특히 한국과 중국 두 나라는 다 같이 동북아에 위치하고 있고, 물류아웃소싱의 활성화를 통해 물류산업의 고도화를 이루어야 하는 동일한 과제에 직면하고 있다. 한국은 수출을 통해 지속적인 경제성장을 추구할 수밖에 없기 때문에 최대 시장인 중국시장을 적극 공략하기 위해서는 물류비 절감으로 인한 수출상품의 경쟁력 확보가 절실한 상황이다. 이러한 시점에서 중국의 물류아웃소싱의 특성(파트너십 형성요인)에 관한 연구는 매우 큰 의미가 있다고 할 수 있다.

본 연구는 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 첫째, 표본을 대부분 상하이에 있는 기업을 대상으로 진행하였다는 점이다. 따라서 향후 연구에서는 표본의 대상으로 중국의 주요도시로 확대하여 중국 현지에서 다양한 중국기업을 대상으로 심층조사를 한다면 좀 더 의미 있는 결과가 나올 수 있을 것이다.

둘째, 기업의 유형을 좀 더 세분화하여 진행하였다면 하는 아쉬움이 남는다. 회사의 규모(예: 대기업, 중소기업 등), 업종(예: 유통, 제조업 등) 등에 따라서는 분석이 달라질 수 있다. 따라서 후속연구는 중국 현지에서 보다 넓은 표본을 대상으로 세분화한다면 의미 있는 결과가 나올 것이다.

참고 문헌

- [1] 문상영(2007), 중국 물류 유통산업 성장에 따른 우리의 대응전략, 산업연구원.
- [2] 정용균 · 조세형 · 김승철(2007), 기업간 협력관계가 공급사슬관리(SCM) 성과에 미치는 영향 : 국내 자동차산업의 구매자-공급자관계를 중심으로, 한국SCM학회지, 제7권, 제1호, pp.139-151.
- [3] Aertsen, F. (1993), Contracting out the physical distribution function: a trade-off between asset specificity and performance measurement, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 23 No. 1, pp. 23-29.
- [4] Anderson, J.C. and Narus, J.A. (1990), A model of distributor firm and manufacturer firm working partnerships, *Journal of Marketing*, Vol. 54 No. 1, pp. 42-58.
- [5] Anderson, E. and Weitz, B. (1989), Determinants of continuity in conventional industrial channel dyads, *Marketing Science*, Vol. 8 No. 4, pp. 310-323.
- [6] Bowersox, D.J. (1990), Strategic benefits of logistics alliances, *Harvard Business Review*, Vol. 68 No. 4, pp. 36-43.
- [7] Burnham, T.A., Frels, J.K. and Mahajan, V. (2003), Consumer switch costs: a topology, antecedents, and consequences, *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 31 No. 2, pp. 109-126.
- [8] Cetindamar, D., Catay, B. and Basmaci, O.S. (2005), Competition through collaboration: insights from an initiative in the Turkish textile supply chain, *Supply Chain Management*, Vol. 10 No. 4, pp. 238-240.
- [9] Cheng, K. (2001), An analysis of trust in interorganizational relationship, *Zhongzhou Journal*, Vol. 2001 No. 2, pp. 21-24.
- [10] Cummings, T. (1984), Transorganizational development, *Research in Organizational Behavior*, Vol. 6, pp. 367-422.
- [11] Day, G.S. (1969), A two-dimensional concept of brand loyalty, *Journal of Advertising Research*, Vol. 9 No. 3, pp. 29-35.

- [12] Deshpande, R. and Zaltman, G. (1982), Factors affecting the use of market research information: a path analysis, *Journal of Marketing Research*, Vol. 19 No. 1, pp. 14-33.
- [13] Dick, A.S. and Basu, K. (1994), Customer loyalty: toward an integrated conceptual framework, *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 22 No. 2, pp. 99-113.
- [14] Doney, P. and Cannon, J.P. (1997), An examination of the nature of trust in buyer seller relationships, *Journal of Marketing*, Vol. 61 No. 2, pp. 35-51.
- [15] Dyer, J.H. (1996), How Chrysler created an American Keiretsu, *Harvard Business Review*, Vol. 74 No. 4, pp. 42-56.
- [16] Dyer, J.H. and Chu, W. (2000), The determinants of trust in supplier-automaker relationships in the U.S., Japan, and Korea, *Journal of International Business Studies*, Vol. 31 No. 2, pp. 259-285.
- [17] Dwyer, F.R. and Oh, S. (1988), A transaction cost perspective on vertical contractual structure and interchannel competitive strategies, *Journal of Marketing*, Vol. 52, pp. 21-34.
- [18] Dwyer, F.R., Schurr, P.H. and Oh, S. (1987), Developing buyer-seller relationships, *Journal of Marketing*, Vol. 51 No. 2, pp. 11-27.
- [19] Gilbert, M. and Cordey-Hayes, M. (1996), Understanding the process of knowledge transfer to achieve successful technological innovation, *Technovation*, Vol. 16 No. 6, pp. 301-312.
- [20] Heide, J.B. and John, G. (1992), Do norms matter in marketing relationships?, *Journal of Marketing*, Vol. 56 No. 2, pp. 32-44.
- [21] Hendriks, P. (1999), Why share knowledge? The influence of ICT on the motivation for knowledge sharing, *Knowledge and Process Management*, Vol. 6 No. 2, pp. 91-100.
- [22] Hernandez-Espallardo, M. and Arcas-Lario, N. (2003), The effects of authoritative mechanisms of coordination on market orientation in asymmetrical channel partnerships, *International Journal of Research in Marketing*, Vol. 20 No. 2, pp. 133-152.
- [23] Henderson, J.C. (1990), Plugging into strategic partnerships: the critical is connection, *Sloan Management Review*, Vol. 31 No. 3, pp. 7-18.
- [24] Ikpen, A. C. and Curral, S. C. (1997), "International joint venture trust : An empirical examination", *Cooperative strategies*, pp.5-16.
- [25] Jap, S.D. (1999), Pie-expansion efforts: collaboration processes in buyer-supplier relationships, *Journal of Marketing Research*, Vol. 36 No. 4, pp. 461-475.
- [26] Johnson, J.L., J. B. Cullen, T. Sakano and H. Takenouchi (1996). Setting the stage for trust and strategic integration in Japanese-U.S. cooperative alliances, *Journal of International Business Studies*, 27, pp. 981-1004.
- [27] Jordan, J. and Lowe, J. (2004), Protecting strategic knowledge: insights from collaborative agreements in the aerospace sector, *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 16 No. 2, pp. 241-259.
- [28] Karen, T. (1996), The elements of a successful logistics partnership, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 26, No. 3, pp.7-13.
- [29] Kuo, D., Chen, W.H. and Smits, M.T. (2005), SME-based collaborative supply chain management: the impact of information technologies, *International Journal of Management & Enterprise Development*, Vol. 2 Nos 3/4, pp. 360-373.
- [30] Kwon, I.G. and Suh, T. (2004), Factors affecting the level of trust and commitment in supply chain relationships, *Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing & Supply*, Vol. 40 No. 2, pp. 4-14.
- [31] Kwon, I.G. and Suh, T. (2005), Trust, commitment and relationships in supply chain management: a path analysis, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 10 No. 1, pp. 26-33.
- [32] Lane, P.J. and Lubatkin, M. (1998), Relative

- absorptive capacity and interorganizational learning, *Strategic Management Journal*, Vol. 19 No. 5, pp. 461-477.
- [33] Leahy, S.E., Murphy, P.R. and Poist, R.F. (1995), Determinants of successful logistical relationships: a third party provider perspective, *Transportation Journal*, Vol. 35 No. 2, pp. 5-13.
- [34] Lee, J.N. (2001), The impact of knowledge sharing, organizational capability and partnership quality on is outsourcing success, *Information and Management*, Vol. 38 No. 5, pp. 323-335.
- [35] Lee, J.N. and Kim, Y.G. (1999), Effect of partnership quality on is outsourcing success: conceptual framework and empirical validation, *Journal of Management Information Systems*, Vol. 15 No. 4, pp. 29-61.
- [36] Lieb, R.C. (1992), The use of third-party logistics services by large American manufacturers, *Journal of Business Logistics*, Vol. 13 No. 2, pp. 29-42.
- [37] Lyles, M.A. and Salk, J.E. (1996), Knowledge acquisition from foreign parents in international joint ventures: an empirical examination in the Hungarian context, *Journal of International Business Studies*, Vol. 27 No. 5, pp. 877-903.
- [38] Madhok, Anoop(1995), Revisiting Multinational Firm's Tolerance for Joint Ventures: A Trust-based Approach, *Journal of International of Business Studies*, pp.117-137.
- [39] Maloni, M.J. and Carter, C.R. (2006), Opportunities for research in third-party logistics, *Transportation Journal*, Vol. 45 No. 2, pp. 23-38.
- [40] Mayer, R.C. and Davis, J.H. (1995), An integrative model of organizational trust, *Academy of Management Review*, Vol. 20 No. 3, pp. 709-734.
- [41] Mayer, R.C., Davis, J.H. and Schoorman, F.D. (1995), An integrative model of organizational trust, *Academy of Management Review*, Vol. 20 No. 3, pp. 709-734.
- [42] Minahan, T. (1997), Contract logistics gets dose of reality, *Purchasing*, Vol. 122 No. 3, pp. 51-52.
- [43] Mitra, S. (2006), A survey of third-party logistics (3PL) service providers in India, *IIMB Management Review*, Vol. 18 No. 2, pp. 159-174.
- [44] Mohr, J. and Spekman, R.E. (1994), Characteristics of partnership success: partnership attributes, communication behavior, and conflict resolution techniques, *Strategic Management Journal*, Vol. 15 No. 2, pp. 135-152.
- [45] Moore, K.R. (1998), Trust and relationship commitment in logistics alliances: a buyer perspective, *International Journal of Purchasing and Materials Management*, Vol. 34 No. 1, pp. 24-38.
- [46] Morgan, R.M. and Hunt, S.D. (1994), The commitment trust theory of relationship marketing, *Journal of Marketing*, Vol. 58 No. 3, pp. 20-38.
- [47] Perrons, R.K. and Platts, K. (2005), Make-buy decisions in the face of technological change: does industry clockspeed matter?, *International Journal of Management & Enterprise Development*, Vol. 2 No. 1, pp. 1-11.
- [48] Ravald, A. and Gro`nnroos, C. (1996), The value concept and relationship marketing, *European Journal of Marketing*, Vol. 30 No. 2, pp. 19-30.
- [49] Ross, W.H., Chen, V. and Huang, S.F. (2007), Adapting different media types to trust development in the supply chain, *International Journal of Management & Enterprise Development*, Vol. 4 No.4, pp. 373-386.
- [50] Sahay, B.S. (2003), Understanding trust in supply chain relationships, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 103 No. 8, pp. 553-363.
- [51] Selnes, F. (1998), Antecedents and consequences of trust and satisfaction in buyer-seller relationships, *European Journal of Marketing*, Vol. 32 Nos 3/4, pp. 305-322.
- [52] Sirdeshmukh, D., Singh, J. and Sabol, B. (2002), Consumer trust, value, and loyalty in relational exchanges, *Journal of Marketing*, Vol. 66 No. 1, pp. 15-37.
- [53] Spekman, R.E., Spear, J. and Kamauff, J. (2002),

- Supply chain competency: learning as a key component, *Supply Chain Management*, Vol. 7 No. 1, pp. 41-55.
- [54] Szulanski, G. (1996), Exploring internal stickiness: impediments to the transfer of best practice within the firm, *Strategic Management Journal*, Vol. 17, pp. 27-43.
- [55] Treleaven, L. (2004), *A knowledge-sharing approach to organizational change: a critical discourse analysis*, in Tsoukas, H. and Mylonopoulos, N. (Eds), *Organizations as Knowledge Systems: Knowledge, Learning and Dynamic Capabilities*, Palgrave Macmillan, New York, NY, pp. 154-180.
- [56] Tsai, W. and Ghoshal, S. (1998), Social capital and value creation: the role of intrafirm networks, *Academy of Management Journal*, Vol. 41 No. 4, pp. 464-476.
- [57] Walker, O.C. Jr and Ruekert, R.W. (1987), Marketing's role in the implementation of business strategies: a critical review and conceptual framework, *Journal of Marketing*, Vol. 51 No. 3, pp.15-33.
- [58] Zhao, X., Flynn, B.B. and Roth, A.V. (2006), Decision sciences research in China: a critical review and research agenda foundations and overview, *Decision Sciences*, Vol. 37 No. 4, pp. 451-496.



이명무

한국외국어대학교 동양어대학 인도어 학사
한국외국어대학교 경영정보대학원 석사
한국외국어대학교 경영학과 박사
현재 : 우송대학교 국제경영학부 교수
관심분야 : 인도 IT 산업, 중국 3자 물류,
Mobile 비즈니스



김윤호

한국외국어대학교 동양어대학 일본어과 학사
한국외국어대학교 경영정보대학원 석사
한국외국어대학교 경영학과 박사
현재 : 한국외국어대학교 일본연구소
연구원
관심분야 : 아시아 기업경영, 3자 물류,
일본문화



유승훈

조지아주립대학교 경영학과 학사
캔네소주립대학교 경영학과 석사
조지아주립대학교 경영학과 박사수료
현재 : 우송대학교 국제경영학부 교수
관심분야 : 국제물류, 물류유통관리,
마케팅 전략 등

물류서비스시스템의 공급사슬 및 성과에 관한 연구[†]

이창원[‡]

한양대학교 경영대학

Supply Chain and Performance in Transportation Service System[†]

Chang Won Lee[‡]

School of Business, Hanyang University

This study presents a decision-making model for designing, evaluating, and implementing a strategic supply chain management (SCM) planning based on the data obtained from a transportation service system. A management decision-making model is applied and analyzed to simulate real a transportation service system and utilized to derive satisfying solutions. The model results are derived and discussed to enhance the model applicability. The model results provide the supply chain managers with managerial insights for planning and controlling SCM in a transportation service system. Proposed management model can serve as a transportation service system's key management tool to improve supply chain performance and competitive advantages as well as in other similar service systems.

Keywords: Decision-making model, Supply chain performance management, Transportation service system

1. Introduction

In a recent global economic recession period, various applications of supply chain performance management (SCPM) into a service system enable more effective and efficient business decisions. The transportation service system is not an exception to this phenomenon. The performance issue of supply chain management (SCM) can allow supply chain managers to overcome many of the challenges confronting a transportation service system. Such SCPM can

provide unprecedented opportunities to develop strategic planning of the strategic supply chain operations in transportation service systems [2][13][18][22].

Due to the technology and business paradigm shift, strategic SCM in a transportation service system may become more tightly coupled with inventory and warehouse cost, capacity planning, order fulfillment, transportation requirement planning (TRP), and total transportation goals that should be considered as a whole system. Successful linkages of these complicated goals play a critical role affecting supply chain performance in a transportation service

[†] 이 논문은 2008년 한양대학교 교내연구비 지원으로 연구되었음 (HY-2008-N)

[‡] Corresponding author: Corresponding author: #17, Haeng Dang Dong, Seoul 133-791, Korea

Tel: 82-2-2220-2790 Fax: 82-2-2220-1169 E-mail: leecw@hanyang.ac.kr

* 2009년 4월 27일 투고, 2009년 7월24일 수정본 접수, 2009년 7월 29일 게재 확정.

system [17][25].

Strategic SCPM in a transportation service system is a growing requirement for improving profitability and productivity. Even though factors affecting supply chain performance in a transportation service system are widely identified, tangible and financial factors are overemphasized. Thus, intangible factors should also be considered in a transportation service system [5][9].

When management considers several conflicting goals to achieve, management decision-making models enable effective results in the strategic supply chain management and other operational environments. An appropriate planning strategy needs to be based on the compromised and objective decision-making process among diverse stake-holders (both supply and demand sides) in a transportation service system.

Therefore, an appropriate decision-making model is essential to establish a strategic SCPM plan in a transportation service system [10][27]. However, attempts to resolve such complicated and multidimensional managerial concerns by application of management decision-making models are not well adopted as a best practice in a transportation service system and is rarely applied to handle an emerging and challenging management concern, considering a strategic supply chain performance planning which includes inventory and warehouse costs, capacity planning, order fulfillment, cost-containment, transportation requirement planning (TRP), and total transportation cost in a transportation service system.

A decision-making approach can resolve cost/benefits trade-offs problems within the system. A decision to use

transportation will trade higher costs of transportation in inventory and warehousing than using sea transportation. The cost trade-off issue presents interrelationship of supply chain measures and variables. Thus, the value of transportation service system considers the impact of the cost and service in supply chain spectrum [7][8][24].

The purpose of this paper is 1) to develop a decision-making model that aims at designing, evaluating, and implementing a strategic SCPM in a transportation service system and 2) to present a case study that the decision-making model can improve strategic SCPM in a transportation service system and other similar service systems.

Section 1 of this study introduces current research issues of supply chain management in a transportation service system. Section 2 provides a brief review of supply chain management and transportation service system. Section 3 describes a background of this case study along with a study data. Section 4 shows the model applicability to a real-world transportation service system. Section 5 provides model results and discussion. Section 6 makes conclusions for the study.

2. Supply Chain Performance and Transportation Service System

Supply chain management (SCM) is the most popular concept for many service systems attempting to integrate their business processes among their supply chain partners. SCM is defined as a business philosophy to maximize customer

Table 1. Supply chain performance measures

Factors	SC performance measures	Author(s)
Cost	Cost minimization Inventory cost Lean	Cavinato (1992) [6] Lee and Billington (1992) [19] Lamming (1996) [15]
Flexibility	Capacity maximization	Kouvelis and Milner (2002) [14]
Profit/benefit	Profit/order fulfillment Supplier/buyer benefit Productivity	Beamon (1999) [2] Flidner (2003) [12] Morgan (2004) [21]
Quality	Information integrity	Morgan (2004) [21]
Time/	Product demand variance	Lee et al.(1997) [19]
Responsiveness	Stock-out minimization Activity days and total cost	Bottani and Rizzi (2008) [4] Beamon (1998) [1]

expectation and minimize business processes and transactions by integrating all activities of information flows, material flows, and cash flows. A transportation service system plays a significant integral role in integrating these two flows among supply chain partners. Especially, the concept of flows has been considered as a primary part of managing a transportation service system since continuous flows of material, cash and its relevant information are required among supply chain partners.

Information and communication technologies (ICT) have allowed the activities in transportation systems to reduce inventories, improve its service quality, and co-create financial benefits and performance for supply chain partners [3][11][23][26].

There are three issues in supply chain performance in transportation service system. The initial issue is optimality in the decision-making model that should consider the relationship among transportation, customer service, inventories, and warehousing processes. These processes can't operate independently since transportation activities impact on the inventory and warehousing costs, product marketability, and service productivity [16].

Thus, without a multi-criteria decision making approach to supply chain performance measurement in a transportation service system, the system may fail to meet maximization of customer satisfaction goals and minimization of supply chain cost goals. The second issue is optimality for the impact on supply chain with other management functions in the system. A transportation service system using a low transportation rate model may achieve supply chain cost-leadership only, but it does not provide the minimization of total processes and activities as well as total transportation costs. Low cost transportation service leads to slow service system, resulting in higher inventory and warehousing costs and unsatisfied

customer service. Such a lagged transportation service may increase transportation costs while impact negative customer service or negative service productivity.

The third issue is optimality of the impact of decision on supply chain partners. Inventory and warehousing strategies may not always meet the customer needs so that the strategic decision may not be in the best practices of the supply chain. Table 1 shows supply chain performance measures. It deals with profit/benefit, cost, flexibility, profit/benefit, quality, and time/responsiveness.

3. Problem Statement

The transportation service system in this study is a leading transportation service provider. Its mission is to support the institution by providing a financially sound environment for transportation service. The company has offices throughout the Americas, Asia, Europe and Oceania. The company currently provides a comprehensive service of outbound logistics solutions from SCM and ocean transportation to terminal services, technical services and inland distribution. It's operations range people, places and information globally. The company's global operations provide reliable, on-time delivery from factory to dealer. The human resources in the company have excellent expertise, a global mind set, and a commitment to meet customer expectations. The company transports more than 4 million units every year with around half and half by sea and inland. The company annually processes around 3 million automotive and other related units.

The company's goals are to achieve the following services: customer with high order fulfillment, total transportation cost, inventory and warehouse cost-containment, tracking management, and capacity planning. The current system is

Table 2. Criteria, goals and priority in transportation service by the SC measures

Factor/Criteria	Measure/Goals	Priority
Cost	Inventory and warehouse cost containment	4
Flexibility	Capacity planning	5
Profit/benefit	Order fulfillment	1
Quality	Transportation requirement planning	3
Time/responsiveness	Total transportation cost	2

designed, implemented, and operated with valid and reliable measures for ensuring tangible benefits. The management wants to provide better services for their customers in the transportation service. Primary dataset are selected for this study since they are the most competitive areas in this transportation service system.

Five performance measures became goals to seek. These characteristics of supply chain are divided by criteria to decompose goals that seek cost containment goal, capacity planning goal, order fulfillment goal, transportation requirement planning goal and total transportation goal. Identifying these characteristics is very important to estimate the potential profitability of the transportation service system.

The company currently faces many challenges balancing capacity planning, customer service with tracking planning and order fulfillment, and costs of inventory and warehousing and total transportation. Top decision-makers in the company

the relative priority and the order of prioritization. Five goals' decomposition with respect to five criteria is completed for the model application of supply chain performance management in transportation service.

A priority is derived for each goal in order to obtain the relative importance of the five goals using the Delphi method, a qualitative approach for compromising different goals.

The company's top decision-makers have justified the prioritization of the overall goals under consideration. This provides the top decision-makers with a prioritized ranking indicating the overall preference for each of the decision alternatives (or five goals) and it enables the decision-maker to handle problems in which the subjective judgment of individual decision-maker constitutes an important role of the decision-making process. Derived performance measures and related data were validated by the company's top decision-makers.

Table 3. Unit cost and supply and demand level for EU bound

Supply Origin	Destinations in EU bound				Expected Supply
	Koper, SL	Bristol, UK	Antwerp, BL	Drammen, NW	
SO1	700	810	800	1080	2344
SO2	680	790	810	1100	540
SO3	650	770	800	1010	933
Expected Demand	1256	801	1126	634	3817

participated in the overall planning and review process.

The necessary goals and criteria were developed from the task force committee. Data templates pertinent to the strategic proposal for supply chain operations in the transportation service system were derived. Based on the data set, an initial proposal of the strategic planning was developed.

Complexity may increase with each location and supplier in outbound system, but also does the potential value of supply chain operations can provide.

Table 2 presents the relationship among the criteria and goals for goal decomposition and prioritization of the transportation service system. It shows the criteria for prioritizing goals used in this case study as well as the relative priority of each goal. Table 2 illustrates the relative importance with respect to each supply chain performance factor/criterion that the task force team developed. It presents

Table 3 shows related data characteristics of SC performance in transportation service system. The top decision-makers in the case company reviewed the data template and the goal decomposition. They provided the validation for the goal priority and relevant data. The transportation service system's strategic planning management developed and reviewed the on-going proposal for supply chain performance. Technical and/or managerial terms for the goals and criteria have been modified in terms of its own planning context. However, none of the revision showed the major modification for the proposed goals and criteria.

Thus, the transportation service system's SC performance management validated all data to apply a decision-making model.

4. Model Application

Goal decomposition and prioritization is established for the decision-making model application in SC planning in a transportation service system. Priority is judged for each goal in order to obtain the overall importance of the five goals.

Decision-makers in transportation service system have justified the prioritization of the overall goals for the supply chain planning. Decision-making model for transportation service system have been generally limited to concerning financial aspects, rather than other strategic managerial aspects of a system.

X_{ij} = Transportation amount per load from supply origin i ($i=1,2,3$) to destination j ($j=1,2,3,4$)
where $X_{ij} \leq 0$

In this paper, a decision-making model is formulated based on the following information. The decision-making model has fifteen goal constraints.

Priority 1: Order fulfillment goal - Avoid under-achievement of expected demand since unfulfillment of demand order may cause serious customer responsiveness, resulting in weakening market competitiveness. Thus, the first priority is to prevent any unfulfillment of each expected demand amounts.

$$X_{11}+X_{21}+X_{31}+d^{-}_1 = 1,256 \quad (1)$$

$$X_{12}+X_{22}+X_{32}+d^{-}_2 = 801 \quad (2)$$

$$X_{13}+X_{23}+X_{33}+d^{-}_3 = 1,126 \quad (3)$$

$$X_{14}+X_{24}+X_{34}+d^{-}_4 = 634 \quad (4)$$

Priority 2: total transportation cost goal - Minimize the total transportation cost.

$$\begin{aligned} & 700X_{11} + 810X_{12} + 800X_{13} + 1080X_{14} + 680X_{21} + 790X_{22} \\ & + 810X_{23} + 1100X_{24} + 650X_{31} + 770X_{32} + 800X_{33} + 1010X_{34} \\ & + d^{-}_5 - d^{+}_5 = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Priority 3: transportation requirement planning (TRP) goal - Avoid over-achievement of expected demand in order to

balance supply chain resource and transportation requirement planning.

$$X_{11}+X_{21}+X_{31} - d^{+}_1 = 1,256 \quad (6)$$

$$X_{12}+X_{22}+X_{32} - d^{+}_2 = 801 \quad (7)$$

$$X_{13}+X_{23}+X_{33} - d^{+}_3 = 1,126 \quad (8)$$

$$X_{14}+X_{24}+X_{34} - d^{+}_4 = 634 \quad (9)$$

Priority 4: Inventory and warehousing cost-containment goal - Avoid over-achievement of supply in order to prevent excess inventory and warehousing costs.

$$X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14} - d^{+}_6 = 2,344 \quad (10)$$

$$X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24} - d^{+}_7 = 540 \quad (11)$$

$$X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34} - d^{+}_8 = 933 \quad (12)$$

Priority 5: Capacity planning goal - Avoid under-achievement of supply in order to keep efficient supply chain capacity planning.

$$X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+d^{-}_6 = 2,344 \quad (13)$$

$$X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+d^{-}_7 = 540 \quad (14)$$

$$X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34}+d^{-}_8 = 933 \quad (15)$$

There are five goals to achieve in this study. Following is objective function of the decision-making model in supply chain of transportation service system:

$$\begin{aligned} \text{Minimize } Z = & P_1 (d^{-}_1 + d^{-}_2 + d^{-}_3 + d^{-}_4) \\ & + P_2 (d^{-}_5 + d^{+}_5) \\ & + P_3 (d^{+}_1 + d^{+}_2 + d^{+}_3 + d^{+}_4) \\ & + P_4 (d^{+}_6 + d^{+}_7 + d^{+}_8) \\ & + P_5 (d^{-}_6 + d^{-}_7 + d^{-}_8) \end{aligned}$$

Therefore, the decision-making model for supply chain in this transportation service system is to minimize the value of the objective function subject to goal constraints (1)-(15), satisfying the preemptive priority rules.

5. Analyses and Discussion

The proposed model was solved using a software, AB:QM System Software [20] with some minor modifications. The solution was derived. The possible solutions are enumerated at the first goal priority level and reduced at each subsequent goal priority level until overall goal satisfaction is no longer achieved. The computer solution yields the model results, as shown in Table 4.

The order fulfillment goal (G_1) is the most important goal for the decision-making model for supply chain planning.

Priority 1 (P_1) is to avoid under-achievement of expected demand in city of Koper, SL (d^-_1), Bristol, UK (d^-_2), Antwerp, BL (d^-_3), and Drammen, NW (d^-_4). This priority is fully satisfied, since $P_1 = 0$. All related deviational variables are zero (d^-_1, d^-_2, d^-_3 , and $d^-_4 = 0$).

Priority 2 (P_2) of total transportation cost goal (G_2) is to minimize its total transportation cost. This goal is fully satisfied with minimum cost of transportation of 2,974,310.

Priority 3 (P_3) is transportation requirement planning goal (G_3). This priority is fully satisfied, since $P_3 = 0$. All related deviational variables are zero (d^+_1, d^+_2, d^+_3 , and $d^+_4 = 0$).

Priority 4 (P_4) is inventory and warehouse cost-containment goal (G_4). This priority is not fully satisfied, since $P_4 = 1,758$. The deviational variables are not zero ($d^+_6 = 1,758$). This means that supply has been over 1,758 than the target level. This will cause more inventory and warehousing costs.

Priority 5 (P_5) is capacity planning goal (G_5). This priority is not fully satisfied, since $P_5 = 1,758$.

The deviational variables are not zero ($d^-_6 = 1,218$ and $d^+_7 = 540$). This means that the service origin 1 (SO1) and 2 (SO2) are both under-utilized compared to the current supply capacities.

Table 5 shows current and proposed SC performance in transportation service system in this study. The total transportation cost is decreased by 2.7%. In managerial

Table 4. Analysis of Objective Function in Transportation SC Performance

Goal Priority	Goal Achievement	Deviational Variables*
$P_1 = 0$	Fully achieved	$d^+_6 = 1,758$
$P_2 = 2,974,310$	Fully achieved	$d^-_6 = 1,218$
$P_3 = 0$	Fully achieved	$d^+_7 = 540$
$P_4 = 1,758$	Partially achieved	* all other deviational variables are zero.
$P_5 = 1,758$	Partially achieved	

Table 5. Current and Proposed SC Performance in Transportation Service System

Service Origin (SO) → Destination Port	Current transportation supply chain	Proposed transportation supply chain
SO1 → Koper, SL	357	0
SO1 → Bristol, UK	344	0
SO1 → Antwerp, BL	1067	1126
SO1 → Drammen, NW	576	0
SO2 → Koper, SL	0	0
SO2 → Bristol, UK	457	0
SO2 → Antwerp, BL	59	0
SO2 → Drammen, NW	24	0
SO3 → Koper, SL	899	1256
SO3 → Bristol, UK	0	801
SO3 → Antwerp, BL	0	0
SO3 → Drammen, NW	34	634
Total transportation cost	3,058,130	2,974,310

perspective, if we follow this solution guideline, Origin 2 is not necessary so may be considered to be closed. Some other current route does not have a scale of economy.

In this transportation decision-making model, a non-dominated solution has been sought. A non-dominated solution is followed: a feasible solution to a transportation decision-making problem is non-inferior, if no other feasible solutions derive an improvement in one goal, without generating a trade-off in another goal.

Regardless of the relative importance structures and the goals, this model can lead to inferior, sub-optimal solutions. These solutions are not necessarily to be optimal available to the decision-maker in a transportation setting. Decision-makers can decide what will occur if the output values deviate from overall goals.

6. Concluding Remarks

Supply chain environments in a transportation service system are rapidly changing with global, multiple, and complicated decision-making concerns such as inventory and warehouse cost, order fulfillment, capacity planning, cost-containment, transportation cost, and transportation requirement planning (TRP) goals in the system. The transportation service system provides the management with new supply chain environment. An appropriate decision-making model can be one of the most useful planning tools in developing a strategic supply chain management in a transportation service system, especially for a tactical and strategic plan under the multi-criteria decision-making situation. The reason is that the satisfying behavior makes sense when a system can secure proper profits to overcome potential competition and to prevent pressures from the demands for higher wages.

The proposed decision-making model in this case study provides valuable insights to decision-makers to improve SC performance and productivity enhancing core business competency in a system. The decision-making model for SC performance in a transportation service system is presented and analyzed to support total process planning scheme. The transportation service system in this study considers the

proposed planning as the potential supply chain performance strategies.

The management in the transportation service system has accepted the study results as valid and feasible solutions to adopt in their supply chain practice. The effects and outcomes from this decision-making model will be examined during the future supply chain performance planning. The future strategic supply chain performance will be assessed to compare with the proposed model. The strategic supply chain performance plan will provide the supply chain performance management with a strategic insight to set an appropriate supply chain planning, while meeting customer and other stakeholders' needs and taking its competitive priorities.

REFERENCES

- [1] Beamon, B.M. (1998) "Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods", *Int'l Journal of Production Economics*, 55(3), pp: 281-294.
- [2] Beamon, B.M. (1999) "Measuring Supply Chain Performance", *Int'l Journal of Operations & Production Management*, 19(3), pp: 275-292.
- [3] Bechtel, C. and Jayaram, J. (1997) "Supply Chain Management: A Strategic Perspective", *Int'l Journal of Logistics Management*, 8(1), pp: 15-34.
- [4] Bottani, E. and Rizzi, A. (2008) "Economical Assessment of the Impact of RFID Technology and EPC System on the Fast-Moving Consumer Goods Supply Chain", *Int'l Journal of Production Economics*, 112(2), pp: 548-569.
- [5] Brewer, P.C. and Speh, W. (2000) "Using the Balanced Scorecard to Measure Supply Chain Performance", *Journal of Business Logistics*, 21(1), pp: 75-93.
- [6] Cavinato, J.L. (1992) "A Total Cost/Value Model for Supply Chain Competitiveness", *Journal of Business Logistics*, 13(2), pp: 285-302.
- [7] Charnes, A. and Cooper, W.W. (1961) *Management Models and the Industrial Applications of Linear Programming*, 1-2, John Wiley & Sons, New York, USA.
- [8] Cohen, M.A. and Moon, S. (1990) "Impact of Production Scale Economies, Manufacturing Complexity, and

- Transportation Costs on Supply Chain Facility Networks”, *Journal of Manufacturing and Operations Management*, 3, pp: 269-292.
- [9] Davis, T. (1993) “Effective Supply Chain Management”, *Sloan Management Review*, 34(4), pp: 35- 46.
- [10] Dyer, J.S., Fishburn, P.C., Steuer, R.E., Wallenius, J. and Zoints, S. (1992) “Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: The Next Ten Years”, *Management Science*, 38(5), pp: 645- 654.
- [11] Fisher, M.L. (1997) “What is the Right Supply Chain for Your Product?” *Harvard Business Review*, 75(2), pp: 105-116.
- [12] Fliedner, G. (2003) “CPFR: an Emerging Supply Chain Tool”, *Industrial Management & Data Systems*, 103(1), pp: 14-21.
- [13] Gunasekaran, A, Patel, C. and Tirtiroglu, E. (2001) “Performance Measures and Metrics in a Supply Chain Environment”, *Int'l Journal of Operations and Production Management*, 21(1/2), pp: 71-87.
- [14] Kouvelis, P. and Milner, J. (2002) “Supply Chain Capacity and Outsourcing Decisions: the Dynamic Interplay of Demand and Supply Uncertainty”, *IIE Transactions*, 34 (8), pp: 717-728.
- [15] Lamming, R. (1996) “Squaring Lean Supply with Supply Chain Management”, *Int'l Journal of Operations & Production Management*, 16(2), pp: 183-196.
- [16] Lai, K., Ngai, E.W.T. and Cheng, T.C.E. (2002) “Measures for Evaluating Supply Chain Performance in Transport Logistics”, *Transportation Research : Part E*, 38, pp: 439-456.
- [17] Lapide, L. (2000) What about Measuring Supply Chain Performance? *Achieving Supply Chain Excellence through Technology*, 2, pp: 287-297.
- [18] Lee, H.L. and Billington, C. (1992) Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities, *Sloan Management Review*, 33, pp: 65-73.
- [19] Lee, H. L., Padmanabhan, V. and Whang, S. (1997), Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect, *Management Science*, 43(4), pp: 546-558.
- [20] Lee, S.M. (1996) *AB:QM System Software*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, USA.
- [21] Morgan, C. (2004) Structure, Speed and Salience: “Performance Measurement in the Supply Chain”, *Business Process Management*, 10 (5), pp: 522-536.
- [22] New, S.J. (1996) “A Framework for Analyzing Supply Chain Improvement”, *Int'l Journal of Operations & Production Management*, 16(4), pp: 19-34.
- [23] Nozick, L.K. and Turnquist, M.A. (2001) “Inventory, Transportation, Service Quality and The Location of Distribution Centers”, *European Journal of Operational Research*, 129(2), pp: 362-371.
- [24] Stewart, G. (1995) “Supply Chain Performance Benchmarking Study Reveals Keys To Supply Chain Excellence”, *Logistics Information Management*, 8(2), pp: 38-44.
- [25] Supply-Chain Council (2005) *Supply-Chain Operations Reference Model Overview Version 7.0*, <http://www.supply-chain.org> accessed.
- [26] Vidal, C.J. and Goetschalckx, M. (1997) “Strategic Production-Distribution Models: A Critical Review with Emphasis on Global Supply Chain Models”, *European Journal of Operational Research*, 98(1), pp: 1-18.
- [27] Vidal, C.J. and Goetschalckx, M. (2001) “A Global Supply Chain Model with Transfer Pricing and Transportation Cost Allocation”, *European Journal of Operational Research*, 129(1), pp: 134-158.



이창원

세인트루이스대학교 경영대학 경영학 석사
세인트루이스대학교 경영대학 경영학 박사
현재 : 한양대학교 경영대학 교수
관심분야 : 공급사슬관리, 생산/서비스
경영, 의료경영, 기술경영

마스크 셋업을 가지는 FAB에서 납기 지연 최소화를 목적으로 하는 Shifting Bottleneck을 이용한 일정계획 수립

원대일* · 백종관†** · 우태희**

*삼성 SDS · **서일대학 산업시스템경영과

A Scheduling Algorithm for Minimizing TWT in Wafer Fabrication with Mask Setup Using Shifting Bottleneck Procedure

Dae-Il Won* · Jong-Kwan Baek†** · Tae-Hee Woo**

*Samsung SDS

**Dept. of Industrial System Management, Seoil University

This paper addresses a heuristic algorithm that minimizes total weighted tardiness(TWT) in wafer fabrication process (FAB) using shifting bottleneck procedure. There are various processes in FAB. Some processes consist of identical parallel machines and the others consist of single machine. Also mask setup is required in between when a machine changes processing job types, jobs are grouped into the same type if they used the same setup apparatus. The developed algorithm consists of two steps. In first step, Apparent Tardiness Cost with Mask Setup(ATCMS) index rule is suggested to solve subproblem on parallel machines. In second step, bottleneck process is selected and jobs are assigned to the process according to the subproblem solution having largest TWT value. Steps are repeated until all jobs are assigned to the process. Various experiments were carried out to show the efficiency of the proposed algorithm. It is shown that the proposed algorithm outperforms other algorithms in a wide range of problem settings.

Keywords: Wafer Fabrication, Restricted Tools, Sequence Dependent Major and Minor Setup, Index based Shifting Bottleneck Algorithm

1. 서론

반도체 산업은 첨단산업의 근간을 이루는 대표적 산업이며 고가의 설비와 고도의 기술로 이루어진 최첨단 산업으로, IT

(Information Technology) 기술이 급속도로 발달함에 따라 가장 치열한 경쟁이 벌어지고 있는 산업 분야라고 할 수 있다. 이러한 치열한 경쟁 속에서 살아남기 위해서는 고객 만족이 기업의 가장 중요한 목표가 된다. 이는 다양한 고객의 요구에 대한 빠른 응답과 원하는 장소, 원하는 시간에 제품을 제공하는 것에서 출

† Corresponding author: Department of Industrial System Management, Seoil University, MyeonMok-dong, Jungnang-gu, Seoul 131-702, S. Korea,
Tel : +82-2-490-7234 Fax : +82-2-490-7447 E-mail : jkbaek@seoil.ac.kr

* 2009년 8월 24일 투고, 2009년 9월 21일 게재 확정.

발한다. 따라서 반도체 제조 공장에서는 다양한 공정의 특성을 고려해 고객의 납기 만족을 최대화 하는 생산계획이 수립되어야 한다. 즉, 반도체 공장에서의 생산계획은 고객의 요구를 만족시킬 수 있는 납기에 대한 수행도 평가가 이루어져야 한다. 하지만 반도체 공장의 복잡성으로 인해 납기 준수를 위한 일정 계획 수립은 어려운 일이다.

반도체 공장은 일반적으로 60~80 여개의 기계그룹에서 250~500 여개의 단계를 거쳐 생산된다. 또한 일반적인 병목공정으로 알려진 wafer fabrication (이하 FAB) 공정의 경우 각 기계그룹은 반도체의 회로 층인 레이어(layer)를 구성하기 위해 반복적인 공정을 거치기도 하며, 작업의 순서에 따른 작업 준비시간을 필요로 하기도 한다. 이처럼 복잡하고 다양한 특성으로 인해 반도체 공장의 납기준수를 위한 일정계획 수립은 더욱 어려워진다. 따라서 다양한 고객의 주문에 대한 여러 가지 종류의 제품의 납기를 맞추기 위해서는 효과적인 일정계획을 수립하고, 이에 따라 생산을 진행할 수 있는 효율적인 통제정책이 필요하다.

본 연구에서는 반도체 공장의 중요공정인 FAB 공정의 납기에 대한 수행도 평가를 위해 가중 납기 지연의 합을 최소화 하기 위한 일정계획 수립을 하였다. 이를 위해 반도체 공장을 병렬기계가 존재하는 job shop의 형태로 정의하고, FAB 공정의 특성을 고려한 일정계획을 수립하고자 한다. FAB 공정의 특성을 반영하기 위해 포토 공정에서는 제한된 마스크를 사용하기 위한 작업 준비시간과 지연시간이 존재하는 병렬기계로 구성하였으며, 포토 외의 나머지 공정은 각 작업에 대한 작업 우선순위를 가지는 complex job shop의 형태로 정의하였다. 또한 shifting bottleneck 절차를 이용해 전체 작업의 가중 납기 지연의 합(Total Weighted Tardiness: TWT)을 최소화하기 위한 일정계획을 수립하였다.

반도체 분야에 대한 기존 연구를 살펴보면, 반도체 분야에서 고가의 설비와 고도의 생산기술을 효율적으로 운영함으로써 생산성을 향상시키기 위한 생산관리 분야에 대한 연구는 1980년대 후반부터 1990년대 중반까지 활발하게 이루어졌으며 현재에도 계속 진행되고 있다(Uzsoy *et al.*, 1992).

반도체 공장의 환경적 특성에 관한 조사와 전사레벨 및 세부 생산계획 수립에 관한 연구 조사는 Uzsoy *et al.*(1992), Uzsoy *et al.*(1994), Leachman(1994)과 Johri(1993) 등에 의해 정리되었다. Uzsoy *et al.*(1992)는 반도체 공장의 공정별 장비의 구성과 특징, 생산계획과 생산통제에 관한 내용을 정리하였으며 기존 연구 고찰과 앞으로의 연구방향을 제시하였다. 반도체 공장에서 공장의 형태를 확정적 모델로 정의하고 생산계획을 수립한 연구는 shifting bottleneck, re-entrance flow shop과 job shop 등의 방식으로 나눌 수 있다.

Kim and Kim(1998)은 FAB 공정에서 납기 만족을 위한 job shop용 일반정책과 FAB 공정에 특화된 정책을 제안하고 모의실험을 통해 비교하였다. FAB은 그 복잡성 때문에 납기 만족을 위한 정책을 개발하기 힘들며 job shop용 납기 만족 정책을 그대로 적용하거나 FAB 공정의 특성을 반영시킨 정책을 적용하는 정도이다(Baek, 2002). shifting bottleneck 절차는 job shop 문제를 해결하기 위해 Adams *et al.*(1998)에 의해 개발되었다. 이러한 접근방법은 작업 완료시간 문제 $Jm||C_{max}$ (m대의 기계를 가진 Jobshop에서 Makespan 최소화 문제)와 납기 만족의 $Jm||L_{max}$ (m대의 기계를 가진 Jobshop에서 최대 Lateness 최소화) 문제에 매우 m(199방법으로 알려져 있다. Adams *et al.*(1998)은 전통199job shop 문제를 납기 만족을 목적으로 반복공정이 존재하재해재작업 순서납기 른 작업 준비시간DB 공져 있는 문제로 정의해 좀더 현실199문제를 해결하였다.

Uzsoy *et al.*(1991)은 shifting bottleneck 절차를 이용해 반도체 공정의 검사 장비에 대한 생산계획을 수립하였다. 또한 검사 장비를 작업순서에 따른 작업 준비 시간이 존재하는 한 대의 장비로 가정하고 작업 지연시간 최소화와 지연 작업 수를 최소화 하기 위한 생산 계획을 수립하였다. Mason *et al.*(2002)은 반도체 공정을 complex job shop 모델로 정의하고 TWT를 최소화 하기 위한 방법을 제시하였다 ($J_m|r_j, s_{jk}, B, \text{recrel} \sum w_j T_j$ - 시작 가능 시점, 셋업타임, blocking과 반복 작업이 존재하는 m대의 기계를 가진 Jobshop에서 가중 Tardiness 최소화 문제). Mason *et al.*(2002)은 문제를 해결하기 위해 shifting bottleneck 절차를 이용하였으며 보조문제(subproblems)를 해결하기 위해 Lee and Pinedo(1997)의 ATCS(Apparent Tardiness Cost with Setups)를 수정한 BATCS(Batching ATCS)를 제안하였다. 병목공정 선별을 위한 작업장 성능평가는 Pinedo and Chao(1999)의 방법을 사용하였다. 주어진 제약 조건이 본 논문과 비슷하지만 본 논문과는 다르게 마스크의 존재를 무시하고 마스크 셋업시간을 고려하지 않았다는 차이점이 있다.

Lee and Pinedo(1997)는 병목 공정인 포토 공정에서 생산계획을 수립하기 위해 병렬 기계에서 작업 순서에 따른 작업 준비 시간이 다른 경우에 대한 ATCS 알고리즘을 개발하였다. 연구에서 기존의 ATC 알고리즘에 작업 준비시간이라는 개념을 더해서 ATCS를 개발 하였다. Shin(2002)은 순서의존적인 작업준비시간이 존재하고 작업 가능 시점이 존재하는 단일기계/병렬기계에서 L_{max} (최대 Lateness)를 갖는 작업을 최소화하기 위해 제한적 타부탐색(restricted tabu search)해법을 제시 하였다.

Beak(2002)는 반도체 공장에서 포토 공정의 특징인 반복공정이 존재하고 납기와 작업가능 시점이 존재하는 병렬기계에서 일정 계획을 수립하는 문제를 풀기 위해 Restricted Roll Out 알

고리즘을 제시하였다. 또한 Kang(2000)은 반복 공정이 존재하며 포토공정의 특성을 가지는 병렬기계에서 일정계획을 수립하기 위해 ATCS를 수정한 RATCS (Revised ATCS)를 이용해 초기 해를 생성하고, 타부 탐색을 이용해 해를 향상시킴으로서 납기 지연시간의 합을 최소화하는 방법을 제시하였다.

2. 본론

2.1. 반도체 공장의 형태

반도체 제조는 다양하고 복잡한 다수의 공정들이 반복성을 가지고 수행되며, Wafer가 투입되어 완성되기까지는 일반적으로 두 달여의 기간이 소요된다. 이러한 긴 사이클 타임 (cycle time 또는 turnaround time)과 반복적인 공정 (re-entrant process)의 특성 때문에 반도체 산업에서 생산 및 납기 관리는 어렵고 힘든 일이다. 반도체 공장의 생산 공정은 wafer fabrication, wafer probe, assembly와 final test로 크게 4단계의 공정으로 구분된다. wafer fabrication과 wafer probe 공정을 front end 과정, assembly와 final test공정을 back end 과정이라한다 (Burman *et al.*, 1986). front end 부분은 병목공정이 포함되어진 공정으로 우선적으로 생산성을 최대화 하려는 목적을 가져 일반적으로 make-to-stock의 형태로 진행된다. 반면 back end 부분은 제품의 특성이 나타나고 고객의 주문에 의한 제품의 특성이 나타나는 단계로 주문이나 생산의 필요에 의한 방식으로 진행된다. 하지만 병목 공정이 포함되어진 front end 부분에서의 생산계획은 back end를 통해 고객에게 직접적인 영향을 주어 고객 중심의 생산계획을 수립하는데 있어 중요한 역할을 한다. front end 과정의 wafer fabrication(이하 FAB) 공정은 전체 생산성

의 70% 이상을 좌우하는 중요한 공정으로 단순한 실리콘 결정체인 wafer 기판위에 원하는 회로를 형성하는 과정으로 생산 계획 수립의 주요 연구 분야가 되고 있다. FAB 공정은 <Figure 1>과 같은 과정을 거치게 된다(Uzsoy *et al.*, 1992).

FAB 공정은 wafer의 레이어 수에 따라 반복적으로 진행된다. 실제로 하나의 반도체가 만들어지기 위해서 반도체 FAB의 제조 과정은 포토 공정을 기준으로 보통 16~25 번의 반복적인 작업을 거치게 되며 FAB 공정에서 이루어지는 총 작업의 수는 300~400 가지이상 된다. FAB 공정에서 사진 공정 (photo lithography; 이하 포토)은 웨이퍼 위의 특정한 물질에 임의의 모양을 정확한 위치와 크기로 전사하는 공정으로서, 반도체 제작의 총 공정에서 30%에 해당하는 큰 비중을 차지하는 단위 공정이다. 작은 크기를 전사할 수 있는 포토 공정 능력은 DRAM의 집적도 향상 및 CPU의 연산능력 향상에 근본적인 영향을 미치게 된다. 이러한 포토장비는 병렬 기계로 구성되어 있으며, 웨이퍼 위에 설계된 회로를 위치시키기 위해 마스크 (mask)를 사용하게 된다. 마스크는 반도체 소자 혹은 집적 회로의 구조를 크롬이 칠해진 유리판 위에 형성한 것으로서, 사진술을 이용해 유리 구조를 wafer에 복사해 반도체를 제조하기 위해 만들어진 반도체 소자 회로가 인쇄된 유리 원판이다. 마스크는 한 종류의 제품에서 한 레이어 당 하나씩 존재하는 것이 기본이며, 각 작업의 작업 순서에 따른 마스크 준비시간을 가지게 된다. 따라서 포토 공정이 병렬 기계로 구성되어 있어도 같은 작업을 함께 진행할 수 없으며 마스크의 이용 가능성에 따라 기계가 휴식 또는 대기하는 작업이 존재하게 된다. 이러한 마스크는 일반적으로 마스크 창고에 따로 보관되며 포토 장비에도 일정 개수의 마스크를 준비해 놓을 수 있는 공간을 가지고 있다. 포토 공정에서 마스크의 존재는 일정계획 수립을 한층 더 어렵게 만드는 요소이다.

본 연구에서는 주어진 반도체 FAB 공정에 대한 일정계획을 수립하기 위해 Shift Bottleneck(이하 SB) 알고리즘을 응용한다. 일반적으로 반도체 FAB 공정의 병목 공정은 포토 공정으로 알려져 있으며 포토 공정의 능력에 따라 생산능력이 달라진다고 할 수 있다. 이는 평균적인 값에 의해 포토 공정이 FAB에서 차지하는 비중에 의한 것이며 공장의 그때그때 상황에 따라 병목 공정은 달라질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 SB 알고리즘을 응용하여 반도체 FAB 공정의 일정계획을 수립하고자 한다.

2.2. 문제의 정의 및 가정

본 연구에서는 FAB공장의 형태를 <Figure 2>와 같이 정의하고 문제를 해결하였다. <Figure 2>에서 FAB 공정은 일반적인 Jobshop 공정과 유사한 형태를 구성하고 있으나 공정 1과 같이

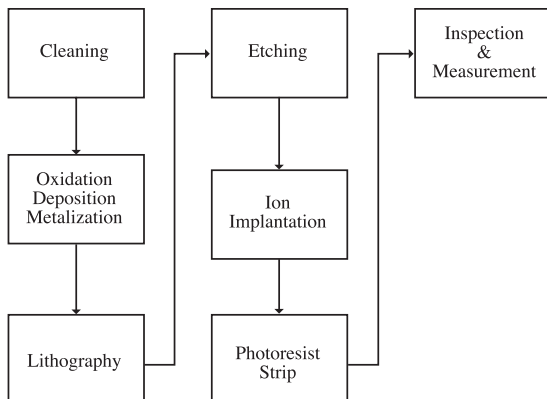


Figure 1. The manufacturing process in wafer fabrication

병렬기계로 구성되어 있는 공정이 존재한다. 공정 1은 포토 공정의 특성을 포함하도록 하였으며, 모든 공정의 미리 정해진 작업 순서에 따라 정해진 기계로 이동해 작업을 진행하게 된다. 공정 1의 병렬 기계는 두 대의 또는 여러 대의 기계가 동시에 같은 작업을 진행함으로써 비어 있는 기계에서 우선적으로 작업을 수행하게 된다.

본 연구에서 이러한 기본 공장의 형태를 다음과 같이 정의하였다.

- ◆FAB공장은 job shop의 형태로 구성되어 있다.
- ◆각 공정의 작업시간과 작업 준비시간은 알려져 있으며 확정적이다.
- ◆각 공정은 작업의 선·후행 관계를 가지고 있다.
- ◆포토 장비는 병렬 기계로 이루어져 있다.
- ◆포토 장비에 준비 될 수 있는 마스크의 수는 3개로 한다.
- ◆같은 종류의 마스크를 필요로 하는 작업은 동시에 진행될 수 없다.
- ◆마스크는 각 제품(작업)당 한 개씩 존재한다.
- ◆각 공정은 하나의 작업을 완료할 때 까지 다른 작업을 수행할 수 없다.

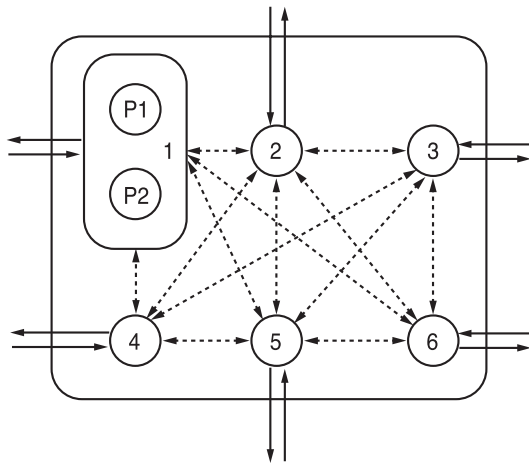


Figure 2. The configuration of FAB

FAB 공정에서 핵심 공정이자 필수 공정인 포토 공정은 병렬 기계로 이루어져 있으며 모든 제품을 생산할 수 있도록 하였다. 하지만 포토 공정은 마스크 (m)를 이용해 작업을 진행해 같은 종류의 마스크를 사용하는 작업이 동시에 진행될 수 없으며 마스크 l 을 마스크 m 으로 교체하기 위해서는 작업 준비 시간(S_{lm})이 요구된다. (Figure 3)는 병렬기계와 마스크의 구성을 나타낸 그림이다.

마스크는 각 제품의 레이어마다 다른 마스크를 필요로 한다.

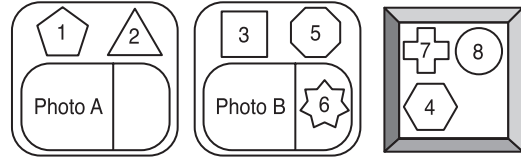


Figure 3. photo process and mask

즉, 각 제품은 레이어의 수만큼의 마스크를 필요로 하게 된다. 실제로 각 제품의 마스크들은 (Figure 3)에서 세 번째 그림과 같이 마스크를 보관하는 특정한 장소에 보관되며, 포토 장비에는 특정 개수의 마스크를 미리 준비해 놓을 수 있다. 마스크가 미리 준비되어 있지 않을 경우 마스크 교체에 필요한 시간은 마스크가 준비되어 있을 경우보다 긴 준비 시간이 요구된다. 본 연구에서는 포토공정에 준비할 수 있는 마스크의 수를 사용하는 것을 포함해 3개로 제한하였으며, 마스크 보관 장소는 공간의 제한이 없이 마스크를 보관할 수 있도록 하였다. (Figure 3)에서 포토 A는 마스크 1과 2를 준비해놓고 있으며, 포토 B는 6번 마스크를 사용하고 있으며 마스크 3과 5가 준비되어 있다. 또한 마스크 보관 장소에 마스크 7, 마스크 8, 마스크 4가 보관되어 있다. 포토 A에서 작업 j 가 마스크 6을 필요로 하는 경우 포토 B의 작업이 완료될 때까지 작업 j 를 시작할 수 없다. 이러한 마스크의 사용은 일반적으로 교체 시간이 많이 걸리고, 교체한 후 불량 발생률이 높아지며, 작업자의 노력을 필요로 하게 되어 되도록 마스크를 교체하지 않도록 일정 계획을 수립하게 된다. 따라서 포토 공정에서 작업을 완료했을 경우 설치되어진 마스크로 가능한 작업을 우선적으로 선택하며, 설치되어진 마스크를 사용하는 작업이 없을 경우는 우선순위가 높은 작업이 필요로 하는 마스크로 교체하게 된다.

본 연구에서는 FAB 공정을 마스크가 존재하는 $Jm|r_j, s_{jks}, M \sum w_j T_j$ 문제로 정의하고 SB 절차를 이용해 일정 계획을 수립하였다. SB 절차를 이용해 일정계획을 수립하기 위해서는 일반적인 SB 절차에서 고려하지 않았던 병렬기계를 고려해야 하며, 마스크 준비시간을 고려한 작업순서의 결정방법과 병목공정을 선정하는 방법을 결정해야 한다.

2.3. Shifting Bottleneck Procedure

반복 공정이 존재하지 않고 시작 가능 시간이 주어지지 않은 일반적인 job shop 모형에서 disjunctive graph로 나타내어 문제를 해결한 경험적 해법이 연구되어졌다(Balas, 1969). SB 절차는 이러한 $Jm||C_{max}$ 문제를 해결하기 위한 경험적 해법으로 매우 효과적인 것으로 알려져 있다. 특히 job shop 환경에서

disjunctive graph를 이용해 매우 좋은 해를 구해주는 경험적 알고리즘이다(Adams *et al.*, 1998). 일정계획을 수립하기 위해 순간병목(momentary bottleneck)을 선정해 우선적으로 일정계획을 수립해주는 방식으로, 각 기계의 작업 순서를 구하기 위해 기계별로 작업 순서를 구해 각 기계의 수행도를 평가하고, 그 시점에서 병목이 되는 공정을 우선적으로 선정해 일정계획을 수립하는 방식이다. 이와 같은 과정을 반복적으로 수행해 전체 기계에 대한 일정계획을 수립해준다. 본 연구에서는 SB 절차를 이용해 일정계획을 수립하였다.

SB 절차는 모든 기계의 집합을 M , 작업의 순서가 결정되어진 기계의 집합을 M_0 라 할 때 $M_0 = \emptyset$ 로 놓고 시작한다. $M - M_0$ 의 모든 기계 i 에 대해 기계가 한대일 때 L_{\max} 를 최소로 하는 작업 순서를 결정한다. 이후 구해진 모든 i 의 L_{\max} 중 가장 큰 값을 가지는 기계 k 를 선택 한다. 선택 되어진 기계 k 는 병목 공정으로 우선적으로 작업의 순서를 결정하고 $M_0 = M_0 \cup \{k\}$ 로 만든다. 작업이 결정 되어진 M_0 의 기계 i 에 대해 L_{\max} 를 최소화 할 수 있는 재 일정계획을 수립한다. 이와 같은 방법으로 $M_0 = M$ 이 될 때 까지 반복해 일정 계획을 수립하는 것이다. SB 절차는 다음과 같다.

Shifting bottleneck 절차

Step 1: $M_0 = \emptyset$ 로 놓는다.

Step 2: $M - M_0 = i$ 에 대해 기계가 한대일 때 L_{\max} 를 최소로 하는 일정 계획을 수립한다.

Step 3: $L_{\max}(k) = \max_{i \in (M - M_0)} (L_{\max}(i))$ 를 선택해 기계의 작업 순서를 결정한다. $M_0 = M_0 \cup \{k\}$ 로 놓는다.

Step 4: M_0 의 모든 기계 i 에 대해 재 일정계획을 수립한다.

Step 5: $M_0 = M$ 이면 정지, 아니면 Step 2로 이동 한다.

그러나 일정계획을 수립하기 위해서는 기계 한대일 때의 문제(single machine problem)를 풀어야 하는데 이러한 기계가 한대일 때의 작업 지연에 대한 문제 ($1||\sum w_j T_j$)는 강력한 NP-hard 문제로 알려져 있으며 병렬기계와 마스크 준비시간 제약이 더해지면 더욱 풀기 어려운 문제가 된다(Lenstra *et al.*, 1977).

2.3.1. 작업 순서의 결정

SB 절차에 따라 일정계획을 수립하기 위해서는 각 기계에서의 작업 순서를 결정해야 한다. 또한 병목공정을 선정하기 위해 각 기계의 특성에 따라 적절한 평가 방법을 선정해야 한다. 본 연구에서는 포토 공정을 제외한 나머지 공정의 작업 순서를 결정하기 위해 ATC (Apparent Tardiness Cost)를 이용하였다. ATC는 WSPT (Weighted Shortest Processing Time)와 MS

(Minimum Slack)을 조합한 분배정책 (dispatching rule)으로 기계 한대에서의 납기 지연의 합을 최소로 하는데 사용된다. ATC는 각 작업에 대해 평가한 인덱스(index)로 큰 값을 가지는 작업부터 공정에 투입하게 된다. 임의의 시간 t 에서 기계 i 의 작업 j 의 작업 순서 결정을 위한 인덱스 $I_{ij}(t)$ 는 다음과 같다.

notation

r_{ij} : 기계 i 에서 작업 j 의 시작 가능시간

d_{ij}^k : 작업 k 에서 공정(i, j)의 납기($k=1, 2, \dots, n$)

w_k : 작업 k 의 가중치

\bar{p} : 평균 작업시간

\bar{s} : 평균 작업 준비시간

c_j : 작업 j 에 필요한 마스크 m 의 작업 완료시간

s_{lm} : 마스크 l 을 마스크 m 으로 교체하는 작업준비시간

K_1, K_2 : 스케일링 요소 (scaling parameter)

$$I_{ij}(t) = \sum_{k=1}^n \frac{w_k}{p_{ij}} \exp\left(-\frac{\max(d_{ij}^k - p_{ij} + (r_{ij} - t), 0)}{K_1 \bar{p}}\right) \quad (1)$$

위의 식에서 d_{ij}^k 는 작업 k 에서 공정 (i, j)의 납기 시간을 나타내는 것으로 공정 (i, j)에서 작업 k 로 가는 작업의 납기를 나타내는 것이다. 이와 같이 구해진 인덱스가 큰 순서로 작업의 순서를 결정한다.

마스크가 존재하는 병렬기계에서의 작업 순서를 결정하기 위해서는 ATCMS (Apparent Tardiness Cost with Mask Setup)을 제안하였다. 포토 공정의 마스크를 고려하기 위해 ATCS를 수정하였다. ATCS는 WSPT와 MS에 작업준비시간을 고려하기 위해 SST (Shortest Setup Time)를 조합해 만든 분배정책으로 기계 한대일 때의 문제에서 매우 효과적이다(Pinedo and Chao, 1999). 임의의 시간 t 에서 마스크 l 이 설치 되어 있을 경우 작업 순서를 결정하기 위한 ATCMS 인덱스 $PI_{ij}(t, l)$ 는 다음식과 같다.

$$PI_{ij}(t, l) = \sum_{k=1}^n \frac{w_k}{p_{ij}} \exp\left(-\frac{(d_{ij}^k - p_{ij} + (R_{ij} - t))^+}{k_1 \bar{p}}\right) \times \exp\left(-\frac{s_{lm} + (c_{mj} - r_{ij})^+}{k_2 \bar{s}}\right) \quad (2)$$

$$R_{ij} = \max(r_{ij}, c_{mj} + s_{lm}) \quad (3)$$

식의 첫 부분인 WSPT는 기존과 같은 방식으로 계산되며, 두 번째 부분인 MS에서 R_{ij} 는 포토 공정의 시작 가능시간으로써 시작 가능시간 r_{ij} 와 사용되어질 마스크와 작업 준비시간으로 인해 지연될 수 있는 시간을 고려해 MS 값을 구하게 된다. 마지막 부분인 SST에서 역시 마스크로 인해 지연될 수 있는 작업시간 $(c_{ml} - r_{ij})^+$ 값으로 보정해주어 계산한다. 이와 같은 계산은 마스크

의 작업 준비시간을 고려하기위한 것으로 사용해야할 마스크가 다른 공정에서 작업을 진행 중이면 지연된 작업 시간만큼을 작업 준비시간에 더해지게 된다. 또한 마스크가 다른 기계에서 사용 중이지만 다음 공정의 시작 가능 시간보다 작업의 완료시간이 작다면 작업 준비시간만을 고려해 작업 순서를 결정하게 된다.

k_1 과 k_2 는 스케일링 요소로서 ATCMS에서 각각 WSPT와 MS, SST의 영향력을 결정하는 결정 변수이다. 만약 k_1 이 커지면 WSPT의 영향력이 작아지며 반대로 작아지면 MS의 영향력이 작아진다. k_2 도 SST에 대해 같은 역할을 하는 결정 변수이다. 이러한 스케일링 요소를 계산하기 위해서는 납기 밀접도 (τ), 납기범위 (R), 작업 준비시간 요소 (η), 작업과 기계요소 (μ)와 작업에 대한 마스크 요소 (ψ)를 구해야 한다.

τ 는 납기 밀접도(due date tightness)로 $\tau=1-(\bar{d}/C_{\max})$ 와 같이 계산한다. \bar{d} 는 납기들의 평균을 나타내며 C_{\max} 는 공정 완료시간을 나타낸다. 납기 범위 R 은 납기의 퍼진 정도를 나타내며 $R=(d_{\max}-d_{\min})/C_{\max}$ 로 구한다. d_{\min} 과 d_{\max} 는 최소 납기와 최대 납기를 나타낸다. 작업 준비시간 요소 $\eta=\bar{s}/\bar{p}$ 로 작업 준비시간이 일정계획에 미치는 영향을 나타내는 것으로 평균 작업시간 (\bar{s})과 평균 공정시간 (\bar{p})으로 계산할 수 있다. 작업-기계요소 $\mu=n/ph$ 로 병렬기계에서 기계 한 대당 평균 작업수를 나타내기 위한 요소로 n 과 ph 는 각각 작업의 수와 병렬기계의 수를 나타낸다. 또한 작업에 대한 마스크의 비율을 나타내는 ψ 는 작업 수 n 과 마스크의 수 m 으로 $\psi=n/m$ 와 같이 계산해 사용한다. 각각의 요소들이 ATCMS에 미치는 영향을 알아보기 위해 240개의 요소들의 조합을 만들어 실험을 수행하였다. 각 조합에 사용한 요소들은 다음과 같다.

$$\tau = (0.3, 0.4, 0.5, 0.6)$$

$$R = (0.25, 0.5, 0.75, 1.0)$$

$$\mu = (1.7, 2.0, 2.5, 3.3, 5.0)$$

$$\psi = (0.3, 0.5, 0.5)$$

실험을 수행하기위해 병렬기계의 각 작업시간 (p_j)는 [80, 100] 사이의 균일분포(uniform distribution)를 사용해 평균 작업시간 (\bar{p})은 90이 되도록 하였다. 작업 준비시간은 [1, 100] 사이의 균일분포를 사용하였다. 작업 j 의 작업 납기 d_j 는 $[\mu - \frac{\mu R}{2}, \mu + \frac{\mu R}{2}]$ 의 균일분포를 사용해 구하였다. 각 조합을 사용해 문제를 만들었으며 k_1 과 k_2 값을 다음과 같이 변화시켜 실험하였다.

$$k_1 = (0.2, 0.4, 0.6, \dots, 5.0)$$

$$k_2 = (0.2, 0.4, 0.6, \dots, 6.0)$$

각 대안에 대한 실험은 10번씩 수행하였으며 k_1 과 k_2 값의 변화에 따른 알고리즘의 성능을 비교하기 위해 TWT의 평균을 구하였다. 실험 결과 k_1 값은 R 과 τ 요소 값이 커질수록, ψ 와 μ 요소 값이 작아질수록 큰 값을 가지는 것으로 나타났다. k_1 값은, R , ψ 과 μ 값에 비례해 증가하며, τ 의 영향을 받는다. <Figure 4>과 <Figure 5>은 k_1 과 k_2 값과 각각에 영향을 주는 요소들과의 관계를 보여준다. 적절한 과 값을 선택하기 위해 본 논문에서는 다음과 같은 식을 사용해 스케일링 요소 값을 결정하였다.

$$k_1 = 0.6 + \sqrt{\psi}, \quad k_2 = 3.5 + \tau/(1.8\sqrt{\eta}) \quad (\text{단, } \tau < 0.8)$$

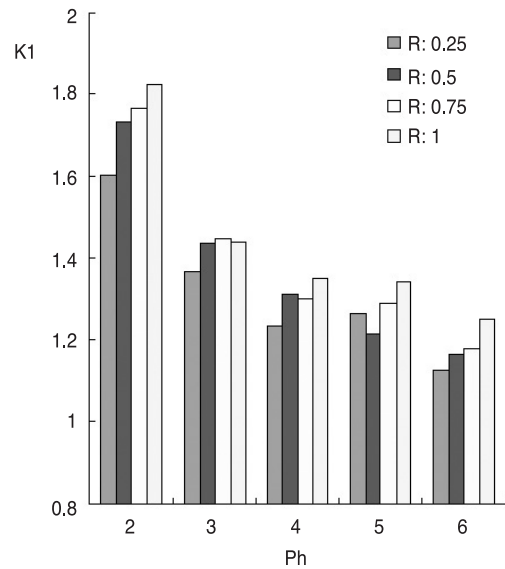


Figure 4. the comparison results of k_1 with various R and various ph

마스크가 존재하는 병렬기계에서는 본 연구에서 제안한 ATCMS를 이용해 작업의 우선순위가 높고 작업시간이 짧으며, 납기까지의 여유가 작으며, 마스크에 의한 작업의 영향을 적게 받는 순서로 작업을 나열할 수 있다. 이렇게 나열된 작업 중 가장 큰 값을 가지는 작업을 우선적으로 투입으로써 좋은 일정계획을 수립할 수 있다.

병렬기계에서는 작업이 완료되어진 기계에 대해 인덱스를 계산해 작업 순서를 결정하고, 가장 큰 값을 가지는 작업을 투입하고 다시 작업이 완료된 기계에 대해 인덱스를 구해 투입작업을 결정한다. 이때 선택되어진 작업에 필요한 마스크가 다른 기계에서 사용 중이면 선택된 작업을 마스크가 있는 기계로 옮기고 다음으로 인덱스가 큰 값을 가지는 작업을 선택해 투입한다. 이러한 과정을 반복해 병렬기계의 작업 순서를 결정할 수 있다.

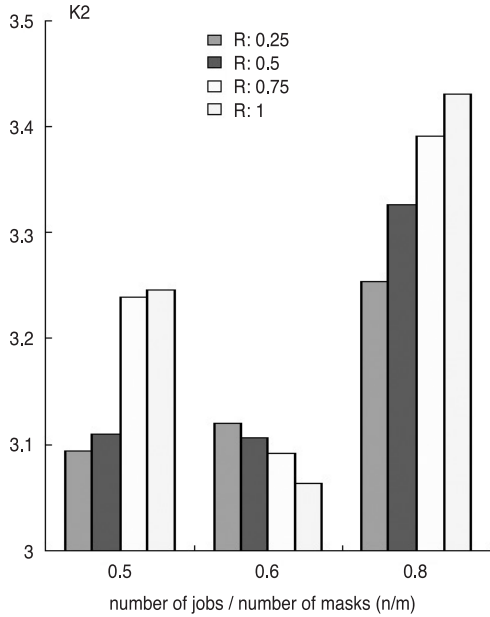


Figure 5. the comparison results of k_2 with various R and various $\psi (= n/m)$

2.3.2. 병목공정의 선정

SB 절차를 수행하기 위해서는 각 기계에 대한 적절한 수행도 평가가 이루어져야 한다. 즉, 병목공정을 선정하기 위해 각 기계의 특성에 따라 적절한 평가 방법을 선정해 작업의 순서를 결정하고 이를 이용해 각 기계에서의 납기 지연시간을 계산해야 한다. 따라서 본 연구에서는 병목공정을 선정하기 위해 각 기계의 L_{\max} 값을 비교해 가장 큰 값을 가지는 기계를 병목 공정으로 선정하였다.

$$L_{\max}(k) = \max_{i \in \{M - M_0\}} (L_{\max}(i))$$

위식은 병목 공정을 선정하는 것으로써 아직 작업 순서를 결정하지 않은($M - M_0$) 기계 i 에 대해 각각의 작업 순서를 결정한다. 정의된 모델에서 크게 병렬공정과 나머지 공정으로 구분할 수 있는데 병렬기계에서는 ATCMS 인덱스를 사용해 작업의 순서를 결정하고, 이외의 공정은 ATC 인덱스를 사용해 작업순서를 결정한다. 구해진 인덱스로 기계 i 에서의 작업의 순서가 결정되면 전체 공정의 $L_{\max}(i)$ 값을 구해 가장 큰 값을 가지는 기계 k 를 병목공정으로 선정한다. 선택된 기계는 병목공정으로 우선적으로 일정계획을 수립해 다른 작업에 미치는 영향을 최소화 한다. 이와 같은 방법으로 순간병목이 되는 기계 k 를 선택하고, 작업순서를 결정하는 방법으로 $M = M_0$ 가 될 때까지 반복적으로 사용해 모든 공정의 일정계획을 수립할 수 있다.

따라서 반도체 FAB 공정의 TWT를 줄이기 위해 본 연구에서

제안하는 shifting bottleneck을 이용한 FAB 일정계획 수립 알고리즘을 정리하면 다음과 같다.

shifting bottleneck을 이용한 FAB 일정계획 수립 알고리즘

Step 1: 일정계획이 수립된 기계, $M_0 = \emptyset$ 으로 놓는다.

Step 2: k_1 과 k_2 값을 계산한다.

Step 3: $M - M_0 = i$ 인 i 를 선택하고 i 가 병렬 기계면 Step 4로, 아니면 Step 5로 진행한다.

Step 4: ATCMS를 이용해 L_{\max} 를 계산하고 Step 6으로 진행한다.

Step 5: ATC를 이용해 L_{\max} 를 계산하고 한다.

Step 6: Step 3 ~ Step 5을 이용해 모든 $M - M_0 = i$ 인 i 에 대해 L_{\max} 를 계산한다.

Step 7: $L_{\max}(k) = \max_{i \in \{M - M_0\}} (L_{\max}(i))$ 를 선택해 기계 k 의 작업 순서를 결정한다.

Step 8: $M_0 = M_0 \cup \{k\}$ 로 놓는다.

Step 9: $M_0 = M$ 이면 정지, 아니면 Step 3으로 이동 한다.

3. 결과 분석

본 연구에서 FAB 공정을 작업의 시작 가능 시간이 존재하고, 병렬기계이며 마스크 작업준비 시간을 필요로 하는 job shop 모델($Jm|r_j, s_{jk}, M, \sum w_j T_j$)로 정의하고 일정계획을 수립하였다. 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 목적 값인 가중 납기 지연의 합 ($\sum w_j T_j$)을 각 대안과 비교하였다. 각 대안들은 납기와 관련된 기존의 알고리즘을 이용해 보조문제를 풀고 SB 절차를 이용해 일정계획을 수립하였다.

3.1. 비교 대안

제시한 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 대안 알고리즘으로는 기계 한대일 때의 문제에서 납기와 관련해 좋은 성능을 가지는 알고리즘을 이용해 SB 절차에 따라 일정계획을 수립하였다. 대안으로는 MS(Minimum Slack), EDD (Earliest Due Date)와 병렬기계 알고리즘인 RATCS (Revised Apparent Tardiness Cost with Setup)를 사용하였다. 포토 공정의 작업 특성을 고려하기 위해 마스크 준비시간을 가지며, 작업에 따른 가중치와 작업 우선순위 등의 모든 제약 조건을 갖게 하고 대안이 되는 알고리즘을 이용해 포토 공정의 작업 순서를 결정하였다. MS는 납기까지의 여유 시간이 작은 작업을 우선적으로 할

당하는 방법이다. 포토 공정에서 MS를 이용해 작업 순서를 결정하는 절차는 다음과 같다.

Step 1: 병렬기계 중 비어있는 장비를 선택 한다.

Step 2: 대기하는 작업의 납기까지의 여유 시간($S_{ij}(t)$)을 계산한다.

$$S_{ij}(t) = d_{ij} - p_{ij} + (\max(r_{ij}, c_j) - t).$$

Step 3: 여유 시간이 작은 값을 선택된 장비에 할당한다.

Step 4: 모든 작업의 순서가 결정되었으면 종료, 아니면 Step 1로 이동한다.

EDD는 납기가 빠른 작업부터 우선적으로 기계에 할당하는 방법이다. 대기하는 작업 중 납기가 가장 빠른 작업의 순서로 작업을 진행한다. 우선적으로 납기가 빠른 작업을 선택하고 같은 납기를 가지 작업이 발생할 경우 마스크의 준비시간을 고려해 설치된 마스크를 이용하는 작업을 우선적으로 선택하며, 설치된 마스크를 이용하는 작업이 없을 경우에는 마스크 준비시간이 가장 작은 작업을 선택할 수 있도록 하였다. 포토 공정에서 EDD를 이용해 작업 순서를 결정하는 절차는 다음과 같다.

Step 1: 병렬기계 중 비어 있는 기계를 선택 한다.

Step 2: 대기 하는 작업의 납기순서로 배열 한다.

Step 3: 납기가 가장 작은 작업을 기계에 할당한다.

Step 4: 모든 작업의 순서가 결정되었으면 종료, 아니면 Step 1로 이동한다.

RATCS 인덱스는 병렬기계 알고리즘으로 반복 공정이 존재하는 병렬기계에서 사용할 수 있도록 ATCS를 수정한 방법으로 Kang(2000)이 제안되어졌다. RATCS는 반복공정이 존재하는 병렬기계에서 마스크 준비시간을 고려한 방법으로 포토 공정의 작업순서 결정을 위해 다음과 같이 수정하였다.

$$I_{ij}(t, l) = \sum_{k=1}^n \frac{w_k}{p_{ij}} \exp\left(-\frac{d_{ij} - p_{ij} + (r_{ij} - t)}{K_1 p}\right) \exp\left(-\frac{s_{lm}}{K_2 s}\right) \quad (4)$$

$$p_{ij}, s_{lm} = \begin{cases} p_{ij}, 0 \\ p_{ij} + r_{ij} - t, 0 \\ p_{ij} + r_{ij} - t, s_{lm} \\ p_{ij} + r_{ij} - t, s_{lm} + \max(r_m - r_{ij}, 0) \\ p_{ij}, s_{lm} \\ p_{ij}, s_{ij} + r_m - t \end{cases}$$

RATCS는 마스크의 상태에 따라 와 을 변화시켜가면서 각 작업의 인덱스를 구해 준다.

3.2. 실험설계 및 실험결과분석

SB의 성능을 평가하기 위한 모의실험은 크게 두 가지로 나눠 실험하였다. 첫 번째는 SB의 성능을 평가하기 위해 실험하였다. 주어진 문제의 기본 공정 모형과 같이 각 제품들은 미리 결정되어진 작업 순서를 가지며, 특정 공정을 병렬 기계로 구성하였다. 병렬 기계로 구성되어 있는 공정은 마스크 준비시간을 필요로 하며, 마스크를 보관하는 장소가 있고, 각 기계에는 마스크를 준비할 수 있는 공간이 있도록 하였다. 두 번째는 ATCMS의 성능을 평가하기 위해 반복이 존재하는 병렬기계에서의 실험을 수행하였다. 모의실험을 위해 CPU 1.7GHz, 메모리 256Mb의 데스크 탑 컴퓨터를 이용하였으며, 알고리즘 프로그래밍은 Visual C++ 6.0을 이용해 구현 하였다.

3.2.1. 실험 설계

SB 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 척도로 목적 값인 가중 납기 지연의 합 ($\sum w_j T_j$)을 이용하였다. 성능 평가를 위해 병렬 기계의 장비 수와 전체 공정의 작업 수, 마스크의 수 등을 변경시켜 각 알고리즘의 성능 변화를 알아보았다. 또한 제품의 수와 납기 정도의 변화에 따른 성능 변화도 알아보았다. 모의실험을 위한 대안은 <Table 1>과 같다.

병렬기계의 수는 포토 장비의 수를 나타내는 것으로 2대, 4대, 6대로 변경하며 실험하였다. 병렬기계의 작업 시간은 [80, 100] 사이의 값을 가지는 균일 분포를 사용해 구하였다. 나머지 공정의 1과 20을 사이의 작업시간을 가지게 하였다. 또한 공장의 형태에 따라 여러 가지 모형을 만들기 위해 마스크의 수, 작업의 수, 기계의 등을 변화시켜 여러 가지 실험 모형을 만들었다.

작업의 납기는 균일 분포를 사용하였다. μ 는 평균 납기시간을 나타내는 것으로 납기 지연 작업 비율에 작업의 전체 가공시간 (makespan)의 평균($E[C_{\max}]$)을 곱해 구하였다. 납기 지연 작업의 비율과 납기의 범위를 변화시키는 방법으로 주문 작업의 납기 여유가 작을 때와 클 때를 비교 할 수 있도록 하였다. 또한 작업의 시작 가능 시점을 설정해 각 작업의 시작 시간을 결정할 수 있도록 하였다. 작업의 수는 기계의 수 보다 많게 설정해 기계가 15대 일 때 작업의 수는 15, 20, 30으로 하였으며, 기계가 20대일 때는 작업의 수를 20과 30으로 하였다. 총 모형은 216 가지이며 각 모형의 작업 수에 따른 작업순서는 랜덤(random)하게 결정된다. 각 모형 당 20번의 실험을 하여 평균을 구해 성능의 변화를 알아보았다.

ATCMS의 성능을 알아보기 위한 실험 대안도 <Table 1>과 같다. 실험 모형은 반복(cycle) 공정이 존재하는 두 개의 공정으로 구성하였다. 첫 번째 공정은 병렬 기계로 마스크 준비시간을 가지

Table 1. The simulation experiment data for SB algorithm and ATCMS

Experiment data list	Data value	N
Number of parallel machines	2, 4, 6	3
Processing time in parallel machine	uniform[80, 100]	1
Number of cycle(I)	10, 15, 20	3
Number of masks(M)	$M = I \times J \times m, m = 0.5, 0.8$	2
Number of jobs(J)	10, 20, 30	3
Rate of overdue jobs(T)	0.3, 0.6	2
Range of duedates(R)	0.5, 2.5	2
Number of total problem		216
Processing time in other processes	uniform[1, 20]	
Setup time of masks	uniform[1, 100]	
Priority of jobs(W)	uniform[1, 5]	
Duedate of jobs(d_j)	$Uniform[\mu - \frac{\mu R}{2}, \mu + \frac{\mu R}{2}]$	
Index of jobs-machines(μ)	$r_j + (1.0 - T) \times E[C_{max}]$	
Release time(r_j)	uniform[0,10]	

며, 두 번째 공정은 일반 공정으로 마스크 준비시간을 가지지 않도록 하였다. 각 반복은 두개의 공정을 모두 거치며 우선순위가 존재해 전 공정이 완료되지 않으면 다음 공정을 진행 할 수 없다. 병렬기계의 형태는 SB 실험에서와 같이 마스크를 준비해 놓을 수 있는 공간이 있으며, 마스크 작업 준비시간, 병렬 기계의 수와 작업시간 등은 SB 실험과 같은 방식으로 진행하였다. 목적 함수로

Table 2. The comparison results of TWT with various machines and various jobs

N of Machines	N of Jobs	EDD	MS	RATCS	ATCMS
10	10	4969.04	5150.53	3494.55	2631.60
	20	20286.57	18113.01	13089.95	9891.87
	30	31367.48	27630.01	22394.91	17350.00
	Average	18874.36	16964.52	12993.14	9957.82
15	15	11837.71	11445.10	8312.45	6176.63
	20	21255.81	19531.13	14858.03	11079.40
	30	32572.61	29040.18	24625.54	18831.87
	Average	21888.71	20005.47	15932.00	12029.30
20	20	21017.37	19748.25	15308.65	11375.21
	30	32260.72	29373.19	25105.41	18720.72
	40	58594.62	51424.97	46092.73	35248.47
	Average	37290.90	33515.47	28835.60	21781.47
Average		26017.99	23495.15	19253.58	14589.53

는 납기 지연의 합으로 반복 공정의 회수를 10, 15, 20회로 변화시켜 ATCMS성능을 알아보았다.

3.3.2. 실험 결과 분석

각 대안에 대한 실험 1의 기계 수 i 와 작업 수 j 에 따른 대안별 납기지연의 합은 <Table 2>와 같다. 표와 같이 ATCMS를 사용해 일정계획을 수립하였을 때 납기 지연의 합이 가장 작은 값을 가지는 것을 알 수 있다. RATCS와 ATCMS는 ATCS 기반의 알고리즘으로 마스크를 고려하지 않은 다른 대안에 비해 좋은 성능을 가짐을 알 수 있었다. 또한 병렬기계에서 RATCS를 사용했을 때 보다 ATCMS를 사용하였을 때 더욱 효과적인 것을 알 수 있다. 기계 수와 작업 수의 변화에 따라라도 제안한 알고리즘이 더 좋은 결과 값을 가지는 것을 알 수 있다.

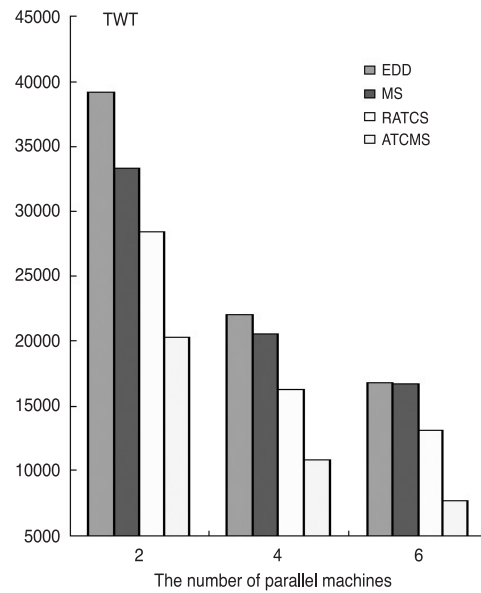


Figure 6. The comparison results of TWT with various number of parallel machines

<Figure 6>는 병렬기계 수의 변화에 따른 각 대안별 납기지연의 합을 나타낸다. EDD와 MS는 마스크 준비시간을 고려하지 못해 다른 두개의 알고리즘 보다 좋지 못한 결과를 가져옴을 알 수 있으며, 시간 의존적이지 않은 EDD보다 시간 t 의 변화에 따라 작업의 여유시간을 계산해주는 MS가 더 좋은 결과 값을 나타냈다. RATCS와 ATCMS는 작업의 여유시간과 마스크의 준비시간, 작업 시간 등을 균형적으로 고려해 납기지연의 합을 줄이는데 있어서 우수하게 나타났다.

<Figure 7>은 마스크 수의 변화에 따른 납기지연의 합의 변화를 알아본 것으로서 x 축은 작업 수에 대한 마스크의 비율을 나타

낸다. 마스크가 작업의 수보다는 항상 작은 값을 가지도록 했으며 마스크의 수가 많을 때와 적을 때 모두 ATCMS의 결과가 더 좋은 결과를 값을 가짐을 알 수 있었다. 특히 마스크의 수가 작업 수에 비해 작을 경우 마스크를 고려하지 않은 다른 두 개의 대안보다 마스크를 고려한 RATCS가 더 우수한 값을 가졌으며 ATCMS의 성능이 RATCS에 비해 더 좋은 성능을 가지는 것을 알 수 있다. 또한 마스크의 수가 작업의 수와 비슷한 비율을 가질 때도 RATCS가 다른 대안들과 비슷한 값을 가지는 반면 ATCMS는 더 좋은 결과 값을 가짐을 알 수 있다.

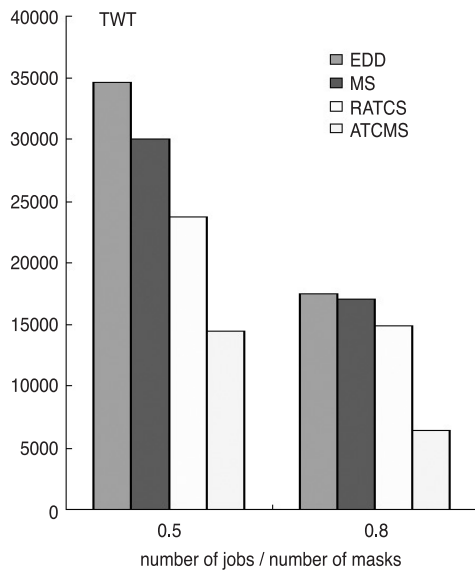


Figure 7. The comparison results of TWT with various number of masks

〈Table 3〉는 각각 납기에 대한 변화를 나타낸 것이다. 납기 범위 R이 작을수록, 납기 지연 비율 T가 커질수록 생성 되는 납기의 폭이 작아지며, 타이트한 납기를 가지게 된다. T와 R값의 변화에 대해서도 ATCMS의 성능이 우수함을 알 수 있다.

Table 3. The comparison results of TWT with various T and various R

T	R	EDD	MS	RATCS	ATCMS
0.3	0.5	23128.64	20612.77	15983.669	12223.18
	1	23089.23	20672.79	16736.82	12648.76
0.6	0.5	28922.91	26347.22	21845.33	16717.77
	1	28930.18	26347.83	22448.50	17167.03

〈Table 4〉는 실험 2의 결과로 반복 공정이 존재하는 병렬기계에서의 ATCMS의 성능 변화를 알아보았다.

Table 4. The comparison results of TWT with various T and various R

N of Cycles	N of Jobs	EDD	MS	RATCS	ATCMS
10	10	172671.91	159317.36	122441.54	82562.82
	20	7399984.38	695009.23	635988.66	416798.11
	30	1663285.24	1539465.92	1502515.13	997055.45
	Average	85864.17	797930.93	753648.43	498805.45
15	15	272207.24	243747.07	165742.99	128384.22
	20	1169963.91	1009150.29	805248.76	620421.13
	30	2689730.95	2303154.62	2006722.34	1560251.35
	Average	1377300.70	1185350.66	15932.00	769685.56
20	20	373629.69	332827.42	225077.83	174876.00
	30	1609821.96	1650153.99	1135573.19	887621.15
	40	3761277.94	3058256.44	2873237.60	2261586.32
	Average	37290.90	1516341.93	1411296.21	1108027.82
Average		1383619.25	1198151.72	1128123.12	792172.94

4. 결론 및 추후 연구

본 연구에서는 반도체 FAB공정의 일정계획을 수립하기 위해 shifting bottleneck 절차를 이용하였으며, 병렬기계로 구성되어 있는 포토공정과 마스크의 작업 순서를 결정하기 위해 ATCMS 인덱스를 제안하였다. 고객 납기만족을 위해 전체 작업의 납기 지연의 합을 최소로 하기 위한 일정 계획을 수립을 목표로 하였으며, 실험 결과 제안한 알고리즘은 다른 대안보다 우수한 성능을 가지는 것으로 나타났다. 다양한 납기를 가진 여러 종류의 제품의 주문에 대해 포토 공정의 작업순서 뿐만 아니라 전체 공정의 일정계획을 수립함으로써 반도체 FAB공장의 효과적인 통제 및 관리가 이루어질 수 있는 기준을 제시할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 납기 지연의 합을 최소화 하는 일정계획을 수립함으로써 고객의 납기만족을 증대 시키는 효과도 가져올 것이다.

추후 연구 과제로는 메타 휴리스틱을 이용해 해를 향상시키는 방안과, MES와 shifting bottleneck의 연계를 통한 실시간 일정 계획 수립 등이 있다. MES를 이용한 실시간 일정계획 수립은 각 작업장에서 대기하는 작업과 진행 중인 작업의 정보를 이용해 각 작업장 또는 기계의 순간 병목공정을 선정해 일정계획을 수립하는 방법으로 실시간 통제가 가능해 현장에서 더욱 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 기대 된다. 또한 각 공정의 특성을 모두 반영한 일정계획 수립으로 포토 공정 외의 공정에서 발생할 수 있는 배치 단위 생산 등의 특성을 반영해 일정 계

획 수립함으로써 실제 작업환경을 통제함에 있어 더욱 효과적이고 효율적인 생산관리를 할 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] Adams, J., Balas, E., Zawack, D.(1988), "The Shifting Bottleneck Procedure for Job-Shop Scheduling", *Management Science*, Vol. 34, pp. 391-401.
- [2] Baek, J. K.(2002), "A Study of Planning and Scheduling System for Make-to-order Semiconductor Manufacturing", *a thesis for a doctor degree*, Department of Industrial System and Information Engineering, Korea University.
- [3] Bai, X., Gershwin, S. B.(1990), "A Manufacturing Scheduler's Perspective on Semiconductor Fabrication", *VLSI Memo*, No. 89-518, Massachusetts Institute of Technology.
- [4] Balas, E.(1969), "Machine Sequencing via Disjunctive Graphs: An Implicit Enumeration Algorithm", *Operations Research*, Vol. 17, pp. 941-957.
- [5] Burman, D. Y., Gurrola-Gal, F. J., Nozari, A., Sathaye, S., Sitarik, J. P.(1986), "Performance Analysis Techniques for IC Manufacturing Lines", *AT&T Bell Labs Technical Journal*, Vol. 65, pp. 46-56.
- [6] Demirkol, E., Mehta, S., Uzsoy, R.(1997), "A Computational Study of Shifting Bottleneck Procedures for Shop Scheduling Problems", *Journal of Heuristics*, Vol. 3, pp. 111-137.
- [7] Glassey, C. R., Resende, M. C. G.(1988), "Closed-Loop Job Release Control for VLSI Circuit Manufacturing", *IEEE Trans. on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 1, pp. 36-46.
- [8] Hughes, R. A., Shott, J. D.(1986), "The Future of Automation for High-volume Wafer Fabrication and ASIC Manufacturing", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 74, pp. 1775-1793.
- [9] Johri, P. K.(1993), "Practical Issues in Scheduling and Dispatching in Semiconductor Wafer Fabrication", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 12, pp. 474-485.
- [10] Kang, Y. H.(2000), "A Scheduling Scheme for Parallel Machines where Jobs Demand Repetitive Processing", *a thesis for a master degree*, Department of Industrial System and Information Engineering, Korea University.
- [11] Kim, J. M., Kim, S. S.(1998), "A Study on the Due-date Estimation for Some Computerized Manufacturing Systems", *IEEE Trans. on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 11, pp. 155-164.
- [12] Leachman, R. C., Kang, J. Y., Lin, V.(2002), "SLIM: Short Cycle Time and Low Inventory in Manufacturing at Samsung Electronics", *Interfaces*, Vol. 32, pp. 61-77.
- [13] Lee, Y. H., Pinedo, M. L.(1997), "Scheduling Jobs on Parallel Machines with Sequence-Dependent Setup Times", *European Journal of Operational Research*, Vol. 100, pp. 464-474.
- [14] Lenstra, J. K., Rinnooy Kan, A. H. G, Brucker, P.(1977), "Complexity of Machine Scheduling Problems", *Annals of Discrete Mathematics*, Vol. 1, pp. 343-362.
- [15] Mason, S. J., Fowler, J. W., Carlyle, W. M.(2002), "A Modified Shifting Bottleneck Heuristic for Minimizing Total Weighted Tardiness in Complex Job Shops", *Journal of Scheduling*, Vol. 5, pp. 247-268.
- [16] Pinedo, M.(1995), *Scheduling: theory, algorithms, and systems*, Prentice Hall, New Jersey.
- [17] Pinedo, M. L., Chao, X.(1999), *Operations Scheduling with Applications in Manufacturing and Services*, Irwin McGraw-Hill, New York.
- [18] Runyan, W. R., Bean, K. E.(1990), *Semiconductor Integrated Circuit Processing Technology*, Addison-Wesley.
- [19] Shin H., J.(2002), "A Study on Scheduling for Single/Parallel Machines by a Restricted Tabu Search", *a thesis for a doctor degree*, Department of Industrial System and Information Engineering, Korea University.
- [20] Spearman, M. L., Woodruff, D. L., Hopp, W. J.(1990), "CONWIP: A Pull Alternative to Kanban", *International Journal of Production Research*, Vol. 28, pp. 879-894.
- [21] Sze, S. M.(1983), *VLSI Technology*, McGraw-Hill, New York.
- [22] Uzsoy, R., Lee, C. Y., Martin-vega, L. A.(1992), "A review of Production Planning and Scheduling Models in the Semiconductor Industry, Part 1: System

Characteristics, Performance Evaluation and Production Planning”, *IIE Trans. on Scheduling and Logistics*, Vol. 24, pp. 47-61.

[23] Uzsoy, R., Lee, C. Y., Martin-vega, L. A.(1994), “A Review of Production Planning and Scheduling Models in the Semiconductor Industry, Part 2: Shop-Floor Control”, *IIE Trans. on Scheduling and Logistics*, Vol. 26, pp. 44-55.

[24] Uzsoy, R., Martin-Vega, L. A., Lee, C. Y., Leonard, P. A.(1991), “Production Scheduling Algorithms for a Semiconductor Test Facility”, *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 4, pp. 270-280.

[25] Uzsoy, R., Lee, C. Y., Martin-Vega, L. A.(1992), “Scheduling Semiconductor Test Operations: Minimizing Maximum Lateness and Number of Tardy Jobs on A Single Machine”, *Naval Research Logistics*, Vol. 39, pp. 369-388.

[26] Wein, L. M.(1988), “Scheduling Semiconductor Wafer Fabrication”, *IEEE Trans. on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 1, pp. 115-129.



원대일

명지대학교 산업공학과 학사
고려대학교 산업공학과 석사
현재 : 삼성SDS 선임
관심분야 : Embedded System
Software, Digital Contents
Management



백종관

고려대학교 산업공학과 학사
고려대학교 산업공학과 석사
고려대학교 산업공학과 박사
현재 : 서일대학 산업시스템경영과 교수
관심분야 : 생산자동화 시스템,
공장자동화



우태희

건국대학교 산업공학과 학사
건국대학교 산업공학과 석사
건국대학교 산업공학과 박사
현재 : 서일대학 산업시스템경영과 교수
관심분야 : 품질경영, 통계적품질관리,
6시그마

유전자 알고리즘과 시뮬레이션을 이용한 공급 사슬의 하이브리드 다목적 최적화[†]

박경중[†]

광주대학교 경영학과

A Hybrid Multi-Objective Optimization of a Supply Chain Using Genetic Algorithm and Simulation[†]

Kyoung Jong Park[†]

Dept. of Business Administration, Gwangju University

This paper deals with multi-objective optimization of a supply chain using a simulation model and a genetic algorithm. This paper proposes a hybrid model which has a complex supply chain model and a multi-objective model through a simulation method and a genetic algorithm. Also the model considers a manufacturing capacity, the number of vehicles, and the velocity of the vehicles which are dynamically changed. Finally, this paper shows that the proposed multi-objective hybrid model is effectively applied to either a variability of a supply chain is large or not.

Keywords: Multi-objective optimization, Genetic algorithm, Simulation, Hybrid model

1. 서론

공급 사슬은 고객의 요구 조건들을 충족하기 위해 직접 또는 간접적으로 연결된 모든 단계들로 구성된다. 일반적인 공급 사슬의 목적은 고객에게 전달되는 최종 제품의 가치와 고객의 요구 조건들을 충족시키기 위해 공급 사슬의 모든 단계에서 발생하는 비용 사이에서 창조적인 가치를 최대화하는 것이다(Mahnam et al., 2009). 공급 사슬은 매우 복잡하고 확률적이어서 예상하지 못하는 문제들이 발생한다. 이러한 현상을 채찍 효과(bullwhip

effect)로 설명하며 Forrester(1958)에 의해 처음 제기되었다. 대부분의 공급 사슬에 관한 연구들은 채찍 효과를 규명하거나 채찍 효과를 줄이는 방안에 대해서 진행하였고, Lee et al.(1997)은 채찍 효과가 일어나는 원인을 수요 처리, 리드타임, 배치 주문, 결품 발생, 그리고 가격 변동 및 판촉의 5가지로 분류하였다.

채찍 효과에 영향을 주는 주요 요인들은 정보 공유(Lee et al., 2000a; Lee and Whang, 2000), 리드타임(Chen et al., 2000), 수요 예측 방법(Graves, 1999), 그리고 재고 정책(Lee and Wu, 2006) 등이다. 정보 공유는 채찍 효과와 밀접한 관련이 있는 요인 중의 하나로 간주되고 있으며, Lee et al.(2000a)과 Lee and

[†] 이 연구는 2009년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 연구되었음.

[†] 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

* 2009년 8월 27일 투고, 2009년 9월 28일 게재 확정.

Whang(2000)은 정보 공유가 재고 감축과 비용 절감 측면에서 공급자의 주문량 결정에 매우 효과적임을 보였다. Chen et al.(2000)은 리드타임이 채찍 효과의 증가와 직접적으로 연관이 된다는 것을 시뮬레이션을 통해서 보였고, 안전 재고량과 수요 예측에 영향을 미친다고 설명하였다. Graves(1999)는 수요 예측 기법들이 채찍 효과에 어떤 영향을 미치는지를 연구하였다. Lee and Wu(2006)는 재고 관리가 공급 사슬 관리에 중요한 역할을 하고, 재고를 적절하게 관리하면 고객 수요의 충족, 생산 계획의 평준화, 및 운영 비용을 줄일 수 있다고 설명하였다.

주어진 문제의 최적해를 얻기 위한 가장 정확한 방법은 수리 모델을 구성한 후에 제약 조건들을 만족하는 해를 구하는 것이다. 그러나 공급 사슬 관리를 포함하는 대부분의 현실 문제들은 수리 모델로 구축하기가 어렵고, 수리 모델로 구축이 되는 경우에도 문제의 크기가 커질수록 최적해를 구하는데 걸리는 시간이 지수적으로 증가한다. 공급 사슬에서 발생하는 문제들은 어렵고 다양하기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 단일 목표 최적화 보다는 다목적 최적화 관점에서 연구하는 것이 합리적이다. 목적식들은 서로 충돌을 일으키기 때문에 한 개의 목적식을 만족시키는 결정변수들이 다른 목적식들을 동시에 만족시키기가 어렵다. 이러한 다목적 최적화에 대한 많은 연구가 진행되어 왔으며 (Goicoechea et al., 1982; Steuer, 1986; Tabucanon, 1988; Yu, 1985), 다목적 최적화란 용어는 다기준(multi-criteria) 최적화, 다수행도(multi-performance) 최적화 및 벡터(vector) 최적화와 같은 뜻으로 사용된다(박과 오, 2006; Coello, 2000).

대부분의 현실 문제들은 수리 모델로 구축하기가 어렵고, 구축이 되는 경우에도 NP-hard인 경우가 많기 때문에 최적해를 찾기가 어렵다. 이러한 어려움을 해결하기 위한 대안으로서 시뮬레이션이 많이 사용되고 있다. 시뮬레이션은 현실 문제를 존재하는 그대로 컴퓨터상에서 구현이 가능하고, 현실 문제가 항상 가지고 있는 불확실성(uncertainty)과 확률적(stochastic) 특성을 모델로 포함시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 시뮬레이션은 최적해를 얻기 위해서 모든 대안을 실험해야 하는 전형적인 'what if' 분석법이기에 때문에 가지고 있는 장점에도 불구하고, 대안 분석 또는 민감도(sensitivity) 분석에 주로 사용되고 있다.

최적해를 구할 때 시뮬레이션 기법이 가지고 있는 어려움을 극복하고자 시뮬레이션 기법과 유전자 알고리즘(genetic algorithm), 시뮬레이티드 어닐링(simulated annealing), 및 타부 서치(tabu search)와 같은 메타 휴리스틱(meta heuristic) 기법을 혼용한 방법들이 많이 연구되어 왔고 좋은 성과를 보여 주고 있다(Coello, 2006; Ho et al., 1993; Lee et al., 2000b; Meketon, 1987; Murata et al., 1996). 특히, 유전자 알고리즘이 다목적 최적화 문제를 해결하기 위해 최근까지 많이 사용되고

있고 적용 폭도 넓어지고 있다.

유전자 알고리즘은 최적해를 탐색시에 하나의 개체(변수)가 아닌 개체들의 군(pool) 단위로 탐색하기 때문에 다른 방법들에 비해서 효율적으로 전역해를 찾을 확률이 높다(박경중, 2005). Persson et al.(2006)은 현실 세계의 다목적 스케줄링 문제에 시뮬레이션과 유전자 알고리즘을 적용하였다. 공급 사슬의 다목적 시뮬레이션 최적화에 대한 연구는 Joines et al.(2002)에 의해 수행되었다.

유전자 알고리즘에서 염색체를 코딩할 때 사용되는 이진 코딩 알고리즘은 가장 쉽고 일반적이지만 현실 문제에서는 실수 코딩 유전자 알고리즘이 더 효과적이라고 알려졌다(박경중, 2005; 진강규, 2000). 실제 문제에서 이진 코딩 방법보다 실수 코딩 방법이 선호되는 이유는 다음과 같다(진강규, 2000). 첫째, 변수의 표현형과 유전자의 유전자형 간에 일대일 일치로 프로그래밍이 간편해지고 이진코딩 유전자 알고리즘에서 요구되는 부호화 및 복호화 프로세스가 필요하지 않기 때문에 탐색 속도를 높일 수 있다. 둘째, 지역동조를 통해 해의 정밀도를 개선할 수 있다. 이진코딩 유전자 알고리즘에서는 해밍 절벽 때문에 지역동조가 어렵지만 실수코딩 유전자 알고리즘에서는 더 적합하고 빠른 방법으로 동조가 일어나도록 해주는 불균등 돌연변이와 같은 연산자도 있다. 셋째, 해에 관한 사전지식이 없는 경우에는 매우 큰 정의 영역을 정하는 것도 가능하다. 넷째, 직관적으로 문제 공간과 가깝고 관련된 지식을 포함시키는 특별한 연산자들의 구현이 용이하다. 다섯째, 문제 영역과 가까우므로 복잡한 제약 조건을 다루기 위한 도구를 설계하는 것이 쉬워진다.

다목적 최적화에 많이 사용되는 유전자 알고리즘은 WSA(Weighted Sum Approach)와 같은 고전적인 방법, non Pareto-Based 방법, 및 Pareto-Based 방법 등으로 나눌 수 있으며 자세한 설명은 Coello(2000)의 논문을 참조한다. 특히, Pareto-Based 방법이 다목적 최적화에 많이 사용되고 있으며, Pareto-Based 방법을 사용해서 얻는 파레토 최적해(pareto optimal solution)는 efficient solution, non-dominated solution, non-inferior solution으로 불린다. 파레토 최적화 개념을 설명하기 위해 식 (1)과 같이 다목적 최적화 문제를 정의한다 (Andersson, 2000).

$$\begin{aligned} \min F(X) &= (f_1(X), f_2(X), \dots, f_k(X))^T \\ \text{s.t. } X &\in S \\ X &= (x_1, x_2, \dots, x_n)^T \end{aligned} \quad (1)$$

식 (1)에서 $f_i(X), i=1, \dots, k$ 는 k 개의 목적식을 나타내고 $x_i, i=1, \dots, n$ 는 최적화를 위한 n 개의 최적화 변수를 의미하고 변수 공간 S 의 부분집합이 된다.

<그림 1>과 같이 x_1 과 x_2 로 나타난 변수들은 목적식 $F(x)$ 에 의

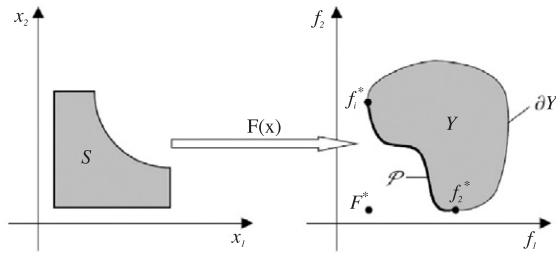


그림 1. 2차원 문제의 변수 및 목적식 공간

해 변수 공간인 S 에서 f_1 과 f_2 로 표현되는 목적식 공간인 Y 로 변환되며, 목적식에 의해 만들어진 공간 Y 의 경계면을 ∂Y 로 표시한다. <그림 1>에서 P 는 제약 조건을 만족하는 파레토 프런트(pareto front)를 설명한다.

모든 목적식을 동시에 만족하는 최적화된 해를 구하는 것은 불가능하기 때문에 파레토 프런트로 설명되는 비지배해 개념을 사용한다. 즉, 여러 후보해 중에서 다른 해에 지배되지 않는 해를 비지배해라 부르고 이 해를 선택한다. 그러므로 모든 목적식을 최소화하는 최적화 문제에서 식 (2)를 만족하면 해 x 가 해 y 를 지배한다고 하며, x 는 비지배해가 되고 $x > y$ 로 표시한다.

$$\begin{aligned} \forall_i \in \{1, 2, \dots, k\}: f_i(x) \leq f_i(y) \text{ and} \\ \exists_j \in \{1, 2, \dots, k\}: f_j(x) < f_j(y) \end{aligned} \quad (2)$$

식 (2)를 사용하여 비지배해로 분류된 해들은 파레토 최적해라고 하며 그 집합을 파레토 최적 집합이라고 한다. 파레토 최적해의 목적식에 의해 만들어진 공간을 파레토 최적 프런트라고 하며 <그림 1>의 P 로 설명한다. 다목적 최적화 문제에서는 복수개의 목적식을 모두 만족시키는 다양한 P 를 구하고자 하는 것이다.

본 연구에서는 공급 사슬의 다목적 최적화 문제를 해결하기 위해 시뮬레이션 기법과 유전자 알고리즘을 사용하고, 유전자 알고리즘의 염색체 코딩은 실수 코딩 기법을 이용한다. 공급 사슬의 모델은 시뮬레이션을 사용하여 동적 특성을 반영하고, 다목적 최적화는 유전자 알고리즘 중에서도 효율적이라고 알려져 있고, Pareto-Based 방법인 NSGA-II(Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II)를 사용한다(Deb et al., 2002). NSGA-II 알고리즘은 빠른 엘리티스트 비지배 분류 유전자 알고리즘(Fast Elitist Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm)으로도 불리며, 기존에 사용되던 NSGA 알고리즘의 단점을 개선한 알고리즘이다. NSGA-II는 NSGA와 비교해서 적은 계산 요구량(low computational requirements), 엘리티스트 접근법(elitist approach), 그리고 비모수 공유 접근법(parameterless sharing approach)에서 장점을 가지고 있기 때문에 많이 사용되고 있다(Deb et al., 2002). 즉, NSGA의 단점을 개선하여 비지배 분류

(non-dominated sorting)의 높은 계산 복잡도를 줄이고 엘리티즘 전략을 도입했다. 또한 밀도 추정(density estimation) 방법을 사용하여 NSGA에서 사용되던 공유 매개변수(sharing parameter)를 사용하지 않도록 하였다.

본 논문이 기존의 연구들과 구별되는 특징은 다음과 같다. 첫째, 대부분의 공급 사슬 연구들은 채찍 효과가 발생하는 원인을 규명하고 채찍 효과를 발생시키는 파라미터에 관한 연구를 진행하였다(Lee et al., 1997; Lee et al., 2000a; Lee and Whang, 2000; Chen et al., 2000; Graves, 1999; Lee and Wu, 2006). 그러나 본 연구는 공급 사슬의 동적 특성을 반영하는 시뮬레이션 모델을 구축하고, 요구되는 다목적식을 최적화시킬 수 있도록 시뮬레이션과 유전자 알고리즘의 하이브리드(hybrid) 모델을 구축하고 결정 변수들의 최적값을 찾아낸다. 둘째, 기존 연구들은 공급 사슬을 주문과 재고 관점에서 주로 연구하였다. 즉, 공급 사슬의 각 티어(tier) 간의 제조 능력이나 물류 능력인 리드 타임 및 가용 운송 수단은 전혀 고려하지 않았거나 상수로 고정되었다. 그러나 본 연구에서는 동적으로 변경되는 제조 용량과 물류 능력인 배송 용량과 배송 속도를 공급 사슬 모델에서 고려한다. 셋째, 공급 사슬의 최적화를 위해 제조 능력과 배송 능력은 고정되지 않고, 제약 조건내에서 유연성을 가지고 대응할 수 있는 경우를 대상으로 한다.

본 연구의 제 1장에서는 최적해의 개념 및 기존 연구 고찰에 대해서 설명했고, 제 2장에서는 사용되는 확률적 공급 사슬 모델에 대해서 설명한다. 제 3장에서는 시뮬레이션 모델과 NSGA-II를 사용하여 하이브리드 모델을 구축하고, 제 4장에서는 다목적 최적화 문제에 적용하고 실험 및 결과를 분석한다. 마지막으로 제 5장에서는 결론 및 추후 연구 과제를 설명한다.

2. 확률적 공급 사슬 모델

본 연구는 공급업자(S), 제조업자(M), 배송업자(D), 및 고객(C)이 있는 공급 사슬 프로세스를 고려한다. 고려되는 공급 사슬은 공급업자가 제조업자와 계약을 맺고 정해진 배송 시간 간격으로 제조업자에게 원자재를 공급한다. 배송 시간 간격은 현실 문제를 고려하여 고정되지 않고 확률적 특성에 따라 변화하도록 한다. 상위 제조업자가 반제품을 생산하면 두 번째 제조업자로 배송하고, 두 번째 제조업자가 작업을 완료하면, 마지막 제조업자로 배송된다. 마지막 제조업자가 완제품을 생산하면 이 완제품은 다시 공급업자로 배송되고, 고객이 공급업자에게서 완제품을 가져간다. 본 연구에서는 공급업자가 완제품을 외부로 보내기 위한 분배 센터인 배송업자 역할을 동시에 수행하는 것으로 가정한다. 즉, 공급업자가 원자재 공급 및 제조업자 간의 모든 물류를 전담한다. 이러한 가정

은 원자재 공급업자가 모기업 역할을 수행하고, 배송 센터를 보유하고 있다는 전제하에서 성립한다.

공급업자와 제조업자간의 사전 계약에 의해 원자재 공급이 이루어지기 때문에 제조업자의 내부 사정과는 상관없이 정해진 시간 간격으로 공급업자는 제조업자에게 원자재를 공급한다. 다만, 공급업자는 제조업자간의 제품 이동 및 완제품의 회수시 가용한 차량 대수와 정해진 차량의 속도내에서 최대한의 배송 서비스를 제공한다. 제조업자의 생산 시간도 현실성을 고려하여 고정되지 않고 동적인 유연성을 갖는다고 가정한다.

제조업자는 3곳으로 업체별로 각각 다른 제조 공정을 보유하고 있으며, 최종 완제품이 만들어지기 위해서는 제조업자1(M_1) → 제조업자2(M_2) → 제조업자3(M_3)을 경유해야 한다. 공급 사슬 내에서 공급업자가 운행하는 가용한 차량의 대수는 제한적이며 공급 사슬의 운영시간에는 고장이나 예방 점검이 없는 것으로 가정한다. 가용한 차량들도 항상 같은 속도로 운행하지 않고 공급업자와 제조업자의 상황에 따라 제약 조건 내에서 동적으로 속도가 변경될 수 있다고 가정한다. 각 제조업자간에 이송되는 제품의 특성을 고려하여 차량 1대당 1개의 제품만 이송된다. 다음의 <그림 2>는 고려되는 공급 사슬 모형이다

<그림 2>의 공급 사슬 모형에서 자재의 공급을 담당하는 공급업자의 재고와 공급업자와 각 제조업자의 재고 입고 및 출고를 담당하는 배송지역의 버퍼의 크기는 제한이 없는 것으로 가정한다. 완제품 저장 및 배송을 위한 배송 센터의 용량도 부족하지 않는 것으로 가정한다. 공급업자가 지속적으로 자재를 공급하기 때문에 각 제조업자들은 공급업자가 제공하는 공급량을 처리할 수 있는 생산 능력을 가져야 한다. 만약, 공급업자가 공급하는 자재를 충분히 처리할 수 있는 생산 능력이 되지 않으면 각 제조업자들은 처리하지 못하는 재고로 인해 재고관리비용 등에서 문제가 발생하게 된다. 전체 공급 사슬의 관점에서 보면 각 제조업자는 적정 재고를 유지하면서 안정적인 공장 가동률을 확보해야 하지만 서로 영향을 주기 때문에 개별 최적화로는 해결

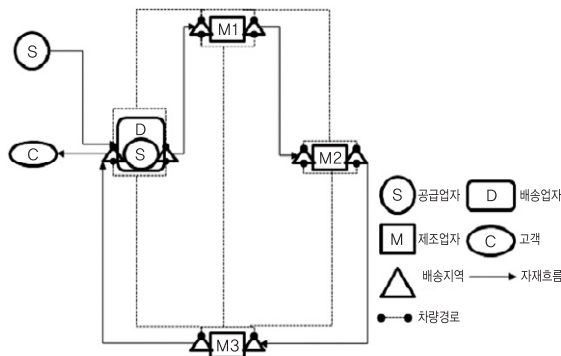


그림 2. 제조 능력 및 물류 능력을 고려한 공급 사슬 모형

되지 않고 전체 최적화 관점에서 해결책을 강구해야 한다.

각 제조업자가 제품을 생산하는 작업 시간은 다음의 [표 1]과 같이 전체 공급 사슬의 수급에 대응할 수 있도록 조절이 가능한 작업 시간 범위를 갖도록 한다. [표 1]의 제조업자 작업 시간은 확률적 특성을 반영할 수 있도록 분포를 따르도록 한다. 공급 사슬의 물류 능력을 설명하는 가용 차량의 수(T)와 가용 차량의 속도(V)도 [표 2]와 같이 최대 및 최소 범위내에서 변동이 가능한 시간 범위를 갖도록 한다.

표 1. 제조업자의 제조 능력

제조업자	최소	최대
M_1	M_{11}	M_{12}
M_2	M_{21}	M_{22}
M_3	M_{31}	M_{32}

표 2. 배송업자의 물류 능력

물류항목	최소	최대
T	T_1	T_2
V	V_1	V_2

공급업자가 전체 공급 사슬에서 우위를 점하고 있고 계약에 의해 지속적으로 자재를 공급하는 경우에 제조업자들은 공급업자의 요구량에 유연하게 대처하는 것이 중요하다. 공급 사슬을 구성하는 제조업자들의 측면에서 보면 각 제조업자들의 제조 능력이 다르기 때문에 전체 공급 사슬의 재고량을 줄일 수 있는 제조 능력의 최적화가 필요하고, 배송업자는 제조업자들의 제조 능력과 운송중인 재고 감소를 위해 물류 능력의 최적화가 필요하다. 그러므로 제조업자의 제조 능력과 배송업자의 물류 능력은 다목적 최적화를 위한 제약 조건으로 고려된다.

본 연구는 공급 사슬의 재고 관리를 위한 방안으로 각 제조업자에게서 작업을 받기 위해 대기하는 작업물의 대기 시간 차이를 최소화하는 것을 첫 번째 목적함수(f_1)로 선정한다. 또한 각 제조업자들이 균형있는 공장 가동률을 통해 공급 사슬에서 병목 현상이 발생하지 않도록 각 제조업자간의 가동률 차이를 최소화하는 것을 두 번째 목적함수(f_2)로 선정한다. 제조업자 i 의 가동률을 U_i , 가동률 평균을 \bar{U} 라 하고, 제조업자 i 의 대기 시간을 W_i , 대기 시간 평균을 \bar{W} 로 정의하면, 전체 목적식과 제약 조건들은 다음의 식 (3)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \text{Minimize } f_1 : & \sum_{i=1}^n |\bar{W} - W_i| \\ \text{Minimize } f_2 : & \sum_{i=1}^n |\bar{U} - U_i| \end{aligned} \quad (3)$$

Where,

$$M_{11} \leq M_1 \leq M_{12}$$

$$M_{21} \leq M_2 \leq M_{22}$$

$$M_{31} \leq M_3 \leq M_{32}$$

$$T_1 \leq T \leq V_2$$

$$V_1 \leq V \leq V_2$$

식 (3)에서 공급 사슬의 확률적 특성을 반영하기 위해 제조업자들의 제조 능력은 앞에서 설명한 바와 같이 확률분포로 가정하고, 다목적 최적화 과정에서 확률적 특성이 반영될 때, 최적화 과정이 정상적으로 진행되는지를 확인한다.

3. 공급 사슬 하이브리드 다목적 최적화

본 논문에서 고려되는 공급 사슬의 하이브리드 다목적 최적화 모델은 다음의 <그림 3>에서 설명된다. <그림 3>의 공급 사슬 다목적 최적화 하이브리드 시뮬레이션 모델 구성도에서 하이브리드 시스템 제어기에서는 공급 사슬 정보, 모집단 정보, 공급 사슬 시뮬레이션 결과 정보, 종료 조건 정보, 안정상태 정보, 및 시뮬레이션 실행기간 정보 등을 관리하며, 시뮬레이션 모델과 NSGA-II 모델에 필요한 정보를 주고 실행 결과를 받는다. 또한 제조 능력 및 물류 능력에 대한 초기 변수 정보와 확률적 모델을 발생시키기 위한 확률 정보도 관리한다.

시뮬레이션 모델에서는 공급 사슬의 동적 시뮬레이션 모델을 만들고 주어진 동적 정보를 이용하여 시뮬레이션을 수행하고 그 결과를 하이브리드 시스템 제어기로 보낸다. NSGA-II 모델에서는 하이브리드 시스템 제어기로부터 시뮬레이션 결과인 목적식 값과 모집단 정보를 받아 조건을 만족하는 다음 세대의 모집단을 생성하여 하이브리드 시스템 제어기로 보낸다. 하이브리드

시스템 제어기는 종료 조건을 확인하고 충족되면 최적화 과정을 종료한다.

3.1 공급 사슬 시뮬레이션 모델

공급 사슬 모델은 공급업자가 제조업자의 우위에 있고 배송업자의 역할도 수행한다고 앞에서 설명하였다. 즉, 제조업자들이 수행해야 할 생산 물량이 많은 경우에도 공급업자에 의해 전체 공급 사슬이 관리되기 때문에 제조업자들은 공급되는 작업물량을 조절할 수 없다.

공급업자가 제조업자들에게 원자재를 공급할 때, 공급 사슬의 동적 특성을 반영하기 위해 공급되는 작업물은 확률 분포를 따르기 때문에, 공급업자가 제조업자들에게 원자재를 공급하는 단위 시간 간격은 TRIA(30, 50, 80) 분포로 가정한다. 제조 능력과 물류 능력을 표시하는 제조업자의 공장 가동 능력과 차량 운행 제약 조건은 다음과 같이 가정한다.

$$5 \leq M_1 \leq 15$$

$$13 \leq M_2 \leq 25$$

$$20 \leq M_3 \leq 40$$

$$1 \leq T \leq 5$$

$$50 \leq V \leq 70$$

제조업자의 작업 능력 M_1 , M_2 , M_3 도 현실성을 반영하여 분포로 설정하며, 실험에서는 모두 지수분포로 설정한다. 제조업자의 작업 능력이 좋다는 뜻은 작업 시간이 짧다는 의미이고 빠른 시간에 작업을 끝내기 위해서는 작업자들을 추가적으로 투입해야 하며 이것은 비용 증가를 의미한다. 그러나 실험에서는 추가적인 비용 측면은 고려하지 않는다.

배송업자의 물류 능력은 가용 차량과 차량 속도로 설명할 수 있다. 물류 능력인 차량은 최소 1대에서 최대 5를 운행할 수 있고, 차량의 속도는 기계적인 속성을 가지고 있기 때문에 분포를 따르지 않고 최대 50에서 최대 70의 범위에서 정해진 속도로 움직인다.

공급 사슬 시뮬레이션의 동적 특성을 반영하고, 안정 상태에 도달할 수 있는 시뮬레이션 시간을 보장하기 위해 20,000 단위 기간 동안 시뮬레이션을 수행하고 시뮬레이션 출력 데이터의 초기 변동성을 없애기 위해 초기 5,000 단위 기간을 제거한 후의 데이터를 공급 사슬 시뮬레이션 모델의 결과로 사용한다.

<그림 2>에서 설명된 공급 사슬 모델은 범용 시뮬레이션 도구인 ARENA 12.0을 사용하여 모델링하고, 시뮬레이션 모델과 다목적 최적화를 위한 NSGA-II 유전자 알고리즘과의 연결은

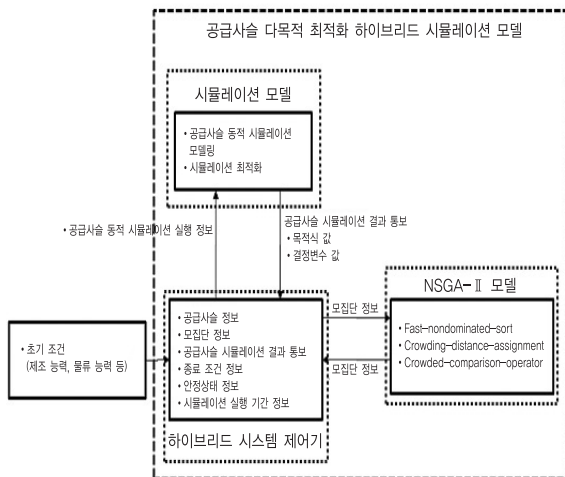


그림 3. 공급 사슬 다목적 최적화 하이브리드 시뮬레이션 모델

VBA를 사용한다(Rockwell Automation, 2007).

3.2 NSGA-II 모델

NSGA-II 알고리즘은 빠른 비지배 분류(fast-nondominated-sort), 밀집도 거리 할당(crowding-distance-assignment), 및 밀집도 비교 연산자(crowded-comparison-operator)를 수행하면서 진행된다(Deb et al., 2002).

빠른 비지배 분류 과정에서는 전체 모집단에 대해서 비지배 순위를 계산하여 가장 순위가 높은(1순위) 비지배 순위 염색체를 첫 번째 프런트(front)에 저장하고 가장 순위가 낮은 염색체를 마지막 프런트에 저장한다. 선택(selection) 과정에서는 이진 토너먼트 선택 연산자(binary tournament selection operator)를 사용하고, 순위가 높은 염색체가 순위가 낮은 염색체보다 자식 세대로 유전되도록 한다.

밀집도 거리 할당 과정에서는 같은 순위에 존재하는 염색체들을 정렬하여 각각의 목적식에 대한 염색체들의 밀집도를 계산한다. 이진 토너먼트 선택 과정에서 같은 프런트에 속하는 염색체들이 비교 될 때 밀집도 거리가 큰 염색체가 자식 염색체로 선택되도록 한다. 이렇게 선택하는 이유는 다목적 최적화 문제에서 목적식들을 만족하는 다양한 해들이 포함되도록 하기 위함이다. 이 때, 정렬 과정을 통해 가장 처음에 있는 염색체와 가장 마지막에 있는 염색체는 밀집도 거리를 ∞ 로 하여 무조건 자식 세대로 유전되도록 한다.

밀집도 비교 연산자는 이진 토너먼트 선택 연산자를 사용하여 프런트가 다른 염색체가 선택되면, 프런트 순위가 낮은(우선 순위가 높은) 염색체를 선택하고, 같은 프런트에 속하는 염색체들이 선택되면 밀집도 거리가 큰 염색체를 선택하도록 하며, $i \geq n_j$ if $(i_{rank} < j_{rank})$ or $((i_{rank} = j_{rank})$ and $i_{distance} > j_{distance})$ 로 표현한다.

NSGA-II 알고리즘은 초기 상태에서는 임의의 부모 모집단 P_0 를 만든다. 부모 모집단은 비지배 순위에 기초하여 정렬된다. 각각의 해는 비지배 수준에 따라 적합도 값이 할당되며, 비지배 수준이 같으면 같은 적합도 값이 할당된다. 크기가 N인 자식 모집단 Q_0 를 생성하기 위해 토너먼트 선택, 교배(crossover), 돌연변이(mutation)를 실행한다. 첫 번째 세대부터는 진행 절차가 달라지는데, $t \geq 1$ 이면 엘리티즘(elitism) 절차는 다음의 <그림 4>와 같이 진행된다.

<그림 4>의 NSGA-II 전체 알고리즘에서는 먼저 자식 모집단 P_t 와 Q_t 를 합하여 병합 모집단 $R_t = P_t \cup Q_t$ 를 구성하며 R_t 의 크기는 $2N$ 이 된다. 이 때 모집단 R_t 는 비지배 순위에 따라 정렬된다. 새로운 부모 모집단 P_{t+1} 은 모집단 크기가 N이 될 때 까지

첫 번째 프런트의 해부터 채워서 N개의 모집단을 만든다.

```

 $R_t = P_t \cup Q_t$ 
F=fast-nondominated-sort( $R_t$ )
until | $P_{t+1}$ | < N
  crowding-distance-assignment( $F_i$ )
   $P_{t+1} = P_{t+1} \cup F_i$ 
  sort( $P_{t+1}, \geq n$ )
   $P_{t+1} = P_{t+1}[0:N]$ 
   $Q_{t+1} = \text{make-new-pop}(P_{t+1})$ 
   $t = t + 1$ 

```

그림 4. NSGA-II 전체 알고리즘

모집단 P_{t+1} 에 마지막으로 선택되는 프런트의 해들은 $\geq n$ 에 의해서 N개까지 채워진다. 크기가 N인 모집단 P_{t+1} 은 크기가 N인 새로운 모집단 Q_{t+1} 을 생성하기 위한 이진 토너먼트선택, 교배, 돌연변이에 사용된다. 선택 과정에서의 선택 기준은 비교 연산자 $\geq n$ 를 사용한다.

빠른 비지배 분류 절차는 부모 모집단 P를 생성하기 위해 비지배 순위인 F_i 리스트를 만드는 과정으로 다음의 <그림 5>로 설명된다.

```

for each p ∈ P
  for each q ∈ P
    if (p < q) then
       $S_p = S_p \cup \{q\}$ 
    elseif (q < p) then
       $n_p = n_p + 1$ 
    if  $n_p = 0$  then
       $F_i = F_i \cup \{p\}$ 
  i=1
  while  $F_i \neq \emptyset$ 
    H=0
    for each p ∈  $F_i$ 
      for each q ∈  $S_p$ 
         $n_p = n_p - 1$ 
        if  $n_p = 0$  then H=H ∪ {q}
      i=i+1
     $F_i = H$ 

```

그림 5. 빠른 비지배 분류 알고리즘

<그림 5>의 빠른 비지배 분류 알고리즘에서는 모집단 내에서 임의의 염색체들을 선택하여 그들의 지배 순위를 고려하여 프런트를 생성하는 과정이다. 만약 다른 모든 염색체를 지배하면 이 염색체는 다른 염색체들에 비해서 우선순위가 높다고 하고 첫 번째 프런트인 F_i 에 저장된다. 같은 방법으로 모든 염색체가 프런트에 포함될 때 까지 를 결정하는 것이 빠른 비지배 분류 알고리즘의 역할이다.

모집단에서 특정한 점을 둘러싸고 있는 해들의 밀도를 추정하기 위해 각각의 목적식에 대해 두 점들의 평균 거리를 계산한다. 이러한 $i_{distance}$ 는 모집단에서 다른 점들을 포함하지 않고 점 i를 둘러싸는 가장 큰 입방체의 크기를 추정하는 역할을 한다. 임의의 프런트의 i번째 해의 밀집도 거리는 입방체의 한쪽 길이의 평균으로 계산된다. 밀집도 거리 할당 알고리즘은 다음의 <그림

6)과 같다.

```

l = L
for each i, set L[i].distance=0
for each objective m
    L=sort(L, m)
    L[1].distance=L[l].distance=∞
    for i=2 to (l-1)
        L[i].distance=L[i].distance+(L[i+1].m-L[i-1].m)/(fmax,m-fmin,m)

```

그림 6. 밀집도 거리 할당 알고리즘

〈그림 6〉의 밀집도 거리 할당 알고리즘은 임의의 프런트의 집합을 L 이라고 하고 각 목적식에 대해 이 프런트의 염색체를 이용하여 얻어진 해들의 평균 거리를 계산하고 정렬한다. 모집단의 다양성을 확보하기 위해 양 끝에 위치한 염색체는 무조건 선택되도록 하고 다른 값들은 해들의 평균 거리가 큰 염색체를 선택한다. 또한 이 과정에서 각 목적식을 이용해 얻어진 해들의 값이 큰 쪽으로 이끌리지 않도록 각 목적식별로 해들의 최대값($f_{\max,m}$)에서 최소값($f_{\min,m}$)을 뺀 값으로 나누어 정규화 과정을 수행한다.

3.3 하이브리드 시스템 제어기

하이브리드 시스템 제어기는 공급 사슬의 시뮬레이션 모델로 필요한 정보를 보내고, 시뮬레이션이 종료되면, 결과 정보를 수집하여, NSGA-II 알고리즘으로 보내는 과정을 수행한다. 또한 공급 사슬 시뮬레이션의 종료 조건이 충족되면 시뮬레이션을 종료하고 결과 정보를 전송한다. 하이브리드 시스템 제어기에서 수행되는 주된 과정은 〈그림 7〉에서 설명된다.

〈그림 7〉의 ModelLogic_RunBeginSimulation() 함수에서는 공급 사슬 시뮬레이션 모델이 시작되면, 시스템을 초기화하고 외부로부터 모집단 정보 및 동적 시뮬레이션을 위한 초기 조건을 불러온다. 초기 상태를 제거하고 안정 상태에서 시뮬레이션의 결과 정보를 수집할 수 있는 조건 정보를 시뮬레이션 모델로 보낸다.

ModelLogic_RunBeginReplication() 함수에서는 시뮬레이션이 반복될 때마다, 염색체를 공급 사슬 시뮬레이션 모델로 보내서, 시뮬레이션 과정을 수행하고, 목적식들에 대한 다목적 최적화 결과를 도출한다.

ModelLogic_RunEndReplication() 함수는 시뮬레이션 모델이 반복될 때마다 다목적 최적화 결과를 호출하고 모집단의 모든 염색체가 시뮬레이션이 되었는지를 확인한다. 모든 모집단이 시뮬레이션 과정을 수행하면 NSGA-II 알고리즘을 수행하

여 다음 세대의 모집단을 생성하도록 한다. 만약 모집단에 있는 모든 염색체가 시뮬레이션이 되지 않았다면 시뮬레이션을 계속하고 정해진 종료 조건에 도달하면 종료한다.

```

Private Sub ModelLogic_RunBeginSimulation()
    ←시스템 초기화
    ←동적 초기 데이터 호출
End Sub
Private Sub ModelLogic_RunBeginReplication()
    ←염색체 별로 시뮬레이션 수행
    ←다목적 최적화 결과 값 도출
End Sub
Private Sub ModelLogic_RunEndReplication()
    ←다목적 최적화 결과 값 호출
    ←염색체 저장
    If 모집단의 모든 염색체가 실행되면 Then
        ←NSGA-II 실행
    End If
    If 종료 조건이 만족되면 Then
        ←종료
    End If
    ←다음 세대 이동
    ←시스템 초기화
End Sub

```

그림 7. 하이브리드 시스템 제어 로직

4. 실험 및 결과 분석

본 장에서는 지금까지 설명한 공급 사슬 모델을 실험하고 그 결과를 분석한다. NSGA-II 알고리즘에서 사용되는 선택 연산자는 이진 토너먼트 방법이다. 이 방법은 NSGA-II 알고리즘에서 모집단의 염색체를 선택하는 주어진 방법이다(Deb et al., 2002). 교배를 위해서는 단순 교배 연산자를 사용하고 돌연변이는 균등 돌연변이 연산자를 사용한다. Lee et al.(2000b)의 논문에서는 교배 확률을 60%~90% 사이에서 추천하였고, 진강규(2000)는 80%~95% 사이가 적절하다고 설명하였으며, 돌연변이 확률은 일반적으로 0.5%~1%에서 선택된다. 따라서 본 실험에서는 교배 확률 P_c 를 0.9(90%)로 선택하고, 돌연변이 확률 P_m 은 0.01(1%)로 설정한다. 모집단의 크기는 20이상을 추천하기 때문에 실험에서는 40으로 설정한다. 정확한 비교를 위해 시뮬레이션을 수행할 때 모집단을 랜덤으로 생성하지 않고 다음의 [표 3]과 같이 동일한 초기 값을 사용한다.

표 3. 초기 모집단

M_1	M_2	M_3	T	V
14	16	27	2	55
13	21	21	5	62
:	:	:	:	:
11	18	33	5	50

실험에서는 두 가지 시나리오를 고려한다. 공급자의 공급 능

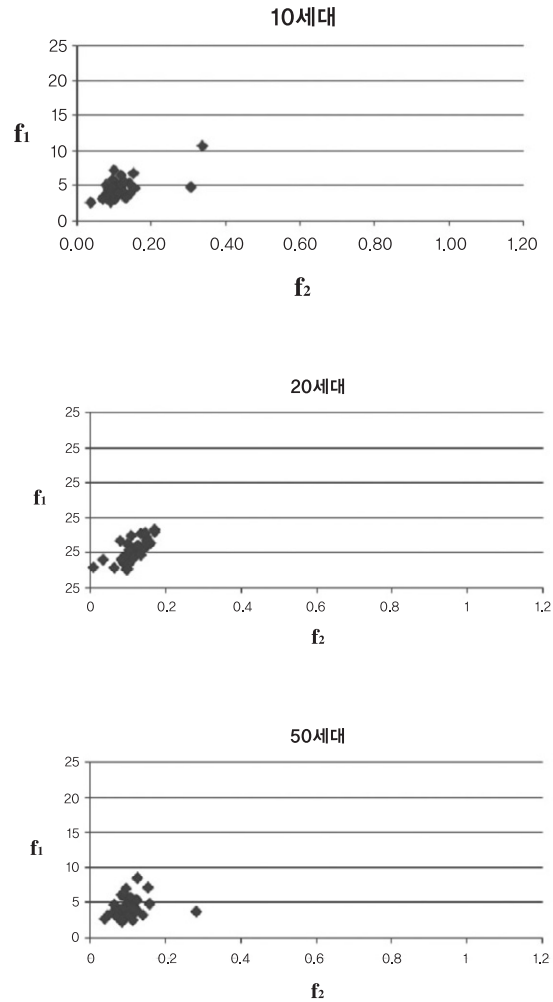
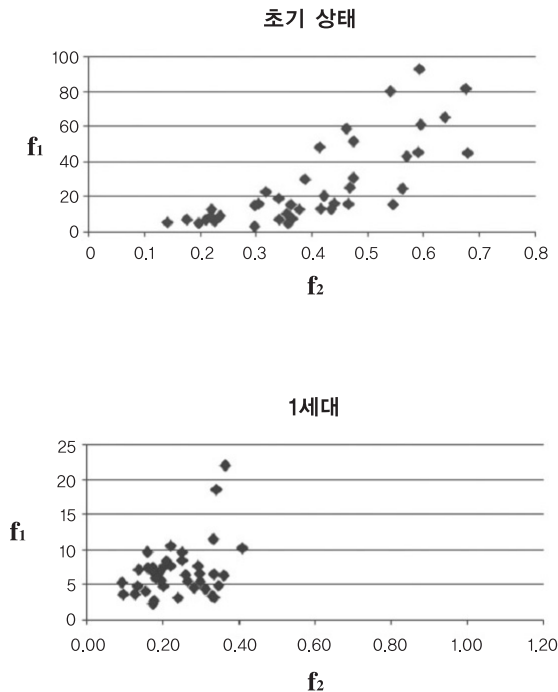
력이 TRIA(30, 50, 80)인 기본형(S1)의 경우와 공급자가 강력하게 생산을 요구하는 EXPO(5)인 경우(S2)에 대해서 하이브리드 다목적 최적화 과정을 수행한다. 먼저 공급 능력이 TRIA(30, 50, 80)인 기본형에 대해서 제안하는 하이브리드 모델이 다목적 최적화를 수행하는지를 분석한다. 만약 최적화 과정을 정상적으로 수행하면 공급자가 무리하게 생산을 요구한다고 가정하는 EXPO(5)의 경우에도 다목적 최적화를 수행하여 만족하는 결과를 얻는지를 확인한다.

지금까지 설명한 공급 사슬의 시뮬레이션 모델과 유전자 알고리즘을 사용한 하이브리드 다목적 최적화 모델을 통해 공급업자의 생산 요구량이 TRIA(30, 50, 80)인 S1을 실험한다. 다목적 최적화 알고리즘을 적용하기 전의 초기 데이터와 1, 5, 10, 20, 50 세대를 진행하는 동안에 얻어지는 목적식의 값을 [표 4]에 볼 수 있다. 세로축은

$Minimize f_1 : \sum_{i=1}^n |\bar{W} - W_i|$ 을 나타내고 가로축은

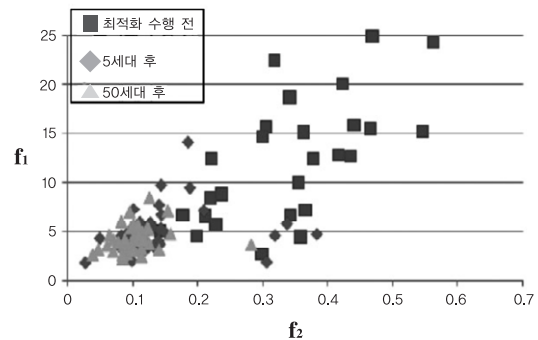
$Minimize f_2 : \sum_{i=1}^n |\bar{U} - U_i|$ 을 나타낸다. 다목적 최적화를 수행하기 전의 초기 상태에서는 목적식의 값들이 다양하게 흩어져 있었으나 세대 수가 증가하면 값들이 지속적으로 0에 가까운 방향으로 최소화됨을 알 수 있다. S1의 경우에는 세대 수가 20이상이 되면 안정적인 결과를 보여준다.

표 4. S1의 세대별 다목적 최적화 결과



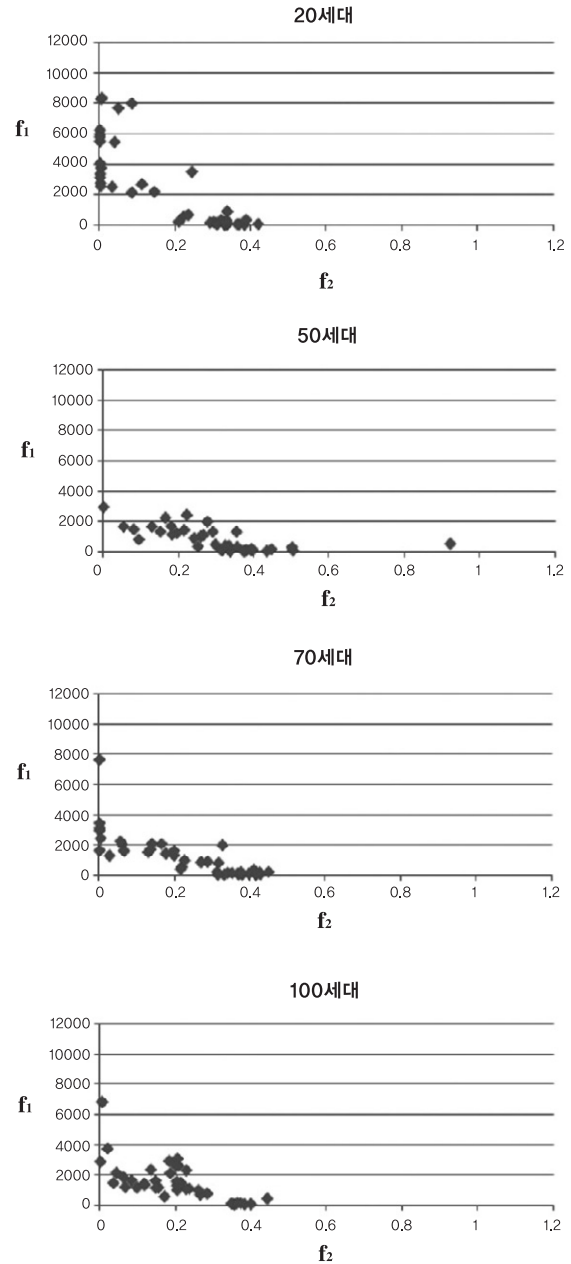
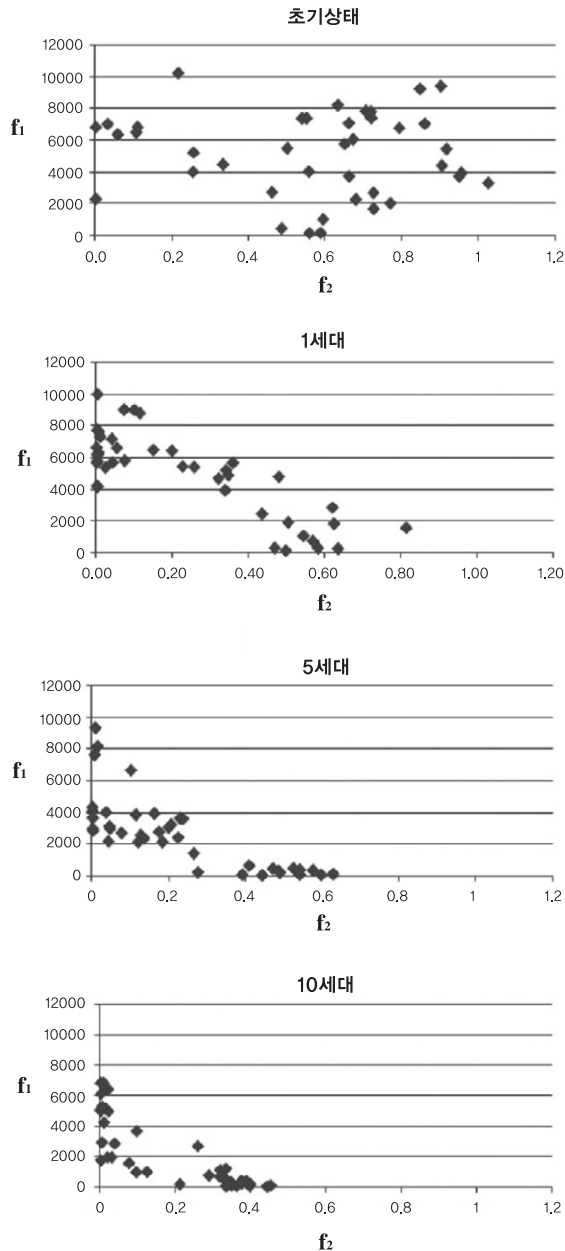
S1의 최적화 과정을 좀 더 명확하게 확인하기 위해서 초기 상태, 5세대, 및 50세대를 [표 5]에서 동시에 표현한다. [표 5]를 보면 세대 수를 0→5→50으로 증가시키면 빠른 속도로 최적화 과정이 진행된다는 것을 확인할 수 있다.

표 5. S1의 세대별 다목적 최적화 비교



다음은 S2의 경우를 설명한다. S2는 공급업자의 생산 요구 횟수가 빈번하게 발생하는 경우이기 때문에 공급 사슬에 미치는 영향이 매우 커지게 되는데 이러한 과정을 [표 6]에서 볼 수 있다. S1의 경우에는 세대 수가 20이상이면 안정적인 최적화 과정을 수행했지만, S2의 경우에는 세대 수가 70이상이 되어야 안정적인 결과를 보여준다는 것을 확인할 수 있다. S1에 비해서 S2의 경우가 공급 사슬의 변동성을 많이 유발하기 때문에 본 연구에서 제시한 방법을 통해서 만족스러운 최적화 과정을 보여주지만 S1보다 더 많은 시간이 필요함을 알 수 있다.

표 6. S2의 세대별 다목적 최적화



본 연구는 S1과 S2의 실험을 통해서 확률적 특성을 가지고 있는 생산 능력과 물류 능력을 동시에 고려하는 경우에도 하이브리드 다목적 최적화를 통해서 만족스러운 해를 얻을 수 있음을 실증하였다. 또한 제시한 공급 사슬의 하이브리드 다목적 최적화 모델은 공급 사슬이 동적 특성을 가지고 있으면서 변동성이 큰 경우나(S2) 작은 경우에(S1)도 효과적으로 적용됨을 확인하였다.

5. 결론 및 추후 연구 과제

본 연구에서는 공급 사슬의 동적 특성을 반영하는 다목적 최적화를 위해 시뮬레이션과 NSGA-II 유전자 알고리즘을 적용한 공급 사슬 하이브리드 다목적 최적화 모델을 구축하고 실험하였다.

대부분의 공급 사슬 연구들은 채찍 효과가 발생하는 원인을 규명하고 채찍 효과를 발생시키는 파라미터에 관한 연구를 진행하였으나, 본 연구는 공급 사슬의 동적 특성을 반영하는 시뮬레이션 모델을 구축하고, 요구되는 다목적식을 최적화시킬 수 있도록 시뮬레이션과 유전자 알고리즘의 하이브리드 모델을 구축하고 결정변수들의 최적 값을 찾아냈다. 기존 연구들은 공급 사슬을 주문과 재고 관점에서 주로 연구하였기 때문에 공급 사슬의 각 티어 간의 제조 능력이나 물류 능력인 리드 타임 및 가운송 수단은 전혀 고려하지 않았거나 상수로 고정되었다. 그러나 본 연구에서는 동적으로 변경되는 제조 용량과 물류 능력인 배송 용량과 배송 속도를 공급 사슬 모델에서 고려하였다. 마지막으로 본 연구에서는 공급 사슬의 최적화를 위해 제조 능력과 배송 능력을 상수로 고정하지 않고 제약 조건내에서 유연성을 가지고 대응할 수 있는 경우를 고려하였다.

실험 모델에서는 공급업자가 제조업자들에게 원자재를 공급할 때 공급 사슬의 동적 특성을 반영하기 위해 공급되는 작업물은 분포를 따른다고 가정했기 때문에 공급업자가 제조업자들에게 원자재를 공급하는 단위 시간 간격과 제조업자의 생산 능력을 분포로 가정하였다. 또한 운송업자의 물류 능력을 표시하는 차량 수와 차량 속도는 기계적인 특성을 고려하여 변동성이 있는 상수로 반영하였다.

실험은 동적 상태를 반영하면서 최적화 과정을 확인할 수 있도록 공급업자의 생산 요청 빈도가 다른 2가지 경우(S1, S2)를 분석하였다. 하이브리드 다목적 최적화를 통한 실험 결과를 보면 각 세대를 반복할 때 마다 목적식 f_1 과 f_2 를 만족하도록 아랫쪽 방향으로 각 목적식의 값들이 이동하였다. 그러나, 공급 사슬의 변동성이 큰 S2에 비해서 변동성이 작은 S1의 경우가 빨리 최적화 과정을 수행하였다. 또한 사용되는 차량의 수가 많거나 속도가 빨라도 항상 좋은 해를 보장해 주지는 못함을 알 수 있었는데 이것은 제조 능력과 물류 능력이 적절하게 균형을 이루어야 된다는 것을 의미한다.

추후 연구과제는 제조업자의 제조 능력과 운송업자의 물류 능력을 보다 효과적으로 조합할 수 있는 방법이 필요하다고 판단된다.

참고 문헌

- [1] 박경중, 오형술(2006), 다양한 파레토 최적해를 얻기 위한 다목적 유전자 알고리즘의 개선법, *한국SCM학회지*, 제6권, 제1호, pp. 19-24.
- [2] 박경중(2005), 실수 코딩 유전자 알고리즘을 이용한 생산 시스템의 시뮬레이션 최적화, *산업경영시스템학회지*, 제28권, 제3호, pp. 149-155.
- [3] 진강규(2000), 유전알고리즘과 그 응용, 교우사.
- [4] Andersson, J.(2000), A Survey of Multiobjective Optimization in Engineering Design, *Technical Report LITH-IKP-R-1097*, Dept. of Mechanical Engineering, Linköping University.
- [5] Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J. K., and Simchi-Levi, D.(2000), Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: the Impact of Forecasting, Lead Times, and Information, *Management Science*, Vol. 46(3), pp. 436-443.
- [6] Coello, C. A. C.(2006), Twenty Years of Evolutionary Multi-Objective Optimization: a Historical View of the Field, *IEEE Computational Intelligence Magazine*, pp 1-20.
- [7] Coello, C. A. C.(2000), An Updated Survey of GA-Based Multiobjective Optimization Techniques, *ACM Computing Surveys*, Vol. 32(3), pp. 109-143.
- [8] Deb, K., Angrawal, S., Pratap, A., and Meyarivan, T.(2002), A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 6(2), pp. 182-197.
- [9] Forrester, J. W.(1958), Industrial Dynamics- A Major Breakthrough for Decision Making, *Harvard Business Review*, Vol. 36(4), pp. 37-66.
- [10] Goicoechea, A., Hansen, D.R., and Duckstein, L.(1982), *Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Applications*, Jon Wiley and Sons, New York.
- [11] Graves, S. C.(1999), A Single-Item Inventory Model for a Nonstationary Demand Process, *Manufacturing Service Operations Management*, Vol. 1(1), pp. 50-61.
- [12] Ho, N. C., Lee, S. S., and Loh, Y. L.(1993), A Two-Stage Approach for Optimizing Simulation

- Experiments, *Annals of CIRP*, Vol. 42(1), pp. 501–504.
- [13] Joines, J. A., Gupta, D., Gokce, M. A., King, R. E., and Kay, M. G.(2002), Supply Chain Multi-Objective Simulation Optimization, *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*, pp. 1306–1314.
- [14] 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.
- [15] Lee, H. L., So, K. C., and Tang, C. S.(2000a), The Value of Information Sharing in a Two-Level Supply Chain, *Management Science*, Vol. 46(5), pp. 626–643.
- [16] Lee, H. L., Whang, S. J.(2000), Information Sharing in a Supply Chain, *International Journal of Technology Management*, Vol. 20(3?4), pp. 373–387.
- [17] Lee, H. T., Wu, J. C.(2006), A Study on Inventory Replenishment Policies in a Two-Echelon Supply Chain System, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 57, pp. 257–263.
- [18] Lee, S. G., Khoo, L. P., and Yin, X. F.(2000b), Optimizing an Assembly Line through Simulation Augmented by Genetic Algorithms, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 16, pp. 220–228.
- [19] 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.
- [20] Meketon, M.S.(1987), Optimization in Simulation: A Survey of Recent Results, *Proceedings of 1987 Winter Simulation Conference*, pp. 58–67.
- [21] Murata, T. H., Ishibuchi, H., and Tanaka, H.(1996), Multi-Objective Genetic Algorithm and Its Application to Flowshop Scheduling, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 30(4), pp. 957–968.
- [22] Persson, A., H. Grimm, A. Ng, Lezama, T., Ekberg, J., Falk, S., and Stablum, P.(2006), Simulation-Based Multi-Objective Optimization of a Real-World Scheduling Problem, *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*, pp. 1757–1764.
- [23] Steuer, R. E.(1986), *Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation, and Application*, Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
- [24] Rockwell Automation(2007), *Arena User's Guide*, Rockwell Automation Technologies, Inc.
- [25] Tabucanon, M. T.(1988), *Multiple Criteria Decision Making in Industry*, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, The Netherlands.
- [26] Yu, P. L.(1985), *Multiple-Criteria Decision Making: Concepts, Techniques, and Extensions*, Plenum press, New York.



박 경 중

한양대학교 산업공학과 학사

한양대학교 산업공학과 석사

한양대학교 산업공학과 박사

현재 : 광주대학교 경영학과 부교수

관심분야 : 시뮬레이션 최적화, sSCM,
유전자알고리즘,
에이전트 시스템 등

의료 제품 공급망 변화에 대한 사례 연구: 미국 의료 제품 공급망 중심 사례연구[†]

이진표[‡]

홍익대학교 경영대학 경영학과

Past, Present and Future of Players in Supply Chain of Healthcare Product: A case survey of players in supply chain of healthcare product in U.S.[†]

Lee, Jinpyo[‡]

Department of Business Administration, Hongik University

The healthcare industry is a single largest industry in the United States. In spite of this, it is growing rapidly and is arguably the hottest area of business. However, the present organization of the healthcare supply chain is in some ways less developed than one would expect, compared against the Hi-Tech industry. In this paper, we focus on the supplier, distributor and customer in the supply chain of healthcare products. The market for healthcare product is currently highly-fragmented with many disparate suppliers and distributors offering a wide variety of products and services. So, we map out a generic supply chain for the healthcare industry, survey some of the players, and see which players are getting on the more dominant track. Finally, we conclude with a discussion on the possible future evolution of players in the supply chain of healthcare product.

Keywords: Players in Supply Chain of healthcare product, Intermediaries and producers in supply chain of Healthcare Product, Supply Chain of Healthcare Product, Trend for Role Change of Players

1. Introduction

Basically, this is an exploratory study that seeks to achieve an initial sense of the level of supply chain operations and the key operational issues of the supply chain of healthcare

product in U.S.

The healthcare industry is the single largest industry in the United States. In spite of this, healthcare industry in US is still one of the fastest growing sectors in US, and increasing demands are placed on the supply chains of its products. Many healthcare companies, with their traditional modes of

[†] 이 연구는 홍익대학교 교내학술연구비의 지원에 의해 이루어진 것임

[‡] Corresponding author: Department of Business Administration, Hongik University, 72-1 Sangsu-Dong Mapo-Gu, Seoul, 121-791, Korea,

Tel:+82-2-320-1734 Email: jinpyo.lee@hongik.ac.kr

* 2009년 8월 28일 투고, 2009년 11월 2일 수정본 접수, 2009년 11월 19일 게재 확정.

operation, may find their supply chains unable to cope with the sudden and rapid growth. This study focuses on the current operations and possible challenges of healthcare product companies and sees ways in which they may seek to improve their supply chain performance in the future.

In this paper, case survey is used as a research methodology to analyse what is collected. Case surveys bridge the gap between general surveys and unique case studies to combine their respective benefits of cross-sectional and in-depth analysis. More detail about the case survey is as follows.

Case studies can be one of three types: exploratory, descriptive, and explanatory. Although case studies may often begin with little conceptual framework, the narrative must nevertheless be organized around specific propositions, questions, or activities, with flexibility provided for modifying these topics as the analysis progresses (Yin, R., 1981). Case studies can be done by using either qualitative or quantitative evidence. The evidence may come from fieldwork, archival records, verbal reports, observations, or any combination of these. As a research strategy, the distinguishing characteristic of the case study is that it attempts to examine a contemporary phenomenon in its real-life context, especially when the boundaries between phenomenon and context are not clearly evident.

The survey is a widely used research method in the areas of marketing and business (Babbie, E., 1990). Management research is being characterized as soft, or applied, and is undertaken in complex organizations in dynamic environments (Tranfield, D., Starkey, K., 1997). This makes it difficult to apply the more traditional survey methods that emphasize replicability and cross-validations.

As a consequence, case surveys have been proposed as a way to study many issues in some depth across many cases (Larsson, R., 1993). The case survey approach as used in the present exploratory study is mainly qualitative and provides great richness and multiple perspectives of the many managers involved. From the qualitative data, narratives or stories are developed that are examined for patterns. Thus, the analysis of the survey data is mainly interpretative and inductive.

In this paper, a combination of questionnaire and interviews for the case survey was employed to get the information that was required. This was designed to yield higher quality data

given the anticipated reluctance of companies to openly share their operational issues.

Step 1 was a questionnaire that was distributed to each company after it agreed to participate in this study. The purpose of the questionnaire was to get some preliminary information about the company and its operations. Specifically, the questionnaire targeted quantitative and scorable data in the areas of supplier management, production processes, logistics and distribution, and customer and order management. Having given the initial response to the questionnaire, the companies would have a better idea of what to expect during Step 2, the interview session.

In Step 2, some of the unanswered questions from Step 1 were reviewed. If they were sensitive, they were left blank. Otherwise, they were usually answered once the doubt was clarified. The main aim of the interview was to obtain qualitative information, such as descriptions of the supply chain operations, the perceived challenges, insights, individual opinions. Since the review would have provided the initial understanding of the supply chain, it was then possible to quickly zoom in on the parts of the supply chain that would be most likely to harbour the operational issues that were sought.

Finally, the data was collated in Step 3, and a summary report was submitted to each interviewee with a request for clarification of residual doubts, as well as for pointing out sensitive information which had to be kept confidential or deleted.

2. Structure of Supply Chain in US Healthcare Product Industry

The overall structure of healthcare industry in U.S is well shown in Burns (Burns, 2005), which address three key sets of actors (purchaser, providers and producers) and two sets of intermediaries between actors: The first intermediary is a company which finances healthcare, and the second one is a company who distributes products from producers to the providers. Out of the whole healthcare industry, in this paper, we mainly focus on product, producer, distributor and provider. In this paper, we use the supplier for producer and customer for provider.

2.1 Product

The healthcare or lifesciences industry is regulated by the US Food and Drug Administration (FDA). The FDA classifies the healthcare products into three categories drugs, medical devices and biologics (U.S. Food and Drug Administration).

2.1.1 Drugs

The category of drugs can be classified into the following types: prescription, Over-the-counter (OTC) and generics. Prescription drugs require a doctors prescription in order for the drug to be available to the patient. OTC drugs are available to patients without a prescription. Currently, the FDA has more than 100,000 products in more than 80 classes under this category. Generic drugs are copies of a brand-name drug that is similar in dosage, safety, strength, and indication. Generic drugs enter the market after the patents held by the original brand owners expire, after which other manufacturers apply to the FDA to produce generic versions.

Investments in research are high for any pharmaceutical company trying to develop a new drug. The typical product life cycle of a drug begins in research and development. Upon approval by FDA and award of the patent, the patent-holding company enjoys monopoly status in the market for those drugs, thus commanding a premium for the products sold. After the expiry of the patent, generic pressures eventually allows competitors to enter and manufacture the same drug, thereby turning it into a commodity.

2.1.2 Medical Devices

Medical devices are matched to three device classes, according to degree of regulatory control imposed (U.S. Food and drug Administration). Classification depends on the intended use and indications of the device, and also on the risks posed to the patient in its use. More risky devices will belong to a higher Class. Class I items are items such as elastic bandages, examination gloves, and hand-held surgical instruments. Class II items require some special controls like labeling requirements, mandatory performance standards and postmarket surveillance, e.g. powered wheelchairs, infusion pumps, and surgical drapes. Class III devices are usually those that support or sustain human life, are of substantial

importance in preventing impairment of human health, or which present a potential, unreasonable risk of illness or injury.

2.1.3 Biologics

Biologics, in contrast to drugs that are chemically-synthesized, are derived from living sources (such as humans, animals, and microorganisms). Most biologics are complex mixtures that are not easily identified or characterized, and many biologics are manufactured using biotechnology at the cutting-edge of biomedical research. Biologics can consist of the following classes: blood, therapeutics, vaccines, cellular & gene therapy, allergenics, tissue and devices.

2.2 Supplier in Supply Chain of Healthcare Product

The healthcare supply chain is not unlike that in most other industries. It begins with product development, and proceeds to production, distribution, and finally to the customer. Here is a high-level look at the typical components of the healthcare supply chain (Fig. 1).

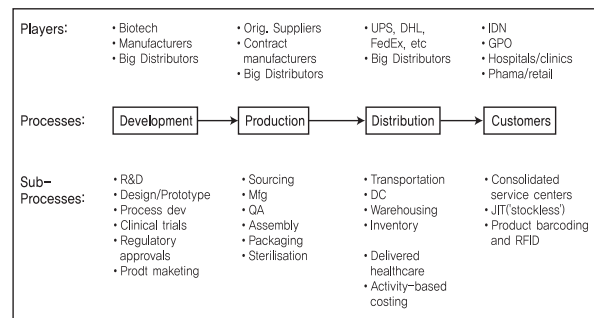


Fig. 1: Generic Supply Chain of Healthcare Product

Development: This is the phase in which the product is developed. This phase can be very research- and technology-intensive. The products that are developed frequently have a direct or indirect impact to human lives, and the relevant health authorities regulate the industry closely. Clinical trials are exhaustive and approvals for sale to consumers are granted only after careful evaluation. The entire process from R&D to FDA approval can take as long as 12 years and cost as much as \$802 million for each drug that makes it to market (Parloff 2004).

Production: The production phase comprise the set of

processes that results in the physical creation of the products. It begins with sourcing for raw materials, followed by manufacturing, quality assurance, assembly and packaging, including sterilization.

Distribution: Distribution is the act of selling and delivering the finished goods from the production plants to the customers.

Customers: Finally the product is delivered to the customers. Customers in turn sell to the retail stores or consumers. Examples of customers are the hospital systems, doctors clinics, and retail pharmacies.

In this paper, we use supplier as companies who develop and produce the healthcare products. This means that the supplier is in the phase of development and production in the supply chain of healthcare product.

2.3 Distributor in Supply Chain of Healthcare Product

The medical/surgical supply distribution industry has grown due to the rising consumption of medical supplies and the increasing reliance by manufacturers and customers on distributors. The increase in consumption has been the result of an ageing population, new healthcare procedures and new healthcare products. The increasing reliance is driven by customers seeking to take advantage of cost savings achievable through the use of distributors. The healthcare industry has also been characterized by the consolidation of healthcare providers into larger and more sophisticated entities that are increasingly seeking lower delivered product costs and incremental services through a broad distribution network capable of supplying their inventory management needs. Additionally, these large healthcare providers are gradually shifting the utilization of medical/surgical supplies from the acute care setting to the alternate care setting. This trend allows the providers to reduce their overall cost, but changes their inventory management needs from a large single location (hospital) to several smaller locations (surgical centers, nursing homes, etc). The economies of scale that a distributor can generate by servicing a number of facilities should allow it to meet these needs at a lower cost than an individual healthcare provider or manufacturer.

The traditional role of a distributor involves warehousing

and delivering medical/surgical supplies to a customers loading dock. Increasingly, distributors have assumed the additional roles of asset managers and information managers. Larger distributors are offering a wide array of customized asset management services that many smaller distributors are unable to provide. In addition, as the ability of medical/surgical supply distributors to manage information becomes an increasingly important factor, the larger distributors will have a distinct advantage.

2.4 Customer of Healthcare Product

From the perspective of suppliers (including manufacturers (OEMs) and contract manufacturers), distributors/wholesalers and other logistics providers in the healthcare supply chain, the customers are the healthcare providers such as hospitals, doctors offices, retail and independent pharmacies, and GPOs.

GPO stands for Group Purchasing Organization. GPOs are organizations of sometimes up to hundreds of hospitals that consolidate their buying power in negotiating contracts with suppliers and distributors. They aim to achieve economies of scale in bulk purchases of medical supplies. Increasingly, GPOs have evolved to award contracts to manufacturers not just for products but also for services. This can range from pharmacy management to human resource training. GPOs negotiate directly with both medical/surgical supply manufacturers and distributors on behalf of their members, establishing exclusive or multi-vendor relationships. As the combined purchasing volumes of their member institutions are very large, GPOs have the buying power to negotiate price discounts for the most commonly used medical/surgical products and services.

3. Literature Review

A decade ago, the concept of supply chain management was not exactly what it is today. The synchronized management and optimization of supply chains was not commonplace yet (Rivard-Royer, Landry and Beaulieu 2002). Companies tended to view logistics as transportation. Distribution was not synchronized with manufacturing. Many

OEMs did not have the expertise to deal with the challenges in distribution and logistics, and looked towards logistics providers for help (Turbide 1996).

Not only were operational challenges treated as piecemeal, few reports were dedicated to healthcare supply chains. For example, operational challenges could be described in terms of 3PL-client partnerships, quality management, invoicing and tracking, channel inventory management, point-of-sale demand capture, delivery speed, smaller shipment sizes, and other business process-related challenges (deRoulet 1992), but none of these were unique to the healthcare industry.

Other sources of information focused on particular portions of the supply chain or narrowly-defined issues when discussing operational challenges. Procurement is one example, and the challenges here were seen to be in creating accurate procurement and inventory plans, and gaining accurate, timely, and detailed visibility into spending and supply chain operations (Survey 2003). Similarly, the logistical challenges faced by companies sourcing internationally were examined (Murphy and Daley 2008). Global logistical challenges were discussed for the automotive industry (Piszczalski 2002), focusing on the issues with international trade such as global transportation and related services, delivery uncertainties, and how information technology is being employed to deal with these difficulties. As another example, the specific issue of over-dependence on a single rail route for transportation of coal to a steel producer was discussed (Sanyal 2004). Again, these operational challenges were not discussed in the light of the healthcare industry.

The recent worldwide buzz surrounding healthcare may lead one to think that the entire industry is forging ahead and changing very fast, constantly developing innovative products that are becoming crucial to our ways of life, and unleashing new demand that never existed before. While some of this is undoubtedly true, it is important to realize that it does not apply to the majority of products in the healthcare industry. Bread-and-butter consumables such as syringes, gloves, bandages, crutches, and the bulk of medical supplies and devices have been around for a long time and they are not changing. Even in the area of drugs which today generates the most excitement, the entire process from research and

development to FDA approval can take as long as 12 years and cost as much as US\$802 million for each drug that makes it to market (Parloff 2004). Hence, unlike the faster moving industries such as Hi-Tech and Retail, not much study has been devoted to the operations of healthcare supply chains.

Still, there are some articles that pertain to healthcare supply chains and their operational issues, but mainly for the U.S. only. The flow of products from production to consumption in the healthcare industry has been documented. It involves a wide array of activities, and amount of material moved per handling tends to decrease toward the unit of consumption as it approaches the final point of use (Robertson 1997). Specifically, the indicated areas in which operational challenges occur are product movement, order management, information sharing, and activity-based costing. Possible responses to the challenges include EDI/electronic commerce, supplier certification, data warehousing, net billing, rebate process simplification, receiving process improvement, shift to activity-based costing/management, total delivered-cost mentality (versus acquisition cost), role definition, inventory management reduction programs, cost-containment/outcomes data, outsourced service partners, industry "best practice" teams, industry-wide freight consolidation, and adoption of common automation goals for industry to reach critical mass.

The distribution of newly-launched pharmaceutical products also presents unique challenges (Heine 2000). Besides mentioning supply chain challenges such as rebate management, information integration and the expected special handling and storage challenges, it called for proper market evaluation and formulation of precise distribution plans, which need to be detailed 18-24 months prior to product introduction. They are affected by whether the products are in Phase I, II, or Phase III clinical trials. It also pointed out that because the end consumer market is only accessible via certain distribution channels such as physicians offices, nursing homes, and other healthcare providers, the payer (such as healthcare insurance firms) has the power to decide on the channels of distribution. Companies should therefore know how they will secure payment, either by hiring a consulting firm, hiring their own expert, or contracting with a company that specializes in distribution and may also have reimbursement services. Product packaging for stocks and

samples must adhere to strict regulations, which must be considered 12-18 months prior to commercialization, as it can potentially have an adverse impact on the products lifecycle sales. Notwithstanding these challenges, it is possible to have a compound stocked throughout the pipeline from drug wholesalers, independent and chain pharmacies, physicians, to other market segments, just 1-2 days after FDA approval.

Operationally, large university hospital systems in the U.S. have always had problems managing inventories (Morton 2004). The challenge stemmed from having to make low unit-of-measure deliveries, on time, to patient units that were geographically-dispersed while complying with all regulatory standards (Campbell 2003), within an environment of convoluted pricing structures (Grove 2004), constrained logistical resources, large numbers of SKUs with limited shelf lives, and increasing demand for services. Compounding this, the implementation of diagnostic related groups (DRG) by the U.S. government, which resulted in a pre-fixed level of compensation for specific medical services, have put these health systems under heavy cost pressures (Nicholson, Vakharia and Selcuk Erenguc 2004). From an analysis of inventory costs and service levels of an in-house three-echelon distribution network, findings indicate that outsourcing distribution of non-critical medical supplies directly to the hospital departments using them (i.e. two-echelon network) results not only in inventory cost savings but also does not compromise the quality of care. Paradoxically, this trend towards cooperative buying via large distribution contracts is creating problems such as π -channel stuffing. Forward-buying of huge amounts of drugs so that they could be sold more profitably when prices rose, resulted in surplus volumes of drugs in the supply chain and also contributed to the problem of counterfeit drugs (Becker 2004). To address the counterfeiting problem (Koleszar 2004), the FDA has proposed that bar codes be mandated on all unit dose prescription drugs within the next three to five years, or to create a better system for tracking drugs through the distribution system.

However, the limited information available mostly relates to the healthcare market rather than to the running of supply chains. There is a dearth of information on operational challenges probably because companies have always

considered such information confidential and have been habitually protective. As such, this paper represents the step towards understanding the operational challenges of healthcare supply chains.

4. Players in Supply Chain of Healthcare Product

In this section, for each company that was interviewed, a description of the supply chain network is given. This is followed by a summary of its profile, and key operational challenges. The names of the companies have been masked and they will simply be referred to as SU, DIST and CUST. This naming scheme makes obvious reference to the role the company plays in the healthcare supply network ? supplier including original equipment manufacturers (SU), medical products distributor (DIST), and customer as healthcare provider including GPO (CUST).

4.1 Supplier SU

SU is a leading US firm that develops, manufactures and markets products and services in the areas of pharmaceuticals, nutritional supplements, and diagnostics. Globally, SU is capable of providing total, integrated solutions across the healthcare spectrum for some of the world's most prevalent medical conditions, including AIDS, cancer and diabetes. For interview, we mainly focused on diagnostic instruments and the chemical reagents that go with them.

The medical instruments are high value, low volume. Once installed, end customers tend not to switch to competing products. This ensures on-going demand for the accompanying reagents. In this business, the reagents are the main revenue generators. They are low value, high volume products. Demand forecasting is not done for every SKU. It is only done for high-value products, which is the instruments.

Customers do not share demand forecasts with SU. Orders are placed as and when required. Forecasting is done by month working together with the sales and marketing department. It is based purely on sales prospects and not transaction history. This process is good enough for now.

SU faces several challenges in meeting its de-livery commitments. Most of the time, problems occur due to production problems. Production breakdowns usually happen because of technical problems. In recent years, SU has faced a lot of issues with product quality. When the production quality standards are raised, the Quality Assurance (QA) process is more rigorous and this in turn results in more frequent delays

Supply-side uncertainty from the manufacturing plants to the distribution hub is very high due to the relatively slow order processing. Orders are communicated only via email and phone calls. The information technology employed is primitive, with no integration whatsoever. This creates a problem with its turnaround time, or the order cycle time. SU finds it difficult to make a turnaround for customer orders within 1 week. Currently its capability is 2 weeks. Using a distribution hub sometimes increases the customer lead-time because not enough safety stocks are kept. Although SU operates an outsourced warehouse, it is not barcode enabled. This no doubt contributes to its problems with order management.

SU might benefit from a re-evaluation of its supply chain network, as it appears that there is no strong reason for maintaining distribution hub rather than drop-shipping goods directly from the affiliate plants to each individual local Distribution Center (DC).

A major customer complaint is the shelf life. The 20-30 day product shelf life is too short. This is attributed to production cost (produce in large batches to save cost results in longer inventory depletion times hence shorter available shelf life at the customer end).

4.2 Distributor DIST_1

DIST_1 is a leading products and services provider in the healthcare industry. Moreover, its vision is a world in which DIST_1 is cognizant of every transaction involving the delivery of any product or good in the healthcare supply chain. DIST_1 believes that this unique market insight will give it an unassailable advantage over its rivals, who do not have access to the same number of customer touch-points as it has.

DIST_1's strategy to cement their market leadership is multi-fold. It includes innovation of value-added services, the

offering of a comprehensive array of products and services, and significant research and development in building its brand name and its product pipeline. In order to address its growth objective, DIST_1 has scaled tremendously both upstream and downstream. Since 1999, it has acquired 39 companies, which allowed them to develop drug substances with a proprietary technology for the first time. Currently, DIST_1 is engaged in drug synthesis and analytical chemistry, dosage form development, and clinical supplies to support phases one through three of the FDA approval process.

It is interesting to note that DIST_1's success has stemmed from their superior position in the supply chain, being the aggregator of demand and supply for the multitude of suppliers and customers. Although DIST_1 has its beginnings in the wholesaling of drugs, it has come to be a well-regarded brand in its own right. In fact, DIST_2, introduced in the next section, even buys and sells products of the DIST_1 brand.

Although the US market is by itself large enough to sustain growth and profitability for the near to medium term, DIST_1 has decided to take proactive steps to extend its dominance beyond US shores. Currently, DIST_1 has sales offices in 42 countries, and continues to acquire assets and capabilities globally.

The following two instances succinctly show how DIST_1 is executing its vision of being everything to everyone in the healthcare supply chain.

First, DIST_1 has a relationship with one of the largest drug makers (called as maker G) to design, develop, manufacture, package, and distribute maker G's product (called as product A). This is a soft gel product that DIST_1 developed in its laboratories and for which it is doing the manufacturing as well. DIST_1 provides a just-in-time production service to maker G, and this is achieved by connecting to its worldwide forecasting system. DIST_1 assumes the responsibility to order the raw pharmaceutical ingredients on behalf of maker G, manufacture the soft gel, package it according to maker G's particular requirements, and finally manage the logistics and distribution not only in the US but also into several individual countries within Europe.

Second, DIST_1 makes efforts at expanding its supply chain and customer base under a motto from molecule to medicine to market to patient. For instance, DIST_1 develops

and makes patient-specific therapies (in the form of drugs). These pass through some form of a production process such as process L, before they are dispatched to nuclear pharmacies for final preparation and distribution to the patient. Here, DIST_1 owns the entire process from pharmaceutical development to delivery to the provider site for a particular patient.

4.3 Distributor DIST_2

DIST_2 is another leading distributor of medical/surgical supplies in the U.S. They provide solutions in supply chain management, logistics and technology. Even though a much smaller player than DIST_1, DIST_2 bears mentioning because of its strong position in medical/surgical distribution and for its collaborative efforts with other distributors in an effort to compete with DIST_1. While DIST_1 is largely able to offer a complete solution to their clients, DIST_2 is unable to do on its own, hence, its collaborative efforts being made. In the case of serving the University Hospitals, DIST_2 will provide logistical support and value-added services, while its collaboration will provide most of the core pharmaceutical products, the IT transactions systems, and to a lesser extent automation and staffing services.

DIST_2's growth has been achieved by expansion into new geographical areas through acquisitions, the opening of new distribution centers and the consolidation of existing distribution centers. From 1989 through 1995, DIST_2 acquired four other healthcare distributors, and established no less than 15 distribution centers throughout continental U.S.

From 2000, DIST_2 began to provide distribution services for manufacturers, helping them to implement logistics and e-commerce solutions. The form of these arrangements varies, as DIST_2 sought to provide customized services to meet the needs of their manufacturing partners. The company announced agreements with several suppliers of healthcare product.

In 2002, DIST_2 announced that it will engage in strategic development of a third party logistics (3PL) unit, aimed at aggregating (healthcare-specified) customer orders and growing its existing medical manufacturer direct business. Because there is minimal 3PL penetration in healthcare,

compared to other industries, the opportunity is compelling. Through its 3PL business unit specialized in healthcare, DIST_2 will offer logistics and supply chain management services in two main categories: distribution/transportation management and consulting services on the healthcare product. In order to make the most of these opportunities, DIST_2 intends to leverage its existing relationships with suppliers and customers, its activity-based costing expertise, and its distribution facilities, transportation systems and information technology. This initiative offers DIST_2 a good avenue for diversification within healthcare, without the risk of inventory ownership.

4.4 Customer CUST

CUST is a healthcare group purchasing organization and supports nearly 1,400 not-for-profit and for-profit acute care facilities, as well as ambulatory surgery centers, physician practices, and alternate care sites in U.S. Moreover, its network includes hospitals, a general practice clinic chain, a leading radiology services provider, and a major provider of laboratory services. CUST also has dental clinics, diagnostics services, clinical research, managed care, dialysis services, and hospital consulting services.

CUST plays the role of the end-user in the healthcare supply chain. It is supplied by large distributors for pharmaceuticals and medical equipment, which account for 70-80% of the total procurement spending. There are also other suppliers, of which some are direct suppliers of proprietary products and the rest are smaller suppliers. These smaller suppliers supply general medical supplies that are not available from the large distributors.

Although CUST has a central Group Purchasing Office, individual entities (e.g. hospitals) still have their own buyers. The Group Purchasing Office operates at arms-length with its affiliates in the region. It is mainly concerned with identifying opportunities for cost savings through consolidated purchases and negotiations with vendors. Daily supply chain activities are handled locally at the entity level, although inventory is reviewed monthly at the Group level. Each hospital runs its own inventory system. As such, there is no Group-wide visibility of stock levels. Communication and stock queries are

mainly conducted over email.

Demand is seen as very closely tied to hospital occupancy level, which experiences seasonality. Stock levels are adjusted accordingly, based on experience. The difficulty in forecasting demand lies in the nature of the products of the healthcare industry. There is a large variety of SKUs to deal with, and the demand of any given SKU could fluctuate unpredictably and independently from the others. Apart from the known seasonal trends, it is considered important to keep abreast of hospital operations in maintaining appropriate levels of stocks. For example, it is obviously possible to relate certain items to certain procedures or treatment categories. When the demand for a particular treatment changes, it would make sense to similarly alter the stock levels for the related items. Demand can be estimated from regular feedback meetings with key hospital staff and monitoring of stock movements and hospital admittance rates.

Suppliers and distributors generally approach CUST to seek business. This includes emails, posting queries on the CUSTs website to introduce their products, phone, fax, or dropping a brochure. The vendor evaluation process focuses on financial stability, while the product introduction process takes almost three weeks and evaluates quality, acceptance, and compliance. ISO 9000 and clean room class 10,000 and above is required for manufacturing suppliers. CUST sees about 2-3 new product introductions a month. These are the ones that have successfully gone through the entire suppliers, distributors and product evaluation processes. The main challenge working with suppliers and distributors is in the integration of information.

At present, CUST does not have any VMI arrangements with its suppliers and distributors. This is mainly due to the concern of losing core expertise - the internal controls over what to stock, when to stock, and how much to stock. On the other hand, CUST does have VMI arrangements with some proprietary suppliers.

The most important challenge is to be able to quickly turnaround the procurement cycle, transforming the users specifications into physical inventoried items in the wards. The typical order delivery time for product is 2-3 weeks (order from supplier and distributors, deliver to hospitals). The relative percentage of the lead-time is 70% internal and 30%

external. Most suppliers and distributors tell CUST that they can deliver within a day or so once they received a firm order. Hence, the main improvement area would be the internal requisition process, in particular, the approval process.

Another challenge is to continually analyse opportunities for cheaper procurement, including negotiating with suppliers and distributors to reduce costs.

CUST is in the process of implementing a new inventory management system to replace current system, which is meant to streamline processes, reengineer processes, and reduce turnaround times. The new system should be able to read the manufacturers bar codes that are already on the product itself, whereas the current system is only enabled for reading CUST's barcodes. In the existing system, inventory transactions are captured in a two-step process in which one party consumes the product and records usage manually on paper, and another party keys in the data into the current system. This is deemed unnecessary and inefficient.

5. Lessons and Implications

In this chapter, some lessons and implications are drawn from the data collected. These are inferred from the interviews and questionnaire results. (The detailed results are shown in Appendix 1.)

5.1 On supply management

From the companies surveyed, the customer was generally satisfied with their suppliers. The exception would be the distributor, which believed that its suppliers lead time, pricing, order cycle efficiency, and capacity-flexibility were moderately inferior. In terms of supplier selection, the most important selection criteria were good product quality coupled with high liability on delivery terms. In terms of the time to launch the order, the time for document preparation, suppliers response time, transportation time, the time to receive and inspect goods, and time to place goods in user sites, it is generally felt that not much needs to be improved. DIST_1, however, feels that all supplier-side lead times should be improved with the exception of the times to launch the order

and the transportation lead time itself.

The customer was the only one who rated price, fragmented deliveries, JIT capability, and strategic alignment as very important criteria. The other companies tended to emphasize the importance of product quality, delivery terms, and the flexibility to respond to change requirements. Notably, DIST_1 considers the technological level of its suppliers as very important, and at the same time considers product warranties as not so important. This indicates that the distributor is concerned with distributing superior products that do not give many after-sales problems.

It is noted that the customer was the only company that did not share much information with its suppliers and distributors, although it indicated that it would like to share more inventory and order data with its suppliers and distributors in the near future. The rest of the companies interviewed mostly felt that they did not need to do more to integrate IT systems with their suppliers. Sharing planning and scheduling information with suppliers is commonplace, but does not by itself lead to superior supplier performance.

The most popular means of communicating with suppliers by distributors and customer are email, phone, fax, and face-to-face meetings. The distributor relied mostly on EDI for real-time communication with its suppliers. Generally, the companies felt that they would like to use and need more internet technologies with their suppliers in the near future, and that the impediments were the smaller suppliers rather than the larger ones.

5.2 On production and storage

Costs associated with the storage of inventory such as the capital costs of the warehouse and the value of the inventory and WIP account for the bulk of production and storage costs. Other operational costs such as stock management, insurance costs, goods in transit, pilferage, deterioration, damage, scrap and rework costs are less significant.

The distributor DIST_1 and DIST_2 indicated 4 and 6 annual inventory turns respectively, which contrasts with supplier SUs more than 12 turns per year. One explanation for this is that supplier SU has almost all its key supplies on consignment basis. Stocks are not owned until the point of

actual usage.

5.3 On logistics and distribution

The customer CUST declined to answer this set of questions. From the remaining three companies, the percentage of goods rejected by customers is typically between 1 and 1.5%. Different companies used different transportation modes to different extents depending on the nature of their product and customer demands. Most of the companies interviewed were able to deliver to their promised dates with at least 95% consistency. Only supplier SU seemed to have some unresolved issues as it was experiencing a relatively dismal 70-80% on-time rate.

Supplier SU reported outbound freight as its major component of logistics cost. This is attributable to the cost of air freight. The distributor spends proportionally the most on its warehouses, human resources.

Service levels, cost-competitiveness, and criticality of function were posed as possible reasons why companies would choose not to outsource some or all of their logistics. Companies that did not outsource logistics because it is a core competency also said that 3PLs are not cost-competitive enough. If they did outsource, it would likely be due to capacity constraints or organizational change. For example, in 2002, distributor DIST_2 announced that it will engage in strategic development of a third party logistics (3PL) unit, aimed at aggregating customer orders and growing its existing healthcare product manufacturer direct business.

The companies were further asked to evaluate the significance of a list of 16 factors, some positive and others negative, when deciding whether or not to outsource. By far, the most important factor is whether cost reduction can be achieved with outsourcing. With the help of the 3PLs, companies also hope to improve their logistics service levels, upgrade their systems. It is felt, however, that 3PLs will not be able to make access to healthcare product markets any easier or to help accommodate seasonal peaks.

The chief concerns of the companies are the loss of control over their supply chains and the doubt that 3PLs will be competent enough to do the job satisfactorily. The potential loss of critical skills is not viewed as significant. Every

company believes that 3PLs generally had more than adequate IT solutions to meet their needs. In fact, some of them see IT as a strength that 3PLs could sell.

5.4 On customer and order management

Distributor DIST_1 and DIST_2 ship mostly in cartons, and supplier SU mostly in eases (single units). Most companies usually have one destination per customer order.

In terms of forging relationships with customers, the companies placed the most emphasis on long-term relationships and engaging the customer in continuous improvement activities. Supplier SU shares information mainly with their affiliate customers, not end customers. The distributor already fully shares its shipment schedules and order statuses with customers, and would like to further share inventory availability data, albeit with certain restrictions to prevent customers from picking and choosing stocks.

As with suppliers, communication with customers is done mainly through the usual channels of email, phone, fax, and face-to-face meetings, with most companies using EDI to some extent. The companies generally displayed a strong desire to use internet related technologies more with their customers. Better integration with customers will lead to greater switching costs. The progress, however, may be slightly hampered by the smaller customers who may not possess the requisite technologies to participate. It is believed that internet-related technologies will be a significant competitive advantage over the next few years, but the companies feel that not only were their technological capabilities up-to-date, they also foresee no resource shortages to keep abreast of developments. This shows that top management have been and will continue to be supportive of IT integration with customers.

6. Trends in the Healthcare Supply Chain

In this section, the past, present, and possible future trends are discussed based on a survey and interview and analysis of publicly-available sources.

6.1 Past and Present

We present charts that show the overlapping services provided by several of the players in the healthcare supply chain, first from a period 10 years ago (Fig. 2), and then the present (Fig. 3).

	R&D	Manufacturing	Packaging/Assembly	Inventory Management	Transportation	Visibility(IT)	Global Logistics
Player							
SU	Y	Y	Y	N	N	N	N
DIST_1	N	N	Y	Y	Y	N	N
DIST_2	N	N	N	Y	Y	N	N
CUST	N/A	N/A	N/A	Y	Y	N	N/A

Fig. 2: Supply chain services provided (10 years ago)

Prior to the 1995 purchase of a franchiser of retail pharmacies, DIST_1 was a pure distribution company. Manufacturing started with the acquisition of automated pill dispenser cooperation in 1996. About 10 years ago, DIST_2 was the second largest distributor of medical/surgical supplies in the US. During the end of 90s, DIST_2 was one of the most advanced in the use of information technology to better service its customers. It reported the use of EDI transactions, Continuous Inventory Replenishment, JIT partnerships, and offered a host of supply chain consulting services in its SEC 10-K filing for 1993. It had also successfully implemented a modern and more versatile distributed Warehouse Management System by 1999 that allowed it to easily collaborate with customers systems.

	R&D	Manufacturing	Packaging/Assembly	Inventory Management	Transportation	Visibility(IT)	Global Logistics
Player							
SU	Y	Y	Y	N	N	N	N
DIST_1	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
DIST_2	N	N	N	Y	Y	N	N
CUST	N/A	N/A	N/A	Y	Y	N	N/A

Fig. 3: Supply chain services provided (Present)

DIST_1 may even move into positions in which they become competitive with the suppliers, contract manufacturers, and other logistics providers in the supply chain. DIST_1s vision is unique in its breadth and depth for

now, but it may be the impetus to the other players to consider moving into all aspects of the healthcare supply chain.

6.2 Future

Fig. 5 shows how the same chart might potentially look 5-10 years from now.

This is developed from the interview and from observing how the industry as a whole has been progressing up to the present. A detailed discussion on the observation follows from section 6.2.1 to 6.2.4.

	R&D	Manufacturing	Packaging/Assembly	Inventory Management	Transportation	Visibility/IT	Global Logistics
Player							
SU	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y
DIST_1	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
DIST_2	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
CUST	N/A	N/A	N/A	Y	Y	Y	N/A

Fig. 4: Supply chain services provided (Future)

6.2.1 Changing Customer Base

As the baby-boomers reach the age of 50 and beyond, there has been and will be an increasing demand for drugs and other medical products, and the logistics services that go with the delivery of these products (Fig. 6). This also means that there will be more nursing homes, outpatient clinics, and in-home patient care.

Diagnosis-Related Group (DRG) is a system to classify hospital cases into one of approximately 500 groups, also referred to as DRGs, expected to have similar hospital resource use and developed for Medicare as part of the prospective payment system. It was decided in 1983 to impose DRGs on hospitals nationwide. A scheme for billing for medical and especially hospital services by combining diseases into groups according to the resources needed for care, arranged by diagnostic category. A dollar value is assigned to each group as the basis of payment for all cases in that group, without regard to the actual cost of care or duration of hospitalization of any individual case, as a mechanism to motivate healthcare providers to economize. (Centers for Medicare and Medicaid Services, 1983) Due to disregarding

the duration of hospitalization under DRGs, admission has decreased since it was imposed nationwide.

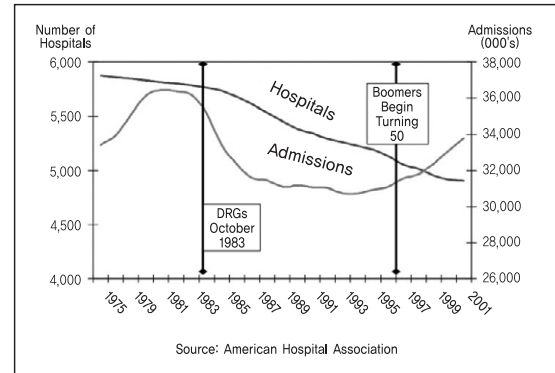


Fig. 5: Number of Hospitals vs. Admissions

Thus, while the traditional customer for a distributor may have been the hospital systems and the retail pharmacies, there is increasingly a recognition that the supply chain really needs to be extended to the individual in the nursing home or private home. These customers can be served via mail order and more predominantly through a network of pharmacies, which should require IT.

6.2.2 Inventory and Pricing Model

In the traditional model of healthcare products distribution, the distributor adopts a 'buy-and-hold' strategy. The distributor can buy at a low price in bulk from the suppliers just before a price increase, and then profit handsomely from selling the stock (Centers for Medicare and Medicaid Services, 1983) to customers later. On the flip side, this also means that the distributor owns the inventory in storage and assumes the demand risks entirely. Now, the suppliers' needs have shifted to 'just-in-time'. This means that suppliers' manufacturing plants are only releasing product to the distributors' warehouses when there is firm demand for it.

This was originally driven by the suppliers because they felt that a buy-and-hold model was not in the best interests of their end customers. The distributors were facing the demand fluctuations alone, and significant supply chain inefficiencies arose from the excess inventory and profiteering during price adjustment cycles. The idea is that in the just-in-time model, risks are shared and the level of inventory will be lowered. Incentives are also aligned with the interests of all parties.

Going hand-in-hand with the just-in-time inventory model is the fee-for-service pricing scheme. Unlike the inflation-based model, the just-in-time model requires an activity-based costing scheme to function well. Hence the fee-for-service scheme imposes different distribution costs on different manufacturers, depending on the nature of their relationships with the distributors and their products' needs. Previously, some manufacturers were not too happy with the fact that they were in effect subsidizing other manufacturers by paying the same distribution costs despite having simpler handling and storage needs. Now, each manufacturer can pay only for the level of service that they require. The fee-for-service model is inherently data-driven, that is, it necessitates a level of technology and infrastructure before implementation. Clearly, this is not an obstacle for any of the two major distributors mentioned in Section 2. Therefore, it constitutes a barrier of entry for the smaller distributors.

As the suppliers push towards direct selling to customers, the nature of the business relationship between the large distributors and the brand owners is likely to change. Instead of having the distributors own and manage the inventory, suppliers can now help customers to manage inventories by using just-in-time or VMI technology.

6.2.3 Global Healthcare Exchange

Global Healthcare Exchange (GHX) is a company that provides an electronic marketplace for the healthcare industry by the same name (www.ghx.com). The Exchange was formed by five of the world's leading healthcare companies (Abbott Laboratories, Baxter International, GE Medical Systems, Johnson & Johnson and Medtronic). It provides access to product catalogues, on-line ordering, customer-directed distribution, on-line order status and order confirmation.

GHX is important by the fact that it is now the leading online exchange for the healthcare industry. This was achieved when it joined with HealthNexis, which was the portal founded by major healthcare product distributors. With this alliance, GHX became the only electronic trading exchange in healthcare owned and governed by organizations representing the entire healthcare supply chain, including suppliers, distributors, providers, and GPOs.

Over time, it is expected that GHX will become the de facto

online marketplace for the buying and selling of healthcare products. It will be able to drive price transparency, standardization of electronic communications, and real time tracking of product availability. The implication for the large distributors is that their customers will in future not need to depend on them for electronic product catalogues, financial transaction systems, and a host of other services provided today. Except for the physical storage and distribution of goods, all existing services can just as well be performed by GHX, which is open and neutral to all parties.

6.2.4 External Competition

The low margins in the distribution business will encourage companies who are capable of scaling upstream and downstream, in order to capture the value in the growth of healthcare product market. This is evident from the survey of the big distributors product and service innovations. Such new offerings run the gamut from research and development to custom kitting, from contract sales and marketing to end-to-end supply chain management. More interestingly, companies in other industries have begun to try and carve out a space for themselves in the anticipated high growth of healthcare products. In a March 28, 2004 news article from Reuters, Delphi, the worlds largest automotive parts maker, has announced plans to adapt its existing technology in automotive electronics to the healthcare industry. Essentially, the same product can command a better margin in healthcare. Similarly, since 2000, Intel has set up a scientific research division to develop microelectromechanical devices in the field of bio-nanotechnology (Fitzgerald, 2003). This is hardly surprising when one considers the typical gross margins in the healthcare industry for product companies (that is, the brand owners as opposed to the service-providers like the distributors). To illustrate, Johnson & Johnsons gross margin is 75.2%, Mercks is 83.5%, Novartis is 78.9%, while the large distributors see only less than 10% margin. (Forbes.com Quotes and Chatrs, 2009)

With external competition, the dominant distributors can respond in several ways. One, they can, like DIST_1, expand their range of products and services up and down the supply chain. Two, they can focus on logistics and distribution and make sure that they are more cost-efficient than other firms.

With the advent of online markets such as Global Healthcare Exchange, and the migration towards direct supply from suppliers, the latter strategy would probably be unwise because traditional 3PL firms like FedEx and UPS can easily fill those roles now.

6.2.5 Role of third-party logistics providers

While selling through distributors has their obvious benefits, it may also mean that supplier lose some of their channel visibility and the power to price or to allocate sales among their customers when stocks are limited. In fact, supplier SU may prefer not to sell their products through distributors. Hence, 3PLs should provide a way for supplier to sell direct to end customers. This means that 3PLs should offer those logistics and distribution services that a typical distributor might offer, such as warehousing (with pest control, expiry lot tracking, etc), freight, labelling and packaging, cold chain service, expedition, local deliveries, and so on.

However, to penetrate in healthcare industry, 3PLs also need to address some of the perceived concerns over their taking on greater roles in potential customers supply chains. First, it is accountability. The process for resolving issues of mishandling and misshipment must be clearly articulated, especially when these incidents result in damages to human health or perhaps loss of lives. Second, the 3PLs are seen today as not sufficiently equipped to meet the special handling and storage requirements mandated by the healthcare industry. The 3PLs will need to ramp up their knowledge of the requirements and to build up the necessary infrastructure and manpower expertise to support the healthcare industry.

7. Conclusion

This is an exploratory study in which four companies of healthcare product were surveyed. The case survey consisted of a questionnaire and an interview session. The queries posed were around the companies operations and challenges. Based on the data that was collated, several general characteristics of the healthcare product industry were discerned. Observations were made on supply management, production, logistics and

distribution, outsourcing, and customer and order management. Finally, the current and possibly future supply chain services that the companies have expressed a need for are consolidated.

The main findings indicate the following. The supply chains supporting healthcare product industry are traditional in nature, mainly because the industry itself is not fast-moving and there is no impetus for operating a sophisticated supply chain. Companies tend not to outsource 3PL services much, preferring to work with specialised healthcare distributors. This is because 3PLs today are not able to meet the special needs of the industry in terms of product handling and storage. For the export market, companies tend to focus on cost and believe that 3PLs cannot offer cheaper alternatives.

To illustrate the typical configuration of the supply chain of healthcare products, we looked at the four players who have succeeded in gaining market dominance by positioning themselves at the aggregation points where process and cost efficiencies were best realized.

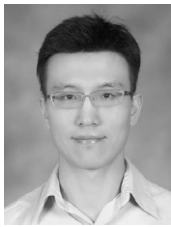
Based on the direction in which the players in the supply chain of healthcare product are headed and the dynamics seen in their interactions with each other, we have distilled what are the essential trends for the industry in the immediate to medium term. Combined with a further analysis augmented, we compared the services provided by representative players in the supply chain and highlighted areas where there was overlap. Finally, we made general postulations on the potential future for companies providing logistics services within this industry.

REFERENCES

- [1] Babbie, E., 1990. 'Survey research methods (2nd ed.)'. Belmont, CA: Wadsworth Publishing
- [2] Becker, C., 2004. 'A dose of higher costs'. Modern Healthcare. Chicago: Sep 6, 2004. Vol. 34, Iss. 36; pp. 4
- [3] Burns, L. R., 2005. 'The Business of Healthcare Innovation'. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2005
- [4] Campbell, A., 2003. 'Everything under control'. Frontline

- Solutions. (Pan-European edition). Duluth: Sep 2003. Vol. 12, Iss. 7; pp. 17.
- [5] Centers for Medicare and Medicaid Services (CMS), 1983. 'Diagnosis Related Groups (DRGs) and the Medicare Program: Implicationd for Medical Technology', Centers for Medicare and Medicaid Services
- [6] deRoulet, D., 1992. 'Logistics Trends: Logistics Will Continue in Key Role'. Transportation & Distribution. Cleveland: Jun 1992. Vol. 33, Iss. 6; pp. 46
- [7] Fitzgerald, M., 2003. "Intel Inside Healthcare Technology", Bio-IT World, May 2003.
- [8] Forbes, 2009 "Forbes Quotes & Charts" <http://www.forbes.com>
- [9] Healthcare Financial Management Association, "Resource Management: The Healthcare Supply Chain 2002 Survey Results", http://www.hfma.org/library/accounting/costcontrol/Supply_Chain_2002_Survey.htm, 2002
- [10] Healthcare Management Distribution Association, "Industry Fact Sheet", Feb. 2004.
- [11] Heine, R., 2000. 'Distributing new products'. Pharmaceutical Executive. Eugene: Mar 2000. Vol. 20, Iss. 3; pp. 80
- [12] Koleszar, A., 2004. 'On drugs and distribution'. Material Handling Management. Cleveland: Jan 2004. Vol. 59, Iss. 1; pp. 47
- [13] Larsson, R., 1993. 'Case survey methodology: Quantitative analysis of patterns across case studies'. Academy of Management Journal. Briarcliff Manor: Dec 1993. Vol. 36, Iss. 6; pp. 1515
- [14] Morton, R., 2004. 'How to cure the supply chain'. Logisticstoday. Cleveland: Aug 2004. Vol. 45, Iss. 8; pp. 7
- [15] Murphy, P., Daley, J., 1994. 'Logistics issues in international sourcing: An exploratory study'. International Journal of Purchasing and Materials Management. Tempe: Summer 1994. Vol. 30, Iss. 3; pp. 22
- [16] National Institute of Standards and Technology, Advanced Technology Program, Information Infrastructure for Healthcare (white paper), 1997.
- [17] Nickolson, L., Vakharia, A., Selcuk, E., 2004. 'Outsourcing inventory management decisions in healthcare: Models and application'. European Journal of Operational Research: Apr2004. Vol. 154 Iss. 1, pp. 271.
- [18] Parloff, R., 2004. 'The New Drug War'. Fortune: March 8, 2004. Vol. 149, No. 5; pp. 144.
- [19] Piszczalski, M., 2002. 'Global Logistics Issues'. Automotive Design & Production. Cincinnati: Jan 2002. Vol. 114, Iss. 1; pp. 16
- [20] Rivard-Royer, H., Landry, S., Beaulieu, M., 2002. 'Hybrid stockless: A case study'. International Journal of Operations & Production Management 2002, Vol. 22 Iss. 4; pp. 412
- [21] Robertson, R., 1997. 'Get healthy: Healthcare logistics success can be realized by applying EHCR process [Effective Healthcare Consumer Response]'. Materials Management and Distribution. Toronto: Apr 1997. Vol. 42, Iss. 4; pp. 23
- [22] Sanyal, S., 2004. 'Logistics issues of a steel-maker'. Businessline. Chennai: May 10, 2004. pp. 1.
- [23] SSMR Survey, 2003. Supplier Selection & Management Report. New York: Feb 2003. Vol. 03, Iss. 2; pp. 14
- [24] Special Committee on the Y2K Technology Problem, Investigating the Impact of the Year 2000 Problem, February 24, 1999: pp. 43
- [25] Tranfield, D., Starkey, K., 1997. "The Nature, Social Organization and Promotion of Management Research: Towards Policy," British Academy of Management Conference (Keynote Sessions), London Business School, 1997.
- [26] Turbide, D., 1996. 'Logistics: The last frontier?' Manufacturing Systems. Wheaton: Oct 1996. Vol. 14, Iss. 10; pp. 32
- [27] [28] U.S. Department of Health and Human Services, "National Health Expenditure Data", http://www.cms.hhs.gov/NationalHealthExpendData/02_NationalHealthAccountsHistorical.asp#TopOfPage., 2009.
- [28] U.S. Food and Drug Administration, "Device Advice: Device Regulation and Guidance", <http://www.fda.gov/cdrh/devadvice/313.html>

- [29] Yin, R., 1981. 'The Case Study Crisis: Some Answers'.
Administrative Science Quarterly. Ithaca: Mar 1981.
Vol. 26, Iss. 1; pp. 58

**이진표**

한양대학교 학사

Purdue University 석사

Georgia Institute of Technology

산업공학 박사

현재 : 홍익대학교 경영대학 경영학과
전임강사

관심분야 : SCM, Revenue Management,
확률 모형

Appendix 1: Questinaire Results

Question	*1*	*5*	SU	DIST_1	DIST_2	CUST
(A) Supply Management						
(1) How do you rate your suppliers?	inferior	superior				
Lead-time against industry norm			N.A.	2	2	3.5
Quality level			N.A.	4	4.5	4
Cost-saving initiatives			N.A.	2	2	2.5
Pricing against market			N.A.	3	4	2.5
Efficiency of order cycle			N.A.	2	2	3
Order taking			N.A.	2	3	3
Capacity-flexibility			N.A.	2	2	3
Adherence to internal schedules			N.A.	4	4	3
(2) Which of the following factors are important for your company in selecting suppliers?	Not important	Very important				
Low price			N.A.	3	3	5
Highest quality of the finished product			N.A.	5	5	5
Highest liability on delivery terms and respect of promised dates			N.A.	5	5	5
More fragmented and frequent deliveries			N.A.	4	4	5
Highest flexibility and speed in responding to change requirements			N.A.	3	4	5
Capacity to adapt to changes in demand (for example, to work in JIT mode, to evaluate risks, etc)			N.A.	4	5	5
Technological level			N.A.	5	4	4
Human resources level			N.A.	4	4	4
Ability to adapt to new technologies and new management systems			N.A.	3	3	4
Better guarantees in products			N.A.	2	3	4
Total cost of the product (including non-quality costs, stocks, non-planning costs, prevention costs, costs of other non-planning supplies, etc)			N.A.	4	4	3.5
Degree of alignment of strategic policies with the supplier, and possibility of generating synergies			N.A.	4	3.5	5
(3) With regard to delivery terms of the suppliers, which of the following times does your company consider should be improved?	No improvement needed	Should be improved immediately				
Time to launch the supply order			N.A.	3	3	3
Time to deliver documents for the order and technical specifications			N.A.	5	4	3
Time to supplier's response			N.A.	4	4	3
Time for transportation			N.A.	2	3	3
Time to receive and inspect the materials or products			N.A.	4	4	3
Time to place in user site (departments or production lines)			N.A.	4	4	3
(4) Please indicate the extent to which, in the last three years, the number of suppliers used by your organisation has increased or decreased.	Decreased substantially	Increased substantially	N.A.	4	3	3
(5) How difficult is it to have the following in your relationships with your suppliers:	Very easy	Impossible				
Commitment to a long term relationship			N.A.	3	3	3
Sharing of confidential information			N.A.	2	2	4
Joint continuous improvement activities			N.A.	2	2	3
Sharing of risks and rewards			N.A.	3	2	3
Joint development of strategic business plans			N.A.	4	3	3
Joint development of information systems			N.A.	2	2	4
Joint product development			N.A.	4	N.A.	4
Joint inventory management			N.A.	2	2	3
(6) Please indicate the extent to which you agree or disagree with the following statements:	Strongly disagree	Strongly agree				
My organisation usually selects the suppliers that offer the lowest price			N.A.	2	1	4
My organisation establishes relationships with its suppliers that benefit both the supplier and ourselves			N.A.	5	5	3
Supply chain activity is increasingly controlled by the larger organisations in our supply network			N.A.	3	4	4
(7) Please indicate the extent to which your organisation now shares the following information with its suppliers:	Not share at all	Share fully				
Inventory status			N.A.	5	5	2
Sales data			N.A.	5	4	N.A.
Shipment schedule			N.A.	5	4	N.A.
Demand forecast			N.A.	5	5	N.A.
Order status			N.A.	5	5	2
Production schedule			N.A.	1	3	N.A.

Question	"1"	"5"	SU	DIST_1	DIST_2	CUST
(8) Please indicate the extent to which you believe that your organisation will share the following information with its suppliers in the next three years:	Not share at all	are fully	Sh			
Inventory status			N.A.	5	5	4
Sales data			N.A.	5	5	N.A.
Shipment schedules			N.A.	5	5	N.A.
Demand forecast			N.A.	5	5	N.A.
Order status			N.A.	5	5	3
Production schedule			N.A.	1	1	N.A.
(9) How often do you use each of the following methods of communication with your suppliers?	Not use at all	Use frequently				
Phone			N.A.	5	5	5
Fax			N.A.	5	5	5
Face-to-face			N.A.	3	4	4
Mail			N.A.	3	2	3
E-mail			N.A.	5	5	5
Online Bulletin Board			N.A.	1	2	1
Internet Marketplaces/Portal			N.A.	1	2	1
Industry specific portals			N.A.	1	3	1
Internet based business-to-business tools (eg. i2, Manugistics)			N.A.	1	1	1
Electronic Data Interchange (EDI)			N.A.	3	3	1
Other			N.A.	1	1	1
(10) Please indicate the extent to which you agree or disagree with the following statements:	Strongly disagree	Strongly agree				
My organisation would like to use internet related technologies more in our relationships with our suppliers			N.A.	5	5	3
My organisation is limited in the pace at which it can introduce internet related supply chain technologies by the pace of adoption of these technologies by our suppliers			N.A.	3	2	4
Smaller suppliers are hampering my organisation's progress in the implementation of internet related technologies in the supply chain			N.A.	4	5	2
Larger suppliers are hampering my organisation's progress in the implementation of internet related technologies in the supply chain			N.A.	1	1	2
My organisation is likely to be influenced in its selection of suppliers in the future by their implementation of supply chain internet related technologies			N.A.	1	1	4
Purchase orders sent to our suppliers are electronically integrated with our own ERP or backend system			N.A.	5	5	5
(B) Production and Storage						
(1) Score the following costs relative to total inventory costs:	Low	gh	Hi			
Warehousing cost Capital and storage costs				2	4	4
Costs associated with inbound inventory and work-in-process (WIP)				3	1	1
Service cost: Stock management and insurance costs				3	1	1
Costs associated with finished goods stored and in-transit				3	1	1
Risk cost: Pilferage, deterioration, damage				1	1	1
Scrap and rework costs				1	1	1
Underage costs (lost sales due to stockout)				3	1	1
(2) What is the annual number of inventory turns?				>12	4	6
(3) Which of the following are important requirements in outsourcing production?	Not important	cal	Criti			
class 10k /100k clean rooms				5	1	1
automated assembly capability				5	1	1
certification to ISO 9000:2000				5	5	5
U.S. FDA-approved facilities				5	1	1
prototype design and development				4	1	1
distribution services				3	3	2
(C) Logistics and Distribution						
(1) % of rejected goods against total volume				1	1.5	1
(2.1) % of cargo volume by air				60	4	5
(2.2) % of cargo volume by ocean				30	3	2
(2.3) % of cargo volume by truck				10	93	93
(3) % of cargo requiring temperature control				70	3-4	3-4
(4) What percentage of customer orders are delivered to promise?				70-80	98	96.5
(5) What percentage of finished goods are in-transit at any time?				15	Don't know	Don't know
(6) What is the typical frequency of deliveries?				weekly to monthly	twice /day	twice /day
(7) Total logistics cost as a % of total sales revenue				Declined	Declined	Declined
(8) Volume of goods per year or per month				120,000 kg/month	Declined	Declined

Question	'1'	'5'	SU	DIST 1	DIST 2	CUST
(9) What relative percentages of the whole do the cost elements make up? That is, as a percentage of total logistics costs.						
Inbound			10	2	4	N.A.
Warehousing (inventory management)			20	20	25	N.A.
local deliveries: own fleet			1	15	10	N.A.
local deliveries: outsourced			5	2	5	N.A.
Outbound freight			60	1	4	N.A.
Human resources			5	40	27	N.A.
Material Handling Equipment (maintenance and leasing costs)			1	20	25	N.A.
(10) What is the most common reason for not outsourcing? (please tick one)						
3PLs can't provide adequate service levels, systems, and capacities						N.A.
3PLs can't provide services that are cost-competitive with in-house operations						N.A.
Supply chain operations are too complex, large and too critical to outsource			X	X	X	N.A.
Other (please state:)						
(11) Which of the following might be reasons driving your company to outsource its logistics activities?	Will not happen	Very likely reason				
Capacity/space constraints			1	3	4	N.A.
Lack of needed expertise			1	1	1	N.A.
Organizational change			3	1	1	N.A.
Mergers and acquisitions			1	1	1	N.A.
Changing markets and customer requirements			1	2	2	N.A.
New products and cost pressure			5	1	1	N.A.
(12) Rate the following positive and negative factors you might consider in outsourcing some logistics functions in your company	Minorly positive/negative	Very positive/negative				
<u>Cost reduction</u> : lower logistics costs due to the increased efficiency of the 3PL			+5	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Improved logistics service</u> : increased levels of service and consistency			+1	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Facilitate and accelerate business reengineering</u>			+1	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Reduced inventory costs</u> : more advanced physical distribution systems resulting in lower inventory costs			+4	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Upgrade logistics system</u> : gain access to state of the art logistics capabilities, at a fraction of the cost of upgrading own system			+4	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Access to logistics expertise</u> : the 3PL is likely to be aware of current developments in the logistics field such as new regulations, innovations and logistics technology			+4	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Accommodated seasonal peaks</u> : the problem of seasonal changes shifts from the outsourcer to the 3PL provider			0	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Easier access to foreign markets</u> : gain access to foreign markets by engaging in outsourcing. The 3PL offers previously established local contacts, the ability to resolve local regulatory problems and overcome cultural differences using local expertise with professional accreditation. Also, the opportunity to enter a new market without the necessary infrastructure costs			0	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Concentrate on core competencies</u> : reduce the resources and efforts expended outside their core business. While maintaining high standards of logistics service			+3	N.A.	N.A.	N.A.
Economies of scale: access economies of scale by outsourcing the logistics functions to a 3 PL, which is already large and efficient enough to achieve the desired economies of scale			+3	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Loss of critical skills</u> : if the logistics function in question is a core activity for the company, outsourcing it will cause the company to lose the specific skills that constitute part of its competence and competitiveness			-1	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Loss of cross-functional skills</u> : difficulty or breakdown in communication between the 3PL and internal functional departments regarding logistics and information systems leading to loss of cross-functional cooperation			-3	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Loss of control over the supply chain</u> : loss of control over the logistics process and the service levels. Imposing penalties on 3PL partner such as termination of contract and stop-payments can only result in heightened risks and broken relationships			-3	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Lack of expertise/knowledge in the peculiar needs of my industry</u> : the 3PL firm may not have the necessary technical expertise or understand the particular needs or material handling and storage that is necessary in my industry			-3	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Lack of global logistics providers</u> : there simply is not a worldwide logistics network that would completely cover all of my company's relevant markets			-1	N.A.	N.A.	N.A.
<u>Inadequate I. T. solutions</u> : the IT solutions offered by 3PLs for supply chain management are not able to deal with my company's needs			-1	N.A.	N.A.	N.A.

Question	"1"	"5"	SU	DIST_1	DIST_2	CUST
(D) Order/Customer Management						
(1.1) What percentage of orders are in units of eaches			90	0	0	N.A.
(1.2) What percentage of orders are in units of cases/cartons			0	90	85	N.A.
(1.3) What percentage of orders are in units of pallets			10	10	15	N.A.
(1.4) What percentage of orders are in units of mixed			0	0	0	N.A.
(2) Frequency of customer orders (per day)			5-10 (local)	Too many	Too many	N.A.
(3.1) Number of destinations per order (minimum)			1	1	1	N.A.
(3.2) Number of destinations per order (maximum)			1	1	1	N.A.
(4) To what extent would you describe your relationships with your customers as involving:	Not at all	Very much so				
Commitment to a long term relationship			5	2	4	N.A.
Sharing of confidential information			3	1	1	N.A.
Joint continuous improvement activities			3	4	4	N.A.
Sharing of risks and rewards			4	1	1	N.A.
Joint development of strategic business plans			2	1	1	N.A.
Joint development of information systems			2	3	2	N.A.
Joint product development			2	1	1	N.A.
Joint inventory management			4	3	3	N.A.
(5) Please indicate the extent to which your organisation now shares the following information with its customers:	Not share at all	Share fully				
Inventory status			3	1	1	N.A.
Sales data			4	3	4	N.A.
Shipment schedules			5	5	5	N.A.
Demand forecast			5	1	1	N.A.
Order status			5	5	5	N.A.
Production schedule			5	N.A.	N.A.	N.A.
(6) Please indicate the extent to which you believe that your organisation will share the following information with its customers in the next three years:	Not share at all	Share fully				
Inventory status			3	2	2	N.A.
Sales data			4	3	3	N.A.
Shipment schedules			5	5	5	N.A.
Demand forecast			5	1	3	N.A.
Order status			5	5	5	N.A.
Production schedule			5	N.A.	N.A.	N.A.
(7) How often do you use each of the following methods of communication with your customers?	Not at all	Use frequently				
Phone			5	5	5	N.A.
Fax			4	3	4	N.A.
Face-to-face			2	5	5	N.A.
Mail			2	2	2	N.A.
E-mail			5	5	5	N.A.
Online Bulletin Board			1	1	2	N.A.
Internet Marketplaces/Portal			1	1	1	N.A.
Industry specific portals			1	1	1	N.A.
Internet based business to business tools (eg. 12. Manugistics)			1	1	1	N.A.
Electronic Data Interchange (EDI)			3	3	3	N.A.
Other			1	1	1	N.A.
(8) Please indicate the extent to which you agree or disagree with the following statements:	Strongly disagree	Strongly agree				
My organisation would like to use internet related technologies more in our relationships with our customers			4	4	5	N.A.
My organisation is limited in the pace at which it can introduce internet related supply chain technologies by the pace of adoption of these technologies by our customers			3	4	5	N.A.
Smaller customers are hampering my organisation's progress in the implementation of internet related technologies in the supply chain			3	5	5	N.A.
Larger customers are hampering my organisation's progress in the implementation of internet related technologies in the supply chain			3	2	1	N.A.
My organisation is likely to suffer financially in the future because we lack the resources to apply the technologies that are necessary for us to compete effectively in the internet enabled supply chain			1	1	1	N.A.
Internet related supply chain technologies will have no significant impact on my organisation's competitive position in the next three years			2	1	2	N.A.
My organisation is keeping up with companies in US in the adoption of supply chain technologies			2	5	5	N.A.
Customer orders are electronically integrated with our own ERP or backend system			3	5	5	N.A.

폐가전제품 회수물류 및 재활용 활동의 온실가스 배출량 산정

장태우^{†*} · 박재원^{**} · 김현수^{*}

^{*}경기대학교 산업경영공학과 · ^{**}한국생산성본부 그린비즈니스센터

Estimation about Emissions of Greenhouse Gases in Reverse Logistics and Recycling of End-of-Life Consumer Electronic Goods

Tai-Woo Chang^{†*} · Jaewon Park^{**} · Hyunsoo Kim^{*}

^{*}Department of Industrial & Management Engineering, Kyonggi University

^{**}Green Business Center, Korea Productivity Center

Urban mining, which considers economic benefits of recycling end-of-life (EOL) consumer electronic goods, is regarded as another source of raw materials and contributes to both environmental protection and resource recirculation. In order to prepare a criteria for eco-friendly activities, this study estimates emissions of greenhouse gases (GHG) in reverse logistics of EOL consumer electronic goods. We used the legacy guidelines for estimation about the GHG emissions in collection, transportation and recycling processes with priority given to the recycling centers. Also we proved that obtainments and utilization of recycled materials is eco-friendly by indirectly comparing GHG emissions in recycling EOL goods with emissions in producing virgin materials. This study could be used as a basic example for environmental assessment of reverse logistics, recycling and other related activities.

Keywords: Greenhouse gas emission, End-of-life consumer electronic goods, Reverse logistics

1. 서론

최근 환경문제는 전 세계가 신속히 해결해야 할 중요한 이슈로 부각되고 있다. 특히 산업화, 정보화 사회의 성장과 함께 급속히 보급된 전자제품의 처리는 이제 환경 문제의 핵심 이슈로 부상되고 있다. 전자제품에 사용된 화학물질의 적법처리뿐만 아니라 자

원순환 측면에서 많은 관심을 받고 있는 것이다. 특히 도시광산(Urban Mining) 개념으로 재생가능 자원의 경제적 이득에 대해서 그러하다. 일부 지역의 폐가전제품 재활용과 재생에 따른 자원의 양이 연 38,000여 톤에 달해 새로운 형태의 원자재 공급원이 됨이 언급된 바도 있다[14]. 지속적으로 증가하고 있는 폐가전제품에 대한 대응과 도시광산의 개발은 제한된 자원의 보전과 온난화되고 오염이 심해지고 있는 지구환경 보호에 상당한 영향을 미

[†] Corresponding author: San 94-6, Iui-dong, Yeongtong-gu, Suwon, Gyeonggi, 443-760, S.Korea

Tel : +82-31-249-9754 Fax: +82-31-244-3534 E-mail: keenbee@kgu.ac.kr

* 2009년 9월 2일 투고, 2009년 10월 23일 수정본 접수, 2009년 10월 28일 게재 확정.

치게 되기 때문에, 전 세계 국가들이 매우 주목하고 있는 지속가능성(Sustainability)의 달성에 상당한 역할을 수행하게 된다. 그러나 도시광산의 경제적 효과 외에도 광산업의 결과물인 자원의 획득 과정에서 발생하는 온실가스(Greenhouse gas, GHG) 배출 측면의 환경적 효과에 대해서는 아직까지도 인식이 부족한 실정이다.

지구온난화를 유발시키는 가스를 의미하는 온실가스는 2005년 2월 교토의정서가 발효됨에 따라 배출량 감축에 대한 강제성을 가지게 되었다. 또한 배출권거래제도(Emission Trading), 청정개발체제(Clean Development Mechanism), 공동이행제도(Joint Implementation) 등의 경제적인 메커니즘과 연계됨으로 인해 국가 및 기업의 발전에도 영향을 미치게 되었다. 국제에너지기구의 2005년 에너지부문 기준 온실가스 배출량 세계 10위국이자 OECD 회원국인 우리나라는 교토의정서의 1차 의무이행기간(2008년~2012년) 동안 의무적으로 온실가스를 감축해야 하는 국가(Annex B)에 속하지는 않았지만 1차 기간 이후인 2013년부터는 어떤 방식으로든 온실가스 배출량에 대한 실질적인 규제가 예상되는 상황이다. 이에 우리정부도 '저탄소 녹색성장'을 새로운 국가발전의 비전으로 제시하고 '저탄소 녹색성장기본법'의 제정을 추진하는 등 기후변화에 적극적으로 대응하고 있다.

이러한 상황에서는 발전소와 제철소와 같이 온실가스를 다량으로 배출하는 산업뿐만 아니라 국가의 모든 산업에 걸친 온실가스 감축 노력이 실질적으로 이루어져야 할 시점이라 할 수 있다. 폐가전제품의 재활용은 그 사업자체가 온실가스 감축에 상당부분 기여하는 바가 있겠으나 사업의 운영으로 인해 발생하는 온실가스 배출에 대해서도 최소화하려는 노력이 병행되어야 한다.

온실가스의 감축을 위해서는 감축활동 그 자체도 중요하지만 온실가스 배출량에 대한 산정을 통해 현 수준을 이해하고 이를 바탕으로 감축목표를 설정하여 지속적으로 관리하는 체계를 구축하는 것이 선행되어야 한다. 일반적으로 온실가스 배출량을 산정하는 목적은 다음과 같다[4].

- 온실가스 리스크 관리 및 감축기회 규명
- 공공보고 및 자발적 온실가스 프로그램 참여
- 의무적 보고 프로그램 참여
- 온실가스 시장 진출
- 자발적 조기행동의 향후 인정

위에서 나열한 온실가스 배출량 산정의 일반적인 목적을 충분히 만족시키기 위해서는 가능한 세밀한 수준에서 모든 배출원에 대한 배출량 산정이 필요하겠으나, 본 연구는 데이터가용성의 한계로 인해 개략적인 추정이 있었음을 밝혀둔다.

본 연구에서는 폐가전제품의 회수물류 및 재활용 공정에 의해 발생하는 온실가스 배출량을 산정함으로써 현재의 수준을 파악함과 동시에 지속적 관리를 위한 산정기준을 제시한다. 또한 폐가전제품을 회수하여 재활용 공정을 거쳐 재생자원을 생산하는 단계와 천연자원 생산 단계에 따른 온실가스 배출량을 비교함으로써 도시광산의 중요성과 필요성을 환기하고자 한다. 본 논문은 저자들이 수행한, 폐전기전자제품의 재활용사업 담당 협회의 회수정보체계 선진화방안 기획 연구[9]의 내용 중 일부를 재구성하여 정리한 것임을 밝혀 둔다.

연구의 대상 품목으로는 다양한 폐가전 품목들 중에서 특별히

표 1. 온실가스 배출량 산정 및 보고 가이드라인

레벨	승인기관	사 례	내용
1	UNFCCC	IPCC 가이드라인	국가 온실가스인벤토리(조직의 온실가스 배출원, 흡수원, 배출량 및 제거량) 구축을 위한 지침서. 각 당사국에서 활용 가능한 자료 여건에 따라 선택할 수 있는 난이도별 방법론을 제시
2	ISO	ISO 14064-1	온실가스 배출량 감축을 위한 프로그램 및 배출권 거래에 활용할 수 있는 통합 틀 제공
2-1	WRI/ WBCSD	GHG Protocol	온실가스 감축량에 관한 특수한 원리, 개념정립, 정량화방법, 보고방법에 대한 정보를 제공
3	국가	EU ETS, UK ETS 및 일본 가이드라인 등	ISO+ α (온실가스 프로그램에서의 요건 추가) ① 국가단위에서 전 산업계에 공통적으로 적용가능한 배출원, 활동데이터, 배출계수 제시 ② 상기 제시사항과 다른 데이터 및 계수를 적용하고자 할 경우 별도의 국가 승인 필요
4	협회	석유업종 가이드라인 등	ISO+ β (업종 특성을 고려한 배출원, 활동데이터, 배출계수 제시) ① 단일 국가에서 업종 내 합의가 이뤄진 경우 국가승인 후 레벨2 위상이 될 수 있음 ② 이 경우 반드시 ISO+ α 에 부합되어야 함
5	기업	BP, 쉘브론 텍사코 산정지침	ISO+ α + λ (β 를 고려, 자사 특성 반영하여 배출원, 활동데이터, 배출 계수 제시) ※ 이 지침은 반드시 ISO+ α 에 부합되어야 함

* 자료 : 에너지관리공단 [12]

* IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change, WRI: World Resource Institute, WBCSD: World Business Council for Sustainable Development

발생량 및 처리결과와 파급효과가 큰 4대 품목(냉장고, 세탁기, 에어컨, TV)을 우선적으로 선정하여 적용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 현황과 기존 연구 및 지침 등에 대해 살펴보고, 3절에서 산정 영역과 대상에 대해, 4절에서 산정 절차 및 방법에 대해 설명한다. 5절에서 결론 및 추후 연구과제에 대해 언급한다.

2. 현황 및 관련 연구 및 지침

폐가전제품의 발생 및 처리 현황에 대해서는 기존 연구[14]에서 살펴본 바 있으며, 운송에 따른 이산화탄소 배출량에 대해서도 단순 가정에 따라 계산된 바 있다. 또한 폐가전제품과 연관된 재료, 경제, 정책, 물류 등의 측면에서의 연구도 개략적으로 언급되어 있다. 온실가스와 관련된 연구들은 다양한 폐기물의 처리, 농업·제조업 등의 산업 분야별 환경성 분석, 환경정책 수립의 지원, 배출량 산정에 대한 기준 및 지침 제시로 크게 나누어 볼 수 있다.

김홍록 등은 연소시설의 이산화탄소 배출량을 산정하고 배출계수를 개발하고자 하였고[8], 권석현 등은 건축물 해체공사의 에너지소비량 산정을 통해 환경경제성을 평가한 바 있다[6]. 또한 정진도 등은 유리 제조 산업분야의 온실가스 배출량 산정식을 개발한 바 있다[16].

온실가스 저감수단의 비용적 특성과 경제성이 분석되었고[5], 폐기물관리 정책변화에 따른 온실가스 배출량을 예측[7]하는 정책적 측면의 연구들도 존재한다.

온실가스 배출량 산정에 대해서는 산정 및 보고의 목적과 수준에 따라 <표 1>과 같이 다양한 지침이 존재한다. 폐가전제품의 회수와 재활용공정에서 발생하는 온실가스 배출량을 산정하는데 있어서 가장 바람직한 것은 관련 협회 또는 재활용업체 등의 관련 기관의 자체적인 가이드라인을 활용하는 것이다. 하지만 아직까지 온실가스 산정 및 보고에 대한 별도의 지침을 보유하고 있지 못한 상황이기 때문에, 보다 상위의 또는 유사업종의 가이드라인을 활용토록 하였다.

ISO 14064-1과 WRI/WBCSD의 GHG Protocol[4]은 온실가스 배출량 산정 및 보고의 전반적인 프로세스와 기준을 활용하기에 적합하다. 우리나라의 국가 가이드라인은 아직 존재하지 않으며, 에너지관리공단의 도로운송 업종 관련 가이드라인[13]이 본 연구에 적용하기에 가장 유사한 협회 및 업종 수준의 가이드라인이다. 본 연구에서 활용한 배출량 계산식 및 배출계수는 이 가이드라인을 기준으로 하였다. 수송부문의 온실가스 감축 가이드라인 개발에 대한 연구[15]가 존재하긴 하나 아직 정형화된 사례를

보이지 않고 있다.

온실가스 배출량의 산정과 보고에 있어서는 <표 2>와 같이 기존 지침[4]에서 설명된 5가지 원칙, 즉 타당성, 완전성, 일관성, 투명성, 정확성의 원칙을 지켜야 하며, 유럽연합의 배출권거래시스템(EU ETS) 가이드라인[1]에서는 비용효율성(Cost effectiveness)을 중요한 원칙으로 포함하고 있다.

표 2. 온실가스 배출량 산정과 보고의 원칙

구 분	정 의
타당성	온실가스 인벤토리가 사업자의 온실가스 배출량을 적절하게 반영하고, 사업 내·외부의 인벤토리 정보 이용자들이 의사결정시 필요한 사항을 충족시켜야 한다.
완전성	선택된 인벤토리의 범위 내에서 모든 온실가스 배출원과 그 활동에서의 배출량을 산정·보고해야 한다. 제외된 배출원 및 활동사항은 공개하여 제외사유를 설명해야 한다.
일관성	시간 경과에 따른 배출량 결과를 비교분석하기 위해 일관된 조사 분석 방법을 사용해야 한다. 데이터, 인벤토리의 범위, 연구방법, 그리고 그 밖의 관련 요소들의 변화를 시간경과에 따라 명확히 기록해야 한다.
투명성	명확한 감사결과를 근거로 모든 관련 이슈를 객관적이며 일관성 있는 방법으로 제시해야 한다. 모든 관련 가정을 공개하고, 사용된 산정방법과 정보원을 명시해야 한다.
정확성	판단 가능한 범위 내에서 온실가스 배출수치가 실제 배출량을 초과하거나 미달되지 않도록 불확실성을 가능한 최소화해야 한다. 보고된 정보의 타당성에 대해 사용자가 이성적으로 확신을 갖고 의사결정할 수 있을 정도의 충분한 정확성을 보장해야 한다.

3. 온실가스 배출량 산정 대상의 정의

온실가스 배출량 산정을 위해서는 우선 산정의 대상을 명확하게 정의해야 한다. 여기서 대상은 온실가스 종류, 조직경계 및 운영경계, 산정기간 등을 의미한다.

3.1 산정 대상 온실가스

본 연구에서는 기후변화협약의 교토의정서에서 규정하고 있는 6대 온실가스 - 즉 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF_6) - 중 배출원에 따른 배출 여부 및 운영경계 설정 단계를 감안하여 CO_2 , CH_4 , N_2O 를 고려 대상 온실가스로 정의한다. 고려 대상 온실가스는 모든 부분에서 동일하게 배출되는 것이 아니라 배출원의 종류에 따라 배출되는 온실가스의 종류가 다르며, 이를 기존 연구[13]에서 관련 부분만 요약하면 <표 3>과 같다. 참고로 운영경계 설정 단계에서 산정 대상이 되는 배출원이 정의되면 이에 따

표 3. 고려 대상 배출원 중 도로운송 업종 관련 분류 및 내용

배출원 분류			배출 온실가스 종류				세부 내용
대	중	소	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	
직접 배출	고정연소	보일러	○	○	○		보일러를 가동시키는데 사용되는 화석연료에 의한 배출
	이동연소	여객·화물 수송차량류	○	○	○		원자재·제품의 수송을 담당하는 사업장 소유 차량들의 화석연료 사용에 의한 배출
		설비차량류	○	○	○		물자운송·하역 등을 담당하는 특수차량의 화석연료 사용에 의한 배출
		승용차류	○	○	○		출장 등에 사용되는 사업장 소유 승용차의 화석연료 사용에 의한 배출
	탈루배출	에어컨·냉장고				○	사업장 내 냉방기·냉동냉장기기 등에 사용되는 냉매 보유에 의한 배출
		소화기	○			○	사업장의 보유 소화설비에서의 탈루로 인한 배출
간접배출	전력사용		○	○	○		사업장 밖에서 구매한 전력의 사용에 의한 배출

라 배출되는 온실가스의 종류도 정해지게 된다. 예로 일부 냉장고나 소화기 등에서 탈루배출되는 온실가스(HFCs)도 존재하지만 그 양이 매우 미미한 것으로 판단되기에 효율성 측면에서 제외하였다.

온실가스들이 지구온난화에 영향을 미치는 정도는 상이하기 때문에 CO₂의 영향을 기준으로 등가화하기 위한 지구온난화지수(GWP: Global Warming Potential)를 활용하여 온실가스 배출량을 산정한다. IPCC[3]에서 제시한 GWP는 CO₂ 1을 기준으로 CH₄는 25, N₂O는 296이다.

3.2 조직경계 정의

조직경계는 온실가스 배출량 산정범위를 어떤 조직까지 포함할 것인가를 명확하게 정의하는 것으로, WRI/WBCSD[4]에서 정의한 <표 4>와 같이 크게 지분비율에 의한 기준과 통제력 기준에 의한 기준이 있다.

본 연구의 대상인 폐가전제품은 소비자로부터 사용된 후 신제품 구매시 판매대리점 등을 통해 회수되거나 지방자치단체를 통해 회수되어 리사이클링센터(이하 R/C)에서 재활용·재처리되

며, 중고 판매 등의 절차에 따라 배출되기도 한다. 이러한 세 가지 채널의 폐가전의 회수체계에 대해 기존 연구[14]에서 정리한 부분을 요약하면 <그림 1>과 같다.

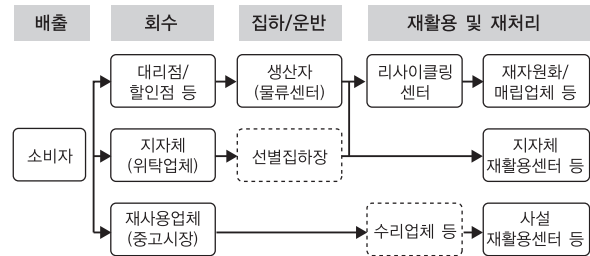


그림 1. 폐가전제품 회수체계

본 연구에서는 전체 회수체계 중 중고 판매 채널을 제외하고 생산자 물류센터와 지자체 선별집하장을 통한 부분만을 대상으로 한다. 그 중에서도 주로 수도권의 폐가전제품 회수 및 재활용을 책임지고 있는 수도권 R/C(이하 MRC)를 조직경계로 정의한다. MRC가 단일 기업이기 때문에 어떠한 접근법을 활용하더라도 조직경계는 동일하다.

3.3 운영경계 정의

조직경계를 정한 후에는 온실가스 배출량을 산정하는 대상이 되는 배출원을 정의하고 분류하기 위해 운영경계를 정의해야 한다. 기존 지침[11][13]에 따르면 배출원은 <표 5>와 같이 직접배출, 간접배출, 기타간접배출의 3가지로 분류하며 이는 서로 다른 기업이 동일 영역에서 발생한 배출량을 중복 산정하지 않도록 하기 위한 기준이다.

본 연구에서는 MRC로 폐가전제품을 회수하는 차량(기타 간접배출), MRC 내 난방기기(직접배출 고정연소), 지게차 및 출퇴근 지원차량(직접배출 이동연소), MRC 전기사용(간접배출) 등을 주

표 4. 조직경계의 정의

구분	정의
지분비율 접근법	기업이 운영상의 지분할당(소유비율)에 따라 온실가스 배출량을 산정하는 방법
통제권 접근법	기업의 통제권 하에 있는 운영으로 인해 발생하는 배출량을 산정하는 방법
	운영 통제: 기업 혹은 종속기업 중 하나가 운영상의 정책 도입과 실행에 대한 모든 권리를 가지는 경우, 운영에 대한 통제권을 가짐
	재정 통제: 기업 혹은 종속기업이 경영활동에서 경제적 이득에 대한 재정상, 운영상 정책을 이끄는 경우, 재정 통제권을 가짐

표 5. 사업장 운영경계 설정 분류

구 분	정 의	대 상
직접배출 (Scope1)	기업이 소유하고 통제하는 발생원에서 발생한 배출	고정연소 보일러, 난로, 터빈과 같은 연료 연소를 통한 열, 스팀, 전력 생산에 의한 배출
		이동연소 원료·제품 공급, 인력수송 등을 위한 이동수단의 연료 연소에 의한 배출
		공정배출 시멘트, 아디픽산, 암모니아 생산 등과 같은 물리적/화학적 공정에 의한 배출
		탈루배출 기기누출, 냉장고와 에어컨 사용에서의 HFCs 배출, 가스 이송 등에서의 누출
간접배출 (Scope2)	기업이 구매, 소비한 전기와 스팀으로 인한 배출	구입하거나 다른 경로를 통해 기업의 조직적인 경계로 들어온 전기와 스팀
기타 간접배출 (Scope3)	기업 활동의 결과이지만, 기업이 소유·통제하지 않는 시설에서 발생한 배출	구입한 물질의 추출과 생산, 이동과 관련된 활동, 전기와 관련된 활동 중 Scope2에 포함되지 않는 활동, 임대한 자산/프랜차이즈/아웃소싱 활동, 판매된 생산품과 용역의 이용, 폐기물 처분 등

요 배출원으로 정의한다. 한편 MRC에는 TV의 재활용처리 공정이 없기 때문에, 회수된 TV는 수도권 소재의 다른 지정 R/C(이하 NRC)로 이동하여 처리된다. 따라서 이로 인한 온실가스 배출은 조직경계 내에서 처리되는 것으로 가정하고 기타간접배출에 포함하여 산정하는 것으로 한다. 앞서 언급한 바와 같이, MRC 내 탈루배출 온실가스는 운영경계에서 제외하였다.

이상에서 정의한 운영경계를 정리하면 <표 6>과 같고, 산정 대

상과 함께 개념화하면 <그림 2>와 같다.

3.4 산정 기간 정의

본 연구에서 온실가스 배출량을 분석하는 것은 현 수준을 파악하기 위한 것이므로 최신의 데이터를 활용해야 하고 데이터의 계절적 특성을 고려한다는 측면에서 2008년 1월 1일 ~ 12월 31일에 발생한 1년간의 온실가스 배출량을 산정하였다. 다만 R/C의 연료사용에 의한 배출은 연료구매량을 기준으로 산정하기 때문에 구매시점과 사용시점의 차이가 필연적으로 발생할 것이나 1년을 산정기준으로 하기 때문에 데이터의 정확성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단하여 구매량을 사용량으로 가정하였다. 또한 R/C로 회수차량이 입고되는 시점과 실제 온실가스를 배출하는 시점에도 차이가 있겠지만 이것도 같은 의미에서 무시할 수 있다.

표 6. 본 연구의 운영경계 정의 및 배출원

구 분	배출원
Scope1	고정연소 (MRC) 난방기기 연료사용
	이동연소 (MRC) 지게차 및 출퇴근지원차량 연료사용
Scope2	(MRC) 전기사용
Scope3	(기업/지자체) 폐가전제품 회수 차량 연료사용 (NRC) TV재활용에 사용되는 연료/전기사용

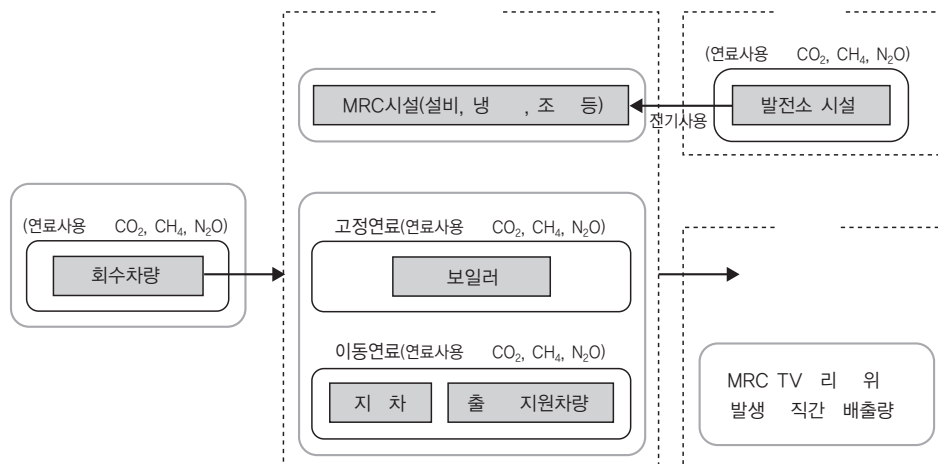


그림 2. 온실가스 배출량 산정 대상 운영경계 개념도

4. 온실가스 배출량의 산정

4.1 온실가스 배출량 산정 방법

온실가스 배출량을 산정하는 절차는 WRI/WBCSD의 절차[4]를 준용하며, 요약하면 아래와 같다.

1. 온실가스 배출원 확인 (Identify Sources)
2. 온실가스 배출량 산정방식 선택
(Select Calculation Approach)
3. 데이터 취합 및 배출계수 선택
(Collect Data and Choose Emission Factors)
4. 온실가스 배출량 산정
(Apply Calculation Tools)
5. 기업수준의 온실가스 배출량 데이터 집계
(Roll-up Data to Corporate Level)

온실가스 배출원의 확인은 앞의 산정대상 정의 단계에서 이루어진다. 온실가스 배출량을 산정하는 방식으로는 실제 각각의 배출원에 대해 실제로 배출되는 온실가스를 1년 동안 직접 측정하는 것이 가장 정확하겠으나, 이러한 방법은 현실적으로 불가능하거나 너무 큰 비용을 필요로 하게 된다. 따라서 일반적으로는 온실가스 배출과 관련된 활동데이터에 문서화된 배출계수를 활용하여 배출량을 계산하게 된다. 본 연구에서도 동일한 이유로 직접 측정방식이 아닌 간접계산방식을 활용하였다.

온실가스 배출량의 계산은 기본적으로 활동데이터(연료사용량, 전력소비량 등)에 관련 배출계수를 곱하는 방식이다. 여기서 활동데이터는 수집 가능한 가장 상세한 수준으로 적용하는 것이 바람직하다. IPCC 가이드라인[2]에서도 이를 3단계의 Tier로 구분하여 가능한 상세 수준으로 보고할 것을 권고하고 있다.

본 연구에서는 가장 유사하고 최신의 지침이라고 볼 수 있는 에너지관리공단의 가이드라인[13]을 기준으로 계산식 및 관련 계수를 적용하였다. 배출계수는 기본적으로 기업자체계수, 국가계수, 국제표준계수의 순으로 적용한다. 본 연구에서는 MRC나 관련 협회에서 개발한 계수가 아직 없기 때문에 국가계수 또는 국제표준계수를 적용하였다. CO₂는 국가계수를 non-CO₂는 국가계수가 존재하지 않기 때문에 IPCC 가이드라인에서 제시하는 배출계수를 사용하였다.

고정연소에 의한 온실가스 배출량 계산은 수식 (1)을 따르며 MRC의 경우 연료사용량에 대한 데이터 관리가 사용원별로 관리되고 있지 않으므로 연료 종류별 사용량을 기준으로 계산하는 방법(Simple Method, 2006 IPCC Guideline Tier 1)을 적용하였

다. 향후 설비별 연료 소비량이 명확할 경우 설비별 특성치를 고려하는 방법(Advanced Method, 2006 IPCC Guideline Tier 2)을 사용할 수 있을 것이다.

$$(\text{고정연소의}) \text{ 온실가스 배출량} = \sum[\text{연료별 소비량} \times \text{발열량} \times \text{환산계수} \times \text{온실가스 배출계수}] \quad (1)$$

도로운송 여객·화물 수송 이동연소에 의한 온실가스 배출량 계산은 수식 (2)를 따르며 본 연구에서는 이동연소원에 대한 연료사용량 데이터가 부재하기 때문에 연료비 또는 운행거리 및 연비를 사용하여 추정된 연료사용량을 기준으로 적용하였다.

$$(\text{이동연소의}) \text{ 온실가스 배출량} = \sum[\text{차량의 연료 소비량} \times \text{발열량} \times \text{환산계수} \times \text{온실가스 배출계수}] \quad (2)$$

전력구매에 의한 온실가스 배출량 계산은 수식 (3)을 따르며 배출계수는 한국전력거래소에서 개발한 2006년도 기준 계수를 사용하였다. 전력사용량은 업체의 월별 전기요금 청구내역서를 기준하였다.

$$(\text{전력사용의}) \text{ 온실가스 배출량} = \text{전력사용량(MWh)} \times \text{온실가스 배출계수(tCO}_2\text{e/MWh)} \quad (3)$$

활동데이터는 그 자체를 입수할 수 있는 경우도 있지만 일부는 관리되지 않기 때문에 관련된 데이터를 활용하여 추정하는 경우도 있다. 폐가전제품 회수를 위한 수송부분의 활동데이터(연료사용량)는 수식 (4)와 같이 차량의 운행거리를 해당 차량 톤급의 연비로 나누어 계산한다.

$$\text{연료사용량} = \text{톤급별 운행거리(km)} / \text{해당 차량 톤급별 연비(km/L)} \quad (4)$$

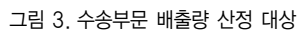
여기에서 연비는 협회나 R/C에서 직접 관리하는 기준연비를 사용하는 것이 바람직하나 현재 가용한 기준이 없으므로 기존 보고서[10]의 수송부문 중 운수업의 연료경제 데이터를 기준으로 하여 <표 7>과 같이 해당되는 톤급의 연비를 사용하였다.

표 7. 수송차량 톤급별 적용 연비 기준

차량 톤급	기준	연비 (km/L)	차량 톤급	기준	연비 (km/L)
1톤	1톤 이하	6.52	8톤	8톤 이하	3.48
2.5톤	3톤 이하	5.60	8.5톤	10톤 이하	2.95
5톤	5톤 이하	4.31	11톤	12톤 이하	2.56

생산자 및 판매자에 의해 각 소비자로부터 회수되는 과정은 대부분 판매시의 신제품 배달과정에 포함되어 판매물류와 중복되기

구분	구간	데이터 기준
지자체 회수	지역-선별집하장	해당 선별집하장별 R/C 입고 건수
		평균거리 적용 (대형폐기물 청소 과정으로 보고 수집 폐가전을 집하장으로 이동하는 부분만 고려)
	선별집하장-R/C	선별집하장별 입고 건수
기업 회수	소비자-물류센터	(신제품 배달 과정과 중복되어 산정 대상에서 제외)
	물류센터-R/C	물류센터별 입고 건수



본 연구에서는 MRC에서 직접 처리되지 못하는 TV에 의해 발생하는 배출량을 추정하기 위해 NRC의 총온실가스 배출량(직접 배출, 간접배출)을 NRC 총처리중량에서 MRC로부터 입고된 TV 중량의 비율로 배분했다. 이를 위해 NRC의 2008년 총온실가스 배출량을 구해야하는데, NRC의 경우 연료사용량은 관리되지 않고 사용금액만 관리되고 있어 <표 10>과 같이 한국석유공사에서 발표한 해당 연료별 월별평균가격으로 나눈 값을 연료사용량으로 추정하였다.

구분	보통 휘발유	실내 등유	보일러 등유	자동차용 경유
1월	1,652.25	1,012.13	1,004.48	1,456.37
2월	1,653.94	984.18	980.44	1,456.43
3월	1,670.25	1,048.74	1,049.82	1,503.91
...
12월	1,328.50	986.69	979.91	1,303.12
평균	1,692.14	1,238.66	1,238.62	1,614.44

출발지		입고 건수	차량 تون급	연비 (km/L)	거리 (km)			연료사용량 = 입고건수×총거리/연비
					지역-선별장	선별장-MRC	물류센터-MRC	
지 자 체	A구청_서울	11	11	2.56	4.0	57.63	-	265
	B구청_서울	107	11	2.56	2.1	67.22	-	2,899
	D시청_경기	55	11	2.56	7.1	80.52	-	1,883
	E시청_경기	7	1	6.52	4.1	50.16	-	58
기 업	G사 인천물류센터	165	11	2.56	-	-	75.68	4,878
	H사_남양주물류센터	503	11	2.56	-	-	63.78	12,532
	H사_동서울물류센터	1,179	8	3.48	-	-	78.51	26,599
	J사_용인물류센터	612	5	4.31	-	-	6.90	980

4.2 온실가스 배출량 산정 결과

앞서 설명한 산정 기준에 근거하여 온실가스 배출량을 계산하기 위한 배출계수를 종합하면 <표 11>과 같다. 입수하거나 추정한 활동데이터에 이 결과를 곱하여 온실가스 배출량을 산정하였다. 연료원별 온실가스 배출량 산정결과는 <표 12>와 같다. 앞서 언급한 바와 같이 MRC에서 처리할 수 없는 TV를 NRC에서 처리할 때 발생하는 배출량을 산정하기 위해 NRC의 총배출량을 산정하였다.

표 11. 연료원별 배출계수 기준

연료원	온실가스	배출계수 (kg/TJ, kg/MWh)	GWP	CO ₂ e 환산 배출계수
경유 (L)	CO ₂	72,600	1	2.6144 (도로운송) kgCO ₂ e/L
	CH ₄	3.9 (도로운송)	25	
	N ₂ O	3.9 (도로운송)	296	
보일러 등유 (L)	CO ₂	71,500	1	2.5113 kgCO ₂ e/L
	CH ₄	3.0	25	
	N ₂ O	0.6	296	
전력 (MWh)	CO ₂	428.1	1	0.4281 kgCO ₂ e/kWh
	CH ₄	0.0055	25	
	N ₂ O	0.0024	296	

표 12. 연료원별 온실가스 배출량

구분	연료원	주요 배출원	활동 데이터 (L, kWh)	배출계수 (kgCO ₂ e/L, kgCO ₂ e/kWh)	배출량 (kgCO ₂ e)
수송	경유	차량	160,876	2.6144	420,594
MRC	경유	지게차	14,780	2.6144	38,641
	등유	난방기기	10,472	2.5113	26,298
	전력	전기사용	1,880,316	0.4281	804,963
NRC	경유	지게차, 운행차량	80,472	2.6144	210,385
	등유	난방기기	1,330	2.5113	3,340
	전력	전기사용	1,300,995	0.4281	556,956

표 13. 영역별 배출량 (kgCO₂e)

구분	배출원	배출량
Scope1	MRC 소유 설비 및 차량	64,939
Scope	2MRC 전력사용	804,936
Scope3	폐가전제품 회수 차량 및 NRC TV 처리	441,668

4.3 원단위배출량 산정 결과

위와 같이 총량 기준으로 온실가스 배출량을 산정하는 것도 의미가 있겠으나 향후 실질적인 개선활동의 성과를 측정하기 위해서는 원단위배출량을 관리하는 것이 더 유용할 것이다. 본 연구에서는 원단위배출량의 기준을 '재활용품목 1개당 배출량'으로 정의하였으며, 이것은 수식 (5)와 같이 총온실가스 배출량을 해당 품목의 처리중량 기준으로 분배하고 이를 다시 각 품목의 처리대수로 나누어 구할 수 있다. 단, TV의 경우 수송부문의 배출량을 아래 수식을 적용하고 재활용공정의 배출은 앞서 NRC 기준으로 산정한 값을 그대로 사용한다. 품목별로 진행되는 재활용공정을 기준으로 에너지진단 등을 통해 실제로 사용되는 에너지 기준으로 측정하는 것이 바람직하겠으나 본 연구에서는 처리중량을 기준으로 대략적으로 추정하는 것으로 대신한다.

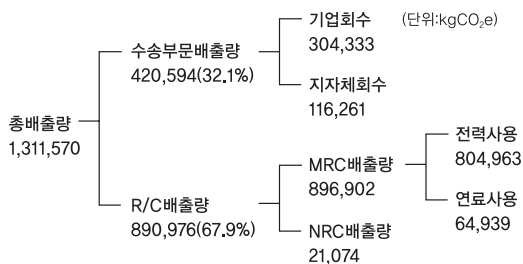


그림 4. 온실가스 배출량 산정결과

표 14. 품목별 온실가스배출 원단위

품목	냉장고	세탁기	TV	에어컨	기타	합계
2008년 처리량 (톤)	12,842	3,794	896	23	57	17,612
수송 배출량 (kgCO ₂ e)	306,681	90,605	21,397	549	1,361	420,594
MRC 배출량 (kgCO ₂ e)	668,299	197,440	21,074	1,196	2,966	890,975
총 배출량 (kgCO ₂ e)	974,980	288,045	42,471	1,746	4,328	1,311,570
2008년 처리량 (대)	184,066	78,027	26,695	761	31,038	320,587
대당 배출량 (kgCO ₂ e)	5.30	3.69	1.59	2.29	0.14	4.09 (평균)

$$\text{품목별 원단위배출량} = \{\text{총배출량} \times (\text{해당품목처리중량} / \text{전품목처리중량})\} / \text{해당품목처리대수} \quad (5)$$

이러한 원단위배출량 산출 기준에 따라 구한 결과는 <표 14>와 같으며 4대 품목 중에는 냉장고가 대당 배출량(5.30 kgCO₂e)이 가장 크고 TV의 배출량(1.59 kgCO₂e)이 가장 작은 것을 알 수 있다. 이는 온실가스 배출량을 각 품목의 중량비율을 기준으로 분배하였기 때문에 대당 중량이 큰 제품일수록 배출량이 큰 이유에 따른 결과라 할 수 있다. 향후 품목별 처리공정을 세분화하여 산정함으로써 더 정교한 대당 배출량을 산정할 수 있을 것이다.

원단위배출량을 줄이기 위해서 회수체계를 효율적으로 개선하거나 친환경적인 방식(친환경차량 도입, 에코드라이브 실시 등)으로 전환해야 하며, R/C 자체에서 발생하는 배출량을 줄이기 위해 보다 에너지효율이 높은 설비를 활용하여 전력 및 연료사용량을 줄이는 것이 방법이 될 것이다. 참고로 <표 12>의 산정 결과를 보듯이 두 기관의 에너지사용에서 차이가 있는 것을 볼 수 있다. 낮은 기관의 경우 상세한 원인 분석을 통해 에너지효율화를 도모할 필요가 있다. 또한 온실가스 배출을 줄이기 위해서는 재활용업체 차원에서뿐만 아니라 제조업체도 가능한 제품을 경량화 또는 소형화하는 등의 노력이 수반되어야 할 것이다.

총온실가스 배출량을 총출고중량으로 나누면 재생자원의 원단위배출량을 구할 수 있다. 앞서 품목별 원단위배출량과 같이 재생자원에 대한 원단위배출량도 해당 자원이 산출되기까지의 공정에 대한 에너지사용 상세조사를 통해 자원별로 온실가스 배출량을 산정하는 것이 바람직하지만 본 연구에서는 중량비율 기준으로 대략적인 추정을 하였다.

한국전자산업환경협회로부터 입수한 2008년 MRC의 재생자원 등의 출고중량 데이터를 분석해보면, 총출고중량은 17,158톤 정도이며 이중 고철류(파쇄고철, 비파쇄고철)가 44% 정도(7,514톤), 합성수지류가 25% 정도(4,254톤)를 차지하고 있다. 폐기하는 잔재물을 제외하고 재생자원별 원단위배출량 산출기준에 따라 총출고중량을 고려하여 원단위배출량을 계산하면 <표 15>에 보인

바와 같이 0.0885 kgCO₂e/kg이 된다. 고철 외의 다른 유가물이나 폐기잔재물을 무시할 경우, 즉 회수 및 재활용 활동의 모든 에너지가 고철만을 생산하기 위해 사용되었다고 가정하는 극단적인 경우에도 원단위배출량은 0.0764 kgCO₂e/kg이 된다.

이러한 수치 자체만으로 온실가스 배출량 수준을 이해하는 것은 쉽지 않은 일이기 때문에, CO₂ 원단위배출량이 정량화되어 있는 국가 전과정목록분석(Life Cycle Inventories, LCI) DB[17]를 기준으로 <표 16>과 같이 대표적인 재료 1kg을 만드는 과정에서 발생하는 온실가스와 비교함으로써 그 수준을 가늠해보고자 하였다. 이를 보면 폐가전제품을 회수하고 이를 R/C에서 처리하는 단계에서 발생하는 온실가스 배출량은 매우 미미한 수준이고, 이는 동일한 중량의 신문용지를 제조하는 과정의 9%도 안 된다는 것을 알 수 있다.

표 15. 재생자원 원단위배출량

총온실가스 배출량 (kgCO ₂ e)	구분	총출고중량 (kg)	원단위배출량 (kgCO ₂ e/kg)
1,311,570	유가물 + 폐기잔재물	17,157,800	0.0764
	유가물	14,812,440	0.0885

표 16. 주요재료 생산을 위한 원단위배출량

재료	원단위배출량 (kgCO ₂ e/kg)	시스템 경계
신문용지	0.98	고지/원목을 사용하여 신문용지를 제조하는 과정
천연고무 (라텍스)	180.0	천연고무 채취 단계에서 동남아시아에서 국내까지의 해양수송단계까지를 포함
판유리	750.8	구사, 소다회 및 석회석 등의 채취 단계부터 판유리를 제조하는 과정
시멘트	1,048.8	석회석 채취 단계에서부터 시멘트를 제조하는 과정
스틸코드	2,845.7	철광석 채취 단계에서부터 스틸코드를 생산하는 과정

또한 R/C를 통해 출고되는 유가물 중 절반 이상을 차지하는 고철을 재활용하는 것이 온실가스배출을 억제하는데 기여하는 정도를 이해하는 측면에서, 철광석과 유연탄을 사용하는 생산공정과 고철을 사용하는 생산공정의 온실가스 배출량을 대략적으로 비교해 볼 수 있다. 이를 위해 철강 반제품인 빌렛(소강편)을 생산하는데 소요되는 온실가스 배출량을 제공하는 국가 LCI DB의 '빌렛_고로'와 '빌렛_전기로' 데이터를 비교하면 <표 17>과 같다.

표 17. 철강제품 제조과정의 온실가스 원단위배출량 비교

구분	빌렛_고로	빌렛_전기로
투입 원료	철광석, 석탄, 석회석	고철, 합금철
주요 공정	소결-제선-제강-연주	고철선별-용해정련-연주
원단위배출량 (kgCO ₂ e/kg)	1,725.6	289.1

유연탄을 열원으로 하여 철광석을 녹여 쇳물을 만드는 제선공정이 에너지 사용이 가장 클 것으로 예상되며, 이 공정의 유무에 따라 두 공정의 원단위배출량이 6배가량 차이가 나는 것으로 판단된다. 또한 데이터에 포함되어 있지 않지만 원료가 되는 철광석을 채굴하여 운반하는 과정에서도 상당한 온실가스가 배출될 것이다. 모든 철강제품이 고철을 원료로 하여 생산될 수는 없다하더라도, 고철의 재활용률을 높이는 것은 에너지사용을 줄임으로써 온실가스 배출량을 감축시킬 수 있는 좋은 방법이라 할 수 있겠다.

이와 같이 폐가전제품의 회수 및 재활용을 통해 고철, 합성수지 등의 유가물을 재생산한다는 측면에서 폐가전제품을 적절하게 처리하는 것이 온실가스 배출량 억제에 상당한 기여를 하고 있음을 확인할 수 있다. 이에 협회사 재활용업체들은 폐가전제품을 재활용하는 것이 지구온난화방지에 큰 역할을 한다는 것을 인식하고 재활용률을 높이기 위한 노력을 다각적으로 시도해야 할 것이다.

요컨대 본 연구에서는 폐가전제품의 회수물류와 재활용 공정에서 발생하는 온실가스 배출량을 MRC 기준으로 산정하였으며 이를 통해 배출량산정 기준을 마련하고 배출현황을 파악할 수 있었다. 또한 배출량 산정결과를 바탕으로 재활용 품목별 배출원단위 및 재생자원의 배출원단위를 산정하여 원재료 단계부터 제조하는 재료의 온실가스 배출량과 비교함으로써 도시광산의 중요성과 필요성을 다시 한 번 인식할 수 있었다. 하지만 앞서 언급했듯이 본 연구에서는 데이터 가용성의 한계로 인해 일부 대략적으로 추정된 부분이 존재하므로 향후에는 이를 개선하여 보다 정확한 배출량을 산정하는 것이 필요할 것이다.

5. 결론 및 추후 연구과제

2005년 교토의정서가 발효됨에 따라 온실가스 배출량 감축에 대해 강제성을 갖게 되었고, 배출권거래제도 등의 경제적인 메커니즘과 연계됨으로 인하여 국가 및 기업의 발전에 영향을 미치게 되었다. 2013년부터 의무감축국이 될 전망인 우리나라도 저탄소 녹색성장 정책을 추진하며 여러 가지 정책 방안을 준비 중에 있다. 이러한 국가적 상황에서 폐가전의 재활용은 그 사업 자체가 온실가스 감축에 상당한 영향을 미치겠으나 사업의 운영으로 인해 발생하는 온실가스 배출에 대해서도 최소화하는 노력이 있어야 된다. 본 연구에서는 폐가전 회수의 전반적인 흐름상에서 그리고 폐가전의 재활용 처리 과정에서 MRC를 기준으로 각 제품별 얼마만큼의 탄소가 배출되는지, 또한 도시광산 측면에서 어떤 의미가 있는지를 기초적인 수준에서 분석하였다.

2008년, MRC를 대상으로 하여 폐가전 4대 품목을 기준으로 탄소배출량을 조사한 결과, 총 배출량은 1,311,570 kgCO₂e였다. 재활용 품목 1대 기준의 원단위배출량으로 계산한 결과, 대당 평균 4.09 kgCO₂e 정도가 발생된 것으로 산정되었다. 원단위배출량을 줄이기 위해서는 회수체계를 효율적으로 개선하고 친환경차량, 물류공동화 등의 친환경적 물류체계를 도입하는 것이 필요하다.

재활용의 결과로 발생하는 철, 구리, 플라스틱 등의 유가물이 도시광산 측면에서 얼마만큼 중요한가에 대한 의미를 파악하기 위해 유가물의 탄소배출량과 원재료(광산-제품)를 간접적으로 비교하였다. 유가물의 원단위배출량을 계산한 결과 0.0885 kgCO₂e로 나타났으며, 이는 주요 원재료별 원단위배출량보다 적다는 사실을 파악하였다. 향후 제품별 처리설비의 전력량 구분, 지역별 말단 수거 활동의 운송거리 산정, 행정구역별 발생량 파악 등의 세부적인 산정방법이 도입된다면 배출량의 정확성을 더 보강할 수 있을 것이다.

본 연구에 의해 산정된 온실가스 배출량 결과는 향후 온실가스 감축목표 설정을 위한 기준으로 활용할 수 있다. 또한 폐가전제품의 환경친화적 처리를 직접적으로 담당하고 있는 R/C와 가전제품 제조사 등에서 각 기관의 온실가스 배출량을 산정할 때의 기초자료로 참고할 수 있다. 이에 더해 재활용 및 회수물류 부분에서의 온실가스 발생량에 대한 현황 파악을 통해 가까운 미래에 닥쳐올 환경적 규제 변화에 능동적으로 대응할 수 있을 것이다.

본 연구를 통해 파악된 폐가전제품 회수물류 및 재활용 활동을 통해 발생하는 온실가스 배출량의 감축을 위해서는 다양한 노력이 필요할 것이다. 향후 본 연구를 기초자료로 하여 가전산업 관련 기관에서의 온실가스 배출량 산정을 시작할 필요가 있다. 뿐만 아니라 소비자의 폐가전 배출정보에 대한 정확한 등록 및 관리나

폐가전의 효율적 수송 등이 필요하며, 더 나아가 공동 집하, 공동 수송 등의 물류공동화 전략 등이 개발되어야 추후 연구되어야 할 과제이다.

감사의 글

본 논문의 정량적 분석을 위해 관련 데이터를 제공하고 적극적으로 도움을 주신 한국전자산업환경협회 관계제위께 감사드립니다.

pp.117-126

- [15] 정장표, 김태형, 이승목, 이승훈 (2007), 수송부문 온실가스 감축 가이드라인 개발, 2007년 환경공동학술대회
- [16] 정진도, 고병수, 김장우, 채수조, 구경완, 황승인 (2009), 유리 제조 산업분야의 온실가스 배출량 산정식 개발에 관한 연구(I), 한국환경과학회지, 제18권, 제5호, pp.509-515
- [17] 한국환경산업기술원, 국가 LCI DB, <http://www.klcidb.or.kr>

참고 문헌

- [1] EU ETS (2004), Monitoring and Reporting Guideline
- [2] IPCC (2006), Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- [3] IPCC (2007), Forth Assessment Report
- [4] WRI/WBCSD (2004), The Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard Revised Edition
- [5] 강희정, 정희용, 박영구 (2004), 제조업부문 온실가스 저감 수단의 비용특성 분석, 대한설비관리학회지, Vol.9, No.4, pp.43-52
- [6] 권석현, 김경주, 김병수, 김상범 (2008), LCI DB를 활용한 해체공사 환경경제성 평가, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집
- [7] 김현선, 김동식, 이승목 (2008), 폐기물관리 정책변화에 따른 온실가스 배출량 예측, 한국환경보건학회지, 제34권, 제5호, pp.343-350
- [8] 김홍록, 진병복, 윤완우, 권영성, 이민영, 윤영봉, 신원근 (2007), 연소시설의 온실가스 배출량 산정 및 배출계수개발, 환경영향평가, 제16권, 제4호, pp.277-283
- [9] 녹색물류학회 (2009), 폐전기전자제품 회수정보체계 선진화방안 기획 연구, 한국전자산업환경협회
- [10] 에너지경제연구원 (2008), 2008년도 에너지총조사 보고서
- [11] 에너지관리공단 (2006), 기업 온실가스 배출량 산정 지침서
- [12] 에너지관리공단 (2008), 온실가스배출 감축사업 등록 및 관리 제도 안내
- [13] 에너지관리공단 (2009), 도로운송 업종 온실가스 배출량 산정 Good Practice 가이드라인
- [14] 장태우, 김현수 (2009), 가전산업 회수물류 현황 분석 및 선진화 방안 연구, 한국SCM학회지, Vol. 9, No. 1,

**장 태 우**

서울대학교 산업공학과 학사

서울대학교 산업공학과 석사

서울대학교 산업공학과 박사

한국전자통신연구원 선임연구원

현재 : 경기대학교 산업경영공학과 조교수

관심분야 : 시스템공학, 정보시스템,
물류/SCM

**박 재 원**

홍익대학교 산업공학과 학사

서울대학교 산업공학과 석사

삼성SDI 혁신팀 SCM혁신그룹

현재 : 한국생산성본부 그린비즈니스센터
전문위원

관심분야 : SCM, Green Logistics,
Sustainability Management

**김 현 수**

성균관대학교 산업공학과 학사

The Ohio State University

산업공학과 석사

The Ohio State University

산업공학과 박사

현재 : 경기대학교 산업경영공학과 교수

관심분야 : e-SCM, Reverse Logistics,
Production System

물류 및 공급사슬 경쟁전략으로서의 정보공유 : 공급자 개발계획의 성과형성모델[†]

송장근* · 김광석** · 손림수*** · 이철식*†

충남대학교 경영학과* · 한국과학기술기획평가원** · 델파이 코리아***

Information Sharing as a Competitive Strategy of Logistics and Supply Chain : The Performance Formation Model of Supplier Development Project[†]

Jang-gwen Song* · Gwang-suk Kim** · Lim-soo Son*** · Chul-sik Lee*†

Chungnam National University* · KISTEP** · Delphi Korea.Thermal Div.***

Supplier development project(SDP) is designed to create and maintain networks as well as to improve the suppliers' capabilities. In this research, the performance formation model of SDP is established, which enables readers to understand what factors affect the firm's performance. To identify the significance of the proposed model, the survey data from 144 suppliers of Delphi Korea Corporation were collected. As a result, *the managerial attitude towards supplier development* has a significant effect on *the performance of SDP*. In addition, it is tested whether the two variables, (1)*the level of information exchange* and (2)*the level of comprehension on the purpose of SDP*, play mediating roles between the managerial attitude and the performance. In the event, it is verified that (1)*the level of information exchange* plays a role as a partial mediator, but (2)*the comprehension level on the purpose of SDP* is not statistically significant.

Keywords: supplier development project(SDP), Delphi Korea Corporation, supply chain management(SCM)

1. 서론

1980년부터 많은 기업들은 비즈니스에 있어서 구매기능이 단 순구매에서 공급사슬과 공급자 선택을 이끄는 역할로 변화되는 것을 경험하였다 (Krause, 1997). 구매기업과 공급자와의 관계가

매우 중요하고, 그것은 기업에 있어서 무형의 자산이다 (Lee and Yang, 2000). Kwon and Suh(2004)의 연구에서, 신뢰의 결여는 높은 업무비용을 발생시키고, 공급자 개발을 어렵게 만든다고 언급한 것처럼, 구매기업과 공급자가 신뢰가 없으면 성과에 부정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

공급자 개발계획은 공급자의 성과개선을 위하여 전개되는 구

† 이 논문은 2007년도 충남대학교 학술연구비의 지원에 의하여 연구되었음.

‡ Corresponding author: Dept. of Business, School of Business and Commerce, Chungnam National University 705-764, Korea

E-mail: chulslee@cnu.ac.kr

* 2009년 9월 7일 투고, 2009년 10월 15일 1차 수정본 접수, 2009년 10월 29일 2차 수정본 접수, 2009년 11월 17일 3차 수정본 접수, 2009년 11월 23일 게재 확정.

매기업과 공급자간의 자원과 모든 활동을 포함한다(Burt et al., 2003). 위 활동들에는 정보의 교류, 공급자 등급, 현장실사, 훈련의 준비, 단기간의 워크숍, 개선활동, 보다 광범위한 활동으로 공동개발, 장기계획, 지식의 교류를 위한 장기간 인적교류가 포함된다. 그러나 수십 년간의 기업을 둘러싼 경쟁 환경의 급격한 변화 과정 속에서 공급기능 및 공급관계는 오랜 기간 동안 상대적으로 간과되어 왔다. 이것은 기업이 공급자 개발계획을 통한 공급자 관계의 차별적인 경쟁우위를 확보할 수 있다는 점을 고려하지 못하였기 때문이라 할 수 있다 (Basnet et al., 2003).

공급자는 단지 적정한 품질의 제품을 구매기업에게 판매할 뿐이며, 그러한 품질이나 가격은 경쟁자에게도 똑같이 제공된다는 가정 하에서 공급자는 단순히 모든 경쟁자가 공유할 수 있는 외적인 환경요소일 뿐이었다. 나아가서 공급자의 힘이 강해지면 자사를 위협할 수 있는 잠재적 경쟁대상으로서만 파악하는 경향이 강했다 (Bennett and O' Kane, 2006). 그러나 이러한 인식은 점차 바뀌고 있다. 실제로 공급자에 대한 관점을 달리하는 기업들, 특히 일본 기업들이 치열한 국제경쟁 환경에서 획기적인 성과를 거둠에 따라 이들 일본기업들에 대한 연구가 본격적으로 이루어지면서 시작되었다 (Newman and Rhee, 1990; Phillip et al., 2000; Sako, 2004).

높은 성과를 내는 우수한 기업들의 특징 중의 하나는 그들이 공급자를 단순히 하나의 환경요소로서만 보거나 경쟁대상으로 파악하는 것이 아니라, 자사와 통합할 수 있는 협력대상으로 인식하고 있다는 것이다. 그리고 이와 관련된 다양하고 독특한 관리 형태를 가지고 있다는 것이다 (McHugh et al., 2002). 이것은 공급관계의 변화가 기업의 성과에 매우 중요한 영향을 미칠 수 있다는 것을 암시한다. 한 실증적 연구는 공급관계의 변화를 통해 보다 높은 경영성 성과를 창출할 수 있다는 것이 밝혀진 바 있다 (Tracy et al., 2005).

본 연구는 앞에서 언급한 공급자 개발계획에 대한 문제의식을 기반으로 다음과 같은 연구목적을 달성하고자 한다. 사례기업의 공급자 개발계획의 연구모형분석을 통해 공급자 개발계획의 성과에 영향을 주는 요인들이 무엇이 있는지를 밝혀주는 모델을 제시하고자 하며, 연구의 목적상 공급자의 역할에 따른 실제적인 공급자 개발계획의 성과달성을 구매자 관점에서 파악하고자 한다.

2. 공급자 개발계획

2.1. 공급자 개발계획

좁은 의미의 공급자개발이란 기업의 요구에 부응하지 못하는

공급자가 있는 경우 새로운 공급원을 개발하는 것이다. 또는 '공급자를 적절한 기준으로 선정하여 정기적 혹은 비정기적으로 평가하고, 필요한 경우 공급자를 다양한 방식으로 교류, 지원, 교육함으로써 결과적으로 공급품의 성능향상, 원가절감, 공급 안전성의 증대 등을 꾀하는 공적인 과정'으로 풀이하였다 (Hahn et al., 1990; Krause, 1997; Nelson et al., 2005; Koh et al., 2006; Bennett and O' Kane 2006).

공급자 개발계획은 매우 다양하며 그 예로 공급자 평가, 공급자 성과에 대한 피드백, 성과 기대치를 증대시키는 것, 그리고 공급자 종업원들에 대한 교육 훈련, 공급자 공장에 구매기업의 직원들을 상주시키면서 기술지도 하는 것 외에 구매기업의 공급자 회사에 대한 직접투자 등이 있다 (Zsidisin et al., 2003).

공급품을 통해 경쟁우위를 갖기 위해서는 공급자와 긴밀한 관계를 가지고 있어야 한다. 그리고 그 공급자가 특별히 당사에 대해 차별적인 조건에서 제품을 공급해 주거나, 아니면 그러한 우수한 공급자와 독점적, 혹은 적어도 선택적인 공급 상태에 있어야 한다는 점이다. 이를 통해 구매자는 경쟁 환경에서 보다 우수한 공급품을 안정적으로 다른 경쟁자 보다 우월한 조건으로 확보할 수 있는 것이다. 그러나 만일 그 공급자가 구매자의 계열회사가 아니라면 이는 결코 쉬운 것이 아니다 (Petersen et al., 2005).

2.2. 자동차부품기업과 공급자 개발계획

공급자 개발계획의 원조라고 할 수 있는 도요타가 1939년 제정한 구매규정에서는 상호번영을 목표로 하는 모기업-부품 기업 간 영속적인 거래관계를 규정하는 이념을 제시하고 있다. 일본의 경우 부품기업의 설계능력이 크게 향상되어 완성차업체의 비용을 크게 절감시켰던 시기는 1960년대였는데, 이는 완성차업체가 경영, 기술 지도를 실시한 계열진단을 통해 부품업체를 계획적으로 관리한 결과였다 (Sako, 2004). 그러나 이러한 공급자 개발계획은 단순히 상호협력만을 강조하는 것이 아니라 치열한 경쟁효과도 염두에 두고 있다. 도요타의 경우도 부품업체에 경영지도나 기술지도를 하는 것과 동시에 품질관리 등 부품업체의 관리를 통해 부품업체간 경쟁을 유도하였다.

최근에는 도요타 등 일본 업체뿐만 아니라 부품조달의 공급자 슬관리라는 차원에서 GM, 포드, 크라이슬러 등 미국업체들도 부품업체 관리를 강화해 나가고 있다. GM은 부품물량을 제로화를 목표로 부품업체와 협력 체제를 강화하고 있다. 포드는 품질인증 체제를 더욱 강화하고 있으며, 또한 QS9000이라는 공통의 품질관리기준을 마련하여 품질관리 체제를 효율화하고 있다. 또한 포드의 FSS(Full Service Supplier)나 크라이슬러의 SCORE(Supplier Cost Reduction Effort) 등과 같은 비용절감

관리 프로그램을 통해 미국 완성차 업체들은 부품업체의 비용과 부품거래상 발생하는 비용을 절감하고 있다. 결국 공급사슬관리 는 완성차업체와 부품기업 간 긴밀한 관계가 전제되지만, 부품업체를 품질, 비용, 기술개발, 신제품개발 측면에서 가장 효율적인 것으로 만드는 점을 강조하고 있다.

2.3. 공급자 개발계획의 성과

공급자 개발계획을 통한 공급관계의 변화가 구매기업에게 의 미를 갖는 것은 이를 통해 기업 경쟁력을 증진시킬 수 있기 때문이다. 이를 바꿔 말하면 공급관계의 변화를 통해 원가, 품질, 납기, 서비스, 유연성 등으로 표현될 수 있는 성과를 증진시킬 수 있기 때문이라고 할 수 있다. 공급자 개발계획의 성과 향상을 통해 기업전반의 성과에 다양한 측면에서 기여한다는 것이 여러 연구에서 밝혀지고 있다 (e.g., Monczha and Steven, 1998; Lo et al., 2006). 첫째, 원가측면의 성과가 있다. 공급자들에 대해 원가 중심의 접근은 전통적으로 구매자 평가에 핵심적인 요소였다고 할 수 있다. 그러나 전통적으로 존재해온 구매방식에 비해 현재에는 보다 넓은 범위에서 관심을 가지고 있다고 할 수 있다. 과거 구매기업이 공급품에 대해 원가차원에서 우선적으로 관심을 가졌던 대상은 공급품에 대한 공급자들의 입찰 가격이었다. 따라서 과거에 가졌던 평가의 방식은 최저의 단위가격을 갖는 공급품의 구매였다고 할 수 있다. 원가차원에서 이러한 측면의 공급자에 대한 평가는 실무에서 경험이 축적되고, 공급관계에 대한 연구가 진척되면서 보다 다양한 관점을 갖게 되었다. 공급자와 관련된 비용을 성과와 관련된 비용과 성과와 관련되지 않은 비용으로 구분하여 발생 원가를 평가하는 지표들을 제시하였다 (Monczha and Steven, 1998). 공급자와 관련하여 고려할 요소는 공급품의 단위 원가 뿐만 아니라, 구매기업의 입장에서는 어떤 면에서 더 중요하다고 할 수 있는 재고비용, 재고부족비용 등에 대해서도 고려할 수 있다. 나아가서 협력적 공급관계를 통해 다양한 지원관계가 형성된다면 얻을 수 있는 이익에 대한 기회비용 등이 모두 원가측면에서 고려할 수 있는 요소들이라 할 수 있다.

둘째, 품질측면의 성과가 고려된다. 품질이 안정되면 그 위에 납기가 지켜지고 그 위에 유연성, 원가 등의 경쟁우위 요인이 형성될 수 있다 (Lo et al., 2006). 공급자 개발계획과 일차적으로 연결되는 품질의 개념은 이러한 품질성과의 달성에 매우 근본적인 시각을 제시하고 있다 (Gordon, S. 2005). 구매자의 상품설계를 바탕으로 일정한 품질을 유지하기 위해서는 공급자의 제품의 특성이 직접적으로 영향을 주는 모든 과정을 공급자와 함께 검토하여 근본적으로 해결이 되어야만 한다. 과거 서구의 대부분의 기업들은 품질의 이러한 개념을 상대적으로 간과했다는 지적이 있

다. 다시 말해서 이러한 품질의 관계는 일정한 수준에서 주어진 것으로 간주하고, 자사의 생산시스템의 개선을 통해서만 품질의 향상을 달성하고자 했다는 것이다 (Bates and Hollingworth, 2004). 이러한 품질에 대한 접근이 상대적으로 공급관계를 염두에 둔 일본기업에 비해 미국기업이 경쟁우위를 잃은 중요한 원인으로 지적하고 있다 (Retsperger et al., 1990).

셋째, 납기측면의 성과를 고려할 수 있다. 고객에 대한 납기의 준수는 생산일정의 정확성, 물류, 유통부문과 관련을 맺고 있다. 이러한 변수들에 의해 성립되는 납기성과에서 간과할 수 없는 요소가 공급관계이다. 기본적으로 생산계획이 차질 없이 진행되기 위해서는 공급품이 적시에 도착하여야 함은 중요한 핵심의 요소이며, 생산일정계획의 수립과 생산계획 수립의 핵심적 요소가 된다. 정상적인 상황에서 적절하게 공급자를 선정하였다면 이러한 생산일정의 수행에 별다른 문제가 발생하지 않을 수 있다.

마지막으로, 유연성측면의 성과를 볼 수 있다. 80년대 이후에 기업전략의 원천으로서 유연성에 대한 관심이 널리 확산되었다. 이처럼 유연성에 대한 중요성이 강조되는 이유는 환경의 불확실성에 대한 통제와 효율적인 적응이 현재 기업이 당면하고 있는 가장 중요한 환경요인이기 때문이다. 이것은 다시 말하면 시장수요의 빠른 변화에 대응하지 못하거나 대처하는데 많은 시간과 비용을 지불하여야 한다면 경쟁 환경에서 효과적으로 생존할 수 없다는 것을 의미하는 것이다. 이러한 상황 속에서 환경에 적응할 수 있는 능력이 기업의 생존과 성장에 매우 중요한 요인이 되었기 때문이다. 유연성이 클수록 기업의 성과가 높음을 실증연구를 통해 증명하였다 (Swamidas and Newell, 1987). 기업전략의 하위개념인 생산부문의 유연성을 경쟁우위의 가장 중요한 무기로 지적하였다(Harrigan, 1995).

3. 연구모형과 조사설계

3.1. 공급자 개발계획의 연구모형

지금까지의 공급자 개발계획 활동들에 대한 문제점들을 살펴 보면 첫째, 구매기업의 공급자 선정에 대한 기준 불명확과 일방적인 지원활동으로 인하여 공급자는 소극적으로 참여 하였고 구매자는 공급자 필요에 적합하지 않는 지원을 하였다. 둘째, 공급자 내부의 지속적인 개선을 하기위한 조직체계의 미흡으로 인해 지원 활동 후 유지관리가 되지 않았다. 셋째, 공급자에 대한 문제점 분석의 미흡이다. 넷째, 구매기업의 공급자 지도요원의 기술부족 등 전반적으로 공급자에 대한 공급자 개발계획 활동들이 체계적이지 못하여 공급자 개발계획 활동후의 성과도출이 미흡하였다. 따라

서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 사례기업인 텔파이코리아(주)에서 개발한 공급자 개발계획의 체계이다. 특히 텔파이코리아에서 강조한 부분은 상호 정보교류의 중요성이다. 효과적인 정보교류를 위해서 텔파이코리아의 공급자개발엔지니어를 통한 모든 정보를 집중화하여 공급자와 긴밀한 대응을 할 수 있게 유도하였고 공급자의 불만 사항을 해소하기 위한 노력도 기울였다.

본 논문의 연구과제는 다음과 같이 요약할 수 있다. 본 연구는 다음의 두 가지 질문에 대한 답을 하고자 한다. 공급자 개발계획을 수행함에 있어 공급자 성과영향요인이 공급자 개발계획의 성과에 대하여 영향을 미치는가? 영향을 미친다면 어떠한 성과영향요인이 가장 큰 영향을 미치는가? 텔파이코리아에서 실행한 공급자 개발계획을 근거로 하여 [그림 1]에서 보여주는 연구모형을 도출하였다.

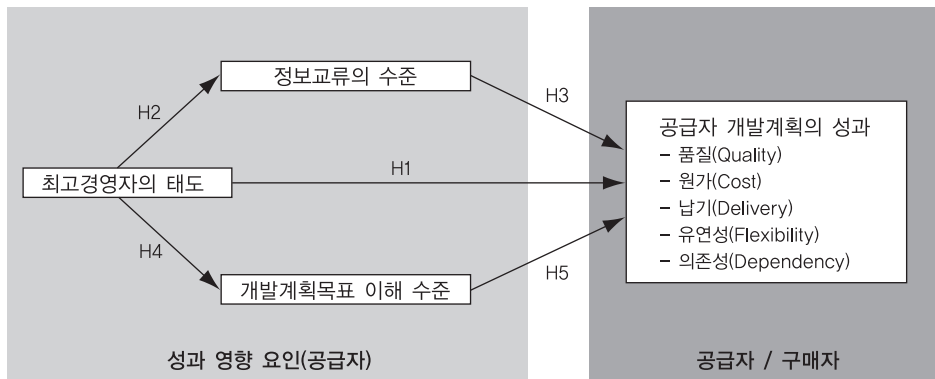


그림 1. 연구모형

3.2. 연구가설의 설정

3.2.1. 최고경영자의 태도

Paulraj and Chen(2007)은 공급자의 전사적인 참여 정도는 많은 연구에서 공급자 개발계획의 성과에 커다란 영향을 미치는 요인으로 강조하였다. 전담자 활동은 많은 연구에서 성공적인 공급자개발계획의 성과에 중요한 요인으로 작용하였다(Wagner, 2006). 공급자 개발계획의 시작 시 공급자의 최고경영진의 리더십이 성과 정도에 큰 영향을 미친다(Leonard, 2003). 지금까지 논의를 바탕으로 다음과 같은 가설이 도출되었다.

- H1** : 최고경영자의 태도는 공급자 개발계획의 성과에 긍정적인 영향을 미친다.
- H2** : 최고경영자의 태도는 공급자와 구매자간의 정보교류 수준에 긍정적인 영향을 미친다.
- H4** : 최고경영자의 태도는 개발계획 목표의 이해수준에 긍정적인 영향을 미친다.

3.2.2. 정보교류의 수준

Dunn and Young(2004)은 성공적인 공급자개발계획에 있어서 중요한 변수로 정보교환을 주장하였다. Sanchez-Rodriguez 등(2005)은 공급사슬관리의 이면에는 공급망에서 기업의 전략의 정보와 조정을 공유하는 것은 총 물류비용을 줄일 수 있고, 고객에게 보내는 가치를 강화할 수 있다 는 점을 강조하였다. 또한, Sako(2004) 는 공급사슬내의 조직사이에서의 높은 정보교환의 정도는 재고수준을 낮추고 고객만족도 수준을 높여줄 수 있다고 단정하였다. 이러한 문헌들로부터 다음의 가설을 도출하게 된다.

- H3** : 공급자와 구매자 간의 정보교류 수준은 공급자 개발계획의 성과에 긍정적인 영향을 미친다.

3.2.3. 개발계획 목표의 이해

공급자 개발계획의 근본적인 취지와 같은 공급자 개발목표의 이해도는 많은 연구에서 공급자 개발계획에 영향을 주는 중요한 변수로 채택되었다(Taj and Berro, 2006). 뿐만 아니라, 목표 이해수준의 정도는 재고수준을 낮추고 고객만족도 수준을 높여줄 수 있음이 증명된바 있다(Krause and Scannell, 2002). 이러한 연구들을 바탕으로 다음과 같은 가설이 설정되었다.

- H5** : 개발계획 목표의 이해수준은 공급자 개발계획의 성과에 긍정적인 영향을 미친다.

4. 실증분석

4.1. 자료 수집

텔파이코리아와 거래관계에 있는 148개의 기업으로부터 자료수집을 하였고, 2008년 8월에서 9월 두 달간 설문조사를 통해 자

료수집이 이루어졌다. 성실하지 못한 설문응답 4부를 제외 후 144개의 기업을 선별하였다. 단순무작위 표본추출(simple random sampling)방식으로 표본을 선정하였다. 설문자료는 각 기업의 최고경영진으로부터 측정항목에 관련된 설문을 받았기 때문에 표본추출단위는 각 거래기업이 된다. 설문 항목들을 이해 하는데 편향되거나 개인차가 없도록 하기 위해 본 연구의 참여자 한명이 설문을 진행하였다. 가설검정을 위해 최종적으로 데이터로 활용된 144개의 기업은 구매협력기업으로서 공급자 개발계획의 성과 및 성과영향요인을 연구하는데 적합한 성격을 띠고 있다. 본 연구에 사용된 데이터의 특성은 <표 1>에 제시되어 있다.

표 1. 샘플(공급업체)의 특성

특성	분류	%
공급부품의 유형	금속류	29.9%
	화학류	9.0%
	전기류	61.1%
공급부품의 성격	단순부품	14.6%
	유니트부품	85.4%
매출액	100~200억	18.1%
	200~300억	32.6%
	300억 이상	49.3%
제조공장 위치	한국	85.4%
	중국	9.7%
	베트남	4.9%
총 매출액 대비 구매기업 (델파이코리아) 의존도	20%이하	27.8%
	21~40%	63.2%
	41%이상	9.0%

4.2. 조작적 정의와 측정

4.2.1. 공급자 성과영향요인

• 정보 교류의 수준 (Information Exchange)

많은 학자들이 성공적인 공급자 개발계획에 있어서 중요한 변수로 정보교환을 주장하였다(Dunn and Young, 2004; Monczka et al., 2002). “공급사슬관리의 이면에는 공급망에서 기업의 전략의 정보와 조정을 공유하는 것은 총 물류비용을 줄일 수 있고, 고객에게 보내는 가치를 강화할 수 있다” 는 점을 강조했다 (Sanchez-Rodriguez, 2005). 공급사슬내의 조직사이에서의 높은 정보교환의 정도는 재고수준을 낮추고 고객만족도 수준을 높여줄 수 있다고 단정하였다 (Sako, 2004). 위의 선행연구에서 이용된 문항들을 중심으로 9점 리커드 척도를 사용하여 다음의 5개 문항에 대하여 현재 상황을 표시하도록 하였다. (1) 구매기업의 주기적인 방문을 통하여 모든 필요한 정보교류가 된다(X4).

(2) 구매기업과 문제발생시 해결하기 위한 모든 필요한 정보교류가 된다(X5). (3) 구매기업과의 피드백 결과를 통한 모든 필요한 정보교류가 된다(X6). (4) 공급자 개발계획의 활동을 통하여 모든 필요한 정보교류가 된다(X7). (5)공급자와 정기적인 회의가 이루어진다(X8).

• 개발계획 목표 이해의 수준

목표의 이해도는 많은 연구에서 공급자 개발계획에 영향을 주는 중요한 변수로 채택 되었다 (Taj and Berro, 2006). 1990년대 이후 치열한 세계의 경쟁 속에서 공급관리 전문가들은 원가절감, 품질개선, 정시납기에 대한 초점을 강조하였다. 목표이해수준 정도는 재고 수준을 낮추고 고객만족도 수준을 높여줄 수 있다고 단정하였다 (Krause and Scannell, 2002). 위의 선행연구에서 이용된 문항들을 중심으로 9점 리커드 척도를 사용하여 다음의 3개 문항으로 측정하였다. (1) 귀사는 공급자 개발계획의 근본적인 취지에 대하여 목적을 완전히 이해함(S1). (2) 공급자 개발계획의 결과를 측정하기 위하여 사용되는 기준에 대하여 목적을 완전히 이해함(S2). (3) 공급자 개발계획의 활동을 위해 사전에 수행하는 구매기업과의 활동에 대해 완전히 이해함(S3).

• 최고경영자의 태도

공급자 개발계획의 시작 시 공급자의 최고경영진의 리더십이 성과 정도에 큰 영향을 미친다 (Handfield et al., 2000; Leonard, 2003). 위의 선행연구에서 이용된 문항들을 중심으로 9점 리커드 척도를 사용하여 다음의 3개 문항에 대하여 동의하는 정도를 표시하도록 하였다. (1) 귀사의 최고 경영진은 공급자 개발계획이 훌륭한 프로그램이라 믿고 있다(X1). (2) 귀사의 최고경영진은 공급자 개발계획에 적극 참여 한다(X2). (3) 귀사의 최고경영진이 공급자 개발계획의 실행 시에 전적으로 지원했다(X3).

4.2.2. 성과변수 - 공급자 개발계획의 성과

성과를 측정하기 위해 Shepherd and Gunter (2006)의 연구에서 사용된 측정항목을 사용하였다. 첫째는 품질개선이다. 일반적으로 생산관점에서는 품질규격에 대한 적합성으로 정의되고, 소비자(고객) 관점에서는 사용적합성으로 정의하고 있다 어떤 기업이 지속적으로 경쟁력을 높이고자 한다면 그 기업은 최우선적으로 품질향상에 노력을 기울여야만 한다. 둘째는 원가개선이다. 생산원가에는 재료비, 노무비 및 간접비로 크게 나눌 수 있다. 또한 기업이 경쟁력을 확보하기 위해서는 최적의 생산원가를 통해서 차별화된 생산원가구조를 갖추지 못하면 경쟁에서 소외된다. 셋째는 납기개선이다. 시간과 관련된 목표로서 고객의 요구에 일관성 있게 충족시킬 수 있는 능력을 의미한다. 납기를 준수하지 못

하는 기업은 추가적인 비용의 발생으로 인해 경쟁력을 상실한다. 마지막으로, 유연성개선이 있다. 유연성은 변화에 대한 대응능력을 의미하고 이러한 변화는 내적, 외적 요인에 의해서 발생하는데 제품의 설계변경, 신제품의 신속한 도입, 생산수량 변동 폭에 대한 대응능력이다. 본 연구에서 성과는 공급자 개발계획으로 발생된 공급자기준 관리적 성과를 측정하기 위하여 품질개선, 원가개선, 납기개선과 유연성개선 효과를 측정변수로 사용하였다. (1)품질개선은 불량 PPM 개선%(Y1), (2)원가개선은 연간 원가절감 %로, 납기 개선과 유연성 개선은 9점 리커드 척도를 사용하여 다음 각 질문에 동의하는 정도를 표시하도록 하였다(Y2). (3) 공급자 개발계획의 결과로 100% 정시납품 개선(Y3). (4) 공급자 개발계획의 결과로 유연성이 성공적으로 개선되었다(Y4). (5) 전체 매출액에 대한 구매기업의 의존도를 %로 나타내었다(Y5).

4.3. 신뢰성 분석

본 연구에서 측정항목들의 신뢰성을 분석하기 위해 크론바 알파(cronbach- α)계수를 측정하였다. <표 2>에서 제시된 결과로부터 모든 변수들은 0.6이상의 크론바 알파값을 보여주고 있다. 따라서 본 분석에 사용되는 변수들은 신뢰성이 확보되었음을 알 수 있다 (Nunally, 1978).

표 2. 각 변수 항목의 신뢰성 분석

성과영향요인	항목 수	크론바 알파
정보교류 수준	5	0.819
개발계획 목적 이해	3	0.847
최고경영자의 태도	3	0.775
공급자 개발계획의 성과	5	0.622

또한 모든 측정항목들은 요인분석결과 하나의 구성개념으로 묶임을 확인함으로써 신뢰성 확보를 뒷받침할 수 있었다.

4.4. 가설검정

위에서 제시한 가설들을 검정하기 위해, 방법론으로 구조방정식을 활용한 다변량분석법을 사용하였다. AMOS 7.0을 이용하여 경로분석을 수행하였고, p-value와 C.R.(critical ratio)를 기준으로 각 경로의 유의성을 결정하였다. 그 결과를 통해 연구 가설들을 검정하였다. 신뢰도를 높이기 위해 신뢰성이 확인된 관측변수들(indicators)을 복수로 사용하여 구성개념들(constructs)을 설계했다. 카이스퀘어(χ^2), p-value, GFI, AGFI, RMR, RMSEA, CFI, IFI 등을 기준으로 모델의 적합도를 확인하였다 (Bagozzi and Yi, 1988). <표 3>에는 위에서 제시한 개념적 모델

을 검정하기 위해 다변량분석결과를 제시하고 있다. 개념적 모델의 구조방정식은 $\chi^2 = 758.125$ (d.f.=99), GFI=0.857, AGFI=0.829, RMSEA=0.117, CFI=0.915, IFI=0.918, TLI=0.917 으로 전반적 모델적합도는 수용 가능하였다.

표 3. 개념적 모델의 다변량분석 결과

경로	개념적(실험적) 모델	
	추정치	C.R.
공급자 개발계획의 성과 \leftarrow 최고경영자의 태도	4.390	4.24***
정보교류의 수준 \leftarrow 최고경영자의 태도	1.223	4.98***
개발계획목표 이해 수준 \leftarrow 최고경영자의 태도	0.470	6.75***
공급자 개발계획의 성과 \leftarrow 정보교류의 수준	3.302	3.42***
공급자 개발계획의 성과 \leftarrow 개발계획목표 이해 수준	-0.075	-0.19
Model Fit Index		
Chi-square	758.125	
d.f.	99	
CFI	0.915	
TLI	0.917	
IFI	0.918	

Note: ***, **, * 은 각각 0.01, 0.05, 0.10수준에서 유의함을 의미

<표 3>에서 보듯이 다변량 분석결과를 바탕으로 경로분석을 이용한 가설검정을 실시하였다. 최고경영자의 태도가 공급자 개발계획의 성과에 직접적인 영향을 미친다는 H1은 경로계수가 4.39($p < 0.01$)이고, C.R.는 4.24(|C.R.| > 2.58)로 지지되었다. 개념적 모델에서 매개변수로 제시한 '정보교류의 수준'과 '개발계획목표 이해수준'이 최고경영자의 태도에 긍정적인 영향을 받는다는 H2와 H4는 각각 유의한 결과를 보였다(H2: 경로계수 = 1.22($p < 0.01$), C.R.=14.98(|C.R.| > 2.58); H4: 경로계수 = 0.47($p < 0.01$), C.R.=26.75(|C.R.| > 2.58)). 그러나 두 매개변수가 종속변수 '공급자 개발계획의 성과'로 이어지는 관계(H3과 H5)는 상반된 결과를 보였다. 즉 H3의 경우 경로계수가 3.30($p < 0.01$), C.R.는 3.42(|C.R.| > 2.58)로 가설이 지지된 반면, H4의 경우 경로계수는 -0.08 ($p > 0.10$), C.R.은 -0.19(|C.R.| < 1.645)로 유의함을 보이기에 부족함을 보였다.

개념적 모델 검정결과 비 유의한 변수가 모델 내에 포함되어 있을 가능성을 보임을 확인하였고, 전반적 적합도 수준은 매우 낮은 편이었다. 매개변수로 지정한 '정보교류의 수준'과 '개발계획목표 이해 수준'을 차례로 모델에서 제외해 봄으로써 모델적합도 개선정도를 확인하였다. 개념적 모델을 확인하는 단계에서 가장 유의하지 못했던 변수 '개발계획목표 이해 수준'을 제외하고 최

중 모델을 추정하였다. 또한 최종모델을 결정하는데 있어서 '최고경영자의 태도'가 '공급자 개발계획의 성과'에 직접적인 영향을 미치는지를 판단하기 수준에서 유의함을 의미해 매개변수 '정보교류의 수준'이 완전매개(full mediation) 또는 부분매개(partial mediation) 효과가 있는지를 확인하는 카이스퀘어 차이 검증(χ^2)를 실시하였다(Anderson and Gerbing, 1988).

표 4. 최종모델의 선정

경로	부분매개 모델 (최종 채택 모델)		완전매개 모델	
	추정치	t-value	추정치	t-value
공급자개발계획의 성과 ← 최고경영자의 태도	3.924	3.02**		
정보교류의 수준 ← 최고경영자의 태도	1.224	14.34***	1.193	13.99***
공급자개발계획의 성과 ← 정보교류의 수준	3.699	3.22**	7.135	18.34***
Model Fit Index				
Chi-square	498,386		502,641	
d.f.	62		63	
CFI	0.919		0.916	
TLI	0.916		0.915	
IFI	0.920		0.919	

Note: ***, **, * 은 각각 0.01, 0.05, 0.10

〈표 4〉는 개념적 모델 내에서 가장 비 유의했던 변수 '개발계획 목표 이해수준'을 제외한 모델의 추정결과를 보여준다. 특히 매개변수 '정보교류의 수준'의 완전 혹은 부분매개모델을 각각 제시하였다.

카이스퀘어 차이검증결과 완전매개 모델과 부분매개모델의 χ^2 은 유의한 결과를 보였고($\chi^2(1)=4.255$, $p<0.05$), 부분매개 모델에서의 직접효과 ('최고경영자의 태도' → '공급자 개발계획의 성과')

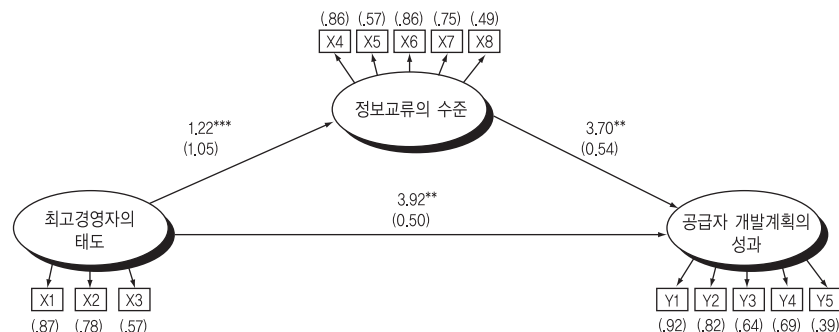
도 유의(경로계수=3.92($p<0.05$), $t=3.02(|t|>2.58)$)하게 나타났다. 더욱이 전반적 모델 적합도를 보여주는 CFI, TLI, IFI 등의 값들에 있어서 부분매개 모델이 우수함을 보여주고 있다. 결국 부분매개 모델이 최종모델로 선정되었고, H4와 H5는 기각되고, H1, H2, H3는 통계적으로 유의한 결과를 보였다.

5. 결론

5.1. 연구결과의 요약

공급사슬관리는 현대의 기업경영에서 전략적 도구이며, 모든 사슬에서의 정보, 자금, 제품의 흐름을 최적화하여 외부적으로는 소비자의 욕구에 즉시 대응하며 고객만족을 확보하고 내부적으로는 자원을 효율적으로 확보하여 궁극적으로는 최대이윤을 얻기 위한 도구로서 중요성이 크다. 기업의 공급사슬의 최적화를 달성하기 위하여 필수적인 것이 구매자와 공급자 관계인데, 이것은 공급자 개발계획을 통한 구매자와 공급자의 상호이해의 폭을 넓혀서 서로를 신뢰할 수 있을 때만이 가능하며 공급자 개발계획을 통한 공급사슬의 최적화가 기업경쟁력 확보의 개념으로 접근되며, 기업경쟁 우선순위로 대변될 수도 있다. 따라서 공급자 개발계획의 성과영향요인을 1)최고 경영자의 태도, 2)개발계획목표 이해수준, 3)정보교류의 수준 3가지를 독립변수로 설정하였다. 이어서 3가지 성과영향요인이 공급자 개발계획의 성과(품질개선, 원가개선, 납기개선, 유연성개선)에 어떻게 영향을 미치는지 파악하고자 하였다.

이러한 연구모형을 토대로 실증분석을 한 결과 본 연구에서 설정한 3가지 영향요인 중에서 2)개발계획목표의 이해수준은 공급자 개발계획의 성과에 유의한 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.



Note 1: ()의 값은 표준화계수(standardized regression weights)를 의미

Note 2: ***, **, *은 각각0.01, 0.05, 0.10수준에서 유의함을 의미

Note 3: X1,X2,..., X8, Y1,Y2,...,Y5는 각 잠재변수(latent variable)의 관찰변수(observable variable)를 나타내고, '4.2 조작적 정의'에 자세히 설명되어 있다.

그림 2. 공급자 개발계획 모형

또한 1)최고경영자의 태도와 3)정보교류의 수준이 성과에 영향을 주는 요소로 확인되었고, 요소들 간의 원인관계는 그림[2]에서 보여주는 것과 같이 나타났다.

공급자 개발계획 모형은 흥미 있는 결론을 제공한다. 공급자 개발 계획의 성과를 측정하기 위해 활용된 품질개선, 원가개선, 납기개선, 유연성 개선 4가지 점에서 효과적인 결과를 갖기 위해서는 무엇보다도 최고경영자의 태도가 중요함을 확인할 수 있었다. 즉 최고경영자 혹은 경영진이 공급자 개발계획이 훌륭한 프로그램이라고 믿고, 이에 적극참여 하며, 이의 실행에 적극 지원하는 등의 태도가 간접적으로 공급자 개발계획의 성과에 영향을 미침이 확인 되었다. 이러한 최고경영자의 태도는 구매기업과의 정보교류의 수준에 긍정적인 영향을 미쳐 결과적으로 공급자 개발 계획의 성과에 긍정적인 기여를 하게 되는 것이다.

본 연구에 있어 공급자들은 공급자 개발계획의 중요성을 알고 있지만 공급자 개발계획 활동들이 제반 여건상 핵심전담자와 경영자 의지에 의해서 주도적으로 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 공급자 내부업무의 흐름이 세분화 및 전문화되어 있지 않고 최고경영자의 태도와 몇 명의 핵심인력으로 대부분의 의사결정이 이루어지고 실행되기 때문에, 전체 부서의 적극적인 부서 참여 유발이 이루어지지 않는 부분이 발생이 되고 변화에 대한 거부감이 작용한 것이 설명되지 않은 부분의 해석이라 추론된다. 공급자의 최고경영진도 전사적인 참여를 유도하기 위해 각종 내부교육과 성과제도 도입 등을 통한 노력을 기울이고 있는데 이것은 지속적인 성과개선을 통한 자사의 경쟁력 확보 차원이라 해석된다. 또한 국내 자동차부품기업에서 최적의 공급자 개발계획의 성과달성을 위해서는 구매자와 공급자의 협력적이면서 상호 높은 정보전달에 의한 보완적인 관계에서 경쟁력이 강화될 것이다.

5.2. 연구의 공헌 및 한계

공급자들의 능력을 향상시키기 위해서 추진하여 왔던 공급자 개발계획을 보는 관점의 변화가 필요함을 글로벌 자동차 부품공급자인 델파이코리아의 사례분석을 통하여 도출하였다. 그 결과를 바탕으로 이해관계자의 하나인 공급자뿐만 아니라, 나아가 구매자 공급자 모두가 만족할 수 있는 공급자 개발계획 모형을 제시하고자 하였다.

본 연구는 글로벌 자동차 부품구매자 델파이코리아라는 하나의 기업과 관련된 공급자들을 대상으로 하였지만 공급자 개발계획의 실제 성과를 바탕으로 분석이 이루어진 점은 국내기업을 위한 중요한 모델이 될 수 있으리라고 판단된다. 본 연구의 목적은 공급자 성과영향요인이 공급자 개발계획의 성과에 미치는 영향을 파악하는데 그 목적이 있다. 하지만 연구범위와 관련한 자료수집

에 있어 몇 가지 한계점이 있다. 첫째, 공급자 선정이 사례기업의 공급자로 제한이 되어서 기업의 규모별 업종별 세부적인 유의적 영향관계를 제시하지 못하였다. 둘째, 구매자 입장에서만 접근하여 공급자 관점의 불만족을 설명할 수 있는 영향요인의 검토가 미흡했다.

본 연구 결과를 바탕으로 구매기업과 공급자의 관계를 개선시키려는 공급자 개발계획 활동 중에 구매기업의 역할이 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구가 필요하다. 공급자 만족을 위한 거래관계상의 불만요인을 상세히 도출하여 영향요인을 다양화하고, 연구결과를 일반화시키기 위해서, 개별기업의 내외부적인 경영체제와 경쟁 환경, 사업의 영역과 목적이 다르기 때문에 산업 분야별 대표기업들을 대상으로 추후 연구조사 할 필요가 있겠다.

참고 문헌

- [1] Anderson, J. C., and D. W. Gerbing(1988), "Structural Equation Modeling in practice : A review and recommended two-step approach", *Psychological Bulletin*, Vol. 103(3), pp. 411-423.
- [2] Bagozzi and Youjae Yi (1988), "On the Evaluation of Structural Equation Models", *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 16(1), pp. 74-94.
- [3] Basnet, C., Corner, J., Wisner, J., and Tan, K. (2003), "Benchmarking Supply Chain Management Practices in New Zealand", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 8(1), pp. 57-64.
- [4] Bates, K. A., and Hollingworth, D. G. (2004), "The Impact of TQM Institutionalization on Transactions Cost Calculations in Customer-Supplier Relationships", *Industrial and Corporate Change*, Vol. 13(3), pp. 477-503.
- [5] Bennett, D., and O' Kane, J. (2006), "Achieving Business Excellence Through Synchronous Supply in the Automotive Sector", *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 13(1/2), pp. 12-22.
- [6] Burt, D. N., Dobler, D. W., and Starling, S. L. (2003), *World Class Supply Management*, 7th ed., New York : McGraw-Hill.

- [7] Dunn, S. C. and Young, R. R. (2004), "Supplier Assistance Within Supplier Development Initiatives", *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 40(3), pp. 19-29.
- [9] Gordon, S. (2005), "Seven Steps to Measure Supplier Performance", *Quality Progress*, Vol. 38(8), pp. 20-25.
- [10] Hahn, Chan K, Charles A and Kim, Kee Young (1990), "The Supplier Development Program, A Conceptual Model", *Journal of Purchasing and Material management*, Vol. 26(2), pp. 2-7.
- [11] Handfield, R. B., Krause, D. R., Scannell, T. V., and Monczka, R. M. (2000), "Avoid the Pitfalls in Supplier Development", *Sloan Management Review*, Vol. 41(2), pp. 37-49.
- [12] Harrigan, K. R. (1995), "Vertical Integration and Corporate Strategy", *Academy of Management Journal*, Vol. 28(2), pp. 397-425.
- [13] Hartley, Janet L and Gwen, E Johns (1997), "Process oriented supplier Development: Building the Capability for Change", *International Journal of Purchasing and Materials Management*, Vol. 33(3), pp. 24-29.
- [14] Koh, S. C. L., Saad, S., and Arunachalam, S. (2006), "Competing in the 21st Century Supply Chain Through Supply Chain Management and Enterprise Resource Planning Integration", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 36, pp. 455-465.
- [15] Krause, Daniel R (1997), "Supplier Development : Current Practice and Outcomes", *International Journal of Purchasing and Material Management*, Vol. 33(2), pp. 12-19.
- [17] Krause, Daniel R., and Scannell, T. V. (2002), "Supplier Development Practices : Product - and - Service - Based industry comparison", *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 38(2), pp. 13-21.
- [18] Kwon, I.K., and Suh, T. (2004), " Factors Affecting the Level of Trust and Commitment in Supply Chain Relations", *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 40(2), pp. 4-14.
- [19] Lee, C. C., and Yang, J. (2000), "Knowledge Value Chain", *The Journal of Management Development*, Vol. 19(9), pp. 783- 794.
- [20] Leonard, S. (2003), "Leadership Development for the Postindustrial, Post Modern Information Age", *Consulting Psychology Journal*, Vol. 55(1), pp. 3-14.
- [21] Lo, V. H. Y., and Yeung, A. (2006), "Managing Quality Effectively in Supply Chain: A Preliminary Study" , *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 11(3), pp. 208-215.
- [22] McHugh, M., Humphreys, P., & McIvor, R. (2003), Buyer-Supplier Relationships and Organizational Health, *Journal of Supply Management*, Vol 39(2), pp. 15-25.
- [23] Monczka, M Robert and Steven J. Trecha (1998), "Cost Based Supplier Performance Evaluation", *Journal of Purchasing and Material Management*, Vol. 24(1), pp. 2-12.
- [24] Monczka, R., Trent, R., and Handfield, R. (2002), *Purchasing and supply chain Management*, 2nd ed., Stamford, CT: South-Western.
- [25] Nelson, D., Moody, P. E., and Stegner, J. R. (2005), "The 10 Procurement Pitfalls", *Supply Chain Management Review*, Vol. 9(3), pp. 38-45.
- [26] Newman, R. G., and Rhee, K. A. (1990), "A Case Study of NUMMI and Its Suppliers", *International Journal of Purchasing and Material Management*, Vol. 6(4), pp. 15-20.
- [27] Nunnally, J. C. (1978), *Psychometric Theory*, 2nd ed., New York : McGraw Hill.
- [28] Paulraj, A., & Chen, I. J. (2007), "Strategic Buyer - Supplier Relationships, Information Technology and External Logistics Integration", *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 43(3), pp. 2-11.
- [29] Petersen, K. J., Ragatz, G. L., and Monczka, R. M. (2005), "An Examination of Collaborative Planning Effectiveness and Supply Chain Performance", *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 41(2), pp. 14-25.
- [30] Phillip L Carter, Joseph R. Carter, Robert M. Monczka, Thomas H. Slight, Andrew J. Swan

- (2000), "The Future of Purchasing and Supply : A Ten-Year Forecast", *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 36(1), pp. 14-26.
- [31] Retsperger, Wolf, Shirley Daniel, and Abdel El-Shaieb (1990), "Quality is Free : A Comparative Study of Attitudes in the US and Japan", *Journal of Purchasing and Material Management*, Vol. 26(2), pp. 8-12.
- [32] Sako, M. (2004), "Supplier development at Honda, Nissan and Toyota : Comparison Case Studies of Organizational Capability Enhancement", *Industrial and Corporate Change*, Vol. 13(2), pp. 281-308.
- [33] Sanchez-Rodriguez, C., Hemsworth, D. and Martinez-Lorente, A. (2005), "The Effect of Supply Development Initiatives on Purchasing performance : A Structural Model", *Supply Chain Management*, Vol. 10, pp. 289-301.
- [34] Shepherd, C., and Gunter, H. (2006), "Measuring Supply Chain performance : Current Research and Future Directions", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 55, pp. 242-258.
- [35] Swamidas, P. and W. T. Newell (1987), "Manufacturing Strategy, Environmental Uncertainty and Performance", *Management Science*, Vol. 33(4), pp. 509-524.
- [36] Taj, S., and Berro, L. (2006), "Application of Constrained Management and lean Manufacturing in Developing Best Practices for Productivity Improvement in Anauto-Assembly Plant," *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 55(3/4), pp. 332-345.
- [37] Tracy, M., Lim T., and Vonderembse, M. A. (2005), "The Impact of Supply-Chain Management Capabilities on Business Performance", *Supply Chain Management*, Vol. 10(3/4), pp. 179-191.
- [38] Wagner, S. M. (2006), "Supplier Development Practices: An Exploratory study", *European Journal of Marketing*, Vol. 40, pp. 554-571.
- [39] Zsidisin, G. A., Ellram, L. M. and Ogden, J. A. (2003), "The Relationship Between Purchasing and Supply Management's Perceived Value and Participation in Strategic Supplier Cost Management Activities", *Journal of Business Logistics*, Vol. 24(2), pp. 129-154.



송 장 근

대전대학교 경영학과 학사
 충남대학교 경영학과 석사
 충남대학교 경영학과 박사
 현재 : 충남대학교 경영학과 강사
 관심분야 : 생산관리, SCM/물류,
 시뮬레이션,
 예측모형 정보시스템



김 광 석

충남대학교 경영학과 학사
 서울대학교 경영학과 석사
 호주국립대학교(Australian National University) 응용통계학 석사
 현재 : 한국과학기술기획평가원(KISTEP) 연구원
 관심분야 : 마케팅 전략, 소비자 행동,
 구조방정식, SCM.



손 림 수

충남대학교 기계설계공학과 학사
 충남대학교 경영대학원 석사
 현재 : Delphi Korea, Thermal Div.
 Global Supply Management
 협력업체 개발
 관심분야 : SCM, Lean Manufacturing



이 철 식

고려대학교 물리학과 학사
 고려대학교 대학원 경영학 석사
 고려대학교 대학원 경영학 박사
 현재 : 충남대학교 경영학과 교수
 (사)한국미래물류연구원 이사장
 관심분야 : 물류시스템, SCM, 생산관리

지연배송 보상비용을 고려한 빠른배송과 일반배송 서비스의 가격 및 보장된 배송시간 결정[†]

함중현 · 이철웅[‡]

고려대학교 정보경영공학부

Pricing and guaranteed delivery time to maximize the total profit for the different types of delivery services with consideration of lateness penalties[†]

Jung-Hyun Ham · Chul-Ung Lee[‡]

Division of Information Management Engineering, Korea University

In this paper, we develop the profit maximization model for the different types of delivery services to select the best price and guaranteed delivery time with consideration of lateness penalties. Customer demand is sensitive to the price paid for service and guaranteed delivery time. Using a simple M/M/1 queuing model of a profit maximizing firm, we show concavities of model about two prices and one guaranteed delivery time respectively. According to the proposed algorithm using the concavities, we find out the optimized prices and delivery time. Through numerical examples, we examine the pricing and guaranteed delivery time for delivery services when the market is sensitive to price or guaranteed time.

Keywords: Delivery time strategy, price- and delivery-time-sensitive demand, guaranteed delivery time

1. 서론

시장의 글로벌화와 IT기술의 급속한 발달로 인하여 기업의 경영환경은 급속하게 변화하고 있으며, 특히 기업에서는 국내외적인 글로벌 경쟁체제에서 경쟁력을 확보하기 위해서 비즈니스 프로세스의 신속한 개선이 요구되고 있다. 또한, 인터넷을 이용한

전자 상거래의 도입 및 네트워크 기술의 발달로 e-business가 기업의 보편적인 개념으로 인식 및 확산되면서, 가상의 공간에서 발생하는 상거래는 전통적인 시장의 개념적 패턴에 변화를 주게 되었다. 이로 인해, 고객의 구매결정은 단순한 제품/상품의 가격 뿐만 아니라, 제품의 납기 확약 및 준수여부에 따라 영향을 받으며, 시간은 기업의 핵심 경쟁력이 되었다(홍민선, 임석철, 2003). 지난 10년 동안 기업에서는 시간기반 경쟁하의 시장에서 고객

[†] 본 연구는 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2008-331-D00698)으로 수행되었습니다.

[‡] Corresponding author: Division of Information Management Engineering, Korea University, Anam-dong, Sungbuk-gu, Seoul, 136-713, S. Korea,

Tel: 82-2-3290-3395 Fax: 82-2-929-5888 E-mail: leecu@korea.ac.kr

* 2009년 9월 17일 투고, 2009년 11월 2일 수정본 접수, 2009년 11월 25일 게재확정.

을 끌기 위한 마케팅 수단으로 1) 가능한 빠른 제품 인도, 2) 보장된 배송시간, 3) 빠른 배송을 위한 추가 운송비용의 선택 정책을 사용하고 있으며, 잠재된 고객의 수요 증가를 통해 기업의 이익을 증대하고 있다 (Stalk, 1990). 특히, 택배, 인터넷 쇼핑물, 음식배달 전문점과 같은 서비스 기업의 경우는 앞서 언급한 2), 3)의 정책을 수행하여 고객의 구매를 유도하고 있으며, 제품 배송 서비스의 적시성과 고객과의 납기 이행여부가 중요한 기업의 경쟁력으로 자리 잡고 있다(김영갑 등, 2002). 일반적으로 소비자는 제품에 대한 정보를 수집하고, 이에 대한 비교분석을 통해, 제품의 구매 여부를 판단한다. 가격은 구매를 결정하는 중요 요소이지만, 가격 정보뿐만 아니라 제품의 다양한 정보들이 제공되는 경우 고객은 단순히 가격만으로 상품을 선택하지 않으며, 가격 외의 요소들을 고려하여 구매결정을 하게 된다(Goolsbee, 2000, Lynch and Ariely, 1998).

국내의 예를 들면, 도서 쇼핑물 업체인 Yes24의 경우, 일부 상품에 대해서 오전 10시 이전까지 도서 주문이 이루어질 경우, 당일 배송을 실시하거나, 고객에게 해당 도서가 고객에게 배송되는 시간과 그에 대한 확률에 대한 정보를 고객의 인지할 수 있게 웹사이트 내에서 제공하고 있다. 이외에 옥션, G-market과 같은 인터넷 쇼핑물의 경우, 빠른 배송을 위해서 고객의 선택에 따라 제품 가격 이외의 추가 배송 비용을 지불함으로써 제품을 당일 수취할 수 있도록 한다. 해외의 예를 들면, 미국의 Amazon.com, Ebay의 경우에서도 고객의 원하는 배송수단과 이에 따른 차등화된 배송비용을 지불함에 따라서 구매 물품을 좀 더 빠르게 인도받을 수 있게 되어 있다.

기업들이 제공하는 이러한 서비스들은 잠재된 고객의 수요를 유발하여 시장의 규모를 늘려 왔다. 하지만, 이를 위해 제공되는 서비스의 증가는 기업의 투자와 연결되며, 결국, 수익과 비용에 대한 상관관계(trade-off)를 고려한 의사결정이 필요하게 된다. 또한 고객과 약속한 배송시간을 준수하지 못하는 경우, 고객의 불만을 처리하기 위해 지연배송 보상비용이 발생하게 되며, 이는 곧 기업의 수익에 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 고객의 성향을 고려한 수요함수와 배송시간을 준수하지 못해 발생하는 지연배송 보상비용(lateness penalty)을 고려한 기업의 수익 모형을 제시하고, 제시된 모형을 통해 고객에게 공지하는 보장된 배송시간 및 가격에 대한 최적의 서비스 정책을 수립하고자 한다.

본 연구는 다음과 같이 5개의 장으로 구성된다. 본 장에 이어 2장에서는 연구와 관련된 기존의 문헌들을 검토하고, 본 연구의 타당성을 검토한다. 3장에서는 문제를 정의하고, 가격과 보장된 배송시간으로 구성된 수요함수와 배송시간을 지키지 못해 발생하는 지연배송 보상비용(lateness penalty)을 고려한 기업의 수익 모델을 구축한다. 4장에서는 제시한 모델의 수치예제를 통해

서, 의사결정변수 값을 결정하고, 이에 대한 분석을 실시한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구방안을 제시하고자 한다.

2. 관련 문헌 연구

“시간 기반 경쟁”은 소비자에게 서비스를 제공하기까지의 업무프로세스 과정에서 소요되는 시간을 단축하여, 기업의 경쟁우위를 확보하기 위한 경영기법이다. 기업의 중요한 경영자원인 품질, 비용, 시간 중에서 시간을 가장 중요한 경쟁자원으로 활용하여 급변하는 고객의 요구를 신속하게 대응하는 것이 기업의 주요 경쟁원천이라는 개념이다. 시간 기반 경쟁에 대한 정성적인 필요성에 대해서 언급한 Stalk와 Hout의 연구(1990) 이래로 고객의 주문 이후, 제품 인도까지의 시간에 민감한 고객에 대해서 보다는 차별화된 비용과 서비스를 제공하여, 소비자의 잠재된 수요의 창출을 통해 기업의 수익을 높이기 위한 정성적, 정량적 연구들이 진행되었다.

특히 정량적 연구는 주문생산 제조업체(make-to-order)와 서비스업체를 고려하여 고객의 수요가 제품/서비스의 가격과 제품 인도 시점/서비스가 완료되는 시간에 대한 함수 형태로 표현된다고 가정하고, M/M/1 대기 모형을 통해, 기업의 수익함수를 구성하고 이를 분석하였다.

Arthur와 Inder(1992)는 고객 주문에서부터 고객에게 제품이 인도되는 시점을 단축하기 위해서는 비용이 발생하게 되며, 발생하는 비용과 줄어드는 제품인도시간(lead time)과의 상관관계를 통한 기업 수익을 극대화하는 문제에 대해서 연구하였다. 고객의 수요가 제품의 가격 및 제품인도시간에 반비례하며, 제품인도시간을 단축하기 위한 비용 또한, 제품인도시간에 반비례한다고 가정하였다. 이러한 특성을 가진 수요함수와 비용함수의 상관관계를 고려하여 기업의 최대 수익을 얻을 수 있는 제품인도시간과 가격을 결정하는 정책을 제시하였다.

So 와 Song(1998)은 수요가 제품의 가격 및 배송시간에 반비례한다는 가정하에서 주문생산기업의 경쟁 전략으로 고객에게 보장된 배송시간이 주는 영향력에 대해서 연구하였다. 두 개의 투입요소가 같은 비율로 반대방향으로 변화하면(배송시간이 반으로 줄고, 가격이 두 배로 늘면), 그 산출량(수요)는 변하지 않는 속성을 가진 콕-더글라스(cobb-Douglas) 생산함수를 사용하여 수요는 제품의 가격과 배송시간에 의해서 변화하는 것을 가정하였다. 그리고, 기업의 수익함수를 가격과 배송시간, 생산용량에 대한 의사결정 문제로 모형화하고, 이를 통해 기업의 최대 수익을 얻을 수 있는 제품의 보장된 배송시간과 가격, 그리고 생산용량을 결정하였으며, 수치 실험을 통해 보장된 배송시간 정책의 영향을 분석하

였다.

또한 Palaka et al.(1998)은 수요는 제품의 가격과 보장된 제품인도시간에 대해서 선형관계를 가지고 있다는 가정을 통해서, 제품인도시간에 의존적인 수요 상황에서의 보장된 제품인도시간, 가격, 생산용량의 결정에 대한 문제를 연구하였다. So와 Song(1998)의 연구와는 다르게 수익함수 모형화 과정에서 제품 공정 내에 재공품(work in process)으로 발생하는 혼잡비용(congestion costs)과 보장된 리드타임 이내에 제품을 인도하지 못해서 발생하는 지연 페널티 비용(lateness penalty cost)을 고려하였다.

Ray와 Jewkes(2004)는 수요를 가격과 고객에게 보장된 배송시간에 대한 선형 감소함수 형태로 표현하고, 짧은 배송시간을 위해서 가격이 높아도 구매의사가 있는 배송시간에 민감한 고객과 배송시간이 늦어도 낮은 가격에 구매하려는 가격에 민감한 고객으로 나누었다. 각 고객그룹에 대한 기업의 최적 수익을 위한 의사결정 변수인 가격, 배송시간, 주문처리용량에 대한 분석을 실시하였다. 이를 통해 배송시간에 민감한 고객 수요는 가격에 민감한 고객 수요의 보장된 배송시간보다 적은 대신, 이에 대한 할증 가격(premium price)을 지불한다는 것을 분석하였다.

Webster(2002)는 주문생산 제조 기업의 간단한 수리적 수익모형을 통해서, 가격, 제품인도시간, 생산용량에 대한 분석을 실시하였다. 수요는 가격과 제품인도시간에 대해 선형함수로 표현되며, 생산용량과 변동비용에 대한 상호 연관성을 분석한 결과, 기업의 최대 수익을 얻기 위해서는 리드타임이 고정되고, 가격과 생산용량을 조절하는 정책이 유리하다는 것을 연구하였다.

Boyaci와 Ray(2003)는 가격과 제품납기에 민감한 수요와 서로 대체품의 역할을 수행하는 두 가지 제품에 대해서 가격, 제품납기, 생산(처리)용량에 대한 상관관계를 분석하였다. M/M/1 대기모형을 통해서 수익함수를 모형화 하였으며, 수요는 2가지 생산제품의 서로 다른 가격과 보장된 납기에 따라서 수요이전 발생한다는 것을 수요함수에 표현하였다. 그리고, 가격에 민감한 고객 그룹과 보장된 납기 시간에 민감한 고객 그룹을 구분하고, 각 상황에 따른 최적의 납기 시간과 가격, 생산용량에 대해서 연구하였다. Boyaci와 Ray의 또 다른 연구(2006)에서는 앞서 연구한 내용에 납기 준수율을 의사결정 변수에 추가 시켜 모형을 확장시켰다.

Pekgun et al.(2007)는 마케팅 부서와 생산부서를 가진 회사가 가격과 리드타임에 민감한 수요 상황에서 최대의 수익을 얻을 수 있는 수리적 모형을 구현하고 분석하였다. 하나의 회사로 관리되는 전체 수익은 2개의 부서로 나뉘어서 관리되는 전체 수익보다 크다는 것을 증명하였으며, 하나의 회사로 관리되는 전체 수익을 각 부서로 어떻게 배분할 것인지에 대한 분석을 실시하였다.

수요는 가격과 리드타임에 대한 선형 감소함수로 표현하였으며, 이를 통해 수익 함수를 모형화하고, 수치실험을 통해, 수요함수와 부서별 수익 배분율에 대한 민감도 분석을 실시하였다.

Jayaswal(2009)은 수요는 가격과 시간에 민감하다는 가정하에, 빠른 서비스와 일반 서비스를 가진 기업의 수익 모델에 대한 연구를 실시하였다. 기업은 2가지 서비스를 제공하고 있으며, 각각 서비스의 가격과 리드 타임에 대해서 수요가 변동한다고 가정하였다. 각 서비스들은 M/M/1 대기모형(queueing model)으로 가정하여 전체 수익 함수를 구성하였으며, 가격에 민감한 시장과 리드타임에 민감한 시장으로 구분하여 수요함수내의 가격과 리드타임, 서비스의 처리용량 결정을 위한 의사결정 정책을 제시하였다.

본 연구는 빠른 배송 서비스와 일반 배송 서비스를 가진 서비스 기업의 수익을 극대화할 수 있는 모형을 구축하고, 이에 대한 분석을 실시하고자 한다. 해당 기업의 수요는 가격과 보장된 배송시간에 대해 선형 감소함수로 나타난다. 이러한 수요함수는 앞서 언급한 Jayaswal(2009)와 Boyaci와 Ray(2003)의 연구와 흡사하지만, 기존의 모형들은 최소 서비스 레벨에 대한 제약 조건을 통해 최소 서비스 레벨을 만족하는 수준에서 생산/처리 용량을 결정함으로써 문제를 용이하게 해결하였다. 따라서 이러한 모형들은 최소 서비스 레벨만을 만족시킨다고 가정하고 이에 대한 지연보상비용을 고려하지 않았다. 하지만 현실상황에서 배송시간을 준수하지 못한 경우 이에 대한 비용이 발생하여 회사의 수익에 영향을 주게 되므로 이러한 지연보상비용은 고려되어야 한다. 본 연구에서는 이러한 가정을 완화하여 지연배송 보상비용(lateness penalty cost)을 고려함으로써 좀 더 실제적인 모형을 개발하였다.

3. 문제 정의(Problem Setting) 및 기업의 수익 모형

본 연구에서는 가격과 보장된 배송시간에 따라 수요가 변화하는 서비스 기업의 수익 모형에 대해 연구한다. 물건을 구매하려는 고객은 제품의 배송 시간과 가격에 따라 구매 의사결정을 실시하게 된다. 고객은 가격이 높더라도, 주문 이후 빠른 시간 내에 물건이 인도가 되기를 바라는 고객과 배송시간이 늦더라도 낮은 가격에 구매할 수 있는 일반적인 배송 서비스를 이용하는 고객으로 나누어진다. 서비스 기업에서는 2개 고객군의 수요를 충족하기 위해서, 배송 시간이 서로 다른 운송 수단을 사용하며, 이 중 일반 배송 서비스를 요구하는 고객에 대한 보장된 배송시간은 정해져 있다. 이러한 상황에서, 기업은 최대 수익을 얻기 위해 1) 빠른 배

송 서비스와 일반 배송 서비스에 대한 가격과 2) 빠른 시간내의 배송을 요구하는 고객에 대해서 보장할 수 있는 배송시간을 결정하게 된다. 따라서 본 연구에서는 각각의 서비스에 대한 가격과 배송시간에 민감한 고객의 배송시간을 결정하는 모델을 개발하고 이를 분석 한다.

기업은 2가지 배송 서비스로 고객의 수요를 충족하며, 고객에게 각각의 서비스에 대한 가격과 보장된 배송시간에 대한 정보를 공유한다. 고객은 공유된 정보를 통해서 구매의사를 결정하게 된다. 빠른 배송과 일반 배송에 따라 p_1 과 p_2 의 서로 다른 가격과 함께, 직접비용인 m_1 과 m_2 가 발생하며, 보장된 배송시간 내에 물건을 인도하지 못하는 경우, 고객 불만사항의 처리 비용이나, 지연 배송 보상금과 같은 금전적 비용(lateness penalty cost)이 발생한다.

3.1 가정(Assumptions)

본 연구에서는 앞서 언급하였듯이 2가지 배송 서비스를 가진 시스템을 고려한다. 빠른 배송 서비스와 일반 배송 서비스를 처리하는 시스템은 각각 M/M/1시스템을 따른다. 그리고 다음을 추가로 가정한다.

- 1) 빠른 배송 서비스와 일반 배송 서비스를 처리하는 시스템의 주문 처리 용량은 각각 μ_1 과 μ_2 로 고정되고, 용량 확장에 대한 문제는 고려하지 않는다.
- 2) 빠른 배송 서비스와 일반 배송 서비스의 수요 도착율 λ_1 과 λ_2 는 각 서비스의 가격 p_1 과 p_2 , 보장된 배송시간인 L_1 과 L_2 에 대한 선형 감소 함수로 표현되며 수요가 0이 되는 경우는 없다.
- 3) 각각의 서비스를 처리할 때, 들어가는 직접비용 m_1 , m_2 가 가격인 p_1 , p_2 보다 낮을 경우에는 손해가 발생하므로 주문을 받지 않는다.
- 4) 현실 상황을 고려하기 위해서, 빠른 배송 서비스의 직접비용 m_1 은 일반배송서비스의 직접비용인 m_2 보다 큰 값을 가진다.
- 5) 고객에 보장된 배송시간을 지키지 못한 배송지연의 경우, 지연보상비용이 발생하지만, 배송시간 지연에 따른 수요의 상실은 고려하지 않으며, 모든 수요는 만족된다.
- 6) 기업에서는 재고 품절일 경우, 주문을 받지 않기 때문에, 재고 품절은 없다고 가정하고 이에 대한 비용은 고려하지 않는다.
- 7) 일반 배송 서비스의 리드타임 L_2 는 고정된 값을 가지고 있다.

8) 주문처리는 선입선출(first-in, first-out)로 이루어진다.

3.2 기호(Notation)

본 연구에서 다루고자 하는 문제에 대한 모형을 제시하기 위해 다음과 같은 기호들이 사용된다.

- g : 빠른 배송 서비스와 일반 배송 서비스의 시장의 규모
- p_1 : 기업 내의 빠른 배송 서비스의 가격(결정변수).
- p_2 : 기업 내의 일반 배송 서비스의 가격(결정변수).
- L_1 : 빠른 배송 서비스의 보장된 배송시간(결정변수).
- L_2 : 일반 배송 서비스의 보장된 배송시간.
- m_1 : 빠른 배송 서비스의 단위당 직접비용.
- m_2 : 일반 배송 서비스의 단위당 직접비용.
- R_1 : 빠른 배송 서비스의 보장된 배송시간 이내에 제품이 인도되지 않는 경우, 발생하는 단위당 지연 보상 비용.
- R_2 : 일반 배송 서비스의 보장된 배송시간 이내에 제품이 인도되지 않는 경우, 발생하는 단위당 지연 보상 비용.
- μ_1 : 빠른 배송 서비스의 주문 처리 용량.
- μ_2 : 일반 배송 서비스의 주문 처리 용량.

3.3 수요함수(Demand Function)

본 연구에서 고객은 배송시간과 가격에 따라, 제품의 구매결정을 실시하기 때문에, 고객의 수요를 보장된 배송시간과 가격의 함수로 표현하였다. 이러한 수요함수는 가격과 보장된 배송시간에 대해서, 선형관계를 가지고 있다고 가정하였으며, 주문 이후, 빠른 배송 서비스를 원하는 고객과 일반 배송 서비스를 원하는 고객에 따라 각각 수요함수가 생성되며, 이에 대한 표현식은 다음과 같다.

$$\lambda_1(p_1, p_2, L_1, L_2) = a - b_1 p_1 - b_2 L_1 + b_3 (p_2 - p_1) + b_4 (L_2 - L_1) \quad (1)$$

$$\lambda_2(p_1, p_2, L_1, L_2) = a - b_1 p_2 - b_2 L_2 + b_3 (p_1 - p_2) + b_4 (L_1 - L_2) \quad (2)$$

- b_1, b_2, b_5, b_6 : 각각의 서비스에 대한 가격과 보장된 배송시간에 따른 함수내의 변화율. ($b_1, b_2, b_5, b_6 > 0$)
- b_3, b_4 : 기업 내의 빠른 배송과 일반 배송 서비스의 가격과 보장된 배송시간을 고려한 수요함수내의 변화율. ($b_3, b_4 > 0$)

식(1)의 수요함수는 주문 이후, 빠른 배송 서비스를 선택한 고객의 수요를 표현한다. 빠른 배송 서비스를 요구하는 고객의 배송시간에 대한 수요 탄력성 b_2 는 일반 배송 서비스 고객의 배송시간

에 대한 수요 탄력성 b_6 보다 더 큰 값을 가진다($b_2 > b_6$). 식(2)의 수요함수는 주문 이후, 일반 배송 서비스를 선택한 고객의 수요를 표현한다. 일반 배송 서비스를 요구하는 고객은 빠른 배송 서비스를 요구하는 고객과 비교하였을 때, 일반 배송 서비스의 가격에 대한 수요 탄력성 b_5 는 빠른 배송 서비스의 가격에 관련된 수요 탄력성 에 비해서 높은 값을 가진다($b_5 > b_1$).

수요는 가격과 배송시간이 증가하면 감소하는 성향을 나타내기 때문에 $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$ 은 모두 양의 값을 가지며, 빠른 배송 서비스와 일반 배송 서비스의 가격과 배송시간에 대한 탄력성을 나타낸다. 각각의 서비스들 사이에는 가격과 배송시간에 따라 수요이전이 발생한다. $p_2 - p_1 < 0$ 인 경우는 빠른 배송 서비스의 가격이 일반 배송 서비스의 가격보다 높기 때문에 빠른 배송 서비스에서 일반 배송서비스로의 수요이전을 나타내며, 가격 차이에 의한 수요 탄력성은 b_3 으로 표현하고 양의 값을 갖는다. $L_2 - L_1 > 0$ 인 경우는 빠른 배송 서비스의 배송시간이 일반 배송 서비스의 배송시간보다 더 적기 때문에 일반 배송서비스에서 빠른 배송 서비스로의 수요이전을 나타낸다. b_4 는 배송시간의 차이에 의한 수요 탄력성이며, 양의 값을 갖는다.

수요이전과 관련된 가격과 배송시간의 수요탄력성인 b_3, b_4 은 각각 서비스의 수요에 대한 가격과 배송시간의 탄력성인 b_1, b_5 와 b_2, b_6 보다 적은 값을 가진다. ($b_1 > b_3, b_5 > b_3, b_2 > b_4, b_6 > b_4$) 이러한 가정은 가격과 배송시간에 선형인 수요함수를 사용할 때, 각 서비스의 수요가 가격과 배송시간의 차이로 인한 수요이전보다 각 제품의 가격과 배송시간에 더 민감하다는 것을 나타내는 것으로 수요정보를 가지고 있을 때, 다른 서비스의 가격 및 배송시간에 따라 본래 서비스의 수요가 크게 달라지는 상황을 방지하기 위함이다. 이는 Hadar와 Hillinger (1969)의 연구 이래로 많은 연구자들에 의해서 사용 되었다.

또한, 가격 비교에 따른 수요탄력성인 b_3 이 배송시간 비교에 따른 수요 탄력성인 b_4 보다 더 큰 경우($b_3/b_1 > b_4/b_2, b_3/b_5 > b_4/b_6$)는 수요의 이전이 가격에 의해서 움직이므로 가격에 민감한 시장으로 정의하며, 그 반대의 경우($b_3/b_1 < b_4/b_2, b_3/b_5 < b_4/b_6$)는 배송시간에 민감한 시장으로 정의한다. 이러한 가정은 Jayaswal(2009), Boyaci와 Ray (2003)의 연구에서 사용되었다.

3.4 서비스 기업의 수익 함수

수익함수는 제품 판매에 대한 이익과 보장된 배송시간을 엄수하지 못해서 발생하는 지연배송 보상비용(lateness penalty)을 고려하여 구성한다.

3.4.1 제품 판매에 따른 이익

빠른 배송과 일반 배송의 서비스는 각각 p_1, p_2 의 가격으로 판매되며, 각 서비스 단위당 직접비용 m_1, m_2 가 발생하게 된다. 따라서 기업의 이익은 각 서비스의 가격에 직접비용을 차감한 값으로 이는 다음과 같이 식(3)과 식(4)로 표현된다.

$$(p_1 - m_1) \times \lambda_1(p_1, p_2, L_1, L_2) \quad (3)$$

$$(p_2 - m_2) \times \lambda_2(p_1, p_2, L_1, L_2) \quad (4)$$

3.4.2 지연배송 보상비용(lateness penalty)

제품이 보장된 배송시간보다 늦게 배송이 되는 경우, 고객의 불만이 발생하며 이를 처리하기 위한 비용이 발생하게 된다. 예를 들면, 고객에게 추후 제품을 구매할 경우 사용할 수 있는 할인 쿠폰을 발급하거나, 해당 업체에서 고객에게 지연보상금을 주는 경우가 이에 해당 된다. 이에 따라 발생된 납기 미준수 건에 대해 빠른 배송서비스는 R_1 의 지연배송 보상비용이 일반 배송서비스는 R_2 의 지연배송 보상비용이 발생한다고 가정하였다.

각각의 서비스가 M/M/1시스템을 따른다고 가정하였으므로, 각각의 평균 수요 도착율은 $\lambda_1(p_1, p_2, L_1, L_2)$ 과 $\lambda_2(p_1, p_2, L_1, L_2)$ 가 된다. 수요에 대한 빠른 배송, 일반 배송 서비스의 평균 처리율은 μ_1 와 μ_2 가 된다. 또한 고객의 기다림 시간(waiting time)은 지수분포를 따르기 때문에, 시스템내의 평균 고객 숫자는 빠른 배송 서비스일 때, $\frac{\lambda_1(p_1, p_2, L_1, L_2)}{\mu_1 - \lambda_1(p_1, p_2, L_1, L_2)}$, 일반 배송 서비스일 때, $\frac{\lambda_2(p_1, p_2, L_1, L_2)}{\mu_2 - \lambda_2(p_1, p_2, L_1, L_2)}$ 이다. 보장된 배송시간 내에 제품이 인도되지 않을 확률은 빠른 배송 서비스인 경우는 $e^{-(\mu_1 - \lambda_1)L_1}$ 이며, 일반 배송 서비스인 경우, $e^{-(\mu_2 - \lambda_2)L_2}$ 이다. 그러므로, 빠른 배송 서비스와 일반 배송 서비스의 지연배송 보상비용에 대한 식은 다음과 같으며, 식(5)가 빠른 배송 서비스의 지연배송 보상비용을, 식(6)이 일반 배송 서비스의 지연배송 보상비용을 표현한다.

$$\frac{R_1 \times \lambda_1(p_1, p_2, L_1, L_2)}{\mu_1 - \lambda_1(p_1, p_2, L_1, L_2)} \times e^{-(\mu_1 - \lambda_1)L_1} \quad (5)$$

$$\frac{R_2 \times \lambda_2(p_1, p_2, L_1, L_2)}{\mu_2 - \lambda_2(p_1, p_2, L_1, L_2)} \times e^{-(\mu_2 - \lambda_2)L_2} \quad (6)$$

3.4.3 기업의 총 수익 함수

전체 이익은 각각의 서비스를 수행하는 시스템의 합으로 표현되며, 이에 따라 빠른 배송 서비스와 일반 배송 서비스를 수행하는 기업의 총 수익 함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
& \text{Maximize } \pi(p_1, p_2, L_1) \\
& = [p_1 - m_1] \lambda_1(p_1, p_2, L_1, L_2) \\
& \quad - \frac{R_1 \times \lambda_1(p_1, p_2, L_1, L_2)}{\mu_1 - \lambda_1(p_1, p_2, L_1, L_2)} e^{-(\mu_1 - \lambda_1(p_1, p_2, L_1, L_2))L_1} \\
& \quad + [p_2 - m_2] \lambda_2(p_1, p_2, L_1, L_2) \\
& \quad - \frac{R_2 \times \lambda_2(p_1, p_2, L_1, L_2)}{\mu_2 - \lambda_2(p_1, p_2, L_1, L_2)} e^{-(\mu_2 - \lambda_2(p_1, p_2, L_1, L_2))L_2} \quad (7)
\end{aligned}$$

Subject to

$$\mu_1 > \lambda_1(p_1, p_2, L_1, L_2), \quad \mu_2 > \lambda_2(p_1, p_2, L_1, L_2) \quad (8)$$

$$L_1 < L_2, p_1 > p_2 \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
& p_1 > 0, p_2 > 0, \lambda_1(p_1, p_2, L_1, L_2) > 0, \\
& \lambda_2(p_1, p_2, L_1, L_2) > 0, L_1 > 0, L_2 > 0 \quad (10)
\end{aligned}$$

식(8)은 M/M/1 대기모형(queueing model)의 안정성을 위한 제약식이며, 제약식(9)는 빠른 배송 서비스의 가격은 일반 배송 서비스의 가격보다 크며, 보장된 배송시간은 일반 배송 서비스의 보장된 배송시간보다 작다는 것을 표현한다. 식(10)은 각 변수들이 양의 값만을 갖는 제약식이다. 총 수익 함수의 의사결정변수는 빠른 배송 서비스의 가격인 p_1 과 일반 배송 서비스의 가격인 p_2 , 빠른 배송 서비스의 보장된 배송시간인 L_1 이므로, 빠른 배송 서비스의 수요인 식(1), 일반 배송 서비스의 수요인 식(2)를 목적식(7)에 대입하여 정리한다.

총 이익을 최대화하는 p_1, p_2, L_1 의 값은 다음의 최적 조건(optimality condition)을 따른다.

정리 1 L_1 의 값이 주어졌을 때, 총 이익 함수는 p_1 과 p_2 에 대한 오목함수이다.

증명. 목적식(7)에 대해서 p_1 과 p_2 의 헤시안 행렬(Hessian matrix)을 구하고, 목적식을 p_1, p_2 각각에 대해 2차 편미분한 값이 0보다 작고, $\frac{\partial^2 \pi}{\partial p_1^2} \frac{\partial^2 \pi}{\partial p_2^2} - [\frac{\partial^2 \pi}{\partial p_1 \partial p_2}]^2 > 0$ 이면 오목함수임이 증명된다.

p_1, p_2 에 대한 헤시안 행렬(Hessian matrix)은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
H &= \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 \pi}{\partial p_1^2} & \frac{\partial^2 \pi}{\partial p_1 \partial p_2} \\ \frac{\partial^2 \pi}{\partial p_1 \partial p_2} & \frac{\partial^2 \pi}{\partial p_2^2} \end{pmatrix} \\
&= \begin{pmatrix} -2D \frac{e^{-L_1(A)} R_1 D^2 Z}{A^3} - \frac{e^{-L_2(B)} R_2 E^2 Y}{B^3} & 2b_3 + \frac{e^{-L_1(A)} R_1 D Z}{A^3} + \frac{e^{-L_2(B)} R_2 E Y}{B^3} \\ 2b_3 + \frac{e^{-L_1(A)} R_1 D Z}{A^3} + \frac{e^{-L_2(B)} R_2 E Y}{B^3} & -2E \frac{e^{-L_1(A)} R_1 E^2 Z}{A^3} - \frac{e^{-L_2(B)} R_2 E^3 Y}{B^3} \end{pmatrix} \quad (11)
\end{aligned}$$

$$Z = 2A + 2A' + 2AA'L_1 + 2A'^2 L_1 + AA'^2 L_1^2 \quad (12)$$

$$Y = 2B + 2B' + 2BB'L_2 + 2B'^2 L_2 + BB'^2 L_2^2 \quad (13)$$

$$D = (b_1 + b_3) \quad (14)$$

$$E = (b_3 + b_5) \quad (15)$$

$$A = a - b_1 p_1 - b_2 L_1 + b_3(p_2 - p_1) + b_4(L_2 - L_1) \quad (16)$$

$$B = a - b_3 p_2 - b_6 L_2 + b_3(p_1 - p_2) + b_4(L_1 - L_2) \quad (17)$$

$$A' = \mu_1 - (a - b_1 p_1 - b_2 L_1 + b_3(p_2 - p_1) + b_4(L_2 - L_1)) \quad (18)$$

$$B' = \mu_2 - (a - b_3 p_2 - b_6 L_2 + b_3(p_1 - p_2) + b_4(L_1 - L_2)) \quad (19)$$

$$A, B, D, E, A', B', Z, Y > 0 \quad (20)$$

식 (9)의 헤시안 행렬에서, 목적식을 p_1 과 p_2 로 각각 2차 미분한 값인, $\frac{\partial^2 \pi}{\partial p_1^2}, \frac{\partial^2 \pi}{\partial p_2^2}$ 는 모두 음의 값을 가진다.

$$\frac{\partial^2 \pi}{\partial p_1^2} = -2D - \frac{e^{-L_1(A)} R_1 D^2 Z}{A^3} - \frac{e^{-L_2(B)} R_2 b_3^2 Y}{B^3} \quad (21)$$

$$\frac{\partial^2 \pi}{\partial p_2^2} = -2E - \frac{e^{-L_1(A)} R_1 b_3^2 Z}{A^3} - \frac{e^{-L_2(B)} R_2 E^2 Y}{B^3} \quad (22)$$

또한, 오목성(concavity)을 증명하기 위해서는 $\frac{\partial^2 \pi}{\partial p_1^2} \frac{\partial^2 \pi}{\partial p_2^2} - [\frac{\partial^2 \pi}{\partial p_1 \partial p_2}]^2$ 을 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial^2 \pi}{\partial p_1^2} \frac{\partial^2 \pi}{\partial p_2^2} - [\frac{\partial^2 \pi}{\partial p_1 \partial p_2}]^2 &= 4(DE - b_3^2) \\
&+ \frac{2e^{-L_1(A)} R_1 D Z (DE - b_3^2)}{A^3} \\
&+ \frac{2e^{-L_2(B)} R_2 E Y (DE - b_3^2)}{B^3} \\
&+ \frac{e^{-(L_1 A' + L_2 B')} R_1 R_2 Y Z (DE - b_3^2)^2}{A^3 B^3} \quad (23)
\end{aligned}$$

수요함수에서 정의한 대로, $b_3 > b_1, b_1 > b_3$ 이므로 $E > D > b_3$ 가 된다. 그러므로 $(DE - b_3^2) > 0$ 이 된다. 이를 통해서

$\frac{\partial^2 \pi}{\partial p_1^2} \frac{\partial^2 \pi}{\partial p_2^2} - [\frac{\partial^2 \pi}{\partial p_1 \partial p_2}]^2 > 0$ 이기 때문에 L_1 의 값이 주어졌을 때, 총 이익 함수는 p_1, p_2 에 대한 오목함수(concave function)이다.

정리 2 p_1, p_2 의 값이 주어졌을 때, 총 이익 함수는 L_1 에 대한 오목 함수(concave function)이다.

증명. 목적식 (7)에 대해서 L_1 으로 2차 미분하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial^2 \pi}{\partial L_1^2} &= - \frac{e^{-L_1(A)} R_1 A'^3 (2C + A C L_1 + A A')}{A^3} \\
&\quad - \frac{e^{-L_1(A)} R_1 C^2 Z}{A^3} - \frac{e^{-L_2(B)} R_2 b_4^2 Y}{B^3} \quad (24)
\end{aligned}$$

$$C = (b_2 + b_4) > 0 \quad (25)$$

식 (24)를 통해서 목적식을 L_1 로 2차 미분한 값이 0보다 작으

며, 총 이익함수는 L_1 에 대한 오목함수(concave function)임을 알 수 있다.

정리 1과 정리 2의 최적 조건을 사용하여 의사결정변수인 p_1 과 p_2 , 그리고 L_1 을 찾기 위한 반복 알고리즘을 개발하였다. 의사결정변수들에 대한 joint concavity를 구하지 못한 경우, 일반적인 반복 알고리즘은 부분최적해(local optima)를 찾는 경우가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서, Kaspi와 Rosenblatt(1991)는 반복 알고리즘을 이용해 계산된 부분최적해가 알고리즘의 시작점에 따라 달라진다는 것을 발견하고, 시작점을 달리하여 여러 개의 부분최적해를 찾아 그 중 가장 좋은 값을 선택하는 Rand 알고리즘을 개발하였다. 이 Rand 알고리즘은 목적함수에 대해 각각의 의사결정변수의 오목성(concavity)만 증명된 경우, 하나의 의사결정변수를 여러 구간으로 나누어 각 구간의 하한값을 반복 알고리즘의 시작점으로 설정하여 부분최적해(local optima)를 구하고, 이를 비교하여 근사최적해(near optimal solution)를 선택하는 것이다. 이러한 반복 알고리즘은 홍기성과 이철웅(2007), Moon과 Cha(2008) 연구 등에서 사용되었다.

본 연구에서는 Rand 알고리즘을 수정하여 보장된 배송시간의 상한과 하한을 구하고, 구간을 나누어 최적에 가까운 해를 찾는 알고리즘을 개발하고, 이를 통해 의사결정변수인 p_1 과 p_2 , L_1 그리고 ω 를 결정한다.

Modified RAND algorithm

Step 1. L_1 의 상한 값과 하한값($L_{1(\min)} = 0$, $L_{1(\max)} = L_2$)을 계산하고, Step 2로 넘어감.

Step 2. [$L_{1(\min)}$, $L_{1(\max)}$]를 n 등분한 후(n 은 의사결정권자에 의해 설정됨), 각 구간의 최소점을 L_{1j} 로 설정. $L(L_{11}, \dots, L_{1j}, \dots, L_{1n})j=0$ 으로 설정 후 Step 3으로 넘어감.

Step 3. $j=j+1$, $r=0$, $p_1(r)=p_2(r)=0$, $L_1(r)=L_{1j}$ 로 설정. Step 4로 넘어감.

Step 4. $r=r+1$ 으로 설정하고 Step 5로 넘어감.

Step 5. 주어진 $L_1(r-1)$ 에 대해서, 정리 1을 사용하여 p_1 , p_2 를 구하고, $p_1(r)=p_1$, $p_2(r)=p_2$ 로 설정. $p_1(r-1)$ 이고 $p_2(r)=p_2(r-1)$ 이면 Step 7, 아니면 Step 6으로 넘어감.

Step 6. 주어진 $p_1(r)$, $p_2(r)$ 에 대해서 정리 2를 이용하여 L_1 을 계산하고, $L_1(r)=L_1$ 으로 설정. Step 4로 넘어감.

Step 7. $p_{1j}=p_1(r)$, $p_{2j}=p_2(r)$, $L_{1j}=L_1(r-1)$ 로 설정. p_{1j} , p_{2j} , L_{1j} 에 대해서, 수익 PV 을 계산하고 $PV_j=PV$ 로 설정. $j=n$ 이면, Step 8, 아니면 Step 3으로 이동.

Step 8. PV_j 중에서 가장 큰 값을 갖는 j 를 선택하고, p_{1j} , p_{2j} , L_{1j} 를 의사결정변수 p_1 , p_2 , L_1 로 결정. Step 9로 넘

어감.

Step 9. 멈춤.

3.5 수치예제

RAND 반복 알고리즘을 통해 p_1 , p_2 , L_1 가 어떻게 결정 되는지 보이기 위하여 다음의 수치 예제를 적용하였다. 이 예제에 대한 매개변수(parameter) 값은 다음의 <표1>과 같다.

표 1. 수치예제에 대한 변수값

변수	값	변수	값
m_1	5	b_5	0.7
m_2	3	L_{22}	1
a	10	R_1	12
b_1	0.5	R_2	8
b_2	0.9	μ_1	14
b_3	0.2	μ_2	10
b_4	0.4	n	2
b_5	0.7		

위의 매개변수(parameter)값을 이용하여 알고리즘을 구현한 결과, 각각의 실험에 대하여 얻어진 p_1 , p_2 , L_1 값과 총 이익은 <표 2>와 같다.

표 2. 수치예제 결과값

r	시작점 = 0			시작점 = 0.5		
	L_1	p_1	p_2	L_1	p_1	p_2
1	0.147731	12.666630	8.548885	0.202502	11.487487	8.556979
2	0.176369	12.028230	8.550781	0.182659	11.894171	8.551662
3	0.179852	11.953700	8.551234	0.180558	11.938689	8.551336
4	0.180245	11.945331	8.551291	0.180324	11.943653	8.551302
5	0.180289	11.944395	8.551297	0.180299	11.944208	8.551299
6	0.180294	11.944291	8.551298	0.180297	11.944270	8.551299
7	0.180295	11.944278	8.551298	0.180296	11.944275	8.551298
8		11.944278	8.551298	0.180295	11.944278	8.551298
9					11.944278	8.551298
	총 이익		44.137071	총 이익		44.137071
$L_1^* = 0.180295, p_1^* = 11.944278, p_2^* = 11.944278,$						
총 이익 = 44.137071						

4. 수치 실험

제안된 알고리즘을 이용하여 결정된 의사결정변수 p_1, p_2, L_1 이 어떻게 변화하는지 확인하기 위해서 다음의 수치 실험을 실시하였다. 수치 실험에 사용된 매개변수(parameter)들은 Jayaswal(2009)연구의 매개변수(parameter)들을 기반으로 설정하였으며, 일부는 본 연구의 가정에 맞게 수정하였다. 각 서비스의 직접비용은 $m_1=5, m_2=3$ 으로, 일반 서비스의 보장된 배송시간은 $L_2=1$ 로 설정하였다. L_1 의 구간등분은 $n=20$ 으로 설정하였으며, 각 서비스의 처리용량은 Jayaswal(2009)연구에서 결정된 처리용량을 참고하여, 수요의 시장규모에 따라서 $\mu_1=14, \mu_2=10(a=10), \mu_1=24, \mu_2=20(a=20)$ 으로 적용하였다. 나머지 매개변수(parameter)값은 다음의 <표3>에 정리하였다.

표 3. 실험에 대한 매개변수 값

변수	경우의 수	값
a	2	{10, 20}
b_1	5	{0.48, 0.5, 0.52, 0.52, 0.56}
b_2	5	{0.84, 0.87, 0.9, 0.93, 0.96}
b_3 / b_4	2	{0.2/0.4, 0.4/0.2}
b_5	5	{0.67, 0.7, 0.73, 0.76, 0.79}
b_6	5	{0.66, 0.68, 0.7, 0.72, 0.74}
R_1 / R_2	5	{6/4, 12/8, 18/12, 24/20, 36/24}

<표 4>는 수치실험 결과 중 매개변수 값이 $a=10, b_1=0.5, b_2=0.9, b_3=0.7, b_6=0.7, R_1=12, R_2=8$ 인 경우에, 배송시간에 민감한 시장($=0.2/0.4$)과 가격에 민감한 시장 ($b_3/b_4=0.4/0.2$)에 대해 개발된 알고리즘을 적용하여 얻은 총 이익과 p_1, p_2, L_1 및 각

서비스의 수요를 정리한 것이다.

표 4. 실험결과

	배송시간에 민감한 시장	가격에 민감한 시장
p_1	11.944277	11.482031
p_2	8.551297	8.872543
L_1	0.180295	0.178697
빠른 배송 서비스 수요	4.258985	3.514882
일반 배송 서비스 수요	3.968754	4.507343
총 이익	44.13707	43.63549

모든 수치 예제 데이터를 분석한 결과, 빠른 배송 서비스의 가격(p_1)과 수요는 항상 가격에 민감한 시장보다 배송시간에 민감한 시장에서 더 높은 값을 가지며, 일반 배송 서비스의 가격(p_2)과 수요는 배송시간에 민감한 시장보다 가격에 민감한 시장에서 더 높은 값을 가짐을 확인할 수 있다. 하지만 빠른 배송 서비스의 보장된 배송기간은 각각의 시장에서 이러한 경향성이 나타나지 않음을 확인하였다.

일반적으로 빠른 배송 서비스의 보장된 배송시간이 감소하면, 이에 대한 가격이 증가하는 경향을 가진다. 이를 확인하기 위해서, 각 시장별 L_1 을 변화시켜 이에 대한 p_1 의 변화를 추적하고, 가격과 보장된 배송시간의 상관관계 분석을 실시하였다. <표3>의 매개변수를 사용하였으며, L_1 은 최소 0.025부터 최대 0.865까지의 값 중 25개를 추출하여 설정하였다. 분석결과 가격에 민감한 시장에서는 최대 -0.981, 최소 -0.902인 음의 상관관계를 가지고 있으며, 배송시간에 민감한 시장의 경우 최대 -0.986, 최소 -0.921의 음의 상관관계를 가지고 있다. 결과를 통해 보장된 배

송시간이 증가함에 따라 가격이 감소함을 확인할 수 있었다. 또한 보장된 배송시간과 가격의 선형관계를 확인하기 위해서 회귀 분석에 대한 가설과 검증을 동시에 실시했지만, 모든 수치예제 데이터가 선형관계를 갖지 못하였다.

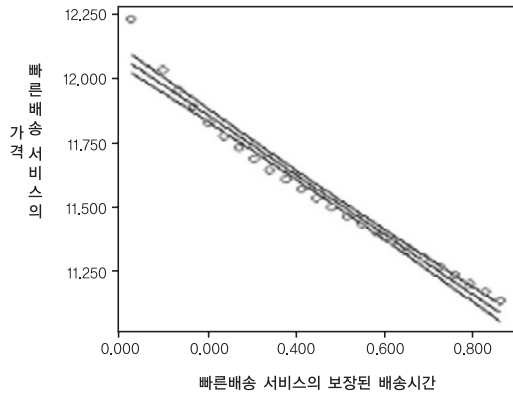


그림 1. 배송시간에 민감한 시장

〈그림 1〉과 〈그림 2〉는 $a=10$, $b_1=0.5$, $b_2=0.9$, $b_3=0.7$, $b_6=0.7$, $R_1=6$, $R_2=4$ 인 매개변수를 이용한 배송시간에 민감한 시장과 가격에 민감한 시장의 산점도이며, 빠른 배송 서비스의 가격은 보장된 배송시간에 대해서 비선형관계이지만, 감소 함수형태로 표현되는 것을 알 수 있다.

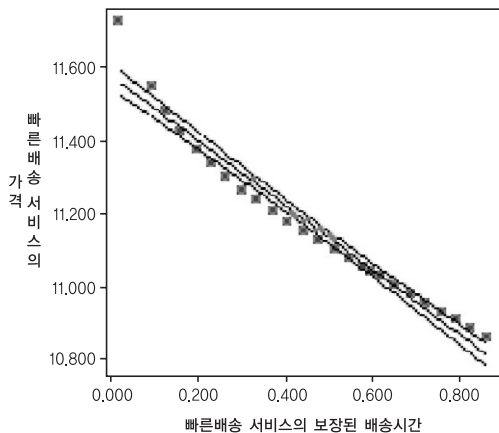


그림 2. 가격에 민감한 시장

또한, 각 매개변수 b_1 , b_2 , b_3 , b_6 의 증가에 따른 민감도 분석을 실시하여, 각 시장별로 최대이익을 얻을 수 있는 p_1 , p_2 , L_1 이 어떻게 변화하는지를 분석하였으며, 그에 대한 결과는 〈표5〉에 정리하였다. 이 분석에는 〈표3〉의 매개변수 값이 사용하였으며, 계산된 결과에 대해 각 데이터들의 상관관계를 상관관계 분석을 통해서 증가와 감소를 표현하였다.

표 5. 각 매개변수의 증가에 따른 L_1 , P_1 , P_2 의 변화

	배송시간에 민감한 시장			가격에 민감한 시장		
	L_1	P_1	P_2	L_1	P_1	P_2
b_1	증가	감소	감소	증가	감소	감소
b_2	감소	증가	감소	감소	증가	감소
b_3	감소	감소	감소	증가	감소	감소
b_6	감소	증가	감소	증가	감소	감소

빠른 배송 서비스의 가격(p_1)과 배송시간(L_1)은 대부분의 경우, 서로 반비례하여 변동하지만, 배송시간에 민감한 시장에서 L_1 과 p_1 가 동시 감소하는 상황이 일반 서비스의 수요에 대한 가격 탄력성 b_3 가 증가하는 경우에 발생하였다. 결국 보장된 배송시간의 단축으로 보다 높은 가격을 고객에게 받을 수 있지만, 시장 상황과 다른 서비스의 가격에 의해서 가격정책이 변화할 수 있다는 것을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후과제

급격히 변화하는 경영환경에서 많은 기업들은 시간을 차별화 도구로 활용하여 기업 경쟁력의 요소로 활용하고 있다. 또한 서비스를 받는 시간에 따라 가격을 차등해서 지불하려는 고객의 성향과 맞물려, 기업들은 높은 가격에 좀 더 빠른 배송을 실시하는 서비스를 만들어 냈다. 특히, 운송업체, 전자상거래 업체, 피자 배달과 같은 음식 배달업체 등의 서비스를 이용하는 고객은 기업에서 공정한 배송시간과 가격을 통해, 구매의사를 결정하려고 한다.

본 연구는 고객의 주문을 받아 처리하는 이러한 서비스 기업의 운영자를 고려하여, 가격과 배송시간에 민감한 수요와 지연 배송 보상비용을 고려한 가격과 보장된 배송시간 정책에 대해 연구하였다. 회사는 고객의 요구에 따라 빠른 배송과 일반 배송의 2가지 배송 서비스를 실시하고 있다. 각 서비스는 M/M/1 대기 모형을 따른다고 가정하였다. 이를 통해, 기업의 이익을 최대화시키는 가격(p_1 , p_2)과 보장된 배송시간(L_1)을 구하는 모형과 의사결정변수를 결정하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 수치 실험을 통해서, 시장상황과 수요변동성의 변화에 따라, 기업의 이익을 최대화시키는 가격과 보장된 배송시간의 추이를 확인하였다. 이를 통해 보장된 배송시간이 단축될수록 더 많은 가격을 받을 수 있지만, 때로는 시장의 상황에 따라서, 빠른 배송 서비스의 가격을 올리는 것이 최적이지 아닐 수도 있음을 확인하였다. 따라서 운영자는 단순히 배송시간에 따라 가격을 설정하는 것이 아니라 각각의 시장 상황에 맞는 정책을 수립해야 하며, 본 논문의 결과가 최적의 정책을 수립하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 기업의 주문처리 용량에 대한 부분을 고려하지 않았다. 주문처리용량의 부족상황은 수요함수의 조절을 통해 문제를 해결할 수 있었지만, 이 것은 근본적 해결방법은 아니다. 이러한 소극적인 방법보다는 처리용량의 확장과 이에 대한 비용을 고려하여 문제를 확장하고, 이에 대한 정책을 수립하는 것이 더 적절하다. 따라서 이에 대한 추가 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] 홍민선, 임석철(2003), 인터넷 환경의 수주생산용 납기확약 시스템 개발, 한국SCM학회지, 제3권, 제1호, pp. 1~6.
- [2] 김영갑, 서우중, 김갑중(2002), 국내 인터넷쇼핑몰의 내/외 부 환경요인이 제3자 물류공급 업체 선정에 미치는 영향에 관한 실증연구, 한국SCM학회지, 제2권, 제1호, pp. 9~20.
- [3] 홍기성, 이철웅(2007), 전자시장 환경에서 동적가격결정을 고려한 선적통합, 한국SCM학회지, 제7권, 제2호, pp. 22~34.
- [4] Stalk, G, Hout, T.M.(1990), *Competing against time: How time-based competition is reshaping global markets*, NewYork: The Free Press
- [5] So, K. C., Song, J. S. (1998), Price, delivery time guarantees and capacity selection, *European Journal of Operational Research*, Vol.111(1), pp.28~49.
- [6] Goolsbee A. (2000). In a World without Borders: The Impact of Taxes on Internet Commerce, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.115(2), pp.561~576
- [7] Lynch J. G and Ariely D. (1998), Interactive Home Shopping: Effects of Search Cost for Price and Quality Information On Consumer Price Sensitivity, Satisfaction With Merchandise and Retention, *Marketing Science and the Internet, INFORMS Collegeon Marketing Mini-conference*, Cambridge, MA, pp.6~8
- [8] Hill A. and Khosla I. (1992), Models for optimal lead time reduction, *Production and Operation Management*, Vol.1(2), pp.185~197.
- [9] Palaka K., Erlebacher S., and Kropp D. H.(1998), Lead-time setting, capacity utilization, and pricing decisions under lead-time dependent demand, *IIE transactions*, Vol.30(2), pp.151~163.
- [10] Ray S. and Jewkes E. M. (2004), Customer lead time management when both demand and price are lead time sensitive, *European Journal of Operational Research*, Vol.153(3), pp.769~781.
- [11] Webster S. (2002), Dynamic pricing and lead-time policies for make-to-order systems, *Decision Sciences*, Vol.33(4), pp.579~599.
- [12] Boyaci T. and Ray S. (2003), Product differentiation and capacity selection cost interaction in time and price sensitive markets, *Manufacturing and Service Operations Management*, Vol.5(1), pp. 18~36.
- [13] Boyaci T. and Ray S. (2006), The impact of capacity costs on product differentiation in delivery time, delivery reliability and price, *Production and Operations Management*, Vol.15(2), pp.179~197.
- [14] Pekgun P., Griffin P. M., Keskinocak P.(2006), Centralized vs. decentralized competition for price and lead-time sensitive demand, Working paper, School of Systems and Industrial Engineering, Georgia Institute of Technology
- [15] Jayaswal S. (2009), Product differentiation and operations strategy for price and time sensitive markets, Ph D thesis, Management Sciences, the University of Waterloo
- [16] Hadar J., Hillinger C. (1969), Imperfect Competition with Unknown Demand, *The review of economic studies*, Vol.36(4), pp.519~525.
- [17] Kaspi M, Rosenblatt M. (1991), On the economic ordering quantity for jointly replenished items, *International Journal of Production Research* Vol29, pp 107~114.
- [18] Moon, I.K., Cha, B.C. (2006), The joint replenishment problem with resource restriction, *European Journal of Operational Research*, Vol.173(1), pp.190~198.



함 중 현

동국대학교 산업공학과 학사

현재 : 고려대학교 정보경영공학
전문대학원 석사과정

관심분야 : 항공/해운 교통물류, SCM,
공급망 위험관리



이 철 웅

서울대학교 산업공학과 학사

서울대학교 산업공학과 석사

Pennsylvania state Univ. 산업공학박사

University of waterloo 박사후 과정

현재 : 고려대학교 정보경영공학부 교수

관심분야 : 항공/해운 교통물류,
물류시스템 설계 및 제어,
e-Marketplace

새주소체계에 따른 우리나라 우편번호체계의 최적설계에 관한 연구[†]

임준묵^{*†} · 황은정^{*} · 차춘남^{**} · 이성준^{***}

한밭대학교 산업경영공학과^{*} · 경상대학교 산업시스템공학부/공학연구원^{**}

한국전자통신연구원 지능형우편연구팀^{***}

An optimal design of postal code system through the benchmarking of advanced countries[†]

Joon-Mook Lim^{*†} · Eun-Jeong Hwang^{*} · Chun-Nam Cha^{**} · Seong-Jun Lee^{***}

Dept. of Industrial and Management Engineering, Hanbat National University^{*}

Dept. of Industrial & System Engineering, Gyungang National University^{**}

Electronics and Telecommunications Research Institute^{***}

A new address system based on road name(Road Name Address) has been introduced since April, 2007. By the Enforcement Ordinance(2007) we should use only Road Name Address nationwide from 2012. If Road Name Address system is introduced with keeping current address system based on lot number and current postal code system, many problems such as the followings are anticipated. Those problems include confusion of sorting process by duplex address notation, unavoidable route division by deliver area boundary, improperly matching problem between address and postal code. Hereafter inefficiency and turmoil are expected in collection and delivery work of postal letter. Therefore the change of Postal Code System and renumbering of Postal Code are required to increase the efficiency of postal work.

In this paper, we analyzed the effect of delivery area and postal code by introducing road name address system, and suggested improvement directions through the benchmarking of advanced countries. Considering those directions we proposed four new alternatives for postal code system and evaluated these. The suggested new postal code systems are expected to be utilized effective under the road name address system.

Keywords: Postal Code System, Road Name Address System

[†] 본 연구는 2008년도 한밭대학교의 지원으로 수행되었습니다.

[‡] Corresponding author: San 16-1, Duckmyung-dong, Yusong-gu, Daejeon, 305-719, S. Korea,

Tel: 82-42-821-1231 Fax: 82-42-821-1591 E-mail: jmlim@hanbat.ac.kr

^{*} 2009년 9월 17일 투고, 2009년 10월 29일 게재 확정.

1. 서론

일명 ‘우편번호’라고 일컫는 우편번호체계는 1970년에 우리나라에 처음으로 도입되었다. 처음에 도입될 시점에서의 우편번호는 발송구분의 편의성을 제고하기 위해서 전국의 우체국에 하나씩의 코드를 부여하는 방식을 사용하였다. 5개의 숫자로 된 □□□-□□체계의 코드를 사용하였고 세 번째와 네 번째 사이에 하이픈(‘-’)을 넣어서 구분하였다. 앞의 3자리는 시,도지역 및 대,중,소 중계국을 나타내며 뒤의 2자리는 배달국 번호를 나타낸다.

그 이후 1980년대에 들어 우편물량이 급격히 증가함에 따라서 우편물의 발송구분 뿐 만 아니라 배달작업을 위한 구분과 직체결국에서의 우편물의 처리작업의 효율성을 높이는 일이 절실히 요구되었다. 1988년에 5자리에서 6자리 체계로 전면적으로 개편하면서 □□□-□□□의 체계를 채택하였다. 앞의 3자리는 전국의 집배국을 시,도지역 및 시,군,구에 따라서 부여하였고, 뒤의 3자리에는 집배구 단위로 번호를 부여하였다.

1990년대 말 부터 전국에 대형 집중국을 건설하고 우편물을 집중국 별로 모아서 우편번호를 자동 인식한 후 발송구분을 수행하는 자동구분체제로 전환하여 우편물 처리 프로세스 상의 커다란 변화가 이루어졌다. 또한 대형건물 등의 건축에 따른 다량배달처 등의 문제점을 보완하기 위해서 2000년에는 뒤의 세 자리 우편번호에 800번 대의 지번을 할당하고, 읍,면,동,리를 세분하여 번호를 부여하였으며 700번 대에는 다량배달처 등을 할당하는 등의 미세 조정을 하여 우편물의 자동구분의 효율성을 높일 수 있도록 하였다.

현재 사용되고 있는 우편번호체계는 2000년에 개정된 □□□-□□□의 체계를 그대로 사용하고 있으며 코드의 세부적인 내용만 일부 수정 보완하여 사용하고 있다.

이와 더불어 우리나라의 우편주소체계는 일제강점기 시절에 마련되었던 지번 중심의 주소체계(이하 ‘지번주소’)를 사용하다가 2007년 4월부터 도로명과 건물번호를 기반으로 하는 주소체계(이하 ‘도로명주소’)를 사용하도록 하는 「도로명주소등표기에 관한법률시행령(2007)」이 발효되었다. 2011년까지는 원칙으로 도로명주소를 사용하되 기존의 지번주소와 도로명주소를 병행 사용하다가 2012년부터는 도로명주소만을 사용하여야 한다.

2007년부터는 우편주소에 도로명주소가 사용되고 있으므로 기존의 우편번호체계는 새주소체계(도로명주소)와 여러 가지 면에서 적합성이 떨어진다. 따라서 우리나라의 우편번호체계를 새로운 주소체계에 맞춰서 새롭게 재정립해야할 필요성이 있다.

우편번호는 우편물의 구분과 배달의 효율성을 제고하는 매우 중요한 핵심 요소이다. 미국을 비롯한 우편선진국에서는 오래전

부터 도로명주소를 사용하여왔고 그에 맞춰서 우편번호를 설정하여 우편사업의 효율성을 높여왔다. 이제 우리나라도 도로명주소 체계로 변경이 이루어졌고 약 2-3년 후부터는 본격적으로 도로명주소체계가 사용됨에 따라서 새주소체계에서 최대의 효율성을 발휘할 수 있는 우편번호체계의 설계가 절실히 요구된다.

본 연구에서는 효율성이 높은 우편번호체계를 가지고 있는 것으로 알려진 미국을 비롯한 우편선진국의 우편번호체계를 벤치마킹하고, 우편번호체계의 특성을 고려하여 도로명주소체계하에서 최적의 효율성을 제고할 수 있는 우편번호체계에 대한 대안을 제시함은 물론 평가를 수행하여 향후 우편번호체계의 변경에 있어 서 기초연구자료로 활용할 수 있도록 하고자 한다.

2. 새주소체계의 도입에 따른 우리나라 우편번호체계의 문제점

장태우 외(2006)에 의하면 6자리체계를 가진 현재의 우편번호에 대한 문제점을 집중국 중심체제의 반영 미흡, 우편배달 순로구분 자동화 반영 미흡, 다량배달처, 다량우편물 고려 미흡, 행정구역 변화에 따른 반영 미흡 등의 네 가지 측면에서 분석하고 있다.

그러나 2007년부터 우리나라에도 도로명을 중심으로 하는 새주소체계가 도입됨에 따라 주소의 코딩(coding)을 근간으로 하는 우편번호체계에도 변화가 불가피 해졌다. 본 절에서는 도로명주소체계가 본격적으로 시행될 경우 현행의 우편번호가 가지는 문제점을 우편번호의 정의, 집배구의 매칭(matching), 도로잘림, 구분작업 및 배달순로의 혼란 등으로 나누어서 살펴보기로 한다.

2.1 우편번호 및 집배구의 구역 정의가 매우 복잡해짐

우편번호의 구역을 도로명에 의해 정의하는 것은 기존의 지번주소로 정의하는 경우보다 복잡하고 많은 어려움이 따른다. 기존의 지번체계에서는 행정동 또는 번지를 사용하여 우편번호를 정의할 수 있다. 그러나 도로명주소체계에서는 먼저 도로명에 의해 우편번호의 범위를 정의해야하며, 우편번호 영역 내부의 모든 도로명을 일일이 명시해야하는 번거로움이 따른다. <표 1>은 하나의 우편번호를 현행의 지번주소체계와 도로명주소체계로 각각 정의하는 경우의 한 예를 보여준다.

<표 1>에서 보는 바와 같이 우편번호는 지번주소에 의해 행정구역 및 번지로 명확하게 구분이 가능하다. 또한 지번은 블록의 개념으로 테두리와 내부에 의한 정의가 필요치 않다. 그러나 도로명 주소로 우편번호를 정의하려면 먼저 도로명에 의한 우편번호

표 1. 도로명 주소에 따른 우편번호의 정의

우편 번호	지번주소로 표현	도로명주소로 표현	
		테두리	내부
302-829	둔산2동 1032~1122번지	대덕대로 홀수 255~293 계룡로 짝수 632~660 만년길 짝수 2~36 향촌길 짝수 2~26	루고개길 양쪽 둔지미길 홀수 1~19 둔지미길 짝수 2~20

호의 범위를 정의해야하며 우편번호 영역내부도 도로명으로 정의해야한다. 또한 도로는 홀수, 짝수에 의해 다시 구분되며 건물번호에 의한 주소의 표현으로 이루어지는 복잡한 정의가 필요하다.

2.2 우편번호와 집배구의 매칭문제

현행의 우편번호에서는 하나의 우편번호를 가지고 집배구를 찾기 힘들며 오히려 우편번호 내에서 지번 순으로 다시 집배구를 나누는 상황이 빈번히 발생하게 된다. <표 2>에서 보는 바와 같이 한 예로 현행 우편번호 302-817의 경우를 살펴보면 우편번호가 집배구에 의해 3개의 영역으로 나뉘는 현상을 볼 수 있다.

표 2. 집배구에 의한 우편번호의 분할

시/구/행정동	D광역시 A구 내동		
배달구분우편번호	302-817		
집배구	집배구1 (11041)	집배구2 (11045)	집배구3 (11047)

이와 같은 현상은 현행의 우편번호가 개정된 후 여러 번의 집배구조정과 지번의 변경이 이루어지면서 우편번호와 집배구가 1:1 대응의 관계를 이루지 못하기 때문이다. 연구보고에 의하면 D광역시의 A구 전체에 대한 우편번호:집배구의 대응관계 조사에서 우편번호 중 하나의 집배구를 표현하는 것이 가능한 우편번호는 전체의 62.1%에 지나지 않음을 보여준다(임준묵, 2007; 황은정, 2008). 나머지 37.9%의 우편번호는 2~7개의 집배구로 나뉘어져 있어 하나의 우편번호로 집배구를 정의할 수 없음을 의미한다.

2.3 집배구 또는 우편번호간의 도로잘림 현상 발생

도로명주소가 도입되게 되면 집배구는 도로명을 가지고 정의

하기가 매우 어려울 것으로 예상되며 도로잘림현상의 발생으로 우편물의 집배구별 구분에 있어서 비효율성이 예상된다. 여기서 집배구내 도로잘림이란 도로의 종점과 기점이 한 집배구 범위를 벗어나는 현상을 말한다. 한 집배구내에 있는 도로가 잘리면 집배원의 배달동선의 정의가 복잡하고 배달의 효율성이 떨어지는 것이 일반적이다. <표 3>은 D광역시 A구의 도로의 종류별에 따른 집배구내 도로수와 도로잘림율을 보여준다(임준묵, 2007; 황은정, 2008).

표 3. 도로의 특성별 집배구 및 우편번호

구분	도로수 (㉠)	평균 도로길이 (m)	집배구내 도로수 (㉡)	집배구내 도로잘림율 (㉢/㉡)
주간선도로	7	4776.4	73	10.4
보조간선도로	18	3365.4	146	8.1
소로 및 골목길	568	619.6	818	1.4

<표 3>에서 보는 바와 같이 주간선 및 보조간선 도로의 경우 집배구내 도로잘림율이 10.4로 매우 높은 것을 볼 수 있는데, 이는 주간선 및 보조간선 도로는 도로의 길이가 길어 한 집배구 내에 포함되는 경우가 드물며 주로 집배구의 경계나 소로의 기점을 형성하게 되기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 소로 및 골목길의 경우는 비록 집배구내 도로잘림율이 1.4로 주간선 및 보조간선 도로의 경우에 비해서 낮은 수치를 보이고 있지만 도로길이가 평균 619.6m로 짧은 점을 감안하면 도로잘림의 빈도수가 큰 것으로 판단된다. 소로 및 골목길의 도로수는 총 568개 인데 집배구내에 나타나는 도로수는 818개로 집배구에 의해 잘린 소로 및 골목길의 수는 250(㉢-㉡)개나 되고 총 도로의 44%가 집배구에 의해 나뉘어짐을 알 수 있다.

2.4 집배구 및 우편번호 내부의 도로잘림 현상 발생

현행의 집배구와 우편번호체계 하에서 도로명주소가 도입될 경우 한 우편번호내에서 도로가 여러 토막으로 분리되는 도로잘림 현상이 빈번히 발생하여 우편번호의 활용과 집배업무의 효율성이 매우 저하될 것으로 예상된다.

집배구 및 우편번호내에서의 도로 잘림현상은 집배구도로잘림율, 우편번호도로잘림율, 배달코스도로잘림율 및 집배구간도로잘림율 등으로 나타낼 수 있다. 집배구도로잘림율은 집배구내 도로잘림수의 합을 집배구내 전체 도로수로 나누어 집배구내 도로의 잘림비율을 측정하는 것으로 정의하며, 우편번호도로잘림율은 해당 우편번호 내 도로잘림수의 합을 우편번호내 전체 도로수로 나누어 우편번호에 의한 도로의 잘림비율을 측정하는 것으로

로 정의한다. 한편, 배달코스도로잘림율은 코스별 도로잘림수의 합을 코스내 전체 도로수로 나누어 구하고 집배구간도로잘림율은 집배구가 나뉘므로 인해 기중점이 서로 다른 집배구에 포함된 도로의 수를 집배구내 도로수로 나누어 구하며 기중점이 집배구에 의해 벗어난 도로의 비율을 나타낸다.

D광역시 A구의 4개의 집배구에 대한 표본 실사결과로 부터 각각의 도로잘림율은 <표 4>와 같다(임준묵, 2007; 황은정, 2008).

표 4. 집배구 및 우편번호내의 도로잘림율

구분	도로잘림율
집배구 도로잘림율	4.3
우편번호 도로잘림율	4.0
배달코스 도로잘림율	1.3
집배구간 도로잘림율	0.6

<표 4>로부터 한 집배구내에서 한 도로는 평균 4.3 토막 이상으로 잘리며, 한 우편번호내에서는 평균 4.0 토막으로 나뉘어짐을 알 수 있다. 보다 세부적으로 살펴보면 한 배달코스에서 도로는 평균 1.3토막으로 나뉘며 집배구와 집배구간에 걸쳐있는 도로의 비율도 60%에 이름을 알 수 있다.

이는 도로명주소체계하에서 현행우편번호 체계를 그대로 사용하여 되면 도로잘림현상이 심각하여 배달의 효율성이 현저하게 떨어질 수 있음을 의미한다.

2.5 배달구분을 위한 대구분 및 소구분 작업의 비효율성을 초래함

순로구분작업은 크게 우편물에 대해 코스나 번지별로 구분하

여 구분 칸에 넣는 대구분 작업과 대구분된 우편물을 순로에 따라 정렬하는 소구분 작업으로 나누어진다. 기존의 지번주소를 활용하여 대구분 작업을 수행할 경우는 코스에 해당하는 본번과 부번만을 가지고 구분작업을 수행하면 된다. 반면 도로명주소를 사용하여 구분할 경우는 한 코스가 3~4개의 도로명으로 구성되어 있으며, 도로의 양쪽을 구분하는 홀수와 짝수 및 그에 해당하는 건물번호를 연계해서 구분해야하는 등의 복잡한 과정이 필요하다. 또한 한 배달코스에 여러 도로명을 중첩해서 경유함으로 인해 배달코스내 우편물을 순서대로 정렬하는 '소구분' 작업은 더욱더 복잡해진다.

2.6 배달순로의 혼란 발생

도로명주소에서 현행 지번에 기초한 우편번호를 사용하여 배달순로를 설정하게 되면 도로의 잘림 등으로 인해 배달경로가 매우 복잡해지고 배달경로 내에 하나의 도로가 이중 삼중으로 중첩되어 나타나는 등의 배달순로 혼란이 예상된다.

3. 우편선진국의 사례분석을 통한 시사점 도출

우리나라에서 도입한 새주소체계는 대부분의 우편선진국에서 모두 채택하고 있는 도로명을 기반으로 하는 주소체계이다. 따라서 우편선진국이라고 일컬어지는 유럽의 영국, 프랑스, 독일과 미국의 미국, 캐나다 아시아의 일본 그리고 호주 등의 우편번호와 주소체계에 따른 우편번호의 부여 방법을 살펴보고 그로부터 얻을 수 있는 시사점을 도출하고자 한다.

표 5. 우편선진국의 우편번호 및 배달점코드 체계 요약

국가	인구수 (천명) 2003현재	우편번호				배달점코드	
		우편번호 표시방법	예제	최대사용 가능 우편번호수 (천개)	사용 우편 번호수 (천개)	배달점 코드 구성	배달점수 (만개)
영국	59,650	5~7자리 문자/숫자	EC1Y 8SY	456,970	1,600	우편번호(5~7)+2	2,600
프랑스	60,870	2(지역)+3(발송구분) 숫자	33380	100	-		
독일	83,030	1(지역)+1(세부지역)+3(발송구분) 숫자	26133	100	8.3	우편번호5+3(도로)+3(번지)	4,000
미국	284,000	5(발송구분:ZIP)+4(블록/거리) 숫자	16802-10131	1,000,000	25,000	우편번호(5+4)+2 (번지 일부 또는 사서함 번호)	14,500
캐나다	31,590	3(발송구분)+3(배달구분) 문자/숫자	H3Z 2Y7	17,570	850	우편번호(3)+3(13개 건물당 할당)	1,200
일본	126,280	3(발송구분)+4 숫자	350-1106	10,000	120	우편번호(3+4)+13(번지 이하)	9,000
호주	19,550	1(주/준주)+3(발송구분) 숫자	2026	10	2.6	8자리 임의 숫자	900
한국	47,900	3(발송구분)+3(배달구분) 숫자	305-719	1,000	28	우편번호(3)+6(임의 숫자)	2,000

3.1 우편선진국의 우편번호체계

우편선진국의 현행 우편번호체계와 배달점코드체계를 요약하면 <표 5>와 같다(ETRI, 2003a). 영국과 캐나다는 숫자와 문자가 혼합된 체계를 사용하고 있으며 그 밖의 나라는 숫자로만 이루어진 체계를 사용하고 있다. 또한 우편배달업무의 중요한 정보를 제공하는 배달점코드의 구성 또한 그와 유사하다. 호주를 제외한 모든 나라에서 배달점코드에 우편번호의 일부 또는 전부를 포함시키고 있음을 알 수 있다. 이는 우편번호가 배달점 즉 최종 주소지의 정보를 일부 또는 전부를 포함하여 설계되고 있음을 의미한다.

3.2 우편선진국의 주소체계와 우편번호 부여 방식

우편선진국들의 주소 체계는 일본을 제외한 대부분의 국가에서 도로명 주소를 채택하여 사용하고 있으며 주소 부여방식은 거의 동일한 것으로 나타났다. 그러나 우편번호체계 및 부여방식은 나라마다 다르며 우편번호가 표현하는 주소의 범위의 차이에 따라 세분화방식과 광역화방식으로 나누어진다. 우편선진국의 사례를 세분화와 광역화 방식으로 나누어 정리하면 <표 6>과 같다.

표 6. 각 국가별 우편번호의 방식

구분	세분화된 우편번호를 사용하는 경우	광역화된 우편번호를 사용하는 경우
해당국	미국, 캐나다, 영국	독일, 프랑스, 호주
자릿수	많음(6자리~11자리)	적음(4~5자리)
주소 표현정보	세분화 구역(블록), 도로그룹, 도로구간	광역화 구역(지리적 영역)

세분화된 우편번호 방식을 취하는 대표적인 나라로는 미국, 영국, 캐나다를 들 수 있다. 미국, 영국, 캐나다의 우편번호를 살펴보면 세분화된 주소의 정보를 포함하는 것을 알 수 있다. 우편번호의 자릿수는 6자리 이상으로 미국의 경우는 11자리까지 사용하여 우편번호로 주소정보를 표현한다. 세분화된 우편번호는 도로그룹, 도로구간, 도로사이의 블록까지 주소정보를 포함한다. 이런 세분화 방식의 우편번호는 주소정보를 세부적으로 표현하고 있기 때문에 우편번호와 집배구간의 대응관계가 명확하고 집배원별 구분 및 순로구분정보를 쉽게 획득할 수 있는 장점을 가진다.

광역화된 우편번호 방식을 취하는 대표적인 나라로는 독일, 프랑스, 호주를 들 수 있다. 독일, 호주, 프랑스의 우편번호를 살펴보면 광역화된 행정구역의 주소정보까지만 우편번호로 표현하는 것을 알 수 있다. 그러나 세분화된 우편번호에 비해 우편번호

의 자릿수가 4~5자리로 짧아 일반사용자가 활용하기 편리하고 우편번호의 영역이 넓기 때문에 우편환경의 변화에 따라 영향을 거의 받지 않아 우편번호의 변경이 거의 필요 없다는 커다란 장점을 가지고 있다.

3.3 우편선진국의 우편번호와 주소체계로부터의 시사점

우편선진국의 우편번호체계와 주소체계로부터 우편번호가 가져야 할 기본 특성으로 세분화, 광역화 및 도로명주소정보의 표현 등의 세 가지를 들 수 있다. 각각의 특성에 대해서 아래에서 살펴보기로 한다.

3.3.1 세분화

우편번호의 세분화란 우편번호의 영역을 세분화하여 주소의 세부정보를 표현하는 방식을 말한다. 이러한 세분화 방식의 우편번호는 주소정보를 세부적으로 표현할 수 있고 우편번호와 집배구간의 대응관계가 명확하며 우편번호에 의한 집배구의 정의가 쉽다는 장점을 가진다. 또한 우편번호가 세분화 되어 있으므로 우편번호만을 가지고 집배원별 구분이 가능하고 우편번호에 순로구분 정보를 포함할 수 있어 자동순로구분의 효과를 제고할 수 있는 장점을 가진다. 그러나 우편번호가 세분화되어 우편번호 자릿수가 길어지고 일반 사용자의 활용성이 떨어지며 우편번호 DB의 용량이 커서 관리 및 검색이 힘들고 자동인식률이 떨어질 수 있다는 단점도 가진다.

현재 우리나라의 25개 우편집중국에서는 6자리의 우편번호를 인식하여 우편물을 집배구 기준으로 구분하는 것을 목표로 하고 있다. 그러나 우편번호와 집배구의 비정합성 문제가 발생하여 구분 자동화의 효과를 떨어뜨리고 있다.

임준묵(2007)과 황은정(2008)에 의하면 D광역시 A구의 사례에서 우편번호의 영역이 집배구의 경계에 의해서 2개 이상의 영역으로 나뉘는 경우가 평균 73%에 이르고 있음을 보여준다. 이것은 100개의 우편번호 중 약 73개는 2개 이상의 집배구에 걸쳐 있다는 것을 의미한다. 이것은 우편번호가 세분화되어 있지 못해서 나타나는 현상으로 집배구 구분 작업이 추가적으로 발생하게 되며 우편번호를 활용한 대구분 및 소구분 작업에 있어서의 구분효과는 기대할 수조차 없다.

3.3.2 광역화

우편번호의 광역화란 우편번호의 영역을 광역화하여 주소의 정보를 표현하는 방식을 말한다. 광역화된 우편번호는 자릿수가 적어 일반사용자의 활용이 용이하고 우편번호의 영역이 넓기 때

문에 우편환경의 변화에 따른 영향을 받지 않아 안정성이 높으며 우편번호의 확장과 관리가 용이한 장점을 가진다. 반면에 광역화된 우편번호는 넓은지역을 하나의 코드로 표현하기 때문에 세부적인 주소정보의 표현이 어렵고 집계구 구분이나 순로구분정보를 포함시키지 못하는 단점을 가진다.

앞서 살펴본 바와 같이 광역화의 장점을 충분히 살릴 수 있도록 독일과 프랑스의 경우는 모두 5자리만을 사용하는 우편번호체계를 채택하고 있으며 호주의 경우도 국토 전역을 광역으로 나누어 4자리의 우편번호를 부여하고 있다. 미국의 경우는 우편번호의 전체 체계는 세분화 방식을 취하고 있지만 ZIP(5)+□□□□+□□의 체계를 갖추어 앞의 ZIP(5자리)만을 사용할 경우는 광역화의 장점을 충분히 살릴 수 있도록 하고 있다. 연구보고(ETRI, 2007)에 의하면 최근 20년간 ZIP코드의 변경이 전혀 없었던 것으로 조사되었다. 이러한 점을 종합하면 우편번호는 적어도 광역화의 유연성을 가질 수 있도록 설계되어야함을 알 수 있다.

3.3.3. 세분화 및 광역화 관점의 현행 우리나라 우편번호체계

앞의 세분화 및 광역화에서 살펴본 바와 같이 우편번호는 세분화 특성과 광역화 특성이 모두 요구되는 것으로 볼 수 있다. 현행의 우리나라 우편번호체계는 세분화 관점에서 보면 집계원별 구분까지 가능한 것으로 볼 수 있으나 우편번호와 집계구간의 비정합성으로 인해서 세분화의 역할을 수행하고 있지 못하다. 또한 광역화의 관점에서 보면, D광역시의 A구에 대한 실사 자료로부터 현행 우편번호는 <표 7>에서 보는 바와 같이 하나의 행정동에 평균 6.68개, 하나의 집계구에 평균 2.20개의 우편번호가 할당되어 있어 집계구의 조정이나 행정구역의 조정에 우편번호가 직접적으로 영향을 받는 등 우편번호의 광역화 특성을 전혀 반영하고 있지

표 7. D광역시 A구의 우편번호 수 요약

구 분	우편번호수(개)	비고
광역시 A구 전체	227	2007 우편 번호부 기준
행정동당 평균(34개 기준)	6.68	
집배구당 평균(103집배구 기준)	2.20	

못함을 알 수 있다(임준목, 2007; 황은정, 2008).

결국, 현재의 우리나라 우편번호는 광역화된 우편번호의 장점을 살리지도 못하고 세분화된 우편번호의 장점도 살리지도 못하는 어중간한 체계를 가지고 있어서 근본적인 체계의 변경이 요구된다고 할 수 있다.

3.3.4. 도로명 주소정보 표현의 필요성

2007년 4월부터 우리나라에서도 도로명주소를 도입하고 있다. 우편번호 고유의 사명(mission)은 주소정보를 코드화하여 우

편업무의 효율성을 제고하는데 있다. 따라서 우편번호는 본질적으로 주소정보를 포함함은 물론 적절히 코드화하여 구분작업 및 배달업무에 효과적으로 활용될 수 있어야 한다. 현행 우편번호체계는 도로명주소 도입 이전에 개편된 체계로 도로명주소와는 직접적인 연관이 없어서 주소정보의 코드 역할을 수행 할 수 없다.

지번주소체계	시/도(City)	시/군/구(District)	읍/면/동(Sector)	지번(Lot Number)
	우편번호(Postal Code)			
도로명주소체계	시/도(City)	시/군/구(District)	도로명(Road Name)	건물번호(Building-Number)
	우편번호(Postal Code)?			

그림 1. 지번 및 도로명 주소체계와 우편번호의 정합성

<그림 1>에서 보는 바와 같이 현행 우편번호는 행정동(읍·면·동) 내의 지번의 범위에 의해서 정의되기 때문에 현행 주소체계의 행정동까지는 완벽하게 표현하고 있다. 그러나 새로 도입되는 도로명 주소체계에서는 시·군·구 지역까지 표기하고 그 이후는 도로명으로 표기하고 있다. 따라서 현행의 우편번호의 앞 3자리의 시·군·구 지역코드는 도로명주소와 일치하나 뒤 3자리는 도로명주소와 전혀 연관성을 가지지 못한다.

한편 우편선진국에서는 우편번호가 직접적으로는 아니지만 간접적인 방법으로 도로명 주소 정보를 표현하고 있다. 영국의 우편번호는 Area→District→Sector→Walk 으로 나누는데 Sector는 우리나라의 행정동 정도에 해당하고 Walk는 house group을 나타낸다. 미국의 우편번호는 ZIP+4 체계를 사용하는데, 마지막 2자리는 도로의 구간 등을 표현하고 있다. 캐나다의 우편번호는 FSA(3자리)+LDU(3자리)의 체계를 사용하는데, LDU는 도로 사이에 존재하는 특정블록을 나타내는 등의 도로명주소 정보를 포함한다. 위의 사례를 바탕으로 우리나라도 직접 또는 간접적으로 도로명 주소정보를 우편번호에 적절히 표현하여 우편업무의 효율성 제고할 수 있도록 하는 것이 요구됨을 알 수 있다.

4. 우편번호의 개선방향 및 개선안 도출

장태우 외(2006)에 의하면 우편번호의 개선방향과 개선안을 도출하기 위해서 우편번호의 고객을 우편번호의 사용자, 기록자 및 관리자 등의 세 부류로 나누어 정의하고 각각으로부터 요구사항을 분석 정리하여 우편번호가 가져야하는 요구사항 10가지를 이끌어 냈으며 우편번호 관련 전문가의 의견을 바탕으로 5가지의 핵심요구사항을 도출한 후 그것으로부터 우편번호의 개선방향을 도출하였다. <그림 2>는 5개의 핵심요구사항과 개선방향과의 관계를 다이어그램으로 나타낸 것이다.

위의 기존의 연구결과와 핵심요구사항과 개선방향을 살펴보면

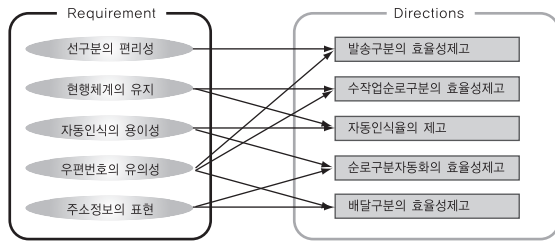


그림 2. 핵심요구사항과 개선방향과의 관계

요구사항에서 주소정보의 표현에 대한 요구사항을 적절히 반영해야함을 알 수 있다. 그러나 기존의 연구결과는 주소체계가 지면에 의한 주소체계를 사용한다는 전제를 가지고 있으므로 2007년부터 시행 중인 도로명주소의 정보를 반영하고 있지 못하다고 할 수 있다. 따라서 기존의 연구에서 제시된 우편번호의 대안들도 도로명주소체계하에서는 달라져야 함을 의미한다.

이에 본 연구에서는 아래에 도로명주소체계 하에서의 현행 우편번호체계의 문제점을 중심으로 살펴보고 그에 따른 개선방향을 도출한 후, 그것을 바탕으로 우편번호의 새로운 개선안을 도출하고자 한다.

4.1 도로명 주소의 도입에 따른 우편번호의 문제점 및 개선방향

도로명주소의 도입에 따른 우편번호의 문제점은 집배구와 우편번호간의 문제점과 집배구내에서의 문제점으로 나누어서 생각할 수 있다.

4.1.1. 도로명주소의 도입에 따른 집배구 및 우편번호간의 문제점 및 개선방향

앞의 2, 3 절에서 제시한 문제점과 시사점으로부터 개선방향

표 8. 집배구, 우편번호, 도로 간의 분석을 통해 본 문제점 및 개선방향 요약

구분	문제점	개선방향
도로 잘림	• 집배구에 의한 도로의 잘림현상 발생	• 소로의 잘림현상을 최소화하는 집배구 조정이 필요함 • 집배구역이 도로 또는 도로구간에 의해서 명확히 정의되어야함
우편번호 대 집배구의 매칭	• 집배구 및 우편번호간의 비일치 현상으로 인한 구분의 비효율성	• 우편번호 및 집배구의 조정을 통해 1대1 대응 관계 정립 • 우편번호로 집배구 구분이 용이해야함 • 우편번호의 세분화가 필요함
우편번호 구역 정의	• 도로명 주소로 우편번호 구역 정의의 복잡함	• 우편번호는 도로명주소에 의해 명확하게 정의 되어야함 • 우편번호 자체가 도로명 주소를 잘 표현해야함

을 도출할 수 있으며 요약하면 <표 8>과 같다.

4.1.2. 도로명주소 도입에 따른 집배구내의 문제점 및 개선방향

도로명주소 도입에 따른 집배구내에서의 문제점으로는 집배구 및 우편번호의 정의, 순로구분작업, 배달순로 등으로 나누어서 살펴볼 수 있다. 앞 절에서 분석된 집배구간 및 집배구내에서의 문제점과 개선방향을 종합적으로 고려하면 <표 9>와 같은 개선방향을 도출할 수 있다.

표 9. 집배구내의 문제점 및 개선방향

구분	문제점	개선방향
집배구 및 우편번호 의 정의	• 집배구간 도로잘림 현상으로 인한 구역 정의 및 구분의 어려움	• 도로잘림 현상을 최소화 하는 집배구 조정이 요구됨
	• 집배구 및 우편번호 구역 간의 비일치 현상으로 인한 구분의 비효율성	• 집배구 및 우편번호구역의 조정필요성 순로구분
순로구분	• 대구분 및 소구분의 어려움	• 코스개선을 통한 도로잘림현상 개선
배달순로	• 배달경로의 복잡성	• 코스 내 도로의 수를 줄임 • 코스 내 경로의 단순화
	• 도로잘림	• 도로잘림율을 낮출 수 있도록 경로의 재설계
	• 도로의 중복	• 집배구간 경로의 중복을 최소화하는 집배구 조정필요

4.2 개선방향 종합

위에서 살펴 본 우편번호 고객의 요구사항에 따른 개선방향, 도로명주소 도입에 따른 우편번호 개선방향 및 우편선진국의 사례를 통한 시사점 등의 분석 자료를 토대로 종합적인 개선방향을

표 10. 우편번호 개선방향 정리

구분	개선방향
우편번호 고객의 기본 요구사항	• 발송구분의 효율성 제고 • 배달구분의 효율성 제고 • 순로구분자동화의 효율성 제고 • 자동인식률의 제고 • 수작업구분의 효율성 제고
도로명주소 도입에 따른 우편번호가 가져야할 기본특성	• 우편번호의 세분화 • 우편번호의 광역화 • 도로명 주소의 정보표현

정리하면 <표 10>과 같다. 우편번호의 고객의 입장에서 본 우편번호의 기본적인 5가지 개선방향과 도로명 주소의 도입에 따라 우편번호가 가져야할 기본적인 특성에 따른 3가지를 포함하여 총 8가지의 개선방향으로 정리된다.

4.3 개선안 도출

위의 8 가지 개선방향을 만족시킬 수 있는 4 가지의 대안을 제시하면 다음과 같다.

4.3.1. 개선안 1(□□□-□□-□□□)

개선안1은 「지역코드(3)+구역코드(2)+Zone코드(1)+도로코드(2)」의 체계로 구성된다. 지역코드(3)는 현행 우편번호의 앞 3자리코드와 동일한 체계를 사용한다. 다시 지역코드(3)에 구역코드(2)와 Zone코드(1)를 추가적으로 부여하여 세분화의 특성을 제고하였다. 마지막 2자리에는 도로명 정보에 대한 코드를 부여하여 도로명 주소정보의 표현이 가능하도록 하였다. 개선안1의 우편번호의 뒤 3자리는 배달구분의 효율성을 제고하고 수작업 구분의 효율성을 제고할 수 있도록 해준다. 또한 개선안1의 우편번호의 지역코드(3)+구역코드(2)는 우편번호의 광역화의 특징을 살려 발송구분의 효율성을 제고할 수 있도록 하였다.

4.3.2. 개선안 2(□□□-□□□□)

개선안2는 「지역코드(3)+구분코드(1)+도로코드(3)」의 체계로 구성된다. 지역코드(3)은 개선안1과 마찬가지로 현행 우편번호의 앞 3자리와 동일한 번호를 사용하여 우편번호의 광역화 특성을 반영할 수 있도록 하였다. 개선안2의 뒤 4자리는 도로명주소 정보를 세부적으로 표현하기 위해 도로구간에 대한 코드를 부여하였다. 도로명 코드를 부여함으로써 도로명정보 표현 뿐 만 아니라 우편번호의 세분화 특성도 가질 수 있도록 하였다.

4.3.3. 개선안 3(□□□-□□□)

개선안3은 「지역코드(3)+구역코드(2)+Zone코드(1)」로 구성된다. 지역코드(3)는 개선안1과 개선안2의 경우와 동일하며 지역코드 3자리와 구역코드 2자리를 할당하여 우편번호의 광역화의 특성을 반영하고 발송구분의 효율성을 제고 할 수 있도록 하였다. 마지막 Zone코드 1자리는 구역내를 Zone의 영역으로 나누어 번호를 할당함으로써 집배구 구분까지 가능하도록 하는 배달구분의 효율성을 고려하였다. 또한 현행체계와 같이 6자리를 사용함으로써 타 대안에 비해 자릿수가 적어 자동인식률을 높일 수 있도록 하였다.

4.3.4. 개선안 4(□□□-□□□)

개선안4는 「지역코드(3)+도로명코드(3)」로 구성된다. 지역코드(3)는 다른 대안과 마찬가지로 우편번호의 광역화와 발송구분의 효율성을 제고할 수 있도록 현행 체계의 앞 3자리 지역코드를 그대로 사용하였다. 개선안4의 도로명코드 3자리는 도로명에 직접적인 코드를 부여함으로써 도로명 주소정보 표현이 될 수 있도록 하여 수작업 구분의 효율성을 제고할 수 있도록 하는 안이다. 현행체계와 마찬가지로 우편번호 6자리의 짧은 체계를 유지하기 때문에 자동인식률을 제고할 수 있다.

5. 개선안의 평가

앞 절에서 제안한 4 가지의 개선안에 대해서 개선안들 간의 비교평가를 하고자 한다. 비교평가는 개선안의 우편번호 요구사항에 대한 부합도, 개선안의 장점과 단점의 비교, 우편번호의 품질 평가지표에 의한 비교평가 등의 3가지 측면을 고려한다. 나아가서 개선안의 체계에 따라 실제로 번호를 부여했을 때의 도입효과에 대해서도 일부 시범지역의 경우에 대해서 살펴보고자 한다.

5.1 우편번호 요구사항의 부합도 평가

일반적으로 우편번호가 가져야하는 요구사항으로는 선행연구에서 정리한 10개의 주요 요구사항을 사용하기로 한다(임준목, 2004). 우편번호에 대한 요구사항과 개선안별 부합도를 정리하면 <표 11>과 같다.

표 11. 우편번호 요구사항에 대한 부합도 평가

구분	우편번호 요구사항	개선안1	개선안2	개선안3	개선안4
1	자동인식의 용이성	△	△	○	○
2	현행 체계의 유지	△	△	○	○
3	정확한 표기	○	○	○	○
4	주소정보의 표현	○	○	△	△
5	우편번호의 유의성	○	×	△	×
6	갱신(업데이트)의 용이성	○	×	○	×
7	검색의 편리성	○	○	○	○
8	관리의 효율성	△	×	○	×
9	우편번호(주소)검증의 용이성	○	×	○	×
10	선구분의 편리성	○	×	○	×

<표 11>에서 보는 바와 같이 개선안1과 개선안3은 10개의 요구사항에 대해서 대체적으로 잘 부합함을 볼 수 있다. 개선안2는 우편번호의 유의성, 갱신의 용의성에서 부합도가 떨어지는 것으

로 나타났다. 또한 관리의 효율성과 주소검증의 용이성 및 선구분의 편리성에 따른 부합도가 다른 대안에 비해서 떨어지는 것으로 평가된다. 개선안4도 개선안2와 유사한 부합도의 결과를 보인다. 이는 개선안2는 개선안1에 비해서 자리수가 적어 효율적임에도 불구하고 도로구간의 정보를 할당하는데 애로점이 있기 때문인 것으로 판단되며, 개선안4는 도로구간이 아닌 도로명코드 자체를 우편번호에 부여하면서 발생하는 비효율 때문인 것으로 판단된다.

5.2 개선안 장단점 비교분석

개선안1은 도로명주소의 개념을 잘 표현하며 집배구의 구성, 확장성, 도로잘림현상의 제거 등의 많은 장점을 가진다. 반면에 개선안1은 8자리의 체계를 가지므로 현행체계에 비해서 기재가 불편하고 자동인식의 효율성이 떨어지는 단점을 가진다. 개선안2는 개선안1과 같이 도로명주소의 개념을 잘 표현하면서도 자리수가 7자리만 가지는 장점이 있다. 반면에 적은 자릿수에 도로구간정보를 모두 표현하면서 유의성과 확장성이 떨어지고 집배구의 표현이 어려워지는 단점이 있다. 개선안3은 Zone의 구성을 활용함으로써 도로명주소의 개념을 잘 표현하는 장점을 가진다. 반면에 현행체계와 동일한 3-3체계를 사용하지만 내용이 바뀐 꼴이어서 구 번호체계와 혼란을 초래할 가능성이 높다. 개선안4는 우편번호에 도로명 코드를 직접 표기하는 장점이 있는 반면 집배구의 구성 등이 어려워지는 단점을 가진다.

5.3 우편번호 품질평가지표에 의한 평가

우편번호의 품질을 평가하는 지표는 장태우 외(2006)에서 제시한 품질평가지표를 도로명주소체계에 적합하도록 수정하여 사용하기로 한다.

평가지표는 정량적인 지표와 정성적인 지표로 구성되어 있다. 정량적인 지표는 주소표현도, 정보량, 사용밀도, 인식률로 구성되며 정성적인 지표는 사용성, 관리용이성, 확장성, 안정성 등으로 구성된다. 정량적인 지표의 계산절차는 기존연구의 절차를 따라서 계산하였으며 정성적인 지표는 각 대안별 장·단점 분석 및 요구사항 만족도 등을 고려하고 우편번호체계 내의 우편번호 할당방안 및 할당사례를 비교하여 평가하였다.

5.3.1. 정량적 지표의 계산

① 주소표현도(AI)

주소표현도는 $AI = (\text{우편번호의 주소표현 단계의 수}) / (\text{주소표현 단계의 수})$ 로 정의된다. 도로명주소체계에서는 주소가 「시/도+

시/군/구+도로명+건물번호」의 단계를 따르게 된다. 개선안1의 우편번호는 도로명과 건물번호의 일부를 포함하므로 <그림 3>에서 보는 바와 같이 3.5단계의 주소표현 단계를 가진다고 할 수 있다. 따라서 개선안1의 주소표현도를 계산하면 $AI_{\text{개선안1}} = 3.5/4 = 0.875$ 과 같다.

시·도	시·군·구	도로명	건물번호
우편번호(개선안1)			

그림 3. 개선안1의 주소표현 단계

개선안2, 3, 4에 대해서도 같은 방법을 적용하면 $AI_{\text{개선안2}} = 3.5/4 = 0.875$, $AI_{\text{개선안3}} = 2.5/4 = 0.625$, $AI_{\text{개선안4}} = 3/4 = 0.75$ 의 주소표현도를 계산할 수 있다.

② 정보량(II)

정보량은 $II = - \sum_{i=1}^m P_i \log_2 P_i \text{ bit}$ (단, $\sum_{i=1}^m P_i = 1, m=2$)로 정의된다. 개선안1에서 최대 표현 가능한 우편번호 수는 $(10^3) \times (10^3) \times (10^3) = 100,000,000$ 이고 사용예상 우편번호수 = 2,652,624이므로 개선안1의 정보량은 $II_{\text{개선안1}} = 0.177 \text{ bit}$ 과 같다. 같은 방법으로 개선안2, 3, 4의 정보량을 계산하면 $II_{\text{개선안2}} = 0.547 \text{ bit}$, $II_{\text{개선안3}} = 0.248 \text{ bit}$, $II_{\text{개선안4}} = 0.748 \text{ bit}$ 를 얻을 수 있다.

③ 사용밀도(DI)

사용밀도는 $DI = (\text{실사용 우편번호 수}) / (\text{최대 표현 가능한 우편번호수})$ 로 정의된다. 개선안1의 사용밀도는 사용예상우편번호수 = $(0.26 \times 0.1417 \times 0.9 \times 0.8) \times 100,000,000 = 2,652,624$ 로 추정할 수 있으므로 $DI_{\text{개선안1}} = 2,652,624 / 100,000,000 = 0.0265$ 로 구할 수 있다. 같은 방법으로 $DI_{\text{개선안2}} = 0.1261$, $DI_{\text{개선안3}} = 0.0412$, $DI_{\text{개선안4}} = 0.2132$ 를 구할 수 있다.

④ 인식률(RI)

인식률은 자동인식의 이론적인 성공률을 측정하기 위한 지표이다. 인식률은 $RI = \text{우편번호의 각 Digit별 인식률의 곱}$ 으로 정의된다. 우편번호는 아라비아 숫자 또는 문자로 구성되는데 하나의 숫자에 대한 인식성공률은 0.995, 문자 하나에 대한 인식성공률은 0.990에 이르는 것으로 알려져 있다(장승익, 남윤석(2004)). 따라서 각 개선안별로 인식률을 계산하면 다음과 같다. $RI_{\text{개선안1}} = 0.995^8 = 96.07\%$, $RI_{\text{개선안2}} = 0.995^7 = 96.55\%$, $RI_{\text{개선안3}} = 0.995^6 = 97.04\%$, $RI_{\text{개선안4}} = 0.995^6 = 97.04\%$.

5.3.2. 정성적 지표의 평가

정성적인 평가는 각 대안별로 우편번호 요구사항의 부합도 및

장·단점의 평가 결과를 고려하고 앞 절에서 제시된 각 대안별 변호체계 및 할당방안 등을 고려하여 상,중,하로 평가 하였다.

개선안1은 관리용의성, 확장성 및 안정성 면에서는 '상'의 좋은 평가를 보이지만 사용성이 다른 대안에 비해서 다소 떨어지는 '중'으로 평가된다. 개선안2는 사용성 측면을 제외하고는 관리용의성, 확장성, 안정성 측면에서 다른 대안에 비해서 상대적으로 떨어져 '하'로 평가되며 사용성은 '중'으로 평가된다. 개선안3은 사용성, 관리용의성, 확장성 및 안정성의 모든 면에서 '상'으로 평가된다. 마지막으로 개선안4는 개선안2와 마찬가지로 사용성 측면을 제외하고는 관리용의성, 확장성, 안정성 측면에서 다른 대안에 비해서 상대적으로 떨어져 '하'로 평가되며 사용성은 '중'으로 평가된다.

5.3.3. 지표의 종합평가

위에서 측정된 정량적평가와 정성적평가 결과를 살펴보면 대안별, 지표별로 서로 상이한 결과를 보일뿐 만아니라 하나의 지표로 통합되어 있지 않아서 대안을 직접적으로 평가하기에 곤란하다. 따라서 정성적인 지표는 정량화하는 과정을 거치고 각각 네 가지로 구성된 지표들을 하나의 지표로 통합하는 과정을 거친 후, 최종적으로 정량적지표와 정성적지표를 하나의 지표로 통합하여 나타냄으로서 대안의 종합적인 평가가 가능하도록 하고자 한다.

정량평가결과는 각 지표마다 단위가 다르기 때문에 효용함수(utility function)의 개념을 사용하여 각 지표의 값을 0~1의 값으로 나타낸다. 정성적 평가 결과는 상, 중, 하로 표기하였는데 종합적인 점수로 표현하기 위해서 상:중:하=3:2:1의 점수를 부여한 후, 각각에 대한 최대값으로 나누어 0~1사이의 값으로 표현한다. 각 지표간의 상대적중요도를 가중치로 하여 정량적 및 정성적

지표 값들의 가중합을 구할 수 있다.

마지막으로 정량적인 지표와 정성적인 지표를 통합하기 위해서 각 지표간의 가중합 결과를 다시 정량적지표와 정성적지표 간의 중요도를 사용하여 통합적인 지표로 계산하면 <표 12>와 같다. 각 지표간의 상대적중요도, 정량적 및 정성적지표간의 중요도는 기존의 연구(ETRI, 2004)에서 전문가 설문 조사를 통하여 설정한 값을 사용하였다. <표 12>로부터 정량적인지표의 평가에 있어서는 개선안4가 가장 우수한 평가 결과를 보이며 개선안2, 개선안1 및 개선안3의 순으로 나온 반면에 정성적인 평가에서는 개선안3이 가장 좋은 평가결과를 보이고 다음으로 개선안1, 개선안2 및 개선안4의 순이 됨을 알 수 있다. 통합지표에 의한 종합평가에서는 개선안3 > 개선안1 > 개선안4 > 개선안2의 순이다.

5.4 개선안의 효과

우편번호의 개선안에 대한 비교평가와 더불어 개선안에 대한 사전도입 분석을 통해서 도로명주소가 시행된다는 가정 하에서 개선안이 가지는 효과를 추정하여 보았다.

개선안에 대해서 전국적으로 우편번호를 부여하고 그 효과를 추정하기는 현실적으로 불가능하므로 개선안1에 대해서만 D광역시 A구의 2개 동에 대해서 예비적으로 우편번호를 부여하고 우편번호와 집배구의 정합성, 도로잘림율, 구분작업 등의 효율성 측면을 분석하였다.

<표 13>에서 보는 바와 같이 도로명주소가 시행될 경우 현행우편번호를 그대로 사용하는 경우에 비해서 개선안을 사용할 경우 우편번호와 집배구간의 매칭율 및 우편번호내의 배달점비율로 측정되는 정합성을 100% 만족시킬 수 있는 것으로 분석되었다. 도

표 12. 개선안의 평가결과

구분	평가지표	가중치	지표 계산				효용함수 값				가중합			
			개선안				개선안				개선안			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
정량적	AI(주소표현정도)	40.0	0.875	0.875	0.625	0.750	1.00	1.00	0.71	0.86	35.00	35.00	25.00	34.28
	II(정보량)	20.6	0.177	0.547	0.248	0.748	0.26	0.73	0.33	1.00	5.42	15.05	6.81	20.60
	DI(사용밀도)	13.1	0.026	0.126	0.041	0.213	0.12	0.59	0.19	1.00	1.62	7.74	2.53	13.10
	RI(인식률)	26.2	96.07	96.55	97.04	97.04	0.99	0.99	1.00	1.00	25.94	26.10	26.20	26.20
정성적	UI(사용성)	43.1	중	중	상	중	0.67	0.67	1.00	0.67	28.74	28.74	43.12	28.74
	MI(관리용의성)	22.5	상	하	상	하	1.00	0.33	1.00	0.33	22.50	7.49	22.50	7.49
	EI(확장성)	18.7	상	하	상	하	1.00	0.33	1.00	0.33	18.75	6.22	18.75	6.22
	SI(안정성)	15.6	상	하	상	하	1.00	0.33	1.00	0.33	15.62	5.19	15.62	5.19
종합	정량적 지표	61.2									72.50	88.96	64.20	94.29
	정성적 지표	38.8									85.63	47.71	100.0	47.71
	통합 지표										77.59	72.98	78.07	76.24

로잘림율도 61%에서 4%이하로 대폭 줄어들어 우편번호에 의해서 도로가 잘리는 현상을 거의 예방할 수 있음을 알 수 있다. 또한 개선안의 우편번호를 사용할 경우 집배국에서의 구분작업에 있어서도 대부분까지 우편번호를 활용할 수 있어 구분효과가 뛰어나 구분작업의 효율성제고에도 크게 기여할 것으로 판단된다.

표 13. 개선안의 효과

구분		현행 우편번호	개선안 1 우편번호
정합성	우편번호 집배구간 매칭율	낮음 (1:N) 62%	높음 (1:1) 100%
	우편번호 내 배달점 비율	불균형	균형
우편번호 내 도로잘림율		61%	4%
구분 효과		팀별구분까지 가능	대구분까지 가능

6. 결론

2007년 4월부터 도로명주소체계가 도입되었다. 매일 우편물의 접수, 발송, 구분, 배달작업을 수행하는 기관에서는 주소체계의 변화에 따라 제반 업무가 크게 영향을 받을 것으로 예상된다. 특히 우편물의 주소를 직접적으로 활용하게 되는 집중국 및 집배국에서 가장 많은 영향을 받을 것으로 판단된다. 기존의 지번주소에 의해서 정의된 집배구와 우편번호체계는 구역의 정의부터 새롭게 바뀌어야할 처지이다.

본 연구에서는 이러한 도로명주소체계하에서 발생하게 되는 우편번호의 영향을 분석하고 그로부터 문제점과 개선방향을 도출하여 새로운 우편번호의 조정에 대한 네 가지의 개선안을 제시하였다.

제시된 개선안에 대해서 우편번호의 요구사항에 대한 부합도 평가, 대안별 장단점 분석 및 우편번호 품질평가지표에 따른 평가를 수행하였다. 부합도평가에서는 개선안1과 개선안3이 개선안2, 3에 비해서 다소 부합성이 높은 것으로 평가되었다. 장단점분석에서는 대안별로 상이한 특성을 보였다. 개선안1은 확장성, 도로잘림현상의 제거 등의 장점을 가지고 있으나 상대적으로 다른 대안보다 길어 자동인식의 효율성이 떨어지는 단점을 가지며, 개선안2는 도로명주소의 개념을 잘 표현하면서도 개선안1보다 짧아 자동인식에 유리한 장점을 가지는 반면 확장성이나 집배구의 표현 등이 어려워지는 단점을 가진다. 개선안3과 4는 현행 우편번호와 같은 3-3체계로 사용성이 높은 장점을 가지는 반면 도로명주소에 대한 정보표현력이 떨어지는 단점을 가진다. 우편번호의 품질평가지표에 의한 평가는 정량적 및 정성적인 지표에 따라서 평가되는데 정량적인 평가에서는 개선안4, 2, 1, 3의 순으로 평가

되었으며 정성적인 지표에서는 개선안 3, 1, 2, 4의 순으로 평가되었다. 정량적지표와 정성적인 지표를 통합한 종합평가에서는 개선안 3, 1, 4, 2의 순으로 우수한 것으로 평가되었다.

또한 제시한 개선안을 도로명주소가 전면적으로 시행된다는 가정 하에 일부 구역에 적용하였을 경우 현행우편번호가 가지는 커다란 문제점인 집배구와 우편번호간의 정합성, 도로잘림율 등의 개선에 큰 효과를 보일 수 있는 것으로 분석되었다. 또한 개선안은 집배국에서의 구분작업의 효율성제고에도 크게 기여할 수 있는 것으로 평가되었다.

제시된 개선안들은 현행 우편번호가 가지는 많은 문제점의 해결을 도울 수 있으며 도로명주소의 도입으로 인한 우편 업무의 효율성제고에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 시행령(2007), 도로명주소등표기에관한법률시행령, 대통령령 제19999호
- [2] 우정사업본부(2009), 우편번호부
- [3] 임준묵(2004), 우편집중국 중심의 우편번호 체계 개선 방안 연구, 한국전자통신연구원 최종보고서
- [4] 임준묵(2007), 도로명 주소 기반 집배구 및 우편번호 체계 정립방안 연구, 한국전자통신연구원 최종보고서
- [5] 장승익, 남윤석(2004), “낯자 특징 기반 자소 인식을 이용한 인쇄체 한글 인식방법”, 한국정보처리학회 춘계학술 발표대회 논문집, 제11권 1호
- [6] 장태우, 왕승진, 임준묵, 김호연, 배성민(2006), “우편번호 체계 개선 및 평가 방안 연구,” *IE Interfaces*, Vol.19, No.3, pp.236-244
- [7] 황은정(2008), 도로명 주소방식을 고려한 우편번호 코드부여방안, 한밭대학교 석사학위논문
- [8] 행정자치부(2003), 도로명 및 건물번호 부여사업 실무편람
- [9] 행정자치부(2005), 새주소제도
- [10] ETRI(2003a), 우편번호 및 배달점코드, 우정기술연구센터 자동구분처리연구팀
- [11] ETRI(2003b), 한국 우편주소 표기 표준안, 우정기술연구센터
- [12] ETRI(2007), 국외출장보고서, 우정기술연구센터 자동구분처리팀

**임준목**

서울대학교 산업공학과 학사
한국과학기술원 산업공학과 석사
한국과학기술원 산업공학과 박사
현재 : 한밭대학교 산업경영공학과 교수
관심분야 : 물류시스템분석, 시뮬레이션,
생산시스템자동화

**차춘남**

서울대학교 산업공학과 학사
한국과학기술원 산업공학과 석사
한국과학기술원 산업공학과 박사
현재 : 경상대학교 산업시스템공학부
부교수
관심분야 : 생산/물류정보시스템, SCM

**황은정**

한남대학교 산업공학과 학사
한밭대학교 산업경영공학과 석사
관심분야 : 물류관리, 시뮬레이션

**이성준**

서울대학교 수학과 학사
서울대학교 경영학과 석사
서울대학교 산업공학과 박사
현재 : 한국전자통신연구원
지능형우편연구팀 선임연구원
관심분야 : 경제성/성과분석, 투자분석,
우편자동화, 주소정보 등

수요급변 시의 재고주문 의사결정에 관한 연구 : 제한된 합리성 가정을 바탕으로

김태현* · 김원소*† · 문성암** · 박세훈**

연세대학교 경영대학* · 국방대학교 국방관리대학원**

A Study on Inventory Ordering Decision Making in Demand Turbulence: Based on the bounded rationality assumption

Tae Hyun Kim* · Won So Kim*† · Seong Am Moon** · Se Hoon Park**

School of Business, Yonsei University*

National Defense Management College Korea National Defense University**

Extant studies on inventory decision making with rational-men assumption have focused on finding an optimal order quantity. However, in most social science fields, bounded rationality assumption has recently been emerging as more realistic assumption. Based on this research trend, some inventory studies turned their interest toward inventory ordering behavior with bounded rationality assumption. This research also gears its foundation to that assumption, and takes inventory ordering behavior in a sudden demand change situation. If inventory manager is rational, he or she will show the same amount of response to the same quantity change only with opposite change direction. This study, however, set hypothesis of asymmetric ordering contrary to that of classical economic assumption. The authors believe that this research will contribute to extend the understanding of the current inventory studies with the expectation of improving practical ordering performance.

Keywords: bounded rationality, inventory ordering decision, newsvendor model

1. 서론

인간의 합리성을 전제로 한 '재고주문(inventory ordering)' 의사결정과 관련된 기존 연구들은 이익을 극대화하기 위해 주문

해야 할 최적주문수량을 제시하는 데에 중점을 둔다(Gino and Pisano, 2008). 이때의 기본 전제는 현실 세계의 주문자가 수리적으로 도출된 최적주문수량대로 이익의 극대화를 추구하는 주문을 할 것이라는 생각이다. 이와 같이 주문자가 '기대효용(expected utility)'을 최대로 하는 의사결정을 한다고 보는 견해

† Corresponding author: Daewoo Building, School of Business, Yonsei University Shinchon-dong, Seodaemoon-gu, Seoul, Korea,

Tel: 82-2-2123-2515 Fax: 82-2-324-7828 E-mail: chanmook@yonsei.ac.kr

* 2009년 9월 17일 투고, 2009년 10월 30일 수정본 접수, 2009년 11월 17일 게재 확정.

는 '신고전주의 경제학(neoclassical economics)'에 근거를 두고 있으며, 오랫동안 경제학적 의사결정연구의 중심에 위치해 왔다(Tomono, 2006).

그러나 경제학의 일각에서 그동안 의사결정의 기본 전제로 사용되던 인간의 합리성이 의사결정자 개개인의 현실에서 완전한 수준으로 확보되기 어렵다는 비판이 대두되면서 인간의 합리성을 제한적으로만 인정하고자 하는 '제한된 합리성(bounded rationality)'에 대한 주장이 증가하였다(Simon, 1957). 제한된 합리성은 변화하는 환경 속에서 인간의 정보처리 능력 및 정보 확보의 한계로 인해 필연적으로 맞닥뜨리게 되는 '불확실성(uncertainty)'에 근거한다(Kahneman과 Tversky, 1979). 제한된 합리성을 가정으로 삼은 경제학 연구들은 의사결정행동이 수리적 모형대로 언제나 최적일 수 없고, 특히 불확실성으로부터 야기된 '위험(risk)'에 대해서도 사람들이 수리적 예측과 다르게 인지하는 점을 실험으로 보이면서 '행동경제학(behavioral economics)' 분야로 발전하였다. 이와 동일한 연장선상에서 재고관리 연구들도 제한된 합리성 가정으로 재고주문 의사결정행동을 설명하고자 노력하기 시작하였다(Loch와 Wu, 2007).

재고주문 의사결정도 경제적 의사결정의 한 경우이며, 재고주문량을 계산하는 수리적 모형 또한 인간의 합리성을 가정하고 있다. 따라서 재고주문 의사결정에 대한 현실적 이해를 위해서는 제한된 합리성을 전제로 재고관리를 접근해야 한다는 주장들이 많아지고 있다. 이러한 연구흐름은 크게 세 방향으로 나뉜다. 첫째, 재고주문 의사결정행동이 합리적 인간의 전제에서 예측한 바와 같이 최적주문수량을 주문하지 않는 상황을 실험으로 보여주는 '현상규명'에 관한 연구이다(Schweitzer와 Cachon, 2000). 둘째, 이익을 극대화하지 않는 주문행동의 원인을 규명하는 '요인 탐색'에 대한 연구이다(Bostian 등, 2008). 마지막으로, 제한된 합리성 하에서 어떻게 하면 이익을 극대화 하는 주문 의사결정이 가능한지를 목표로 하는 '정책도출' 연구이다(Lurie와 Swaminathan, 2008; Croson과 Donohue, 2003).

이와 같은 연구들은 재고주문 의사결정자가 인간으로서 공통적으로 보유하고 있는 심리학적, 행동경제학적 특성으로 인해 최적주문수량을 결정하지 않는 행동 실증과 그 원인 규명에 대해 관심을 보여 왔다. 그러나 제한된 합리성 및 이에 기반을 둔 행동경제학이 합리적 인간 가정과 가장 다른 점은 '위험(risk)'에 대한 객관적 인지가 '불확실성(uncertainty)'으로 인해 완벽하기 힘들다는 점이다(Kahneman과 Tversky, 2000). 또한 위험의 정도에 대한 '인식(perception)' 및 실천으로 옮기는 '행동(behavior)'의 수준은 사람마다 다르다(Weber 등, 2002). 그러나 지금까지의 재고주문 연구는 실험상황에 따라 주문자가 공통적으로 보이는 행동에 관심을 두어왔고, 위험에 대한 개인수준의

차이를 반영하지는 않았다. 본 연구에서는 제한된 합리성 가정의 중요한 특징인 위험을 개인수준에서 측정하고, 개인 별 위험의 차이가 재고주문 의사결정에 미치는 영향을 실증적으로 밝히고자 한다. 또한 위험의 수준이 시장의 급격한 변화 속에서 주문행동에 어떤 영향을 주는지를 주 연구범위로 하고자 한다. 이는 급격한 변화 상황에서의 실험이 안정적 수요 하에서의 실험에서 보이는 학습화된 주문패턴을 방지하면서도 위험에 대한 주문자의 행동을 보여줄 것으로 보았기 때문이다(Bolton과 Katok, 2008).

본 연구의 실증결과는 개인의 위험 인식 및 행동에 대한 수준이 재고주문 의사결정자의 행동에 미치는 영향을 이해하도록 돕는 학문적 기여와 더불어, 개인별 위험에 대한 이해를 바탕으로 제한된 합리성 하에서 이익을 극대화하려는 실무적 노력에 도움이 될 것으로 기대한다.

2. 이론적 배경

2.1 제한된 합리성과 의사결정

'신고전주의 경제학(neo-classical economics)'으로 대표되는 주류 경제학에서의 의사결정은 인간의 합리성을 가정한다(Tomono, 2006). 합리성 가정은 주체가 완벽하게 합리적이라는 주장이기보다, '마치 ~인 것처럼(as if)' 합리적으로 계산하여 선택한 것처럼 간주하면 되므로 주체가 합리적이라는 가정 아래 이론 모델을 수립한다고 해서 문제될 것은 없다는 주장이다(Friedman, 1956). 그러므로 합리적 인간을 가정하는 기존의 재고연구는 개별 주문자가 마치 정교한 수식의 절차와 같이 행동하여 이익을 극대화해야 하고, 그렇게 행동할 수 있음을 전제로 하고 있다.

그러나 실제의 경제학적 의사결정에서 합리적이라고 볼 수 없는 경제행동들이 많음에 주목하여(Camerer, 1987; McKelvey와 Palfrey, 1992), 인간의 합리성에 제한이 있음을 강조하는 '제한된 합리성(bounded rationality)'이 인간 의사결정의 핵심 가정으로 부각되었다(Simon, 1957). 제한된 합리성에 따르면 '인간은 의도적으로는 합리적이고자 하지만 현실적으로는 제한된 수준에서만 합리적(intentionally rational, but boundedly so)'이다. 이는 환경의 '불확실성(uncertainty)'이 의사결정자 주변의 상황과 의사결정에 필요한 지식을 지속적으로 변화시켜 의사결정을 단순한 모형에 근거하게 만드는 데에 기인한다. 즉, 합리성에 제한이 가해진 상태에서 결정할 수밖에 없는 것이다. 재고주문을 포함한 경제학적 의사결정이 합리성 가정을 사용하지 못하는 상황은 수리적 모형의계산과정대로 개별 주문자가 주문량을 정하기

어렵다는 것을 뜻한다. 나아가 불확실성에서 파생된 미래의 '위험(risk)'에 대한 수준도 수리적 모형에서 사용되거나 예측한 것과 같다고 볼 수 없다.

재고주문 의사결정을 잘 하고자 함은 결국 이익을 극대화 하고자 함이다. 제한된 합리성을 전제로 재고주문 의사결정을 바라보면, 이익에 대한 기대치를 높이는 과정에 대한 합리적 모델은 현실에서의 주문자의 의사결정 행동을 충분히 설명하기 어렵다. 따라서 제한된 합리성을 지지하는 재고연구들이 등장하게 되었다.

2.2 제한된 합리성 가정의 재고연구들

재고연구에 있어 합리적 주문행동의 한계를 인식하고 제한된 합리성을 전제로 재고주문 의사결정행동에 관심을 두는 연구는 크게 세 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 주문 현장에서 보이는 재고주문 의사결정행동들의 특징에 대한 연구이다. Sterman(1989)은 주문리드타임이 존재하는 상황을 가정한 실험을 통해 주문자의 매 기수 주문량이 초기의 보유재고량에 '고착(anchoring)'되어 자신이 이미 주문하여 공급자가 준비하고 있는 물량은 고려하지 않고 주문량을 결정하는 행동을 확인하였다. Sterman(1989)은 이러한 행동을 초기의 보유재고량은 가시적으로 확인 가능하며 초기의 의사결정부터 특정 기간 의사결정의 판단 기준으로 영향을 주지만, 매 기수 주문한 물량은 주문리드타임 동안 정보로서만 존재하고 물리적으로 가시적이지 않아 차기의 재고 주문에 반영되지 않기 때문에 나타나는 현상으로 설명하고 있다. 즉, 합리적인 재고량 결정 모형에 반영하여야 할 변수를 모두 고려하지 못하는 주문행동인 것이다. Schweitzer와 Cachon(2000)은 주문 행동을 확인하는 데에 그치지 않고 재고주문 행동의 주요 수리적 모델들과 최적 주문량을 제시한 후, 이를 실험상의 주문행동과 비교하였다. 실험결과 '평균중심(mean-centering)' 주문경향과 '최근의 주문예측 실패를 만회'하려는 행동을 제외하고는 대부분의 주문행동이 인간의 합리성 가정에 근거한 수리적 모델과 일치하지 않았다. 주문 행동의 특징들을 실험을 통해 밝혀내는 관련 연구들이 쌓여가면서 연구의 관심은 자연스럽게 두 번째 연구경향인 주문행동의 유발요인을 밝히는 방향으로 확장되었다. 제한적으로 합리적인 주문경향을 가져오는 요인으로는 '자신이 선택하지 않은 대안의 이익 크기(Bostian 등, 2008), 초기의 보유 금액(Pranoto, 2006), 공급사슬 내의 다른 의사결정자에 대한 불신(Croson 등, 2005), 제품 별 이익률 차이(Schweitzer와 Cachon, 2000) 등이 실증되었다. 세 번째 연구 경향은 주문 성과의 개선에 관한 정책제안 연구이다. 이러한 연구들은 제한된 합리성 하에서 이익을 극대화 시킬 수 있는 정책들을 연구한다. 정보제공의 빈도에 따라 주문 성과가 변화함을 실

증한 Lurie와 Swaminathan(2008)의 연구, 주문량 변화에 별책 비용을 부과하는 정책의 효과를 실증한 Cantor와 Katok(2008)의 연구, 여러 기수의 주문을 일괄적으로 수행하는 방식의 효과성을 검증한 Bolton과 Katok(2008)의 연구, 재고관리 교육의 성과가 공급사슬 파트너와의 의사소통 수준에 따라 달라진다는 Wu와 Katok(2006)의 연구 등이 대표적이다.

그러나, 이러한 연구들은 실험상의 주문자들이 공통적으로 보이는 행동에 관심을 두어왔고, 위험에 대한 개인수준의 차이를 반영하지는 않았다. 제한된 합리성 가정 하에 경제학적 의사결정을 연구하는 '행동경제학(behavioral economics)'은 위험에 대한 '인식(perception)'과 '행동(behavior)'이 상황에 따라 일관되지 않을 수 있음을 강조하며 의사결정에 있어 매우 중요한 결정요인으로 간주한다(Tomono, 2006). 산업심리학 분야에서도 개별 의사결정자의 위험에 대한 인식 및 행동이 의사결정에 큰 영향을 주는 것으로 보고 있다(Weber 외, 2002). 하지만 제한된 합리성 가정의 주요 재고관리 연구들은 개인 수준의 위험에 대하여 다루고 있지 않다. 이에 본 연구는 위험을 고려한 연구모형이 필요하며 이를 통해 주문행동에 대한 이해를 더욱 넓힐 수 있다고 판단하였다.

2.3 개인 수준의 위험: 인식과 행동

경제학적 의사결정이 '합리적 인간' 가정을 사용하건, '제한된 합리성' 가정에 바탕을 두던 개인의 위험은 의사결정의 매우 중요한 요소로 고려된다. 이때 위험에 대한 실제 참여가능성인 '위험에 대한 행동(risk behavior)' 개념은 의사결정자가 경제적 선택에 대해 기대하는 가치의 정도를 반영한다고 본다(Weber 외, 2002; Kahneman과 Tversky, 1979). '위험을 추구(risk taking)'하거나 '위험을 회피(risk averse)'하는 것 모두 경제적 선택이 가져올 가치에 대한 기대가 반영되는 것으로 보는 것이다. 위험에 대한 행동은 오랫동안 개인적 특성으로 간주되어 왔으나(MacCrimmon과 Wehrung, 1990), 동일인이라도 위험 영역이 다르다면 위험에 대한 '태도(attitude)'와, 태도가 야기하는 행동이 일관적이지 않다는 실증결과가 늘어나고 있다(Weber와 Milliman, 1997; Schoemaker, 1990). 따라서 최근의 연구는 위험의 '영역(domain)'을 나누어(예: 투자 위험, 도박 위험, 건강 위험, 사회활동 위험, 여가 위험 등) 차별적으로 측정하고 있다.

아울러 Sarin과 Weber(1993)은 '위험-보답 틀(risk-return framework)' 관점에서 위험에 대한 행동은 '위험에 대한 인식(perceived risk)'과 구분되어 이해되고 있다. 위험-보답 틀에 따르면 위험에 대한 행동은 위험에 대한 태도(또는 선호)에서 유발되는데, 위험에 대한 태도는 위험의 감수로부터 얻어지는 '효용

(benefit)과 그 위험이 얼마나 심한 정도인지에 대한 '인식'의 함수로 여겨진다(Sarin과 Weber 외, 1993). 위험에 대한 인식이 상황마다 다르고(Bontempo 등, 1997; Slovic, 1997), 각 상황의 효용 또한 다양할 수 있는 점은 위험에 대한 행동도 영역별로 다를 수 있다는 점을 뜻한다. 본 연구도 위험-보답 틀의 관점에서 위험에 대한 인식과 행동은 구별되어 사용한다.

2.4 위험과 재고주문 의사결정

주문자가 재고주문을 앞두고 정확한 수요를 모른다면 이는 위험에 노출되어 있는 상황이다. 필요 이상의 주문은 미판매재고를 남겨 구매비용의 낭비를 가져오고, 부족한 주문은 고객대응 실패로 기회비용을 발생시킨다. 두 경우 모두 이익이 감소할 수 있는 '위험상황(risk situation)'이다. 즉, 주문자는 주문에 있어 늘 위험을 고려하지 않을 수 없다.

물론 제한된 합리성 관점의 재고관리 실증 연구들에서 '위험'이라는 개념이 명시적으로 언급되지는 않았다. 그러나 수요분포를 아는 경우 주문량이 평균 주변을 쉽게 벗어나지 못하는 '평균 중심(mean-centering)' 현상이나(Schweitzer와 Cachon, 2000), '최근의 발생상황을 더 고려하는 모습(recency effect)'이나(Bostian 등, 2008), 초기의 조건에 '고착(anchoring)' 되는 현상(Sterman, 1989) 등은 제한된 합리성 하에서 불확실한 수요에 대처하는 과정에서 보인 현상이다. 수요 환경이 불확실하다는 것은 수요에 대한 위험이 존재하는 상황이다. 따라서 주문자의 '수요위험(demand risk)'에 대한 인식 및 행동이 주문행동에 반영되었다고 볼 수 있다. 그러나 지금까지의 연구에서 개인이 가지는 위험에 대한 인식 및 행동이 독립적인 연구변수로서 주문행동을 설명하는 연구는 없었다. 이는 연구의 주된 관심이 위험 인식이나 행동과 같이 환경에 대응하는 개인의 내적 요소보다는, 제한적으로 합리적인 행동을 가져오는 환경적 요인들(예: 제품 마진, 사회적 관계, 초기의 보유금액, 정책요소 등)에 초점을 두고 있기 때문으로 판단된다. 이에 본 연구는 주문자 개인이 내적으로 보유한 위험에 대한 인식과 행동이 주문행동에 미치는 영향에 대해 연구하기로 한다.

2.5 재고주문 실험에서의 수요형태

재고주문 실험에서 사용되는 수요형태는 특정 평균과 표준편차를 가지는 '단일분포(uniform distribution)'를 사용하면서 피실험자에게 분포정보만 알려주는 경우(Bolton과 Katok, 2008; Su, 2008; Katok과 Wu, 2007; Schweitzer와 Cachon, 2000), 상수 수요를 일관되게 유지하며 피실험자에게 수요정보를 알려주

는 경우(Croson 등, 2004), '단계 함수(step function)'형 수요를 사용하되 피실험자가 수요정보를 모르게 하는 경우(Sterman, 1989), 'S-곡선(S-curve)'형 수요를 사용하되 피실험자가 수요정보를 모르게 하는 경우(Steckel 외, 2004) 등으로 다양하다. 피실험자에게 수요정보를 알려주지 않는 경우는 실제 상황과 최대한 가까운 실험환경을 조작하려는 노력이며, 피실험자에게 분포정보를 알려주는 경우는 수요정보를 보유하고 있음에도 불구하고 여전히 제한적으로 합리적인 주문행동이 발생함을 보이고자 할 때 사용되었다. 분포정보를 아는 경우 불확실성에 따른 위험은 반복된 실험을 통한 '학습(learning-by-doing)'을 통해 점차 감소되는 경향이 있으며(Bolton과 Katok, 2008), 분포정보를 모르는 경우, 특히 단계 함수형 수요나 S-곡선형 수요처럼 실험 중에 수요형태가 변하는 경우 실험 기간 동안의 학습에 대한 효과로 불확실성에 따른 위험이 감소되기는 어렵다. 따라서 각 연구에서의 수요 선택은 연구 목적에 따라 다르다.

본 연구에서 관심을 가지는 부분은 각 개인의 위험에 대한 인식 및 행동이 주문행동에 미치는 영향이다. 그런데 주문행동 실험은 실험 그 자체로서의 학습효과로 인해 안정화를 찾아가는 것이 기존 연구의 실증결과이다(Bolton과 Katok, 2008). 따라서 본 연구진은 개인의 위험도에 따른 반응을 보기 위해서는 실험 자체에서 오는 학습효과를 최소화 하면서 시장의 변동에 대한 반응을 보는 것이 연구목적에 적합하다고 보았다. 즉, 주문행동이 어느 정도 안정화 될 때에 수요형태를 변화하여 이때에 어떠한 반응을 보이는가를 보기로 한 것이다. 이러한 목적에 가장 부합되는 수요 패턴은 단계 함수형 수요로 간주하였다. 이는 단계 함수형 수요가 초기의 수요들에 대해 어느 정도 안정화 경향을 보일 때에 급변하는 수요를 제시할 수 있는 형태이기 때문이다.

3. 연구모형 및 방법

3.1 연구모형의 설계

본 연구는 지금까지 기술한 이론적 개념들을 바탕으로 위험에 대한 인지 및 행동이 주문행동에 미치는 영향에 관한 연구모형을 <그림 1>과 같이 구축하고, 이에 따라 위험의 각 속성과 주문행동 사이의 관계를 조사한다. <그림 1>에서 보는 바와 같이 위험은 하위 속성으로 '투기관련 위험인식(risk perception in gambling domain)', '투자관련 위험인식(risk perception in investment domain)', '투기관련 위험행동(risk behavior in gambling domain)', '투자관련 위험행동(risk behavior in investment domain)'을 가진다. 본 연구의 핵심 가설은 이러한 위험 요소들

이 수요변화대응이라는 주문행동에 어떤 영향을 주는지에 관한 것이다.

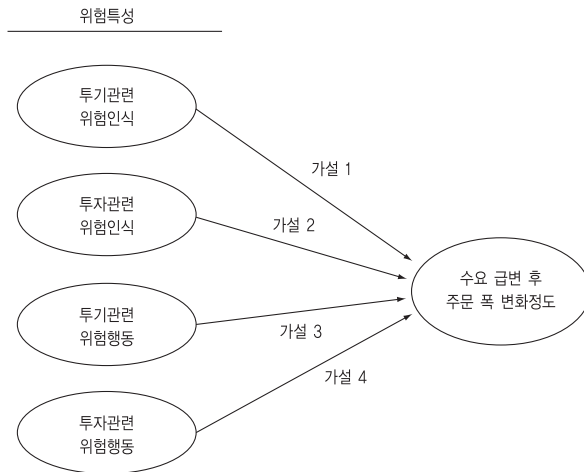


그림 1. 연구의 모형

3.2 연구 가설 설정

개인수준의 위험은 동일 인물에 대해 측정되더라도 영역별로 서로 다르다(Goldstein과 Weber, 1997). 개인수준의 위험은 '재무적 위험', '건강/안전에 대한 위험', '놀이/여흥과 관련된 위험', '도덕적 위험', '사회적 위험'으로 분류할 수 있으며, 재무적 위험은 '투기적 위험(risk in gambling domain)'과 '투자적 위험(risk in investment domain)'으로 분류되어 측정된다(Weber 등, 2002). 위험에 대한 측정은 '인식(perception)'와 '행동(behavior)'에 대해 모두 수행되어야 한다. 전자는 특정 상황을 얼마나 위험하다고 보느냐의 정도이며, 후자는 특정 상황에 대한 선호의 결과로서 상황에 직접 참여할 개인성의 정도를 말한다. 재고주문과 같은 경영의사결정은 수익을 목표로 하는 것이므로 재무적 위험에 대한 영역으로 보아야 하며, 따라서 투기적 위험과 투자적 위험의 두 영역을 본 연구와 관련된 영역으로 간주하였다.

위험은 불확실성에 근거하며 재고주문자가 처한 상황도 주문 정보인 수요를 미리 알 수 없는 불확실한 상황이다. 따라서 위험에 대한 인식이 형성되고, 행동이 결정되는 상황으로 볼 수 있다. 위험에 대한 개인의 인식 및 행동은 의사결정의 결과로 얻어지는 이익을 극대화 하는 과정상에 있으며(Sarin과 Weber, 1993), 재고주문은 결국 이익을 극대화하기 위해 취하는 행동이다. 따라서 위험에 대한 개인의 인식 및 행동이 재고주문행동에 영향을 준다고 볼 수 있다.

재고주문행동의 형태는 다양하다. 주문의 유지, 증가, 감소의

기본적인 형태를 바탕으로 증감의 폭, 주문 유지 상태까지의 도달 속도(주문 안정화 속도), 주문의 불안정성(주문 변화의 빈도와 정도가 큰 정도) 등이 대표적인 재고주문 행동의 형태이다. 본 연구에서는 '수요급변 후의 주문 폭 변화정도'를 주문행동을 나타내는 종속변수로 보기로 하였다. 그 이유는, 본 연구가 보다 현실적인 주문행동을 관찰하기 위해 수요분포를 공지하지 않았기 때문이다. 수요분포를 모르는 상태에서 피실험자가 주문했어야 하는 이상적 주문량과 실제 주문량을 비교하여 유지, 증가, 감소가 합리적 선택인지 아닌지를 규명하는 것은 의미가 없다. 수요분포를 알거나, 수요 분포를 모르더라도 특정 범위 내에서 변동하는 수요의 경우, 피실험자의 주문은 특정 지점으로 수렴하는 경향이 있다(Schweitzer와 Cachon, 2000). 수렴은 주문자가 자신의 위험에 대한 상황 인식 후, 위험에 대한 행동을 일관되게 정하였다는 뜻이다.

본 연구에서 위험에 대한 인식 및 행동이 주문의사결정에 미치는 영향을 보려면 처음 접하는 수요상황을 만든 후, 새로운 상황에 어떻게 대응하는지의 차이를 보는 것으로 가능하다. 새로운 수요상황에 대한 대응은 '얼마나 많이 수요 급변 후 주문 폭 변화정도가 다른지' 측정 가능하다. 새로운 수요상황에 대한 주문형태가 기존 주문형태와의 사이에 발생하는 차이는 결국 얼마나 더 민감하게 수요변화에 반응하는지를 보여주기 때문이다. 새로운 수요환경 또한 불확실한 상황으로서 위험에 대한 인식 및 행동이 의사결정에 작용되는 상황이다. 따라서 본 연구에서는 주문의사결정행동을 측정하는 대상으로 '수요 급변 후 주문 폭 변화정도'를 사용하였다.

물론 주문자의 위험에 대한 인식과 행동은 첫 주문량에도 많이 반영되어 있다고 볼 수 있다. 그러나 첫 주문의 행동을 연구하는 것은 다기간 실험에서 상대적으로 의미가 적으며, 본 연구는 초기에 주어진 보유 금액이 존재하여 초기 값에 '고착(anchoring)'될 수 있는 상황이므로 초기 주문량은 본 연구에서 종속변수로서 적절하지 않아 고려대상에서 제외한다.

본 연구에서 반영하는 위험 영역은 투기적 위험과 투자적 위험이며, 각 영역에 대한 위험의 인식과 행동이 수요 급변 후 주문 폭 변화정도에 미치는 영향에 대해 살펴보는 것을 주요 가설로 한다.

위험에 대한 인식은 태도(선호)에 영향을 주고, 태도는 실제 행동에 영향을 준다. 이때, 태도는 인식과 선택의 효용을 동시에 고려해서 결정된다(Sarin과 Weber, 1993). 태도가 행동에 영향을 주는 과정은, 태도가 행동의 의도에 영향을 주고, 이 의도가 행동 발생의 경향성을 높여주는 과정으로 설명된다(Ajzen, 1991). 따라서 위험에 대한 인식이 높은 주문자와 낮은 주문자 간, 수요 급변 후 주문 폭 변화는 서로 다를 것으로 생각할 수 있다.

또한 특정 상황에 참여하고자 하는 행동 참여의 가능성은 향후

관련 행동에 참여하는 것을 예측할 수 있는 도구로 사용될 수 있다(Weber 등, 2002). 본 연구의 위험은 여러 영역 중 재무적 영역 산하의 투기적 위험과 투자적 위험으로 제한한다. 이는 재고주문 행위가 경제적 이익을 얻두에 둔 행위이기 때문이다(MacCrimmon과 Wehrung, 1986, 1990). 이에 바탕을 둔 본 연구의 가설은 다음과 같다.

가설 1: 재고 주문 의사결정자 간 투기관련 '위험인식(risk perception)'의 차이는 수요 급변 후 주문 폭 변화정도에서의 차이를 발생시킬 것이다.

가설 2: 재고 주문 의사결정자 간 투자관련 '위험인식(risk perception)'의 차이는 수요 급변 후 주문 폭 변화정도에서의 차이를 발생시킬 것이다.

가설 3: 재고 주문 의사결정자 간 투기관련 '위험 행동(risk behavior)' 참여가능성의 차이는 수요 급변 후 주문 폭 변화정도에서의 차이를 발생시킬 것이다.

가설 4: 재고 주문 의사결정자 간 투자관련 '위험 행동(risk behavior)' 참여가능성의 차이는 수요 급변 후 주문 폭 변화정도에서의 차이를 발생시킬 것이다.

3.3 변수의 조작적 정의 및 측정

3.3.1. 독립변수: 위험의 인식 및 행동

위험의 인지 및 행동은 재무적 위험의 세부 항목인 '투기적 위험'과 '투자적 위험'에 대하여 Weber 외(2002)가 사용하였던 동일 항목을 질문하되 '다음의 상황이 얼마나 위험(risky)하다고 생

각하는가'에 대한 질문을 인식에 대한 것으로, '다음의 상황에 참여할 가능성이 얼마나 큰지'에 대한 질문을 행동에 대한 것으로 정의하였다. 세부 항목은 표 1과 같다.

3.3.2. 종속변수: 수요 급변 후 주문 폭 변화정도

수요급변 후 주문 폭 변화정도는 기존의 실험 문헌에서 측정된 바 없어 본 연구에서는 조작적 정의를 통해 만든 '주문 폭 변화정도'를 대체변수(proxy)로 사용하기로 한다. 본 연구에서 피실험자는 총 30회의 재고주문을 하게 되며, 수요형태는 '단계 함수(step function)' 형태이다. 단계 함수의 사용은 수요분포 및 실험회수를 피실험자에게 알리지 않는 상황에서 현실적 상황의 재연과 더불어 실험 자체의 학습효과를 통제하면서 위험에 대한 인식 및 행동이 작동하는 상황을 조작하기 위함이다. 주문자는 1~10회 동안 평균 100개, 표준편차 20개의 수요를 만나다가 11~20회 동안은 평균 160개, 표준편차 20개의 수요변동을 체험한다. 21회~30회에는 다시 평균 100개, 표준편차 20개의 이전 수요를 체험한다. 각 수요량은 구간별 평균 및 표준편차 정보에 근거하여 무선분포(random distribution)로 추출된 수치를 사용하였다. 본 연구에서 주문 폭 변화정도를 판단하는 기준은 11회 차의 수요변동 이전과 이후의 주문형태의 차이이다. 1~10회까지의 주문 기간 중 피실험자가 발주한 주문의 96%가 표준편차 이내의 범위 안에서 안정적인 주문행동을 보였다. 따라서 1~10회 차의 주문은 10회 차 이전의 수요분포 정보를 모르고도 분포 내에서 안정적으로 주문하고 있음을 볼 수 있었다. 따라서 각 주문자의 1~10회 동안의 평균 주문량은 11회의 수요변동 이전의 안정화된 주문량 수치로 사용하기로 한다. 그렇다면 11~21회의 급격히 변동하는 수요에 대응하는 각 피실험자의 주문이 1~10회 동안의 평균 주문량 대비 얼마나 급격히 변하는가를 주문 폭 변화정도 판단의 기준으로 삼는다. 단 평균 주문량 대비의 변화폭만이 관심이크

표 1. 위험의 인식 및 행동(Weber 외, 2002)

요인		측정항목 내용	측정방법
투기적 위험 (및 행동)	GP(GA)1	경마에 하루의 수입을 건다	5점 등간척도 1점: '매우 아니다' 2점: '아니다' 3점: '보통이다' 4점: '그렇다' 5점: '매우 그렇다'
	GP(GA)2	하루의 수입을 고배당 포커게임에 건다	
	GP(GA)3	하루의 수입을 운동경기 결과에 베팅한다	
	GP(GA)4	일주일의 수입을 카지노에서 쓴다	
투자적 위험 (및 행동)	IP(IA)1	연봉 10%를 중간수익률 뮤추얼 펀드에투자한다	
	IP(IA)2	연봉의 5%를 투기성 주식에 투자한다	
	IP(IA)3	연봉의 5%를 보수적 주식에 투자한다	
	IP(IA)4	연봉의 10%를 국채에 투자한다	
동일 질문에 대해 각 상황이 얼마나 위험한지에 대한 느낌과 각 상황에 참여할 가능성을 각각 위험과 행동에 대한 항목으로 질문함			

로 차이의 절대값들의 합으로 각 피실험자의 수요변동에 대한 주문 폭 변화정도를 나타내는 단일 지표로 삼기로 한다. 아래의 수식에서 계산된 수치가 클수록 수요급변 후 주문 폭 변화정도가 상대적으로 큰 것으로 하기로 한다.

$$(수요 급변 후 주문 폭 변화)_k = \sum_{i=11}^{20} |(AVG_k - ORD_{ki})|$$

AVG k : k 번째 피실험자의 1~10회 차 평균주문량

ORD ki : k번째 피실험자의 i 회차의 주문량

k=피실험자 일련번호, i=주문기수

3.3.3. 재고모형에 대한 설명

본 연구에서의 재고모형은 '신문팔이 모형(newsvendor model)'으로 한다. 이는 신문팔이 모형의 각 기별 주문 성과가 상호 독립적이기 때문이다(Jacobs 외, 2009).

3.4 자료수집 및 분석방법

본 연구의 자료수집은 '실험설계 (experimental design)' 방법론에 근거하였다. 실험대상은 학부생을 대상으로 하였다. 독립변수인 투기적 위험인식, 투기적 위험행동, 투자적 위험인식, 투자적 위험행동의 개념에 대한 타당성 및 신뢰성을 검증하기 위하여 125명의 학생을 대상으로 설문을 실시하였다. 종속변수에 해당하는 수요급변 후 주문 폭 변화정도를 측정하는 실험에 참여한 학생은 22명이며 '무작위 추출(random sampling)'을 통해 12명은 고마진(high margin) 제품특성으로, 10명은 저마진(low margin) 제품특성으로 배치한 후 실험하였다(Schweitzer와 Cachon, 2000). '위험-보답 틀(risk-return framework)' 이론에 따르면, 위험에 대한 행동을 유발한다고 알려진 '위험에 대한 태도(선호)'는 위험에 대한 인식 뿐 아니라 선택에 대한 '기대 효용(expected benefit)'에 의해서도 영향을 받는다(Sarin과 Weber, 1993). 제품의 이익률은 경제적 효용을 가져오는 요인이다. 따라서 본 연구는 관심영역인 위험에 대한 인식과 행동에 대해서만 실증하기 위해 제품의 이익률을 높은 경우와 낮은 경우로 모두 실험하여 기대효용 부분을 통제하고자 의도하였다. 또한 '위험-보답 틀'은 기대효용이 위험에 대한 인식과 상호 인과관계가 있는지에 대해서는 언급하지 않으나, 이에 대한 가능성을 본 연구에서 배제하고자 제품 간 이익률을 서로 다른 실험집단에 적용하여 연구모형 이외의 부분을 통제하고자 하였다.

가설의 확인을 위해 분산분석(ANOVA)을 사용하여 각 위험에 대한 인식 및 행동 수준이 큰 집단과 작은 집단 간에 수요 급변 후 주문 폭 변화정도의 차이가 존재하는지를 실증하였다. 위험에 대한 네 가지 독립변수의 정도는 5점 척도의 '급간 변수(interval

variable)'로 측정되었으나 집단 간 차이검정을 위해 '명목 변수(categorical variable)'로 변환되었다. 변수의 변환을 위해 각 변수의 중앙값(median) 수치보다 상회하거나 같은 피실험자는 '높음(high)' 집단으로, 하회하는 피실험자는 '낮음(low)' 집단으로 분류하였다.

4. 분석 및 결과

4.1 측정도구 분석

투기적 위험 인식 및 행동, 투자적 위험 인식 및 행동에 대한 측정도구 분석은 다음과 같다.

4.4.1. 타당성 분석

본 연구에서 사용한 독립변수는 Weber 외(2002)의 측정도구 개발연구에서 실증된 도구이므로, 선행연구에 기반한 측정도구의 타당성 검증에 사용되는 '확인적 요인분석(confirmatory factor analysis)' 기법을 사용하기로 한다.

네 개의 '개념(construct)'에 종속된 16개의 측정문항을 모두 포괄하는 모형의 분석 결과 'Chi-square/DF = 2.588(P=.000)', 'GFI=.816', 'CFI=.745'의 적합도 지수들이 산출되었다. 이중 chi-square는 표본의 크기에 따라 기준치를 충족시키기 어려운 경우가 많아 문제를 삼지 않더라도, GFI($\geq .90$ 이 바람직), CFI($\geq .90$) 수치가 기준치를 충족시키지 않아 측정모형으로서 타당하지 않았다(이학식과 임지훈, 2007). 따라서 측정모형의 설명력을 높이기 위해 표 2에서와 같이 각 요인에 대한 측정문항의 표준화된 요인적재치(factor loading)값이 0.6을 넘지 못하거나, 요인적재치에 대한 추정이 유의미하지 않은 경우(p-value > .1), 측정문항으로 적당하지 못하다고 간주하였다. 따라서 gp4, ip1, ip2, ga3, ia1, ia2의 여섯 항목을 제외하고 다시 확인적 요인분석을 실시하였다. 그 결과는 표 3과 같다.

네 개의 '개념(construct)'에 종속된 10개의 측정문항을 모두 포괄하는 모형의 분석 결과 'Chi-square/DF = 2.383(P=.000)', 'GFI=.907', 'CFI=.911'의 적합도 지수들이 산출되었다. 이중 chi-square는 표본의 크기에 따라 기준치를 충족시키기 어려운 경우가 많아 문제를 삼지 않더라도, GFI($\geq .90$ 이 바람직), CFI($\geq .90$) 수치가 기준치를 충족시키므로 측정모형으로서 타당하다고 판단하였다(이학식과 임지훈, 2007).

각 개념의 수렴타당성은 우선 요인의 적재치가 0.6이상이면서도 p-value가 유의미한지를 기준으로 삼고, 추가적인 판단이 필요한 경우 또 다른 수렴타당성 판단 기준인 '평균분산추출값

표 2. 확인적 요인분석 결과(16개 문항 모두 포함 시)

요인		표준화된 회귀계수	p-value
투기적 위험인식 (GP)	→ gp 1	.78	***
	→ gp 2	.73	***
	→ gp 3	.68	***
	→ gp 4	.29	—
투자적 위험인식 (IP)	→ ip 1	.22	**
	→ ip 2	.23	**
	→ ip 3	.76	***
	→ ip 4	.63	—
투기적 위험행동 (GA)	→ ga 1	.83	***
	→ ga 2	.84	***
	→ ga 3	.53	***
	→ ga 4	.71	—
투자적 위험행동 (IA)	→ ia 1	.31	***
	→ ia 2	.03	.793
	→ ia 3	.87	***
	→ ia 4	.86	—

***: p-value < .01, **: p-value < .05

(gp4, ip4, ga4, ia4는 요인적재치가 1로 고정되었으므로 p-value 없음)

(average variance extracted; AVE)이 기준치인 .5 이상인지를 살펴보았다. 새롭게 구성된 측정모형의 분석 결과 ip3를 제외하고는 모든 측정문항이 이론적 요인에 의해 설명된다고 볼 수 있다. ip3의 요인 적재치는 .55로서 측정문항으로서의 사용에 대한 적합성이 의심되었지만, 동일 요인에 의해 설명되는 다른 측정문항(ip4)과 함께 계산된 평균분산추출값이 수렴타당성 기준치인 .5를 상회하므로(투자적 위험인식의 AVE = .515) 측정문항으로 사용하기로 하였다(이학식과 임지훈, 2007).

다른 요인들의 평균분산추출값도 수렴타당성 기준치인 .5보다 컸다. 따라서 새로 구성된 확인적 요인분석 모형은 측정도구로서의 수렴타당성이 확보되었다고 볼 수 있다. 판별타당성은 잠재요인 각각의 평균분산추출값과 두 잠재요인 간의 상관관계 제곱을 비교하여 평균분산추출값이 모두 상관관계 제곱보다 크면 판별타당성이 있다고 할 수 있다(Fornell과 Larcker, 1981). 표 4에서 보듯이 모든 개념은 판별타당성이 확보되었다.

표 3. 확인적 요인분석 결과(10개 문항만 포함 시)

요인		표준화된 회귀계수	p-value	AVE	Crombach α
투기적 위험인식 (GP)	→ gp 1	.82	***	.534	.770
	→ gp 2	.71	***		
	→ gp 3	.66	—		
투자적 위험인식 (IP)	→ ip 3	.55	.001	.515	.635
	→ ip 4	.85	—		
투기적 위험행동 (GA)	→ ga 1	.85	—	.636	.839
	→ ga 2	.82	***		
	→ ga 4	.72	***		
투자적 위험행동 (IA)	→ ia 3	.77	***	.776	.856
	→ ia 4	.98	—		

***: p-value < .01, **: p-value < .05

(gp3, ip4, ga1, ia4는 요인적재치가 1로 고정되었으므로 p-value 없음)

표 4. 평균분산추출값(AVE)과 상관관계제공값 간 비교

	GP	IP	GA	IA
GP	0.534			
IP	0.014	0.515		
GA	0.139	0.002	0.636	
IA	0.003	0.201	0.068	0.776

*대각선 수치: 평균분산추출값, 대각선 이외의 수치: 상관관계 제공값

4.4.2. 신뢰성 분석

신뢰성은 '크롬바흐 알파(Crombach α)'가 .6 ~ .7 이상인 것을 권장한다(이학식, 2005). 표3을 보면 모든 개념들이 .6 이상이므로 각 개념들의 신뢰성은 확보되었다.

4.2 가설의 검정

본 연구는 '투기적 위험에 대한 인식 수준', '투자적 위험에 대한 인식 수준', '투기적 행동에 대한 참여 가능성 수준', '투자적 행동에 대한 참여 가능성 수준' 각각에 대하여 그 수준이 높은 집단에 속하는가, 낮은 집단에 속하는가에 따라 '수요급변 후 주문 폭 변화정도'에서의 차이가 존재하는지를 검정하는 연구이다. '분산분석(ANOVA)'으로 수행한 각 가설의 검정결과는 표 5와 같다.

가설 1은 신뢰도 .05 수준에서 채택되었으며 가설 2,3,4는 채택되지 않았다. 이 결과는 제품의 이익률과 무관하였다. 따라서 투기적 위험에 대한 인식수준이 높은 집단과 낮은 집단은 수요급변 후 주문 폭 변화정도에서 서로 다른 주문행동을 보여주었고, 투자적 위험에 대한 인식 수준, 투기적 행동에 대한 참여 가능성 수준, 투자적 행동에 대한 참여 가능성 수준 각각이 높은 집단과 낮은 집단은 수요 급변 후 주문 폭 변화정도에서 서로 다른 주문 행동을 보여주었다고 말하기 어렵다.

4.3 결과에 대한 논의

실험방법에 의한 실증 결과 투기적 위험인식이 수요급변 후 주문 폭 변화정도에 차이를 가져온다는 가설 1은 채택이 되었다. 그러나 투기적 위험행동 및 투자적 위험인식, 투자적 위험행동과 관련된 가설은 채택이 되지 않았다. 투자관련 가설이 채택되지 않은 것과, 투기적 위험행동 관련 가설이 채택되지 않은 점에 대한 논의는 다음과 같다.

우선, 투자적 위험과 관련된 가설이 모두 채택되지 않은 이유는 투기적 위험과 투자적 위험이 가지는 시점의 차이로 해석할 수 있다. 투기적 위험은 위험에 대한 통제 수준이 낮은 대신 의사결정의 성과는 단기적으로 확인 가능하다. 반면 투자는 중·장기를 바라보는 의사결정으로 그 성과도 단기적으로 알 수 없다. 산업현장의 의견에 따르면 실제의 재고주문 의사결정은 통상적으로 주 단위로 발생한다. 본 실험은 주문기간을 30회 반복하는 실험이므로, 바로 전 기수의 주문이 현 기수의 수요에 얼마나 대응했는지의 성과를 매 기수 알 수 있다. 따라서 투자와 관련된 위험은 성과확인, 성과확인이 다시 의사결정에 반영되는 시점 상 재고주문의사결정에 적합하지 않았던 것으로 보인다.

투기적 위험행동에 대한 가설이 채택되지 않은 이유는 다음의 두 가지로 설명이 가능하다. 첫째, 투기적 위험행동에 대한 '개념(construct)'이 재고주문 의사결정 상황에서의 행동을 측정하기에 적절하지 않아서이다. 실증결과에 따르면 투기적 위험인식은

표 5. 연구가설의 검정결과

	가설	제품 이익률	F-value	Sig.	판단
가설 1	투기적 위험인식(High, Low) → 수요급변 후 주문 폭 변화정도 차이	High	6.352	.030	채택
		Low	6.292	.036	채택
가설 2	투자적 위험인식(High, Low) → 수요급변 후 주문 폭 변화정도 차이	High	2.446	.149	기각
		Low	2.863	.129	기각
가설 3	투기적 위험인식(High, Low) → 수요급변 후 주문 폭 변화정도 차이	High	.236	.637	기각
		Low	1.504	.255	기각
가설 4	투자적 위험인식(High, Low) → 수요급변 후 주문 폭 변화정도 차이	High	.077	.787	기각
		Low	1.973	.198	기각

재고주문 의사결정 상황에서의 행동을 예측하였으나 투기적 위험 행동 개념이 재고주문 상황에서의 주문행동을 예측하지 못하였다. 특정 상황을 투기적으로 인식하는 성향은 행동 이전의 판단의 영역이자 개인적 가치관의 영역이므로 투기적 성향을 가지는 영역 전반에 대한 인식 측정의 척도로 사용이 가능하다고 볼 수 있다. 따라서 투기적 위험인식은 재고주문에서의 위험을 인식하고, 이를 행동으로 옮기는 과정을 설명할 수 있었다. 그러나 투기적 위험행동은 의사결정을 표출하는 행위인데 만일 투기적 위험행동 상황이 직접적으로 재고 의사결정에서의 행동으로 연결되는 개념으로서 사용되기에 다소 상황적 거리가 있다면 본 연구의 기각 결과는 타당하다고 하겠다. 그러나 이는 향후 재고주문 의사결정자의 위험행동을 위한 추가적 측정도구가 필요할 수 있다는 점을 나타낸다. 둘째, 본 연구가 기반하고 있는 위험 관련 이론인 '위험-보답 틀(risk-return framework)' 관점에 따르면, 위험행동을 유발시키는 태도(혹은 선호)는 위험에 대한 인식 뿐 아니라 효용에 대한 기대에 의해서도 영향을 받는다. 본 연구는 기대효용에 대한 부분을 제품의 이익률을 별로 실험하여 통제하였다. 이때의 전제는 제품의 이익률이 기대효용을 대변하는 변수(proxy)로 사용 가능하다는 것이다. 그러나 연속주문 상황에서 피실험자가 매 주문을 하며 자신의 기대효용을 매 상황별로 판단한다면 기대효용에 대한 변수를 추가적으로 만들어 이 부분을 통제하여야 한다. 따라서 재고주문 의사결정에 적절한 위험행동 측정도구 개발 및 기대효용과 위험행동을 보다 포괄적으로 반영하는 추가 연구가 필요하다.

5. 결론

본 연구는 재고주문 의사결정자가 보유한 위험에 대한 인식과 행동(참여 가능성)차이가 수요급변 후의 주문 폭 변화정도에 영향을 주는지에 대하여 실증하였다. 실험결과 투기적 위험인식이 높은 그룹과 낮은 그룹 간, 수요급변 후의 주문 폭 변화정도에 유의미한 차이가 있음이 밝혀졌다.

본 연구의 학문적 의의로는 첫째, 제한된 합리성을 전제로 하여 재고관리 연구에 있어 개인 수준의 위험을 연구의 주요인으로 처음 소개하였다. 둘째, 개인수준의 위험을 인식과 행동으로 나누어 보다 세부적인 적용 여부를 실험을 통해 실증했다. 반면 본 연구의 실무적 기여로는 수요변동 기에 개별 실무자들이 어떠한 주문행동을 보일 지를 각 수요자의 위험 성향에 따라 미리 예측하여 경영진들의 정책 도입 및 인사배치에 응용될 수 있는 계기를 마련한 점으로 볼 수 있다.

반면, 본 연구는 다음의 한계를 가진다. 첫째, 재고주문자의 위

험에 대한 인식과 행동을 측정하기 위하여 개발된 측정도구를 사용하지 않았다. 기존 연구 중에 재고주문과 관련된 위험 측정 도구는 존재하지 않았고, 연구의 관심이 측정도구 개발보다 위험 수준 차이가 재고주문 행동에 미치는 영향이었으므로 기존 연구의 경제적 위험과 관련된 측정도구를 사용하였다. 그러나 향후 재고주문 관련 위험만을 정확히 측정할 수 있는 측정도구가 개발된다면 관련 연구들에 큰 도움이 될 것이다. 둘째, 본 연구의 위험 행동에 대한 변수를 사용함에 있어 보다 다양하게 기대효용(expected benefit)에 대한 통제를 고려해야 한다. 인식이 높더라도 효용이 낮으면 태도(선호)가 높지 않고, 이는 해당 행동에 대한 참여가능성을 낮게 한다. 따라서 향후에는 기대효용 변수와 위험변수 간의 관계를 더욱 통합적으로 고려하는 연구가 시도되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 이학식, 임지훈 (2007), 구조방정식 모형분석과 AMOS 6.0, 법문사.
- [2] 이학식(2005), 마케팅조사, 제2판, 법문사.
- [3] Ajzen I. (1991), "The Theory of Planned Behavior," *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol.50, 179-211.
- [4] Bolton, G. E. and E. Katok (2008), "Learning-by-Doing in the Newsvendor Problem: A Laboratory Investigation of the Role of experience and Feedback," *manufacturing and Service Operations Management*, Vol.10, 519-538.
- [5] Bontempo RN, W. P. Bottom, E. U. Weber (1997), "Cross-cultural Differences in Risk Perception: A Model-Based Approach," *Risk Analysis*, Vol. 17, 479-488.
- [6] Bostian, A. A., C. A., Holt., and A. M. Smith (2008), "Newsvendor "Pull-to-Center" Effect: Adaptive Learning in a Laboratory Experiment," *Manufacturing and Service Operations Management*, Vol.10, 590-608.
- [7] Camerer, C. F. (1987), "Do Biases in Probability Judgment Matter in Markets?," *American Economic Review*, Vol.77, 981-997.
- [8] Cantor, D. E., and E. Katok (2008), "The Bullwhip

- Effect and Order Smoothing in a Laboratory beergame,” Working Paper.
- [9] Croson, R., and K. Donohue (2003), “Impact of POS Data Sharing on Supply Chain Management: An Experimental Study,” *Production and Operations Management*, Vol.12, 1–11.
- [10] Croson, R., K. Donohue, E. Katok, and J. Sterman (2005), “Order Stability in Supply Chains: Coordination Risk and the Role of Coordination Stock,” Working Paper.
- [11] Fornell, C. and D. F. Larcker (1981), “Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error,” *Journal of Marketing Research*, vol.18, 39?–50.
- [12] Friedman, M. (1956), *Essays in Positive Economics*, University of Chicago Press.
- [13] Gino, F. and G. Pisano (2008), “Toward a Theory of Behavioral Operations”, *Manufacturing and service Operations Management*, vol.10, 676–691.
- [14] Goldstein W. M. and E. U. Weber (1997), “Content and Discontent: Indications and Implications of Domain Specificity in Preferential Decision Making,” In *Research on Judgment and Decision Making* (pp. 566–617), Goldstein WM, Hogarth RM (eds). Cambridge University Press: Cambridge.
- [15] Jacobs, F. R., R. B. Chase, and N. J. Aquilano (2009), *Operations and Supply Management*, McGraw-Hill Irwin.
- [16] Kahneman, D. and A. Tversky (1979), “Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk,” *Econometrica*, Vol.47, 263–291.
- [17] Kahneman, D. and A. Tversky (2000), *Choices, Values, and Frames*, Cambridge University Press.
- [18] Loch, C.H. and Y. Wu (2007), “Behavioral Operations Management,” *Foundations and Trends in Technology, Information and Operations Management*.
- [19] Lurie, N. and J. M. Swaminathan (2008), “Is Timely Information Always Better? The Effect of feedback Frequency on Decision Making,” Georgia Institute of Technology, Working Paper(the 1st Behavioral Research in Operations Management Conference and the 10th Behavioral Research in Management Conference).
- [20] MacCrimmon K. R. and D. A. Wehrung (1986), *Taking Risks: The Management of Uncertainty*, Free Press: New York.
- [21] MacCrimmon K. R. and D. A. Wehrung (1990), “Characteristics of Risk Taking Executives,” *Management Science*, Vol.36, 422–435.
- [22] McKelvey, R. and T. Palfrey (1992), “An Experimental Study of the Centipede Game,” *Econometrica*, Vol.60, 803–836.
- [23] Pranoto, Y. (2006), “Effects of Human Decision Bias on Supply Chain Performance,” Dissertation Paper, Georgia Institute of Technology.
- [24] Sarin R. K. and M. Weber (1993), “Risk-Value models,” *European Journal of Operations Research*, Vol.70, 135–149.
- [25] Simon, H. (1957). “A Behavioral Model of Rational Choice”, in *Models of Man, Social and Rational: Mathematical Essays on Rational Human Behavior in a Social Setting*. New York: Wiley.
- [26] Schoemaker P. (1990), “Are Risk-Preferences Related Across Payoff Domains and Response Modes?,” *Management Science*, Vol.36, 1451–1463.
- [27] Schweitzer, M. E. and G. P. Cachon (2000), “Decision bias in the Newsvendor Problem with a Known Demand Distribution: Experimental Evidence,” *Management Science*, Vol.46, 404–420.
- [28] Slovic P. (1997), “Trust, Emotion, Sex, Politics, and Science: Surveying the Risk-Assessment Battlefield,” In *Psychological Perspectives to Environmental and Ethical Issues in Management* (pp. 277.313), Bazerman M, Messick D, Tenbrunsel A, Wade-Benzoni K (eds). Jossey-Bass: San Francisco, CA.
- [29] Steckel, J. H., S. Gupta, and A. Banerji (2004), “Supply Chain Decision Making: Will Shorter Cycle Times and Shared Point-of-Sale Information Necessarily Help?,” *Management Science*, Vol.50, 458–464.
- [30] Sterman, J. D. (1989), “Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a

Dynamic Decision Making Experiment” ,
Management Science, Vol.35, 321-339.

[31] Tomono, N.(2006), Behavioral Economics,
 Kobunsha Co.,Ltd.

[32] Weber, E. U., A. Blais, and N. E. Betz (2002), “A
 Domain-specific Risk-attitude Scale: Measuring
 Risk Perceptions and Risk Behaviors,” *Journal of
 Behavioral Decision Making*, Vol.15, 263-290.

[33] Weber E. U and R. Milliman (1997), “Perceived
 Risk Attitudes: Relating Risk Perception to Risky
 Choice,” *Management Science*, Vol.43, 122-143.

[34] Wu, D. Y. and E. Katok (2006), “Learning,
 Communication, and the Bullwhip Effect”, *Journal
 of Operations Management*, Vol.24, 839-850.



김 태 현

현재 : 연세대학교 경영대학 교수

관심분야 : Green SCM, Global SCM,
 물류전략, Global 생산전략,
 국가물류전략



문 성 암

현재 : 국방대학교 국방관리대학원
 부교수

관심분야 : 행동운영관리,
 시스템다이내믹스, SCM



김 원 소

현재 : 연세대학교 대학원 경영학과
 박사과정

관심분야 : 행동운영관리, SCM,
 기술 및 혁신관리



박 세 훈

현재 : 국방대학교 국방관리대학원
 박사과정

관심분야 : 시스템다이내믹스, 수요예측,
 SCM

경기지역 냉동냉장창고업의 경쟁우위 결정요인에 관한 연구[†]

이재학[‡]

남서울대학교 유통학과

A study on the determinate factors of competitive superiority on the freezing and refrigerating warehouse in Gyeonggi-do[†]

Jae-Hak Lee[‡]

Dept. of Marketing & Distribution, Namseoul University

A freezing and refrigerating warehouse make practice as knot from production to consumption so as to meet customers' needs in each stage. Developing from the dimension of stable food supply, it plays the role of blocking the factors harmful to food and performs socially important function.

To present the method for enhancing the competitiveness of freezing and refrigerating warehouse business in Gyeonggi-do, this research investigates the present situation and problem of freezing and refrigerating warehouse business in Gyeonggi-do and corroboratively analyzes the factors affecting the sales volume of commercial freezing and refrigerating warehouse.

The suggestion to domestic freezing and refrigerating warehouse business through this research is that domestic freezing and refrigerating warehouse business needs to develop as company specialized in logistics by increasing logistics service to shipper. It is required to enhance and professionalize the employees in logistics training, to adopt stevedoring equipment and facilities that can be mechanized. Government should prevent the reckless increase of warehouse by converting warehouse business to permit system in consideration of the required facilities for freight quantity of freezing and refrigerating warehouse.

Keywords: freezing and refrigerating warehouse, competitive superiority, logistics service

[†] 본 연구는 2008학년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

[‡] Corresponding author: 21 Maeju-ri, Seonghwan-eup, Cheonan-city, Choongnam, 330-707, S. Korea,

Tel: 82-41-580-2141 Fax: 82-41-580-2915 E-mail: jhlee@nsu.ac.kr

* 2009년 9월 29일 투고, 2009년 10월 28일 게재확정 게재 확정.

1. 서론

영업물류창고는 물류의 결절점으로서 국가경제활동에서 중요한 역할을 수행해 오고 있다. 그러나 최근 들어 경제구조의 전환과 국민생활의 향상 등으로 보관수요의 고도화, 다양화 등의 변화로 경영상의 애로에 직면하고 있다. 특히, 창고업에 관련된 규제완화 등을 내용으로 하는 ‘창고업법의 일부를 개정하는 법률’의 실행에 의해 창고업의 진입규제가 허가제에서 등록제로, 다시 2008년 1월 자유업으로 전환됨에 따라 물류창고의 급격한 증가가 이루어지고 있다. 이로 인하여 물류창고는 공급과잉 상태에 이르게 되어 중복투자 문제 및 국토이용의 비효율성이 초래되고 있다.

이로 인한 어려움은 냉동냉장창고업의 경우도 예외는 아니다. 1990년대 중반이후 수입식품의 급격한 증가로 거대소비자를 배후에 둔 수도권의 냉동냉장식품에 대한 취급수요가 증대되고 있으며, 냉동냉장창고의 건축에 관한 특별한 규제가 없는 현 상황에서 기존 냉동냉장창고업체들은 증가하는 수요에 맞추어 시설규모를 증설하고 있는 추세이다. 또한 신규업체의 무분별한 진출도 증가하고 있어 냉동냉장창고간의 과당경쟁으로 이어지고 있다. 대부분의 냉동냉장창고업체들의 경우 지속적으로 보관료 및 하역비 등의 효율인하 경쟁으로 제살 깎아먹기식의 경쟁이 이루어지고 있는 실정이다. 이러한 상황에서도 수도권의 경우는 냉동냉장식품의 소비인구가 밀집하고 있어 소비지로서의 역할을 수행하고 있어 냉동냉장창고업의 급신장이 이루어지고 있어 향후 경영의 악순환이 예상된다.

이렇듯 냉동냉장식품의 대내적 환경변화에 따라 우리나라의 냉동냉장창고업도 화주에게만 일방적으로 이익이 되는 창고료 가격경쟁, 즉 원가우위경쟁전략을 지양하고, 각 업체에 맞는 차별화전략으로 화주와 Win-Win할 수 있는 대안을 모색하여, 자구적인 노력을 기울일 시점이다.

따라서 본 연구는 냉동냉장창고업의 운영실태와 냉동냉장창고의 경쟁우위 요인을 분석하여, 향후 국내 냉동냉장창고업의 시사점을 제시 하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 연구의 이론적 배경

2.1 냉동냉장창고업의 개념 검토

창고라 함은 물건의 멸실 또는 훼손을 방지하기 위한 보관시설 또는 보관장소를 말하며, 창고업은 타인의 수요에 응하여 유상으로 창고에 물건을 보관하는 사업을 말한다. 창고는 생산과 소비사이의 불일치를 해소, 물품의 수급조절로 가격안정 도모, 물품의 집산, 저장, 분류, 검품, 포장 등의 기능을 수행한다. 이러한 창고업은 여러 가지 기준에 의하여 분류 및 구분될 수 있으나, 화물유통촉진법²⁾에 의하면 일반창고와 냉동냉장창고, 농산물창고, 위험물보관창고, 기타창고로 구분하고 있다. 본 연구에서는 자료수집 및 분석의 일관성을 확보하기 위하여 화물유통촉진법에서 구분하고 있는 냉동냉장창고업을 대상으로 하여 분석하였다. 일반적으로 냉동냉장업이라 하면 식품 전반의 선도유지와 품질보전, 적정가격의 유지 및 원활한 수급을 위하여 생산지로부터 운송, 창고에서의 보관 및 가공을 거쳐 최종소비지까지의 배송을 포함한 모든 관련 산업을 말한다. 한편, 우리나라 현행 식품위생법상의 냉동냉장보관의 정의를 살펴보면, “냉동냉장식품의 보존온도는 이 공전에서 따로 정하여진 것을 제외하고는 냉동은 -18°C 이하, 냉장은 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 를 말한다”로 규정하고 있다.

표 1. 창고업의 업종 구분

구 분	주 요 내 용
보통 창고업	물자의 보관을 위하여 특수한 시설이 없이 보통 상온에서 저장 가능한 물자를 보관하는 산업활동
냉동냉장 창고업	상온에서 부패될 수 있는 물품을 보관하기 위하여 인공적으로 저온을 유지하여 물품을 보관하는 산업활동
위험물 창고업	발화성/인화성 물질 등 안전유지를 위하여 인공적으로 저온을 유지하여 물품을 보관하는 산업활동
농산물 창고업	물 및 기타 농산물을 주로 보관하는 산업활동
기타 창고업	차량 장기보관소 운영, 목재하치장(수면목재창고 포함), 각종 물품의 야적장 운영활동 등

2.2 냉동 · 냉장창고업의 현황

2.2.1 냉동냉장창고업의 변동추이

냉동냉장업의 변동추이를 살펴보면 <표 2>와 같이 1985년 업체수는 총401개소, 냉장능력은 약38만톤이었던 것이 2008년에는 업체수는 총862개소, 냉장능력은 약 324만톤으로 증가하였다. 즉, 1985년을 기준으로 업체는 약 2.2배, 냉장능력은 8.6배 증가한 것으로 나타났다. 업체수의 증가율보다 냉장능력 증가율

2) 2008년 2월 물류정책기본법으로 변경되었음.

3) 식품위생법 제 12조, 공전 제1총칙 용어풀이²³⁾

이 높게 나타나고 있는 것은 최근 신설되고 있는 업체규모 및 냉장능력이 대형화되고 있음을 의미한다.

표 2. 냉동냉장창고업의 변동추이

(단위: 개소, 톤)

년도	업체수	냉장능력	업체증가비율(%)	냉장능력증가비율(%)
1985	401	375,634	100(기준)	100(기준)
1990	525	859,786	131	229
1995	590	1,246,317	147	331
2000	651	1,544,035	162	411
2004	701	2,015,481	174	537
2008	862	3,241,573	215	863

자료: 1) 냉동물가공수협(2006), "냉동냉장업의 현황과 발전대책에 관한 연구"
2) 냉동냉장수산업협동조합(2008), 냉가(냉동냉장업계소식지), 11월 68호.

2.2.2. 전국의 냉장냉동창고업의 현황

〈표 3〉에서와 보는 바와 같이 냉동냉장창고업체수는 경남이 180개소로 가장 많으며, 다음으로 부산 136개소, 전남 및 광주지역이 112개소, 수도권 108개소 등으로 나타나고 있다. 한편, 냉장능력은 부산이 155만톤으로 가장 높으며, 다음으로 수도권 96만톤, 충청 및 대전 등이 22만톤 등으로 나타나고 있다. 즉, 수도권과 부산에 소재한 업체수는 전국의 28.3%수준에 머물고 있으나 냉장능력측면에서는 전국의 77.6%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

표 3. 전국 냉동냉장창고업의 현황

지 역	업체	냉장능력(톤)	냉장능력차지비중(%)	업체평균냉장능력(톤)
수도권 (서울, 인천, 경기)	108	963,858	29.7	8,925
부산	136	1,551,230	47.9	11,406
충청, 대전, 전북	89	219,923	6.8	2,471
강원	78	123,027	3.8	1,577
대구, 경북, 울산	95	99,659	3.0	1,049
경남	180	156,555	4.8	870
전남, 광주	112	98,893	3.1	883
제주	64	28,428	0.9	444
계(전국)	862	3,241,573	100.0	4,032

자료: 냉동냉장수산업협동조합(2008), 냉가(냉동냉장업계소식지), 11월 68호.

이는 수도권 및 부산에 소재한 냉동냉장창고의 경우 상대적으로 대형화된 창고가 많다는 것을 의미한다. 수도권과 부산 및 경남지역에 냉장냉동창고가 밀집하고 있는 실태는 부산 및 경남지역은 원양 및 수입수산물 등이 국내에 반입되는 주요 통로로서 냉동 및 냉장식품의 생산지로서의 역할이 크고 수도권의 경우는 소

비인구가 밀집하고 있어 소비지로서의 역할을 수행하고 있어 이 지역의 냉동냉장창고업의 급신장이 이루어지고 있다(냉동물가공수협, 2006). 소득증가와 식품의 위생관리에 대한 사회적 요구가 커짐에 따라 수도권과 부산지역에 소재하고 있는 냉동냉장창고업의 역할 및 규모는 더욱 더 커지고 중요해진다고 할 수 있다.

2.2.3. 수도권 냉동·냉장창고 신증설 및 계획현황

2009년까지 신설 및 증설되는 수도권 냉동냉장창고는 12개소로 계획되어 있으며, 냉장능력은 약 38만톤에 이르고 있다. 이는 2008년의 냉장보관능력의 약 39%의 수준에 달하고 있으며, 현재 착공미정인 곳까지 포함하면 16개소에 약 62만톤에 이르게 된다.

표 4. 수도권 냉동·냉장창고 신증설 및 계획현황

(단위: 개소, 톤)

년도	지역	업체	냉장능력	비 고
2008	인천	2	41,000	2008년 완공
	안성	2	60,137	
	이천	1	80,000	
	성남	1	20,000	
	광주	1	15,000	
	소계	7	216,137	
2009	성남	1	12,168	2009년 완공예정
	평택	1	49,842	
	광주	1	42,712	
	천안	1	44,000	
	안성	1	20,000	2010년 완공예정
	소계	5	168,722	-
착공	광주	2	55,000	-
	안성	2	180,000	
	소계	4	235,000	
계		16	619,859	-

자료: 냉동냉장수산업협동조합(2008), 냉가(냉동냉장업계소식지), 11월 68호.

따라서 향후 냉장냉동창고의 증가에 따른 물동량의 부족 및 창고로 텅핑현상의 만연으로 수도권의 냉동냉장창고는 부산지역과 같이 전반적으로 경영의 악순환에 봉착할 것으로 예상되며, 미착공된 냉동냉장창고까지 완공된다면 수도권지역의 냉동냉장업계의 일부는 경쟁력을 잃어 자연도태될 가능성이 높다고 할 수 있어 이에 대한 대책이 마련되어야 할 것이다.

2.3 냉동냉장창고업 관련 선행연구의 검토

본 연구에서 분석하고자 하는 국내 냉동냉장창고의 경쟁력 결정요인과 관련된 기존 연구는 거의 없으며, 주로 냉동냉장창고업

의 산업구조개선, 경영 및 활성화방안, 창고업 입지분석에 관한 선행연구 등이 주로 이루어져 왔다. 따라서 본 연구는 냉동냉장창고업을 대상으로 경쟁력 결정요인을 분석하였다는데서 기존 연구와 차별된다고 할 수 있으며, 그 동안 연구된 창고업의 선행연구를 살펴보면 다음과 같다.

표 5. 냉동냉장창고업 관련 선행연구

구 분	주 요 내 용
장홍석외 (2008)	<ul style="list-style-type: none"> 냉동냉장업의 대내외 환경변화와 산업구조분석, 미래 성장동력원으로서 중장기 발전방향 제시, 정부정책의 판단의 핵심자료 제공 등에 목적을 둠. 다음의 사항을 정책적으로 제안하고 있음. <ul style="list-style-type: none"> 냉동냉장업의 질적개선을 위한 정책에 집중. 향후 우리나라 식품물류 변화에 대응한 냉동냉장업의 지원 육성 수산물품질관리법과 물류정책기본법의 연계 등
김호균외 (2007)	<ul style="list-style-type: none"> 부산시 수산물 냉동냉장업의 현황 분석 및 문제점 도출, 보관품 물동량 수요분석 및 냉동냉장창고 소요판단을 실시하고 새로운 비즈니스 모델 도출을 위한 구조고도화 방안을 수립하여 향후 부산시 수산물 냉동냉장업의 발전방향을 제시에 목적을 둠 방문조사를 통한 부산시 수산물 냉동냉장업 프로세스 조사, 조사현황 분석을 통한 문제점을 도출하였으며 통계적 방법을 활용한 보관품 물동량 분석 및 시설소요 예측 등을 실시함.
냉동물 가공수협 (2006)	<ul style="list-style-type: none"> 수산물의 냉동냉장 및 농수산물의 원활한 수급과 농어민 소득증대를 위한 냉동냉장업의 현황, 문제점, 발전방향 등에 대한 현황 분석과 장기발전계획을 수립해서 이 분야 산업의 올바른 자리매김과 향후 냉동냉장업계의 발전 지침 제시에 목적을 둠. 설문조사와 전문가 의견조사를 병행하였으며, 일본의 냉장창고업 등의 사례를 조사하여 한일간 냉동냉장업을 비교하였음
이재학외 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> 경기지역 창고업을 대상으로 입지패턴, 유형 등을 분석하여 입지선정요인을 분석하는데 목적을 둠. 물류거점 입지선정요인으로 핵심물류기능입지요인, 행정지원입지요인, 경제성 입지요인 등을 설정하여 창고보관업자 측면과 이용자측면으로 구분하여 입지만족수준을 분석함.
박영태외 (1999)	<ul style="list-style-type: none"> 서울, 인천 및 경기지역 수도권에 입지하고 있는 냉장냉동창고를 대상으로 인터뷰에 의한 조사를 실시, 운영실태를 분석하고, 이를 근거로 냉장냉동창고업의 합리적 발전방안 제시에 목적을 둠. 창고업 지원조건의 강화, 합리적인 입지선정, 유통기능의 부여, 관리체제의 일원화, 시설의 현대화 및 선진화 등을 발전방안으로 제시함.
장홍석 (1999)	<ul style="list-style-type: none"> 냉동냉장창고 산업의 구조적 제문제들을 명확히 규명함으로써 향후 이 산업의 운영방향을 제시하는데 목적을 둠. 개별냉동냉장창고의 목표, 경영실태, 경영성과 등을 설문 및 현장조사를 통하여 규명하였음. 냉동냉장창고 산업의 경영성과에 대한 결정요인으로 구조변수, 경영활동변수, 성과변수로 구분하여 분석함.

장영수외 (1999)	<ul style="list-style-type: none"> 냉동냉장창고업의 구조적 제문제인 냉장능력의 규모화, 업체간 규모의 차 확대, 경쟁구조의 변화 및 경영성과 등을 규명하는데 목적을 둠. 구조변수, 경영활동변수, 성과변수로 구분하여 상관분석 등을 실시함.
----------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.4 냉동냉장창고업 경쟁우위 결정요인에 관한 선행연구의 검토

냉동냉장창고업의 경쟁력 향상을 위한 경쟁우위 결정요인을 살펴보기 위해 기존의 물류창고와 관련된 선행연구들의 물류창고 경쟁우위 결정요인 등을 검토하여 본 연구에 반영하고자 하였다. 그러나 냉동냉장창고는 물론, 물류창고와 관련된 선행연구 또한 많지 않아 물류창고의 선행연구 검토로는 한계가 있어 본 연구에서는 <표 6>과 같이 물류전문기업 및 관련물류시설과 관련된 선행연구의 검토도 병행하여 냉동냉장창고업 경쟁우위 결정요인을 도출하고자 하였다. 이는 다소 활동의 차이가 있을 수 있으나 공통된 보관물류활동을 수행한다는 측면에서 상호 유사한 측면이 많아 유용성이 있다고 할 수 있다.

표 6. 물류창고업의 경쟁우위 결정요인 검토

구 분	주 요 내 용
이후재 (2006)	<ul style="list-style-type: none"> 인천국제공항 화물터미널을 대상으로 하여 분석함. 주요결정요인 <ul style="list-style-type: none"> 하드웨어 서비스(화물터미널 규모, 터미널내 하역/이송 기기, 트랙터 시설, 주차장 규모, 입주사무실 규모), 소프트웨어 서비스(수입화물 인도시, 대기시간, 클레임 제기시 대응체계, 특수화물 의뢰시 서비스, 화물성수기 대응체계, 대고객 친절성, 전산시스템 활용, 시설 및 장비의 활용, 화주 계약변경시 대응, 담당인력의 물류전문성) 등으로 구분하고 있음.
한동주 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> 종합물류전문기업을 대상으로 하여 분석함. 주요 결정요인 <ul style="list-style-type: none"> 최소요건(규모성, 다양성, 전문성), 경쟁우위요건(SCM 능력, 물류비용 절감능력, 정보기술 능력, 인적자원 보유능력, 클레임 처리 능력) 등으로 구분하고 있음
한동주 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> 종합물류전문기업을 대상으로 하여 분석함. 주요 결정요인 <ul style="list-style-type: none"> 최소요건(규모성, 다양성, 전문성), 경쟁우위요건(SCM 능력, 물류비용 절감능력, 정보기술 능력, 인적자원 보유능력, 클레임 처리 능력) 등으로 구분하고 있음
이기용 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> 컨테이너 운송산업을 대상으로 하여 분석함. 주요 결정요인 <ul style="list-style-type: none"> 국제경쟁력요인(경영규모, 전문성, 수입원, 서비스), 기업 외부적요인(물류시설과 효율적운용, 일관수송 가능여부, 포괄적 정부정책지원, 물류거점간 경쟁정도), 내부적 요인(가격요인, 비가격요인, 기술적 요인) 등으로 구분하고 있음.

송영태 (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • 화물자동차운송업을 대상으로 하여 분석함. • 주요 결정요인 <ul style="list-style-type: none"> - 업종서비스 요인(신속 및 혼재 능력, 운전부가서비스 제공능력, 저렴 및 다양한 운송방법 제공능력), 기업내부요인(인적자원비, 운송업 취급경험, 자본금비, 기업규모) 등으로 구분하고 있음.
김범중 (2000)	<ul style="list-style-type: none"> • 부산 및 광양항 컨테이너터미널을 대상으로 하여 분석함. • 주요 결정요인 <ul style="list-style-type: none"> - 시설능력, 효율경쟁력, 하역생산성, 운영의 유연성, 신뢰성/지원서비스 등으로 구분하고 있음
장홍석 (1999)	<ul style="list-style-type: none"> • 부산지역 냉동냉장창고업을 대상으로 하여 분석함. • 주요 결정요인 <ul style="list-style-type: none"> - 구조변수와 경영활동변수로 구분하고 있으며, 구조변수로는 냉동능력, 냉장능력, 기술수준 등으로 경영활동변수는 총가동 일수, 생산직 종업원 수, 영업직 종업원 수, 수산물 취급량, 보관료 할인, 용역비 할인, 유통가공서비스, 금융서비스 등으로 구분 하고 있음.

3. 분석모형 및 가설 설정

3.1 분석모형 설정

발하주-물류창고업체-수화주로 연결되는 네트워크는 구조적인 면에서 상호이익을 목적으로 함께 결속된 상이한 회사들의 결속체계를 의미한다(Kotler Philip, 1984). 상호의존적이며 협력관계를 구성하는 네트워크에서 한 구성원의 역량이라는 것은 다른 구성원의 의사결정에 영향을 미칠 수 있는 능력 또는 영향력이라 볼 수 있다(Stern, Louis W, 1969). Etgar(1977)는 네트워크에서 특정한 구성원의 선도적인 우위의 역량은 네트워크를 둘러싼 경쟁정도, 수요량, 기술, 법적 제한 등과 같은 환경요인과 기업의 규모, 기업 경험, 자본금, 인적자원, know-how 등과 같은 기업특정요인에 의해 영향을 받게 된다고 하였다. 이러한 이론적 틀을 근거로 하여 앞에서 살펴본 물류창고업의 경쟁우위 결정요인의 선행연구를 반영하여 다음과 같은 분석모형을 설정하고자 한다.

첫째, 국내 냉동냉장창고네트워크를 마케팅 유통경로로 간주하여, 국내 냉동냉장창고 네트워크 구성원의 역량은 냉동냉장창고업의 이용자의 창고선택의 전반적 만족도로 측정된다고 가정한다.

둘째, 창고선택의 전반적 만족도에 영향을 주는 요인들을 Etgar(1977)에 따라 기업특정요인을 기업내부요인과 냉동냉장창고업 업종서비스요인으로 규정하고 환경요인으로 지적인 법적 제한 등과 같이 계량화하기 어려운 기업외부요인은 실태조사를 통하여 기업외부요인으로 그 영향도를 따로 확인하고 여기서는 제외한다.

기업내부요인은 인적자원, 냉동냉장창고업의 취급경험, 자본금, 기업규모 정도로 구분하고 냉동냉장창고업의 서비스요인은 냉동냉장창고업의 know-how와 관련된 것으로 냉동냉장능력, 안정적 보관능력, 재고관리서비스 능력, 특정화주 또는 특정품목 취급경험 등의 능력으로 규정하였다.

셋째, 이외에 냉동냉장창고업의 특성상 선행연구에서 검토된 사항을 토대로 보관요율요인, 물류운영요인 그리고 입지여건요인을 추가 설정하였다.

넷째, 이용자의 창고선택의 전반적 만족도를 종속변수로 하고, 이에 영향을 주는 기업내부요인과 업종서비스요인, 보관요율요인, 물류운영요인, 입지여건요인 등을 독립변수로 하는 분석모형을 설정하였으며, 독립변수의 세부요인은 <표 7>과 같다.

표 7. 냉동냉장창고업의 경쟁우위 요인의 구분

결정요인	개념적 정의	세 부 내 용
기업내부요인	• 냉동냉장창고업체의 경영관리를 위하여 보유하고 있는 인적 및 물적자원 등을 구성하는 요소	• 인적자원의 수, 창고취급 경험, 창고의 규모
서비스요인	• 냉동냉장창고의 전체적인 높은 서비스를 제공할 수 있는 노하우로서 냉장냉동 화물에 대한 기본적 보관능력, 안전성, 배상능력, 신뢰성 등을 포함하는 개념	• 냉동냉장능력, 화물의 안정적 보관능력, 화물사고 발생시 손해배상능력, 재고관리서비스 능력, 특정품목/특정화주의 화물취급 경험
보관요율요인	• 냉동냉장창고의 보관비용 및 기타 부대작업비 등의 모든 비용 개념	• 적정보관료, 적정하역비, 적정부대작업비
운영여건요인	• 창고시설을 이용하여 냉동냉장화물의 보관물류서비스를 제공하는 효율성 수준을 나타내는 개념	• 물류표준화 정도, 정보시스템의 확보 및 활용, 수배송차량 진출입 장소의 효율성, 하역의 기계화/자동화의 정도, 입출하 작업의 효율성
입지여건요인	• 창고의 접근성, 복합입출운송을 위한 운송망과의 연계성 등의 편리성 정도를 나타내는 개념	• 창고의 입지 접근성, 창고 주변도로 혼잡도, 수송수단과의 연계성

3.2 가설의 설정

이상에서 제시한 분석모형에 나타난 변수들간의 관계에서 다음과 같은 가설을 도출해 낼 수 있다. 본 분석모형에서 제시하고 있는 기업내부요인이라 냉동냉장창고업체의 종업원수, 업무의 수행에 대표되는 학력수준과 전문인력, 냉동냉장창고업의 취급경험, 자본금 및 창고규모 등의 기업규모 등이다.

기본적으로 인적자원이 풍부하고 그 인적자원의 질이 높을 경우 그 인적자원이 속해 있는 집단은 그 집단 목표를 보다 효과적으로 달성할 것이다. 이는 냉동냉장창고업체에 있어서도 적용되어 보다 많은 양질의, 그리고 풍부한 인적자원이 있을 경우 그들의 대고객 서비스는 향상될 것이다. 또한 냉동냉장창고 서비스의 취급경험이 많을수록 경험효과를 통하여 대고객 서비스는 높을 것이다. 냉동냉장창고업체는 보다 안전한 보관과 효율적 재고관리 능력 등으로 고객을 만족시키고 이를 통해 보다 많은 고객을 유치하며 계속적으로 자신의 고객을 유지시켜 나가려 할 것이다. 이러한 냉동냉장창고업체의 기본적인 서비스 노력은 이용자의 만족수준에 긍정적인 효과를 가져오게 될 것이다.

이상과 같은 기업내부요인, 업종서비스요인, 보관요율요인, 물류운영요인, 입지요인 등과 고객의 창고선택의 전반적 만족에 미치는 세부적인 변수에 따라 가설을 정리해 보면 다음과 같다.

가설1. 냉동냉장창고업을 수행함에 있어서 기업내부요인(인적자원, 취급경험, 창고의 규모)에 대한 평가는 냉동냉장창고 이용에 대한 전반적인 만족 수준에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

가설2. 냉동냉장창고업체의 업종서비스요인(냉동냉장능력, 안정적 보관능력, 재고관리서비스능력, 특정품목/특정화주의 화물취급경험)에 대한 평가는 냉동냉장창고 이용에 대한 전반적인 만족 수준에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

가설3. 냉동냉장창고업체의 보관요율요인(기본보관요율, 적정하역료, 적정부대작업비)에 대한 평가는 냉동냉장창고 이용에 대한 전반적인 만족 수준에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

가설4. 냉동냉장창고업체의 물류운영여건요인(물류표준화, 정보시스템의 확보 및 활용, 수배송차량 진출입 장소의 효율성, 하역의 기계화/자동화 정도, 입출하작업의 효율성)에 대한 평가는 냉동냉장창고 이용에 대한 전반적인 만족 수준에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

가설5. 냉동냉장창고업체의 입지여건요인(입지접근성, 주변도로 혼잡도, 수송수단간 연계성)에 대한 평가는 냉동냉장창고 이용에 대한 전반적인 만족 수준에 정(+)의 영향을 미칠 것이다.

3.3 표본설계 및 조사방법

본 연구는 가설 검증을 위해 설문지법을 이용한 통계적인 처리를 수행하였다. 설문지는 경기도 지역에 위치한 냉동냉장창고업

체 27개업체와 각 냉동냉장창고를 이용하는 화주를 2개업체씩, 총 54개 화주업체를 대상으로 조사하였다. 이 중에서 불성실한 대답을 한 설문지를 제외하여 냉동냉장창고업체는 21개업체를, 이용업체는 43부를 분석에 사용하였다.

설문조사는 2008년 10월1일부터 한달간 진행되었으며, 설문지의 신뢰도와 회수율을 높이기 위하여 방문에 의한 조사로 추진되었다. 또한 설문조사를 통해 수집된 자료는 사회과학 통계 패키지인「윈도우용 SPSS 12.0」을 이용하여 분석하며, 주요 분석기법으로는 신뢰도 분석을 위한 Chronbach's Alpha 계수 측정, 회귀분석 등을 사용하였다.

4. 실태분석 결과

4.1 조사대상의 일반적 특성 및 분포

냉동냉장창고업체의 특성을 살펴보면 <표 8>과 같으며, 이용업체의 특성을 살펴보면, <표 9>와 같다.

특히, 냉동냉장창고업체 및 이용업체의 주요보관품목을 살펴보면 1차 축산물인 각각 42.2%와 58.1%로 나타나고 있다. 이렇듯 축산물의 보관비중이 높으며, 수산물비중이 거의 없는 것은 생산지인 부산에서 저녁에 수산물을 서울로 보내면 다음날 아침 가락시장이나 노량진수산물시장에서 곧바로 소비자에게 분산되는 경향이 높기 때문이다.

표 8. 냉동냉장창고업체의 특성

구 분		비중(%)
평균 근무 경력	1~3년	4.8
	3~5년	14.3
	5~7년	28.6
	7~10년	14.3
	10년이상	38.1
창고 취급 경력	1년내	4.8
	1~5년	4.8
	5~10년	23.8
	10~15년	9.5
	15~20년	23.8
	20년이상	33.3
창고 면적	10,000㎡ 이하	38.1
	10,001㎡ ~ 15,000㎡	9.5
	15,001㎡ ~ 19,900㎡	14.3
	20,001㎡ ~ 25,000㎡	23.8
	25,001㎡ ~ 30,000㎡	9.5
	30,001㎡이상	4.8

구 분		비중(%)
물량 확보 방법	포워딩등 주산업체로부터	2.48
	운송회사로 부터	.95
	제조업체/유통업체와 장기계약으로	14.52
	회사자체 영업으로	68.10
	공동사업장을 통하여	1.19
	기타의 방법으로	12.76
주요 보관 품목	1차 축산물	42.24
	1차 농산물	6.24
	2차 가공식품	12.25
	빙과류	6.43
	쥬스원액	2.87
	기타	17.57
	계	100.0

표 9. 냉동냉장창고 이용업체 특성

구 분		비중(%)
아웃소싱 분야	수/배송	23.9
	보관	38.0
	하역	19.6
	포장	3.3
	유통관리	9.8
	정보관리	4.3
	기타	1.1
	소 계	100.0
창고 보관업체 거래수	1개 업체	18.6
	2~3개 업체	48.8
	4~5개 업체	20.9
	6개 이상	9.3
	기타	2.3
주요 보관품목	1차 축산물	58.1
	1차 농산물	7.0
	농수축산 가공식품	25.6
	빙과류	2.3
	기타	7.0
월평균 창고료	200만원 미만	14.0
	200~500만원 미만	23.3
	500~1000만원 미만	23.3
	1000만원 이상	39.5
계		100.0

4.2 신뢰도 분석

신뢰도는 보통 Cronbach's Alpha 계수로 측정하는 데, 계

수가 0.6 이상이 되면 높은 신뢰도가 있다고 인정된다. <표 10>에서 보는 바와 같이 본 연구에서의 신뢰도 계수는 모두 0.6이상이기 때문에 신뢰할만한 수준이라고 말할 수 있다.

표 10. 신뢰도 분석 결과

구분	주요 항목	Cronbach알파
서비스 요인	냉동냉장능력	0.7912
	화물의 안정적 보관능력	0.7925
	화물사고 발생시 손해배상능력	0.7891
	재고관리서비스 능력	0.7888
	특정품목/특정화주의 화물취급 경험	0.7769
보관 요율 요인	적정보관료	0.7902
	적정하역비	0.7869
	적정부대작업비	0.7897
운영 여건 요인	물류표준화 정도	0.7792
	정보시스템의 확보 및 활용	0.7834
	수배송차량 진출입 장소의 효율성	0.7816
	하역의 기계화/자동화의 정도	0.7920
	입출하작업의 효율성	0.7728
입지 여건 요인	창고의 입지 접근성	0.7864
	창고의 주변 도로 혼잡도	0.7798
	수송수단의 연계성	0.7874

4.3 가설검증

4.3.1. 가설1의 검증

기업내부요인이 냉동냉장창고업체 이용자의 전반적 만족에 영향을 미칠 것이라는 가설 1의 검정을 위하여 기업내부요인을 독립변수로 하고 전반적 만족도를 종속변수로하여 회귀분석을 실시하였다. 그 결과는 <표 11>과 같이 나타났다. 각각의 변수에 대한 유의도는 종업원수와 취급경험은 유의수준 0.05에서 유의하지 않은 것으로 나타난 반면, 창고규모는 유의한 것으로 나타났다.

표 11. 가설1의 검증

독립 변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률	채택
	B	표준오차	베타			
(상수)	4.132	.249		16.584	.000	-
종사자수	-5.201	.004	-.234	-1.366	.180	기각
창고 취급경력	-1.951	.030	-.097	-.648	.521	기각
창고규모	1.807	.000	.452	2.638	.012	채택

$R^2=.153$, $AdjR^2=.088$, $F=4.355$, $p\text{-value}=.037$

따라서 종업원수와 취급경험이 많을수록 전반적인 만족에 영향을 주지는 않으나 창고규모가 클수록 냉동냉장창고업의 전반적 만족도는 높아진다고 할 수 있다. 이는 최근 냉동냉장식품에 대한 수요증가에 따른 보관물량이 증가되면서 이를 일괄 처리할 수 있는 냉동냉장창고를 원하고 있는데 기인하는 것으로 보인다. 이를 반영하듯 최근 대형냉동냉장창고의 신설이 확산되어 수도권 냉장 시설규모의 과잉상태로 진행되고 있으며, 이로 인해 기존 및 신설 냉동냉장창고간의 물량확보를 위한 과당경쟁이 심각해 지고 있는 실정이다.

4.3.2. 가설2의 검증

세부 가설을 검증하기 위해서 각각의 서비스요인을 상대로 종속 변수에 대한 다중회귀분석을 실시하였다. 그 결과 「냉동냉장능력」, 「재고관리서비스 능력」, 「특정품목 또는 특정화주의 화물취급경험」등에 대한 평가는 냉동냉장창고의 선택에 대한 전반적인 만족 수준에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 「화물의 안정적 보관능력」, 「화물사고 발생시 손해배상능력」에 대한 평가는 기각되어 관련이 없는 것으로 나타났다.

즉, 냉동냉장창고 이용업체들은 냉동냉장창고를 선택할 경우 여러 서비스요인에 대해 영향을 주고받으며 만족을 느끼고 있지만, 「화물의 안정적 보관능력」, 「화물사고 발생시 손해배상능력」에 대한 평가는 창고선정에 대한 전반적인 만족에 직접적인 영향을 미치지 못하고 있는 것으로 나타났다. 이는 오히려 <표 13>에서 보듯이 냉동냉장창고에서 발생할 수 있는 위험, 즉 영하 20℃ 이하의 작업, 냉동창고 화재시의 위험 등 위험관리가 잘 이루어지고 있지 않은 것에 기인한다고 볼 수 있다. 따라서 냉동냉장창고

표 12. 가설2의 검증

독립변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률	가설
	B	표준오차	베타			
(상수)	.698	.548		1.272	.211	-
냉장냉동능력	.341	.075	.4724	.527	.000	채택
화물의 안정적 보관능력	.154	.099	.195	1.553	.129	기각
화물사고 발생시 손해배상능력	-.107	.104	-.159	-1.036	.307	기각
재고관리 서비스 능력	.165	.078	.286	2.118	.041	채택
특정품목 또는 특정화주의 화물취급경험	.226	.044	.546	5.118	.000	채택
R ² =.627, AdjR ² =.576, F=12.431, p-value=.000						

표 13. 냉동냉장창고의 내부작업 위험요인

구 분	주 요 내 용
냉동냉장창고내 위험	<ul style="list-style-type: none"> • 영하 20℃이하의 냉동저장고의 잠김 사고 <ul style="list-style-type: none"> - 작업자 등이 냉동 저장고에 사고로 감금될 경우, 추운 온도에 대한 장시간 노출로 인하여 사망 또는 심각한 상해 가능 • 영하 분위기에서의 작업 <ul style="list-style-type: none"> - 작업자(특히 기존에 질병 이력이 있는 사람)이 영하의 온도에 지속적 노출 시 질병 또는 상해(예: 동상) 위험 - 극단적인 추위로 인하여 위험성에 대한 인지를 점차적으로 상실 • 냉매(암모니아)의 사고 방출 <ul style="list-style-type: none"> - 냉매로 암모니아를 사용한 오래된 냉동창고의 경우 암모니아 누출 위험 - 누출된 암모니아에 노출될 경우 작업자가 치명적인 호흡 자극으로 상해
작업시 위험	<ul style="list-style-type: none"> • 배송 및 발송을 위한 운송 작업장 및 적재 구역에서의 사고 <ul style="list-style-type: none"> - 작업자 및 방문자의 차량 충돌 등으로 골절 및 내상 등과 같은 심각하고 생명을 위협하는 상해를 입을 수 있음 • 저장창고에서의 화물운반차량 <ul style="list-style-type: none"> - 지게차, LT(리프트 트럭) 등에 의한 작업자 및 방문자의 충돌 위험 • 미끄러짐(전도) <ul style="list-style-type: none"> - 작업자나 다른 사람들이 얼음이 있는 바닥이나, 유류 기름 등에 미끄러지거나 통로에 돌출된 물체와 같은 것에 넘어질 위험 • 물품 추락 <ul style="list-style-type: none"> - 작업자가 높은 곳에서 추락하는 화물로부터 위험 • 하역용 컨베이어에 의한 위험
전기/화재 위험	<ul style="list-style-type: none"> • 전기 <ul style="list-style-type: none"> - 작업자가 결함이 있는 전기설비로부터 감전 또는 화상의 위험 • 화재 <ul style="list-style-type: none"> - 냉동창고 화재 시 작업 중인 작업자가 연기 흡입 또는 화상으로 치명적 상해를 입을 수 있음

자료: 한국산업안전보건공단(2009), 물류시설안전보건매뉴얼

의 경우 창고내외의 안전관리를 위한 대책 방안의 마련이 필요하다고 할 수 있다.

4.3.3. 가설3의 검증

냉동냉장창고 이용업체들은 보관요율요인이 냉동냉장창고업체를 선택하는데 영향을 받게 될 것이라는 가설을 검증하기 위해 회귀분석을 수행하였다. 그 결과 <표 13>에서 보듯이 「적정 보관료」는 유의적으로 나타났으나 「적정하역비」와 「적정 부대작업비」는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 적정하역비와 적정부대작업비가 유의하게 나타나지 않은 것은 본 연구의 조사대상지역이 경기지역으로 부산항 등의 지역에 비해 하역 및 부대작업이 상대적으로 중요하지 않기 때문인 것으로 보인다.

한편, 적정 보관료는 냉동냉장창고 선정에 있어 유의한 것으로 나타난 것은 냉동냉장창고 이용업체들이 냉동냉장창고업체를 선정할 때 보관료가 크게 영향을 미치고 있음을 의미한다. 이는 수도권지역의 대형 냉동냉장창고의 공급과잉의 결과로 인한 과당경쟁에서 비롯되고 있다고 생각된다. 또한, 물류창고업의 기본은 보관 및 작업효율이라고 할 수 있다. 그러나 창고업의 효율을 보편 타당하게 정해 놓은 규정은 전무한 상태로 이의 개선이 시급하다고 할 수 있다.

표 14. 가설3의 검증

독립변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률	가설
	B	표준오차	베타			
(상수)	2,269	.402 5		.645	.000	-
적정 보관료	.227	.070	.437	3.255	.002	채택
적정 하역비	.177	.254	.293	.697	.490	기각
적정 부대 작업비	9,896	.251	.016	.039	.969	기각
$R^2=.371$, $AdjR^2=.323$, $F=7.667$, $p\text{-value}=.000$						

4.3.4. 가설4의 검증

가설4에 대해서는 「물류표준화 정도」, 「수배송차량 진출입 효율성」, 「하역의 기계화/자동화 정도」, 「입출하 작업의 효율성」 등은 유의한 것으로 나타났으나 「정보시스템의 확보/활용」은 유의하지 않은 것으로 나타났다.

이를 살펴보면 냉동냉장창고의 경우는 신선식품으로 신속하게 유통시키는 것이 중요함을 반영하고 있다고 할 수 있다. 즉, 수도권의 냉동냉장보관시설은 지금까지 축산물의 보관기능을 중심으로 해 왔으나, 앞으로는 보관되고 있는 냉동냉장품을 신속하게 유통시키는 물류창고 기능이 요구된다. 다품종소량소비시대에 소비

표 15. 가설4의 검증

독립변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률	가설
	B	표준오차	베타			
(상수)	1,250	.306		4.086	.000	-
물류표준화 정도	.121	.045	.273	2.705	.010	채택
정보시스템의 확보/활용	3,220	.059	.060	.545	.589	기각
수배송차량 진출입 효율성	.202	.056	.330	3.587	.001	채택
하역의 기계화/자동화 정도	.209	.043	.458	4.880	.000	채택
입출하작업의 효율성	.157	.063	.287	2.489	.017	채택
$R^2=.734$, $AdjR^2=.698$, $F=20.370$ $p\text{-value}=.000$						

지 물류창고로서 실 소비처에 직접 배송하는 종합 물류배송관리 시스템이 요구된다.

4.3.5. 가설5의 검증

가설5에 대하여는 「창고의 주변도로 혼잡도」는 유의한 것으로 나타났으나, 「창고의 입지접근성」, 「수송수단간의 연계성」 등은 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 조사대상 업체들이 경기도 지역에 입지하고 있어 상대적으로 창고의 입지접근성은 크게 중요하게 생각하지 않는 반면, 창고주변도로의 교통체증이 중요하게 영향을 미침을 의미한다고 할 수 있다.

표 16. 가설5의 검증

독립변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률	가설
	B	표준오차	베타			
(상수)	1,975	.474		4.168	.000	-
창고의 입지 접근성	.192	.101	.280	1.909	.064	기각
창고의 주변도로 혼잡도	.217	.090	.359	2.414	.021	채택
수송수단간의 연계성	5,651	.079	.114	.714	.479	기각
$R^2=.356$, $AdjR^2=.306$, $F=7.179$, $p\text{-value}=.001$						

5. 결론

본 연구는 국내 냉동냉장창고업의 현황을 살펴보고, 냉동냉장창고업체의 이용업체의 창고선정에 대한 전반적 만족에 영향을 미치는 기업내부요인 및 업종 서비스요인등을 실증적으로 분석하였다. 이를 바탕으로 국내 냉동냉장창고업의 문제점을 파악하여 국내 냉동냉장창고업의 경쟁력 강화를 위한 발전방안을 제시하는데 그 목적을 두었다. 이를 종합해 볼때 냉동냉장창고업은 화주의 새로운 수요나 국제화에 대응해 냉동물류시설을 중심으로 한 물류사업의 종합화를 실시하고 다양화, 개성화, 고도화하는 화주의 욕구에 대응해 냉동냉장물류의 전문성을 갖추고 경쟁우위를 확보해 나가는 것이 필요할 것이다.

이를 위해서는 첫째, 가설1의 검증결과 기존 및 신설 냉동냉장창고간의 물량확보를 위한 과당경쟁의 가능성을 확인하였다. 현재 등록제인 창고업의 경우에는 정확한 숫자와 규모에 대한 파악되지 않는 상황이며, 정확한 파악을 위해서는 허가제로의 전환을 검토할 필요가 있을 것이다. 즉, 향후 정부에서는 냉동냉장업의 물동량을 고려한 시설소요판단으로 창고의 신설 및 증설을 허가하는 정책적 방안을 검토하여야 할것이다.

둘째, 가설2의 검증결과 화물의 안정적 보관능력 및 화물사고 발생시 손해배상능력 등이 기각되는 결과가 나왔는데 이는 역으로 냉동냉장창고업이 업종의 특수성으로 인하여 발생할 수 있는 위험관리가 미약함을 반영하고 있다고 볼 수 있어 이의 대책 마련이 필요할 것이다.

셋째, 가설3의 검증결과를 토대로 볼 때 보관료 및 하역요율 체재의 재정비가 필요할 것이다. 과당경쟁으로 인해 보관료 하락은 심각한 수준이다. 업계전문가에 의하면 수도권의 냉동냉장창고의 경우 지속되는 보관료의 덤핑으로 인해 적재율이 50%대로 떨어질 경우 많은 업체들이 적자에서 허덕이게 될 것이라고 예측하고 있다. 이에 냉동냉장창고의 적정요율 재정립이 시급한 실정이다. 현재 우리나라 대부분의 냉동냉장창고에서는 중량을 기준으로 보관요금을 계산하고 있다. 정확한 보관료 산출을 위해서는 입고시마다 품목별 단가를 환산해서 입력해야 하는 번거로움이 있는데 시간단축 및 업무간소화를 위해서도 체적단위로 산정하는 방식으로의 전환을 업계는 요구하고 있다. 또한, 하역요율에 있어서도 적재료, 검사료, 교체료, 임시보관료 등 특수 하역요금의 현실성을 반영해 실질적 적용여부도 적극 모색해야 할 것이다.

넷째, 가설 4의 검증결과 물류운영요인은 고객만족에 전반적으로 영향을 주는 것으로 나타났다. 물류표준화는 창고보관업체의 경쟁력 선정요인과 이용업체의 보관업체 선정요인에는 중요한 영향을 미치지 아니하였으나, 이에 냉동냉장창고업의 물류선진화를 위하여 표준화된 파렛트 사용을 토대로 제조업체, 유통업체 및 파렛트플 시스템과의 지속적 연계방안이 고려되어야 할 것이다. 또한, 신속한 상하차 및 입출하작업의 효율성을 확보하기 위하여 기계화가 가능한 하역장비 및 시설의 도입이 요구된다. 냉동·냉장창고의 취급물품에 대한 하역합리화방안은 물류분야뿐만 아니라, 냉동냉장화물에 대한 사회전반의 콜드체인 시스템 구축 및 이에 따른 식품의 안전성확보와도 관련되어 중요한 과제로 다루어져야 할 것이다.

다섯째, 정부차원에서는 냉동냉장창고업의 육성 및 발전을 위해 사회간접시설의 확충과 냉동냉장창고업 관련 법과 제도적 장치의 보완을 통해 보다 효율적으로 냉동냉장창고업체가 기업을 운영할 수 있도록 환경 조성을 위한 지원을 아끼지 말아야 할 것이다.

마지막으로, 인력난의 대처방안 마련이 필요하다. 그 동안 인력난을 겪었던 상하차 담당인력부문을 벗어나 최근에는 사무직까지 전반적으로 어려움이 발생하고 있다는 것이 업계의 의견이다. 이는 냉동냉장창고업체가 특성상 주저 밀집 지역과 멀리 떨어진 지역에 위치하고 있어 출퇴근과 자녀 교육여건이 열악하고, 영하의 온도와 상온을 오고가는 악조건의 근무환경 그리고

급여수준 또한 타 업종에 비해 높지 못하기 때문이다. 따라서 인력의존이 높은 작업의 자동화와 인력확보 방안 등의 마련이 필요할 것이다. 또한, 전문인력을 양성하고 부가서비스의 확대 및 강화를 위해 업계는 최선을 다해야 할 것이다.

본 연구는 실제 냉동냉장창고업 업무를 실행하고 있는 냉동냉장창고업체와 이들의 냉동냉장창고업 서비스를 이용하고 있는 화주들을 대상으로 한 설문조사자료를 토대로 국내 냉동냉장창고업의 경쟁우위요인 분석과 발전방안을 제시하였다는데 의의가 있으며, 실증적 연구로 냉동냉장창고업의 발전에 활용가능한 참고자료로의 역할을 할 수 있을 것으로 기대한다. 그러나 본 연구는 위의 결론에도 불구하고 냉동냉장창고업의 경쟁우위요인을 분석함에 있어서 기법상의 문제로 인해 계량화하기 어려운 기업외부요인을 제외한 상태에서 기업내부요인만을 가지고 분석하였다는데 그 한계가 있었다. 따라서 향후 연구에서는 기업외부요인에 대한 계량화 기법의 개발을 통한 기업내·외부 요인들을 종합한 가운데 경쟁우위요인을 분석하는 것이 필요할 것이다.

참고 문헌

- [1] 김범중(2000), “컨테이너터미널 서비스 품질 인지도 차이 연구”, *해양정책연구*, 제15권 제2호, 한국해양수산개발원.
- [2] 김호균외(2007), *부산시 수산물 냉동냉장업 구조고도화 방안*에 관한 연구, 부산발전연구원.
- [3] 오후규외(2006), *2006년 냉동냉장업의 현황과 발전대책*에 관한 연구, 냉동물가공수협.
- [4] 냉동냉장수산업협동조합(2008), *냉가(냉동냉장업체소식지)*, 65호, 68호
- [5] 박영태외(1999), “창고업의 합리적인 발전방안에 대한 연구 : 수도권냉장냉동창고를 중심으로”, *물류학회지* 제9권 제2호, 한국물류학회.
- [6] 송영태(2004), 국내 화물자동차운송업의 경쟁우위요인에 관한 연구, *중앙대 산업경영대학원 석사학위논문*.
- [7] 이기웅(2006), *컨테이너운송서비스의 국제경쟁력 강화방안*에 관한 연구, 건국대학교 박사학위논문.
- [8] 이재학외(2004), “경기도 물류거점의 입지요인에 관한 실증분석”, *한국SCM학회지*, 제4권 제2호, 한국SCM학회.
- [9] 이후재(2006), *인천국제공항의 항공화물운송 서비스 품질 측정에 관한연구 : 항공화물터미널을 중심으로*, 인천대학교 동북아물류대학원 석사학위 논문.

- [10] 장영수외(1999), “수산물 냉동냉장창고업의 경쟁구조와 경영성과 영향요인에 관한 연구”, *수산경영론집*, Vol. XXX, NO.1., 한국수산경영학회.
- [11] 장홍석(1999), *수산물 냉동냉장창고 산업의 구조에 관한 연구*, 부산대학교 대학원 석사학위논문.
- [12] 장홍석(2006), “일본 소비지 냉동냉장창고의 새로운 움직임-수도권 냉동냉장창고를 중심으로”, *수산경영론집*, 제 37권 2호, 한국수산경영학회.
- [13] 한동주(2005), *종합물류업의 성공요인에 관한 연구*, 중앙대학교 박사학위논문, 2005.
- [14] Etgar Michael(1977), “Channel Environment and Channel Leadership”, *Journal of Marketing Research*, pp.69~70
- [15] Kotler, Philip(1984), “Marketing Management : Anaysis, Planning and Control”, 5th ed, N. J Prentice-Hall.
- [16] Stern, Louis W(1969), “Distribution Channels : Behavioral Dimentions”, *Boston Hough Miffhn*, pp.92~116



이 재 학

중앙대학교 졸업(경제학사)

중앙대학교 일반대학원 졸업(경제학석사)

중앙대학교 일반대학원 졸업(경제학박사)

현재 : 남서울대학교 유통학과 전임강사

관심분야 : 기업물류, 항공물류, 유통경제

폐기물류 최적화를 위한 다기간 다용량 복수 순회구매자 문제

최명진 · 이상현[†]

국방대학교 운영분석학과

Periodic Heterogeneous Multiple Traveling Purchaser Problem for Refuse Logistics Optimization

Myung-Jin Choi · Sang-Heon Lee

Department of Operations Research, Korea National Defense University

In the last decade, traveling purchaser problem(TPP) has received some attention of the researchers in the operational research area. TPP is a generalization of the well-known traveling salesman problem(TSP), which has many real-world applications such as purchasing the required raw materials for the manufacturing factories and the scheduling of a set of jobs over some machines, and many others. However all the past study of TPP is restricted on single purchaser. Therefore it's hard to apply it to real world problem. In this paper we suggest PHMTTP(periodic heterogeneous multiple traveling purchaser problem) which is generalized form of TPP. It's considered multiple period and heterogeneous multiple purchaser(vehicle) based on TPP. We study PHMTTP for refuse logistics optimization.

Keywords: Traveling purchaser problem, Reverse logistics, Refuse logistics optimization

1. 서론

경제활동은 에너지와 자원을 투입하여 생산물을 산출하고 부산물로 오염물질을 방출하며 폐기물을 남기는 일련의 활동이다. 물류는 이를 실행하는 역할을 담당하고 있어 환경 친화적 물류활동이 물류분야의 새로운 패러다임으로 등장하고 있다. 역물류(reverse logistics)는 이러한 시대의 흐름에 따라 산업분야에 큰

영향을 미치고 있다. 미국 역물류학회에 따르면 미국 내 기업의 역물류 관련 지출비용이 GDP의 1%에 달하는 연간 350억 달러에 이른다고 한다(SCM review, 2002). 국내의 경우에도 상황이 다르지 않아 환경부에 따르면 생산자가 재활용이 가능한 폐기물의 일정량 이상을 재활용하도록 의무를 부과하는 생산자 책임 재활용제도(EPR, extended producer responsibility)가 시행된 3년(2003년~2005년)간 폐기물의 수거, 운반, 처리비로 지출된 비용이 약 6,300억 원에 이르는 것으로 평가된다.

[†] Corresponding author: Korea National Defense University, Susaek-dong, Eunpyung-gu, Seoul, 122-875, S. Korea

Tel: 82-2-300-2374 Fax: 82-2-309-6233 E-mail: leesangh@kndu.ac.kr

* 2009년 9월 30일 투고, 2009년 11월 24일 게재 확정.

역물류는 일반적으로 반품물류, 회수물류, 폐기물류로 구분된다. 반품물류는 고객이 교환, 환불, 수리 등의 목적으로 판매자에게 제품을 반송하는 물류활동을 말하며 회수물류는 고객의 신규 제품 구입이나 임대 만료 등에 따라 기존 제품을 회수하여 재가공 또는 재활용하는 물류활동과 제품의 포장재, 파래트와 같은 부수제품의 회수를 위한 물류활동을 의미한다. 폐기물류는 생산자 책임 재활용제도 등의 법적 규제로 더 이상 자산가치가 남아 있지 않은 제품에 새로운 자산 가치를 창출하거나 폐기처분하기 위한 활동이다.

생산자 책임 재활용제도의 적극적 시행과 인터넷 전자상거래 활성화로 인한 반품물류의 증가 등은 역물류의 증가를 필수적으로 초래하게 되어 이를 통한 공해배출량의 증가가 불가피한 실정이다. 이의 해결을 위해서는 미시적 관점에서 재활용시 분리 및 분해가 용이하도록 설계단계에서부터 제품의 분리 및 분해를 용이하도록 하는 노력이 필요하며 재사용 및 재활용을 원활하게 해주는 표준도구나 용기의 제작도 고려되어야 한다. 거시적 측면에서는 공병수거센터(bottle depot)와 같이 재활용품 수거를 위한 역물류거점의 설치가 고려되어야 하고 역물류 실태를 파악하여 이를 리사이클링 업체의 생산계획 시스템과 연계하는 방안이 강구되어야 한다.

본 연구는 역물류중 대상물의 환경오염 정도가 비교적 낮은 반품물류 및 회수물류를 제외하고 적절한 처리 부재시 환경오염에 지대한 영향을 초래하는 폐기물의 수거 및 자산 가치 재창출을 위한 폐기물류 최적화를 다룬다. 이는 폐기물류를 수집하여 이를 가공 후 새로운 상품으로 재창조하는 리사이클링 업체의 의사결정 지원을 위한 모형으로 역물류의 다른 주체인 정부나 소비자의 노력이 크다 할지라도 이를 이익창출의 측면에서 전담하는 리사이클링 업체의 기업 활동 활성화가 역물류, 특히 폐기물류 활성화에 있어서 비중이 매우 크기 때문이다.

본 연구의 근간이 되는 모형은 순회구매자문제(TPP, traveling purchaser problem)로 다음과 같이 정의된다. 구매해야 할 n 개의 제품(product)집합이 존재하고 각 제품들은 구매요구량이 있으며 구매자는 최초로 depot에 위치한다. 또한 하나 이상의 제품을 특정 수량만큼 판매하는 m 개의 매장(market)집합이 존재하고 제품의 가격은 해당 제품을 판매하는 매장에 달려 있으며 depot와 각 매장들 간의 이동비용(travel cost)은 사전에 알려져 있다. 이 때, TPP는 각 제품의 구매요구량을 충족하면서 전체 구매비용과 이동비용을 최소화하는 선택된 매장의 경로를 결정하는 문제로 정의된다. 가정 사항으로 각 제품은 최소한 하나 이상의 매장에서 구매 가능하여야 하고 depot에서는 어떠한 제품도 구매할 수 없으며 모든 제품의 구매요구량은 반드시 충족되어야 한다. 이때 특정 제품 l 을 판매하는 매장 i 에서 해당 제품

의 구매요구량 d_l 을 모두 만족할 수 있는 경우($d_l=1$ for all l and $q_{il} \in \{0, 1\}$ for all i and l , q_{il} : 매장 i 에서 구매 가능한 제품 l 의 수량)의 문제를 UTPP(uncapacitated TPP, unlimited TPP, 혹은 unrestricted TPP)라 하고 한 매장에서 구매요구량을 충족할 수 없어 다른 매장에서 요구량의 잔여분을 구매하는 즉 분할구매가 허용되는 경우의 문제를 CTPP(capacitated TPP, limited TPP, 혹은 restricted TPP)라 한다. TPP는 NP-hard 문제로 이는 잘 알려진 대표적 NP-hard 문제인 TSP(traveling salesman problem)가 각 제품이 오직 하나의 매장에서만 구매 가능하고 각 매장이 오직 하나의 제품만을 판매하는 경우를 가정한 TPP의 특별한 형태이기 때문이다.

본 연구는 기존의 CTPP를 일반화하여 용량이 상이한 복수 구매자를 고려하되 폐기물수집센터(RCC, Refuse collection center)에서 일정물량이 충족되어야 수거를 하게 되는 현실성을 반영하여 다기간을 고려하는 다기간 다용량 복수 순회구매자 문제(PHMTTP, periodic heterogeneous multiple TPP)에 해당된다. 본 연구의 활용대상인 리사이클링 업체의 경우 용량이 상이한 다수의 차량(구매자)을 이용하여 다수의 RCC에서 일정기간마다 폐기물을 구매(수거)하여 새로운 상품을 생산하되 상품의 원료가 되는 폐기물의 구입 및 운반에 드는 비용을 최소화하는 것이 최적의 조달물류(inbound logistics) 계획이라 할 수 있으므로 PHMTTP의 모형 구축 필요성이 요구된다. 2장에서 CTPP와 관련된 기존연구를 고찰하고 3장에서 PHMTTP의 수리모형을 제시하며 4장에서 실험을 다루고, 5장에서 결론과 향후 연구과제를 제시한다.

2. 기존연구 고찰

현재 알려진 TPP는 Ramesh(1981)에 의해 최초로 제안되었으나 이는 매장에서의 구매물량 제한이 없는 UTPP에 해당된다. 구매물량의 제한이 있는 일반화된 형태의 TPP인 CTPP는 Laporte et al.(2003)에 의해 최초로 제안되었다. Laporte et al.(2003)은 UTPP와 CTPP에 모두 적용 가능한 MAH(market adding heuristic)와 최적해 기법인 branch and cut 알고리즘을 개발하였다.

Boctor et al.(2003)은 타부서치에 기반한 PH(perturbation heuristics) 기법을 제안하였다. PH는 세 가지로 UTPP의 해결을 위한 UPH1과 UPH2, CTPP의 해결을 위한 CPH가 그것이다. 이 세 가지 기법은 매장제거(market drop), 매장추가(market add), 매장교환(market exchange), TSP 휴리스틱, 최저비용 삽입(cheapest insertion), 두 매장제거(double market drop), 두

매장교환(double market exchange)의 7가지 기본적 절차를 서로 다른 방법으로 혼합하여 사용하는 것이다.

Riera-Ledesma and Salazar-González(2005)는 UTPP 및 CTPP의 해결을 위해 두 개의 이웃을 활용 가능한 경우의 반복적 지역 탐색(LS, local search) 알고리즘을 제안하였다.

Goldbarg et al.(2008)은 CTPP의 해결을 위해 Jain et al.(2003)의 수평 유전자 이동(horizontal gene transfer)과 Margulis(1992)의 내공생(endosymbiosis) 개념을 적용한 휴리스틱인 TA(transgenetic algorithm)를 제안하였다.

Angelesli et al.(2008)은 단일 기간만을 고려하는 기존 연구와 달리 시간의 흐름에 따라 매장에서 판매하는 제품의 수량(quantity)이 감소함을 가정하는 D-TPP(dynamic TPP)를 제안하였다. 기존의 연구들이 확정적(deterministic)이고 정적(static)인 상황을 가정한 문제인 반면 D-TPP는 시간의 흐름에 따라 시스템의 환경이 변화하는 확률적(stochastic) 상황에서의 TPP라 할 수 있다.

Mansini and Tocchella(2009)는 목적함수 내에 이동비용과 구매비용이 고려되었던 기존의 TPP 연구와 차별화하여 이동비용이 목적함수 내에서 최소화되고 구매비용은 제약식 내에서 한계가 설정되는 예산제약하 TPP(TPP-B, TPP with budget constraint)를 제안하였다. TPP-B는 기존의 CTPP와 거의 동일한 구조이나 목적함수가 이동비용 최소화이고 총 구매비용의 한계치는 제약식 내에 설정된다.

기존 TPP 연구는 구매자 수가 1명인 단일 구매자 문제에 국한된다. 그러나 수거 기간이 있는 폐기물의 수거(구매) 및 운반을 위해서는 다기간 및 용량이 상이한 다수의 운반차량이 고려되어야 하므로 본 연구는 단일 구매자만을 가정한 기존 TPP를 일반화하여 t 개의 기간 및 용량이 상이한 ν 대의 차량(구매자)이 폐기물의 수거(구매)를 위해 경로를 형성하는 PHMTPP를 다룬다. 단 리사이클링 업체에 해당하는 depot의 수는 1로 설정한다.

3. 수리모형

3.1 모형개요 및 가정사항

본 연구에서 제시하는 PHMTPP는 단일 depot에 적재용량이 상이한 ν 대의 차량이 존재하고 각 차량은 depot에서 출발 및 복귀하며 n 가지 제품의 구매요구량을 충족하면서 전체 주기 동안 매장간 이동비용, 구매비용, 그리고 차량 운영에 따른 변동비와 고정비를 최소화하는 문제이다. PHMTPP의 수리모형 구축을 위한 가정 사항은 다음과 같다.

- 단일 depot에 ν 대의 차량이 존재한다.
- 각 차량의 출발 및 종착은 단일 depot에서만 이루어진다.
- 차량의 매장 방문은 해당 일자에 1회만 허용되며 각 차량 경로에 포함된 매장에서의 구매제품은 해당 차량에 의해 depot로 운송된다.
- 차량은 τ 일 동안 매일 이용 가능하며 각 매장은 할당된 일자에 일정 품목에 대해 일정한 물량을 보유한다.
- 각 제품은 최소한 하나 이상의 매장에서 구매 가능하고 depot에서는 어떠한 제품도 구매할 수 없다.
- 모든 제품의 구매요구량 d_l 은 반드시 충족되어야 한다.
- 제품을 구매하지 않는 매장은 방문하지 않는다. 즉, 제품의 구매요구량만 충족된다면 모든 매장을 다 방문할 필요는 없다.
- 차량은 구매(적재) 가능 용량에 대한 제약이 있고 운영된 차량에 대해 변동비와 고정비가 발생한다.
- 차량의 적재 용량은 차종별로 상이하다.

3.2 PHMTPP 수리모형

〈Notation〉

τ : t 로 색인(index)되는 방문일자 수, $t \in T = \{1, \dots, \tau\}$

θ_i : 매장 i 방문이 가능한 일자조합의 집합, $\theta_i = \{1, \dots, r\}$

m : i 로 색인(index)되는 매장의 수,

$i \in M = \{1, \dots, m\}, i = 1 : \text{depot}$

n : l 로 색인되는 제품의 수,

$l \in N = \{1, \dots, n\}$

ν : k 로 색인되는 차량의 수, $k \in V = \{1, \dots, \nu\}$

b_{il} : 매장 i 에서 판매하는 제품 l 의 가격

c_{ij} : 매장 i 에서 매장 j 까지의 이동거리,

$j \in M, j = 1 : \text{depot}$

d_l : 제품 l 의 구매요구량

q_{il} : t 일에 매장 i 에서 구매 가능한 제품 l 의 수량

g_k : 차량 k 의 적재용량

α_k : 차종별 변동비

β_k : 차종별 고정비

〈Decision variable〉

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1 & t\text{일에 차량 } k\text{가 매장 } i \\ & \text{방문후 잇따라 } j\text{방문시} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

y_{ikl} : t 일에 매장 i 에서 차량 k 가 구매한 제품 l 의 수량

$$z_{ir} = \begin{cases} 1 & r\text{번째 방문일자조합에 매장 } i\text{를 방문시} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$w_{rt} = \begin{cases} 1 & t\text{일이 방문일자조합 } r\text{에 포함시} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Min } \sum_{t \in T} \sum_{i \in M} \sum_{j \in M} \left(c_{ij} \sum_{k \in V} \alpha_k x_{tijk} \right) + \sum_{t \in T} \sum_{i \in M \setminus \{1\}} \sum_{l \in N} \left(b_{il} \sum_{k \in V} y_{tikl} \right) + \sum_{k \in V} \tau \beta_k \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{r \in \theta_i} z_{ir} = 1 \quad \forall i \in M \setminus \{1\} \quad (2)$$

$$\sum_{j \in M} \sum_{k \in V} x_{tijk} - \sum_{r \in \theta_i} w_{rt} z_{ir} = 0 \quad \forall i \in M \setminus \{1\}, \forall t \in T \quad (3)$$

$$\sum_{i \in M} x_{tikh} - \sum_{j \in M} x_{thjk} = 0 \quad \forall h \in M, \forall k \in V, \forall t \in T \quad (4)$$

$$\sum_{j \in M \setminus \{1\}} x_{t1jk} = 1 \quad \forall k \in V, \forall t \in T \quad (5)$$

$$\sum_{k \in V} x_{tiik} = 0 \quad \forall i \in M \setminus \{1\}, \forall t \in T \quad (6)$$

$$u_i - u_j + m \sum_{k \in V} x_{tijk} \leq m - 1 \quad \forall i \in M, \forall j \in M, 2 \leq i \neq j \leq m, \forall t \in T, u_i, u_j : \text{arbitrary} \quad (7)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{i \in M \setminus \{1\}} \sum_{k \in V} y_{tikl} = d_l \quad \forall l \in N \quad (8)$$

$$q_{til} \sum_{j \in M} x_{tijk} - y_{tikl} \geq 0 \quad \forall i \in M \setminus \{1\}, \forall k \in V, \forall l \in N, \forall t \in T \quad (9)$$

$$q_{til} \sum_{j \in M} x_{tjik} - y_{tikl} \geq 0 \quad \forall i \in M \setminus \{1\}, \forall k \in V, \forall l \in N, \forall t \in T \quad (10)$$

$$\sum_{i \in M \setminus \{1\}} \sum_{l \in N} y_{tikl} \leq g_k \quad \forall k \in V, \forall t \in T \quad (11)$$

위 수리모형의 목적식 (1)은 차종별 변동비가 반영된 총 이동비용, 총 구매비용, 그리고 차량운행에 따른 고정비의 합을 최소화한다는 의미이다. 식 (2)는 하나의 매장에 배당되는 방문일자조합은 하나라는 의미이다. 식 (3)은 선택된 방문일자조합에 해당되는 일자에만 매장방문이 가능하다는 의미이다. 식 (4)는 차량 흐름의 연속성을 나타낸다. 식 (5)는 모든 차량은 depot에서 1회만 나갈 수 있다는 의미이다. 식 (6)은 동일 매장에서 이동방지를 제약식이다. 식 (7)은 Miller et al.(1960)이 제시한 TSP에서의 부분 경로 방지 제약식(SECs, subtour elimination constraints)의 확장된 형태로 PHMTPP에서도 동일하게 적용된다. 식 (8)은 모든 제품은 정확히 요구수량 만큼만 구매되어야 한다는 의미이다. 식 (9), (10)은 특정 매장을 포함하는 경로가 해에 포함이 되어야 해당 매장에서 제품 구매가 가능하고 구매 가능한 수량은 해당 매장의 판매량을 초과할 수 없다는 의미이다. 식 (11)은 차종별 적재 용량 제약을 나타낸다.

4. 실험

4.1 실험조건 및 예제

본 연구의 실험에서는 임의로 설정한 예제에 대해 ILOG사의 최적화 도구인 CPLEX ver. 11.1을 활용하여 최적해를 산출한다. 예제 구성시 가정 사항 및 조건은 다음과 같다. 차량이 출발 및 복귀하는 depot의 수는 하나이며 매장의 수 m 은 depot를 포함하여 8로 설정하여 100×100 2차원 유클리드 평면상에 위치 좌표를 일양분포(uniform distribution)에 따라 무작위로 생성한다. 구매요구 품목 수 n 은 가정 및 폐차장 등지에서 일반적으로 수거되는 상철, 중철, 하철, 그리고 대표적 수거대상 비철금속인 알루미늄, 아연, 스텐을 반영하여 6으로 설정한다. 차량은 7톤, 9톤으로 한정하며 전체 주기는 2로 설정한다($\tau=2$). 이 때 방문가능일자조합의 수는 1일차에만 방문($r=1$), 2일차에만 방문($r=2$), 이들 모두 방문($r=3$)하는 경우로 구분된다.

설정된 예제는 다음과 같다. 먼저 depot를 포함한 8개 매장간 상대거리는 <표 1>과 같다. 1번 노드를 depot로 설정하며 2번부터 8번 노드가 제품(재활용 대상 폐기물)을 판매하는 매장을 나타낸다.

표 1. Distance between markets(C_{ij})

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	31	31	49	38	51	37	25
2	31	0	56	61	36	47	68	44
3	31	56	0	27	38	82	38	51
4	49	61	27	0	28	99	65	73
5	38	36	38	28	0	79	69	62
6	51	47	82	99	79	0	70	35
7	37	68	38	65	69	70	0	35
8	25	44	51	73	62	35	35	0

구매요구품목의 구매요구량은 <표 2>와 같이 설정한다. 총 이틀에 걸쳐 2대의 차량이 구매(수거)해야 하는 구매물량은 30이 된다.

표 2. Demand for each product(d_i)

Product	1	2	3	4	5	6	Total
Demand	4	6	4	5	6	5	30

<표 3>, <표 4>는 일자별 각 매장의 제품 보유수량을 나타낸다. 1번 노드는 depot를 나타내므로 모든 물품의 보유량을 0으로 설정하였고 각 품목별 보유량의 합은 구매요구량보다 크도록 [1, 5] 구간에서 실행가능(feasible)하게 임의로 설정하였다.

표 3. Inventory of markets in 1st day(q_{1i})

	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0	0
2	2	1	4	5	1	2
3	4	1	4	5	4	4
4	4	5	4	1	1	3
5	1	2	3	4	1	1
6	5	1	1	5	3	1
7	5	4	5	3	4	5
8	2	3	1	2	4	3
Total	23	17	22	25	18	19

표 4. Inventory of markets in 2nd day(q_{2i})

	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0	0
2	2	1	2	2	1	2
3	4	2	2	3	3	1
4	4	3	3	2	1	2
5	1	3	3	3	2	1
6	5	1	4	4	3	1
7	5	4	4	1	3	3
8	2	2	1	4	2	1
Total	23	16	19	19	15	11

<표 5>는 매장별 판매제품의 가격을 나타낸다.

표 5. Price of each product(b_{ij})

	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0	0
2	1	4	5	3	8	4
3	2	3	6	4	9	3
4	2	3	8	2	9	3
5	1	5	7	3	8	4
6	3	3	4	3	8	4
7	2	3	5	3	7	5
8	2	4	6	4	9	3

운용차량은 7톤, 9톤 각 1대씩으로 설정하였고 이는 이틀에 걸쳐 용량별 차종을 모두 운용했을 경우에 있어 총 주기 동안의 구매요구량인 30을 충족 가능한 차량대수의 실행가능(feasible) 하한(lower bound)이다. 차량운행에 따른 변동비와 고정비는 <표 6>와 같이 설정한다.

표 6. Fixed cost and variable cost of vehicles

Loading capacity(ton)	7	9
Variable cost(α_k)	35	40
fixed cost(β_k)	200	220

<표 7>은 매장별 방문가능 일수를 나타낸다. depot인 1번 매장은 제품구매를 위해 방문하지 않으므로 0이며 값이 1인 매장은 1일이나 혹은 2일중 1회만 방문, 값이 2인 매장은 이틀에 걸쳐 두 번 방문함을 의미한다. 예를 들어, 2번 매장은 1일 혹은 2일중 1회만 방문 가능하므로 θ_2 는 1 또는 2의 값을 갖는다($r \in \theta_2 = \{1, 2\}$).

표 7. Available days for visiting markets

Market	1	2	3	4	5	6	7	8
Available days	0	1	1	2	1	1	2	1

4번 매장은 이를 모두 방문 가능하므로 θ_4 는 3의 값을 갖는다 ($r \in \theta_4 = \{3\}$).

4.2 실험결과 및 분석

4.1절의 예제에 대해 CPLEX를 사용하여 도출한 최적해는 18,000으로 산출되었고 계산시간은 약 1초가 소요되었다. 각 주 기별로 2대의 차량이 구성한 최적 경로는 <표 8>과 같다.

표 8. Optimal route of each vehicle

t	Vehicle ID	Capacity of vehicle(ton)	Route	Number of visiting markets
1	1	7	1-4-3-1	2
	2	9	1-7-1	1
2	1	7	1-4-5-2-6-1	4
	2	9	1-7-1	1

<표 9>는 일자별 각 차량의 최적 경로 내의 매장에서 구매한 물품의 물량을 나타낸다. 1일($t=1$)에 1번 차량은 6, 2번 차량은 9만큼을 각각 구매하였다. 2일($t=2$)에는 1번 차량이 7, 2번 차량이 8을 각각 구매하였다. 전체 주기에 거쳐 구매한 각 물품의 합은 30으로 <표 2>의 물품별 구매요구량과 정확히 일치함을 확인할 수 있다.

표 9. Purchase quantity of each vehicle

t	ID	Product Market	1	2	3	4	5	6	Total	Loading amounts
1	1	4				1		3	4	6
		3						2	2	
	2	7		3	2	1	3		9	9
2	1	4				2			2	7
		5	1						1	
		2	2						2	
		6			2				2	
	2	7	1	3		1	3		8	8
Total			4	6	4	5	6	5	30	30

<그림 1>, <그림 2>는 이들에 거쳐 2대의 차량이 형성한 최적 경로를 각각 나타낸다.

결론적으로 본 예제에서의 총 물류비용은 <표 10>과 같다. 용량이 상이한 2대의 차량 운행에 대해 이틀간 변동비로 17,050이 소요되었고 고정비로 840, 그리고 제품 구매비용으로 110이 소요되어 총 물류비용은 18,000이 소요되었다.

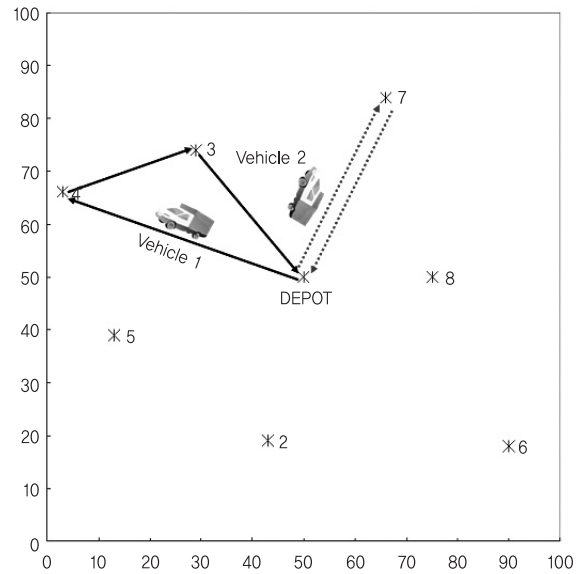


그림 1. Optimal tour of vehicles in 1st day

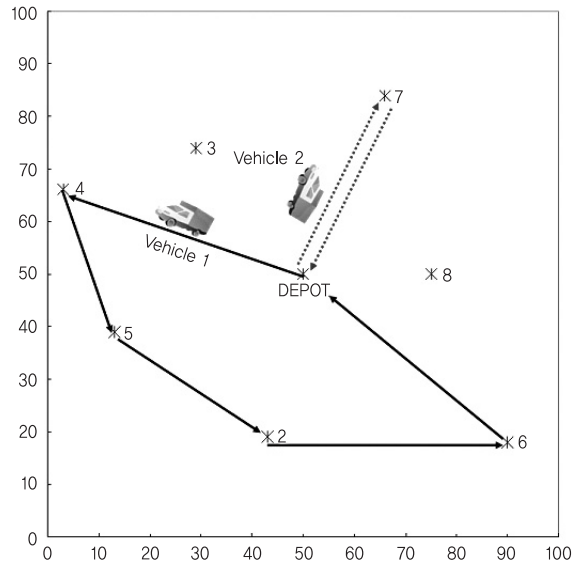


그림 2. Optimal tour of vehicles in 2nd day

표 10. Logistics cost

t	ID	Variable cost			Fixed cost	Purchase cost	Total
		Moving distance	Variable cost	Sub total			
1	1	107	35	3,745	200	17	3,962
	2	74	40	2,960	220	43	3,223
2	1	211	35	7,385	200	15	7,600
	2	74	40	2,960	220	35	3,215
-	-	466	-	17,050	840	110	18,000

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 폐기물류 최적화를 위해 기존의 TPP에 용량이 상이한 복수의 구매자(차량), 다기간을 고려한 PHMTPP의 수리모형을 제시하고 예제를 구성하여 실험하였다. 2기간, 8개 매장, 6종 제품, 2종의 차량 운행에 대한 예제에 대해 CPLEX를 활용하여 짧은 시간에 최적해를 도출하였다. 그러나 현실문제 적용에 있어 매장 및 제품, 운행차량의 대수가 커질 경우 NP-hard 문제의 특성상 최적해를 도출하는 것이 불가능할 경우가 발생할 수 있다. 따라서 향후 PHMTPP를 해결할 수 있는 휴리스틱 및 메타휴리스틱 기법의 적용에 대한 연구가 필요하다. 또한 임의로 설정한 예제가 아닌 실제 리사이클링 업체가 재활용품 생산을 위해 RCC에서 폐기물(고철, 비금속 등)을 최소비용으로 구매해야하는 경우에 본 PHMTPP 모형을 적용하여 최적의 의사결정을 내릴 수 있다면 보다 가치 있는 연구가 될 것이다.

참고 문헌

- [1] Angelelli, E., Mansini, R., Vindigni, M.(online published in 2008), Exploring greedy criteria for the dynamic traveling purchaser problem, Central European Journal of Operations Research.
- [2] Boctor, F.F., Laporte, G., Renaud, J.(2003), Heuristics for the traveling purchaser problem, Computers and Operations Research 30(2003), pp.491-504.
- [3] Goldbarg, M.C., Bagi, L.B., Goldbarg, E.F.G.(2008), Transgenetic algorithm for the traveling purchaser problem, EJOR 199, pp.36-45.
- [4] Jain, R., Rivera, M.C., Moore, J.E., Lake, J.A.(2003), Horizontal gene transfer accelerates genome innovation and evolution, Molecular Biology and Evolution 20, pp.1598-1602.
- [5] Laporte, G., Riera-Ledesma, J., Salazar-González, J.J.(2003), A branch and cut algorithm for the undirected traveling purchaser problem, Operations Research Vol.51 No.6, pp.142-152.
- [6] Mansini, R., Tocchella, B.(2009), The traveling purchaser problem with budget constraint, Computers and Operations Research 36, pp.2263-2274.
- [7] Margulis, L.(1992), Symbiosis in cell evolution, Microbial communities in the archaean and proterozoic eon., W.H. Freeman.
- [8] Miller C.E., Tucker, A.W., Zemlin R.A.(1960), Integer programming formulation of traveling salesman problems, Journal of Association for Computing Machinery 7, pp.326-329.
- [9] Ramesh, T.(1981), Traveling purchaser problem. OPSEARCH 18, pp.78-91.
- [10] Riera-Ledesma, J., Salazar-González, J.J.(2005), A heuristic approach for the traveling purchaser problem, EJOR 162, pp.142-152.
- [11] Supply Chain Management Review(2002), May/June.



최명진

공군사관학교 무기기초과학과 학사
국방대학교 운영분석학과 석사
현재 : 국방대학교 운영분석학과
박사과정
관심분야 : SCM, 물류관리



이상현

육군사관학교 전기공학과 학사
US Naval Postgraduate School OR 석사
Georgia Institute of Technology
산업공학 박사
현재 : 국방대학교 운영분석학과 교수
관심분야 : 네트워크, 로지스틱스, SCM

복도형 오더피킹시스템의 최적경로를 위한 그래프 최적화 알고리즘[†]

장호영 · 최경일[‡]

한국외국어대학교 산업경영공학과

A Graph Optimization Algorithm for Optimal Routing in an Aisle-Based Order Picking System[†]

Hoyoung Jang · Kyungil Choe[‡]

Department of Industrial Management Engineering, Hankuk University of Foreign Studies

The regional distribution center of a major Korean food and beverage company uses picking tours generated by its warehouse management system (WMS), but its management is not satisfied with the quality of current tours. The picking area consists of vertical and middle cross aisles, and has picking locations at some cross aisles. Pickers with carts walk to collect line items. A graph optimization algorithm is developed to minimize total traveling distances for the unique layout. For the given set of orders, the graph optimization algorithm reduces total distances than the WMS by 24.3%. Its computing times are less than a second in average.

Keywords: aisle routing, order picking, graph optimization algorithm

1. Introduction

Efficient order picking is one of the most critical elements of order picking systems (Tompkins et. al., 2003). Depending on the equipment and order profiles of an order picking system, there are numerous alternatives to improve its efficiency - see Choe et al. (1992) and De Koster et al. (2007) for various issues and comprehensive literature reviews on order picking. For an aisle-based order picking system

(ABOPS) with in-the-aisle picking, traveling times are crucial to its efficiency: they are estimated as much as 50% of total order picking times (Tompkins et al., 2003). Therefore, one of the major issues in the operation of the ABOPS is how to minimize the traveling times of pickers.

ABC Co., a major food and beverage company in Korea, has several regional distribution centers (RDC) to supply a number of retailers. The RDC located in a southern province operates both automated and manual picking systems. In the manual picking area, a picker with a cart walks in the aisles of

[†] This study was supported by the Hankuk University of Foreign Studies Research Fund of 2009.

[‡] Corresponding author: San 89, Mohyun-Myun, Yongin-Si, Kyunggi-Do, 449-791, S. Korea,

Tel:+82-31-330-4257 Fax: 82-31-334-2522 E-mail: kichoe@hufs.ac.kr

* 2009년 10월 20일 투고, 2009년 11월 23일 게재 확정.

the rectangular layout as shown Fig. 1, which represents only a part of the area: the actual number of vertical aisles is 13. A picker collects items belonging to the same customer order. The number of line items (or picking locations) of an order varies greatly from 5 to sometimes more than 100.

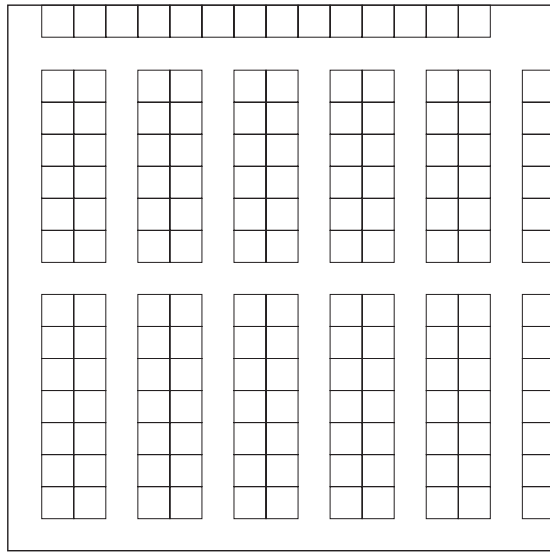


Fig. 1. The ABOPS of the RDC

The warehouse management system (WMS) of the RDC provides picking lists which are supposed to minimize traveling times if pickers follow the sequence of lists. The WMS, however, seems to use a simple greedy-type heuristic which is not efficient in general. The manager of the RDC is not satisfied with the quality of current lists, and looks for a more sophisticated alternative to optimize the traveling times of pickers.

The optimization problem of aisle routing is a special case of the traveling salesman problem, one of the famous NP-hard problems. Our problem, however, is not NP-hard because of its simpler layout. Among earlier studies, Ratliff and Rosenthal (1983) develop the graph optimization algorithm (GOA) which can find an optimal route for a given set of picking locations in the most basic layout: a rectangular picking area contains cross or horizontal aisles only at the ends of vertical aisles. The algorithm is based on dynamic programming, and linear in the number of aisles and the number of picking locations.

Although Ratliff and Rosenthal (1983) mention the

extensions of the GOA for an ABOPS with middle cross aisles, Roodbergen and De Koster (2001a) seems to be the first study that explicitly deals with middle cross aisles as shown in Fig. 2. They extend the GOA and show that traveling times can be decreased significantly by adding cross aisles.

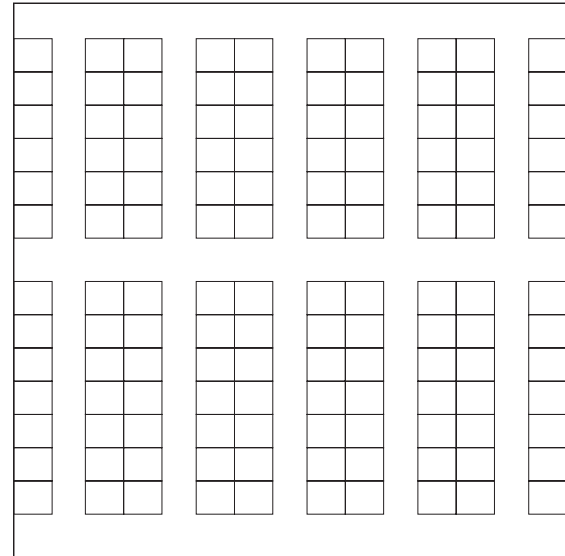


Fig. 2. An ABOPS with middle cross aisles

Although these studies can yield optimal routes in their ABOPS, the dynamic programming-based GOA is very sensitive to the layout. They are not directly applicable to our problem, because our ABOPS has openings also in some cross aisles. Therefore, we need to modify their algorithms to fit with our layout.

Instead of optimal methods, one may consider various heuristics for aisle routing-Peterson (1997), Vaugh and Perterson (1999), Roodbergen and De Koster (2001b), and De Koster et al. (2007). Although these heuristics have certain advantages, our experiences with the GOA suggest that it would work well for our problem. Furthermore, the GOA can be a baseline to compare with other heuristics (Cho et al., 2009).

Representing the rectangular picking layout as a graph of edges and vertices, the GOA enumerates all picking tours by the principle of dynamic programming. Constructing a picking tour takes gradual steps from lower left to upper right adding aisles and picking locations to the current partial tour. The algorithm is complete if all I/O and picking locations are

included in the picking tour.

In the next section, we introduce the graphic representation of picking tours in the ABOPS. Section 3 explains how the GOA can be modified to our problem. Here our descriptions focus on modification rather than on the precise definitions and theorems of the GOA: they can be found in Roodbergen and De Koster (2001a), unless specifically mentioned. Section 4 compares the results of our algorithm with picking lists currently used by the RDC. Conclusions and remarks are given in the last section.

2. A Graphic Representation of the ABOPS

We assume that, depending on the order picking policies of the RDC, the WMS gives the set of line items to be collected in a picking tour, and that any picker with a cart has the capacity enough for collecting all line items of the set. Items are stored at the both sides of a vertical aisle (except the left-most one) and one side of a rear (or upper) cross aisle as shown in Fig. 1. The picking area consists of two blocks, X and Y, divided by middle cross aisles as shown in Fig. 3. The notations are defined as follows:

- n = the number of vertical aisles
- m = the number of picking locations
- j = the aisle index starting from the left
- a_j = the rear end of aisle j
- b_j = the middle of aisle j
- c_j = the front end of aisle j
- $v_{x,i}$ = picking location in block X
- $v_{y,i}$ = picking location in block Y
- G = the graph representing the whole area
- T_j = the partial tour subgraph (PTS) generated from aisle 1 to aisle j
- L_j^- = the subgraph of G consisting of vertices a_j , b_j , and c_j together with all edges and vertices to the left of a_j , b_j , and c_j .
- Y_j = the subgraph of G of vertices b_j and c_j together with all edges and vertices between b_j and c_j .
- $L_j^{+y} = L_j^- \cup Y_j$
- X_j = the subgraph of G consisting of vertices a_j and b_j

together with all edges and vertices between a_j and b_j .

- $L_j^{+x} = L_j^{+y} \cup X_j$
- T = tour subgraph, i.e., any subgraph of G if its edges form a cycle or picking tour that includes every $v_{x,i}$ and $v_{y,i}$ at least once (see Ratliff and Rosenthal (1983) for a precise definition)

For any subgraph $L_j^- \subset G$, a subgraph $T_j \subset L_j^-$ is called an L_j^- PTS, if there exists another subgraph of G (called as a completion) consisting of edges and vertices not contained in L_j^- , such that the union of these two subgraphs form a tour subgraph. Two L_j^- PTSs are said to be equivalent if any completion of one PTS is also a completion of the other. Now, our ABOPS can be represented as a graph as shown in Fig. 3. Certainly, we are supposed to visit not all vertices but I/O and picking locations, and are allowed to visit a vertex more than once, if desirable.

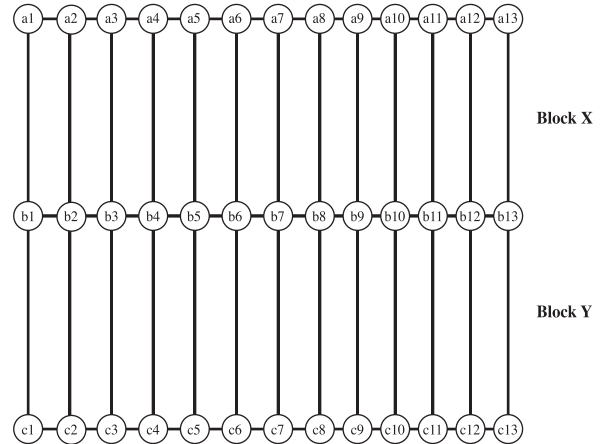


Fig. 3. A graph presentation of aisles

3. The GOA for Optimal Aisle Routing

It is easy to describe the GOA by following the principle of dynamic programming. For our problem, the states are defined as the equivalent classes of PTSs, the transition between classes as the addition of subgraphs to each PTS of the current equivalent class, and the cost as the length of the resulting PTS.

States

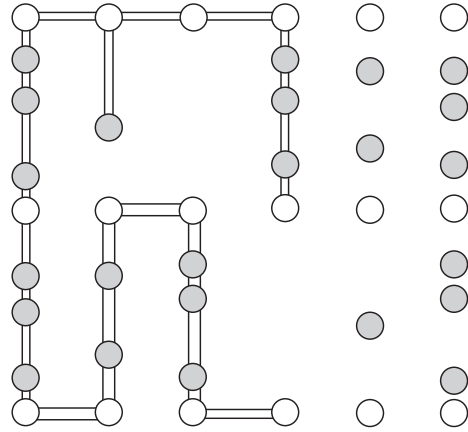
The states or the equivalent classes can be defined by 5 factors, and so be denoted as a quintuplet, $(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon)$, where α = the degree parity of a_j , β = the degree parity of b_j , γ = the degree parity of c_j , γ = the connectivity, and ε = the distribution of a_j , b_j , and c_j over the components. The degree parity of a vertex indicates whether the number of edges associated with the vertex is odd, even or zero: ‘ u (uneven)’ if it is odd, ‘ e ’ if even, and ‘0’ if zero. The connectivity of a PTS indicates the number of its connected components: it must be from 1 to 3. The distribution of a_j , b_j , and c_j over the components indicates which of a_j , b_j , and c_j are contained in the same component. We will explicitly notify the three cases of distributions only: $a-bc$, $b-ac$, and $c-ab$ (e.g., $a-bc$ means that a_j is in one component, and b_j and c_j are in the other). Other cases are not shown in the quintuplet, because there is only one component or there is only one possibility of the distribution under the combination of the other four factors. For example, the PTSs shown in Fig. 4 can be noted as $(e, e, e, 1)$ and $(e, e, e, 2, c-ab)$. It should be noted that the first quintuplet is shortened, because all of a_4 , b_4 , and c_4 belong to the same component.

Roodbergen and De Koster (2001a) prove that there are the only 25 feasible equivalence classes of PTSs:

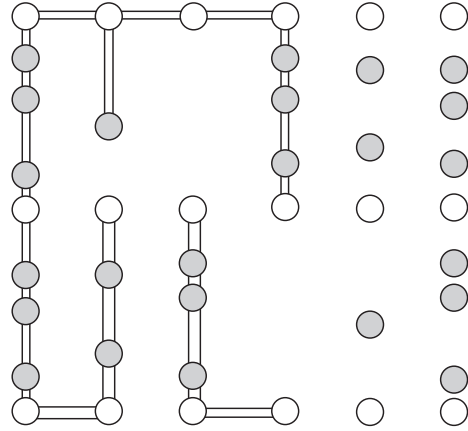
$(0, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 1), (e, e, e, 1), (e, e, e, 3),$
 $(e, 0, 0, 1), (0, e, 0, 1), (0, 0, e, 1), (e, e, 0, 1),$
 $(e, 0, e, 1), (0, e, e, 1),$
 $(u, u, 0, 1), (u, 0, u, 1), (0, u, u, 1),$
 $(e, u, u, 1), (u, e, u, 1), (u, u, e, 1),$
 $(e, e, 0, 2), (e, 0, e, 2), (0, e, e, 2),$
 $(e, u, u, 2), (u, e, u, 2), (u, u, e, 2),$
 $(e, e, e, 2, a-bc), (e, e, e, 2, b-ac), (e, e, e, 2, c-ab).$

These classes are the outcome of complete enumeration based on the properties of PTSs. For example, $(0, 0, 0, 0)$ and $(0, 0, 0, 1)$ imply that none of aisles in L_j contain picking locations, and that none of aisles in $G - L_j$ contain picking locations, respectively.

It is easy to show that, when all PTSs are added, the minimum length tour subgraph is the shortest one among the following eight classes of PTSs:



(a) A PTS of $(e, e, e, 1)$



(b) A PTS of $(e, e, e, 2, c-ab)$

Fig. 4. Quintuplet notations of PTSs

$(0, 0, 0, 1), (e, 0, 0, 1), (0, e, 0, 1), (0, 0, e, 1),$
 $(e, e, 0, 1), (e, 0, e, 1), (0, e, e, 1), (e, e, e, 1).$

Note that any final tour subgraphs of more than one component cannot be feasible, and that any subgraphs with vertices of odd parity cannot be a feasible picking tour (Ratliff and Rosenthal, 1983).

Transitions

In our problem, the transition between states is corresponding to adding edges and vertices. It consists of 3 steps as follows:

- L_j^- to L_j^{+y} : the step of adding $v_{y,i}$

- L_j^{+y} to L_j^{+x} : the step of adding $v_{x,i}$
- L_j^{+x} to L_{j+1}^- : the step of adding cross aisles

There are 6 ways to traverse each vertical subaisle between a_j and b_j or b_j and c_j as shown in Fig. 5. Subgraph (6) in the figure is used when there is no line item in the subaisle. Those routes are employed the transitions from L_j^- to L_j^{+y} and from L_j^{+y} to L_j^{+x} . All feasible combinations of transitions are given in Tables 1 and 2.

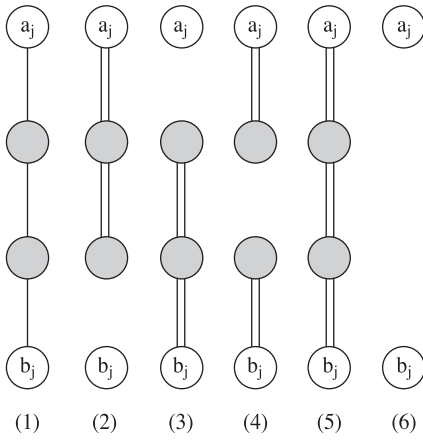


Fig. 5. Traversing a vertical subaisle

If there are no openings in cross aisles, there are 14 feasible ways for the transition from L_j^{+x} to L_{j+1}^- as shown in Fig. 6. In our problem, however, there will be 5 more transition cases as shown in Fig. 7 to traverse a rear cross aisle with storage locations. Subgraphs (17) and (18) in the figure indicate that the picker does not fully traverse the cross aisle. All feasible combinations of adding cross aisles are shown in Table 3.

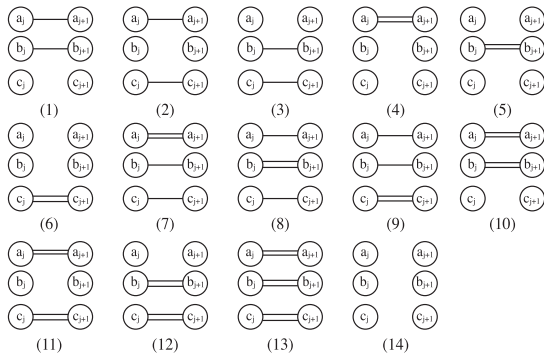


Fig. 6. Adding cross aisles to L_j^{+x}
(Roodbergen and De Koster, 2001a)

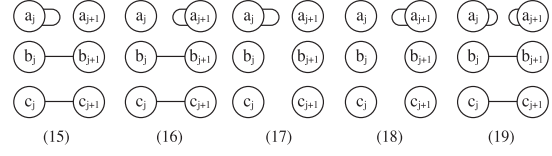


Fig. 7. 5 transition cases for cross aisles with storage locations

Cost

The cost of each transition is the length of subgraphs added. The shortest subtour will be chosen among the combinations feasible for the transition.

Applicability

Our GOA is a little bit more complicated than previous ones. For the most basic layout, the GOA of Ratliff and Rosenthal (1983) has 7 equivalence classes and 5 transition cases for adding cross aisle. For the layout with middle cross aisles, that of Roodbergen and De Koster (2001a) has 25 equivalence classes and 14 transition cases. For an ABOPS having cross aisles with openings, ours has 25 classes and 19 cases. This apparent complexity of the GOA, however, does not imply lengthy computing times. The GOA including ours is linear in the number of aisles and the number of picking locations. In fact, our experiences show that any real-sized problems could be solved within a second.

The flexible nature of dynamic programming makes our algorithm be applied to various shapes of the ABOPS. It can generate an optimal tour even if some vertical aisles do not have cross aisles and also if some cross aisles do not have openings. Our modifications can be used also for an ABOPS with multiple cross aisles with openings: modify the GOA Roodbergen and Koester (2001b) with our additional transition cases.

4. Computational results

Evaluating the efficiency of our GOA, the optimal routes of 23 orders of the RDC are generated. The number of line items per order ranges from 8 to 124, and the average is 25.3. Our algorithm is coded in C on a core 2 duo 2.33GHz-CPU with 1GB RAM. The average of computing times is 0.73 second

Table 1. The combination matrix of the transition from L_j^- to L_j^{+y} (Roodbergen and De Koster, 2001a)

L_j^- to L_j^{+y}	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) ^a
(0, 0, 0, 0) ^b	(0, u, u, 1)	(0, e, e, 1)	(0, e, 0, 1)	(0, 0, e, 1)	(0, e, e, 2)	(0, 0, 0, 0)
(0, 0, 0, 1) ^c	^d	^d	^d	^d	^d	(0, 0, 0, 1)
(e, 0, 0, 1)	(e, u, u, 2)	(e, e, e, 2, a-bc)	(e, e, 0, 2)	(e, 0, e, 2)	(e, e, e, 3)	(e, 0, 0, 1)
(0, e, 0, 1)	(0, u, u, 1)	(0, e, e, 1)	(0, e, 0, 1)	(0, e, e, 2)	(0, e, e, 2)	(0, e, 0, 1)
(0, 0, e, 1)	(0, u, u, 1)	(0, e, e, 1)	(0, e, e, 2)	(0, 0, e, 1)	(0, e, e, 2)	(0, 0, e, 1)
(e, e, 0, 1)	(e, u, u, 1)	(e, e, e, 1)	(e, e, 0, 1)	(e, e, e, 2, c-ab)	(e, e, e, 2, c-ab)	(e, e, 0, 1)
(e, 0, e, 1)	(e, u, u, 1)	(e, e, e, 1)	(e, e, e, 2, b-ac)	(e, 0, e, 1)	(e, e, e, 2, b-ac)	(e, 0, e, 1)
(0, e, e, 1)	(0, u, u, 1)	^e	(0, e, e, 1)	(0, e, e, 1)	(0, e, e, 1)	(0, e, e, 1)
(e, e, e, 1)	(e, u, u, 1)	^e	(e, e, e, 1)	(e, e, e, 1)	(e, e, e, 1)	(e, e, e, 1)
(u, u, 0, 1)	(u, e, u, 1)	(u, u, e, 1)	(u, u, 0, 1)	(u, u, e, 2)	(u, u, e, 2)	(u, u, 0, 1)
(u, 0, u, 1)	(u, u, e, 1)	(u, e, u, 1)	(u, e, u, 2)	(u, 0, u, 1)	(u, e, u, 2)	(u, 0, u, 1)
(0, u, u, 1)	(0, e, e, 1)	^e	(0, u, u, 1)	(0, u, u, 1)	(0, u, u, 1)	(0, u, u, 1)
(e, u, u, 1)	(e, e, e, 1)	^e	(e, u, u, 1)	(e, u, u, 1)	(e, u, u, 1)	(e, u, u, 1)
(u, e, u, 1)	(u, u, e, 1)	^e	(u, e, u, 1)	(u, e, u, 1)	(u, e, u, 1)	(u, e, u, 1)
(u, u, e, 1)	(u, e, u, 1)	^e	(u, u, e, 1)	(u, u, e, 1)	(u, u, e, 1)	(u, u, e, 1)
(e, e, 0, 2)	(e, u, u, 2)	(e, e, e, 2, a-bc)	(e, e, 0, 2)	(e, e, e, 3)	(e, e, e, 3)	(e, e, 0, 2)
(e, 0, e, 2)	(e, u, u, 2)	(e, e, e, 2, a-bc)	(e, e, e, 3)	(e, 0, e, 2)	(e, e, e, 3)	(e, 0, e, 2)
(0, e, e, 2)	(0, u, u, 1)	(0, e, e, 1)	(0, e, e, 2)	(0, e, e, 2)	(0, e, e, 2)	(0, e, e, 2)
(e, e, e, 2, a-bc)	(e, u, u, 2)	^e	(e, e, e, 2, a-bc)	(e, e, e, 2, a-bc)	(e, e, e, 2, a-bc)	(e, e, e, 2, a-bc)
(e, e, e, 2, b-ac)	(e, u, u, 1)	(e, e, e, 1)	(e, e, e, 2, b-ac)	(e, e, e, 2, b-ac)	(e, e, e, 2, b-ac)	(e, e, e, 2, b-ac)
(e, e, e, 2, c-ab)	(e, u, u, 1)	(e, e, e, 1)	(e, e, e, 2, c-ab)	(e, e, e, 2, c-ab)	(e, e, e, 2, c-ab)	(e, e, e, 2, c-ab)
(e, u, u, 2)	(e, e, e, 2, a-bc)	^e	(e, u, u, 2)	(e, u, u, 2)	(e, u, u, 2)	(e, u, u, 2)
(u, e, u, 2)	(u, u, e, 1)	(u, e, u, 1)	(u, e, u, 2)	(u, e, u, 2)	(u, e, u, 2)	(u, e, u, 2)
(u, u, e, 2)	(u, e, u, 1)	(u, u, e, 1)	(u, u, e, 2)	(u, u, e, 2)	(u, u, e, 2)	(u, u, e, 2)
(e, e, e, 3)	(e, u, u, 2)	(e, e, e, 2, a-bc)	(e, e, e, 3)	(e, e, e, 3)	(e, e, e, 3)	(e, e, e, 3)

^aThis transition is only allowed if there are no items in this part of the aisle.^bThis class can occur only if there are no items to be picked in L_j^- .^cThis class can only occur if there are no items to be picked in $G - L_j^-$.^dThis transition would violate condition A2(c).^eThis transition will never lead to the optimal solution.Table 2. The combination matrix of the transition from L_j^{+y} to L_j^{+x} (Roodbergen and De Koster, 2001a)

L_j^{+y} to L_j^{+x}	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) ^a
(0, 0, 0, 0) ^b	(u, u, 0, 1)	(e, e, 0, 1)	(e, 0, 0, 1)	(0, e, 0, 1)	(e, e, 0, 2)	(0, 0, 0, 0)
(0, 0, 0, 1) ^c	^d	^d	^d	^d	^d	(0, 0, 0, 1)
(e, 0, 0, 1)	(u, u, 0, 1)	(e, e, 0, 1)	(e, 0, 0, 1)	(e, e, 0, 2)	(e, e, 0, 2)	(e, 0, 0, 1)
(0, e, 0, 1)	(u, u, 0, 1)	(e, e, 0, 1)	(e, e, 0, 2)	(0, e, 0, 1)	(e, e, 0, 2)	(0, e, 0, 1)
(0, 0, e, 1)	(u, u, e, 2)	(e, e, e, 2, c-ab)	(e, 0, e, 2)	(0, e, e, 2)	(e, e, e, 3)	(0, 0, e, 1)
(e, e, 0, 1)	(u, u, 0, 1)	^e	(e, e, 0, 1)	(e, e, 0, 1)	(e, e, 0, 1)	(e, e, 0, 1)
(e, 0, e, 1)	(u, u, e, 1)	(e, e, e, 1)	(e, 0, e, 1)	(e, e, e, 2, b-ac)	(e, e, e, 2, b-ac)	(e, 0, e, 1)
(0, e, e, 1)	(u, u, e, 1)	(e, e, e, 1)	(e, e, e, 2, a-bc)	(0, e, e, 1)	(e, e, e, 2, a-bc)	(0, e, e, 1)
(e, e, e, 1)	(u, u, e, 1)	^e	(e, e, e, 1)	(e, e, e, 1)	(e, e, e, 1)	(e, e, e, 1)
(u, u, 0, 1)	(e, e, 0, 1)	^e	(u, u, 0, 1)	(u, u, 0, 1)	(u, u, 0, 1)	(u, u, 0, 1)
(u, 0, u, 1)	(e, u, u, 1)	(u, e, u, 1)	(u, 0, u, 1)	(u, e, u, 2)	(u, e, u, 2)	(u, 0, u, 1)
(0, u, u, 1)	(u, e, u, 1)	(e, u, u, 1)	(e, u, u, 2)	(0, u, u, 1)	(e, u, u, 2)	(0, u, u, 1)
(e, u, u, 1)	(u, e, u, 1)	^e	(e, u, u, 1)	(e, u, u, 1)	(e, u, u, 1)	(e, u, u, 1)
(u, e, u, 1)	(e, u, u, 1)	^e	(u, e, u, 1)	(u, e, u, 1)	(u, e, u, 1)	(u, e, u, 1)
(u, u, e, 1)	(e, e, e, 1)	^e	(u, u, e, 1)	(u, u, e, 1)	(u, u, e, 1)	(u, u, e, 1)
(e, e, 0, 2)	(u, u, 0, 1)	(e, e, 0, 1)	(e, e, 0, 2)	(e, e, 0, 2)	(e, e, 0, 2)	(e, e, 0, 2)
(e, 0, e, 2)	(u, u, e, 2)	(e, e, e, 2, c-ab)	(e, 0, e, 2)	(e, e, e, 3)	(e, e, e, 3)	(e, 0, e, 2)
(0, e, e, 2)	(u, u, e, 2)	(e, e, e, 2, c-ab)	(e, e, e, 3)	(0, e, e, 2)	(e, e, e, 3)	(0, e, e, 2)
(e, e, e, 2, a-bc)	(u, u, e, 1)	(e, e, e, 1)	(e, e, e, 2, a-bc)	(e, e, e, 2, a-bc)	(e, e, e, 2, a-bc)	(e, e, e, 2, a-bc)
(e, e, e, 2, b-ac)	(u, u, e, 1)	(e, e, e, 1)	(e, e, e, 2, b-ac)	(e, e, e, 2, b-ac)	(e, e, e, 2, b-ac)	(e, e, e, 2, b-ac)
(e, e, e, 2, c-ab)	(u, u, e, 2)	^e	(e, e, e, 2, c-ab)	(e, e, e, 2, c-ab)	(e, e, e, 2, c-ab)	(e, e, e, 2, c-ab)
(e, u, u, 2)	(u, e, u, 1)	(e, u, u, 1)	(e, u, u, 2)	(e, u, u, 2)	(e, u, u, 2)	(e, u, u, 2)
(u, e, u, 2)	(e, u, u, 1)	(u, e, u, 1)	(u, e, u, 2)	(u, e, u, 2)	(u, e, u, 2)	(u, e, u, 2)
(u, u, e, 2)	(e, e, e, 2, c-ab)	^e	(u, u, e, 2)	(u, u, e, 2)	(u, u, e, 2)	(u, u, e, 2)
(e, e, e, 3)	(u, u, e, 2)	(e, e, e, 2, c-ab)	(e, e, e, 3)	(e, e, e, 3)	(e, e, e, 3)	(e, e, e, 3)

^aThis transition is only allowed if there are no items in this part of the aisle.^bThis class can occur only if there are no items to be picked in L_j^{+y} .^cThis class can only occur if there are no items to be picked in $G - L_j^{+y}$.^dThis transition would violate condition A2(c).^eThis transition will never lead to the optimal solution.

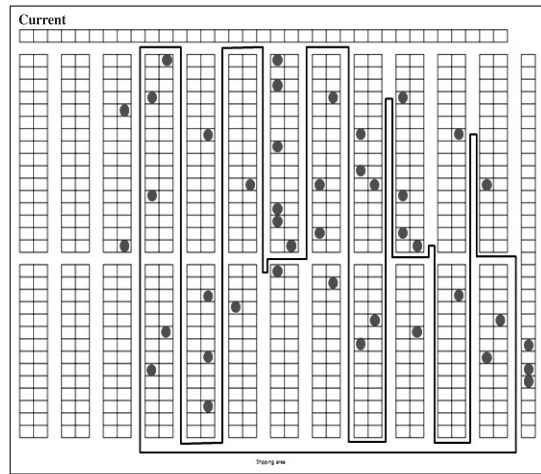
Table 3. The revised combination matrix for the transition from L_j^{+x} to L_{j+1}^-

L_j^{+x} to L_{j+1}^{-}	(1)	(2)	(3)	(7)	(8)	(9)	(15)	(16)	(19)
$(u,u,0,1)$	$(u,u,0,1)$								
$(u,0,u,1)$		$(u,0,u,1)$							
$(0,u,u,1)$			$(0,u,u,1)$					$(e,u,u,2)$	
$(e,u,u,1)$			$(0,u,u,1)$	$(e,u,u,1)$			$(0,u,u,1)$	$(e,u,u,2)$	$(e,u,u,2)$
$(u,e,u,1)$		$(u,0,u,1)$			$(u,e,u,1)$				
$(u,u,e,1)$	$(u,u,0,1)$					$(u,u,e,1)$			
$(e,u,u,2)$				$(e,u,u,2)$					
$(u,e,u,2)$					$(u,e,u,2)$				
$(u,u,e,2)$						$(u,u,e,2)$			

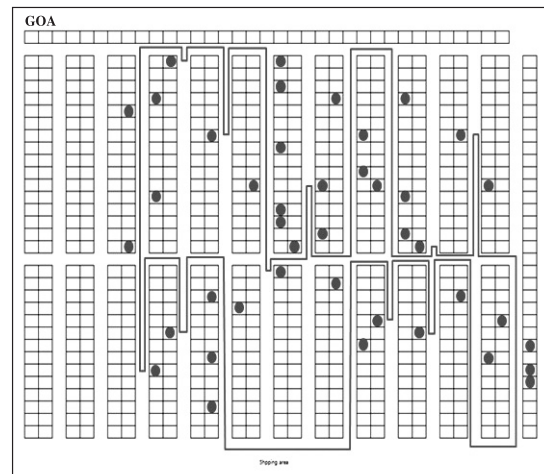
L_j^{+x} to L_{j+1}^{-}	(4)	(5)	(6)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(17)	(18)
$(0,0,0,0)$								$(0,0,0,0)$		$(e,0,0,1)$
$(0,0,0,1)$								$(0,0,0,1)$		
$(e,0,0,1)$	$(e,0,0,1)$							$(0,0,0,1)$	$(0,0,0,1)$	
$(0,e,0,1)$		$(0,e,0,1)$						$(0,0,0,1)$		
$(0,0,e,1)$			$(0,0,e,1)$					$(0,0,0,1)$		
$(e,e,0,1)$	$(e,0,0,1)$	$(0,e,0,1)$		$(e,e,0,1)$				$(0,0,0,1)$	$(0,0,0,1)$	
$(e,0,e,1)$	$(e,0,0,1)$		$(0,0,e,1)$		$(e,0,e,1)$			$(0,0,0,1)$	$(0,0,0,1)$	
$(0,e,e,1)$		$(0,e,0,1)$	$(0,0,e,1)$			$(0,e,e,1)$		$(0,0,0,1)$		
$(e,e,e,1)$	$(e,0,0,1)$	$(0,e,0,1)$	$(0,0,e,1)$	$(e,e,0,1)$	$(e,0,e,1)$	$(0,e,e,1)$	$(e,e,e,1)$	$(0,0,0,1)$	$(0,0,0,1)$	
$(e,e,0,2)$				$(e,e,0,2)$						
$(e,0,e,2)$					$(e,0,e,2)$					
$(0,e,e,2)$						$(0,e,e,2)$				
$(e,e,e,2, a-bc)$				$(e,e,0,2)$	$(e,0,e,2)$		$(e,e,e,2,a-bc)$			
$(e,e,e,2, b-ac)$				$(e,e,0,2)$		$(0,e,e,2)$	$(e,e,e,2,b-ac)$			
$(e,e,e,2, c-ab)$					$(e,0,e,2)$	$(0, e,e,2)$	$(e,e,e,2,c-ab)$			
$(e,e,e,3)$							$(e,e,e,3)$			

Table 4. Summary of experiments

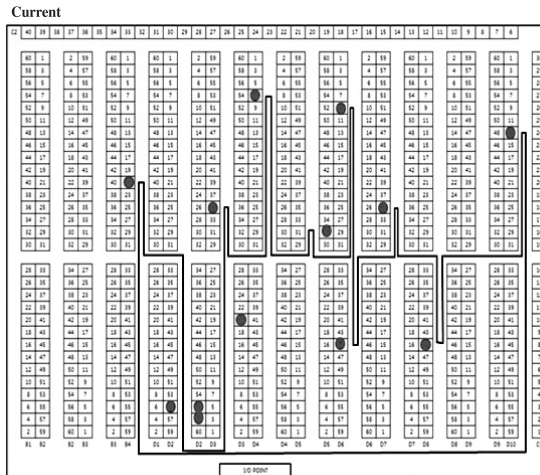
No.	No. of line items	Length by the WMS	Length by the GOA	Improved length	No.	No. of line items	Length by the WMS	Length by the GOA	Improved length
1	18	80	80	0.0%	13	21	356	228	36.0%
2	11	146	128	12.3%	14	42	432	286	33.8%
3	40	308	242	21.4%	15	16	296	184	37.8%
4	10	216	146	32.4%	16	36	308	262	14.9%
5	10	204	140	31.4%	17	28	284	214	24.6%
6	23	254	198	22.0%	18	9	158	132	16.5%
7	42	380	284	25.3%	19	10	138	122	11.6%
8	31	286	220	23.1%	20	43	310	266	14.2%
9	9	128	100	21.9%	21	21	270	192	28.9%
10	8	172	116	32.6%	22	124	512	356	30.5%
11	23	332	208	37.3%	23	26	268	202	24.6%
12	39	376	280	25.5%	Avg.	25.3	270.2	199.4	24.3%



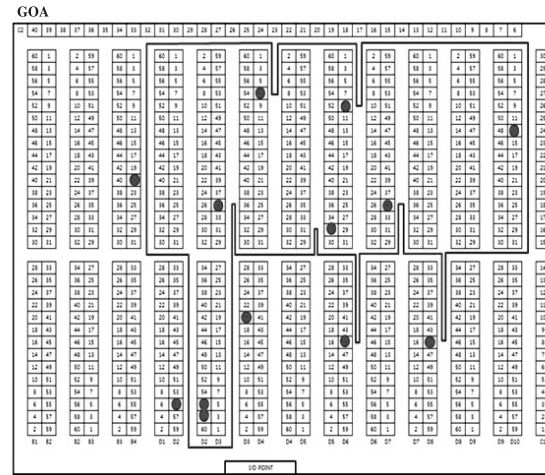
(a-1) The current tour of order no. 14



(a-2) An optimal tour by the GOA



(b-1) The current tour of order no. 15



(b-2) An optimal tour by the GOA

Fig. 8. Comparison between the current and optimal tours

per order. The results of experiments are summarized in Table 4. Comparing with pick lists generated by the WMS, the GOA can decrease the average length (measured in meters) of a picking route by 24.3%.

It should be noted that it does not mean the same reduction in total times because of picking and loading/unloading times by a picker. Examining picking tours reveals some interesting results. Fig. 8 shows the optimal and current routes of two orders. During our study, we have tried to find out the algorithm used by the WMS which was customized from a commercial package, but failed to identify its details. Fig. 8 implies that the WMS might use either the super-tour heuristic or the greedy-type heuristic. Whatever it uses, it provides picking tours far from optimal ones.

5. Conclusions and Remarks

Efficient order picking is one of the most critical elements of aisle-based order picking systems (ABOPS). A regional distribution center (RDC) of the ABC Co., a major food and beverage company in Korea, has an ABOPS, where pickers with carts walk in the aisles to collect line items. The RDC manager is not satisfied with the quality of picking tours generated by its warehouse management system (WMS), of which the algorithm seems to be a kind of the greedy heuristic.

The optimization problem of aisle routing is a special case of the traveling salesman problem, one of the famous NP-hard problems. Our problem, however, is not NP-hard because of

its simpler layout. For our problem, we modify the GOA which is originally developed by Ratliff and Rosenthal (1983) for an ABOPS without middle cross aisles, then extended by Roodbergen and De Koster (2001a) for one with middle cross aisles. But none of them consider cross aisles with storage locations. Accordingly, we modify the GOA for our problem. Ours is similar to the GOA of Roodbergen and De Koster (2001a) except 5 additional transition cases.

By using the real data of 23 orders, we compare the optimal picking tours by our GOA with ones by the WMS. In average, the GOA can reduce the tour length than the WMS by 24.3%. Its computing times are no longer than a second, in spite of its apparent complexity.

With the GOA by Roodbergen and de Koster (2001a), our GOA can be used for various ABOPS having multiple cross aisles with storage locations. For a complicated layout, however, it would be very tedious to find out all equivalence classes and transition cases. Hence, it could be easier to find ϵ -near-optimal solutions by meta-heuristics (Cho et al. 2009).

Finally, our study focuses on minimizing travel distances. In real ABOPSs, however, there are various options for improving its productivity. For example, order batching and zone picking may be effective policies for the ABOPS. Approaches with the more comprehensive point of view would further improve the RDC.

REFERENCES

- [1] Cho, S. Y., Chang H. Y., and Choe, K. (2009), *Ant Colony Optimization for Optimal Routing in an Aisle-Based Order Picking System*, Technical Report, Department of Industrial and Management Engineering, Hankuk University of Foreign Studies.
- [2] Choe, K., Sharp, G. P., and Serfozo, R. F. (1992), Aisle-based order pick systems with batching, zoning, and sorting, *Proceedings of the Material Handling Research Colloquium*, pp. 245 ~ 276, Charlotte, NC.
- [3] De Koster, R., Le-Duc T., and Roodbergen, K. J. (2007), Design and control of warehouse order picking: a literature review, *European Journal of Operational Research*, Vol. 182(2), pp. 481 ~ 501.
- [4] Petersen II, C. G. (1997), An evaluation of order picking routing policies, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17(11), pp. 1098 ~ 1111.
- [5] Ratliff, H. D. and Rosenthal, A. S. (1983), Orderpicking in a rectangular warehouse: A solvable case of the traveling salesman problem, *Operations Research*, Vol. 31(3), pp. 507 ~ 521.
- [6] Roodbergen, K.J. and de Koster, R. (2001a), Routing order pickers in a warehouse with a middle aisle, *European Journal of Operational Research*, Vol. 133(1), pp. 32 ~ 43.
- [7] Roodbergen, K.J. and de Koster, R. (2001b), Routing methods for warehouses with multiple cross aisles, *International Journal of Production Research*, Vol. 39(9), pp. 1865 ~ 1883.
- [8] Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., Frazelle, E. H., and Tanchoco, J. M. A. (2003), *Facility Planning*, John Wiley & Sons.
- [9] Vaughan, T. S. and Petersen, C. G. (1999), The effect of warehouse cross aisles on order picking efficiency, *International Journal of Production Research*, Vol. 37(4), pp. 881-897.



최 경 일

서울대학교 산업공학과 학사
한국과학기술원 산업공학과 석사
Georgia Tech 산업시스템공학부 박사
현재 : 한국외국어대학교 산업경영공학과 교수

관심분야 : 물류시스템 분석, 물류정보 및 기업정보시스템, 기술경영

장 호 영

한국외국어대학교 산업경영공학과 학사
현재 : 한국외국어대학교 산업경영공학과 석사과정

2009년 한국SCM학회지 9권 1호, 2호 심사자 명단(가나다 순)

강민식(남서울대 산업경영공학과), 고창성(경성대 산업경영공학과 교수), 고현정(군산대 물류학과 교수), 구평희(부경대 시스템경영공학과), 김 정(안산공과대학 산업경영과), 김동환(안양대 무역유통학과), 김영민(서울사이버대 국제무역물류학과), 김용진(인하대 아태물류학부), 김재곤(인천대 산업경영공학과), 김재원(정보사회진흥원), 김중인(홍익대 상경대학), 노승종(명지대 경영학과), 문덕희(창원대 산업시스템공학과), 문상원(한국방송통신대 경영학과), 문희철(충남대 무역학과), 박경종(광주대 경영학과), 박하영(서울대 산업공학과), 서용원(중앙대 경영학부), 서정대(경원대 산업정보시스템공학과), 서현주(서울벤처정보대학원대학교 디지털미디어학과), 선지웅(한국외국어대 산업경영공학부), 송상화(인천대 동북아 물류대학원), 송영효(홍익대 상경대학), 송창용(한라대 산업경영공학과), 안 웅(서경대 전자상거래학과), 양병학(경원대 산업정보시스템공학과), 양재경(전북대 산업정보시스템공학과), 양재환(서울시립대 경영학부), 오윤희(대진대 산업시스템공학과), 원종운(철도기술연구원), 유인선(수원대 경영학과), 유한주(송실대 경영학과), 윤봉규(국방대 운영분석학과), 이명무(우송대 국제경영학부), 이상현(국방대 운영분석학과), 이석태(플러스알파 컨설팅), 이영찬(동국대 전자상거래학과), 이용준(ETRI), 이재호(일본 세이조대학), 이창원(한양대 경영대학), 이철식(충남대 경영학과), 임석철(아주대 산업정보시스템공학부), 임성묵(고려대 경영학과), 임세현(상지대 경영정보학과), 임준묵(한밭대 산업경영공학과), 장성기(영산대 경영학과), 장윤석(한국항공대 항공교통물류학부), 장태우(경기대 산업경영공학과), 정기호(경성대 경영정보학과), 정인재(한양대 산업공학과), 정지복(대전대 경영학과), 조남욱(서울산업대 산업공학과), 조영빈(건국대 경영학과), 조진행(한라대 경영학부), 차춘남(경상대 산업경영공학과), 채준재(한국항공대 항공교통물류학부), 최기석(한국외국어대 산업경영공학부), 최명렬(한양대 전자컴퓨터공학부), 최재섭(남서울대 유통학과), 하재원(전북대 산업시스템공학과)

학회지 심사를 위해 노고를 아껴주시지 않은 심사자 여러분들께 깊은 감사의 말씀을 올립니다.

한국 SCM 학회지 제9권, 제2호

인 쇄 / 2009년 11월 30일

발 행 / 2009년 11월 30일

발행인 / 이영해

편집인 / 김승철 · 임석철

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>

※ 이 학술지는 2008년도 정부재원(교육과학기술부
학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지
원을 받아 출판되었음.