

한국 SCM 학회지

*Journal of the Korean Society of
Supply Chain Management*

Volume 9 Number 1
2009



사단
법인 한국SCM학회

한국 SCM 학회지

Journal of the Korean Society of Supply Chain Management

1 납기준수 제고를 위한 글로벌 공급체인관리에 관한 사례 연구

김상수 · 박찬권 · 김채복

This case study shows the role of SCP which is planning function to propel global supply chain management from an example of L Company. L Company magnifies a weekly supply system to overseas manufacturing plants, sales and marketing and occurs the problem of supply chain process and improve processes which goes out global supply chain management on the global environment where overseas production is activated.

The role of SCP is not only to plan and regulate the quantity for each model in production planning, but balance the supply and demand for both global manufacturers and sales corporations. Another role is to make decisions and formulate plans to supply products and resources in the most optimal way.

15 공군 창을 기반으로 한 DC 운영전략

정병호 · 김익기

This study applied linear programming to find optimal strategy for managing given fixed amount of materials to assign to Air Force bases with various routes, and transporting the necessary military materials to them via optimal paths. The suggested method found optimum solution very efficiently with minimizing total cost in delivery of military materials. The Korea Air Force has been storing domestic and imported materials in one central depot, and then it has been distributing from the central depot to other rests of air bases. However, there are some needs to prepare a plan in emergency case such as critical damages in central main depot. Therefore, the Air Force considered adding more supplementary distribution center (depots) in order to minimize any malfunction in supplying necessary materials to other Air Force bases. Such additional supplementary storage and distribution centers have not considered seriously yet in the Korea Air Force and it is still under processing of planning. Hence, this study suggested to such additional supplementary depots, and showed the optimal strategy of management with them which minimizes total cost and distance. The strategy also increases flexibility very much in management of the

distribution centers of the Air Force. The problem of linear programming is to find solution improving the distribution network and minimizing the distance between the distribution centers and other Air Force bases. It also finds the most efficient routes in distributing military materials via given air cargoes.

25 IPA를 이용한 인천국제공항 항공물류 이용 여건 분석

이재학 · 최재섭

As shrink of traditional industries, importance of service industries, like retail and wholesale, banking, and logistics, are emphasized. In the same context, Korean government strongly wants to be the asian logistics hub.

For many reasons, Incheon International Airport(IIA) had chosen for many multinational companies and well known logistics players as their asian logistics hub. So, in order to encourage those trends, it needs to understand the environments and working conditions of IIA at the users' viewpoint.

To achieve the research goal, using IPA(Importance-Performance Analysis) tool, this study had conducted an empirical study to learn about the users' perception of working conditions of IIA. And, by the results, we had found five practical suggestions that can help improve aviation logistics performance of IIA and managerial decision making of IIA.

37 품질 등급을 이용한 작업투입에 대한 연구

김동현 · 고효현 · 백종관 · 김성식

This paper presents efficient algorithm that satisfies quality restriction for quality improvement on a various kind of product type and parallel machines. This paper proposed efficient production dispatching algorithm for minimizing average tardiness and maximize average quality. General production environment has processing time, work ready time and quality level according to process specification. This algorithm applies dispatching algorithm so that observance due dates. This paper uses quality index to identify quality level with means and standard deviation. The index is used to assure predetermined quality level while minimizing average tardiness when dispatching products. The performance evaluation that it presented compare various dispatching method. And if the method which it proposed is applied

at the general manufacturing field, the manufacturing company will be possibility of improving a product quality and observance due date. So the company will be able to raise reliability by the customer's expectation.

51 RFID/EPC를 사용한 화장품 물류 추적 시스템 구현

권영빈 · 경호선

The use of Radio Frequency Identification (RFID) becomes an important role to realize a ubiquitous society. For example, if we use RFID in the Supply Chain Management (SCM) of manufacturing company's logistics tracking system, we may easily accomplish an inventory control as well as a visibility improvement of product in real time application. In the field of cosmetics, a brand name and an image of the products are very important. In real world, the fraud product distribution or the id theft is influenced by the corruption during a distribution process. At present, to establish distribution process in orderly manner, marking or barcode system is used for the purpose of product tracking. But tracking of fraud products are actually impossible because the preservation of printed marking part is not easy. To overcome this type of problem, we deploy a concept of RFID tag based on the AUTO ID center's Electronic Product Code (EPC). By recording every input/output data of the products in EPCIS after the tags which contain an EPC number identified by each product, a system that enables us to track products accurately and to check in the genuineness of the products on box unit is successfully implemented. An improvement of product tracking is obtained efficiently and accurately. Proposed implementation may detect fraud products distribution actively. An experimental result on cosmetic products shows the effectiveness of this proposed method.

63 공급자관리재고관리 시스템 구축에서의 문제점과 이에 대한 해결방안: 국내 전자제품 생산기업에 대한 사례연구

김영삼 · 송상화 · 이동욱

Due to extreme competition in business environments, manufacturing companies pay attention on supply chain management including vendor managed inventory (VMI) to achieve better coordination of material and information

flow. VMI system has been successfully applied to many business environments, especially in retail business setting. However, practical benefits and pitfalls in manufacturing industry have not been well understood. This paper analyzes implementation processes of VMI system in an international electronics manufacturer in Korea and derives common pitfalls which could be encountered when implementing VMI system in manufacturing industry. Then we propose solution methods to overcome the pitfalls and problems analyzed. It is expected that the proposed methods could be applied to any general manufacturing companies.

77 도요타생산시스템(TPS) 이행이 BSC성과에 미치는 영향

김수행 · 이미숙 · 문석환

Many employees in Korean enterprises have visited Toyota Motor Corporation every year to learn the Toyota Production System(TPS). The TPS implementation levels and the BSC(Balanced Scorecards) performances will differ among companies in the automobile industry depending on their positions in the supply chain tiers. The purpose of this paper is to examine empirically the impact of TPS implementation level on the BSC performances at each supply chain tier in the Korean automobile industry. Independent variables of TPS on this study consist of 5 factors typically suggested by the previous literature. The results of empirical studies were summarized as follows.

First, the performance and TPS Implementation level of the companies were shown to be different depending on their position at the supply chain tier.

Second, the 1st tier suppliers marked the highest score in the preventive maintenance among TPS components and achieved the highest performance at customer perspective. The 2nd tier suppliers scored high in set-up time reducing compared to other TPS components and showed high performance at innovation and learning perspective. The 3rd tier suppliers showed high score in quality circles compared to other TPS components and performed high at internal business process perspective.

Third, the utilization of Kanban system seemed to be low among suppliers at the 2nd and 3rd tier due to the risk of stoppage of final customer's conveyor line caused by the bull whip effect.

89 물류기업의 서비스품질 측정을 위한 지표 개발에 관한 연구

장팔선 · 권오경

As the logistics outsourcing market grows, shippers' requirements on the logistics service have become more complex and diversified. However, most of companies have little understanding of the logistics service quality and the study on the development of LSQI(logistics service quality index) is in early stage.

The purpose of this study is to develop the LSQI fit for logistics market and verify the possibility of generalization into various industries.

The result shows that LSQI which consists of 24 items of 6 dimensions developed from the study can be used and generalized in most industries. Also, shippers and logistics service providers perceive that logistics service is quite important and the core for competitive advantage.

107 야드관리에서 효율적인 도크 할당을 위한 비즈니스 규칙의 설계 및 구현

조동원 · 황현진 · 이영혜

In this paper, we propose a business rule to efficiently operate dock allocation in yard management. It is difficult to search for an optimal operation method through mathematical programming because dock allocation in yard management is NP-hard in the ordinary sense. Therefore, we apply a business rule, which executes the automation of business operations, tasks and transactions that simplify and streamline current business processes, to dock allocation problem. And that is implemented by YAWL which is a workflow language based on the workflow patterns. The proposed operation methods can improve supply chain performance through efficient material and information flow within distribution center.

117 가전산업 회수물류 현황 분석 및 선진화 방안 연구

장태우 · 김현수

The recycling process of end-of-life consumer electronics creates a new supply chain for used-parts or recycled material. In this study, we

reviewed the status of management and operation of reverse logistics for end-of-life consumer electronics and proposed advancement plans. We analyzed the management structure in terms of regulations, information classification schemes and information systems. Also, we analyzed the operation structure in terms of operational processes, facilities and operational methods. After evaluating problems and issues from the analysis and the existing literature, we have commented suggestions for improvement plans for each structure of reverse logistics used in consumer electronics industry.

127 혼합 재고정책을 구사하는 다단계 공급사슬에서의 재고 - 분배문제

이상헌 · 손종우

We consider a logistic network where a single warehouse distributes a single item to multiple retailers. Warehouse in the network participates in a fixed order quantity(FOQ) inventory policy with the factory and retailers join in a vendor managed inventory(VMI) program with the warehouse, where the warehouse is responsible for tracking and replenishing the inventory at various retailer locations. In this paper, we present a solution approach for the inventory-routing problem. The inventory-routing problem is a variation of the vehicle-routing problem that arises in situations where a vendor has the ability to make decisions are not allowed to run out of product. We develop a two-phase approach based on decomposing the set of decisions. A warehouse ordering quantity(WOQ) and a delivery schedule are created first, followed by the construction of a set of delivery routes. The first and second step employ genetic algorithm. Our focus is on creating a solution methodology appropriate for various-scale instances. Computational experiments demonstrating the effectiveness of our approach are presented.

한국 SCM 학회지

Journal of the Korean Society of Supply Chain Management

투고논문 작성요령

1. 제출방법

투고자는 논문을 한글(3.0 이상) 또는 MS워드 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.

• 제출처 : 한국SCM학회 사무국

(우)426-791 경기도 안산시 상록구 사3동 1271

한양대학교 정보경영공학과 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(이탤릭체), 권(호), 쪽수의 순으로 기입하고, 정기간행물이 아닌 문헌의 경우는 저자명(출판연도), 서명(이탤릭체), 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 2만원, 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

납기준수 제고를 위한 글로벌 공급체인관리에 관한 사례 연구

김상수* · 박찬권† · 김채복**

*LG전자 · †경북대학교 대학원 경영학부 박사과정 · **경북대학교 대학원 경영학부

A Case Study on Global Supply Chain Management to Enhance the On-Time Delivery

Sang Soo Kim* · Chan Kwon Park† · Chae Bogk Kim**

*LG Electronics Co., Ltd

†Doctorial Student, School of Business Administration, Kyungpook National University

**School of Business Administration, Kyungpook National University

This case study shows the role of SCP which is planning function to propel global supply chain management from an example of L Company. L Company magnifies a weekly supply system to overseas manufacturing plants, sales and marketing and occurs the problem of supply chain process and improve processes which goes out global supply chain management on the global environment where overseas production is activated.

The role of SCP is not only to plan and regulate the quantity for each model in production planning, but balance the supply and demand for both global manufacturers and sales corporations. Another role is to make decisions and formulate plans to supply products and resources in the most optimal way.

Keywords: GSCM, SCP

1. 서론

공급체인관리(SCM : Supply Chain Managemnt)의 기능은 크게 계획(Planning)기능과 실행(Execution)기능으로 이루어져

있으며, 공급체인관리에서 계획기능을 지원해주는 것을 SCP(Supply Chain Planning)라고 하는데 이는 공급체인 전체의 관점에서 수요와 공급의 균형을 맞추기 위한 계획을 수립하는 역할을 한다.

따라서 SCP의 기능은 공급망의 종합적 관점에서 상품과 서비

‡ Corresponding author: 770-903, 302 Yu-sung ganbynbilla, 213-1 Yasa-Dong, Young-Cheon, Kyungpook, S. Korea.

Tel: 82-54-336-3421, E-mail: rommel11413@kun.ac.kr

* 2008년 9월 23일 투고, 2009년 1월 22일 수정본 접수, 2009년 2월 20일 게재 확정.

표 1. 週단위 물동관리 운영에 따른 문제점

구 분	주요 문제점
프로세스 측면	<ul style="list-style-type: none"> - 시장 환경 변화를 반영한 수요예측이 미흡하고 수요예측 시간이 많이 걸린다. - 고객 협업체계가 미흡하여 週단위 고객대응 기반이 미비하다. - 거래선 수요와 법인주문(PO : Purchase Order) · 해상재고 · 생산계획의 신속한 Balancing 프로세스가 없다. - 생산계획, 재고 조정 정보가 주문정보와 신속하게 연계되어 실행되지 않는다. - Kit 공급체제의 고수로 자체 Flexibility가 낮다. - 법인 간 가격 합의 지연으로 PO발행이 지연된다. - 월 결산기준 데이터로 조직성과를 평가한다.
조직역할과 책임측면	<ul style="list-style-type: none"> - 週단위 수요예측 결과에 대한 영업담당자의 의견 반영이 미흡하다. - 공급체인 End-to-End 현황을 고려한 조정역할을 수행하는 기능이 없다. - 현실적인 週단위 생산계획의 수립을 위한 구매 예정정보 Update에 대한 역할과 책임이 미흡하다. - 週단위 생산계획을 Update하지 않는 생산법인이 있다. - 週단위 운영 평가 체계가 미흡하다.
시스템 측면	<ul style="list-style-type: none"> - 시장상황에 따른 수요예측 시스템이 미흡하여 週단위 수요 예측 시간이 오래 걸린다. - 글로벌 자체 가시성이 파악되지 않아 수작업으로 파악하고 있어 물동계획의 검토 시간이 오래 걸린다. - 제품출시, BOM(Bill of Materials)변경, 단종 정보 등의 적시 반영이 미흡하다.

2.2. 주 단위 물동체계의 문제점

週단위 물동관리 운영 현황에 대한 조사 결과 프로세스, 조직 역할과 책임, 시스템 등 크게 세 가지 요인으로 원인을 압축할 수 있었으며 세부적인 내용은 <표 1>과 같다.

이를 바탕으로 L사의 문제점을 종합하면 <그림 2> 및 다음과 같이 표현할 수 있다.

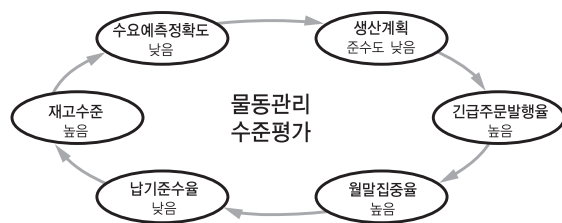


그림 2. 개선전 공급체인관리 수준 평가

즉 “수요예측의 정확성이 낮으니 시스템에 의한 공급계획이 생산계획으로 제대로 반영될 수가 없고 그에 따라 정상적인 주문 비율은 낮아지고 긴급주문 발행이 증가하게 된다. 또한 긴급주문 발행률이 높아짐에 따라 월말에 생산 및 매출이 편중되어 월초는 납기준수율이 악화되고 월말에는 재고비중이 높아지게 되는 악순환이 연속된다.”

이상의 문제들에 대한 해결방안을 모색하고 원활한 週단위 물동관리의 운영을 위해 L사는 조직운영과 프로세스 측면에서 국내 · 외 선진업체를 대상으로 벤치마킹을 추진하였다.

3. 국 · 내외 선진업체 사례 벤치마킹

2005년 12월부터 2006년 5월까지 L사는 週단위 물동관리 시스템의 정착을 위해 해결해야 할 이슈와 핵심원인을 파악하고 이를 해결하기 위한 방안으로 경영성과가 탁월하며 디스플레이 사업과 관련하여 동종 및 경쟁 업체인 미국의 IBM(이하 I사), 일본의 Matsushita(이하 M사), 한국의 삼성전자(이하 S사)를 방문하여 SCM관련 현황을 소개받고 자사와의 벤치마킹을 추진하였으며 SCM분야에 대한 비교분석을 실시하였다.

벤치마킹의 주요 프레임 워크 및 내용은 SCM운영조직의 위치와 역할 및 기능에서부터 SCM구축에 따른 물동관리, 수요 및 공급관리와 생산 및 판매와 관련한 내용, 그리고 이를 일치시키기 위한 해당 기업별 추진방안을 집중적으로 조사하고 L사와 비교하였다.

첫째, SCM 조직의 위치에 대한 검토결과 선진업체들은 모두 영업과 생산을 총괄할 수 있도록 통합 SCM 조직을 구성하고 있으며, 운영조직은 <그림 3>과 같이 업체별 특성에 따라 세 가지 유형으로 나눌 수 있다.

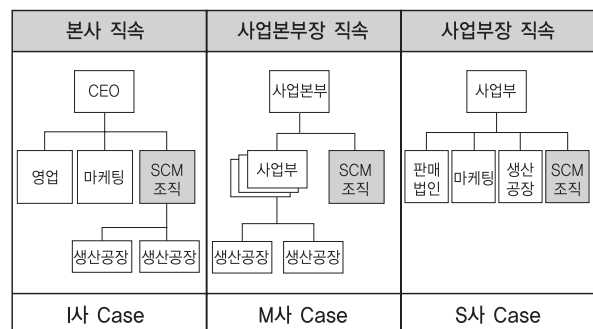


그림 3. 통합 SCM 조직의 위치 유형

어떤 조직 유형이 효율적이고 성공적 인가에 대해서는 단정하기 어려우나 마케팅과 생산으로 분산된 글로벌 물동의 통제기능을 하나로 통합하고 글로벌 영업과 생산에 관련된 모든 활동에 대해 통합물동 조직에서 의사결정하고 지시를 내릴 수 있는 권한과 위상을 가지고 있다는 점에서는 공통점을 가지고 있다.

이에 반해 L사는 사업본부장 직속 조직으로 통합 SCM조직을 운영하고 있으며 <그림 4>와 같이 L사의 SCM팀은 SCM을 위한 환경조성 및 기술적 지원, 수요와 공급관련 통제와 성과관리, 시스템 효율화 등과 관련된 기능을 수행하고 있지만 선진업체들과 같은 강력한 통제 기능과 권한을 갖고 있지는 않은 것으로 조사되었다.

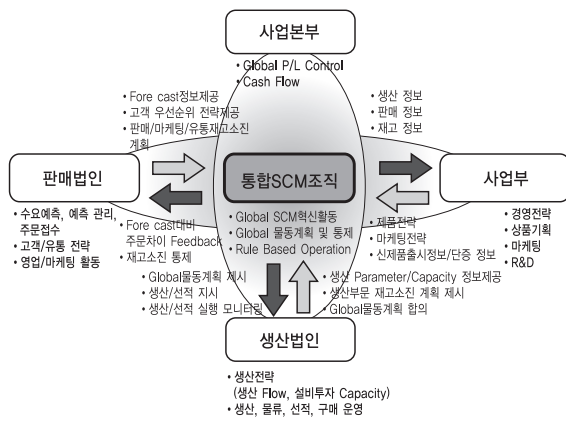


그림 4. L사 통합 SCM 조직의 위치 및 역할

둘째, 수요 및 공급관리, 생산 및 판매와 관련한 부문에서 L사는 선진업체들에 비하여 <그림 5>와 같이 신속한 납기 약속 및 글로벌 생산·재고 가시성 확보 측면이 가장 취약하고 다음으로 고객/영업/마케팅간 합의에 의한 수요예측 프로세스, 자재·생산제약을 고려한 생산/판매계획 수립이 상대적으로 미흡한 것으로 분석되어 이에 대한 개선이 시급한 것으로 조사 되었다.

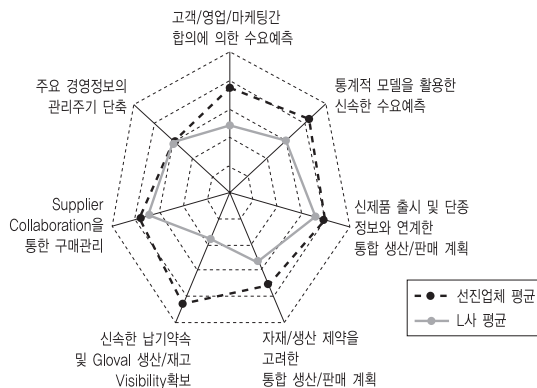


그림 5. 선진업체 벤치마킹 결과

4. L사 개선과제 분석 및 해결방안

4.1. 선순환을 위한 과제 도출

이 연구의 2장 2.2.에서 문제의 인식을 통해 악순환의 연결고리를 밝힌 바 있다. 이를 선순환의 연결고리로 바꾸기 위한 역할이 L사의 SCP조직의 역할이라고 판단되며 선순환의 연결을 위한 과정은 다음과 같게 될 것이다.

즉 “수요예측의 정확성이 높아지면 시스템에 의한 공급계획이 생산계획으로 제대로 반영되고 그에 따라 정상적인 주문 비율이 높아져 긴급주문 발행은 낮아지게 된다. 또한 긴급주문 발행율이 낮아짐에 따라 월말 생산 및 매출의 편중현상이 없어지고 납기준수율은 좋아지며 주중 재고비중이 낮아지게 되는 선순환이 연속된다.”

따라서 L사 SCM의 최우선 목적은 고객 대응력 극대화이며 이를 달성하기 위한 최우선 과제는 <그림 6>에서와 같이 선순환의 물동관리를 위해 납기준수율을 올리는 것이 최상의 방안으로 판명되었다.

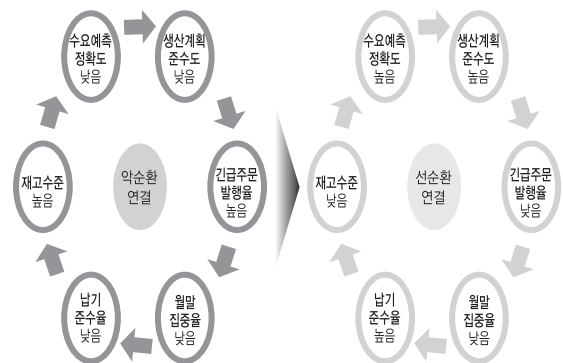


그림 6. 선순환의 물동관리

또한 선진업체 벤치마킹을 통해 납기약속에 대한 분석 결과 선진업체의 평균은 5점 만점기준 4점 이상을 부여한 반면 L사는 불과 2점 수준으로 낮게 평가되었다. 수요예측 및 통합 생산/판매계획 수립분야에서 선진업체는 4점대 수준이나 L사는 2.5점에서 3점대 수준으로 측정되었고, 2006년 4분기 납기 준수를 평가 결과는 25~50% 수준으로 측정되어 이를 개선하는 것이 시급함을 인지하게 되었다.

특히 대표적인 국내의 경쟁업체인 S사의 경우 글로벌 재고를 감안한 생산계획과 물류계획을 수립하여 실시간으로 납기에 대한 정보를 제공하고, 수요 변화에 대응하는 공급 및 할당계획을

표 2. 과제 해결방안 선정 결과

과제 해결 방안	선진 업체와의 GAP	시스템 운영에 미치는 영향	공급계획 수립에 미치는 영향	point	추진 현황	목 표
1. 수요예측 프로세스의 개선	very high(5)	very high(5)	very high(5)	15	추진	납기준수율
2. 공급계획에 대한 가시성 제공	high(4)	very high(5)	very high(5)	14	추진중	선진업체수준
3. 수요예측 급변에 대한 제약 설정	high(4)	high(4)	very high(5)	13	추진중	달성(95%)
4. 신제품 생산시점 위험 관리	middle(3)	high(4)	very high(5)	12	추진중	
5. 부족 자재에 대한 제약 설정	middle(3)	very high(5)	high(4)	12	추진중	
6. 선적수량 평준화	middle(3)	high(4)	high(4)	11	추진중	
7. Shortage 구성요소 및 원인 분석방안	middle(3)	high(4)	high(4)	11	추진중	
8. PO Trace-생산계획 연계 방안	middle(3)	high(4)	high(4)	11	미추진	
9. DP에 대한 생산계획 자동 편성 방안	middle(3)	high(4)	high(4)	11	미추진	
10. 외주 임가공업체 GSCP 반영 방안	high(4)	middle(3)	high(4)	11	미추진	
11. DP와 PO 동기화	high(4)	middle(3)	middle(3)	10	미추진	

주 2 회까지 수립하고 판매예측 정확도(SFA : Sales Forecast Accuracy), 납기준수율(OTD : On Time Delivery), 재고회전일수(DOI : Days of Inventory) 등 각종 성과지표를 통하여 관리함으로써 <그림 7>과 같이 판매 예측 정확도와 납기 준수율, 재고 회전일수 간의 선순환 사이클을 유지하고 있었다.

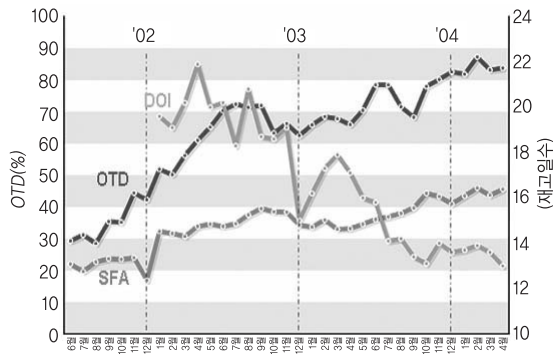


그림 7. S사 성과지표 사례

이에 반하여 L사는 SCP시스템에 의한 공급계획은 週단위로 운영되고 있으나 경영지표와 관리는 月단위로 수행되어 <그림 8>과 같이 월말 편중현상이 심하고 SCP의 공급계획대로 생산법인에서 생산계획을 수립하지 않아 2006년 1사분기 납기준수율은 50% 수준에 불과했다. 납기준수율과 週단위 공급계획 대 실적의 저조한 이유는 여러 가지가 있겠지만 가장 큰 이유는 月단

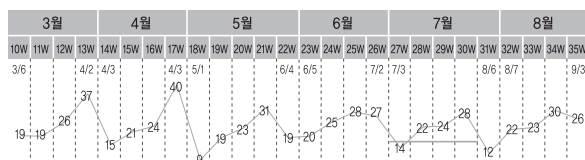


그림 8. L사 週단위 실적실적 비율 분석 (2006년)

위 관리체제를 탈피하지 못하였다는 것이다.

週단위 운영체제를 위해서는 조달·공급 리드타임의 단축이 되어야 하고 단납기 생산체제가 안정되어 있어야만 하는데 과거의 月단위 계획·조달·생산 체제에 익숙하여 週단위로 나누어 보면 1, 2주는 생산능력에 여유가 발생하고 3, 4주는 생산능력을 초과하는 현상이 반복된 것이다.

따라서 본 연구는 L사가 선진업체 수준으로 해외 생산법인의 납기준수율을 제고하기 위해 선행단계인 공급계획의 수립단계에서 프로세스와 시스템 운영 측면에서 공급계획의 오류를 최소화하고자 추진한 주요 과제해결방안을 통해 SCP의 역할을 연구하는 것이다.

선정한 과제해결방안은 <표 2>와 같으며 각 해결 방안은 L사 사내조사사의 문제점 분석과 벤치마킹시 선진업체 대비 미흡한 부분에 대한 분석결과를 토대로 하여 수차례에 걸친 회의와 토론을 거쳐서 L사가 공급계획을 수립하는데 시급성이 큰 요인 3가지를 선정한 후 이의 해결방안을 설명 하였다.

4.2. 세부과제 해결방안

4.2.1 수요예측 프로세스의 개선

L사는 週단위 공급 계획을 안정화시키고 수요예측의 정확성을 제고하기 위하여 <그림 9>와 같이 週단위 수요예측 프로세스에 대한 개선을 추진하였다.

우선 Baseline forecast에 기반한 수요예측 확정 프로세스를 도입하고 지역별·거래선별·모델별 최적의 수요예측 모델을 개발하여 수요예측 리드타임을 단축하고 주요 거래선으로부터 판매·수요예측 정보를 週단위로 획득하여 수요예측 정보로 활용하

었다.

Baseline forecast란 과거실적 정보를 바탕으로 통계적 모델에 의해 자동 생성된 초기 예측데이터로서 L사는 초기 예측 데이터의 정확도를 향상시키기 위해 다양한 통계적 기법을 활용하여 패턴을 분석하고 패턴별 조정 로직을 개발하였다.

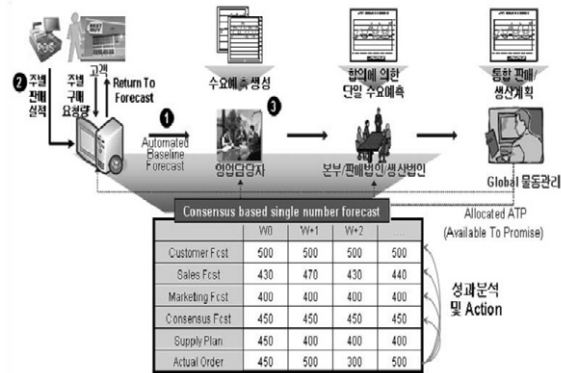


그림 9. 수요예측 프로세스의 개선

특히 중요한 모델에 의사결정을 집중하기 위하여 모델의 등급, 주문량, 라이프사이클 등을 고려하여 모델 Category를 3단계로 구분하고 중요도가 낮은 모델의 수요는 가능한 한 자동 생성된 수요데이터를 활용하고 중요도가 높은 모델의 수요는 마케팅과 SCM조직의 관련부문간 합의를 통해 수요 예측함으로써 수요예측에 대한 위험을 감소시켰다.

또한 고객군별 차별화 전략을 운영하기 위해 매출규모, 전략적 중요성 등을 고려하여 고객을 분류하고 고객 분류별 수요정보 획득을 위한 협업 프로세스를 정립하고 영업담당자가 고객접점에서 획득한 시장정보를 반영하는 수요예측 프로세스를 도입함으로써 시장대응력을 강화하였으며 최종적으로 본부, 판매법인, 생산법인 등 관련 부문간 합의를 통해 단일수요예측(Single Number Forecast) 프로세스를 확립하였다.

기본적인 예측구간을 6개월로 정하고 3개월 전까지는 반드시 세부모델별 수요예측 데이터를 입력함으로써 3개월 이상 소요되는 장납기 자재에 대한 대응력을 높이도록 하였다.

변경된 프로세스는 영업담당자 개인의 역량이 아닌 데이터 기반의 시스템적인 수요예측을 함으로써 리드타임의 단축과 함께 정확성을 높였으며 고객접점의 최신 수요를 획득함으로써 공급계획·구매수급계획 뿐만 아니라 경영전략 및 마케팅 전략에도 활용할 수 있는 장점을 가지고 있다.

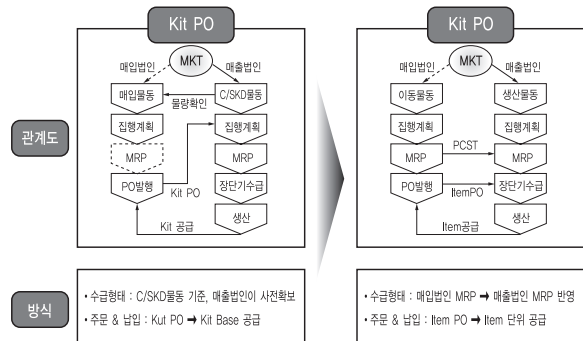
4.2.2. 공급계획에 대한 가시성 제공

가전제품의 기본 기술이 디지털화 되면서 기술의 수명주기와 후속세대 제품의 출현이 빨라졌고 그에 따라 제품의 공급 사이클

역시 빨라졌기 때문에 핵심부품의 경우 현지화 생산하기 어렵고 핵심기술 및 부품은 본부(Parent공장)에서 확보하여 공급하는 것이 시장에서의 경쟁 및 공급환경에 유리하기 때문에 신제품 런칭 초기에는 핵심부품, Kit를 본부에서 공급하는 것이 보편적이다.

L사는 물동운영의 週단위 체제 전환에 이어 본부 생산부문이 주축이 되어 <그림 10>에서와 같이 2007년 Kit base로 공급하던 자재를 Item base 공급체제로 전환하여 해외 생산법인의 현지 수급능력을 제고하고 Kit상태로 발생하는 재고비용의 최소화를 유도하였다.

참고적으로 Kit base는 해외 생산법인에서 세부 모델별 생산을 용이하게 하기 위해 제품을 생산하기 위한 BOM(Bill of Materials)을 생산 공장의 능력에 따라 어느 정도 조립된 반제품 상태로 생산하여 최종 생산지로 보내는 것을 말하고, Item base는 최종 생산지에서 MRP(Material Requirements Planning) 상에 소요되는 세부 모델별로 발주하고 세부 부품단위로 본부 혹은 자재 공급 공장에서 수급하여 최종생산지로 보내는 것을 의미한다.



* C/SKD-Completed Knock Down : 완전부품형태

Semi Knock Down : 반제품형태

그림 10. Kit PO와 Item PO 비교

그러나 L사에서 추진한 Item 공급체제는 해외 생산법인의 본부 의존도를 낮추고 현지 수급능력을 제고하기 위해 추진한 방안이나 시행초기의 혼돈과 핵심부품에 대한 가시성이 제공되지 않아 Shortage상황에서의 예상치 않은 재고발생 등 시행착오가 있었다.

특히 대규모 물량을 공급하는 생산지부터 Item 공급체제로 전환함에 따라 비록 준비기간이 있었고 MRP를 통해 자재가 자동 발주되었다 할지라도 대규모 자재가 혼적되어 입고됨에 따라 안정된 생산성을 유지하던 생산법인 조차 혼란을 겪을 수밖에 없었고 생산모델의 BOM과 주문 발주된 현물간 차이가 발생되면 긴급으로 본부에 PO를 내고 본부에서는 우선순위를 조정하여 자재를 확보하고 항공선적 하는 등 시행초기는 혼란 그 자체였다.

일반적인 전자제품의 경우 국가별로 제품의 규격이 다른 경우가 흔치 않으나 TV는 국가별로 방송시스템이 다르기 때문에 국가 혹은 지역에 따라 제품의 개발을 별도로 해야 하고 지역별 제품간 호환이 되지 않기 때문에 회로부분의 재고가 항상 문제가 된다. Kit공급체제하에서는 재고가 남게 될 경우 회로부외에 각종 기구물까지 같이 남게 되므로 재고비용의 규모가 크지만 Item체제하에서는 회로부의 세부 부품만 재고로 남기 때문에 재고비용이 상대적으로 적다는 이점이 있다.

따라서 기구물은 전적으로 L사가 투자하고 투자 규모에 따라 생산능력이 좌우되지만 회로물에는 반도체류가 대부분이므로 이들 반도체류는 대부분 자재를 조달하는데 최소 3개월 이상의 장기간이 소요됨에 따라 판매계획의 정확도가 요구된다. 또한 지역별 호환은 되지만 시장의 상황 혹은 공급업체의 상황에 가장 많이 좌우되는 LCD, PDP 패널은 최소 3개월에서 6개월까지의 안정된 자재소요량 계획을 요구한다.

이들 장납기가 소요되는 자재들은 자재의 수급량이 바로 해당 지역 혹은 해당 모델의 생산량을 좌우하므로 수요예측의 정확성과 생산계획의 정확성 및 안정적인 재고의 확보가 요구된다. Item base상의 자재부족과 과잉현상이 발생하는 근원적인 이유에는 수요와 공급의 불균형에서 초래된 것이지만 L사의 경우 각 생산법인의 ERP시스템과 SCP시스템의 소프트웨어가 호환되지 않아 데이터 링크과정에서 최신의 동일한 데이터를 입력하지 않았거나 패널 부족상황 하에서 핵심자재를 추가 확보하기 위해 소요수량을 늘려 발주를 함에 따라 발생한 결과로 해석된다. 이 또한 전형적인 채적효과의 한 예라고 할 수 있다.

따라서 L사는 Item base체제로 전환한 후 발생하는 상황에 대응하여 물류비용의 큰 순위에 따라 5개 Item을 설정하고 유럽과 북미 등 규모가 큰 시장을 담당하는 생산기지의 핵심부품에 대한 PSI(Production, Sales, Inventory) 관리를 위한 프로젝트를 추진하는 한편 週단위 공급현황을 모니터링 할 수 있는 시스템 개발을 추진하였다.

개발된 시스템은 글로벌 SCP시스템에서 매주 향후 6개월간의 세부 모델별 공급계획이 생성되면 글로벌 ERP시스템에서 PSI 데이터를 비교하고 Item별 수급상황을 확인하여 부족한 자재가 발생하면 <그림 11>과 같이 Warning Signal을 보여 주고 해당 법인 별로 Mailing된다. 그러면 해당 생산법인에서 부족한 자재를 PO발주함으로써 미래 생산시점의 차질을 해소시키는 것이다.

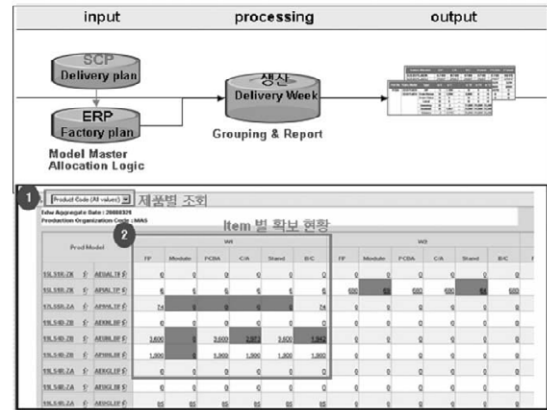


그림 11. 핵심부품의 가시성 제고 사례

이 사례에서 SCP의 역할을 간단히 정리하면 SCM조직에 대한 강력한 권한과 책임이 위임되어야 한다는 것을 상기하고자 한다.

본부에서 해외 생산법인으로 공급되는 자재의 형태가 Kit이든 Item이든 공급체인의 대상물이 변경되는 과정이 SCM전략 하에서 예상문제와 대비책을 마련하여 체계적으로 변경된 것이 아니고 생산 및 구매부문의 현지화 전략에 의해 업무가 진행됨에 따라 공급체인 관점에서 예상되는 문제에 대해서는 심각성을 인지 못한 것이다.

SCM의 성공적 추진을 위한 요소로 조직인프라 혹은 조직역량에 대한 부분이 많은 연구에서 제기되고 있는데 본 사례는 조직역량이 중요한 SCM 성공요소를 상기시키는 좋은 예이다. SCP 조직은 SCM 추진과정에 전략방향과 실행계획을 명확히 제시하고 체계적으로 SCM 전반의 업무를 관장할 필요가 있다.

4.2.3. 수요예측 급변에 대한 제약 설정

시장이 성수기로 접어들거나 부족상황이 장기화 되면 공급계획 중 신규확정주차에 대한 공급계획이 이전 주차의 공급계획과 비교시 변동이 심하게 증가하는 현상을 자주 접하게 된다.

<그림 12>의 예와 같이 확정구간을 8주, 안전재고를 0라고 했을 때 확정 주차 다음의 9주차 공급계획은 10주차 수요예측의 값(50개)을 가져와 공급계획을 수립하는데 확정주차에 입박해서 10주차 수요예측이 증가(200개)하게 되면 9주차 공급계획 역시 증가한 값을 가져오게 되고 이를 발견하지 못한 채 그 다음 주차(신규 확정주차)로 넘어가게 되면 증가된 값을 기준으로 확정되어 버린다. 여기에 안전재고가 추가되면 그 값은 더 커지게 되고 이런 경우가 여러 지역에 여러 모델에 걸쳐 발생되면 구매·조달부문에서는 대혼란에 빠지게 된다.

따라서 매주 신규확정주차에 대한 공급계획의 변동을 일일이 분석하여 수작업으로 공급계획을 수정해야 함에 따라 SCP의 업

자재공급량이 풍족하다면 적정량의 안전재고를 확보할 수도 있겠지만 디지털 TV역시 IT제품과 같이 신제품이 나오게 되면 기존 제품은 급격한 가격인하가 진행되므로 L사는 가격부담으로 인해 제품과 LCD패널과 같은 고가의 자재는 재고량의 규모를 늘리지 못하고 안전재고량을 1주 혹은 2주 규모로 운영하고 있다.

또한 미국이나 유럽 한 지역만 하더라도 기본 모델만 한 해에 40~50모델이 개발되고 디자인이나 적용되는 패널, 시장에서 요구하는 사양 등에 따라 발생하는 파생 모델이 10배를 넘음에 따라 재고비용을 감안한다면 평준화생산을 추진하는 것도 어려운 의사결정 문제이다.

〈그림 16〉는 2007년 8월부터 2008년 3월까지 TV제품의 납기준수율을 측정한 그래프로서 9월~11월 성수기에서 LCD 패널의 부족상황으로 인해 납기준수율이 週단위로 급변하였음을 보여주고 있다.

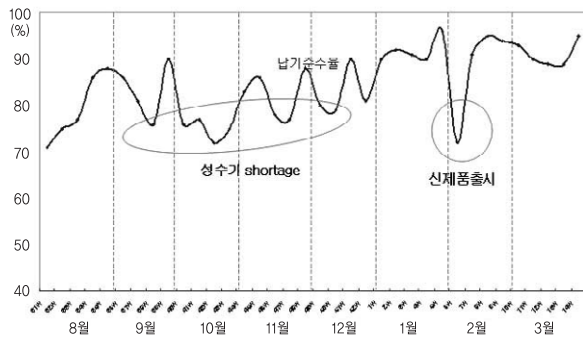


그림 16. 성수기 납기준수율 실적

매년 성수기가 되면 생산능력을 초과하는 물동이 나타나게 되고 판매량이 많은 모델이 명확해 진다. 그에 따라 장납기가 소요되는 자재의 수급량에 따라 해당 모델의 생산량이 좌우되므로 수요예측의 정확성과 생산계획의 정합성 및 안정적인 재고의 확보가 더욱 요구된다.

따라서 SCP 기능은 공급계획을 최대화할 수 있도록 수요의 변동을 감시하여 구매와 생산부문에 정보를 공유하여 생산계획의 가시성을 제공할 수 있어야만 한다.

또한 〈그림 16〉의 신제품 출시시점을 보면 증가되던 납기준수율이 갑자기 하락하고 있다. 하락현상이 단기로 마감되기는 하였으나 신제품이 출시된 후 정상궤도에 올라서기 까지는 일정시간이 소요되므로 신제품시점에 대응하기 위해 SCP 기능은 신제품 출시일정에 미치는 요인을 사전 파악하여 목표일정 내 시장에 진입할 수 있도록 위험관리를 추진할 수 있어야만 한다.

재고의 부족상황(Shortage)과 과잉상황(Over Supply)은 동전의 양면과 같다. 균형점은 분명히 있으나 균형점을 찾기가 힘들

다. 결국 부족상황과 과잉상황 사이에서 SCP는 균형점을 찾고 잘 조정함으로써 경영성과를 최대화하는 역할을 해야만 한다. 또한 시장의 정보와 생산의 정보를 조합하여 최소의 제약으로 최대의 성과를 낼 수 있도록 지속적으로 시뮬레이션하고 생산부문과 마케팅부문의 합의를 도출할 수 있어야 한다.

4.3. 성과지표관리 및 개선효과

4.3.1 성과지표관리

성과지표관리는 공급체인의 상·하류간 정보의 가시성을 제공할 수 있기 때문에 상호견제와 협력 측면에서 훨씬 활용도가 높다고 판단된다.

앞서 4.1에서 살펴본 것처럼 국내의 대표적인 경쟁업체인 S사의 경우 각종 성과지표를 통한 관리를 실행함에 따라 매우 효과적인 생산 및 물류관리와 성과지표의 선순환을 보이고 있음에 따라 L사도 각종 성과지표를 통한 관리를 검토하게 되었다.

특히 해외 생산법인과 판매법인의 수가 증가하고 Item Base로 자재가 공급됨에 따라 생산부문과 마케팅부문간 갈등관계가 지역별 생산법인과 판매법인 뿐만 아니라 자재를 공급하고 수급하는 본부와 해외 생산법인 간에도 작용함에 따라 각 부문간 갈등요소를 경감시키고 협력관계를 강화하기 위한 일환으로 성과지표의 관리 및 공유가 필요로 하였다.

L사는 2006년 5월 선진업체 벤치마킹을 통해 SCM 성과지표에 대한 필요성을 절감한 후 공급체인 부문별 관리항목을 발굴하고 계산 로직을 개발하여 당해년도 하반기부터 마케팅부문과 생산부문 성과지표로 관리하고 있으며, 세부내용은 〈표 3〉과 같다.

〈그림 17〉은 성과지표를 개발한 이후 2007년 3월까지 각 성과지표별 연관관계를 나타낸 것으로 각 성과지표들의 진행방향을 보면 선순환의 사이클로 전환되고 있음을 알 수 있다.

표 3. 성과지표 및 세부내용

성과지표		세 부 내 용
마케팅 부문	판매예측 정확도	- 매출을 얼마나 달성 했는지가 아니라 모델별, 週단위 예측에 대한 정확도를 관리, 평가한다.
	단기 판매 예측 정확도	- 완제품 재고 수준에 Critical한 구간인 단기구간의 판매예측 정확도를 세부 모델별로 관리하여 완제품 재고를 최소화 한다.
	장기 판매 예측 정확도	- 자재 준비에 유용한 제품 레벨과 구간에 대해 정확도를 평가하여 생산 준비를 원활하게 한다.
	판매능력지수	- 판매예측정확도를 보완하여 공급 차질을 감안한 영업측면 지수를 관리하여 수요예측에 대한 영업 측면에서의 정확도에 대해 책임소재를 명확히 한다. - 週단위 배정된 판매량에 대해 법인의 판매가용 수량을 고려하여 정확성을 측정한다.
	수작업 주문율	- 시스템에서 생성된 계획과 실행을 일치시켜 실행을 감안한 계획을 세우도록 함으로써 더 정확도 높은 예측을 하도록 하기 위함이다. 수작업 주문의 발행은 시스템 계획 수립이 충실하지 않을 때 발생하는 것으로서 수작업 주문의 최소화가 목표이다.
생산 부문	생산계획 정합성	- 상호 합의하에 생성된 공급계획대로 반드시 해당 주차에 선적을 목표로 생산계획을 반영한다. 부득이 일부 생산 지연 될 경우 마케팅과 합의하에 일정을 조정하고 생산 최우선 순위를 유지한다.
	납기 준수율	- 생산법인과 판매법인간의 운송 리드타임을 고려한 週단위 선적실적을 위한 공급 대응력을 주문(자동주문, 수작업 주문) 기준으로 관리, 평가한다. - 판매 법인에서는 판매법인 입고기준으로 판매법인의 가시성 지표로 활용한다.
	글로벌 재고일수	- 생산법인별 자재 · 제품재고에 대한 수량 및 재고 금액을 기준으로 평균 재고일수를 관리, 평가한다. - 週단위 재고수량에 대한 관리를 통해 재고일수 최소화를 목표로 하며 생산부문과 판매부문 공동의 책임 하에 관리한다.

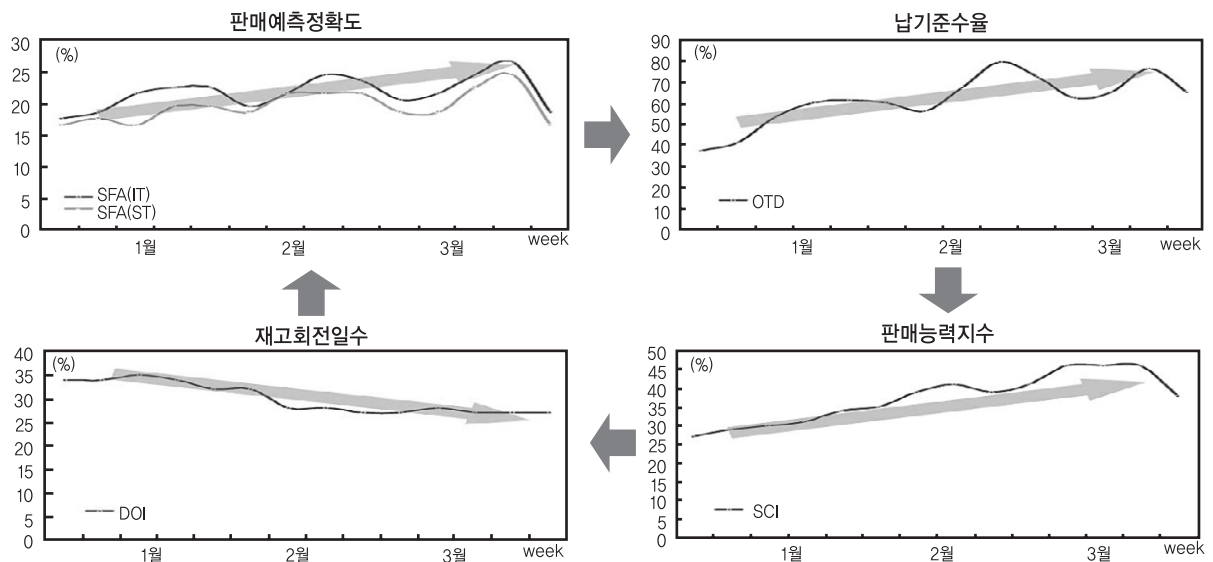


그림 17. L사 성과지표별 연관관계 분석

4.3.2. 개선효과 분석

〈그림 18〉은 2006년 10월부터 2008년 3월까지 L사의 모든 해외 생산법인을 대상으로 매주 측정한 납기준수율을 그래프로 옮긴 것으로서 2007년 상반기까지는 70% 미만에서 지수가 측정되었으나 하반기 이후부터는 70%를 상회하고 있음에 따라 프로세스의 개선효과가 나타나고 있음을 알 수 있다.

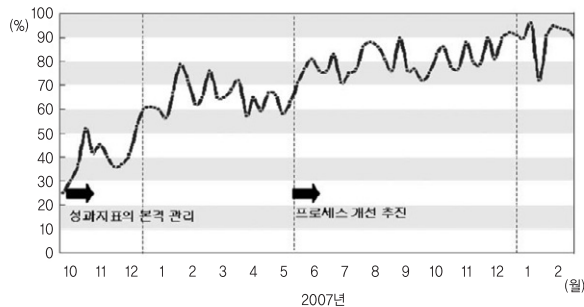


그림 18. 개선효과-납기준수율 실적-분석

같은 기간을 기준으로 분리하여 성수기와 신제품시즌의 납기준수율 변화를 분석해 보면 〈그림 19〉에서 2006년에서 2007년으로 넘어가는 시기(06-07시즌)에 비해 2007년에서 2008년으로 넘어가는 시기(07-08시즌)의 납기준수율이 상당히 개선되었고 평균적으로 보면 안정화되고 있음을 알 수 있다.

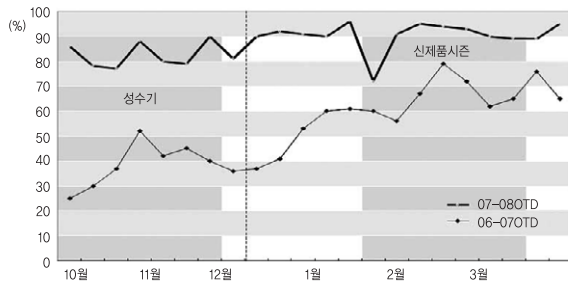


그림 19. 개선효과-성과지표의 변화-분석

07-08시즌은 06-07시즌대비 LCD패널 부족현상이 심각했음에도 불구하고 상대적으로 많이 개선되었음을 알 수 있고 신제품 출시 시점에 급격한 감소현상은 있었지만 이후 상당히 안정되어 있고 2008년 들어서면서 납기준수율이 선진업체수준(95%)에 근접하는 90%를 상회하고 있다.

성과지표를 지속적으로 개선하기 위해 SCP 조직은 각 성과지표별 데이터 히스토리를 관리하여 관련 지표간 데이터와의 비교를 통해 개선사항을 지속적으로 찾고 피드백 할 필요가 있다.

그리고 생산법인과 판매법인 들에게 Best Practice를 공유함으로써 장기적인 관점에서 SCM의 선순환을 구현하여 SCM의 목적인 고객대응력을 제고할 수 있어야 한다.

5. 결론

본 연구는 선진업체의 성공사례를 벤치마킹하여 선순환 환경을 구축하고 있는 L사의 추진 사례를 분석하고 SCP 조직의 역할에 대해 연구하였다. L사는 2006년에 전사적으로 SCM 시스템의 사이클을 月단위에서 週단위 관리체제로 전환하기 위해 자사의 SCM 실태를 선진업체들과 비교, 분석하였다. 그 결과 글로벌 물동관리가 전반적으로 미흡하며 특히 납기 측면이 선진업체와 차이가 큰 것을 파악하였다.

따라서 선진업체 수준으로 해외 생산법인의 납기준수율을 제고하기 위해 연결고리의 선형단계인 공급계획의 수립단계에서 오류를 최소화하고자 추진한 과제해결방안을 통해 SCP의 역할을 연구하였다.

〈표 4〉는 L사 사례연구의 개선전 현상과 그에 따른 대책 및 개선 효과를 정리, 요약한 것이다. SCM의 성공적인 추진을 위해서는 SCP 조직의 위치가 어디에 있는 생산, 판매, 재고와 관련된 강력한 통제권한을 갖고 있어야 하며 최신의 일원화된 정보를 운영하여야 한다. L사의 사례를 분석하는 과정에서 나타난 SCP의 조직 역할과 방향성을 다음과 같이 제시하고자 한다.

첫째로 SCP의 기본 역할은 전 세계 해외 생산법인에서 몇 주 혹은 몇 달 후 특정 제품들을 생산하는데 문제가 없도록 생산모텔을 등록하고 물동을 관리하고 운영하는 것이다. 하지만 생산공정에 병목공정이 있듯 공급체인에도 병목공정이 있기 마련이다. 그 병목공정의 능력을 최대화시킬 수 있도록 시스템을 운영하는 것이 SCP의 기본 기능이다.

둘째로 성수기를 대비하여 공급계획을 최대화할 수 있도록 수요의 변동을 감시하고 구매와 생산법인에 정보를 공유하여 사전 준비할 수 있도록 조정하며 판매부문에 생산계획의 가시성을 제공할 수 있어야 한다.

마지막으로 성과지표를 발굴하고 관리하여 부문간 이해도를 높이고 Best Practice를 공유하여 판매법인과 생산 법인간 경쟁과 협력관계를 강화하여 기업경쟁력을 제고하여야 한다.

따라서 GSCM의 성공적인 정착을 위해서는 조직과 프로세스, 시스템의 지속적인 혁신과 SCM전략을 일관성 있게 추진할 수 있는 권한과 책임이 부여된 조직역량이 뒷받침되어야 한다. 그리고 SCM이 기업경쟁력을 제고시키는 진정한 무기가 되기 위해서는 지속적으로 비효율적인 프로세스를 개선과 시스템을 보완하는 노력이 필요하다.

〈표 4〉 사례연구에서 제시된 해결방안 요약

과제 해결 방안	개선전 현상	해결 방안	개선 효과
1. 수요예측 프로세스의 개선	- 수요예측율(20%미만)이 낮아 생산법인에서 수요예측 자료를 활용하여 생산하지 않음	- 과거 실적을 활용한 통계적 패턴에 의한 Forecast 추진 - 중요도 높은 모델에 대한 상호합의 및 POS 정보를 활용한 Single Number Forecast 추진	- 수요예측률 향상 (30%대)
2. 수요예측 급변에 대한 계약 설정	- 신규확정 후속 주치의 물동 급변 - 채찍효과 발생	- SCP 시스템내 변동폭 감소 프로세스 개발	- 자재공급 안정화 - 납기준수율 향상 (현재 시험중)
3. 공급계획에 대한 가시성 제공	- Item공급체제 변환에 따른 부품 단위 가시 성 미흡으로 공급계획 차질 - 부품단위 채찍효과 발생	- 물류비용이 큰 Item들에 대한 생산·판매· 재고 모니터링 시스템 개발	- 본부-생산법인간 납기 준수율 향상

참고 문헌

- [1] 김창봉(2006), *글로벌 경쟁시대의 GSCM 전략*, pp. 242~248, 보명북스.
- [2] 김창봉, 이충배(2003), GSCM의 전략적 도입요인에 관한 실증연구-전기·전자기업을 중심으로, *무역학회지*, 제28권 제1호, p 119.
- [3] 박연우(2004), 공급사슬관리 성과측정과 성공요인에 관한 연구, 중앙대 대학원, 박사학위논문, pp. 13~14.
- [4] 삼성SDS CPIM회(역)(2002), *공급망 관리 기초*, 4판, J. R. Tony Arnold, Stephen N. Chapman(원저), pp. 175~181, 피어슨에듀케이션코리아
- [5] 서영복(2005), 공급체인 프로세스 개선을 통한 판매실기 방지 및 재고 감축, 경북대학교 경영대학원 석사학위논문, p 33.
- [6] 이원준(2004), *효과적인 e-SCM을 위한 의사결정 조정 시스템 모형*, pp. 68~75, 아산재단연구총서 제150집, 집문당.
- [7] 임승길, 김재근, 홍정만(2005), 선진업체들의 공급망 관리 사례 분석, *Entrue Journal of Information Technology*, 4권, 2호, pp. 106~112
- [8] 전영일, 홍관수, 김남영(2006), *생산운영관리*, pp. 299~300, 경문사.
- [9] L사(2006), *선진업체 벤치마킹 결과보고*, p 12.
- [10] L사(2006), *TV제품개발 현황분석*, p 37.
- [11] L사(2007), *SCM업무추진계획*, p 19.
- [12] David Murphy and Martin T. Farris(1993), Time based Strategy and Carrier Selection, *Journal of Business Logistics*, Vol.14, No.2, p 26
- [13] Deloitte consulting(2005), *SCM market and technology trend*, p 9.
- [14] Ellram, Lisa M.(1995), Partnering Pitfalls and Success Factors, *International Journal of Purchasing & Materials Management*, Vol.31, No.2, pp. 35~44.
- [15] Fisher, Marshall L.(1997), What is the Right Supply Chain for Your Product?, *Harvard Business Review*, March-April, pp. 105~116.



김 상 수

경북대학교 경영대학원 석사

현재 : LG구미공장 부장

관심분야 : GSCM, SCP



박 찬 권

충북대학교 사회학과 학사

충남대학교 경영학과 석사

현재 : 경북대학교 대학원 박사과정

관심분야 : SCM, 운영관리, 물류유통



김 채 복

고려대학교 산업공학과 학사

고려대학교 산업공학과 석사

School of Industrial Engineering,

University of Oklahoma 박사

현재 : 경북대학교 경영학부 교수

관심분야 : 서비스운영관리, 물류,
계량경영

공군 창을 기반으로 한 DC 운영전략

정병호^{†*} · 김익기^{**}

^{*}한양대학교 대학원 교통공학과 · ^{**}한양대학교 공학대학 교통공학과

Operation Strategy of Distribution Center Based on Air Force Depot

Byung-Ho Jung^{†*} · Ikki Kim^{**}

Hanyang University School of Engineering

This study applied linear programming to find optimal strategy for managing given fixed amount of materials to assign to Air Force bases with various routes, and transporting the necessary military materials to them via optimal paths. The suggested method found optimum solution very efficiently with minimizing total cost in delivery of military materials. The Korea Air Force has been storing domestic and imported materials in one central depot, and then it has been distributing from the central depot to other rests of air bases. However, there are some needs to prepare a plan in emergency case such as critical damages in central main depot. Therefore, the Air Force considered adding more supplementary distribution center (depots) in order to minimize any malfunction in supplying necessary materials to other Air Force bases. Such additional supplementary storage and distribution centers have not considered seriously yet in the Korea Air Force and it is still under processing of planning. Hence, this study suggested to such additional supplementary depots, and showed the optimal strategy of management with them which minimizes total cost and distance. The strategy also increases flexibility very much in management of the distribution centers of the Air Force. The problem of linear programming is to find solution improving the distribution network and minimizing the distance between the distribution centers and other Air Force bases. It also finds the most efficient routes in distributing military materials via given air cargoes.

Keywords: DC(Distribution Center), Depot, Air Cargo, Distribution network

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

분배문제에서 전체적인 시스템을 어떻게 운영할 것인가 하는 문제는 어떤 곳에 경영활동을 위한 거점을 마련하고 이들 거점들

† Corresponding author: Dept. of Transportation Engineering, Hanyang University, 1271 Sa3-dong, Sangrok-Gu Ansan Gyunggi-do, 426-791, Korea.
Tel: 82-31-400-4234, Fax: 82-31-400-6290, E-mail: captjbh@naver.com

* 2008년 9월 29일 투고, 12월 31일 1차 수정본 접수, 2009년 2월 24일 2차 수정본 접수, 3월 5일 게재 확정.

을 어떻게 연결할 것인가에 대한 장기적이고 전략적인 의사결정이라고 할 수 있다. 분배문제의 가장 근간을 이루는 문제는 공급망 전체의 장기적인 최적화를 추구하는 것이고, 이를 위해서는 공급망 각지에 따로 떨어져 존재하는 고객, 분배센터, 공장, 공급처 등을 가장 적절하게 연결할 수 있어야 한다. 분배시스템에서 네트워크 설계문제는 전체 공급망 상의 모든 거점들과 운송로들 사이에서 유기적이고 효율적인 네트워크가 구성되도록 함으로써 공급망 전체의 최적화를 추구하고 이를 통해 장기적이고 전략적인 의사결정을 뒷받침하는 역할을 한다.

DC운영 최적화를 위한 네트워크 설계문제는 전체 공급망 상의 모든 거점들에 대해 유기적이고 효율적인 네트워크가 구성되도록 하여 장기적인 의사결정을 뒷받침하기 때문에 활발하게 연구가 진행되고 있는 분야이다(함용석, 김태영, 2006). Geoffrion과 Graves(1974)는 단일기간의 생산 및 분배문제를 해결하기 위한 알고리즘을 제안하였으며, Cohen et al.(1989)은 국제적인 생산 및 분배 네트워크를 구성하는 문제를 고려하였고, 이를 확장하여 거점 할당, 용량계획, 다양한 제품과 자재의 흐름을 구체화하였다. Mourits와 Ever(1996)는 물류흐름을 원활하게 하는 네트워크를 제안하여 분배센터 위치 설정이 얼마나 중요한지에 대해 강조하였으며, Ganeshan et al.(2001)은 네트워크설계가 물류 흐름계획의 효율에 어떤 영향을 미치는가에 대해 분석하였다. 또한, Herer et al.(2002)은 주로 운송 상황에 주안점을 두고 다양한 상황을 비교하였으며, Zhou et al.(2002)은 공급사슬에서의 분배 네트워크를 설계하면서 유전 알고리즘을 활용하는 방법을 제시하였다. Ross와 Droge(2004)는 네트워크 설계와 같은 문제를 풀 수 있는 모델링 기법을 제시하였으며, Melachrinoudis et al.[2005]은 물리적 물동량을 고려하여 수리적으로 분배센터 네트워크를 구성하는 문제를 보여주었다. 이러한 분배문제를 이를 근간으로 한 네트워크 설계 문제를 공군물자의 분배와 수송에 적용해보고자 하는 목적에서 본 연구는 시작되었다.

지금까지 공군은 한 개의 중앙 창에서 국내 조달물자와 해외 도입물자를 공급받아 보관하고, 전국 각 기지로 수송하여 기지별로 필요한 물자를 공급해 왔다. 또한, 두 개의 보조 창을 이용하여 전시 물자에 대한 피해를 최소화하고, 중앙 창에 큰 피해가 있을 경우 전쟁을 지속할 수 있는 능력을 유지할 수 있도록 분산저장을 시행하고 있으며, 기지에 대한 일부 물자의 공급도 담당하고 있다. 하지만, 물자 수송과 관련한 보조 창 역할은 매우 미미하며, 보조 창을 DC(Distribution Center)로 이용하는 방법 또한 아직 구상단계에 머무르고 있다. 만약 보조 창도 군수물자의 DC로 이용하게 된다면 전략적인 유연성은 한층 커질 것으로 생각된다.

본 연구는 DC운영 최적화 네트워크를 설계하기 위해 현재의 중앙 창과 보조 창을 이용하여 각각의 대안(운영전략)에 따라 DC와 DC로부터 물자를 공급받는 기지 간 거리를 최소화할 수 있는 DC와 기지 간 조합을 구성하고, 수송기를 이용하여 물자를 수송할 경우 가장 합리적인 노선을 설계하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구범위 및 방법

1.2.1 연구범위

연구는 보조 창까지 군수물자의 DC로 이용할 수 있다는 가정 하에 DC가 되는 창들을 중심으로 몇 개씩의 공군 기지를 배정하고, 해당기지들에 대한 물자분배를 전담하게 하는 것을 기본개념으로 시작하였다.

본 연구에서는 새로운 창을 건설하거나 기존 창을 옮기는 경우, 또는 해외도입물자나 국내조달물자의 공급에 대한 기능을 전환하는 것은 고려에서 제외하였다. 이러한 대안들을 고려한다면 창고의 신축이나 조직을 구성하는 데에 막대한 자원과 인력의 보강이 필요할 뿐 아니라, 작전운용과 관련한 정책적인 사항까지 고려해야 하는 매우 복잡한 문제가 되기 때문이다. 따라서 본 연구는 현재 공군에서 운용하고 있는 1개의 중앙 창과 2개의 보조 창을 기준으로 하며, 각각의 조합에 따라 다음 5가지 대안으로 진행한다.

표 1. 분석 대안

대안	내 용
1	중앙 창 A만 DC기능 수행
2	중앙 창 A와 보조 창 B가 DC기능 수행
3	중앙 창 A와 보조 창 C가 DC기능 수행
4	2개의 보조 창 B와 C가 DC기능 수행
5	중앙 창 A와 보조 창 B와 C가 모두 DC 기능 수행

현재 공군에서 적용하고 있는 수송기 운영 형태는 정기공수(Scheduled Airlift)와 부정기 공수(Non-scheduled Airlift)로 나누어지는데, 정기공수는 정기적으로 지정된 구간 및 시각을 운항하는 범참공수 임무를 말하며, 부정기 공수는 정기공수 이외에 별도의 계획에 의하여 운항하는 경우를 말한다. 정기공수는 하나의 모기지를 출발하여 하루 동안 여러 경유지를 운행한 후 다시 모기지로 돌아오는 전형적인 TSP 형태이다(정병호, 2004). 현재 공군에서는 C-130과 CN-235 2가지 종류의 수송기를 이용하여 물자수송과 특수임무 등을 수행하고 있다(공군, 2008). 본 연구의 수송기 운영형태는 모기지를 출발하여 여러 기지를 경유한 후 다시 모기지로 돌아오는 정기공수 형태를 대상으로 한다.

1.2.2 연구방법

연구는 크게 Assignment Problem(배정문제)과 수송기 노선 Set을 고려한 TSP (Travelling Salesman Problem : 외판원문제)를 이용하여 노선을 설계하는 방법으로 진행한다.

연구의 순서는 크게 Assignment Problem을 적용하여 앞서 설명되었던 5가지 대안에 대해 DC와 기지 간의 최적 조합을 구성하고, 각 대안에 대한 수송기의 노선을 설계하는 것으로 진행된다. 본 연구에서 적용한 Assignment Problem은 일반적으로 이용되는 1:1 적용문제가 아닌 하나의 DC에 여러 개의 기지가 배정될 수 있도록 1:n 적용으로 변형하였고, 수송기 노선 설계는 각 수송기의 노선에 대한 Set을 구성한 후 각각의 Set에 대해 TSP 기법중 하나인 Branch and Bound method를 적용하였다.

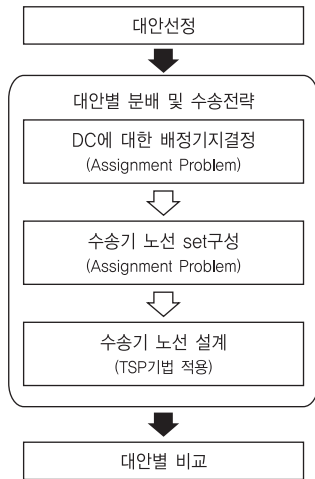


그림 1. 연구 수행도

2. 모형식

2.1 DC별 기지 배정 모형식

Assignment Problem은 선형계획문제의 특수한 형태로 자원이 활동에 배정되는 정수계획법의 일종이다. 즉 각 자원 또는 피배정체(피고용인, 기계, 시간, 물류창고)가 어떤 특정한 활동 또는 직무(장소, 시간, 사건)에 고유하게 배정됨을 의미하며 각 피배정체가 직무를 수행하는데 비용(거리)이 연관되어 있어서 목적은 총비용을 최소화하도록 모든 배정을 어떻게 할 것인가 결정하는 일이다(Fedrick and Gerald, 2001). 이러한 Assignment Problem과 밀접하게 관련이 있는 문제들은 순서배열(sequencing) 및 운송경로(routing)에 해당하는 문제들이 많으며, 일반적으로 $n \times n$ 문제에서 1:1 배정을 적용하고 있다(주운기 등, 2007). 하지만, 이러한 모형은 하나의 창에 여러 개의 기지를

배정하는 본 문제의 취지와 맞지 않으므로 일반적인 모형식을 1:n 배정으로 변형하였으며 모형식은 다음과 같다.

$$\text{Min} \sum_{D=1}^m \sum_{j=1}^n c_{Dj} x_{Dj} \quad (1)$$

s.t

$$\left\lfloor \frac{n}{m} \right\rfloor \leq \sum_{j=1}^n x_{Dj} \leq \left\lceil \frac{n}{m} \right\rceil \quad (2)$$

$$\sum_{D=1}^m x_{Dj} = 1 \quad (3)$$

$$x_{Dj} = 0 \text{ 또는 } 1 \quad (4)$$

여기서 $j = 1, 2, \dots, n$, $D = 1, 2, \dots, m$

c_{Dj} : 창 D에서 j까지 거리

x_{Dj} : 창 D에서 j까지 가는 링크가 선택되면 1,
그렇지 않으면 0

(1)은 목적함수로 각 창과 창에 배정된 기지들 간의 전체거리 최소화를 의미하고, (2)는 각 창이 동일한 위상을 가진다는 의미로 DC에 배정해야하는 기지의 수가 DC의 개수로 나누어떨어지지 않을 경우 배정기지 한 개의 차이는 인정한다는 의미이다. DC의 숫자를 의미하는 m은 대안 1의 경우 1개, 대안 2, 3, 4의 경우 2개, 대안 5의 경우는 3개가 된다. (3)은 기지 j가 하나의 창 D에 배정되는 것을 의미하고, (4)는 정수조건 식이다.

2.2 수송기 노선 Set 구성 모형식

본 연구는 여러 대의 수송기 노선에 대한 설계를 목적으로 하기 때문에 TSP를 일반화시킨 차량경로모형(VRP: Vehicle Routing Problem)을 적용하는 것이 일반적이라고 할 수 있다. 하지만, 각 대안의 특성과 노선설계에 대한 몇가지 가정을 적용해야 하기 때문에 각 수송기에 대한 별도의 노선 Set을 구성하고, 각각의 Set에 대해 TSP를 적용하여 수송기 노선을 설계하였다. 하나의 DC에서 출발하는 수송기가 1대일 경우는 바로 TSP를 적용하여 문제를 해결할 수 있지만, 2대 이상일 경우 별도의 수송기 노선 Set을 구성하여야 한다. 수송기 노선 Set을 구성하는 모형식 또한 1:n의 Assignment Problem을 적용하였으며 다음과 같은 형태를 갖는다.

$$\text{Min} \sum_{A=1}^p \sum_{j=1}^n c_{Rj} x_{Aj} \quad (5)$$

s, t

$$\sum_{j=1}^n x_{Aj} \leq V \quad (6)$$

$$\sum_{A=1}^p x_{Aj} = 1 \quad (7)$$

$$x_{Aj} = 0 \text{ 또는 } 1 \quad (8)$$

여기서 $j = 1, 2, \dots, n$, $D = 1, 2, \dots, m$ c_{Rj} : 특정 창(DC) R에서 기지 j까지 거리 x_{Aj} : 항공기 A에 j기지가 배정되면 1, 그렇지 않으면 0

V : 수송기가 최대 경유할 수 있는 기지 수

(5)는 목적함수로 하나의 DC에서 출발하는 수송기들의 운항 경로 최소화를 의미하고, (6)은 수송기가 경유할 수 있는 최대 경유지 수에 대한 제약이며, (7)은 기지 j가 한 대의 수송기에 배정되는 것을 의미하고, (8)은 정수조건 식이다.

2.3 수송기 노선설계 모형식

TSP는 한 외판원이 본사를 출발하여 그의 고객이 있는 모든 도시를 반드시 한번만 방문하고 본사로 돌아오는 최소비용의 순환로를 찾는 문제이다(강맹규, 2001). 본 연구에서 다루고 있는 수송기 운항 형태는 1장에서 밝힌 바와 같이 정기공수 형태이며 정기공수는 전형적인 TSP 문제이므로 수송기 노선을 설계하기 위한 모형식은 TSP 모형식을 그대로 사용한다.

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (9)$$

s, t

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (11)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1, \quad S \subset N, \quad 2 \leq |S| \leq \frac{n}{2} \quad (12)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ 또는 } 1 \quad (13)$$

여기서 $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, n$, $i \neq j$ c_{ij} : 노드 i에서 j까지 거리 x_{ij} : 노드 i에서 j까지 가는 링크가 선택되면 1,

그렇지 않으면 0

N : 노드의 집합

S : 노드의 집합

(9)는 목적함수로 전체 운항거리의 최소화를 의미하고, (10)과 (11)은 경유지 i에서 나가고 경유지 j로 들어오는 link가 각각 하나임을 의미한다. (12)는 하나의 완벽한 Hamiltonian 순환로를 구성하기 위한 조건식으로 Sub tour elimination(부분순환 방지)에 대한 제약이며, 이 식이 추가되면서 문제의 크기가 폭발적으로 커지게 되어 TSP를 풀기 위한 수많은 방법들이 최적 해를 찾는데 실패한 결정적인 이유이기도 하다. 마지막으로 (13)은 정수조건 식이다.

3. 모형식의 적용

3.1 DC별 배정기지 결정

DC별 배정기지는 다음의 가정 하에서 결정된다.

- ① DC로서 각 창은 같은 위상을 갖는다. (배정되는 기지의 수가 같다. 만약 배정기지의 수가 같을 수 없는 경우 배정기지 1개 차이는 인정하기로 한다.)
- ② 기존의 중앙 창에서 해외도입물자나 국내조달물자를 공급받는 기능은 DC기능과 별개의 기능으로 생각하여 DC능력과는 별도로 취급한다.
- ③ DC와 모든 기지들은 네트워크의 단절 없이 연결되어야 한다.

각 기지간 거리는 <표 2>와 같으며, 단위는 선박이나 항공기의 운항거리에 적용하는 NM($\text{NM} \times 1.8 = \text{km}$)이다. 표에서 A는 중앙 창을, B와 C는 보조 창을 의미하고, 1부터 12는 15개 기지에서 3개의 창을 제외한 12개 기지를 의미하며, 군사목적상 각 기지와 창은 기호와 숫자로 표현하였다. DC별 배정기지는 2.1의 배정기지 결정 모형식에 따라 Lingo 8.0을 이용하여 결정하였다.

표 2. 기지간 거리

구분	A	B	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	-	45	149	105	43	144	155	161	91	115	153	123	148	122	158
B	45	-	116	102	57	98	113	118	46	74	112	77	109	100	179
C	149	116	-	97	124	82	40	53	91	50	123	69	49	49	191
1	105	102	97	-	62	150	127	139	117	101	188	96	118	48	97
2	43	57	124	62	-	141	139	147	93	102	166	116	131	87	124
3	144	98	82	150	141	-	48	41	53	49	51	25	50	112	248
4	155	113	40	127	139	48	-	13	75	40	98	61	10	83	223
5	161	118	53	139	147	41	13	-	76	47	89	44	21	95	237
6	91	46	91	117	93	53	75	76	-	41	73	33	69	93	208
7	115	74	50	101	102	49	40	47	41	-	93	26	32	64	197
8	153	112	123	188	166	51	98	89	73	93	-	67	100	157	282
9	123	77	69	96	116	25	61	44	33	26	67	-	40	92	242
10	148	109	49	118	131	50	10	21	69	32	100	40	-	73	217
11	122	100	49	48	87	112	83	95	93	64	157	92	73	-	144
12	158	179	191	97	124	248	223	237	208	197	282	242	217	144	-

3.2 수송기 노선설계

수송기 노선은 다음의 가정 하에서 설계된다.

- ① 수송기는 반드시 처음 출발지로 돌아온다.
- ② 한 대의 수송기는 하나의 순환경로(Set)만 운항한다.
- ③ 수송기가 운행할 수 있는 구간은 최대 7구간(최대 6개기지 경유)이다(공군본부, 2000).
- ④ 경로를 운행할 수 있는 수송기는 최소 필요대수인 3대로 제한한다.
- ⑤ 보조 창이 DC일 경우 중앙 창에서 보조 창으로의 노선은 중앙조달물자나 해외도입물자의 공급을 위해 노선설계 시 반드시 포함되어야 하며, 중앙 창에서 공급되는 대량물자나 긴급물자가 신속하게 공급될 수 있도록 연결된 노선의 첫 경유지가 되어야 한다.

수송기 노선설계는 각 수송기 노선에 대한 Set을 구성하고 각 각의 노선 Set에 대해서 TSP기법을 적용한다. 수송기의 노선 set은 2.2의 노선 Set 구성 모형식에 따라 Lingo 8.0을 이용하여 결정하였다.

또한, 노선 Set의 구성이 문제를 분해하여 계산량이 크지 않기 때문에 수송기 운항 경로는 TSP의 Optimal Solution을 찾기 위한 열거법의 하나인 Branch and Bound method를 C++로 구현하여 적용하였다. Branch and Bound의 해결절차는 다음과 같다(Fedrick and Gerald, 2001; Richard and Kumarss, 1997).

Step1 시작점을 0으로 하고 초기화

Step2 전체 node 정보 저장

Step3 최적값(최소값) 갱신

i) 저장된 정보에서 하나의 node 선택

(저장 정보에서 선택된 노드 삭제)

① 새로운 node bound > 현재까지 최적값 통과(계속진행)

② 새로운 node bound < 현재까지 최적값

if) 현재 node index = 전체 node 수

출발지와 마지막 node까지 거리를 고려하여 최적값과 비교한 후 작으면 최적경로와 최적값 갱신

else) 현재 node index ≠ 전체 node 수

다음 레벨의 node를 추가하여 ①과 ② 수행

(현재 node index = 전체 node 수 까지)

ii) 정보에서 새로운 node를 선택 후 i)을 수행

Step4 정보에 저장된 node 수가 0이면 종료

4. 대안별 분석결과

4.1 중앙 창 A가 DC기능 수행

4.1.1 DC와 기지간 거리

모든 기지에 대한 DC의 역할을 중앙 창이 담당하기 때문에 Assignment Problem 적용이 필요 없는 경우이다. 각 기지간 거리 는 <표 3>과 같으며 각 기지와 DC간 거리의 합은 1,346NM이다.

표 3. DC와 기지간 거리(중앙 창이 DC)

배정기지	1	2	3	4	5	6	7	계
거리(NM)	102	57	98	113	118	46	74	
배정기지	8	9	10	11	12	B	C	1,346
거리(NM)	112	77	109	100	179	45	116	

4.1.2 수송기 노선설계

중앙 창이 DC기능을 수행하는 경우는 차량경로문제에서 차량의 수송능력을 제외한 일반화된 문제형태를 가지게 된다. 중앙 창 A에서 물자를 발송해야하는 목적지는 총 14개이고, 노선설계의 가정에 따라 수송기가 경유할 수 있는 기지는 최대 6개이다. 이 문제를 해결하기 위해서 먼저 수송기 노선 Set을 구성하는 모형식을 이용하여 3개의 순환경로(Set)를 구성하고 3개의 순환경로를 3대의 수송기에 배정한 후 TSP기법인 Branch and Bound method를 적용하였다. 적용결과 3대의 수송기가 운항하는 전체 거리는 1,256NM이다.

표 4. 수송기 경로 (중앙 창이 DC)

수송기	경로	거리(NM)
1	A-2-12-1-7-3-6-A	419
2	A-8-9-5-4-10-11-A	527
3	A-B-C-A	310
수송기 3대의 총 이동거리		1,256

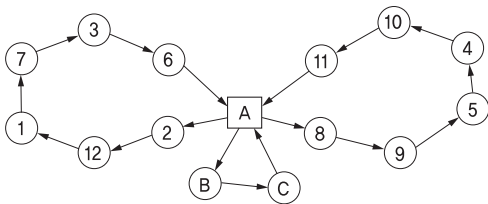


그림 2. 수송기 노선도 (중앙 창이 DC)

4.2 중앙 창 A와 보조 창 B가 DC기능 수행

4.2.1 DC와 기지 간 거리

중앙 창 A와 보조 창 B만 DC기능을 수행하는 경우이다. 여기서 전체 배정을 위한 기지는 총 13개로 2개의 DC로 정확하게 분배할 수 없기 때문에 Assignment Problem을 적용할 때 두 DC 중 기지간 거리를 최소화할 수 있는 곳에 하나의 기지를 더 배정하게 된다. DC와 각 기지를 연결하는 전체 거리는 A→B(45NM)를 포함하여 1,408NM이다.

표 5. DC와 기지간 거리(중앙 창 A와 보조 창 B가 DC)

A	배정기지	3	4	5	6	7	8	9	계
	거리(NM)	98	113	118	46	74	112	77	638
B	배정기지	1	2	10	11	12	C		계
	거리(NM)	105	43	148	122	158	149		725

4.2.2 수송기 노선설계

중앙 창 A와 보조 창 B만 DC기능을 수행하는 경우는 일반적인 차량경로모형을 적용하기에 부적절한 문제형태를 띄게 된다. 그 이유는 보조 창이 DC 기능을 수행할 경우 중앙 창에서 보조 창으로의 노선을 노선설계에 포함해야한다는 노선설계의 가정에 의해 보조 창 B는 수송기의 출발지가 되기도 하고, 중앙 창 A에서 출발하는 수송기의 경유지가 되기도 하기 때문이다. Assignment Problem 적용결과 중앙 창 A에 배정된 기지의 수는 총 7개로 수송기 1대가 최대 경유할 수 있는 기지 수 6개를 초과하게 된다. 따라서 중앙 창 A에 2대의 수송기를 배정하여 노선을 설계하게 된다. 다시 말해서 수송기는 중앙 창 A에서 출발하는 2개의 Set과 보조 창 B에서 출발하는 1개의 Set으로 구성된다. 또한, 중앙 창 A에서 보조 창 B로 물자를 수송할 수 있는 노선도 고려되어야 하지만 수송기 대수는 총 3대로 제한되어 있기 때문에 노선설계에 여유가 있는 중앙 창 A에 배정된 수송기에 중앙 창에서 보조 창 B로의 경로를 추가하여 각각의 Set에 대해 Branch and Bound method를 적용하였으며, 그 결과는 <표 6>과 같다.

표 6. 수송기 경로 (중앙 창 A와 보조 창 B가 DC)

수송기	경로	거리(NM)
1	B-10-C-11-1-12-2-B	558
2	A-B-7-9-3-8-6-A	381
3	A-4-5-A	244
수송기 3대의 총 이동거리		1,183

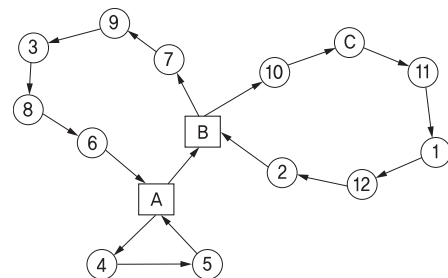


그림 3. 수송기 노선도 (중앙 창 A와 보조 창 B가 DC)

4.3 중앙 창 A와 보조 창 C가 DC기능 수행

4.3.1 DC와 기지 간 거리

중앙 창 A와 보조 창 C만 DC기능을 수행하는 경우, 대안의 형태는 중앙 창 A와 보조 창 B가 DC기능을 수행하는 대안 2와 같은 형태를 가지게 된다. DC와 각 기지를 연결하는 전체 거리는 A→C(149NM)를 포함하여 1049NM이다.

표 7. DC와 기지간 거리(중앙 창 A와 보조 창 C가 DC)

A	배정기지	1	2	6	8	12	B		계
	거리(NM)	102	57	46	112	179	45		541
C	배정기지	3	4	5	7	9	10	11	계
	거리(NM)	82	40	53	50	69	49	49	392

4.3.2 수송기 노선설계

중앙 창 A와 보조 창 C만 DC기능을 수행하는 경우 또한 중앙 창 A와 보조 창 B가 DC기능을 수행하는 대안 2와 같은 이유로 일반적인 차량경로모형을 적용하기에 부적절한 문제형태를 띄게 된다. 보조 창 C에 배정된 기지의 수는 총 7개로 수송기 1대가 최대 경우할 수 있는 기지 수 6개를 초과하게 되므로 보조 창 C에 2대의 수송기를 배정하여 노선을 설계하게 된다. 다시 말해 보조 창 C에서 출발하는 2개의 Set과 중앙 창 A에서 출발하는 1개의 Set을 구성하게 된다. 또한, 중앙 창 A에서 보조 창 C로 물자를 수송할 수 있는 노선이 고려되어야 하지만 수송기 대수는 총 3대로 제한되어 있기 때문에 노선설계에 여유가 있는 보조 창 C에 배정된 수송기에 중앙 창 A에서 보조 창 C로의 경로를 추가하여 각각의 Set에 Branch and Bound method를 적용하였으며, 그 결과는 <표 8>과 같다.

표 8. 수송기 경로 (중앙 창 A와 보조 창 C가 DC)

수송기	경로	거리(NM)
1	A- 8- 6- 1- 12- 2- B- A	611
2	A- C- 11- 10- 7- 9- 3- A	419
3	C- 4- 5- C	106
수송기 3대의 총 이동거리		1,136

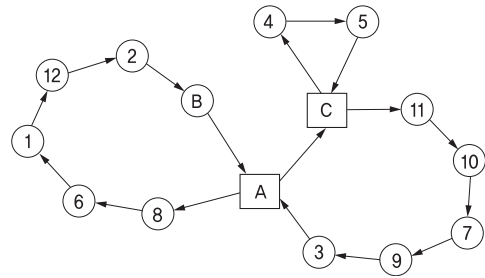


그림 4. 수송기 노선도 (중앙 창 A와 보조 창 C가 DC)

4.4 2개의 보조 창 B와 C가 DC기능 수행

4.4.1 DC와 기지 간 거리

2개의 보조 창 B와 C가 DC의 기능을 수행하고, 중앙 창 A는 국내조달물자와 해외물자의 수령 및 보조 창에 대한 main depot의 기능만을 수행하는 경우이다. Assignment Problem을 적용한 결과 B와 C 각각의 DC에 6개의 기지가 배정되었다. 각 DC에 배정된 기지와 거리는 <표 9>와 같으며, 중앙 창과 보조 창을 연결하는 네트워크 A→B(45NM), A→C(149NM)를 포함하여 DC와 각 기지를 연결하는 전체 거리는 1,190NM이다.

표 9. DC와 기지간 거리(2개의 보조 창 B와 C가 DC)

B	배정기지	1	2	6	8	9	12	계
	거리(NM)	105	43	91	153	123	158	673
C	배정기지	3	4	5	7	10	11	계
	거리(NM)	82	40	53	50	49	49	323

4.4.2 수송기 노선설계

2개의 보조 창 B와 C가 DC기능을 수행하는 경우 또한 출발지 점이 각각 다르기 때문에 일반적인 차량경로모형이 아닌 각각의 순환경로에 대한 Set을 구성하여 수송기 노선을 설계하였다. <표 10>에서 수송기 1과 2는 각 DC에서 기지로 물자를 수송하기 위한 경로이고, 수송기 3은 중앙 창으로 들어오는 조달물자나 해외도입물자를 각 DC에 보내주기 위한 경로이다. 3대의 수송기가 운항하는 전체 거리는 1,175NM이다.

표 10. 수송기 경로 (2개의 보조 창 B와 C가 DC)

수송기	경로	거리(NM)
1	B- 6- 8- 9- 1- 12- 2- B	591
2	C- 4- 10- 5- 3- 7- 11- C	274
3	A- B- C- A	310
수송기 3대의 총 이동거리		1,175

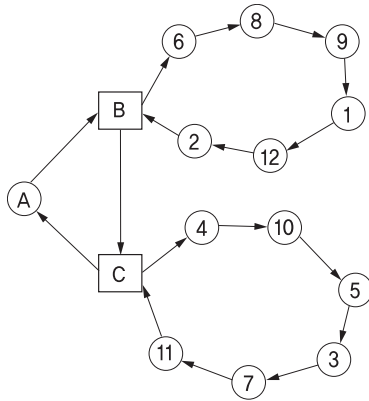


그림 5. 수송기 경로 (2개의 보조 창 B와 C가 DC)

4.5 중앙 창 A와 보조 창 B와 C가 모두 DC기능 수행

4.5.1 DC와 기지 간 거리

중앙 창 A와 2개의 보조 창 B와 C가 DC의 기능을 수행하고, 이와 더불어 중앙 창 A는 국내조달물자와 해외물자의 수령 및 보조 창에 대한 main depot의 기능까지 수행하는 경우이다. 여기서 DC기능에 대한 A, B, C창은 가정에 의해 동일한 위상을 가지기 때문에 Assignment Problem을 적용한 결과 각각의 DC에 4개씩의 기지가 배정되었다. 각 DC에 배정된 기지와 거리는 <표 11>과 같으며, A→B(45NM), A→C(149NM)를 포함하여 각 DC와 기지를 연결하는 전체 거리는 1,139NM이다.

표 11. DC와 기지간 거리(중앙 창과 보조 창이 모두 DC)

A	배정기지	3	6	7	9	계
	거리(NM)	98	46	74	77	295
B	배정기지	1	2	8	12	계
	거리(NM)	105	43	153	158	459
C	배정기지	4	5	10	11	계
	거리(NM)	40	53	49	49	191

4.5.2 수송기 노선설계

중앙 창 A와 2개의 보조 창 B와 C가 모두 DC의 기능을 수행하는 경우는 중앙 창 A에서 보조 창 B와 C에 물자를 공급하는 노선이 설계되기 때문에 차량경로문제에서 차량의 수용능력을 제외한 일반화된 문제형태를 가지게 된다. 즉 모든 수송기는 중앙 창 A에서 출발하게 되고, 3개의 노선 Set은 DC B와 C를 포함하는 노선 Set과 DC A에서 A에 배정된 기지로의 노선 Set으로 구성된다. <표 12>에서 수송기 2와 3은 보조 창 B와 C가 각각 첫 번째

경로를 차지하게 되는데, 이유는 중앙 창 A에서 DC B와 C에 해외도입물자와 국내조달물자를 공급하기 위해서 이고, 이는 노선 설계 가정에 의한 결과이다. 3대의 수송기가 운항하는 전체 거리는 1,196NM이다

표 12. 수송기 경로 (중앙 창과 보조 창이 모두 DC)

수송기	경로	거리(NM)
1	A-7-9-3-6-A	224
2	A-B-2-12-1-8-A	609
3	A-C-4-5-10-11-A	363
수송기 3대의 총 이동거리		1,196

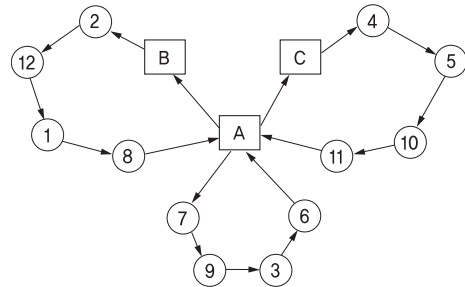


그림 6. 수송기 노선도 (중앙 창과 보조 창이 모두 DC)

4.6 모형식의 실험결과

물자분배 네트워크의 경우는 Assignment Problem을 적용하여 구성해본 결과 중앙 창 A와 보조 창 C가 DC기능을 수행하는 대안 3이 1,082NM으로 전체거리를 최소화하는 대안임을 알 수 있었다.

표 13. DC와 기지를 연결하는 전체 거리

구분	대안 1	대안 2	대안 3	대안 4	대안 5
거리(NM)	1,346	1,408	1,082	1,190	1,139

또한 Assignment Problem의 결과를 바탕으로 설계된 수송기 노선 역시 중앙 창 A와 보조 창 C가 DC기능을 수행하는 대안 3이 1,136NM으로 전체 수송기의 운항거리를 최소화하는 대안임을 확인할 수 있었다.

표 14. 수송기의 총 이동거리

구분	대안 1	대안 2	대안 3	대안 4	대안 5
거리(NM)	1,256	1,183	1,136	1,175	1,196

5. 결론

일반적으로 물자의 분배나 저장은 시스템을 운영하는 사람의 전략에 따라 여러 가지 형태로 운영될 수 있으며 이러한 점들에 주목하여 많은 네트워크 문제들이 연구되고 있다. 군은 전쟁이라는 특수한 상황을 대비하는 집단이기 때문에 일반 기업들과 달리 비용절감이 가장 우선적인 고려대상이 아닐 수도 있다. 하지만, 군도 막대한 예산을 사용하는 국가기관으로 경제적인 군 운영 또한 간과할 수 없는 중요한 목표이다. 본 연구는 이러한 경제적인 부분을 고려하여 군수물자의 분배 전략에 대해서 연구하였으며, 보조 창을 DC로 사용하는 경우 여러 가지 운영전략에 따라 최적 네트워크와 수송기 노선을 설계하는 유연한 전략을 적용할 수 있음을 알 수 있었다.

본 연구는 DC운영전략에 따라 Assignment Problem과 TSP 기법 중 Branch and Bound method를 이용하여 DC에서 군수물자를 배송할 각 기지를 배정하고, 배정 결과에 따라서 DC와 각 기지 간 수송기 노선을 설계하는 것으로 진행되었다.

군사목적으로 인한 보안상의 이유로 이용할 수 있는 자료에 한계에 있었지만, 본 연구가 경제적인 군수물자 수송에 관한 연구의 시작점이 되고, 향후에는 실제 물자의 특성과 수송방편(항공, 철도, 육로)을 조합하여 각 기지와 창을 연결하는 전체거리나 물자의 수송거리 뿐 아니라 전체 운영비용을 최소화할 수 있는 합리적인 군수물자의 분배와 저장에 관한 연구가 활발히 진행되었으면 한다.

참고 문헌

- [1] 강맹규(2001), *네트워크와 알고리즘*, 박영사.
- [2] 공군본부(2000), *공군규정 3-41 공수항공기 운영*.
- [3] 정병호(2004), *군 수송기 화물노선배정에 관한 연구*, 한양대학교 대학원 석사학위 논문.
- [4] 함용석, 김태영(2006), *혼합정수계획법(MIP)을 이용한 H사(社)의 분배센터 운영 최적화 방안*에 대한 연구, *대한경영학회지*, 19권 6호, pp. 2513-2530.
- [5] 주운기 · 최성훈 · 정근채 · 이근철(역) (2007), *LINGO 최적화 모형*, Linus Schrage(원저), 교우사.
- [6] Cohen, M. A., Fisher, M. and Jaikumar, R(1989), *International Manufacturing and Distribution Networks: A Normative Model Framework*, *Managing International Manufacturing*, North-

- Holland, Amsterdam, pp. 67-93.
- [7] Fedrick S. Hiller and Gerald J. Lieberman(2001), *Introduction to Operations Research*, McGraw-Hill.
- [8] Ganeshan R., Boone T. and Stenger A. J.(2001), The Impact of Inventory and Flow Planning Parameters on Supply Chain Performance: An Exploratory Story, *International Journal of Production Economics*, 71(1/3), pp. 111-118.
- [9] Geoffrion, A. M. and Graves, G. W(1974), Multicommodity Distribution System Design by Benders Decomposition, *Management Science*, 20(5), pp. 822-844.
- [10] Herer, Y. T., Tzur M. and Dogan K(2002), Transshipment: An Emerging Inventory Recourse to Achieve Supply Chain Leagility, *International Journal of Production Economics*, 80(3), pp. 201-212.
- [11] Melachrinoudis, E., Messac A. and Min H(2005), consolidating a Warehouse Networks: A Physical Programming Approach, *International Journal of Production Economics*, 97(1), pp. 1-17.
- [12] Mourits M. and Evers J. J. M(1996), Distribution Network Design: and Integrated Planning Support Framework, *Logistics Information Management*, 9(1), pp. 45-54.
- [13] Richard Neapolitan and Kumarss Naimipour(1997), *Foundations of Algorithms using C++ Pseudocode*, Jones and Bartlett publishers.
- [14] Ross, A. D. and Droge C(2004), An Analysis of Operations Efficiency in Large-Scale Distribution System, *Journal of Operations Management*, 21(6), pp. 673-688.
- [15] Zhou G., Min H. and Gen M(2002), The Balanced Allocation of customers to Multiple Distribution Centers in the Supply Chain Network: A Genetic Algorithm Approach, *Computers & Industrial Engineering*, 43(1/2), pp. 251-261.
- [16] 공군, <http://www.airforce.mil.kr/>, 2008. 6. 16.

**정병호**

공군사관학교

한양대학교 대학원 교통공학과 석사

현재 : 한양대학교 대학원 교통공학과

박사과정/공군소령

관심분야 : 물류, 네트워크분석, 의사결정

**김익기**

한양대학교 도시공학과

Michigan State Univ. 도시 및 지역계획 석사

Northwestern Univ. 토목공학 박사

현재 : 한양대학교 공학대학 교통공학과 교수

관심분야 : 교통수요분석 및 예측, 네트워크분석

IPA를 이용한 인천국제공항 항공물류 이용 여건 분석

이재학* · 최재섭**

*남서울대학교 유통학과 · **남서울대학교 유통학과

A Study on the Working Conditions in the Aviation Logistics at Incheon International Airport Using the IPA

Jae-Hak Lee* · Jae-Sup Choi**

*Dept. of Marketing & Distribution, Namseoul University

**Dept. of Marketing & Distribution, Namseoul University

As shrink of traditional industries, importance of service industries, like retail and wholesale, banking, and logistics, are emphasized. In the same context, Korean government strongly wants to be the asian logistics hub.

For many reasons, Incheon International Airport(IIA) had chosen for many multinational companies and well known logistics players as their asian logistics hub. So, in order to encourage those trends, it needs to understand the environments and working conditions of IIA at the users' viewpoint.

To achieve the research goal, using IPA(Importance-Performance Analysis) tool, this study had conducted an empirical study to learn about the users' perception of working conditions of IIA. And, by the results, we had found five practical suggestions that can help improve aviation logistics performance of IIA and managerial decision making of IIA.

Keywords: Incheon International Airport, aviation logistics, forwarder, IPA

1. 서론

동북아지역 물류중심국가로 성장하기 위한 두개의 큰 축은 항공화물운송과 해상화물운송으로 고려될 수 있으며, 항공화물은 해운화물에 비해 물동량 측면에서는 미미하나 화물의 취급금액

측면에서는 부가가치가 매우 높아 그 중요성이 더욱 커지고 있는 추세를 보이고 있다. 즉, 2005년 국제항공화물 물동량은 총수출입화물대비 약 0.34%로 미미하게 나타나고 있으나, 총수출입금액을 기준으로 살펴보면, 국제항공화물 비중이 약 28.18%로 나타나 항공화물운송의 중요성이 커지고 있음을 확인할 수 있다. 우리나라가 동북아에서 항공부문의 물류중심기능을 담당하기

† 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

* 2008년 9월 30일 투고, 12월 31일 수정본 접수, 2009년 2월 3일 게재 확정.

위해서는 다국적 물류기업이나 국내기업에게 보다 효율적인 물류서비스를 제공할 수 있어야 하며, 이를 위해서는 국제항공물류의 중심이 되고 있는 인천국제공항의 역할과 기능이 중요하다고 할 수 있다. 이와 관련하여 인천국제공항에서 항공물류활동을 수행하면서 발생하는 문제점과 애로요인, 개선사항 등을 이용자 시각에서 조사 및 분석하는 것이 필요할 것이다. 그러나 그 동안 수행된 대부분의 항공물류관련 선행연구들은 인천국제공항 및 배후시설에 대한 정책 및 운영자 측면 등에 치우쳐 연구되어 왔으며, 이용자 시각에서 분석한 연구는 미약하였다. 이에 이용자 측면에서의 항공물류 이용여건을 조사, 분석하는 것은 의의가 있을 것이다. 항공물류는 주로 포워더가 화주로부터 의뢰를 받은 항공화물을 공항을 경유하여 운송, 보관, 포장, 하역 등의 활동을 수행하는 것이 일반적이다. 즉, 항공물류활동은 주로 포워더에 의해 수행되고 있으며, 인천국제공항의 항공물류 이용자도 포워더가 주가 된다고 할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 인천국제공항의 항공물류 이용자인 포워더를 대상으로 인천국제공항 항공물류의 이용여건과 개선과제를 도출하는데 그 목적을 두고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 항공물류의 개념 검토

항공물류란 용어는 항공운송과 물류가 결합된 것으로 최근 세계화로 인한 국제물류의 중요성이 확대되면서, 해운물류와 더불어 사용되기 시작한 용어이다. 항공물류에 대한 개념과 정의를 정립한 그 간의 연구는 미미하였으며, 항공물류의 개념을 정의한 대표적인 연구를 살펴보면 다음과 같다.

이강석(2003)은 항공물류는 「타인의 수요에 응하여 항공기를 사용하여 유상으로 여객 또는 화물을 운송」하는 항공운송과 「재화가 공급자로부터 수요자에게 전달될 때까지 이루어지는 운송, 보관, 하역, 포장과 이에 필요한 정보통신 등의 경제활동」인 물류의 정의를 결합한 것이라는 가정 하에 항공물류라함은 「항공기를 이용하여 공항 간 화물을 운송하는 것을 포함하여 공급자로부터 최종수요자에게 전달될 때까지 이루어지는 운송, 보관, 하역, 포장 및 정보통신 등의 제반활동」이라고 정의하고 있다.

정재락(2005)은 항공물류(Airfreight Logistics)란 항공화물서비스 개념과 물류서비스 개념이 결합한 것으로서 「항공화물운송을 이용한 물류서비스」라고 하였다. 즉, 항공물류는 「항공화물운송서비스를 통해서 신속, 안전, 확실, 저비용을 목적으로 항공사, 포워더, 화주, 정부, 관세사, 공항, 지상운반업자, 터미널조업

회사 등의 상호작용으로 발생하는 모든 현상이다」고 정의하고 있다. 또한, 항공물류는 세관과 공항공사까지 포함하면서, 항공화물운송과 직간접으로 관련된 모든 이해관계자들에게 영역이 확대되고 있는 것으로 보았다.

정태원·이권형(2006)은 항공물류란 「항공기를 통해 입출고되는 화물에 대하여 공급자로부터 소비자에 이르기 까지 존재하고 있는 정보와 물리적인 프로세스」로 정의하였다. 그리고 항공물류의 영역은 크게 수출 및 수입프로세스로 구분되며 수출은 화주의 기적예약과 운송업체의 운송을 통해 공항터미널에 화물이 도착하여 장치 보관되었다가 항공기에 탑재되어 외국으로 반출되는 과정이며 수입은 화물을 적재한 항공기가 공항에 도착하여 세관절차를 거치고 터미널을 통해 반출되어 화주에게까지 전달되는 과정으로 제시하였다.

2.2 항공물류 이용여건 관련 선행연구 검토

인천국제공항의 경쟁력 향상을 위한 항공물류이용여건과 서비스수준을 살펴보기 위해서는 설문조사와 실증연구를 위한 개량적인 측정이 요구되며, 이러한 측정을 통해서 현상 속에 내재되어 있는 측정변수의 상태와 변수들 간의 관계를 분석할 수 있을 것이다.

기존의 항공물류 이용여건과 관련된 선행연구들을 검토하여 본 연구에 반영하고자 하였다. 그러나 항공물류 이용여건과 관련된 선행연구의 수가 많지 않아 항공물류의 선행연구 검토로는 한계가 있어 항만물류와 관련된 선행연구의 검토도 병행하여 항공물류 이용여건 결정요인을 도출하고자 하였다. 항만물류는 시설면에서 항만을 이용하는 점이 차이가 있으나 국제화물을 다루고 있으며, 포워더에 의한 물류활동이 일어나고 있는 등 항공물류와 유사한 측면이 많다. 이러한 측면에서 항만물류의 이용여건 평가요인 검토는 본 연구에서 유용성이 있다고 할 수 있다.

선행연구에서 검토된 항공 및 항만물류 이용여건 결정요인을 요약하면 <표 1>과 같다.

전일수·홍석진(2004)은 항공물류 이용여건 결정요인을 크게 공급능력, 서비스신뢰성, 운임경쟁력, 운영능력 등으로 구분하였으며, 이후재(2006)는 화물터미널 규모, 터미널 내 하역 및 이송기기 등의 하드웨어서비스 측면과 수입화물 인도시간, 클레임 제기시 대응체계 등 소프트웨어 서비스 측면으로 구분하고 있다.

한편, 항만물류측면의 이용요건 결정요인을 살펴보면 김범중(2000)은 시설능력, 효율경쟁력, 하역생산성, 운영의 유연성, 신뢰성 등을 토대로 분석하였으며, Slak(1985)은 선박 기항수, 내륙수송운임, 항만접근성, 항만체선, 복합연계 수송, 항만장비시

표 1. 항공물류의 이용여건 결정요인 비교

구분	전일수 · 홍석진 (2004)	이후재(2006)	김범중(2000)
분석 대상	● 인천국제공항 상주 포워더업체, 국적 · 외국적 항공사	● 인천국제공항 포워더, 국적 · 외국적항공사, 터미널 조업사	● 부산 및 광양항 컨테이너터미널 운영기업, 이용선사
분석 시기	● 2004	● 2006	● 2000
분석 방법	● 설문조사자료 분석 ● AHP, 독립T검정	● 설문조사자료 분석 ● PA분석, T-검정	● 설문조사자료 분석 ● AHP
물류 이용 여건 결정 요인	<ul style="list-style-type: none"> ● 공급능력 <ul style="list-style-type: none"> - 인력확보능력 - 운항스케줄의 여유 - 특수화물처리 능력 - 취항지역의 수 - 장비확보 및 운영능력 - 공간의 신속확보력 ● 서비스신뢰성 <ul style="list-style-type: none"> - 화물사고 대처 능력 - 클레임 보증/대처능력 - 운항일정의 정시성 ● 운임경쟁력 <ul style="list-style-type: none"> - 기본요율체제 - 물동량에 따른 요율할인 - 수출입요율의 차이 ● 운영능력 <ul style="list-style-type: none"> - 지상지원시스템 편리성 - 정보화 시스템 - 타운송수단과의 연계 - 화주요구 대처 능력 - 직원간 상호 인적 관계 - 계약조건 변경 용이성 	<ul style="list-style-type: none"> ● 하드웨어서비스 <ul style="list-style-type: none"> - 화물터미널 규모 - 터미널내 하역/이송기기 - 트랙터 시설 - 주차장 규모 ● 소프트웨어 서비스 <ul style="list-style-type: none"> - 수입화물 인도시 대기시간 - 클레임 제기시 대응체계 - 특수화물 의뢰시 서비스 - 화물성수기 대응 체계 - 대고객 친절성 - 전산시스템 활용 - 시설 및 장비의 활용 - 화주 계약변경시 대응 - 담당인력의 물류 전문성 	<ul style="list-style-type: none"> ● 시설능력 ● 요율경쟁력 ● 하역생산성 ● 운영의 유연성 ● 신뢰성/지원 서비스

구분	B. Slack(1985)	Murphy(1987)	서수완(2001)
분석 대상	● 미국, 캐나다 화주/포워더	● 세계각국 항만, 선사	● 부산, 광양, 인천 해운선
분석 시기	● 1985	● 1987	● 2001
분석 방법	● 설문조사자료 분석 ● T-검증	● 설문조사자료 분석 ● T-검증	● 설문조사자료 분석 ● SEM분석, ann-Whitney u검정 등물류
물류 이용 여건 결정 요인	<ul style="list-style-type: none"> ● 선박기항수 ● 내륙수송운임 ● 항만접근성 ● 항만체선 ● 복합연계수송 ● 항만장비시설 ● 항만비용 ● 통관 ● 항만안전도 ● 항만규모 	<ul style="list-style-type: none"> ● 항만장비의 보유 ● 손상/멸실율 ● 적기인도처리 ● 화물처리비용 ● 대형선입항가능 ● 특별수요에 대한 융통성 ● 선적에 대한 정보 제공 ● 대량/비정형적 화물의 선적 하역 능력 ● 클레임 처리시의 지원 	<ul style="list-style-type: none"> ● 기능적 품질 <ul style="list-style-type: none"> - 성장성, 정확성, 신속성, 편의성, 안전성, 연계성 ● 기술적 품질 <ul style="list-style-type: none"> - 선내하역서비스 - CY조작서비스 - CFS조작서비스 - 운송서비스 - 서류 및 정보 제공서비스 - 세관편의 제공 서비스

구분	노홍승(1997)	장경호(2001)	허윤수(2006)
분석 대상	● 선사, 화주하역 업체	● 수출입기업, 물류 업체, 항만관련기관, 해운회사	● 전세계 20대선사, 국내10대선사
분석 시기	● 1997	● 2001	● 2006
분석 방법	● 설문자료분석 ● 다속성, 다계층 분석	● 설문조사자료 분석	● 설문자료분석 ● AHP, ANOVA, 요인분석
물류 이용 여건 결정 요인	<ul style="list-style-type: none"> ● 선주 <ul style="list-style-type: none"> - 안정성, 정확성, 신속성, 연계성, 잠재성, 편의성 ● 화주 <ul style="list-style-type: none"> - 신속성, 정확성, 안전성, 연계성, 잠재성, 편의성 	<ul style="list-style-type: none"> ● 항만수급여건 ● 물류서비스 및 시스템 ● 관련산업의 투자 환경 ● 지정학 측면 ● 배후연계운송 여건 ● 운송수단 ● 물류비용 ● 영업손익 	<ul style="list-style-type: none"> ● 항만내적 결정 요인 <ul style="list-style-type: none"> - 항만시설 - 항만요율 - 항만서비스 - 입출항여건 ● 항만외적결정 요인 <ul style="list-style-type: none"> - 지정학적위치 - 배후경제규모 - 사회적 여건 - 배후연계

설 등을 기준으로 분석하였다. 그리고 가장 최근에 연구된 허운수(2006)는 항만내적 결정요인과 항만외적결정요인으로 구분하고 항만내적 결정요인은 항만시설, 항만요율, 항만서비스, 선박 입출항여건 등을 기준으로 하였으며, 항만외적결정요인을 지정학적 위치, 배후경제규모, 사회정치적 여건, 배후연계시스템 등을 기준으로 하여 분석하였다.

이상을 살펴볼 때 시설과 장비의 구비여부, 서비스요율, 소요시간, 화물손상 등의 대처, 내륙연계성, 배후지 등이 중요 이용여건 결정요인으로 검토되고 있다.

종합적으로 볼 때 시설과 장비의 구비여부, 서비스요율, 소요시간, 화물손상 등의 대처, 내륙연계성, 배후지 등이 중요 서비스 결정요인으로 검토되고 있다. 특히, 공항 및 항만은 그 특성상 일반적인 서비스품질의 구성요인과는 다르게 대형 항공기 및 선박을 수용할 수 있는 시설과 이에 따른 대량화물을 신속하게 처리할 수 있는 장비의 구비여부 등 유형적 측면의 구성요인들이 매우 중요하게 고려되고 있다. 또한 이러한 시설을 운영할 수 있는 노하우와 시스템의 구비여부도 중요하게 평가되고 있음을 알 수 있다. 이상에서 검토된 항공물류의 서비스결정요인은 본 연구의 설문지의 설계 및 인터뷰 조사 내용, 그리고 통계분석, 연구결과 분석 등에 반영하였다.

2.3 IPA 방법의 검토

본 연구에서는 항공물류개선을 위한 이용여건분석을 위해 중요도-만족도 분석(IPA : Importance-Performance Analysis)을 수행하고자 한다.

다속성 모델의 구조를 지닌 IPA분석은 Martilla와 James(1977)가 자동차 사업의 성취도를 분석하기 위하여 모형을 적용한 것이 최초의 연구로, 이 후 건강진단, 교육, 스포츠 심리학 등의 학술 연구분야에 주로 적용되었다. 최근에는 다양한 산업군에서 경쟁업체간의 상표와 상품, 서비스에 대한 강점과 약점을 파악하는데 광범위하게 사용되고 있다. IPA모형의 특성은 중요도와 만족도의 속성별 비교 평가값에 의하여 4가지의 다면적 의사결정을 수행할 수 있는데 있다. IPA의 격자모형에서 y축은 대상의 선택속성 인식에 관한 중요도, x축은 속성과 관련된 서비스의 만족도를 보여주게 된다.

IPA분석의 4개 영역은 다음 <그림 1>에서 제시되는 바와 같이 중점관리, 유지관리, 개선대상, 과잉투자로 구분되어 각 속성 또는 요인 간의 만족도와 중요도 사이의 관계를 파악하여 개선해야 할 서비스를 인식하게 된다.

1사분면에서는 고객 매우 중요한 요소인 동시에 조직에서는 높은 실행능력보유 영역으로 좋은 성과를 지속 유지(keep up

the good work)하도록 고려하는 부분이며 4사분면의 경우 낮은 중요도에 비해 높은 만족도 보유영역으로 투자과잉 요소가 상존하는 영역으로서 과잉노력에 대한 지양(possible overkill)라는 부분이다. 2사분면의 경우 높은 중요도에 비해 고객이 가장 불만족한 영역으로 개선노력이 집중되어야 할 영역으로 노력집중화의 지향(concentrate here)하는 부분이며, 3사분면의 경우 중요도와 만족도가 모두 낮은 영역으로 개선대상영역이긴 하나 우선순위가 낮은 영역에 해당한다(low priority).

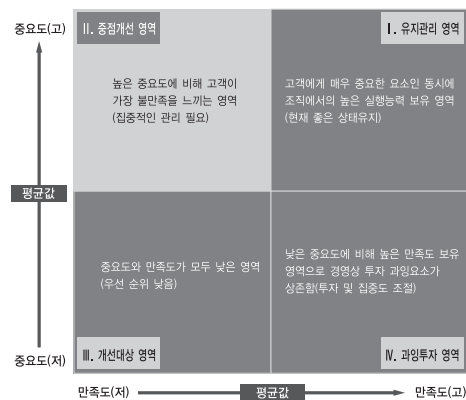


그림 1. IPA(Important-Performance Analysis)의 사분위도

3. 인천국제공항의 항공물류 이용여건 분석

3.1 조사의 개요

3.1.1 항공물류 이용여건 평가요인의 선정 및 개념적 정의

기존 선행연구에서 나타난 항공물류의 이용여건 결정요인과 항공물류 분야의 전문가 및 업계종사자를 대상으로 수행된 인터뷰 조사 내용을 반영하여 인천국제공항 항공물류 결정요인을 설정하였다.

3.1.2 설문지 구성

본 연구의 자료수집을 위하여 설계된 설문지는 앞에서 선정된 결정요인을 토대로 하여 현장의 업체 관계자들을 대상으로 한 사전조사 그리고 전문가의 자문을 바탕으로 최종 설문항목을 선정하였다. 즉, <표 2>에 제시된 세부요인중 중핵요인은 통합 및 조정하였으며, 인천국제공항의 여건을 반영하여 중요하다고 생각되는 Sea&Air 터미널시설, 공항주변 도로의 혼잡도, 인천항과의 연계성 등의 요인은 첨가하였다. 본 설문지는 응답자 및 응답기업의 특성에 관한 항목과 인천국제공항 항공물류 이용여건 관련

표 2. 항공물류 서비스 결정요인 및 개념적 정의

결정요인	개념적 정의	세부 요인	선행연구
항공물류 시설	● 공항이 보유하고 있는 모든 시설과 장비 등의 규모와 처리 능력	화물터미널의 규모, 트럭주차장 규모, 화물처리능력, 입주사무실규모 등	이후재(2006) 김범중(2000) B,Slack(1985) 허운수(2006)
항공물류 서비스 여건	● 전체적인 높은 서비스를 제공할 수 있는 서비스 품질로서 항공물류 화물에 대한 안전성, 신속성, 유연성, 신뢰성을 포함하는 개념	항공화물처리의 안전성, 운항일정의 정시성, 수출입 화물인도시 대기시간, 클레임 제기시 대응체계, 화물 성수기 대응체계, 화주계약변경시 대응체계, 담당인력의 물류전문성, 화물사고대처능력 등	이후재(2006) 전일수 · 홍석진(2004) 서수완(2001) 노홍승(1997) Murphy(1987)
항공물류 요율	● 항공물류관련 화물의 흐름과 관련된 운송, 보관, 하역, 포장 등의 모든 비용	항공화물 기본요율체계, 트럭운송의 비용, 트럭주차장의 요금, 공항시설 사용료, 항공운임의 수준, 물동량에 따른 요율할인제, 조업비 등	전일수 · 홍석진(2004) 김범중(2000) 장경호(2001) 허운수(2006)
항공물류 운영여건	● 항공물류시설을 이용하여 항공물류 서비스를 제공하는 효율성	수배송시설의 효율성, 포장시설의 효율성, 화물흐름의 간소화, 화물터미널의 편리성, 특수화물 의뢰시 처리수준, 화물성수기 대응체계, 정보시스템의 활용, 인력확보의 용이성 등	이후재(2006) 전일수 · 홍석진(2004) 서수완(2001) 노홍승(1997) 김범중(2000)
항공물류 정책 및 제도적 여건	● 항공물류의 원활한 흐름을 위한 관련기관의 정책적 지원과 인식, 역할분담 등을 포괄하는 개념	정부의 재정적 지원, 홍보/마케팅, 인천항과의 협조, 통관절차개선, 행정정서서비스 처리수준 등	-
입지 및 배후연계 여건	● 공항의 접근성, 복합일괄운송을 위한 내륙운송망과의 연계성, 직배후도시 및 관련항과의 연계성, 수송수단의 다양성 등	공항접근성, 공항배후지의 수요규모, 내륙운송망연계, 내륙수송수단 다양성 등	B,Slack(1985) 장경호(2001) 허운수(2006)
근무환경	● 공항 항공물류 종사자의 근무여건의 편리성 등	임금수준, 출퇴근 용이성, 편의시설 보유, 주거여건 등	-

항목 등으로 구성하였다.

3.1.3 조사대상 및 응답업체의 특성

본 연구는 설문지법을 이용한 통계적 분석을 위하여 설문조사를 실시하였으며, 설문지는 인천국제공항을 이용하는 포워더를 대상으로 하여 260부를 배포하여 150부를 회수하였으며, 이 중에서 불성실한 대답을 한 18부를 제거한 132부를 분석에 사용하였다.

주로 이용하는 항공사별로 응답업체의 분포를 살펴보면, 대한항공을 주로 이용하는 업체는 61개사로 약 46.2%, 아시아나항공을 주로 이용하는 업체는 31개사로 약 23.5%, 외항사를 주로 이

용하는 업체는 40개사로 약 30.3%를 차지하는 것으로 나타났다.

응답자의 분포를 직급별로 살펴보면, 임원급이 19.7%, 부장급이 19.7%, 과장급이 22.0% 등으로 과장급 이상이 약 61.4%를 차지하였으며, 근무연수는 10년 이상이 약 55.3% 등으로 나타나 응답자는 항공물류와 관련하여 많은 경험을 보유하고 있어 조사에서 유의한 결과를 확보할 수 있을 것으로 생각된다.

표 5. 응답자의 특성

구분	직급				근무연수				
	임원	부장	과장	대리/사원	20년 이상	15~20년 미만	10~15년 미만	5~10년 미만	5년 미만
인원수(명)	26	26	29	51	18	21	34	33	26
비중(%)	19.7	19.7	22.0	38.6	13.6	15.9	25.8	25.0	19.7

표 4. 응답업체의 항공사별 이용 현황

구분	대한항공	아시아나	외항사	계
업체수(개소)	61	31	40	132
비율(%)	46.2	23.5	30.3	100.0

표 3. 설문지의 구성

구분	문항	주요 설문 내용	척도
응답자 및 업체 특성	응답자/업체 특성 관련 10문항	<ul style="list-style-type: none"> ● 응답자 특성 <ul style="list-style-type: none"> - 업체명, 사업소재지, 직위, 종사년수 등 ● 업체 특성 <ul style="list-style-type: none"> - 종사자수, 취급품목, 주요 취항항로, 매출액, 취급물량, 주요 이용 항공사 등 	명목척도
항공물류 이용 여건	시설, 서비스, 요금, 운영여건, 등의 만족도와 중요도 관련 39문항	<ul style="list-style-type: none"> ● 시설여건 <ul style="list-style-type: none"> - 화물터미널의 규모, 트럭주차장 규모, Sea&Air 수송에 대응한 터미널 시설, 화물처리 능력 ● 서비스 여건 <ul style="list-style-type: none"> - 항공화물처리의 안전성, 클레임 제기시 대응체계, 화물성수기 대응체계, 화주계약변경 시 대응체계, 담당인력의 물류전문성, 화물사고 대처능력, 정시안전운항, 결항빈도, 화물처리의 신속성 등 ● 요금여건 <ul style="list-style-type: none"> - 항공화물 기본요금체계, 트럭운송의 비용, 트럭주차장의 요금, 공항시설 사용료, 항공 운임의 수준, 물동량에 따른 할인제, 기타 조업비 ● 운영여건 <ul style="list-style-type: none"> - 수배송시설의 효율성, 포장시설의 효율성, 물류표준화(정합성), 화물조업의 효율성, 정보시스템의 확보 및 활용, 인력확보 용이성, 보관시설의 자동화 및 기계화 ● 입지 및 배후연계 여건 <ul style="list-style-type: none"> - 공항의 접근성, 공항주변도로의 혼잡도, 공항 배후지의 수요규모, 내륙운송망연계, 내륙수송수단 다양성, 인천항과의 연계성 ● 정책/제도적 여건 <ul style="list-style-type: none"> - 행정서비스 처리수준, 정보의 법률적/제도적 지원, 정부의 재정적 지원 ● 근무환경 여건 <ul style="list-style-type: none"> - 공항으로 출퇴근 여건, 편의시설, 임금조건 ● 기타사항 	등간척도

3.2 분석결과

3.2.1 측정항목의 적절성 검토

각 평가항목에 대하여 정보에 대한 이해와 추가분석을 용이하게 할 수 있도록 여러 개의 변수형태로 주어진 많은 정보를 몇 개의 핵심적인 요인으로 축약하기 위하여 요인분석(Factor Analysis)을 수행하였다. 여기서 수행한 요인분석은 탐색적 요인분석(Exploratory Factor Analysis)이 아닌 확인적 요인분석(Confirmatory Factor Analysis)를 시행한 것으로 선행연구 및 인터뷰조사를 통하여 결정된 요인에 대한 검증차원에서 수행되었다. 또한, 요인분석 후 각 요인에 대한 신뢰도검정을 수행하였으며, 본 연구에서는 신뢰도 계수 측정방법 중 내적 일관성에 근거한 Cronbach's α 를 사용하였다.

〈표 6〉은 요인분석을 통하여 공통성을 기준으로 0.5미만의 항목이 제거된 항목들을 바탕으로 각 요인들에 대한 신뢰도 검정을 수행한 결과를 제시되고 있다. 설정된 항목들의 신뢰도검증의 경우, 중요도와 만족도별로 분리하여 분석하였다. 전체적인 신뢰도 계수, 즉 Cronbach's α 가 만족도에서는 0.710에서 0.848 사이

에서 존재하였으며, 중요도는 0.747에서 0.897사이에서 존재함으로써, 일반적인 기준인 0.60 이상을 상회하는 수준의 신뢰도를 나타내므로 하나의 척도로 활용하기에 문제가 없는 것으로 판단된다.

3.2.2 부문별 중요도-만족도 분석

(1) 항공물류시설 여건

인천국제공항의 항공물류관련 물류시설 측면에서의 IPA 분석 결과를 살펴보면, Sea & Air 수송에 대응한 터미널 시설, 화물처리능력 등이 중점개선영역으로 나타났다. 화물처리능력은 현재 인천국제공항의 2단계 확장사업이 진행중에 있어 향후 개선되리라 예상되나 항공사 및 항공물류관계자의 물류활동의 효율성 개선이 전제되어야 한다.

인터뷰조사를 통하여 항공물류시설여건과 관련한 문제점과 개선이 필요한 사항을 파악한 결과, 화물처리능력측면에서 포워더의 화물창고 시설부족으로 어려움을 겪고 있으며, 화물이 집중되는 시기/시간대의 대처능력의 부족을 지적하고 있다. 항공사 화물터미널의 편리성 측면에서는 화물인도시 포워더 창고와 항

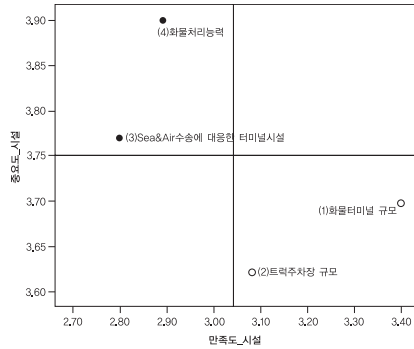


그림 2. 항공물류시설 여건의 중요도-만족도 분석

공사 화물터미널과의 동선거리가 길다는 것과 수출장치장의 도크가 소량화물차량과 일치하지 않아 작업의 효율성이 저해되고 있음을 지적하고 있다.

한편, Sea & Air 수송에 대응한 전용터미널이 전무하여 이러한 수요에 대응하기 어려움을 제시하고 있으며, 향후 개성공단과의 연계 등 남북경협 활성화에 위하여서도 이에 대한 대비책이 마련되어야 할 것이다.

표 6. 측정항목의 신뢰도 검토

요인	항목	공통성	만족도			중요도		
			평균	표준편차	Cronbach의 알파	평균	표준편차	Cronbach의 알파
물류시설	(1) 화물터미널 규모	0.659	3.40	0.895	0.824	3.70	0.794	0.747
	(2) 트럭주차장 규모	0.663	3.08	1.019		3.62	0.770	
	(3) Sea & Air 수송에 대응한 터미널 시설	0.686	2.80	0.940		3.77	0.796	
	(4) 화물처리능력	0.617	2.89	1.009		3.90	0.824	
서비스 여건	(5) 항공화물처리의 안정성	0.558	3.03	0.782	0.848	4.06	0.858	0.865
	(6) 클레임 제기시 대응체계	0.558	2.42	0.888		3.97	0.815	
	(7) 화물성수기 대응체계	0.564	2.49	0.914		3.95	0.808	
	(8) 화주계약변경시 대응체계	0.583	2.79	0.719		3.54	0.843	
	(9) 담당인력의 물류전문성	0.533	2.82	0.825		3.84	0.845	
	(10) 화물사고대처능력	0.635	2.62	0.856		4.03	0.787	
항공 물류요율	(11) 트럭주차장의 요금	0.601	2.20	0.903	0.741	3.65	0.856	0.790
	(12) 공항시설사용료	0.760	2.20	0.863		3.67	0.900	
	(13) 기타 조업비 등	0.623	2.56	0.777		3.52	0.850	
운영여건	(14) 수배송시설의 효율성	0.545	2.95	0.662	0.874	3.50	0.845	0.897
	(15) 포장시설의 효율성	0.562	2.90	0.666		3.52	0.793	
	(16) 물류표준화(정합성)	0.646	2.81	0.822		3.75	0.804	
	(17) 화물조업의 효율성	0.691	2.82	0.836		3.75	0.806	
	(18) 정보시스템의 확보 및 활용	0.631	2.97	0.738		3.73	0.840	
	(19) 인력확보의 용이성	0.621	2.60	0.861		3.67	0.829	
물류정책 및 제도적여건	(20) 행정서비스 처리수준	0.612	2.99	0.784	0.828	3.79	0.764	0.845
	(21) 정부의 법률적/제도적 지원	0.827	2.67	0.868		3.84	0.833	
	(22) 정부의 재정적 지원	0.795	2.50	0.869		3.86	0.836	
입지 및 배후연계 여건	(23) 공항의 접근성	0.513	2.42	0.962	0.740	3.89	0.862	0.851
	(24) 공항주변 도로의 혼잡도	0.833	3.20	1.025		3.71	0.829	
	(25) 공항 배후지의 수요규모	0.518	2.92	0.737		3.45	0.738	
	(26) 내륙 운송망 연계	0.740	2.86	0.726		3.65	0.839	
	(27) 내륙 수송수단 다양성	0.768	2.79	0.781		3.66	0.836	
	(28) 인천항과의 연계성	0.590	2.70	0.828		3.73	0.836	
근무환경	(29) 공항으로 출퇴근 여건	0.633	1.84	0.908	0.710	4.22	0.706	0.776
	(30) 편의시설	0.702	2.03	0.854		4.16	0.784	
	(31) 임금조건	0.567	2.39	0.860		3.98	0.838	

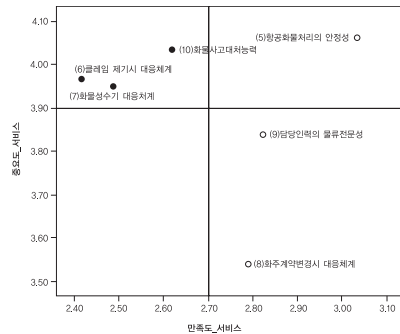


그림 3. 항공물류 서비스 여건의 중요도-만족도 분석

(2) 항공물류 서비스 여건

항공물류 서비스 여건은 클레임제기시 대응체계, 화물성수기 대응체계, 화물사고대처능력 등이 중점개선영역으로 나타났다.

인터뷰 조사를 통하여 항공물류서비스 여건의 문제점과 개선 과제를 살펴본 결과 클레임 발생시 대응체계 미흡, 매번 발생되고 있는 화물성수기의 혼잡의 개선을 요구하고 있으며, 화물사고 대처능력부분은 화물조업시의 화물손상여부의 사전점검 등을 제시하고 있다.

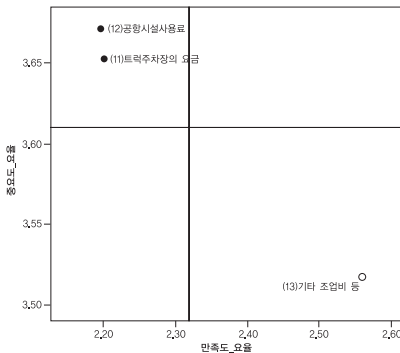


그림 4. 항공물류 요율여건의 중요도-만족도 분석

(3) 항공물류 요율여건

항공물류요율과 관련된 IPA분석 결과를 살펴보면 다음 표와 같다. 중점개선영역에 트럭주차장의 요금, 공항시설사용료 등이 지적되고 있다. 인터뷰조사결과 트럭주차장의 경우 단기주차 요금할인을 통한 트럭의 빠른 순환을 요구하고 있으며, 전반적으로 높은 공항시설 사용료의 인하를 요구하고 있다. 특히, 포워더의 작업분도 조업비로 징수되는 경우의 개선을 요구하고 있다. 또한, 물동량에 따른 요율할인제, 트럭수송비용, 항공화물기본요율 체계의 개선도 요구하고 있다

(4) 항공물류 운영여건

항공물류 운영여건에 대한 IPA 분석에 대해 물류표준화(정합성)와 화물조업의 효율성, 인력확보의 용이성이 중점개선사항으로 나타났다. 따라서 화물자동차에 적재되어 공항에 반입된 화물

이 창고에 보관되고, 이를 반출하여 Build-Up하여 항공기에 적재함에 있어 물류표준화가 미흡하여 애로를 느끼고 있는 것으로 나타났다. 또한, 인력확보에 애로를 느끼고 있는 것으로 나타나 이에 대한 개선이 시급한 것으로 분석된다.

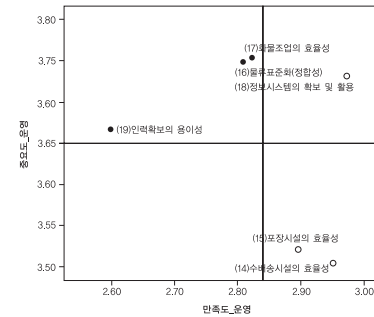


그림 5. 항공물류 운영여건의 중요도-만족도 분석

(5) 항공물류 정책 및 제도적 여건

항공물류정책 및 제도적인 여건과 관련하여 중점적으로 개선될 사항은 정부의 법률적·제도적 지원과 정부의 재정적 지원이 제기되었다. 행정서비스 처리수준에 있어서는 과잉투자되었다는 분석이 나타났다. 특히, 화물의 통관 절차에 있어서는 과거 지속적인 통관·검역 절차에 대한 개선이 요구되어 왔고 현재에 이르러 전자통관시스템까지 갖추어져 있는 것에 기인하는 것으로 분석된다.

인터뷰조사 결과 정부의 재정적 지원부분은 터미널 입주업체에 대한 세제혜택을 요구하고 있으며, 항공내 자유무역지역내 입주 국내기업의 경우 외국인투자기업과 동등한 수준의 대우를 요구하고 있다. 정부의 법률적·제도적 지원은 영세포워더의 통폐합을 통한 글로벌화의 추진, 고속도로 통행료 감면 혜택 등을 요구하고 있는 것으로 나타났다.

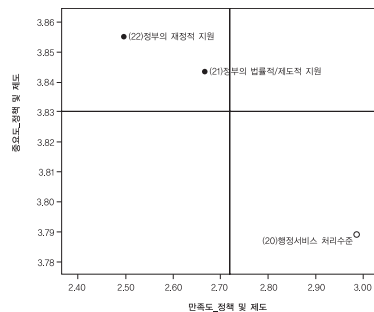


그림 6. 항공물류 정책 및 제도적여건의 중요도-만족도 분석

(6) 입지 및 배후연계 여건

입지 및 배후연계 여건에 대하여는 공항의 접근성과 인천항과의 연계성이 중점개선영역에 속하고 있는데 공항의 접근성은 중요도가 상당히 높은데 반해 만족도는 낮게 나타나고 있어 이에

대한 개선이 시급한 것으로 나타났다.

또한, 향후 개성-평양간 고속도로 연결은 개성을 포함하여 '제2 개성공단' 격의 경제특구가 개발될 경우 항공과 해상 물류를 동시에 처리할 수 있는 인천은 지리적 위치 뿐만이 아니라 시설 여건으로도 최적의 물류중심지가 될 것이며, 북한에서 생산되는 화물은 인천으로 흡입될 수 밖에 없을 것으로 예상된다. 따라서 향후에 인천공항~개성공단간을 연결할 수 있는 도로 건설의 필요성 부각 및 정책반영이 되도록 노력하는 것이 필요할 것이다.

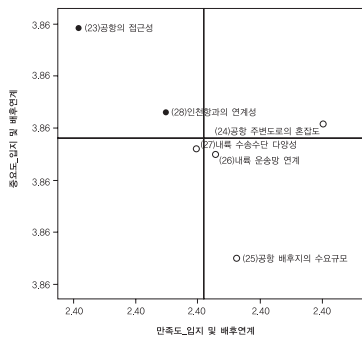


그림 7. 항공물류 입지 및 배후연계여건의 중요도-만족도 분석

(7) 근무환경 여건

공항종사자의 근무환경과 관련된 항목들로 출·퇴근여건과 화물터미널내의 편의시설 확충이 중점개선영역에 위치하여 가장 시급한 개선이 필요한 것으로 제시되었다. 또한 임금조건 요인은 과잉투자항목에 속한 것으로 나타났다.

설문응답자를 통해 제시된 출·퇴근 여건의 세부적인 사항으로는 물류비 인상요인에서도 우선시 되어 제시된 바와 같이 고속도로 통행료가 높다는 의견이 가장 많이 제기되었으며, 그 외에도 출·퇴근시 교통비 지급수준, 셔틀버스 노선 등 교통여건과 관련된 부분이 가장 대두되었다.

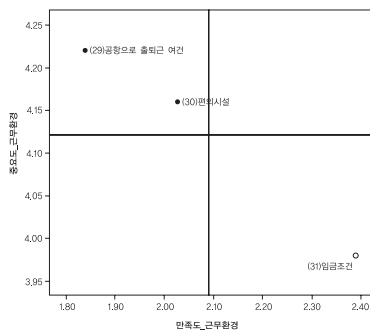


그림 8. 항공물류 근무환경 여건의 중요도-만족도 분석

3.2.3 IPA 분석결과 종합

이상과 같이 항공물류 이용여건의 평가와 관련하여서는 물류

시설, 서비스여건, 항공물류요금, 운영여건, 정책/제도적 여건, 입지/배후연계여건, 근무환경 등으로 구분하여 IPA분석을 수행하여 중점개선영역을 파악하였다. 그리고 종사자에 대한 인터뷰 조사를 실시하여 내재되어 있는 문제점 및 개선사항을 파악하고자 하였으며, 이를 살펴보면 다음 표와 같이 제시되었다.

4. 결론 및 향후과제

본 연구는 항공물류 이용자 측면에서 항공물류 이용여건 및 개선사항을 포괄적으로 조사 및 분석하였는데 큰 의미를 두고 있다. 본 연구에서 조사 및 분석된 사항 등을 토대로 인천국제공항의 항공물류부문에 대한 경쟁력을 강화하기 위하여 향후 추진되어야 할 정책적 방안 및 향후 연구과제 등을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 인천국제공항의 항공물류관련 서비스 지표를 개발하고 이를 활용하여 인천국제공항의 항공물류 서비스 여건 및 만족도를 체계적이고 정기적으로 조사하여 발표할 필요가 있을 것이다. 또한, 가능하다면 경쟁관계에 있는 공항의 조사도 병행하여 비교하는 것도 인천국제공항의 발전을 위해 필요할 것이다. 예를 들어, 본 연구에서 조사된 서비스요인별 만족도 등의 분석은 인천국제공항의 항공물류활동 수준을 파악할 수 있는 중요한 지표가 된다고 생각된다. 특히 항공물류 프로세스에 대한 서비스지표는 공항 내 활동 뿐만아니라 공항 외적으로 통관이나 검역, 인천광역시를 경유하도록 되어 있는 내륙운송 등에 대한 종합적인 지표 개발이 필요할 것으로 제시된다.

둘째, 인천국제공항은 동북아의 허브공항 구현을 위한 목표설정과 그에 따르는 시행에 있어서, 인천국제공항의 시설규모, 주변배후지의 개발 등도 중요하나 인천국제공항의 항공물류 활동을 위한 효율적 수행도가 중요할 것으로 평가된다. 물류효율성은 유니트로드시스템화에 따른 일관물류가 가능할 때 크게 증가할 것이다. 이를 위해서는 인천국제공항의 항공물류표준화, 항공물류 기능간 물류연계의 효율성, 수송수단간의 연계성 등이 확보되어야 할 것이다. 그러나 이에 대한 연구가 미흡한 것이 사실이므로 이에 대한 현황과 실태를 파악하는 것이 필요할 것이다.

셋째, 향후 증가될 가능성이 높은 Sea & Air에 대한 전략적 방안 마련이 필요할 것이다. Sea & Air 물량에 대한 향후 전망은 2008년부터 상해 및 북중국 지역의 공항들의 미주 직기항에 따른 물량감소가 예상되어지고 있으나 반면에 중국시장 수요의 팽창과 중국발 전체 공급간의 불균형에서 파생되는 특정시장이 존재할 것으로 예측되고 현재에도 지속적으로 증가세를 유지하고 있어 지속적인 물량 창출을 위한 노력이 필요할 것으로 판단된다.

표 7. 개선요구사항 종합

속 성(순위별)	요 인	개선요구사항(인터뷰조사결과)
항공물류 시설여건	Sea&Air 수송에 대응한 터미널시설	전용터미널 시설 필요
	항공사의 화물터미널의 편리성	포워더의 창고와 항공사 터미널의 동선거리의 문제점
		수출장차장 화물트럭 종류에 따른 도크 사용문제
	화물처리능력	포워더의 창고시설의 입지편리성
		화물성수기 대비
		특수화물 보안검색 확충
항공물류 서비스여건	화물성수기 대응체계	화물성수기 대응대책
		Loadoff 사전통보
	특수화물의뢰시 서비스	특수화물 전문인력 필요
		특수화물 처리 장비 확보
	화물사고 대처능력	Buildup, Breakdown 시 화물손상
		결항, 출항지연시 통보
항공물류 요율여건	수출입화물인도시 대기시간	인력충원, 절차간소, 작업여건개선
	공항시설 사용료	공항시설 사용료 인하
		포워더 작업분 할인
	트럭주차장 요금	단기주차 요금할인
	물동량에 따른 요율할인제	물동량에 따른 요율할인
	트럭수송 비용	공항고속도로 통행료 개선
항공물류 운영여건	인력확보의 용이성	물류인력 수급방안
	물류표준화(정합성)	ULD의 정합성 추구
		작업표준화
		ULD의 효율적 관리
	화물조업의 효율성	조업사의 용역제 개선
	보관시설의 자동화/기계화	자동화/기계화 추진
	정보시스템의 구축 및 활용	통합 전산망 구축
		RFID 시스템의 도입 및 적용
		화물 위치정보
물류정책/ 제도적여건	정부의 재정적지원	세제혜택
		외국기업과 국내기업간 동등한 지원
	정부의 법률/제도적지원	포워더의 글로벌화 유도
		화물통관업 개선
입지/배후 연계여건	공항의 접근성	내륙운송 수단의 확보
	인천항과의 연계성	다양한 도로망 확충
		Sea & Air 터미널
근무환경	출퇴근 여건	대중교통
	편의시설	화물터미널 편의시설 확충

다. 특히, 작년에 이루어진 남북정상회담(10.4선언)의 남북경협에 의하면, 개성공단 내실화 및 확대, 경제특구건설과 해주항 이용 등이 중요하게 제시되고 있어 남북경협의 원활하고 효과적인 추진을 위해서도 복합물류시스템의 구축은 필요하다고 할 수 있다. 공항 내 Sea & Air 전용터미널 시설을 설치하는 것과 관련하

여 관련되는 기관과의 지속적인 협의를 통해 Sea & Air 측면 뿐만 아니라 국제특송화물, Air & Air, Air & Sea, Rail & Air 등을 처리하기 위한 체계적인 환승센터로서의 역할도 고려되는 것이 필요할 것이다.

넷째, 국토해양부, 지식경제부, 인천공항공사 등 관련기관과

의 지속적 협력체계를 구축하는 것이 필요할 것이다. 본 연구에서 조사된 포워더의 애로요인 및 개선사항은 인천광역시가 독자적으로 수행할 수 있는 사항들은 많지 않은 것으로 나타났다. 따라서 관련기관과의 유기적인 협조체계는 무엇보다 중요하며, 이러한 체계가 확립될 때 인천국제공항은 허브공항으로서의 경쟁력을 확보할 수 있는 기초기반이 마련된다고 할 수 있다.

다섯째, 인천국제공항 물류단지나 화물터미널에 상주하는 인원들은 근무환경에 대한 불만요소가 많은 것으로 나타났다. 이는 인천국제공항의 접근체계에서 현 신공항하이웨이를 통한 접근만이 유일한 수단인 것에 기인한다. 이에 따라 인천광역시는 민자주체인 신공항하이웨이와의 협의나 항공물류업체에 대한 지원방안을 모색함으로써 간접적인 해결책을 모색할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] 김범중(2000), 컨테이너터미널 서비스 품질 인지도 차이연구, *해양정책연구*, 제15권 제2호.
- [2] 노홍승(1997), *계층퍼지분석법을 이용한 항만물류서비스의 평가에 관한 연구*, 한국해양대학교 박사학위논문
- [3] 서수완(2001), *물류서비스품질 지각이 구매행동에 미치는 영향 분석 - 컨테이너 항만 이용자를 중심으로-*, 중앙대학교 대학원 박사학위논문
- [4] 유승열 · 이재원(2004), *평택항 중심의 연안 해송 수송 수요 추정에 관한 연구*, 한진물류연구원,
- [5] 이강석(2003), 동북아시아 항공물류시장 분석을 통한 허브화 전략: 한 · 중 · 일 항공화물운송을 중심으로, *항공진흥*, 제2호 통권 제30호, 한국항공진흥협회.
- [6] 장경호(2001), *물류경쟁력 제고를 위한 광양컨테이너항의 발전전략*, 원광대학교 대학원 박사학위논문
- [7] 전일수 · 홍석진(2004), 항공화물운송서비스 품질에 대한 서비스이용자와 제공자간의 중요도 인식차이에 관한 연구, *대한교통학회지*, 제22권 제5호, 대한교통학회
- [8] 정재락(2005), 항공물류개념의 현상론적 접근과 항공물류 시스템 연구, *한국항공경영학회지*, 제3권 제1호.
- [9] 정태원 · 이권형(2006), *인천지역 물류산업의 경제적 파급효과 분석 및 클러스터 육성방안*, 인천발전연구원.
- [10] 허윤수(2006), *항만경쟁력 변화분석에 따른 부산항의 대응방안*, 부산발전연구원
- [11] Ohashi, H., Kim, T.S., Oum, T.H., Yu, C.(2005). Choice of air cargo transshipment airport: an application to air cargo traffic to/from Northeast Asia, *Journal of Air Transport Management*, 11,
- [12] Murphy, P.R, Dalenberg D.R and Daley, J.M.(1987), A Contemporary Perspective of International Port Operations, *Transportation Journal*, Vol. 28(2)
- [13] Slack., B.(1985), Containerization, Inter-port Competition and Port Selection, *Maritime Policy and Management*, Vol. 12(4).
- [14] 국제항공운송협회(www.iata.org)
- [15] 인천국제공항공사(www.airport.or.kr)
- [16] 인천국제공항자유무역지역
(http://www.airport.or.kr/iftz/)
- [17] 인천국제공항공사 항공물류정보시스템(http://aircis.kr)



이재학

중앙대학교 경제학사
중앙대학교 경제학석사
중앙대학교 경제학박사
현재: 남서울대학교 유통학과 전임강사
관심분야: 기업물류, 항공물류, 유통경제



최재섭

중앙대학교 경제학사
중앙대학교 경제학석사
South Dakota State University
경제학박사
현재: 남서울대학교 유통학과 부교수
관심분야: 유통/물류시스템 구축,
e-Business,
Media Marketing

품질 등급을 이용한 작업투입에 대한 연구

김동현* · 고효현†* · 백종관*** · 김성식*

*고려대학교 정보경영공학과 · ***서일대학 산업시스템경영과

A Study for Dispatching Algorithm Using Quality Level

Dong-Hyun Kim* · Hyo-Heon Ko†* · Jong-Kwan Baek*** · Sung-Shick Kim*

*Department of Information Management Engineering, Korea University

***Department of Industrial System Management, Seoil College

This paper presents efficient algorithm that satisfies quality restriction for quality improvement on a various kind of product type and parallel machines. This paper proposed efficient production dispatching algorithm for minimizing average tardiness and maximize average quality. General production environment has processing time, work ready time and quality level according to process specification. This algorithm applies dispatching algorithm so that observance due dates. This paper uses quality index to identify quality level with means and standard deviation. The index is used to assure predetermined quality level while minimizing average tardiness when dispatching products. The performance evaluation that it presented compare various dispatching method. And if the method which it proposed is applied at the general manufacturing field, the manufacturing company will be possibility of improving a product quality and observance due date. So the company will be able to raise reliability by the customer's expectation.

Keywords: Scheduling, Dispatching, Quality Control, Expected Value

1. 연구의 배경 및 목적

현재 우리는 산업 기술의 급격한 발전에 따른 시장 환경의 변화를 맞고 있으며 이런 변화들은 고객의 품질에 대한 기대치를 높이게 되었다. 고객은 과거에는 규격한계 내에만 속하면 우수한

품질로 여겼던 반면 현재에는 규격을 만족시키는 것은 기본으로 충족되어야 하며 더 나아가 제품의 가공수준의 차이를 구분하여 1등 품질을 요구하고 있다. 이는 가공수준이 목표치에 정확히 일치하는 제품과 규격한계 내에 겨우 들어오는 제품이 동일한 성능을 발휘할 수 없다는 데에서 시작된 인식이다.

따라서 무한경쟁 속에서 경쟁력 있는 기업이 되기 위해서는

† 본 연구는 최우수실험실 지원으로 수행되었습니다.

‡ Corresponding author: Division of Information Management Engineering, Anam-dong, Seongbuk-gu, Seoul 136-713, S. Korea Tel: +82-2-929-2920 Fax: +82-2-929-5888 E-mail: swish17@korea.ac.kr

* 2008년 9월 30일 투고, 11월 12일 1차수정본 접수, 12월 4일 2차수정본 접수, 12월 9일 게재 확정.

규격한계 내에 제품이 포함되도록 하는 것이 아니라 목표치에 근접시키려는 노력이 강구되어야 한다. 만약 기업이 고객의 요구 품질에 대한 만족감을 충족시키지 못한다면 제품폐기에 따른 막대한 품질실패비용이 발생하게 된다. 또한 요구 품질의 실패는 제조원가 상승과 이어지며 기업의 경영성과에 악영향을 초래하게 된다[5].

한편 품질의 범위는 제품뿐만 아니라 고객을 만족시킬 수 있는 모든 범위까지 그 영역이 넓어지고 있다. 따라서 고객과 약속한 납기 또한 품질의 영역으로서 기업의 경쟁력과 연결되는 중요한 요소가 되었다. 기업이 고객과 약속한 납기를 맞추지 못한다면 고객의 불만이 발생되며 이는 기업에 대한 신뢰도 하락으로 이어져 시장 선점 기회를 상실하게 된다. 즉 납기 지연은 기업의 매출 감소와 기업 경쟁력에 직접적인 영향을 주게 된다. 따라서 무한 경쟁 속에서 기업이 생존하고 번영하기 위해서는 무엇보다도 품질 달성과 납기 준수에 대한 노력이 필요하다.

최근 제조 산업에서는 품질의 중요성을 인지하여 품질을 정의하고 품질을 반영하여 생산계획을 수립하고 있다. 대부분의 제조 회사에서는 품질을 규격에 대비하여 수율(yield)중심의 관리를 통해 공정불량률, 검사 불합격률, 공정능력지수(Process Capability Index) 등의 관리에 노력하고 있다. 이상의 제시된 방법들은 공정상태가 관리 상태에 있을 때 그 공정에서 생산되는 제품의 불량률 혹은 품질변동이 어느 정도인가를 나타내는 방법이다.

그러나 변화된 고객의 요구 품질은 더 이상 품질을 양품과 불량품으로 판단하지 않는다. 고객은 과거의 소극적인 품질 인식에서 벗어나 자신들이 원하는 품질 목표를 적극적으로 찾아가고 있다. 변화된 품질인식은 심지어 규격을 벗어난 불량품이 약간 발생하더라도 대부분의 품질이 가공수준의 목표치에 정확히 일치하여 높은 품질을 생산할 수 있는 회사의 제품을 선호하고 있다. <그림 1>은 변화된 품질인식을 표현한 것이다.

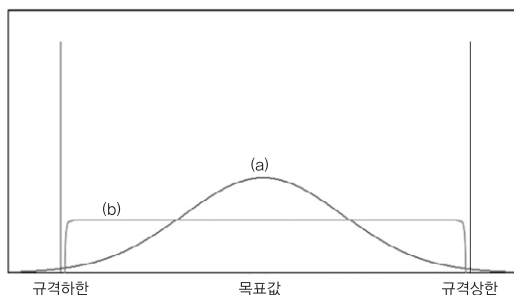


그림 1. 고객의 변화된 품질 인식

고객은 과거에는 품질에 대한 개념으로 규격한계를 만족하는

것이 좋은 품질로 여겨 <그림 1>에서 (b)회사의 제품을 좋은 품질로 여겼다. 그러나 현재에는 품질에 대한 인식이 변화하여 약간의 불량을 감수하더라도 목표값에 근접한 1등 품질이 나올 확률이 높은 (a)회사의 제품을 선호하게 되었다[10].

그러나 수율중심의 방법은 양품과 불량품의 생산정도는 비교할 수 있으나 고객이 원하는 품질 목표치에 근접한 양질의 제품 생산정도를 구분하기 힘들어 고객의 변화된 품질수준을 충족시킬 수 없다. 또한 제품의 규격이 존재하지 않는 공정에서는 양품과 불량품의 구분이 무의미해지고 수율중심의 방법을 적용할 수 없다. 가령 농산물이나 광물 산업에서는 제품의 규격이 존재하지 않는 대신 품질의 등급으로 제품을 평가한다. 따라서 수율중심의 접근보다는 품질의 등급 중심으로 접근을 할 수 밖에 없다.

품질이 강력한 경쟁수단이 되는 하이테크산업인 반도체와 LCD 같은 고부가가치 산업에서는 단순히 양품과 불량품으로 구분하는 품질로는 치열한 시장 상황 속에서 경쟁할 수 없다. 따라서 기존의 양품과 불량품으로 표현되는 품질의 정의가 고객이 요구하는 품질에서의 차이로 표현되어야 한다.

그러나 품질의 차이를 너무 미세하게 반영한다면 복잡한 표현과 그에 따른 관리비용의 상승으로 인해 현장 적용에 무리가 생긴다. 따라서 품질을 고객이 요구하는 가공수준의 차이로 표현하되 현장 적용이 용이하도록 가공 목표로부터 허용할 수 있는 범위로 규정하여 관리하는 등급 표현 방법이 새로운 대안으로 자리 잡고 있다. 즉 품질을 등급으로 관리하면 허용할 수 있는 미세한 차이가 있는 제품을 같은 등급으로 표현하여 고객이 요구하는 가공수준의 차이를 구분함과 동시에 현장에서 관리의 수월함도 만족시킬 수 있다.

이미 등급 표현 방법은 하이테크 산업을 기반으로 하는 반도체나 LCD공장에서 사용하고 있으며, 가공된 제품의 차이에 따라 등급을 구분하여 등급별 가격을 책정하여 판매하고 있다. 높은 등급의 제품은 인공위성이나 최첨단 제품의 소재로 사용되어 높은 가격으로 판매되며, 낮은 등급의 제품은 할인되어 판매된다. 따라서 기업들은 높은 등급의 제품을 생산하기 위해 공정의 관리 방법과 생산계획에 품질의 차이를 반영한 노력을 시도하고 있다.

품질을 등급으로 표현하면 기업의 경쟁능력을 대변하는 수익성을 보다 쉽게 표현하고 예측할 수 있다. 현재 대부분의 제조 산업에서 품질의 측정에 쓰이고 있는 수율을 반영한 공정능력지수는 고객이 원하는 품질을 표현하기 보다는 생산 공정의 품질변동 정도를 측정하고 규격과 비교 및 분석에 초점이 맞춰져 있다. 따라서 공정능력지수만으로는 경영에서 정확한 수익을 산출하기 어렵고 공정능력지수를 다시 경영목적에 맞는 척도로 변환하여 경영정책에 반영하는 번거로움이 발생한다.

그러나 등급 표현 방법을 사용하면 각 등급별 제품 가격과 수

량을 적용하여 수익의 산출과 예측을 보다 수월하게 할 수 있어 경영정책과 의사결정의 수립을 보다 용이하게 할 수 있다[5].

한편 제조회사들이 품질의 중요성을 인식하여 품질만을 고려한다면 높은 가공수준의 품질제약을 수행하게 된다. 하지만 제품별 기계의 가공수준에 따라 품질제약을 수행하면 가공 설비의 능력이 제한되어 목표하는 생산량을 맞출 수 없게 되고 주문된 제품의 납기 차질이 발생된다. 따라서 납기준수와 제품의 품질 간에 상충관계(Trade-off)를 적절히 조절한 작업투입 방법이 필요하다.

이상에서 살펴본 바와 같이 현재 제조 산업에서는 품질의 중요성이 어느 때보다 강조되고 있다. 그러나 아직까지 많은 기업들이 수율중심의 품질관리 방법에 문제가 있음에도 사용을 하고 있다. 또한 품질과 납기 준수를 함께 고려하여 생산계획을 수행하는 기업도 미미한 수준이다. 따라서 본 연구는 규격한계 내에만 속하면 좋은 품질로 여겼던 소극적인 품질 인식에서 벗어나 고객이 요구하는 품질 목표치에서의 차이를 반영하여 품질의 극대화를 실현하고 동시에 납기 지연 최소화를 고려한 작업투입에 대한 방법을 제안한다.

본 연구와 관련하여 기존 연구를 살펴보면 크게 품질과 관련한 연구와 작업투입에 관련한 연구로 나눌 수 있다.

품질에 대한 연구는 보다 정밀한 제조공정의 품질관리를 위해 품질의 표기에 대한 연구가 주류를 이루고 있다. 특히 규격과 관련하여 공정능력을 평가하는 척도로서 공정능력지수를 품질관리에 활용하는 연구가 진행되었다. 공정능력지수는 계산이 쉽고 현장에서 사용하기 간편하다는 장점으로 인해 공정의 진단과 평가에 널리 이용되고 있다. 공정능력에 따른 제품등급을 분류한 연구로는 Bemserderfer[12]의 연구가 있다. 이 연구는 공정이 관리 상태에 있을 때, 그 공정에서 생산되는 제품의 품질변동이 어느 정도인가를 나타내는 C_p 지수를 품질관리에 활용하였다. 그는 제품의 품질을 C_p 지수에 따른 A, B, C, D 등급으로 나누고 등급이 향상되도록 조정하는 연구를 하였다.

그러나 이 연구에서 쓰인 지수는 공정의 평균이 규격한계의 중앙에 있다고 가정한다. 하지만 현실적으로 많은 산업분야에서 공정평균이 규격범위의 중심에 있지 않다는 사실을 감안할 때, 이 지수는 공정의 산포만을 반영하고 공정 평균의 위치에 대해서는 고려하지 못하는 한계를 갖고 있다. 따라서 동일한 C_p 지수를 가진 공정에서 생산된 제품이라 하더라도 제품의 품질차이가 발생할 수 있으므로 품질을 보증할 수 없다는 단점이 있다.

Pearn[19]는 공정의 능력을 개선시켜 품질 향상을 위한 연구에서 공정의 산포뿐만 아니라 공정 평균의 위치까지 반영한 C_{pk} 지수를 적용하였다. 하지만 C_{pk} 지수는 목표치에 대한 공정평균의 근접도, 즉 공정의 중심이 목표치와 일치하지 않을 때, 목표치에

서 벗어난 정도를 고려하지 못한다는 단점이 있다[19]. 예를 들어 공정평균의 차이와 공정표준편차의 차이가 C_{pk} 지수에 미치는 영향이 서로 동일할 때 지수의 값은 차이가 없으나 이에 따른 제품의 품질 수준은 크게 달라질 수 있다[2].

한편 품질의 차이를 표기한 연구로는 Everett[13]의 연구가 있다. 이 연구는 광석에 함유된 광물을 함유량의 비율로 표기하여 기준치와 비교하여 사용하였고 일반적인 제조환경과는 차이가 있지만 품질 차이를 수치화 하였다는데 큰 의미를 가진다.

납기와 관련된 기존연구로는 작업 투입을 결정할 때 고려되는 요소로서 순서의존적인 작업준비 시간과 작업투입 시점을 다룬 Kim[15]의 연구가 있다. 이 연구에서 작업준비 시간이 주문생산과 같은 생산시스템 성능에 미치는 영향을 연구하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 특히 작업준비시간이 순서의존적일 경우에는 작업투입문제를 풀 때 반드시 고려되어야 하는 요소임을 보였다.

반면 작업준비시간이 존재하지 않는 단일기계 문제에서 최대 납기 지연 시간을 최소화하는 방법들은 지금까지 많은 연구가 진행되었다. 단일기계 문제는 작업투입 시점의 제약이 없을 경우 EDD규칙을 이용하면 쉽게 최적 해를 구할 수 있다[11]. 그러나 작업투입 시점의 제약이 존재하는 문제는 NP-hard가 된다[14].

최대 납기 지연 시간의 최소화를 목적으로 하는 일반적인 병렬 기계 문제는 NP-hard이다[15]. 또한 순서 의존적인 작업준비 시간이 함께 존재하는 문제는 더욱 어렵다[18].

TWT(Total Weighted Tardiness) 최소화를 목적으로 하는 연구들도 또한 수행되어 왔다. Kim[14]은 TWT를 최소화하는 문제를 풀기 위한 방안으로 할당규칙과 신경망(Neural Networks)을 결합한 혼합적인 방법(Hybrid Approach)을 사용하였다. Lee[17]는 작업준비시간이 존재하는 단일기계의 TWT 문제의 해법으로 ATCS(Apparent Tardiness Cost With Setup) 규칙을 사용하는 3단계 발견적기법 절차를 제안하였고 우수함을 보였다. 하지만 기존 일정계획문제나 작업할당문제는 품질은 고려되지 않았으며 생산효율과 지연시간의 최적화를 위해 사용되었다.

한편 품질과 납기를 동시에 고려한 연구로는 Kang[1]의 연구가 있다. 이 연구는 제품타입 별로 작업이 가공되는 기계의 Rework확률에 따라 예상완료시간을 추정하여 작업들의 전체 납기 지연 시간을 줄이는 연구를 하였다. 그러나 Rework확률을 품질에 적용하는 과정에서 양품과 불량품만이 구별되는 한계, 즉 Rework확률이 동일하더라도 평균과 분산이 다를 수 있어 발생하는 품질 차이가 반영되지 않는 단점이 있다.

품질과 납기를 동시에 고려한 또 다른 연구로는 Ko[3]의 연구(이하 Ko)가 있다. 이 연구는 품질을 표준화하여 계수화 하는 과정에서 C_{pk} 지수를 사용하여 공정의 산포뿐만 아니라 공정의 평균

위치까지 반영한다는 점에서 큰 의미를 지닌다. 또한 기존의 작업투입 계획이 시간적인 부분에 국한되어 납기지연을 최소화하는 데에 초점이 맞춰진 반면 이 연구에서는 작업투입 선택을 수행할 때 품질을 고려하였다는 점에서 큰 의미를 가진다. 그러나 이 연구는 품질을 고려하는 방법에서 C_{pk} 지수를 활용하여 품질의 목표치에 대한 공정평균의 차이가 잘 반영되지 않는다는 단점이 있다.

또한 공정의 규격범위가 의미가 없는 분야에서는 쓰일 수 없다는 한계가 있다. 즉 제품의 특성상 불량률이 거의 발생하지 않거나 관리상한과 하한이 필요 없는 분야에서는 C_{pk} 지수가 품질의 차이를 구분할 수 없다. 이 경우 기업이 품질을 반영할 때 불량을 줄이는 데에 초점을 맞추는 것보다 양품 내에서 고객이 요구하는 목표품질에 근접한 높은 등급의 제품을 많이 생산하는 데에 초점을 두어야 한다. 높은 등급의 제품은 그에 맞는 높은 가격으로 판매되며, 낮은 등급의 제품은 할인되어 판매된다. 따라서 기업들은 높은 수익을 내기 위해서 공정의 관리방법과 생산계획에 품질의 차이를 반영할 노력을 시도하고 있는데 이 연구에서는 수율에 초점을 맞춰 품질의 차이가 불량률의 차이로 국한되었다.

이상의 기존 연구 결과들을 고찰해보면 본 연구가 다루는 품질의 차이를 반영하여 작업을 투입하는 방법과 관련하여 앞에서 언급한 Ko가 있다. 이 연구는 본 연구와 비슷한 조건과 목적함수를 가지고 연구되었다. 그러나 앞서 기술한 바와 같이 이 연구를 활용하기 위해서는 공정의 규격한계가 있어야 하고 목표품질에서의 차이를 명확히 구분할 수 없었다. 따라서 본 연구는 Ko의 문제점을 보완하고 새로운 아이디어를 이용하여 보다 개선된 작업투입 방법을 제안한다.

2. 품질 향상과 납기 지연 최소화를 고려한 작업투입 방법

2.1 문제 상황 및 가정

본 연구는 품질의 차이를 반영하고 납기준수가 가능한 작업투입 방법을 제안한다. 본 연구의 대상이 되는 공정 상황은 공정을 구성하는 기계의 가공 수준이 제품 규격 내에 존재하여 재가공은 수행되지 않는다. 본 연구의 대상이 되는 문제 상황은 〈그림 2〉와 같다.

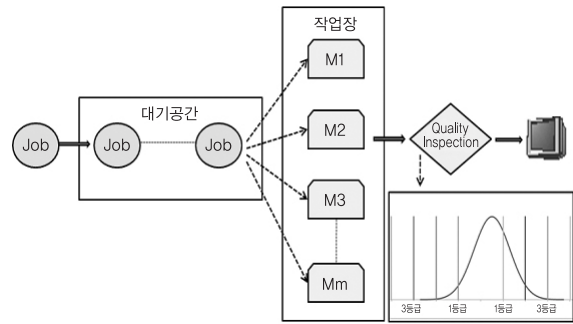


그림 2. 본 논문의 대상이 되는 공정 구성도

전체 공정은 작업이 대기하는 대기공간과 가공을 수행하는 작업장 및 결과를 측정하는 검사장으로 구성된다. 기계는 제품 타입에 따라 높은 등급을 가공하는 기계가 있는 반면 낮은 등급을 가공하는 기계가 존재한다. 즉 제품 타입에 따라 가공 수준은 모두 다르다. 또한 모든 가공 수준은 제품 규격 내에 존재하게 되어 재가공은 수행되지 않기 때문에 가공을 마치면 제품타입과 기계에 따른 품질을 부여받는다.

본 연구에서 작업의 발생은 연속적이며, 작업 발생에 대한 정보는 미리 알 수 없다. 따라서 작업투입은 대기공간에 존재하는 작업만을 대상으로 투입될 작업을 결정한다. 기계에 투입될 작업 결정은 유�향한 기계가 존재할 때 대기 중인 작업들을 대상으로 정의된 투입방법에 따라 작업을 선택하여 투입한다.

이상의 본 연구의 문제 상황 및 가정과 관련하여 작업투입 방법에 품질을 고려한 연구로 앞에서 언급한 바와 같이 Ko가 있다. 그러나 Ko의 연구에서는 양품과 불량품을 구분하고 공정의 수율 관리를 위해서 재가공이 존재하고 불량품을 재가공하여 양품으로 만들어 수율을 높이려 한다. 따라서 재작업을 수행하기 위해 공정의 규격한계를 설정해야 한다. 또한 공정의 규격한계가 의미 없는 공정에서는 사용할 수 없었다. 즉 제품의 특성상 불량률이 거의 발생하지 않아 관리상한과 하한이 필요 없는 분야에서는 사용할 수 없는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 공정의 규격한계가 없는 분야에서 사용할 수 있을 뿐만 아니라 Ko의 연구에서 고려되지 않은 규격한계를 만족하는 제품 중에서 목표품질에서의 근접도를 정확히 반영하는 품질 등급을 제시하여 품질향상과 납기 준수가 가능한 방법을 제시한다.

2.2 품질 등급을 활용한 작업투입 방법

품질을 고려한 작업투입 연구로 앞에서 언급한 것과 같이 Ko가 있다. 이 연구에서는 품질을 반영하기 위해 기존에 알려진 ATCS규칙에 품질을 반영하는 항목을 추가하여 ATCSQ(Apparent

Tardiness Cost With Setup and Quality)를 식(1)과 같이 사용하였다.

$$I_{j,m}(t,l) = \frac{f_{j,m}}{p_j} \exp\left(-\frac{\text{Max}(d_{j_i} - p_{j_i} - t, 0)}{k_1 \bar{p}}\right) \exp\left(-\frac{s_{l_{j_i}}}{k_2 \bar{s}}\right) \quad (1)$$

식(1)은 작업의 품질과 가공시간, 여유시간 및 준비시간을 각 항으로 표현한 것이다. 각 항은 최소 0에서부터 최대 1의 가중치를 가지며, 작업의 특성에 따라 각 항에서 계산된 가중치들이 결합되어 작업의 중요도를 표현한다.

식(1)에서 ATCSQ는 기계의 가공품질 수준을 공정능력지수를 이용하여 품질지수화 하였고 이를 정규화한 $f_{j,m}$ 을 작업투입 방법에 반영하였다.

본 연구는 Ko와 유사한 문제 상황에서 공정 규격한계가 존재하지 않고, 목표품질에 근접한 품질을 명확히 구분하기 위해 품질 등급을 품질 지표로 사용하고 ATCSQ를 활용하여 보다 높은 품질을 만족시키며 납기지연시간의 최소화를 달성한다.

2.3 품질 등급을 활용한 품질지수

본 연구가 제안하는 품질의 차이를 반영하여 작업을 투입하는 방법을 제시하기 위해서는 기존의 연구에서 사용한 품질지수를 적용할 수 없다. 기존의 ATCSQ에서 쓰이는 품질지수의 단점은 앞서 기술한바와 같이 제품의 규격이 존재하지 않아서 재작업이 고려되지 않는 공정에서는 쓰일 수 없으며 목표하는 품질에서의 정확한 차이를 반영하지 못하는 문제점이 존재한다. 이는 공정능력지수가 갖는 한계에서 기인한다. 즉 공정능력지수를 활용하기 위해서는 공정의 규격이 있어야 하며, 분산의 영향에 크게 좌우되어 목표품질에 가까운 제품을 어느 정도 생산할 수 있는지의 관점에서 합당하지 않다. 가령 공정의 평균이 목표점에서 가깝지만 분산이 상대적으로 큰 공정과 공정의 평균은 목표점에서 멀리 떨어져 규격한계의 끝에 위치하지만 분산이 작은 공정이 있을 때 공정능력지수로만 두 공정에서 생산되는 제품의 품질의 우위를 명확하게 구분할 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 이는 공정능력지수를 활용한 수율중심의 방법과 등급으로 표현하는 방법을 비교함으로써 보다 명확히 알 수 있다. <그림 3>은 이와 같은 목적을 설명하고 있다.

<그림 3>은 공정능력지수의 품질 구분의 불명확성을 보여주고 있다. 만약 실제 공정에서 품질을 공정능력지수로 평가 할 때와 목표품질이 반영된 품질등급으로 평가할 때를 비교한다면 품질의 우수함을 판단하는 기준이 달라서 기계의 선택은 각 경우마다 다르게 나타난다.

<그림 3>에서 (a), (b), (c) 공정은 모두 규격하한(LSL)과 규격

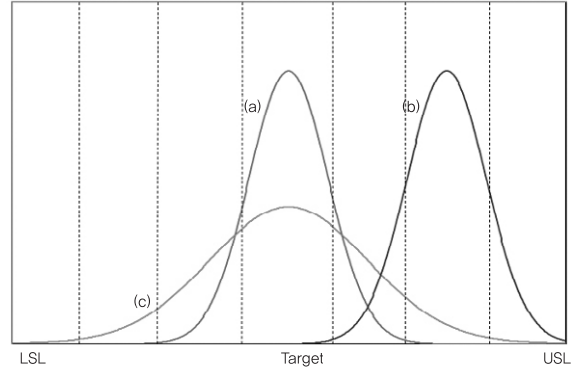


그림 3. 수율 표현과 등급 표현의 품질 비교

상한(USL)을 모두 충족시키고 있다. 각각의 공정을 살펴보면 (a)는 공정의 평균이 품질의 목표점인 Target에 위치하고 분산이 작은 안정된 공정상태의 경우이다. 이 공정은 제품의 대부분이 1등급의 품질을 보이며 공정의 분산이 작으므로 높은 품질등급과 공정능력 지수를 갖는다. 따라서 품질을 등급으로 표현하는 방법과 공정능력지수를 이용하는 방법 간에 품질차이가 발생하지는 않는다.

그러나 (b)는 공정의 평균이 규격한계의 끝에 몰려있고 분산이 작은 경우이다. 이 경우 수율중심의 공정능력지수방법에 의하면 공정의 평균이 규격한계의 끝에 몰려있더라도 분산이 작아 규격에 맞는 제품을 큰 변동 없이 생산할 수 있어 높은 값을 갖는다. 그러나 품질을 등급으로 표현하는 방법에 의하면 목표품질에 가까운 1등급의 제품을 생산할 수 없으므로 낮은 품질등급을 갖는다. 따라서 수율 중심의 방법인 경우 높은 공정능력지수로 인해 (b)의 공정에 작업을 투입하여 가공하게 된다. 완료된 제품은 큰 변동 없이 규격한계를 만족시키더라도 규격한계 내에 겨우 들어오는 품질이기 때문에 고객만족도는 떨어지게 되고 시장에서 경쟁력을 잃게 된다. 따라서 높은 공정능력지수라 하더라도 항상 좋은 품질의 제품을 보장할 수 없다.

또한 (c)는 공정의 평균이 품질의 목표점에 위치하고 분산이 앞서의 경우보다 큰 경우로서 다소 품질변동이 있다. 이 경우 공정능력지수는 공정의 변동성을 표현하는 분산이 커서 낮은 값을 갖게 된다. 그러나 품질을 등급으로 표현하면 공정의 평균이 품질의 목표점 가까이에 위치하여 높은 품질등급의 제품도 생산할 수 있게 되어있다. 따라서 공정 능력지수로 판단하여 투입될 수 없는 조건이지만 실제 투입하였을 경우 비교적 높은 품질의 제품을 생산할 수 있게 된다.

만일 공정에 <그림 3>의 (b)와 (c)의 기계만 존재한다면 공정능력 지수를 활용한 작업 투입은 (b)의 기계에 투입할 것이고, 품질 등급 방법은 (c)의 방법을 이용할 것이다. 만일 작업 투입 방

법이 (b)와 같은 기계를 선정하게 되면, 가공 후 생산되는 제품은 규격에는 맞지만 1등급의 제품은 기대하기 힘들다. 즉 기업의 제품생산전략 수립에 있어 규격을 만족시키는 제품의 품질을 모두 동일시하느냐 아니면 목표하는 품질에서의 차이를 반영하여 목표품질로부터 떨어진 정도에 따라 차등되게 품질을 볼 것이냐에 따라 방법의 선택이 달라진다. 만약 기계 별로 가공수준의 차이가 커서 생산자가 불량률 줄이기 위해 품질을 반영하여 작업투입 계획을 수행한다면 기존의 수율중심의 품질관리가 의미가 있다. 그러나 기계들의 가공수준이 대부분 양품을 생산하고 양품 중에서 목표품질에 근접한 높은 품질의 제품을 선별하기 위한 목적이라면 Ko가 제시한 품질지수방법은 의미가 없다. 즉 그가 제안한 품질지수를 사용하여 작업투입 방법에 반영하면 가공이 완료된 제품은 양품이라 하더라도 고객이 요구하는 품질에서 많은 차이가 발생할 수 있다.

따라서 본 연구는 기존연구의 공정능력지수를 활용한 품질지수의 단점을 개선하여 목표품질에 근접한 제품을 명확히 구분할 수 있는 품질 등급을 활용한 품질지수를 제시한다.

본 연구의 핵심이 되는 품질 등급을 활용한 품질지수를 제시하기 위해서는 먼저 본 연구에서 표현하는 품질의 정의를 명확히 정의하도록 한다.

품질은 요구사항에 대한 일치성으로 정의할 수 있다. 요구사항을 제품의 가공 목표라 하면, 본 연구는 품질을 제품의 가공목표로부터의 오차가 규정된 범위에 속할 때 해당 범위 등급을 제품의 품질로 정의한다. 이를 수식으로 표현하면 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$q_{ji} = \text{Roundup}\left(\frac{|T_i - M_{ji}|}{L_i}\right) \quad (2)$$

i : 제품타입 인덱스

q_{ji} : 제품타입이 i 인 작업 j 의 품질 등급

T_i : 제품타입 i 의 공정 목표값

M_{ji} : 제품타입이 i 인 작업 j 의 계측값

L_i : 제품타입 i 의 품질평가구간

식(2)는 Ko에서 갖는 품질의 표기에 대한 단점을 개선한 것이다. 즉, 기존의 연구에서 개별제품을 목표값에서 가공 후의 계측값을 뺀 것으로 표기하였고 이를 바탕으로 개별제품의 평균 품질을 계산하였다. 그러나 개별제품의 품질을 너무 미세하게 반영하면 복잡한 표현과 관리의 모호함으로 인해 실제 작업투입방법에 활용할 때 무리가 생긴다. 따라서 품질을 목표와의 차이로 표현하되 실제 작업투입방법에 적용이 용이하도록 해야 한다. 따라서 본 연구는 기존의 개별품질 표기의 단점을 개선하기 위해 기존의 개별품질 표기 방법에서의 가공 오차를 규정된 품질 평가 구간으

로 나누어 등급으로 관리할 수 있도록 개선하였다. 식(2)는 이와 같은 목적을 설명하고 있다. 즉, 제품들이 가공되어야 할 목표값 T_i 에서 가공 후의 계측값 M_{ji} 를 뺀 가공오차를 규정된 품질 평가 구간 L_i 로 나누고 올림하여 정수로 개별 작업의 품질을 등급으로 표기하였다.

제조 공정에서 기계들은 모두 동일한 상태를 가지지 못한다. 특히 설비노후화, 또는 제품 설계구조상 특징으로 동일 제품을 상대적으로 더 잘 가공하는 기계가 있는 반면 그렇지 못한 기계들이 존재한다. 따라서 제품품질은 작업 투입과 기계별 상이한 가공수준에 의해 결정된다. 가공수준은 분포로 되어 있으며 변동성이 존재한다. 따라서 개별 작업의 품질 등급 결과가 공정 전체를 대표하는 품질 지표로 사용되기에는 무리가 있다. 따라서 품질의 변동성을 고려한 공정 전체를 대표하는 품질로 표현할 필요가 있다.

본 연구는 공정 전체를 대표하는 품질 지표로 공정 내의 기계들이 가지는 제품별 상이한 가공수준을 확률적 기대값으로 표현한다. 가공수준의 기대값이란 가공수준 분포로부터 미리 지정된 품질 평가 구간에 해당하는 확률을 통해 품질 등급의 기대값을 구하는 것이다. 기대값은 확률분포의 중심 위치를 가장 잘 나타내는 중요한 척도이므로 제품을 해당 기계에 투입하였을 때 평균 어느 정도의 품질 등급으로 제품이 가공되는지 예측할 수 있다.

본 연구에서 제안하는 품질 지표인 확률적 기대값을 도출하는 과정을 살펴보면 <그림 4>와 같다.

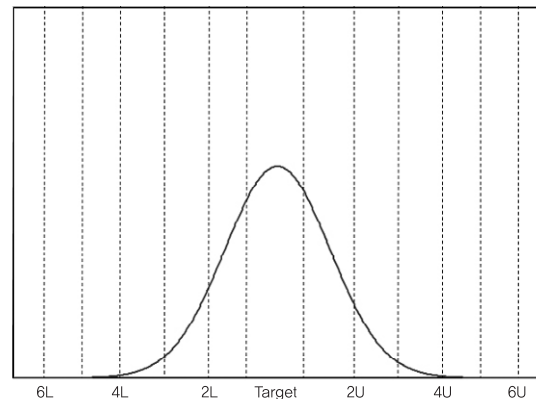


그림 4. 품질등급을 활용한 가공품질분포

<그림 4>는 목표품질(Target)을 기준으로 규정된 등급을 표현한 것이다. 품질 등급을 활용한 품질지수를 사용하기 위해서는 제품타입별 적절한 등급간격과 개수가 주어져야 한다. 등급의 수와 간격은 제품 설계와 경영 정책에 따라 유동적이기 때문에 본 연구에서는 미리 결정되어 있다. 각 등급은 하한값(L)과 개별등급과 상한값(U)을 갖는다. 각 등급의 하한값과 상한값은 목표품

질을 기준으로 제품의 설계와 경영 정책에 따라 적절한 등급간격으로 나뉜다. 또한 해당 구간에 오차가 존재할 경우 등급의 상한으로 등급은 결정된다. 즉, 목표품질이 0일 경우 -0.5와 0.5는 등급 상한이 1등급이 되며, 3.5와 -3.5는 4등급이 된다. 만약 정해진 품질 등급 구간 외에 오차가 존재할 경우에는 마지막 등급으로 정해진다. 가령 <그림 4>처럼 목표품질 0을 기준으로 의 등급간격으로 6개의 등급이 정해졌을 때 제품의 가공오차가 6을 넘어선 경우에는 6등급으로 표현한다. 각 등급에 오차가 놓일 확률을 표현하면 식(3)과 같다.

$$P(X=r\text{등급}) = P(X \leq rU) - P(X \leq rL) - \sum_{j=1}^{r-1} P(X=j\text{등급}) \quad (3)$$

식(3)은 각 등급의 확률은 상한과 하한 등급값의 내적 확률로부터 이전 등급의 확률값을 뺀 것이다.

식(3)에서 가공 품질 분포가 정규분포를 따른다고 가정하므로 표준정규분포의 누적확률로부터 각 등급 확률을 식(4)와 같이 계산하게 된다.

$$f_{jm}(R) = \left\{ \Phi\left(\frac{D \times R_U - \mu_{im}}{\sigma_{im}}\right) - \Phi\left(\frac{D \times R_L - \mu_{im}}{\sigma_{im}}\right) \right\} - \sum_{n=1}^{R-1} f_{jm}(n) \quad (4)$$

f_{jm} : 제품타입 i 인 작업 j 의 기계 m 에서 등급 확률

μ_{im} : 타입 i 인 제품이 기계 m 에서 가공 평균품질

σ_{im} : 타입 i 인 제품이 기계 m 에서 가공 품질 표준편차

D : 개별등급 간격

R : 개별등급 ($R=1,2,\dots,r$ Grade)

U : 개별등급 상한값

L : 개별등급 하한값

식(4)는 기계에서 가공된 제품타입 i 의 평균품질과 표준편차, 등급간의 간격 D 를 이용하여 표준정규화한 값으로 표현한 것이다. 식(4)에서 $\Phi(z)$ 는 표준정규분포의 누적분포를 나타내며 정규계수화된 등급 값까지의 확률을 계산하는데 사용된다.

식(4)를 통해 계산한 표준정규화된 각 등급 확률을 바탕으로 제품 타입과 기계별 가공 품질의 등급 기대값은 식(5)를 통해 계산할 수 있다.

$$E_{im}[R] = \sum_{R=1}^n R \times f_{jm}(R) \quad (5)$$

$E_{im}[R]$: 제품타입 i 가 기계 m 에서 갖는 품질 등급의 기대값

R : 등급 ($R=1,2,\dots,r$ Grade)

$f_{jm}(R)$: 제품타입 i 인 작업 j 가 기계 m 에서 등급 R 일때의 확률

식(5)는 식(4)를 통해 계산된 각 등급 확률을 해당 등급으로 곱하여 합한 값으로 제품타입과 기계간의 품질 등급의 기대값을 표현한다. 품질 등급의 기대값은 작업 투입 시 품질의 차이를 반영하는 품질 지수로 사용되며 경영계획에서 수립한 목표를 생산에서 기대 품질에 대한 단가 적용을 통해 경영 계획과 생산 계획이

동일한 목적을 갖도록 활용할 수 있다.

본 연구는 품질 등급의 기대값을 활용한 품질지수를 활용하여 작업 간 품질을 정확히 반영하는 작업투입 방법인 ATCSEQ(Apparent Tardiness Cost With Setup and Expected Quality)를 제안한다. 그러나 품질 등급 기대값을 활용한 품질지수를 ATCSEQ에 적용하기 위해서는 각 항이 최소 0에서부터 최대 1의 가중치가 되도록 조정해야 한다. 따라서 식(5)를 통해 계산된 품질 등급 기대값을 정규화해야 한다. 이를 표현하면 식(6)과 같다.

$$Q_{jm} = \begin{cases} 1 - \left(\frac{E_{jm}[R]}{\text{Max rank}_i} \right) & E_{jm} \leq \text{Threshold}_i \\ 0 & E_{jm} > \text{Threshold}_i \end{cases} \quad (6)$$

Q_{jm} : 제품타입 i 인 작업 j 가 기계 m 에서 갖는 정규화된 품질지수

$E_{im}[R]$: 제품타입 i 인 작업 j 가 기계 m 에서 갖는 품질 등급의 기대값

Max rank_i : 제품타입 i 의 최대 등급

Threshold_i : 품질제약을 위해 사용되는 제품타입 i 의 품질제한 등급

식(6)은 ATCSEQ에 적용하기 위해서 품질 등급 기대값이 0~1 사이의 값이 되도록 조정해주는 역할을 한다. 식(5)에서 구한 품질 등급 기대값은 각 작업의 타입에 따라 등급의 수가 다르다. 또한 품질 등급은 등급의 수치가 작을수록 높은 등급을 표현한다. 즉 품질은 1등급 > 2등급 > ... > n 등급으로 우수함이 표현되므로 식(6)을 통해 제품타입별 품질 등급 기대값을 제품타입별 등급 구간 개수로 나누고 최대 가중치에서 빼준다. 즉 식(6)은 품질 평가 구간이 다른 경우에도 동일한 가중치로 표현하고 높은 품질의 작업이 더 큰 값을 갖도록 품질 등급 기대값을 정규화하는 역할을 한다. 식(6)을 통해 계산된 Q_{jm} 은 식(1)에서 기존의 공정능력지수를 활용한 f_{jm} 을 대신하여 적용하며 작업간의 목표품질에서의 차이를 명확히 구분해주는 역할을 한다.

이상의 본 연구에서 제안한 품질 등급의 기대값을 작업투입 방법인 ATCSEQ에 적용하기 위한 절차를 정리하면 다음과 같다.

[ATCSEQ 알고리즘 절차]

Step 0: 대기공간에 작업의 발생 또는 유희기계 발생 여부를 확인하고 발생시 Step 1으로 이동한다.

Step 1: 공정에서 가공 가능한 유희기계를 유희기계 목록으로 설정하고 대기공간의 작업을 투입대상 목록으로 설정한다.

Step 2: 투입대상 목록의 모든 작업들의 제품타입에 대해서 제품의 특성과 경영정책을 반영하여 등급간격과 개

수를 정한다.

Step 3 : 투입대상 목록의 모든 작업들의 제품타입별 기계가 갖는 가공 평균품질과 표준편차의 정보를 받는다.

Step 4 : 제품타입별 기계의 가공 평균품질과 표준편차를 식(4)를 이용하여 제품타입별 작업과 각 기계간의 해당 등급 확률을 계산한다.

Step 5 : 식(4)를 통해 계산된 해당 등급 확률과 제품타입별로 지정된 등급을 곱하는 식(5)를 통해 제품타입별 작업이 각 기계에서 갖는 품질 등급의 기대값을 계산한다.

Step 6 : 품질 등급 기대값을 이용하여 유희기계들에 대한 품질 만족여부를 확인하고 만족하면 정규화 된 품질지수를 계산한다.

Step 7 : 정규화 된 품질지수를 ATCSEQ의 Q_{jm} 에 삽입하여 높은 가중치의 작업과 기계를 선택한다.

Step 8 : 선택된 작업을 해당 기계에 할당하고 투입대상 목록과 유희기계 목록에서 해당 작업과 기계를 제거한다.

Step 9 : 유희기계 목록에 남은 유희 기계가 존재하고 투입대상 목록에 작업들이 존재하면 Step 2로 이동하여 남은 유희기계들을 대상으로 투입작업을 선택하고, 공정 내에 유희기계가 존재하지 않거나 투입대상 목록에 작업이 없으면 Step 0으로 이동하여 작업 또는 유희기계가 발생할 때까지 대기한다.

3. 알고리즘 성능평가와 분석

본 연구에서 제안한 ATCSEQ의 성능을 측정하고 비교하기 위해 본 연구가 다루는 분야와 관련하여 선행된 Ko를 대안으로 하여 기존의 방법의 실험 환경을 기반으로 성능을 실험한다.

Ko에서 ATCSQ의 성능을 분석하기 위해 대안으로 ATCS와 Quality_Rule을 사용하였다. 따라서 본 연구도 대안으로 ATCS와 Quality_Rule을 사용하며 직접적인 비교대상이 되는 ATCSQ를 대안으로 사용하였다. 제안된 ATCSEQ와 대안들의 성능평가는 평균 납기지연시간과 선택된 작업이 가공을 완료하고 얻은 품질의 평균을 비교 척도로 사용한다.

앞서 정의된 척도를 통해 주어진 문제 상황에 대한 성능을 평가하고, 품질제약을 변경시켰을 경우 성능의 차이를 살펴보면, 본 연구의 품질 설정 과정에서 사용된 등급 구간의 크기에 따른 품질의 영향정도를 살펴본다. 즉 등급 간격의 크기가 작고 등급 구간의 개수가 많을수록 품질의 구분능력이 좋을 수 있지만 그에 따른 관리의 복잡함이 발생할 수 있기 때문에 실험을 통해 살펴

본다.

본 연구는 품질을 고려한 작업투입 방법의 효과를 검증하기 위하여 다음과 같은 실험환경을 설정한다. 대상 공정은 5가지 종류의 작업타입을 가지고 기계는 5대로 구성된다.

가공시간은 제품 타입에 따라 모든 기계들에서 동일하며, 제품타입 i 에 따라 $U[130+15i-5, 130+15i+1]$ 의 분포로 생성된다. 작업 준비시간은 순서의존적인 작업준비시간을 가지며, 이전 타입과 현재 타입에 따라 $U[0, 130]$ 의 균일분포로 되어있다.

품질은 기계와 제품에 따라 서로 다른 분포로 되어있다. 즉, 동일 제품이라도 기계별로 서로 다른 분포를 가지게 된다. 따라서 기계가 가공할 수 있는 품질수준을 공정의 품질로 정의하고 공정의 품질을 상·중·하로 분류한 품질분포를 생성하였다. 실험은 각 공정의 품질의 상황에 따른 납기 지연과 품질의 차이를 평가한다. 공정의 품질이 상인 경우는 품질 등급이 1~4등급의 결과만 나오는 기계들로 구성한다. 또한 공정의 품질이 상인 경우, 공정 내에 존재하는 모든 기계들은 1.6~2.2의 높은 공정능력지수를 갖게 되며 하인 경우는 품질 등급이 5~10등급인 기계들로 구성되며 이 때 기계들은 0.2~1.2의 공정능력지수를 갖게 된다. 공정의 품질이 중인 경우는 상과 하의 절충된 품질을 갖는다.

본 연구에서 쓰이는 품질 등급의 기대값과 Ko의 ATCSQ에서 사용된 Cpk 설정은 품질상황에 맞는 분포의 평균과 분산을 계산하여 동일 분포를 두 가지 품질 지표로 계산하였다.

Ko가 제시한 Cpk는 생산된 제품이 정해진 규격을 만족하는 비율이 높으면 큰 값을 갖는다. 그러나 규격내의 제품 생산률이 높다고 해서 좋은 품질이라고 말할 수 없다. 가령 목표품질에서 멀리 떨어져 규격한계에 가깝더라도 분산이 작으면 Cpk는 높은 값을 갖는다. 하지만 품질 등급의 기대값은 규격을 만족하는 제품의 생산률이 아닌 목표품질에 가까운 등급의 제품 생산률이 높을수록 큰 값을 갖는다. 따라서 품질을 판단하는 기준이 다르므로 각각의 방법이 우수한 품질을 선택할 때 차이가 발생된다.

본 연구는 문제 정의에서 기술한 바와 같이 가공분포의 평균이 품질 목표에 위치하고 분산이 작아 대체로 안정된 공정 상태에서는 품질 등급 기대값과 Cpk 모두 높은 품질이라고 판단한다. 그러나 가공분포가 규격한계의 끝에 몰려있고 분산이 작은 경우 품질 등급 기대값은 낮은 품질이라고 판단하는 반면 Cpk는 높은 품질이라고 판단한다. 또한 가공분포의 평균이 목표품질에 근접하고 분산이 큰 경우에는 품질 등급 기대값은 높은 품질의 제품도 생산할 수 있다고 판단하지만 Cpk는 분산이 커서 매우 낮은 품질이라고 판단하게 된다.

본 연구에서는 이상의 품질 등급 기대값과 공정능력지수의 품질을 판단할 때 발생하는 차이를 반영하여 품질분포를 생성하였고 <표 1>과 같이 정리하였다.

표 1. 품질수준에 따른 가공 품질분포

Quality Level	등급 기대값	Cpk	품질수준
1	1,0	2,2	High Quality
2	2,0	2,0	
3	3,0	1,8	
4	4,0	1,6	
Quality Level	등급 기대값	Cpk	품질수준
5	5,0	1,2	Low Quality
6	6,0	1,07	
7	7,0	0,8	
8	8,0	0,6	
9	9,0	0,4	
10	10,0	0,2	
Quality Level	등급 기대값	Cpk	품질수준
1	1,0	2,2	Normal Quality
2	2,0	2,0	
4	4,0	1,6	
6	6,0	1,0	
8	8,0	0,6	
10	10,0	0,2	

표 2. 실험설계 조건

Experiment data List	Data values
Simulation Time	1000000
Number of Job types	5
Number of Machine in Workstation	5
Setup time of Job types	U[0,130]
Processing time of Job types	U[130+15i-5,130+15i+5]
Specification limit for cpk	±10
Decision parameter	Quality Level
Number of simulations Seed	100

Performance results of Tardiness

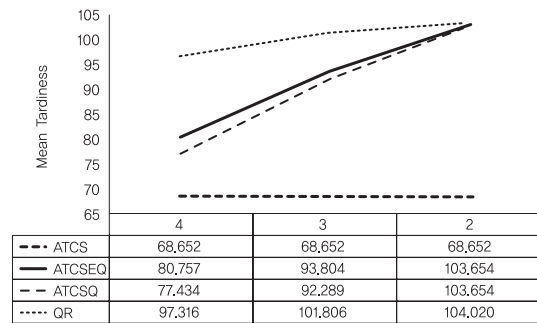


그림 5. Mean Tardiness for High Quality

Performance results of Quality

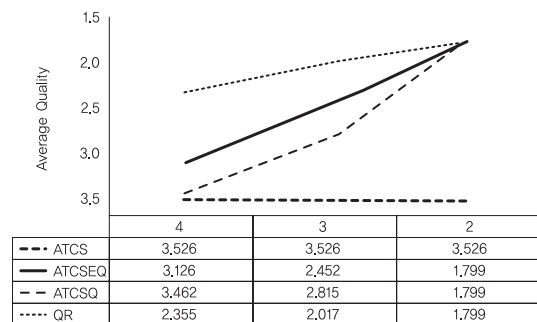


그림 6. Average Quality for High Quality

또한 본 연구의 대안으로 사용되는 ATCSQ의 품질 지표로 쓰이는 Cpk는 공정규격이 존재해야 계산될 수 있다. 따라서 공정의 관리 상한과 하한을 으로 설정하였고, 본 연구에서 제안한 품질 등급도 공정관리 상한과 하한 안에서 등급을 구성한다.

제안된 ATCSEQ와 대안들의 성능을 다양하게 비교하기 위해 품질제약 등급을 결정모수로 사용하여 제약을 변화시켜가며 총 100회의 실험을 수행한다. 실험에서 얻은 결과들 중에서 경향이 아주 다른 것을 제외한 값들의 평균을 비교하여 평가한다.

본 연구는 실시간으로 발생하는 작업에 대하여 효율적인 작업 투입을 수행하는가를 확인하기 위한 것이다. 따라서 정해진 작업 수 대신에 시뮬레이션 기간 동안 발생하는 완료된 작업에 대하여 평가한다. 이상의 실험설계에서 정의한 실험조건을 요약하면 <표 2>와 같다.

본 연구에서 제시한 알고리즘은 C#을 사용하여 구현하였고, 펜티엄3.4GHz 컴퓨터에서 실험하였다.

제시한 실험 환경을 기반으로 본 연구에서 제안한 ATCSEQ와 대안들과의 성능비교를 수행한 결과를 정리하면 다음과 같다.

<그림 5>와 <그림 6>은 공정의 품질이 상인 경우로서 품질 등급이 1~4등급의 결과를 가지며, 1,6Cpk2,2의 높은 공정능력지수를 갖는 경우 품질제약을 4등급부터 2등급까지 순차적으로 변화시켜가며 얻은 결과이다.

실험결과에서 ATCS는 품질제약이 반영되지 않으므로 일정한 품질과 평균 납기 지연시간을 갖는다. 평균 납기 지연 시간은 가장 빠르며 품질은 가장 나쁜 결과를 갖는다.

최상 품질을 우선적으로 투입하는 Quality_Rule은 높은 품질 수준을 유지하지만 납기를 고려하지 않기 때문에 평균 납기 지연 시간은 가장 높게 나타난다.

본 연구에서 제안한 ATCSEQ와 ATCSQ는 Quality_Rule과 ATCS의 중간 정도의 납기 지연 시간을 보인다. ATCSEQ와

ATCSQ는 품질과 납기를 동시에 고려하기 때문에 납기만 고려하는 ATCS보다는 높게 나타난다. 하지만 품질제약이 발생하면 ATCS는 품질제약에 대한 반응을 할 수 없으므로 품질제약을 만족시킬 수 없다.

품질제약이 수행되는 경우 ATCSQ와 Quality_Rule 간에 비교를 해보면, ATCSQ가 초기에 ATCSEQ보다 약간 빠른 납기 지연시간을 보이지만 거의 차이가 없게 나타나고 Quality_Rule은 역시 납기 지연 시간이 높다. ATCSQ와 ATCSEQ가 약간의 차이를 보이는 것은 품질 지수 반영에 따른 미세 정도가 ATCSQ가 좋기 때문에, 품질에 대한 영향의 정도가 납기에 비해 적게 발생하여 ATCSQ가 납기 면에서 약간 앞서 보인다. 하지만 ATCSQ에 비하여 ATCSEQ가 품질 면에서 높은 상태를 보이게 됨으로 품질과 납기를 동시에 고려하면서도 높은 품질을 보이는 ATCSEQ의 성능이 좋다고 할 수 있다. 품질 면에서 ATCSEQ가 우수하게 나타난 것은 품질 등급 기대값이 Cpk보다 품질 차이를 제시된 앞선 실험 문제 상황에서처럼 목표와의 차이를 명확히 구분할 수 있기 때문이다.

〈그림 7〉과 〈그림 8〉은 공정의 품질이 하인 경우로서 품질 등급이 5~10등급의 결과를 가지며 0.2Cpk1.2 인 낮은 공정능력지수를 갖는 경우 품질제약을 10등급부터 6등급까지 순차적으로 변화시켜가며 얻은 결과이다.

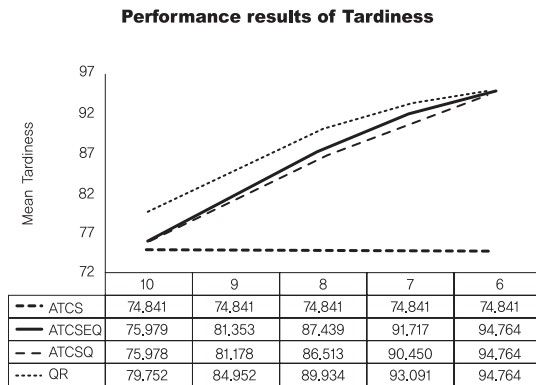


그림 7. Mean Tardiness for Low Quality

실험결과에서 ATCS는 높은 품질의 상황과 마찬가지로 품질 제약이 반영되지 않으므로 평균 납기 지연시간이 가장 낮다. 하지만 ATCS는 품질이 반영되지 않으므로 품질제약을 순차적으로 변화시켜도 일관된 품질의 결과를 보이게 된다.

Quality_Rule의 실험결과도 높은 품질의 상황에서 보인 결과와 동일하게 높은 품질 수준을 유지하지만 납기를 고려하지 않기 때문에 가장 높은 평균 납기 지연시간을 보인다.

본 연구에서 제안한 ATCSEQ를 ATCSQ와 비교해보면 평균 납기 지연시간에서는 두 방법 간에 거의 차이가 발생하지 않는

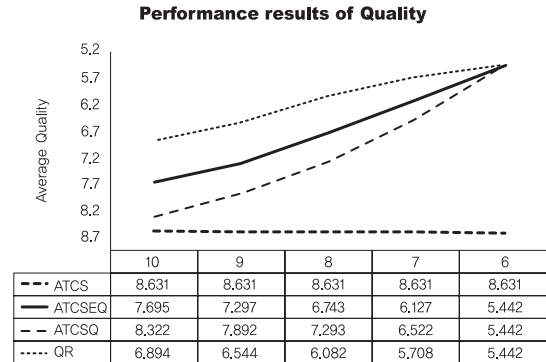


그림 8. Average Quality for Low Quality

다. 그러나 품질제약 중간 지점에서 ATCSQ가 약간 낮은 값을 보이는 것은 Ko의 ATCSQ의 품질 지수가 지수적으로 정규화되어 있어 공정의 품질상태가 낮은 경우, 작업 간 품질반영에 있어 큰 차이를 주게 된다. Ko[3]의 ATCSQ의 작업투입인덱스의 품질과 납기에 대한 결합에서 품질 지수의 민감성에 영향을 많이 받아 본 연구에서 제안한 ATCSEQ와 유사한 수준의 품질 지수 값을 반영하게 된다. 반면 품질제약이 증가하면서 높은 품질 상태가 되면 ATCSQ는 품질의 민감성이 떨어져 납기의 차이에 의해 작업투입 인덱스가 결정된다.

그러나 ATCSQ가 유사한 수준의 품질 지수를 반영하긴 하지만 실제 품질은 ATCSEQ가 높게 나타난다. ATCSEQ가 높은 것은 품질 지수가 목표와의 차이를 ATCSQ보다 명확히 구분하기 때문이다.

〈그림 9〉와 〈그림 10〉은 공정의 품질이 1~10 등급, 0.2≤Cpk≤2.2의 공정능력지수를 갖는 다양한 기계들로 구성된 경우 품질제약을 10등급부터 2등급까지 2등급 간격으로 변화시켜가며 얻은 결과이다.

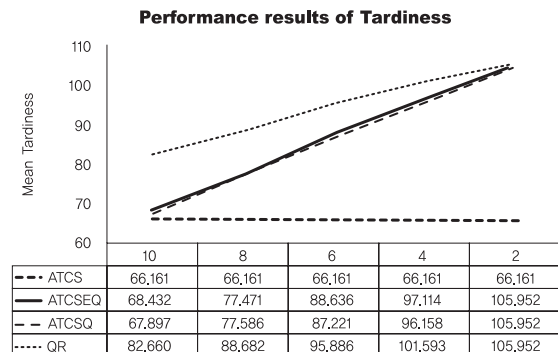


그림 9. Mean Tardiness for Normal Quality

ATCS는 앞선 실험들과 같이 가장 낮은 평균 납기 지연시간을 보이지만 품질을 고려하지 않고 있으므로, 품질제약이 발생할 경우 작업 품질을 만족시킬 수 없게 된다.

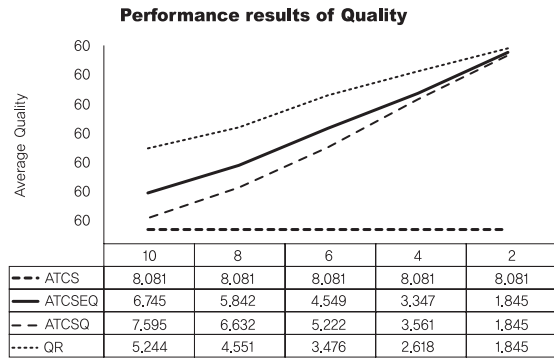


그림 10. Average Quality for Normal Quality

품질 우선의 Quality_Rule은 품질제약 10~2등급까지 높은 품질수준을 유지하며 대안 중에서 가장 높은 품질의 결과를 보인다. 하지만 작업의 납기와 여유시간을 고려하지 않아 평균 납기 지연시간은 가장 높다.

한편 ATCSEQ와 ATCSQ를 살펴보면 앞선 실험의 결과와 유사한 평균 납기 지연시간의 패턴으로 나타난다. 또한 납기 지연시간의 차이가 거의 없는 것을 볼 수 있다. 평균 납기 지연시간이 차이가 없는 것은 공정의 전체 품질 상태가 기계별로 명확한 차이를 보이기 때문에 두 방법의 품질 지수간의 영향정도가 납기에 동일하게 적용되었기 때문이다.

반면 품질은 ATCSEQ가 ATCSQ보다 품질제약을 순차적으로 진행하더라도 모든 구간에서 높은 결과를 보인다. 이는 앞선 실험의 결과와 같이 ATCSEQ의 품질지수가 ATCSQ보다 목표품질과의 차이를 명확히 구분하기 때문이다.

이상의 결과를 종합해 보면 공정의 품질이 상·중·하인 상황에 대해 ATCSEQ와 ATCSQ는 ATCS와 Quality_Rule의 중간 정도의 납기 지연 시간과 품질을 보인다. 또한 ATCSEQ는 ATCSQ 보다 모든 품질상황에서 평균 납기 지연시간에서는 크게 차이가 발생하지 않았지만 품질에서는 평균 10% 이상 우수한 결과를 보였다. 따라서 ATCSEQ의 품질지수로 쓰이는 품질 등급 기대값이 ATCSQ의 품질지수로 쓰이는 Cpk와 비교하였을 때 작업 간 목표품질과의 차이를 명확히 구분하는 성능이 더 우수하다는 것을 증명한다.

하지만 품질 등급을 사용하기 위해서는 품질 등급의 구간의 크기가 중요하다. 앞선 가정에서 등급과 구간은 경영 정책 또는 공정 관리에서 미리 정해진다고 하였다. 하지만 등급 구간을 설정해야할 경우 사용될 등급 구간의 크기에 따른 영향정도를 알아야 한다. <그림 11>, <그림 12>, <그림 13>은 등급간격을 1, 3, 5로 증가 시켰을 때의 실험결과이다.

실험결과에서 볼 수 있듯이 등급간격이 넓어질수록 ATCSEQ와 품질 위주의 Quality_Rule이 ATCSQ에 비해 둔감하게 변하

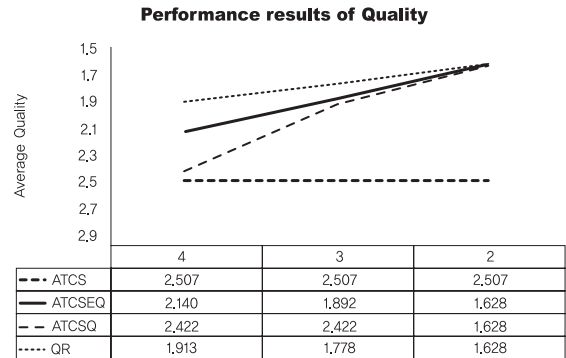


그림 11. 등급간격이 1일 때의 평균 품질 수행능력

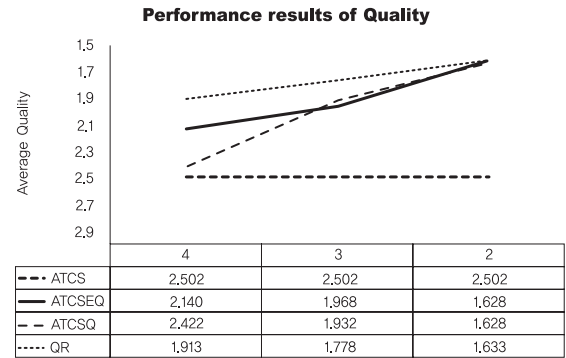


그림 12. 등급간격이 3일 때의 평균품질 수행능력

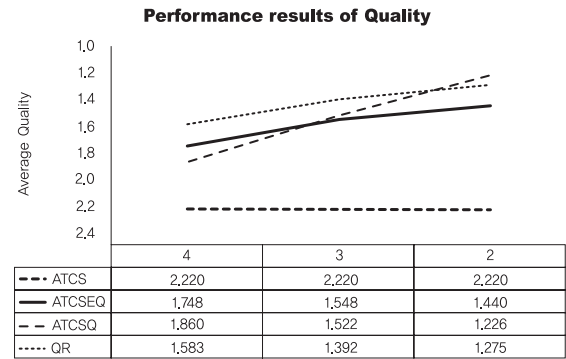


그림 13. 등급간격이 5일 때의 평균품질 수행능력

는 것을 볼 수 있다. <그림 11>처럼 등급간격이 좁으면 가공품질의 수준을 목표와 세밀하게 구분하여 가공 수준간의 차이가 명확해 지는 것을 볼 수 있다. <그림 12>, <그림 13>처럼 등급 구간이 넓어지면서 가공 수준간의 차이가 둔감해져 미세한 차이는 구별하지 못하여 품질 수준이 점차 떨어지게 되고, 가장 넓은 <그림 13>의 경우 품질 결과가 ATCSQ보다 떨어지는 상황이 발생하게 된다. 따라서 품질 향상을 위해서는 등급 구간을 최소화 하는 것이 필요하다. 그러나 등급 구간을 최소화 할 경우 요구되는 등급의 개수가 증가하여 생산 관리 및 경영 정책에서 관리해야할 품

목의 수가 증가하여 관리의 어려움이 발생하게 된다. 특히 기계 간의 가공품질의 차이가 미세하게 나는 경우에는 등급간격을 좁게 하여 기계간의 가공품질 수준을 구분하는 것이 필요하지만 기계간의 가공품질의 차이가 크게 나는 경우에는 등급간격을 보다 넓게 가져가는 것이 관리상 효율적일 수 있다. 즉 기계의 가공품질 수준의 차이에 따라 품질의 등급간격을 유동적으로 설정해야 한다. 따라서 효율적인 등급 구간의 크기설정에 관한 추후 연구가 필요하다.

한편 등급의 관리 수와 기업의 비용과의 관계를 분석해보면 등급의 수가 적으면 그만큼 품질관리 요소가 줄어들어 생산비용이 절감된다. 그러나 고객의 입장에서는 선택의 폭이 줄어들어 고객의 만족도가 저하된다. 이는 잠재고객을 잃게 되어 결과적으로 기업의 수익에 나쁜 결과를 초래하므로 고객에 대한 기회비용으로 표현할 수 있다[9].

반대로 등급의 수가 많으면 고객 선택의 폭이 넓어져 고객의 만족도는 높아진다. 즉 고객은 비용에 따라 제품을 선택할 수 있는 폭이 넓어져 등급의 수가 많아질수록 고객에 대한 기회비용은 감소하게 된다. 그러나 생산 관리의 입장에서는 품질관리 요소가 증가하여 생산비용이 추가적으로 들어가게 된다. 따라서 등급의 수에 따른 생산관리 비용과 고객에 대한 기회비용은 서로 상반된 관계를 갖는다. <그림 14>는 두 비용간의 상반관계를 잘 보여주고 있다.

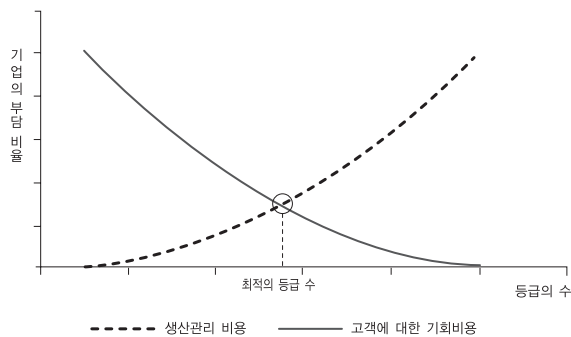


그림 14. 등급 수의 증가에 따른 기업의 부담비용

<그림 14>에서 보는 바와 같이 등급의 수가 증가할수록 등급별 제품의 관리에 들어가는 비용이 늘어나서 생산관리비용이 증가되고 있다. 그러나 등급의 수가 증가할수록 해당 단가의 품질을 선택할 수 있는 폭이 넓어져 다양한 고객의 욕구를 충족시킬 수 있게 되어 고객에 대한 기회비용이 점차 감소하게 된다.

따라서 기업이 수익률을 최상으로 올리기 위해서는 기업의 부담 비용이 최소가 되는 전략적인 접근이 필요하다. 즉 <그림 14>에서 등급 개수가 증가함으로써 서로 상충관계를 갖는 생산관리

비용 곡선과 고객에 대한 기회비용곡선이 교차되는 지점이 기업의 부담 비용이 최소가 되는 최적의 등급 관리의 개수가 되며 최적의 등급 수보다 적은 등급으로 관리하면 고객의 제품 선택의 폭을 제한하여 고객 만족에 실패하게 된다. 반면에 최적의 등급 수보다 많은 등급으로 관리하면 추가되는 품질관리 비용으로 인해 수익률에서 손해를 보게 된다.

결과적으로 기업의 높은 수익을 보장하기 위해서는 고객이 요구하는 목표품질에서의 정확한 차이를 반영함과 동시에 경영자의 수월한 활용성 및 생산자의 효율적인 공정운동을 고려한 적절한 등급 구간 설정과 기업의 부담 비용이 최소가 되는 관리 등급 개수를 설정하여 품질을 관리하는 전략이 강구되어야 한다.

4. 결론 및 추후 연구

본 연구는 품질의 차이를 반영하여 작업 간 목표품질에서의 차이를 명확히 구분하고 납기준수가 가능한 작업투입 방법인 ATCSEQ를 제안하였다. 작업투입에 품질의 차이를 반영하기 위해 목표로부터 구간을 설정하여 품질 등급으로 표현하고, 품질의 차이를 등급의 기대값으로 계산하여 품질 지표를 표현하였다. 또한 계산된 품질 지표를 제품 타입간의 비교가 가능하도록 정규화하여 ATCSEQ에 반영하고, 기존의 납기관련 정보와 품질 지수를 이용하여 작업 중요도를 계산하여 작업을 투입하였다.

제안된 ATCSEQ의 성능을 모의실험을 통해 대안 알고리즘과 비교하였다. 실험에서 본 연구에서 제시한 ATCSEQ 알고리즘은 작업의 납기를 고려함에도 고객이 요구하는 높은 품질을 유지하며, 품질제약이 높아질수록 그 성능의 우수함을 볼 수 있었다. 특히 ATCSEQ 알고리즘은 기존의 ATCSQ와 비교하여 공정능력 지수를 활용한 수율중심의 품질지수보다 정확하고 효율적으로 목표품질에서의 차이를 명확히 구분할 수 있었고 평균 납기 지연 시간은 유사한 결과를 볼 수 있었다. 하지만 ATCSEQ의 성능을 보장하기 위해서는 적절한 등급 구간을 설정해야하는데 등급을 너무 작게 나누면 경영자가 사용하기에 어려움이 발생하여 수익성의 예측을 보다 수월하게 한다는 품질 등급 기대값의 당초 목적에 부합하지 않는다. 따라서 경영자의 수월한 활용성과 생산자의 효율적인 공정운동을 고려한 적절한 등급 구간 설정에 대한 추후 연구가 필요하다. 또한 본 연구는 가공 후에 폐기 되거나 재작업을 고려하지 않았다. 만일 품질이 향상될 경우 폐기 및 재작업의 비율도 떨어질 수 있으므로, ATCSEQ에 폐기 및 재작업을 고려한 대한 추후 연구도 필요하다.

참고 문헌

- [1] 강용하, 김성식, 박종혁, 신현준(2007), "Rework가 존재하는 이중병렬기계에서의 일정계획 수립", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 33권, 3호 pp.329-338
- [2] 고승곤, 황재문, 김응석(2001), "공정능력지수의 실무 활용 지침", *한국품질경영학회지(품질혁신)*, 2권, 1호 pp.23-33
- [3] 고효현, 김지현, 백준걸, 김성식(2008), "품질을 고려한 작업투입에 관한 연구", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 34권, 1호, pp.108-121
- [4] 박우동(1997), *품질경영*, 법문사
- [5] 배도선, 류문찬(1992), *최신 통계적 품질관리*, 영지문화사
- [6] 백재욱, 조진남(1999), "공정능력지수에 대한 비평가 올바른 공정능력분석 절차", *한국품질경영학회지*, 27권, 2호, pp.81-100
- [7] 송서일, 이만웅(1999), "공정능력지수 Cpsk 에 대한 붓스트랩적 접근", *대한설비관리학회지*, 4권, 4호, pp.55-67
- [8] 조문수, 임태진(2002), "다양한 상황을 고려한 공정능력지수와 품질보증수준의 관계", *한국품질경영학회지*, 30권, 2호, pp.130-151
- [9] 김연성 외(2007), *품질경영론*, 박영사
- [10] 안상형, 이관식, 이명호(1998), *현대 품질경영*, 학현사
- [11] Baker, K. R. and Su, Z. S.(1974), "Sequencing with due-dates and early start times to minimize maximum tardiness", *Naval Research Logistics Quarterly*, 21권, pp. 171-176
- [12] Bemesderfer J. L.(1979), "Approving a Process for Production", *Journal of Quality Technology*, 11권, 1호, pp. 1-12
- [13] Everett, J. E.(2001), "Iron ore production scheduling to improve product quality", *European journal of operational research*, 129권, 2호, pp.355-361
- [14] Garey, M. R. and Johnson, D. S.(1979), *Computers and intractability: A guide to the theory of NP completeness*, San Francisco
- [15] Kim S. C. and Bobrowski, P. M.(1994), "Impact on sequence-dependent setup time on job shop scheduling performance", *International Journal of Production Research*, 32권, 7호, pp.1503-1520
- [16] Kim, S. Y., Lee Y. H. and Agnihotri, D.(1995), "A hybrid approach to sequencing jobs using heuristic rules and neural networks", *Production Planning & Control*, 6권, 5호, pp.445-454
- [17] Lee, Y. H. and Pinedo, M.(1997), "Scheduling jobs on parallel machines with sequence-dependent setup times", *European Journal of Operations Research*, 100권, 3호, pp. 464-474
- [18] Ovacik, I. M. and Uzsoy, R.(1995), "Rolling Horizon Procedures for dynamic parallel machine scheduling with sequence-dependent setup times", *International Journal of Production Research*, 33권, 11호, pp.3173-3192.
- [19] Pearn, W. L., Chen, K. S.(1999), "Making Decisions in Assessing Process Capability Index Cpk", *Quality and Reliability Engineering International*, 15권, 4호, pp.321-326
- [20] Pinedo, M.(2002), *Sceduling : Theory, Algorithms, and Systems*, Prentice Hall
- [21] Rodriguez, R. N.(1992), "Recent Development in Process Capability Analysis", *Journal of Quality Technology*, 24권, 4호, pp.176-187

**김 동 현**

경기대학교 산업공학과 학사

현재 : 고려대학교 정보경영공학전문
대학원 산업시스템 석사과정

관심분야 : 생산관리, 품질관리, SCM

**백 종 관**

고려대학교 산업공학과 학사

고려대학교 산업공학과 석사

고려대학교 산업공학과 박사

현재 : 서일대학 산업시스템경영과 교수

관심분야 : 생산자동화 시스템,
공장자동화

**고 효 현**

명지대학교 산업공학과 학사

고려대학교 산업공학과 석사

현재 : 고려대학교 산업시스템정보공학과
박사과정

관심분야 : MIS, 생산관리, APC

**김 성 식**

고려대학교 기계공학과 학사

고려대학교 산업공학과 석사

미국 Southern Methodist University
산업공학과 석사

미국 Southern Methodist University
산업공학과 박사

현재 : 고려대학교 정보경영공학부 교수

관심분야 : APC, System Optimization

RFID/EPC를 사용한 화장품 물류 추적 시스템 구현[†]

권영빈^{*†} · 경호선^{**}

^{*}중앙대학교 컴퓨터공학과 · ^{**}정보대학원

Implementation of Logistics Tracking System on Cosmetics using RFID/EPC

Young-Bin Kwon^{†*} · Ho-Sun Kyung^{**}

^{*}Dept. of Computer Science and Engineering

^{**}Graduate School of Information, Chung-Ang University

The use of Radio Frequency Identification (RFID) becomes an important role to realize a ubiquitous society. For example, if we use RFID in the Supply Chain Management (SCM) of manufacturing company's logistics tracking system, we may easily accomplish an inventory control as well as a visibility improvement of product in real time application. In the field of cosmetics, a brand name and an image of the products are very important. In real world, the fraud product distribution or the id theft is influenced by the corruption during a distribution process. At present, to establish distribution process in orderly manner, marking or barcode system is used for the purpose of product tracking. But tracking of fraud products are actually impossible because the preservation of printed marking part is not easy. To overcome this type of problem, we deploy a concept of RFID tag based on the AUTO ID center's Electronic Product Code (EPC). By recording every input/output data of the products in EPCIS after the tags which contain an EPC number identified by each product, a system that enables us to track products accurately and to check in the genuineness of the products on box unit is successfully implemented. An improvement of product tracking is obtained efficiently and accurately. Proposed implementation may detect fraud products distribution actively. An experimental result on cosmetic products shows the effectiveness of this proposed method.

Keywords: RFID, SCM, Tracking, Cosmetic product, EPC, 물류 추적, 화장품

[†] 본 연구는 2008년도 중앙대학교 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

[‡] Corresponding author: #221, Heukseok-dong, Dongjak-gu, Seoul, 156-756, S. Korea,

Tel: 82-2-820-5305 Fax: 82-2-824-2522 E-mail: ybkwon@cau.ac.kr

^{*} 2008년 9월 30일 투고, 11월 13일 수정본 접수, 12월 16일 게재 확정.

1. 서론

국내 화장품업계는 유통질서 문란 행위가 만연되어 커다란 위기에 봉착해 있다[2]. 외부적인 요인으로는 경기침체로 인한 매출 부진이 있으며 내부적인 요인으로는 정확한 물류추적 시스템의 부재를 들 수가 있다. 유통질서 문란행위는 관리비용 증가를 가져와 판매 및 유통 조직뿐 아니라 소비자에게도 불신감을 조성하게 된다. 또한 가격 파괴로 인한 브랜드 이미지 손상 및 신뢰도 하락 등의 피해가 기업에 발생하게 된다. 그러므로 화장품업계는 유통질서 확립을 위하여 오랜 기간 동안 많은 노력을 기울이고 있다. 일반적으로 유통채널 추적을 위해 화장품은 제조과정이 끝난 다음 제품마다 눈에 보이지 않는 특수잉크로 출고일, 출고 및 인수 장소에 대한 정보를 표기하는 비표를 인쇄하는 방법을 사용하고 있다. 그러나 이 과정은 제품에 대하여 일일이 수작업으로 진행되어야 하므로 시간과 비용이 많이 필요하다는 단점이 존재한다. 또한 비표를 고의로 손상하거나 지울 수 있어 정확한 유통추적을 할 수 없는 상황이 발생하기도 한다. 이러한 문제가 있음에도 불구하고 화장품 업계에서 물류추적시스템을 구축하는 이유는 올바른 유통 질서를 확립하기 위한 목적을 갖고 있기 때문이다. 특히 화장품은 기업 이미지와 브랜드 이미지가 매출에 절대적인 영향을 주기 때문에 불법으로 유통된 제품에 대한 피해를 막기 위한 기술의 개발에 화장품업계에서는 많은 노력을 기울이고 있다. 그러므로 본 논문에서는 불법 유통을 막기 위한 화장품업계의 현황을 분석한 후 RFID(Radio Frequency Identification)/EPC(Electronic Product Code)를 이용[15]하여 불법 유통에 대한 문제점을 해결할 수 있는 시스템의 구축 방법을 제시하기로 한다.

제조회사에서는 RFID 기술의 도입을 통하여 생산되는 제품의 가시성(visibility)과 추적성(traceability)을 확보하는 노력을 기울이고 있다. 이를 통하여 생산품의 현 위치와 유통과정의 진행 상태를 실시간으로 확인할 수 있다. 월마트, 메트로 등은 실증연구를 통해 RFID 기술도입이 창고관리 등에서 비용절감 및 고객 서비스 향상이 가능하다는 결론을 내린 바 있다[1]. 국내에서도 한국정보사회진흥원을 통하여 2004년부터 조달, 국방, 환경 등 12분야에 대한 RFID 시범사업이 진행되어 가능성을 확인하고 있다[7]. 그러므로 본 논문에서는 앞에 설명한 RFID에 대한 개념의 도입 이외에도 태그의 부착에 따른 제품의 생태를 추적할 수 있도록 EPC 개념을 이용한 화장품 물류 추적 시스템을 제시된 표준에 맞추어 구현하고 바코드 시스템과 연동하여 박스 안에 화장품의 진품 여부 체크와 RFID 수신오류를 검출하고자 한다. 또한 화장품의 인식률도 측정을 하여 유통과정에서의 인식 오류에 따른 문제점을 제거하는 것을 고려한다.

본 논문의 구성은 제2장에서 현재 화장품 업계의 유통경로와 제품추적의 방법을 검토한다. 제3장에서는 EPCglobal에서 제시하는 EPCIS 시스템을 검토한다. 제4장에서는 화장품 유통 경로에서 사용되는 제품 추적 방법을 구현하여 및 결과를 분석한 후, 제5장에서 결론을 제시한다.

2. 화장품 유통과정 분석

2.1 화장품의 특징 및 유통

화장품의 제품 특징을 살펴보면 라이프 사이클이 3~6개월로 상당히 짧고, 취급하는 품목도 다양하다. 포장을 위한 재료는 골판지와 같은 종이를 사용하며 용기는 비닐, 플라스틱, 유리 등을 사용한다. 내용물의 종류는 수분을 많이 포함하는 액체나 분말 형태의 가루, 유분이 포함된 크림 종류가 대부분이다. 가격대는 저가품의 경우 수 천원부터 시작하여 고가 화장품의 경우에는 몇 십 만 원 대에 이를 정도로 다양하게 분포되어 있다. 제조공정은 주로 배치작업의 형태로 이루어지며, 원료가 입고되면 다른 부자재를 배합하여 컨테이너에서 혼합하여 부피가 작고 정형화된 용기에 담아 최종적으로 날개 또는 묶음으로 포장된다. 완성된 제품들은 제조공장에서 출고되어 제조업체 또는 유통업체의 물류센터나 재고창고로 운송된다.

이렇게 완성된 화장품을 소비자가 구매하기까지의 유통경로는 상당히 다양하다. 크게 다섯 가지 정도로 요약이 가능하다.

첫째, 시판판매의 형태이다. 현재 감소 추세를 보이고 있으나 화장품 유통의 대부분을 차지하고 있다. 지역 거점을 중심의 대리점 채널이 존재한다. 대리점은 제조 회사와 계약관계에 있으며 소매 판매를 하는 화장품 전문점들을 포함하고 있다. 유통 구조는 단순하여 제조 회사가 대리점으로 제품을 보내면 대리점은 지역에 있는 전문점들에게 다시 화장품을 유통 시키는 형태를 지니고 있다. 전문점은 여러 화장품회사의 대리점으로부터 제품을 받아 진열하면서 판매를 하고 있다.

둘째, 인터넷이나 대형 할인매장 등의 대규모 소매유통 채널이 존재한다. 시판판매와 유사한 형태를 지니고 있으나 대리점과 같은 계약관계가 아니라 물건을 납품하는 딜러들에게 제품을 공급하면 딜러가 해당 유통채널에게 화장품을 유통시키는 단계를 거치게 된다.

셋째, 제조회사의 브랜드를 갖는 제품만 전문적으로 직접 판매하는 브랜드 샵이 존재한다. 제조사로부터 직접 제품이 공급되므로 중간 유통과정이 생략된 점이 특징이다. 기본적으로는 제조회사의 브랜드를 중심으로 판매 하지만 기존 시판판매의 전문점

처럼 대리점을 통한 공급에 따라 다른 회사 제품도 판매할 수가 있다.

넷째, 소비자에게 직접 방문하여 판매하는 방문판매 채널이 존재한다. 방문판매 전용브랜드를 취급하기 때문에 브랜드 이미지를 지키기 위하여 판매방식과 가격을 회사차원에서 엄격히 통제하고 있다.

다섯째, 직배송 채널이 존재한다. 기존 화장품 전문점은 첫 번째에서 설명한 바와 같이 대리점을 통하여化妆품을 공급 받고 있다. 이 방법은 전문점이 대리점에 주문하면 대리점에서 제조회사로 주문을 전달하고 제조회사는 전문점으로 직접 배송 하는 방법이다.

2.2 화장품의 제품 추적

화장품 업계의 유통경로는 앞에서 설명한 바와 같이 매우 다양하다. 유통경로가 복잡하므로 중간과정에서 불법적인 유통의 가능성이 있다. 화장품 제조사는 제품에 대한 이미지를 유지하기 위하여 불법으로 유통된 제품들의 수거 및 처리에 많은 노력과 비용을 지출하고 있는 실정이다. 시판판매 경우는 주문에 맞춰 상차된 제품들을 지역거점의 판매 대리점으로 이동하게 되는데, 이때부터 제품의 유통정보를 파악할 수 없는 경우도 발생한다. 대리점이나 전문점이 내부적인 자금문제로 보유하고 있는 제품들을 대량으로 블랙마켓으로 유통시키는 사례도 자주 발생하고 있다. 블랙마켓으로 유통된 제품들은 저가에 판매가 되기 때문에 브랜드 가치가 떨어지고 소비자들로부터 신뢰성을 잃게 되며 나아가 기업이미지까지 손상되는 경향이 있다. 브랜드 이미지를 높이는 제조업체들의 입장에서 상당히 심각한 문제로 대두되고 있다.

화장품 제조회사는 불법 유통을 막기 위한 노력을 기울이고 있다. 가장 많이 사용하고 있는 방법이 비표 표기 방식이다. 비표란 눈에 보이지 않는 특수잉크로 출고일, 출고 장소 및 인수 장소의 정보를 화장품 용기 또는 화장품 겉 상자에 표기하는 방식을 말한다. 비표방식의 가장 큰 단점은 시간적인 문제이다. 창고에서 출고될 때 출고 담당자는 수많은 품목에 일일이 비표를 표기하여야 하며 용기에 비표 표기를 하는 경우에는 겉 상자를 열어서 용기에 비표를 찍고, 다시 닫는 작업을 하게 되므로 출고시간이 크게 지연되는 현상이 발생하고 있다. 이를 해결하기 위해서 모든 제품들에 비표표기를 하지 않고 고가 제품 위주로 표기하고 있으나 대상 제품 선정이 매우 제한적이다. 다른 단점으로는 비표가 표기된 것을 알고 임의로 비표를 지우는 경우도 발생하고 있다. 이 경우 유출된 제품들을 회수한다 하더라도 인수자의 정보를 알아낼 수가 없으므로 소극적인 대처밖에 할 수 없는 실정

이다. 또 출고 담당자가 비표를 잘못 표기하는 경우도 있다. 이런 경우에는 잘못된 비표정보로 인해 유출자가 아닌 다른 사람이 피해를 보는 경우도 있다.

다음으로 많이 사용하고 있는 것이 비표 바코드 방식이다. 비표 바코드를 화장품 겉 상자에 표시하여 출고시간을 단축시켰으며 비표 표기가 자동화되어 모든 제품들에 적용할 수 있다. 이 방식도 비표 바코드를 임의로 파손 하였을 경우에 제품 추적이 어렵다는 단점을 해결하지 못하므로 유통경로를 추적하는 데에는 한계가 있다.

다른 방법으로 레이저 마킹(marking) 기술이 보급되고 있다. 파손을 막기 위해서 용기 표면에 레이저 마킹 처리를 하는 것이 아니라 용기의 0.5mm~1mm내부에 표기하는 방식으로 비표 파손을 크게 줄일 수 있으므로 화장품 업계에서는 가장 강력한 제품 추적 시스템으로 판단하고 있다. 그러나 생산라인에 고가의 레이저 유닛 장비가 도입되어야 하고 장비 유지보수 비용도 많이 발생하기 때문에 극소수의 업체에서만 도입하고 있다.

2.3 모조품 유통의 문제점

이처럼 불법 유통에 따른 문제점 이외에 또 다른 문제점이 있다. 많은 제조업체들에 골칫거리인 모조품을 만들어서 유통시키는 것이다. 2006년 대한상공회의소 조사에 따르면 국내 상장·등록된 제조기업 1,029개사를 대상으로 ‘국내 기업의 모조품 피해실태 및 대응방안’을 조사한 결과, 모조품으로 인해 피해를 봤던 기업들만 59개사, 피해건수는 708건(업체당 평균 피해건수 12건)에 이르는 것으로 밝혀졌다[2]. 모조품들로 인해 기업들은 “제품신뢰도 및 브랜드 가치하락”(60.2%) 및 “매출감소”(38.6%) 등의 피해를 겪은 것으로 조사되었다. 이렇게 모조품을 만들어 판매하는 것은 어떠한 제품 추적 시스템을 이용한다 하더라도 실제적으로 잡아내기 힘들다. 화장품의 경우 모조품이 소비자에게 판매되어 피부 트러블 등의 문제가 발생하게 되면 기업 이미지에 많은 손해를 발생시키기 때문에 어떠한 방법으로도 근절시키기 위한 새로운 방지 기술이 필요한 실정이다.

3. EPC 네트워크

3.1 EPC 네트워크의 개요

EPCglobal은 국제 상품 바코드 관리 기구인 GS1이 2003년 11월에 설립한 비영리 국제기관으로서 표준개발과 보급을 총괄하고 있다. 사용자 중심의 RFID 활용의 확산을 지원하고 네트워

크 표준을 개발/보급하여 공급망(Supply Chain)을 이동하는 상품의 가시성을 높여 기업의 효율성 제고에 이바지함을 목적으로 하고 있다.

EPCglobal이 제시한 네트워크(이하 EPC 네트워크로 기록)는 EPC 코드와 RFID 기술을 근간으로 거래 파트너 간에 정보교환을 위해 교환할 데이터 구조 및 의미, 물리적 객체(상품, 박스, 팔레트 등)를 교환하기 위해 객체에 EPC를 할당하는 방법에 대한 표준을 제공하고 있다. 이를 통해 기업들은 공급망 상에서 객체의 가시성, 추적성, 자동화, 보안성을 강화할 수 있게 되어 재고 최소화, 상품 손실 최소화, 주문의 신속한 처리, 소비자 기호 변화에 따른 대응능력 향상 등의 효과를 거둘 수 있다. 이러한 EPC가 저장된 RFID 태그는 컨테이너 및 케이스 등 물류 용기에서부터 단품에 이르는 활용이 가능하며 일반소비재 상품, 의료, 정부 조달물자, 군수물자, 자동차부품 등 다양한 사업에 적용 가능하다[4-6, 8, 10-16].

〈그림 3-1〉은 EPC 네트워크를 구성하고 있는 요소들에 대한 그림으로서 제시된 기술 규격에 따라 구성이 가능하도록 되어 있다. 본 논문에서는 제시된 프레임워크에 적합한 형태의 시스템을 구현하기로 한다.

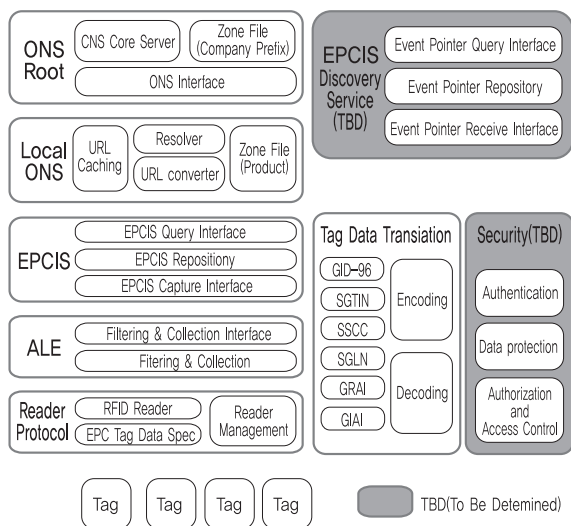


그림 3-1. EPCglobal 시스템의 프레임워크[15]

EPC 네트워크는 RFID 태그 데이터(EPC)의 구조, 의미, 전달 방법에 대한 표준을 제공하고, 개별기업은 EPC 네트워크상에서 발생하는 데이터를 각 기업과 기관의 방화벽 안에서 개별적으로 관리하고, 이 데이터는 ONS(Object Naming Service)와 탐색 서비스를 통해 공유하는 방식으로 운영된다. 이렇게 EPC 네트워크의 글로벌 분산처리 시스템을 구현함으로써 거대한 EPC 정보

의 분산관리 및 전달의 효율성을 높일 수 있다. 〈그림 3-2〉는 EPC 네트워크에서 발생한 데이터의 흐름과 적용되는 표준을 명시하고 있는 개념도이다. 개념도 상의 각 구성에 대한 설명은 아래와 같다.

- 각각의 기업은 프록시 안에서 독립적인 네트워크 구성을 가진다.
- 상품에 부착되는 EPC는 태그 데이터 표준에 의해 정의한다.
- EPC와 리더는 Gen2 Air Interface 프로토콜을 통해 통신한다.
- 미들웨어는 ALE를 통해 Filtering과 Collection이 이루어진다.
- EPCIS간의 통신은 인증을 통해 EPCIS 프로토콜로 이루어진다.
- Event 레지스트리에 이벤트정보를 등록하고 ONS를 포함하는 탐색 서비스를 통해 각각의 EPCIS로 검색이 이루어진다.

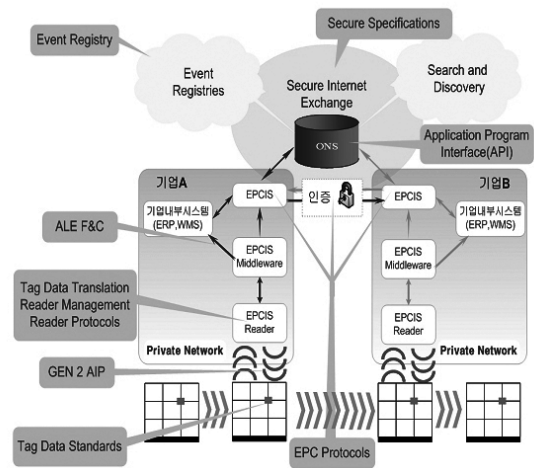


그림 3-2. EPC 네트워크 개념도[15]

3.2 EPC 네트워크의 주요 구성요소

3.2.1. 태그

RFID 태그는 기본적으로 상품코드인 EPC가 기록된 라벨 형태의 RFID IC칩과 전파를 송수신하는 안테나로 구성되어 있다. EPCglobal에서는 64, 96, 128 비트 세 종류를 표준으로 정하였다. 96 비트를 사용하면, 약 2억6800만 개의 회사와 1,600만종의 품종 및 680억 개의 상품 일련번호를 표현할 수 있다. 많은 정보를 태그에 기록하면 좋지만 태그 가격이 높아지기 때문에 태그

에는 식별번호만 기록하고 회사나 기관의 정보시스템에 그 식별번호를 키(Key)로 하여 필요한 정보를 기록 유지하는 것을 권장하고 있다. <그림 3-3>은 Class 1 Gen 2의 태그 구조이다. Class 1 Gen 2의 메모리 태그 자체 정보 저장영역인 TID, EPC 저장용 영역인 EPC, 패스워드 저장용 영역인 RESERVED, 선택사항으로 사용자가 임의로 사용할 수 있는 USER 영역으로 나뉘어진다.

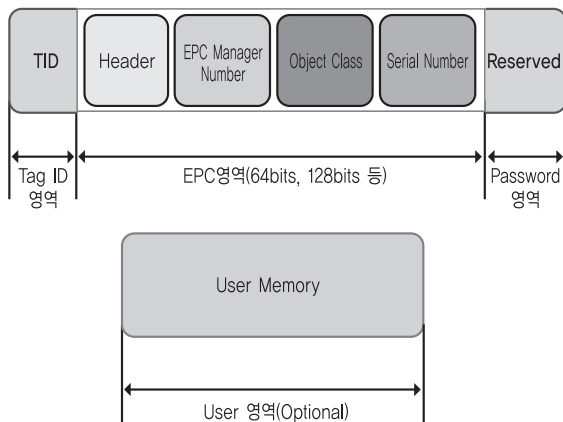


그림 3-3. 태그 데이터 구조

3.2.2. ALE

ALE(Application Level Events)는 클라이언트가 다양한 소스로부터 정제되고 통합된 EPC 데이터를 얻는 소프트웨어 인터페이스로 정의된다. ALE의 역할은 어플리케이션을 위한 인터페이스를 제공하고 데이터 정제, 데이터 취합, 중복된 데이터 제거, 데이터 그룹화를 통해 태그 데이터를 처리하며 다양한 종류의 리더를 지원하는 것이다.

ALE는 <그림 3-4>와 같이 RFID 리더, 관리자, 클라이언트 어플리케이션을 포함하고 있는 환경에서 동작하게 된다. ALE 관리자는 RFID 리더의 환경을 설정하는 부분을 담당한다. 환경이 설정되면 EPC 데이터가 리더에서 ALE로 전달된다. 클라이언트는 수신하려는 데이터나 데이터를 갖고 있는 리포트 생성조건(EC spec)을 ALE 인터페이스를 통해 지정하고 ALE로부터 ECRReport의 형태로 정보를 제공받는다.

EPC 네트워크에서 ALE 인터페이스의 중요한 역할은 데이터를 정제하고 카운팅하는 아키텍처 컴포넌트와 데이터를 사용하는 어플리케이션 간의 독립성을 보장하는데 있다. 즉 클라이언트는 리더의 물리적 변화에 완전히 독립적으로 동일한 정보를 제공할 수 있다.

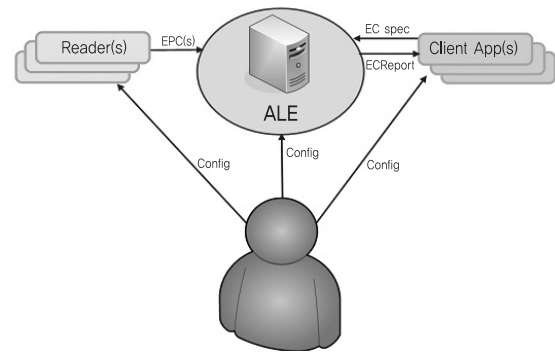


그림 3-4. ALE Context

3.2.3. EPCIS

EPC 네트워크 구성원 간의 데이터 교환의 주요 수단이 EPCIS (EPC Information Service)이다. EPCIS는 ALE와 같은 미들웨어로부터 태그 이벤트 정보를 받아 이를 이용해 상품의 상태 및 추적 정보를 생성하여 미래의 사용을 위해 로컬 저장소에 저장하고 관리한다. 또한 EPCIS는 주어진 EPC에 대한 정보 취합의 허브역할을 담당한다. EPCIS 데이터는 비즈니스(거래) 파트너가 직접 관찰할 수 없는 위치에 있는 객체(상품, 박스, 팔레트 등)로부터 발생하는 객체 또는 트랜잭션에 대한 데이터를 얻기 위해 공유하는 정보이다. EPCIS는 정적 정보와 동적 정보를 가진다. 정적 정보는 물리 객체의 고유한 성격에 대한 데이터로서 변경되지 않는 클래스 레벨의 정보(예: 상품명, 상품코드, 제조사명 등)와 물리 객체마다 변경되는 인스턴스 레벨의 정보(예: 제조일자, 유통기한 등)이다. 이를 통해 물리 객체의 동질성과 동시에 유일성을 제공한다. 동적 정보(예: 상품의 유통상의 위치정보, 입고출고 및 판매 정보 등)는 물리 객체의 이동과 상태변화에 따라 성장하고 변화한다. EPCIS는 이벤트가 발생하면 ALE에서 전달해준 데이터로 해당 이벤트를 저장하는데, 상황에 따라 저장되는 데이터의 형태가 변경된다. 단순 관측 정보, 모자 관계 형성 정보, 수량 관련 정보, 발주 번호와 같은 비즈니스 ID 관련 정보 등이 이벤트로 발생되어 저장된다.

3.2.4. ONS

EPC 네트워크 상에서 ONS(Object Naming Service)는 글로벌 검색서비스를 제공하는 구성요소이다. 핵심적인 기능은 EPC에 대응되는 1개 또는 여러 개의 URI(Universal Resource Identifier)를 변환하는 것이다. 이렇게 제공된 URI를 통해 EPC 네트워크 구성원은 객체에 대한 부가적인 정보를 얻을 수 있다. ONS는 정적 서비스와 동적 서비스를 동시에 제공하며 정적 서비스는 객체의 생산자에 의해 관리되는 정보(예, 상품명,

제조일, 유통기한 등)를 얻을 수 있는 URL을 제공하며 동적 서비스는 객체가 공급망 상에서 이동함에 따라 발생하는 일련의 객체 관리정보를 저장 및 관리하는 기능을 담당한다. 동적 서비스는 현재 TBD 상태에 있는 탐색 서비스가 기능을 대신할 것으로 예상된다.

3.2.5. 해외의 화장품 RFID 사례

2007년 1월 태그를 이용한 물류의 분배 효율 증대를 목적으로 하는 실증실험이 일본 통산성의 지원을 받아 동경 긴자에 있는 미쓰코시 백화점에서 시세이도 화장품에 대해 실시되었다. RFID 태그(13.56MHz)를 립스틱, 메이크업, 아이 섀도우, 및 브러시에 부착하는 시범 키오스크를 제작하여 19종에 대해 49개의 다른 RFID 태그를 부착하고 메이크업 시에 변하는 모습을 시물레이션하는 서비스를 하여 마케팅용 데이터로 사용하였으나 공급망에서의 제품 추적은 시행하지 않았다[18]. 미국에서는 의약품 및 화장품의 위변조 방지를 위한 디지털 DNA 방식을 위해 RFID 사용을 제안하고 있다. 이를 이용하여 생산, 저장 및 분배 과정에 대한 감시체계가 가능함을 지적하고 있으며 캘리포니아 및 EU의 사례를 언급하고 있다[17].

4. 화장품 물류 추적 시스템의 구현

화장품업체가 현재 물류 추적을 위해서 사용하고 있는 비표나 비표바코드를 RFID/EPC 태그로 대체하여 시스템을 구축하고자 한다. 제품 추적 측면에서 비표나 비표바코드보다 더욱 철저히 관리할 수 있어 화장품이 블랙 마켓으로 흘러나가는 불법 유통을 추적할 수 있는 방법이 될 수 있다. 앞에서 설명한 EPC 네트워크 표준을 토대로 RFID/EPC 시스템을 구현하고 제품의 이동이 있을 때 마다 EPCIS 테이블에 내용을 저장하여 제품들의 유통경로를 추적하기 위한 방법을 제시하기로 한다. 또한, 박스 내에 담겨 있는 제품들의 진위 여부를 바코드 시스템과 연계하여 찾아내는 시스템을 구현하고 성능을 측정하기로 한다.

4.1 시스템 개발에 사용된 하드웨어 및 언어

본 논문에서는 RFID/ECP 구현을 위한 하드웨어는 이씨오사에서 제공하는 ER200 RFID 개발키트, 바코드 리더는 (주)테크스캔코리아사의 TSK-800 모델을 사용하여 EPC HF Class1 Air Interface 프로토콜에 맞추어 시스템을 구성하였으며[9] <그림 4-1>은 사용된 장비를 보이고 있다. 개발 언어는 MS Visual C++ 6.0과 파워빌더 9이며 사용한 DB는 Sybase 11.9를 사용하

였다. MS Visual C++은 RFID 리더에서 넘어온 태그 자료를 파워빌더에서 사용할 수 있게 해주는 API 함수를 만드는 데 사용했으며, 파워빌더는 DB와 연결하여 업무 처리 및 시각적인 처리를 하도록 구현하였다.

4.2 화장품 특징을 고려한 태그 부착

화장품은 제품당 부피가 작고 정량화된 포장으로 날개와 묶음 등으로 포장되어 유통된다. 화장품의 라이프사이클은 3~6개월로 짧고, 제품당 단가도 몇 천원에서부터 몇 십만 원에 이르기까지 다양하며, 품목 수도 많아 상당히 커다란 기본 데이터를 관리해야 한다. EPC는 제품의 일련번호까지 식별이 가능하므로 하나의 태그에 모든 정보를 표현할 수 있어야 한다. 또한 제품의 정보가 필요한 모든 단계에서 제품에 붙어 있는 태그 정보들을 고정형 리더를 통해 다량으로 수집하거나 작업자가 휴대형 리더로 특정 제품의 태그만 인식하여 관련된 정보를 내부 데이터베이스와 연계하여 활용할 수 있어야 한다.

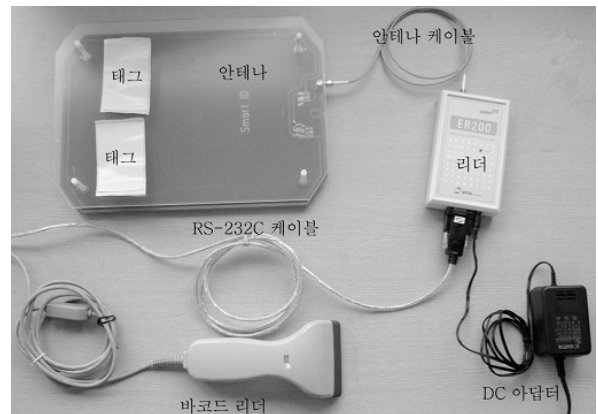


그림 4-1. 구현 시스템에 사용된 장비

태그의 인식률, 물류 추적을 위한 고의적인 태그의 파손 방지, 화장품 용기의 미관을 해치지 않도록 태그 부착 위치 등이 고려해야 할 사항이다. 태그 부착 위치는 크게 3가지로 생각해 볼 수 있다. 첫 번째, 화장품 용기의 뚜껑 내부에 삽입하는 방법이다. 태그를 육안으로 확인할 수 없어 제품의 미관을 해치지 않으면서 태그 파손 또한 어려워 물류 추적에도 도움이 될 뿐만 아니라, 태그를 읽을 때 방해되는 것이 전혀 없다는 장점이 있다. 그러나 용기뚜껑에 태그를 삽입하는 공정이 어려워 제조비용이 많이 발생하고 데이터를 읽을 때 오류가 생기면 수정이 어렵다는 단점이 있다. 사용한 제품 또는 유통기한이 지난 제품들의 뚜껑을 수집하여 모조품 뚜껑으로 재사용 하면 물류추적의 의미가 없다는 문

제점이 발생한다. 두 번째, 화장품 외부에 일정한 공간을 확보하여 태그를 붙이는 방법이다. 뚜껑과 같이 미관을 해치지 않는 제품 외부에 태그를 붙이는 방법으로서 부착이 쉽고 공정비용이 저렴한 장점이 있다. 단점으로는 쉽게 제거가 가능하고, 위조 및 파손 가능성이 높으므로 물류 추적의 면에서 취약하다는 점이다. 세 번째, 용기바닥 내부에 태그를 삽입하는 방법으로 제거가 불가능해 위조나 파손이 어렵다는 장점이 있으나 용기에 삽입하는 공정이 뚜껑보다 더 복잡하다. 또한 투명용기일 경우 태그가 눈에 보여 미관을 해칠 수 있으며 태그를 무선인식 하는데 영향을 받을 수 있어 인식률이 떨어진다는 단점도 있다.

실험에서는 용기와 태그의 크기를 고려하고 인식률의 정확한 측정을 위하여 용기의 내부보다는 <그림 4-2>와 같이 용기에 태그를 붙이는 방법을 선택하였다. 이는 소형화된 태그를 사용할 경우 미관을 해치지 않는 위치에 충분히 부착이 가능하다고 판단된다.



그림 4-2. 제품에 태그를 부착한 모습

4.3 화장품 물류 추적 시스템

화장품의 방문판매, 브랜드 샵, 백화점 판매 같은 경우는 회사에서 직접 운영하고 유통되는 고유 브랜드 제품을 다루기 때문에 물류 추적에 있어서 크게 문제가 되지 않는다. 그러나 대리점이나 딜러 등을 통하는 유통 채널은 블랙 마켓으로 빠져 제품의 가격 파괴 등으로 이어질 가능성이 존재한다. <그림 4-3>은 화장품 유통 과정에 대한 흐름도를 나타내고 있다. 일반적으로 제조업체, 대리점, 전문점의 순서로 제품이 이동하게 되므로 본 논문에서도 3단계의 과정을 고려하여 시스템을 구현하였다. 각 단계별 처리 사항을 정리하면 다음과 같다.

- 제조회사는 태그에 고유한 EPC정보를 저장한 제품을 물류 창고에 입고
- 대리점으로부터 받은 주문내역을 근거로 대리점으로 출고
- 출고작업은 박스 정보를 바코드로 읽어 박스 안에 포장된

제품의 품목 및 수량과 RFID 리더로 읽은 태그 정보와 주문내용이 일치하는지 체크하여 출고

- 대리점에서는 박스를 개봉하기 전 받은 제품을 주문내역, 바코드로 읽는 박스 정보, RFID 리더로 읽는 태그 정보를 비교하여 정확한 제품을 받았는지 확인 후 입고처리
- 대리점에서 전문점에서의 출고는 제조회사에서 출고할 때와 같은 방법으로 처리

주문내역과 RFID리더로 읽은 태그 정보를 비교하여 주문의 오류여부를 체크하고, 바코드리더로 읽은 박스 정보와 RFID리더로 읽은 태그 정보를 비교하여 진품여부 확인 및 인식오류를 체크 한다. 또한 각 단계에서 발생한 입·출고 이벤트들을 DB로 만들어진 EPCIS 테이블에 저장하여 관리하면 물류추적이 가능하므로 이를 구현하는 시스템을 구성하였다.

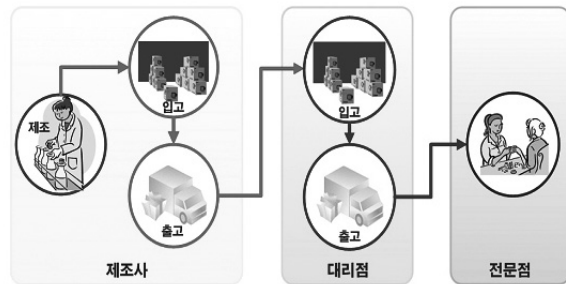


그림 4-3. 화장품 유통의 흐름도

4.3.1. ERD

ERD는 크게 두 부분으로 나누어진다. <그림 4-4>는 제조회사에서 사용하기 위한 ERD로서 제품에 관한 정보, 생산된 제품의 입고 처리, 대리점으로 제품을 보내는 출고 처리, 제품의 이동 내역을 저장하는 EPCIS 테이블로 구성되어 있다. <그림 4-5>에 제시된 대리점에서 사용하는 ERD는 제조회사로부터 받은 제품

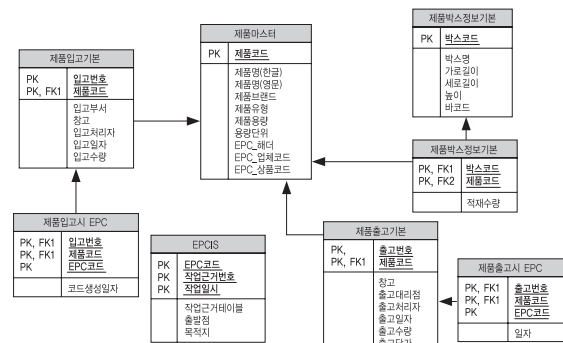


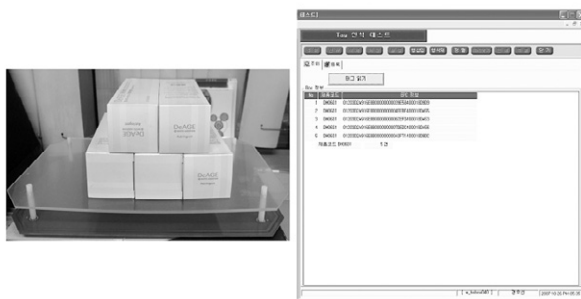
그림 4-4. 제조회사에서 사용하는 ERD

결과는 70%였다. 20개의 제품을 2단을 쌓은 후 측정한 결과는 83%, 30개의 제품을 3단으로 쌓은 경우에는 56%였다. 그러므로 제품을 세워서 포장하였을 경우는 안테나의 위치가 태그와 수직이 되었을 경우인데 인식률이 시도할 때 마다 달라지는 것을 의미하고 있으므로 이와 같은 방법을 사용할 수 없음을 알 수 있다.

인식률 문제를 해결하기 위해서 안테나의 위치가 태그와 수평이 될 수 있도록 하는 실험을 수행하였다. 앞의 경우와 같은 방법으로 매 실험 당 5회씩 측정을 하여 평균 인식률을 측정하였다. 5개의 제품을 1단으로 쌓은 경우와 10개의 제품을 2단으로 쌓은 경우, 20개를 4단으로 쌓은 경우에 대하여 모두 정확한 인식률을 나타내고 있다. 30개를 6단으로 쌓은 경우 5회의 측정 중 한번 1개가 인식되지 않는 경우가 발생하여 전체의 경우에 대하여 99.69%의 인식률을 보이고 있다.



(a) 1단으로 쌓은 경우 5건 인식



(b) 2단으로 쌓은 경우 5건 인식

그림 4-7. 제품과 안테나의 방향이 수평일 경우의 인식률 측정

그러므로 안테나의 위치를 태그와 같은 방향이 되도록 옆으로 세우는 경우 4단 높이까지는 정확히 인식 될 수가 있음을 확인하였다. 즉, 제품을 눕혀서 안테나와 태그가 수평이 되게 했을 경우 1단뿐 아니라 4단까지 다단으로 쌓아도 거의 정확하게 인식되는 것을 확인하였다. 결론적으로, 정확한 인식률을 위해서는 제품을 포장할 때 박스에 눕혀서 넣고 안테나 위에 박스를 놓았을 때 제품의 태그와 안테나가 수평이 되도록 하여야 한다는 것을 의미하

므로 제품을 박스 단위로 포장할 때 이를 고려하여 <그림 4-8>과 같이 준비하였다.



그림 4-8. 인식률을 고려한 제품포장

4.4.2. 물류추적 실험

제조업체에서 발생하는 모든 이벤트는 망을 통하여 EPCIS 테이블에 저장하도록 구성하였다. 제조업체는 제품을 생산하여 EPCIS 테이블에 등록하고 대리점으로 출고할 때도 EPCIS 테이블에 등록하여 제품의 정보뿐만 아니라 어느 대리점으로 출고되었는지에 관한 로케이션 정보까지 기록하게 한다. 이렇게 하면 만약 블랙 마켓으로 빠져 유통되고 있는 제품이 있을 경우 RFID 태그를 읽어 어느 대리점으로 출고되었는지를 파악할 수 있다.

제품을 출고할 때는 두 가지를 체크하게 된다. 첫 번째는 출고할 제품의 품목 및 수량이 RFID 리더를 통해 읽은 태그정보와 일치하는지 체크한다. 두 번째는 박스에 부착된 바코드 정보를 읽어서 박스 안에 포장된 제품의 품목 및 수량이 RFID 리더로부터 읽은 태그 정보와 일치하는가의 여부를 체크한다.

<그림 4-9>는 출고할 제품의 품목 및 수량과 RFID 리더를 통



그림 4-9. 출고자료와 리더에서 읽은 자료가 일치하는 경우

해 읽은 태그정보와 일치했을 때의 결과를 나타내고 있다. 정상적으로 처리가 되었으므로 화면에 특별한 표시가 나타나지 않고 있다.

〈그림 4-10〉은 출고할 제품의 품목 및 수량과 RFID 리더를 통해 읽은 태그 정보와 일치하지 않았을 때의 결과 값이다. 화면의 왼쪽에는 출고할 제품들의 수량과 RFID 리더로부터 읽은 태그정보의 수량이 일치하지 않았을 때 나오는 화면이며, 오른쪽에는 출고할 제품들이 RFID 리더로부터 읽은 태그정보에 없을 때 나오는 화면을 나타내고 있다. 문제가 발생한 사항을 다양한 색깔로 표시하여 쉽게 구분될 수 있도록 하였다.



그림 4-10. 출고자료와 리더에서 읽은 자료가 일치하지 않는 경우

다음은 박스 단위 체크이다. 박스에 부착된 바코드를 읽어 이미 저장되어 있는 박스 안에 어떤 제품들이 포장되었는지, 포장된 제품의 수량은 몇 개인지를 읽은 후 RFID 리더를 통해서 읽은 태그 정보와 비교하여 박스 안의 제품들이 진품인지 여부를 판별하게 된다. 〈그림 4-11〉은 바코드로부터 읽은 박스 안의 제품들과 RFID 리더로부터 읽은 태그정보를 비교하여 일치하였을 때 이상이 없다는 것을 보여 주는 화면이다. 〈그림 4-12〉는 바코드로부터 읽은 박스 안의 제품들과 RFID 리더로부터 읽은 태그정보를 비교했을 때 일치하지 않을 경우에 발생하는 화면이다.

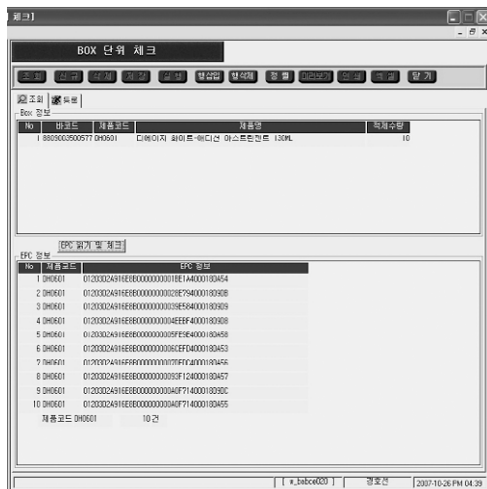


그림 4-11. 박스정보와 태그정보가 일치하는 경우

왼쪽은 바코드에서 읽은 박스 안의 제품 수량과 RFID 리더로 읽은 태그정보의 수량과 일치하지 않았을 때 나오는 화면이며, 오른쪽은 박스 안의 제품이 RFID 리더로 읽은 태그 정보에 없을 때 나오는 화면이다. 이런 방법으로 박스 안에 진품이 들어 있는지 여부를 알아낼 수 있다.



그림 4-12. 박스정보와 태그정보가 일치하지 않는 경우

대리점에서 전문점에서의 출고에서 수행되는 순서를 정리하면 4단계가 된다. 첫 번째, 대리점이 전문점으로부터 주문을 받은 경우이다. 이때 주문은 제조업체에서 대리점으로 보내는 다량의 주문이 아니라 주로 작은 단위의 주문이다. 두 번째, 대리점의 재고에서 주문 내역에 있는 제품들을 찾아 재포장 작업을 수행한다. 세 번째, 재포장된 제품들에 대하여 출고 이전에 관련 정보를 등록한다. 네 번째, 이렇게 등록된 정보는 제조업체의 EPCIS 테이블에 출고일자, 이동할 전문점 로케이션 정보 등을 등록하여 제품의 최종 목적지인 전문점을 알 수 있다. 아래의 그림은 제품의 물류 추적의 한 상태를 나타내고 있다. 화장품 제조사는 이를 통하여 출하된 제품의 효율적인 추적을 수행할 수가 있음을 실험을 통하여 확인할 수가 있었다.



그림 4-13. EPC 코드를 이용한 제품 물류 추적 결과

아래의 표는 각 제품이 어떤 경로로 유통이 되었는지 EPCIS 테이블을 통해 조회된 자료를 보여주고 있다. 제조사에서 생산된 제품이 출고되어 전문점으로 흘러간 내역을 종합적으로 나타내고 있다. 표에서 나타난 대리점 입고는 다수의 대리점이 될 수 있으며 대리점 출고는 해당되는 대리점과 거래하는 여러 전문점을 나타낸다. 이 표는 제품에 대한 경로와 현재 제품이 어디 있는지 그리고 수량은 얼마나 존재하는 가를 알 수 있으므로 제품에 대한 추적이 가능하다.

표4-1. 제품 추적 내역

단위: 개

제품	제조사 생산	제조사 출고	대리점 입고	대리점출고 (전문점)	비고
A제품	10	10	10	8	대리점에 2개 남아있음
B제품	20	15	15	15	제조사에 5개 남아있음
C제품	20	20	20	20	모두 전문점으로 출고됨

결론적으로 본 시스템의 구현에 따라 제품의 입·출고시 각 내역과 비교하여 정확한 제품과 수량이 입·출고 되었는지를 체크하여 입·출고시에 발생할 수 있는 오류를 검출할 수 있으며 각 입·출고 과정마다 태그의 이동을 EPCIS 테이블에 저장하여 특정 태그가 어떤 경로로 이동했는지 확인할 수 있게 되었으며 위의 표와 같이 제품에 대한 추적이 가능하다는 것을 입증할 수 있었다. 이를 통해 블랙 마켓 유통에 대한 적극적인 통제와 적발의 가능성을 확인하게 되었다. 또한 바코드 리더를 통해 읽은 박스 정보와 RFID 리더를 통해 읽은 박스 내에 태그 정보들을 체크하여 박스 안의 제품들이 진품인지 여부도 체크할 수 있게 되었다.

5. 결론

본 논문에서는 화장품업계에서 물류 추적 및 모조품 유통 방식을 위해 파손하기 쉬운 기존에 비표나 비표바코드를 대신할 수 있는 방법으로 RFID/EPC 개념을 구현하고 실험을 통하여 물류 추적이 가능함을 보였다. 화장품업계에서 RFID/EPC기술을 이용해서 보다 개선된 방법으로 본 논문과 같은 시스템을 구축한다면 기존의 비표, 비표바코드 또는 레이저 마킹 기술에 비해 빠르고 쉽게 제품들을 유통할 수 있으면서 더욱 효율적으로 물류추적을 할 수 있다고 판단된다.

본 논문에서 구현한 RFID/EPC 시스템은 13.56Hhz에 낮은 주파수 대역을 사용하는 실험 장비여서 많은 제품 샘플들을 가지

고 테스트하지 못하였다. 이번 구현을 통해서 태그와 안테나의 위치변화에 따라 인식률이 달라지는 것을 알 수 있었으며 태그와 안테나의 위치가 수평이 되도록 해야 100%의 인식률을 얻을 수 있다는 것을 확인하였다.

본 논문에서 실험한 방법과 같이 태그를 제품의 옆에 붙이면 쉽게 태그를 떼어 낼 수 있고, 제품의 미관을 해치는 문제점이 존재한다. 유통기간이 지난 제품의 태그를 떼어 내어 모조품에 붙여 유통시킬 수 있는 상황도 발생할 수 있어 모조품을 선별 하는데 문제가 될 수 있으므로 향후 태그를 소형화 하여 뚜껑내부 등 눈에 잘 보이지 않는 제품의 용기내부에 삽입하는 방식에 대한 실험도 필요하다고 판단된다. 모조품 방지를 위해서는 뚜껑내부에 삽입하는 것 보다 용기바닥 등의 용기의 내부에 삽입하여 유통기간이 지난 제품의 뚜껑을 모조품에 사용하는 것을 막을 수 있으나 공정개선의 비용 등을 고려하여 본 논문에서는 다루지 않았다. 또한 용기 내부에 부착된 태그에 대한 인식률의 문제도 발생하고 있으므로 향후 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

EPC가 저장된 RFID 태그는 입·출고 등의 이벤트 정보를 수집 후 물류추적정보 등에 사용하기 위해 EPCIS를 통하여 저장된다. 본 논문에서는 EPCIS를 DB로 구현하여 특정 화장품 제조사와 대리점에서만 공유할 수 있게 구현하였다. 이러한 정보는 인증된 여러 곳에 분산하여 자료를 공유하여야 하므로 이기종 시스템간의 자료 공유도 고려해야 하며 웹 서비스 등을 이용하는 탐색 서비스로의 확장도 고려하여야 한다.

참고 문헌

- [1] 과학기술부(2006), 2005년도 RFID 기술영향평가 보고서.
- [2] 대한상공회의소(2006), 국내 기업의 모조품 피해실태 및 대응방안 조사.
- [3] 오세원, 이용준(2003), 무선 식별 태그 기반의 실시간 물류 추적 시스템, 한국 정보과학회 학술발표논문집, 제30권, 제2호, pp. 541~543.
- [4] 유승화(2005), 유비쿼터스 사회의 RFID, 전자신문사.
- [5] 이근호, 무선식별(RFID)기술, TTA저널, 제89호, pp. 124~129.
- [6] 정준호(2005), RFID 산업응용 확산 전략, 석사논문, 아주대학교.
- [7] 정부만(2005), 공공부문 RFID/USN 시범사업 추진 현황과 활성화 전략, 정보처리학회지, Vol.12, pp. 122~128.
- [8] (주)리테일테크(2006), RFID 활용을 위한 네트워크 기술

조사연구 최종보고서.

- [9] (주)이씨오, <http://www.eco.co.kr>
- [10] 한국유통물류진흥원(2005), *EPCglobal Network Overview*.
- [11] 한국유통물류진흥원, *RFID 활용을 위한 네트워크 기술 조사연구 최종 보고서*, 2006.5.
- [12] 한국유통물류진흥원, *RFID/EPC 도입 로드맵*, 2006.10.
- [13] 한국RFID/USN협회, *RFID 도입방법론 기초 연구*, 2005.10.
- [14] 한국전산원(2005), *RFID기반 항공수하물추적통제시스템 구축 완료보고서*, 아시아나IDT 컨소시엄.
- [15] EPCglobal, <http://epcglobalinc.org>
- [16] K. Finkenzeller(2004), *RFID Handbook*, 2nd ed.
- [17] A. Grackin(2008), "Counterfeiting and Piracy of Pharmaceuticals – Reducing Risk in Global Supply Chains", *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, pp66–69, November/December
- [18] <http://www.computerworld.com>, M. Williams, "Tokyo department store begins RFID cosmetics trial", *Computer World*



권영빈

아주대학교 전자공학과 학사
한국과학기술원 석사
프랑스 파리 ENST 공학박사
현재: 중앙대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야: RFID, 생체인식, 문서인식



경호선

한국방송통신대학교 컴퓨터과학과 학사
중앙대학교 컴퓨터소프트웨어학과 석사
현재: (주)참존 전산팀
관심분야: RFID, 물류유통, 공장자동화

공급자관리재고관리 시스템 구축에서의 문제점과 이에 대한 해결방안: 국내 전자제품 생산기업에 대한 사례연구

김영삼^{†*} · 송상화^{**} · 이동옥^{***}

^{*}(주)글로벌 로지텍 · ^{**}인천대학교 동북아 물류대학원 · ^{***}한국우편사업지원단

Common Pitfalls and Solutions in Vendor Managed Inventory System Implementation: A Case Study on a Korean Electronics Manufacturer*

Young Sam Kim^{†*} · Sang Hwa Song^{**} · Dong-ok Lee^{***}

^{*}Global Logistics & Technology Co.Ltd

^{**}Graduate School of Logistics at Univeristy of Incheon

^{***}KOVIX (Korea Post Business Value Information & Express)

Due to extreme competition in business environments, manufacturing companies pay attention on supply chain management including vendor managed inventory (VMI) to achieve better coordination of material and information flow. VMI system has been successfully applied to many business environments, especially in retail business setting. However, practical benefits and pitfalls in manufacturing industry have not been well understood. This paper analyzes implementation processes of VMI system in an international electronics manufacturer in Korea and derives common pitfalls which could be encountered when implementing VMI system in manufacturing industry. Then we propose solution methods to overcome the pitfalls and problems analyzed. It is expected that the proposed methods could be applied to any general manufacturing companies.

Keywords: Vendor Managed Inventory (VMI), Case Study, Supply Chain Management(SCM), Inbound Logistics

1. 서론

급속한 시장 환경 변화에 따라 완성품 제조업체 (Set Maker)

의 위험부담이 증대되어, 이에 대한 적극적 대응방안으로써 전체 공급 사슬의 재고를 효과적으로 운영하고 고객 단납기 (Short Order Fulfillment Lead time) 요청에 효율적으로 대응하는 것이 절실히 요구되어 왔다. 특히 공급사슬 상 각 부문의 재고문제

[†] Corresponding author: 944-2, Pyung-eun B/D603, Ingae-Dong, Paldal-Gu, Suwon, Korea, 442-832 Global Logistics&Technology Co.Ltd

Tel: +82-31-234-3274 Fax: +82-31-234-7113 E-mail: topskim@glccargo.co.kr

* 2008년 9월 30일 투고, 11월 25일 수정본 접수, 12월 12일 게재 확정.

는 경영에 심각한 압박요인으로 작용하여 제품재고 및 자재재고를 획기적으로 개선하는 노력은 제조기업 운영의 필수 활동이 되었다. 따라서 기업 내부의 제조 유연성 확보를 통한 효과적 재고 관리 필요성이 증가되었고, 자재조달 부문의 유연성 확보야말로 제조기업의 필수 경쟁력이라는 관점으로 인식되어 협력업체와 보다 밀착된 자재물류체계 구축 및 자재공급 업체와 제품제조업체와의 Win-Win전략 구축에 기업들이 집중적인 노력을 지속적으로 추진해왔다.

조달물류 중 제조기업의 자재관리부문은 중요한 위치에 있어 공급망 관리(SCM: Supply Chain Management) 추진 시 조달물류 개선활동이 선행되지 않으면 아무리 좋은 경영기법이라도 실패할 가능성이 높다. 따라서, 조달물류의 핵심인 자재관리 부문을 중심으로 시스템구축, 프로세스 개선, 물류비절감 및 제조 프로세스를 변혁하기 위한 도구로써 공급자관리재고관리(VMI: Vendor Managed Inventory) 방식이 국내에도 조금씩 도입되는 추세이다.

다양한 재고혁신활동 중 하나인 VMI 방식이 도입되기 전 자재공급업체는 잦은 납품으로 인해 운송비용이 증가되고 정보인프라가 구축되지 않아 과다생산 및 과소생산이 발생하는 경우가 많았다. 제품제조기업의 자재창고에도 재고가 쌓이고, 이로 인해 불용자재가 생기고 자재공급 업체창고 역시도 같은 문제가 상존해 왔다. VMI는 이론적으로 이러한 문제를 해결하여 자재공급업체와 제품제조업체가 상호 이익을 확보할 수 있도록 도와주는 역할을 할 수 있을 것으로 기대되어 왔다.

그러나, 실제 기업에서 VMI 추진 시 많은 문제가 발생되었고, 개념적이고 추상적인 방식으로 추진할 경우에는 도입 후 많은 성과가 나지 않고 오히려 근본목적을 달성하지 못하고 부분적인 추진이 되는 경우가 많이 있는 것 또한 현실이다. 많은 논문과 실제 사례에서 VMI 추진성과가 검증되었다고 보고되고 있지만, 모든 업종에서 VMI 적용 시 동일한 프로세스와 성과를 기대하기는 어렵다. 이는 추진 과정에서 기업별 특성이 서로 다를 뿐 아니라, 각 부문의 업무형태가 다르고 단지 재고를 절감하는 목적만 부각할 경우 전체적 효과를 기대하기 어렵기 때문이다.

본 논문에서는 전자제품을 생산하는 국내 최대 전자기업과 부품·원자재에 대한 공급 업체와의 성공적인 VMI 추진사례를 실증적으로 분석하여 VMI 추진에 대한 추진과정의 프로세스 정립 및 문제점 해결방안을 제시하고, 국내외 전자제품을 생산하는 기업들에게 SCM 구축을 위한 조달물류 혁신 활동의 일환인 VMI 추진에 대한 문제점 및 사전 해결방안을 실증적으로 제시함으로써 SCM 구축에 많은 도움이 될 뿐만 아니라, 이를 통한 경쟁력 확보에도 많은 도움을 줄 수 있다고 생각되어 진다.

2. 국내외 VMI 성과에 대한 선행연구

APICS(American Production and Inventory Control Society)에서는 VMI를 “공급자가 상품을 팔거나 사용하기 전까지는 대금을 지불받지 않고 고객이 지정하는 장소에 물품을 공급해주는 과정”이라고 정의하고 있다.

Achabal(2000)은 “VMI는 공급자가 물류창고에서 상품을 보충하고 유지하도록 고객과 공급자 사이에서 정보를 교환하는 보충 프로그램을 말한다”라고 하였다. 또한, Dong & Xu(2002) “VMI는 다양한 산업에서 널리 사용되어 왔으며 위탁재고로 알려져 있다”라고 개념을 정립 하였다.

따라서, 이러한 선행연구에서 VMI 개념을 종합해 보면, VMI란 자재공급업체(Vendor)가 고객의 수요 변화에 신속하게 대응하기 위해서 수요 정보와 재고 정보를 완성품 제조업체와 공유하는 거래 협력 관계를 구축하고 효율적인 적시 재고 보충에 대하여 책임을 지는 프로그램으로 Supply Chain상의 관련 기업 간 Win-Win 전략 기법이라고 정의 할 수 있다.

VMI 적용 시 기대효과로는 유통과 공장에서의 전반적인 재고 수준이 감소되고 재고관리의 일원화로 효율화를 기할 수 있으며 수요변동에 대한 유연성의 증대로 결품율을 극소화하여 제조 기업이나 유통업체의 경쟁력 향상에 기여한다. VMI 기법은 주로 유통회사에서 추진되는 기법으로 처음 P&G사에서 도입하여 Schnuck's Market과 최초로 도입한 후 Walmart, K-Mart등으로 확산되어 운영되어 왔다.

<그림 1>과 같이 제조기업의 VMI를 정의해 보면 “생산라인에서 필요할 때 필요한 수량의 자재를 요청하면 VMI 자재창고에서 제조현장으로 출고시키고 제조 기업은 출고사용량만큼 공급자에게 대금을 지불하고 공급자는 생산 및 재고정보에 의한 후 보충 납품을 하는 방식”이다.

2000년 이후 최근 VMI 성과에 관한 국내연구 결과를 보면 정석봉(2002)은 자동차 부품 제조업의 공급사슬에서 VMI를 적용한 결과 국내영업장의 월간평균재고는 23.7%, 고객서비스수준은 13.5% 향상되었다고 보고하였다. 민복기(2003)는 자동차부품을 공급하는 중소기업사례에서 정비용 예비부품 재고금액이 61.5% 감소되었고, 긴급주문에 의한 추가부담이 없어졌다고 주장한다. 홍재선과 이미숙(2003)은 자동차 및 전자 전기제품의 부품을 만드는 업체의 사례에서 고객요구일자대비 선적일자를 대비하여 고객요구일자 준수 납품 실적의 향상이 평균 76%에서 98%로 향상되었고, 재고회전율이 평균 4.4에서 7.1로 약 30% 향상되어 재고금액을 감소하였고, 이로 인한 생산효율의 안정성을 높일 수 있었다고 하였다. 박상기(2005)는 소비자 대상 직접 판매 소매업체의 사례에서는 장기적인 관계를 유지해온 안정적

인 공급업체만을 VMI 계약대상으로 해야 한다고 했다. 이명복(2005)은 중소부품제조업체를 중심으로 사례를 통하여 재고삭감 및 결품의 문제해결에 효과가 있고, 서비스향상과 물류비 절감에 성과가 있다고 하였다. 김주동(2006)은 대기업전자회사의 사례를 통하여 안정된 거래처와 가격의 확보, 안정된 가동을 유지, 납기 미준수 방지, 고객 만족도 향상, 물류비 감소, 장기불용재고 감소의 성과가 있다고 하였다.

우무진(2007)은 VMI 운영효과와 발전방안에 관한 연구에서 사례기업들은 수발주시간의 단축, 재고관리의 향상, 보관 효율 향상, 결품 및 유실방지의 성과가 있다고 하였다.

또한, 외국기업 연구 사례를 살펴보면, P&G사는 1992~1997년 VMI를 적용한 결과 재고회전율이 10.7%에서 12.5%로 증가되었고, 시장점유율이 24.5%에서 28%로 증가, 순이익도 6.4%에서 9.5%로 증가하였다고 보고하였다. 미국 Wal-Mart사는 공급업자들을 VMI 프로그램에 참여시킨 후 많은 성과를 거두었다. 재고회전율이 10에서 100이상으로 증가하였고, 미드존슨은 12에서 52로 증가하였다. GM 브라질에서는 재고절감 및 최소비용으로 서비스대응력을 높였다. 인도의 Marico社는 결품(Out-of-Stock)이 30% 감소되었고, 재고비용 및 불필요한 비용이 절감되었다고 보고하였다.

Disney and Towill(2003)는 VMI가 고객의 요구를 충족시키는 생산전략으로서 상당한 기여를 할 수 있고 고객과 밀착해서 작업하는 것이야말로 불확실성을 줄이고, 대신 단순함과 신뢰성을 업무에 부여한다고 했다.

Gustafsson and Norrman(2001)은 VMI가 적절하게 적용되었을 경우, 주문리드타임, 정시납품율, 재고회전율, 전체오버헤드 비용의 기업 성과지표를 개선시킬 수 있다고 주장한다.(이

승우 2006)

국내의 사례를 종합하여 볼때, VMI 추진결과 주요 성과 내용은 재고감소, 즉, 재고회전을 향상이고, 또한 불확실성의 감소로 인해 판매실적과 수요 및 재고정보의 동기화, 재고비용의 절감, 결품의 감소이다. VMI 추진에 의한 성과는 결과적으로는 순이익증가라고도 볼 수 있다. 이는 매출액 향상에 의한 시장점유율 증가, 공급업체의 안정된 가동을 유지, 조달리드타임의 단축, 납기준수율향상, 재고유지비감소, 불용재고의 감소 등으로 나타나며, 유통업체든 제조기업이든 확실한 이익을 주는 SCM상의 조달물류 혁신 도구임에 틀림이 없다.

그러나, 국내 전자 및 자동차 생산 대기업들의 VMI 추진 성과에 대한 선행연구들은 일부 성과를 보고하고 있지만, 기업 자료의 폐쇄성 등에 의하여 구체적 추진 프로세스나 추진 프로세스상의 문제점들에 대해서는 깊이 있게 분석하고 있지 못하다. 특히, 완성품 업체는 VMI를 통해 직접적 비용 절감을 기대할 수 있지만, 자재공급업체들의 비용 및 관리 측면에서의 성과에 대한 연구는 매우 미흡한 상황이다. 본 논문은 VMI 도입에 따른 자재공급업체의 성과, VMI 실패 요인, 문제점들을 실제 사례를 통해 짚어 봄으로써 VMI를 도입하고자 하는 기업이 사전에 문제점을 점검할 수 있도록 돕고, 문제점 및 실패요인에 대한 실제 사례를 통한 해법을 제시함으로써, 추후 VMI 도입 뿐 아니라 관련 이론적 연구에서도 크게 활용이 가능할 것으로 판단된다.

본 논문의 학문적 기여는 첫째, 제조 대기업의 VMI 구축 프로세스를 실증적으로 분석하고, 둘째, 이 과정에서 발생한 구체적인 문제점들을 분석 이에 대한 해결방안을 제시하는데 있다.

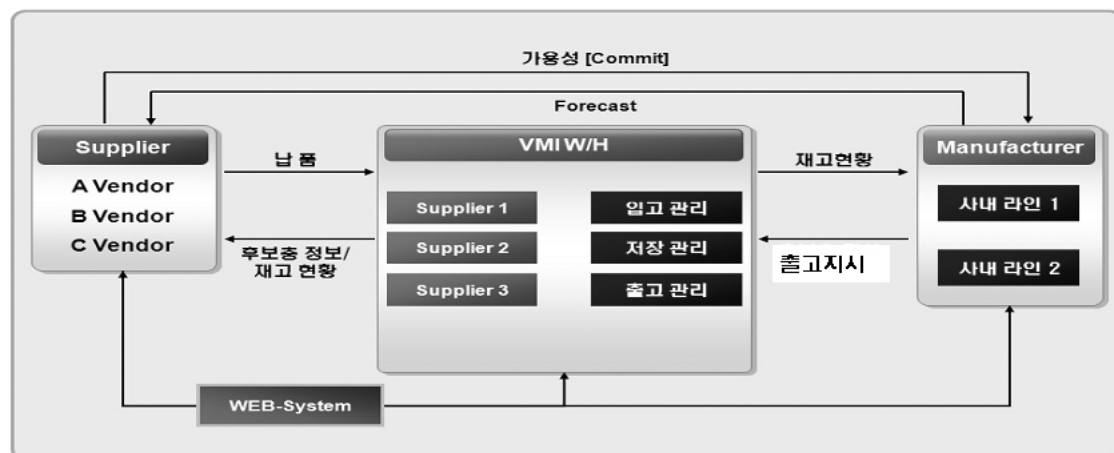


그림 1. 제조기업 VMI 개념 흐름도출고지시

3. 국내 제조기업에서의 VMI 추진 프로세스

사례 대상 기업은 국내 제조 대기업으로 Monitor 및 TV를 제조하는 기업으로써 전체자재 품목 중 국내에서 구입하는 약 7,600여 품목에 VMI를 적용하였고, 자재공급업체수로서는 160여개 업체가 참여하였다. 해외에서 구입하는 자재는 BWT(Bonded Warehouse Transaction) 및 구매대행업체를 통한 다른 방법으로 적용하였으나, 본 연구에서는 국내자재를 대상으로만 적용한 내용을 고찰하기로 하였다.

앞서 선행연구에서 설명하였지만, VMI는 주로 유통업체에서 공급자와 판매자의 관계로 많은 발전을 거듭하였고, 제조기업 내부의 자재물류에 적용된 사례 및 이에 대한 상세 분석은 많지 않은 상태이다. 그러나, 2000년 이후부터 국내제조기업도 VMI를 적용하기 시작하여 현재는 많은 기업에서 VMI 도입을 적극적으로 고려하고 있다. 예전에는, 정보인프라의 미비로 인해 VMI 적용이 어려웠지만, 지금은 IT산업의 발전으로 제조기업 내부의 조달물류인 자재관리 부문까지도 정보체계가 효과적으로 구축되어 VMI를 적용하기 위한 인프라 구축이 어느 정도 완성되었다고 볼 수 있다. 본 장에서는 성공적으로 구축된 국내 전자제품 제조대기업의 VMI 적용 실제사례를 기본으로 하여 VMI추진 프로세스를 제시하고자 한다.

VMI를 제조기업의 자재조달관리 부분에 적용하기 위해서는 사전에 많은 선결과제들에 대한 개선노력이 있어야 한다. 먼저 VMI 자재업무 프로세스를 MRP(Material Requirement Planning)에서 현장출고까지 업무흐름을 살펴보면 아래 <그림 2>와 같다.

기존의 업무 프로세스와 비교하여 특별히 다른 점은 자재공급업체가 제품 제조 기업에 자재를 입고와 동시에 자재대금을 수령하고 제품제조기업의 재고로 인식되었으나, VMI를 적용하는 시점에는 VMI창고에 입고는 되었지만 제품제조기업의 생산라인으로 출고하는 시점(팔리는 시점)에 대금을 지불하고 VMI창고의 제반 활동도 자재공급업체에서 관리하는 프로세스이다. 따라서 팔리는 시점 이전에 재고는 자재공급업체의 재고로 인식되는 것이다.

3.1 VMI 추진 프로세스

3.1.1 공급 업체와 공감대 형성

기업내부에서 경영혁신을 추진하기 위해서는 물론 내부 각부 문간의 개선활동을 통해 최적화를 만들지만 더욱 중요한 것은 기업외부에 있는 자재공급 업체와의 혁신에 관련된 공감대를 형성하여 win-win할 수 있도록 해야 된다. 따라서, 자재공급 업체의 CEO 및 혁신을 주도할 수 있는 관리자의 교육과 개선후의 기업

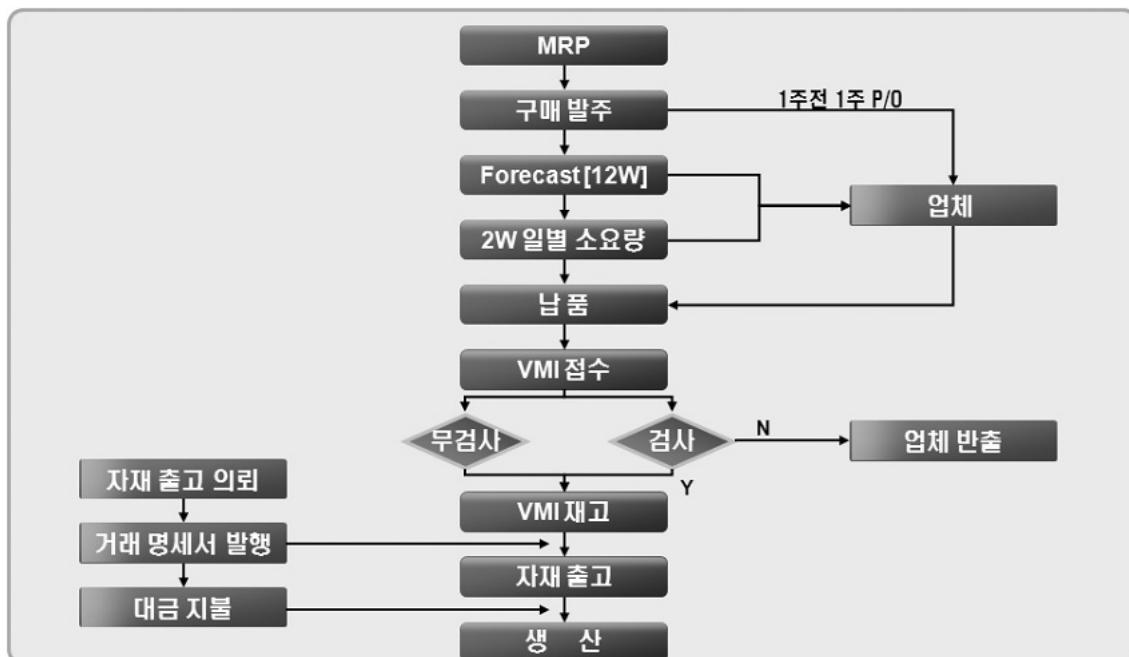


그림 2. VMI 프로세스 흐름

경쟁력부문의 가시적인 효과의 공감대를 형성하여 추진하여야 한다. 이는 주도적으로 제품 제조 기업에서 추진되어야 한다.

3.1.2 Task Force 팀 구성

VMI는 단순히 구매 및 자재관리부문만 개선해서는 실패한다. 자재관리는 제조, 구매, 품질, 생산관리의 전부문과 직결되어 있어 부분적인 개선은 전체최적화가 될 수 없을 뿐 아니라, 구매부문의 SCM 추진에도 많은 영향을 미친다. 따라서, VMI를 적용하기 위해서는 각 부문별 리더를 선발하여 프로젝트를 원만히 해결할 수 있어야 한다. 사례기업에서는 대리 실무급 이상의 인원으로서 구매, 조달, 전산, 제조, 품질 부서의 핵심인력을 선발하여 6개월을 기간으로 추진하였다. T/F팀원들은 기존의 업무를 하지 않고 상근하여 6개월간 T/F 업무에만 전념하였다.

3.1.3 VMI적용전 전부문 현상분석

T/F팀이 결정되면 자재관리를 중심으로 하는 모든 연결부서의 현 상태를 면밀히 분석해야하며, 시스템, 프로세스, 인력 등으로 문제점을 구분하여 발체하고 특히, 내부적인 문제뿐만 아니라, 공급 업체의 현상도 함께 분석하여야 한다. 모든 프로젝트가 그러하듯이 현상을 정확하게 분석하지 못하면 좋은 대안을 찾아낼 수가 없으므로 이 단계에서는 매일매일 분석한 자료를 가지고 정리해 나가야 한다.

3.1.4 VMI적용 선결과제 발체 및 개선

현상분석을 토대로 MRP 정확도 향상, 재고 정보 정확도 향

상, 협력업체 정보 인프라 구축, 자재 기준 정보 정확도 향상, 자재코드화, 무검사 확대 추진 등 적용 전 많은 선결과제들을 집중적으로 발체하고, 단위 항목들에 대한 개선이 선행 추진되어야 한다.

3.1.5 VMI 시스템 구축 및 운영방법 제시

SCM체계의 시스템 구축은 필연적으로 뒷받침되지만, 특히, VMI 시스템은 현재의 자재관리업무의 변화를 가져오므로 디자인할 때 많은 참여가 필수적이라고 생각되어 진다. 또한, 운영방법의 정형화는 표준화의 단계라고 인식하여 사전에 정해두어야 한다. VMI 시스템 구축 방법으로는 VMI 시스템은 기업내부에 맞게 새로 디자인해야한다. 현재 기업에서 쓰고 있는 ERP 시스템은 VMI를 수용하기가 어렵다고 판단된다. 왜냐하면, 기존의 흐름과 다르고 출고의 방법이 상의하여 어떤 방법을 채택하느냐에 따라 다르기 때문이다. 본 사례에서는 아래 <그림 3>과 같은 시스템 흐름도를 참조하여 적용하였다.

본 흐름도는 VMI 창고를 별도로 운영하여 출고시점에서 자재대금을 지불하는 방식으로 디자인 된 흐름도 다.

VMI 시스템을 구축한 후 시스템 운영기준을 설정하여 시스템이 원만하게 진행될 수 있도록 하기 위한 많은 규정이 있으나, 전체를 다 다루기는 어려우므로 제조기업 내부에서 운영 시 중요한 사항만 간단하게 정리하여 제시하고자 한다.

1) 구매발주량 예측 정보(Forecasting)

구매발주 예측량은 MRP 결과의 주차별 소요량을 Web을 통

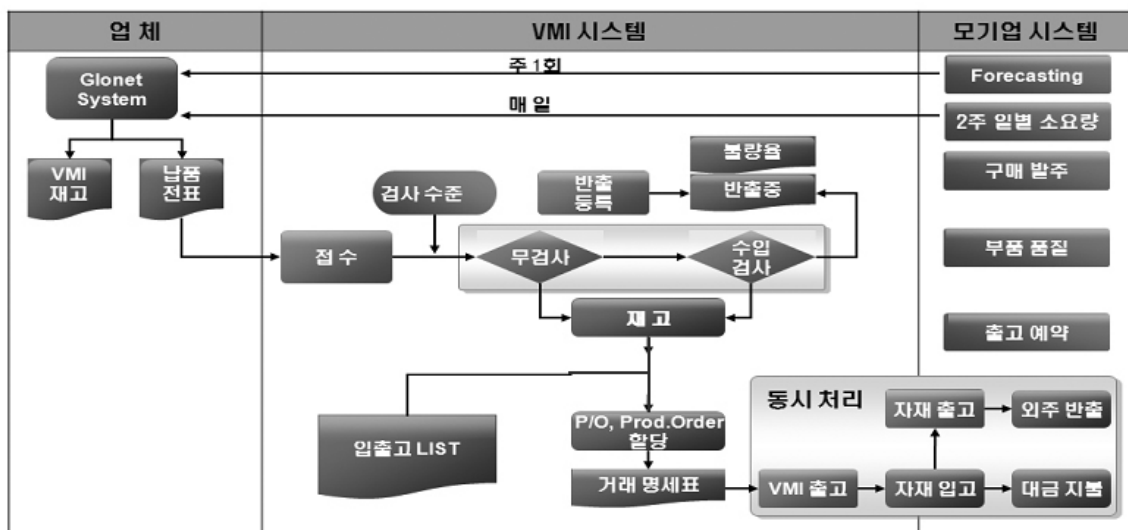


그림 3. VMI 시스템 흐름도

하여 공급업체에 전송한다. 예측량은 공급업체의 사전원자재 수급의 기본정보로서 대단히 중요하다. 예측물량 운영주기는 매주 1회 실시하며 최장 12주 물량을 주차별로 통보한다.

2) 일별 소요계획 정보

일별 소요계획은 생산정보와 VMI창고 재고정보를 감안한 일별 필요소요량을 공급자에게 Web을 통하여 전송한다. 일별 소요계획의 운영주기는 매일 1회 실시하고, 일별 소요계획 구간은 2주 일자별로 하여 부족부분을 소요량 대비 일자별로 미리 예시해준다.

3) 납품전표

자재공급업체에서는 Web을 통하여 수신한 일별소요계획을 참조하여 납품예정량을 등록한다. 납품 예정량을 등록하고 실행하면 납품전표 번호를 부여한다. 납품전표 번호가 부여되면 납품전표와 실물을 납품 한다.

4) 수입검사

VMI 적용자재는 원칙적으로 무검사 이지만, 초기자재 및 문제자재발생시 품질관리를 해야 됨으로 초기 10롯트까지는 지속적으로 검사해야한다. 따라서, VMI 창고에 접수된 자재는 검사수준을 체크하여 무검사 품목은 VMI 창고 가용재고로 이동하고 검사품목은 수입 검사를 한 후 합격 처리가 시스템 상으로 되어야만 창고로 입고된다. 무검사 품목이라 할지라도 30롯트에 1회씩 검사품목으로 자동 전환되게 하여 지속적인 품질관리를 병행하고 있다.

5) VMI 출고 의뢰 및 자재 불출

제조사용부서의 출고 담당자는 생산계획에 의거 생산지시(Production order)별 출고를 의뢰한다. 자재출고 의뢰 시 한품목이 다수의 공급업체일 경우 공정한 배분출고를 위해 전산 상으로 업체배분 원칙에 의거 자동 할당하여 출고량을 제시해 준다. 업체배분원칙은 다음과 같다.

- ① 배분의 우선순위는 월 출고 누계비율이 업체배분을 대비 가장 낮은 업체로 배분한다.
- ② 최우선 업체의 재고 및 발주 P/O (Purchase order) 잔량 부족 시는 차 순위 업체로 순차 배분한다.
- ③ 출고 의뢰 수량을 배분된 업체의 발주P/O(Purchase order)에 할당한다.

배분원칙을 설정하여 전산 상으로 자동 체크하여 업체별 할당

하는 목적은 VMI 창고출고담당자의 인위적인 출고가 없고 배분율에 의한 공평한 출고를 관리하기 위함이다. 확정된 자재 불출은 VMI창고 담당자별로 PDA를 통해 전송되어 즉시 출고해준다.

6) VMI창고 출고 및 납품 입고 및 출고

VMI창고에서의 자재출고는 제품제조업체 시스템에 자재 입/출고를 동시에 처리한다. VMI창고에서 정상 출고된 자재는 VMI창고로 반납 할 수 없으며 계획 변경 등으로 반납 시는 제품제조업체 시스템으로 반납하고 반납된 재고는 분리하여 관리한다. 또는, 반납된 자재를 재사용 할 때는 시스템 상으로 제품제조업체의 재고를 먼저 소진한 후 VMI창고자재를 사용하도록 한다.

7) 대금 지불

공급업체 대금지불은 VMI창고 출고 시 제품제조업체 시스템의 입고/출고 동시처리 결과를 대금지불과 연계 처리한다.

8) VMI 재고 처리기준

VMI 추진 이전에는 자재공급업체들이 납품과 동시에 대금지불을 받았는데 VMI추진 시에는 납품과 는 별개로 쓰는 만큼 대금을 지불 받는다. 따라서, 납품 후 계획 변경 등으로 쓰는 것이 지연되어 자재공급업체가 장기재고가 발생되어 제때에 자재대금을 받지 못하게 되는 것을 방지하고자 재고 처리기준을 아래 <표 1>과 같이 판정기준과 책임소재를 정확하게 정해 두어야 한다(S사 2005). 이는 VMI추진 시 제조기업과 공급자간에 신뢰하는 중요한 약속이다. 또한 아래의 내용은 기업에 따라 차이가 있으므로 참조하여 명확한 기준을 수립해야 한다.

좀 더 설명을 하면, 매 월말 VMI창고의 전체재고를 기준하여 아래의 기준에 들어온 장기재고자재는 단독자재일 경우는 판정기준일 1주일 이내에 대금을 지불하고(매월초) 범용성인 자재인 경우는 자재공급업체에 타 거래선에 소진판매를 유도한다. 그러나, 소진판매가 어려울 경우는 대금지불을 한다.

3.1.6 VMI 적용

사용하는 전체자재에 대해 일시에 VMI를 적용할 경우 많은 문제를 야기할 수 있으므로, 적용 시기는 단계별로 나누어 실시하여야 한다. 1단계는 품목별로 선정하여 금액이 큰 순으로 적용한 후 수평 확대를 해야만 완벽하게 적용할 수 있고, 2단계는 저가 및 품목수가 많은 종목을 선정하여 확대 적용해야한다. 또한, JIT자재, 외국자재등도 병행하여 구분 추진하여야 한다.

1) 시범적용

품목별 공급 업체를 선정하고 VMI추진을 약1~2개월간 시범 적용한다.

2) 확대적용

시범적용을 한 후 문제점을 개선하고 전 품목을 확대 적용한다. 이때 절대로 부분적으로 적용해서는 안 되고 제조 기업이 보유한 국내자재 100%를 확대 실시해야만 효과를 극대화 할수 있다. 많은 기업들이 VMI추진 후 지속적 성과를 못내는 이유 중의 하나가 부분적인 VMI추진이고, 이로 인해 지속적으로 추진하지 못하는 현실이다.

3.1.7 자재공급업체 및 제조회사 추진성과 조사

확대적용 후 보통3개월을 적용하여 추진한 후 제품제조회사 및 자재공급업체의 추진성과를 면밀히 파악하는데 정량적인 면과 정성적인 면을 함께 파악해야 되며 기존의 방법과 비교하여 개선되지 못하고 문제가 있는 부분도 함께 파악하여야 한다.

3.1.8 프로세스 및 시스템 재정립

추진성과 조사의 결과를 통해 새로운 프로세스를 재정립하고 시스템의 개선사항도 함께 개선해야만 완벽한 VMI적용이 실현된다.

3.1.9 VMI 프로세스 표준정립

프로세스 및 시스템이 완벽하게 구현이 되면 각 부문에서 관리되어야 하는 부문과 업무 매뉴얼을 제작하여 VMI프로세스에 대한 업무 표준을 정립해야한다.

3.1.10 VMI창고관리 3PL추진

VMI창고는 기업 내부 또는 외부에서 운영할 수 있으나 제조현장과 거리가 너무 떨어져 있으면 운반비용과 현장대응이 빠르지 못해 가급적이면 기업내부에서 운영하는 것이 더욱 효과적이라 할 수 있다. 또한, VMI가 100% 진행되면 VMI 창고 전체를 3자 물류업체를 통해 관리하게 함으로써 제조기업의 조달물류비용을 획기적으로 절감해야 한다.

이상과 같은 10가지 단계를 거쳐 실시하여 기업내부 전부문과 연계할 뿐 아니라, 공급업체와도 공조체제를 이루므로 인해 상호간의 경쟁력을 향상시킬 수 있으며 일시적이지 않고 지속적인 VMI추진이 가능해 진다.

4. 성과분석 및 추진 상 문제점

4.1 성과분석

제조기업 내부 자재물류에 VMI를 적용한 사례를 분석 고찰해

표 1. VMI재고 처리기준 사례

판정 기준	MRP	매주 MRP 수행 후 품목별 구간에 소요량 계획
장기 재고	과잉	■4주간 MRP 소요량 보다 초과 되는 재고 물량 - 품목별 또는 종목 특성을 고려 기간 설정
	부진	■8주간 구간에 MRP 소요량이 없는 재고 물량 - 품목별 또는 종목 특성을 고려 기간 설정
처리 기준	단독 자재	■판정 기준일 [매월초] 1주일 이내에 대금 지불 품의 - 품목별 또는 종목 특성을 고려 기간 설정
	범용 자재	■협력사에서 소진 대책을 최대한 수립 - 불가한 경우는 당[사]에서 대금 지불 품의
처리 방안	P/O 물량	■범용 자재 - 표준화된 부품에 대해 거래선 다변화 가능하므로 타 거래선 판매 유도 ■단독 자재 - 단독 자재 발생시 원인별 별도 대책 공동 수립 - 발생 원인 [단종, CEO, 물량 조정등] 별도 구분
	물량 변동	■범용 자재 - 범용 자재에 대해서 반납, 전용, 타 거래선 판매 검토 [공동 협의] - 확정 부실에 대해서는 당사 부담 ■단독 자재 - 발생시 당사 부담

본 결과 다음과 같은 추진성과를 얻을 수 있었다. 추진성과를 정량적 성과와 정성적 성과로 나누어 기술하고자 한다.

완성품업체 측면에서 보면, 먼저 정량적 성과로는 자재재고금액이 125억에서 제로(Zero)가 되었고, 조달소요기간이 10.1주에서 2주로 획기적으로 감축되었으며, 인력측면에서도 16명이 2명 체계로 변화하였다. 또한, 장기불용재고가 50%로 획기적으로 감축되었다. 정성적성과로는 시스템에 의한 출고배분에 따라 업체 배분율의 투명성이 확립되었고, 재고관리의 범위가 축소되었으며, 재고조사 준비시간 및 실사시간이 획기적으로 단축되었다. 또한, 일일소요량 Rescheduling에 의한 수급계획업무가 획기적으로 감소되었으며, 부족자재가 발생되지 않아 라인 생산 시 원활한 제조를 할 수가 있다. 구매 부문 기대효과로는 구매부문의 업무가 물량분석 및 예측이 수작업에서 자동화로 바뀌어져 문제 해결 중심의 전략적업무로의 전환이 되었으며, 업체간 상호 커뮤니케이션을 강화하여 문제해결능력을 갖출 수가 있다. 실시간으로 모든 정보가 쌍방향으로 진행되어 신속한 의사결정을 이룰 수 있으며, 제조라인의 자재품질로 인한 문제가 극소화되는 성과를 거두었다. 또한, VMI는 팔리는 데로 대금을 지불하는 시스템이어서 완성품 제조사의 재고에 따른 관리비가 획기적으로 감축되었다.

부품 공급업체의 경우 다양한 업체가 VMI에 참여하게 됨에 따라 성과에도 일부 편차가 있었다. 이를 다시 확인하기 위하여 VMI추진 중인 부품 공급업체 중에서 모기업에 영향을 주는 납품 물량을 기준으로 상위 50개 기업을 선정하여 설문조사를 실시하였다.

설문에 참여한 부품공급업체는 전자제품에 들어가는 자재를 공급하는 대표적인 공급업체로서 설문을 작성하여 회사방문 및 전자문서를 통해 조사를 하였다. 아래 <표 2>에서 나타나듯이 50개 기업 중 31개 기업은 생산관리 및 영업 부서에서 VMI를 전담하였고, 11개 기업은 구매/조달 부서에서 담당하였다.

표 2. VMI 담당 부서

담당부서	기업 수
구매/조달 부서	11
제조 영업 부서	2
물류 부서	6
생산관리 부서	31

각 부품 공급업체에 대해 VMI 도입 전/후의 비용 및 관리 측면에서의 성과를 7점 척도로 비교하도록 질문하였고, 이에 대해 <표 3>과 같이 단일표본 t검정을 실시하였다. 성과표에서 4점은 VMI 도입 후 성과가 보통 정도, 7점은 매우 향상, 1점은 매우 감소를 의미한다.

표 3. 부품 공급업체들에 대한 성과 분석

항목	평균	표준편차	t값	p값
재고 회전을	3.98	1.49	-0.095	0.925
납품 운송비	4.16	1.33	0.850	0.399
창고 운영비	3.88	1.32	-0.643	0.523
긴급주문 대응력**	5.72	1.84	2.082	0.043
안정적 생산운영*	5.22	1.08	8.028	0.000
납품 리드타임*	4.66	1.38	3.384	0.001
물류프로세스 관리*	4.80	1.28	4.427	0.000
부품 품질*	4.78	1.42	3.889	0.000

(단일표본 t검정; 50개 샘플; 비교값 4점; *는 $p<0.01$ 에서 유의한 수준,

**는 $p<0.05$ 에서 유의한 수준)

단일표본 t검정을 이용하여 성과향상이 보통이라는 의미의 4점과 각 기업의 성과를 비교하였으며, 표에서 알 수 있듯이 재고 회전을, 납품운송비, 창고운영비 등 비용 측면에서 유의한 수준의 차이를 나타내지는 않았다. 즉, 재고회전은 평균 3.98로 4점보다 평균이 약간 낮게 나왔지만 유의한 차이는 아니라는 의미로서 재고회전에 큰 향상이 있었다고 볼 수는 없다. 평균을 놓고 볼 때 재고회전의 일부 감소, 창고운영비의 증가, 그리고, 운송비의 절감이 있었다고 파악할 수 있으나, 통계적으로 유의한 수준은 아니었다. 이는 VMI 도입 이후의 비용 측면에서의 성과 비교를 장기적 측면에서 살펴볼 필요가 있음을 의미한다. VMI 도입에 따라 부품 공급업체들의 재고회전이 일시적으로 낮아지는 경우가 발생할 수 있는데, 이것은 주로 품질에 대한 대응 차원에서 재고를 많이 보유하는 경향이 발생하는 것과 납품 운송비용 절감을 위해 TL 운송 (Truck load)을 늘리며 나타날 수 있다. 비용 측면에서 유의한 차이는 아니지만, 재고회전율과 창고운영비 측면에서 성과향상이 다소 미흡한 반면 운송비가 다소 절감되었다는 결과가 나온 것이 이러한 현상을 설명한다고 볼 수 있다.

이에 반해 긴급주문 대응력, 안정적 생산운영, 납품 리드타임, 물류프로세스 관리, 부품 품질 등의 관리 및 서비스 관련 지표에서는 유의한 차이가 있다는 것이 파악되었다. 특히, 긴급주문대응력과 안정적 생산운영 측면에서는 상당한 효과가 있음을 알 수 있다. 따라서, 부품공급업체들 역시 VMI의 도입을 통해 프로세스 관리 및 서비스 측면에서 긍정적인 효과를 거뒀음이 증명되었으며, VMI 도입이 단순히 비용 측면에서의 절감 뿐 만 아니라, 프로세스 관리 및 고객사에 대한 서비스 측면에서의 성과향상에 도 큰 기여를 하고 있음을 알 수 있다.

또한, 비용 절감이 기대 이상이라고 응답한 그룹 (성공 그룹)과 보통 혹은 기대 이하라는 그룹 (일반 그룹)의 상세성과를 t검정에 기반하여 비교해보면 보다 명확한 차이를 파악할 수 있다. <표 4>에서는 각 그룹에 대해 단일표본 t검정을 실시하여 성과가

보통이라는 의미의 4점과 차이가 있는지를 살펴보았다. 성공그룹은 재고회전을, 납품운송비, 창고운영비가 모두 상당히 개선된 반면 일반그룹은 재고회전율과 창고운영비에서 비용 절감효과가 미미함을 나타내고 있다. 일반그룹의 납품운송비용은 보통 수준과 큰 차이가 없음을 나타낸다. 그러나, 서비스 및 비용 측면에서 살펴보면 성공그룹과 일반그룹 모두 안정적 생산운영과 부품 품질 측면에서 상당한 개선이 있었음을 알 수 있다. 즉, 일반그룹의 성과에서 알 수 있듯이 비용절감 효과가 크지 않더라도 관리 측면에서 VMI가 상당한 효과를 나타냄을 알 수 있다.

표 4. 성공그룹과 일반그룹 사이의 상세 성과 비교

항목	성공그룹 평균	일반그룹 평균
재고 회전율	5.294*	3.303*
납품 운송비	5.118*	3.678
창고 운영비	4.706*	3.455**
긴급주문 대응력	5.706*	5.722
안정적 생산운영	5.941*	4.485*
납품 리드타임	5.235*	4.364
물류프로세스 관리	5.471*	4.455
부품 품질	5.118*	4.606*

(t검정: *는 $p < 0.01$ 에서 유의, **는 $p < 0.05$ 에서 유의한 항목)

본 연구에서는 1개의 완성품제조업체와 50개의 부품공급업체의 성과에 대해 상세히 분석하였다. 앞의 분석에서 알 수 있듯이 완성품제조업체는 비용 및 관리 측면 모두에서 상당한 성과가 있었고, 부품공급업체의 경우에는 서비스 및 관리 측면에서 상당한 성과가 있었음을 알 수 있다. 50개 부품 공급업체 중 비용절감효과가 그리 크지 않다고 응답한 기업들의 경우에도 서비스 및 관리 측면에서 성과가 있었고, 비용절감효과가 크다고 응답한 기업들은 재고회전율, 창고운영비, 납품운송비에서도 큰 효과가 있음을 나타내고 있다. 추후 연구에서는 비용절감효과가 큰 성공그룹 기업들과 비용절감효과가 크지 않은 일반그룹 기업들 사이의 성공 및 실패 요인에 대해 실증적 분석을 할 필요가 있다고 판단된다. 본 연구에서는 완성품제조업체 입장에서의 성공 및 실패 요인에 대해 사례 분석을 실시하여 이를 다음 절에서 상세히 설명한다.

4.2 완성품 제조업체 입장에서의 추진상 문제점

제품제조기업의 VMI 추진 시 가장 큰 문제점은 자재공급기업과의 공조체계를 구축하는데 어려움이 많다는 것이다.

이는 VMI 추진이 WIN-WIN한다는 사실을 불신하고 기존에 구매발주량을 납품과 동시에 대금지불을 받았던 업무관행에서

VMI 추진 시 재고비용의 부담 및 장기재고 발생비용을 전가한다는 우려를 가지고 있어 이를 설득하고 함께 참여시키는데 많은 시간을 소비하였다.

ERP시스템의 문제점은 데이터 및 프로세스가 기업특성을 고려하지 못하고 획일적으로 표준화된 모듈로 규정되어 있는 경우가 많아서 기존의 업무관행을 한꺼번에 고치기가 어려웠을 뿐만 아니라, 현재의 틀에서 어려운 부분은 새롭게 재 디자인하는 노력들이 많이 소요되었다. 상호간 정보 전달 체계인 시스템 구축은 자재공급기업의 시스템적 사고 및 인프라가 미흡하여 참여 대상 업체의 일괄적인 레벨향상을 위해 교육 및 투자에 많은 어려움이 있었다.

VMI추진의 성공요인 중에 하나는 상호간의 실시간 데이터 정보교환이 되어야만 하는데 여러 정보 중에서도 각 모델별 라인별 생산계획정보를 실시간으로 자재공급업체에 제공되어야 하는데 제품 제조 기업 내부의 관련 부서에서는 기업비밀자료로 인식하여 생산계획현황이 전체 자재공급업체에 누설됨으로 문제가 심각하다는 반대에 부딪쳐서 이를 설득하고 시스템적으로 이를 보완하는 문제가 야기되었다. 잦은 생산계획 변경으로 재고의 증가와 결품이 발생하여 제품제조기업의 생산 계획 변동율 극소화를 위한 생산 전략으로 바꾸면서 적용시켜야 되는 문제가 발생되었다. 기업 내부적으로 생산관리, 구매, 품질, 제조 등 전부서가 긴밀한 협력과 데이터를 공유하여 VMI추진목표를 달성해야 됨에도 불구하고 부서이기주의 및 상호신뢰성 부족으로 인한 비협조적인 업무관행으로 많은 어려움이 있었다. 여러 가지 문제점이 있겠지만 중요한 문제점을 몇 가지 정리하고자 한다.

1) 자재창고의 관리 인력 및 운영미흡

기본적으로 기업에서는 자재창고인력을 단순한 노무자로서의 개념이 많아 창고 업무를 개선한다든지 주어진 업무에 대한 정확도를 향상시키는 우수한 인력의 부재가 문제가 되어 전반적인 창고관리가 문제가 되었다. 특히 재고정보와 실물정보의 불일치는 많은 문제를 야기할 수 있다.

2) 자재품목 과다와 자재코드의 체계화 미흡

자재품목이 많고 유사한 품목이 많아 모든 업무의 핵심은 자재코드로 이루어짐에도 불구하고, 종류별 그룹화 하여 체계적으로 관리하는 것이 미흡하다.

3) 자재공급업체간 정보인프라 부족

VMI참여하는 자재공급업체의 시스템 인프라는 천태만상이어서 균등하게 향상하는 것은 쉬운 일이 아니며, 정보공유가 일반적이고 쌍방이 실시간으로 안되는 것이 문제였다.

4) 자재조달의 기본적인 도구인 MRP에 의한 자동발주 미흡

구매부서에서 자재발주를 위해 MRP를 수행하여 자동발주로 이행이 되어야하나 자재기본정보의 관리 미흡, BOM 관리의 미흡, 자재 발주 패턴 관리의 부족 등으로 인해 수동으로 발주하는 일이 많아 구매담당자의 업무가 편중되어 업체관리 및 개선활동을 기대하기가 어려웠다. 그러나, 기업마다 특성이 있고 관리방식이 서로 달라 상기의 문제점이 모든 기업의 문제점이라고는 판단되지 않는다. 다만, 사례기업을 중심으로 도출되었던 문제점을 제시한 것임으로 기업의 문제점은 더욱더 현상을 정확하게 파악하여 많은 문제점을 발췌하여 VMI추진이 원만하게 적용될 뿐만 아니라 많은 성과를 거둘 수 있도록 해야 한다.

5. 완성품 제조기업 VMI추진시 문제점 해결방안

제조 기업의 VMI는 유통물류의 VMI보다 훨씬 복잡하고 기업 내부 각 부문별로 연결되어지는 제반사항들과 시스템을 이용하기 위한 정보관리, 실적 관리 등의 사전적 선결 과제를 개선하지 않고 맹목적으로 VMI를 적용하는 것은 실패할 뿐만 아니라, 이로 인해 생산과 직결되어 있는 부문임으로 제조 기업의 막대한 손실뿐만 아니라 많은 공급 업체들의 불만과 어려움이 한꺼번에 야기될 수 있으므로 다음에서 제시한 제조 기업에서 VMI추진 시 문제점 해결방안으로써 선결 과제들을 기업 실정에 맞게 적용 개선하여 VMI적용이 성공적으로 마무리 될 수 있었으면 한다.

5.1 MRP 정확도 향상

제조 기업에서는 MRP 시스템을 대부분 적용하고 있으나, 여러 가지 요인 변수에 의해 그 정확도는 신뢰하지 못하고 참조용으로 쓰고 있는 경우가 많다. 대기업인 사례기업도 구매의 자동 발주율이 50%정도 수준인 것은 이것을 증명해 주고 있다. MRP 정확도를 향상시키기 위해서는 먼저 BOM(Bill of Material) 정확도를 향상시켜야 되며, parts-code, 협력업체, 조달 패턴등의 시스템의 기본 정보를 지속적으로 관리해야 되며 주기적으로 체크하는 프로세스를 가져야 한다. 따라서, 구매부문의 개선 활동을 지속적으로 하여 MRP를 이용한 자동 발주율이 80% 정도 향상 시킨 후 VMI를 적용해야 한다.

5.2 자재 창고 재고 정보 정확도 향상

이는 기본적으로 일상 제조활동 중 지극히 당연한 관리 항목

이라 생각하지만, 현실적으로는 오차가 발생한다. 재고정보 정확도 향상은 입고 프로세스에서부터 출고 프로세스를 분석하여 대기현상 및 정보 오류가능성을 사전에 체크하여 개선하여야 한다. 또한, 제일 중요한 것은 정보와 실물이 함께 항상 움직일 수 있도록 프로세스를 개선해야 한다. 업무 중 이중으로 체크하는 것이 자연적으로 될 수 있도록 해야 되며, 시스템적으로는 자재 정보관리를 철저히 해야 한다. 가령 저장위치, 재고이관 등을 수시로 하지만 정확하지 않으면 아예 전산에 입력되지 않도록 해야 한다. 재고 정보 정확도는 100%정도를 유지해야 되며, 그 이외도 미결 정리가 완벽하게 되어야 한다. 이는 MRP에 의한 발주 시 재고 정보를 감안해서 추가 발주량이 선정됨으로 과잉재고 및 부족자재가 발생될 수도 있는 중요한 관리 중에 하나이다. 창고의 실물과 정보가 일치한다는 것은 창고업무 전 프로세스가 확실하게 관리되어진다는 결과물이다.

5.3 생산 계획 대 실적 100% 전산 시스템화

제조 기업마다 다를 경우도 있는데 생산 계획은 일본기업과 같이 한달 간 아니면 일주일간 확정계획이 아니라 일별로 많은 변동이 있다. 그러나 이 변동 사항을 그때 그때 전산 시스템에 반영을 하지 않아 많은 문제가 야기되고 있는 것이 현실이다. 기업 내부에서는 ERP 시스템을 도입, 각각의 부문에 최적화를 이루고 있으나 이는 유기적으로 연결되어져 있으므로 한 부분만 안 될 경우에는 많은 부문이 함께 문제를 야기함으로 부분 최적화가 될 수 없는 요소이다. 따라서, 생산계획은 생산관리부서에서 생산실적은 제조에서 책임지고 운영해야 한다.

5.4 자재공급업체(Supplier)와 정보 인프라 구축

VMI추진이야 말로 SCM체계의 공급 업체와의 정보 전달은 가장 중요한 선결과제이다. IT산업의 발달로 이는 예전과 같이 어렵지 않고 좋은 환경에서 제품제조기업의 실제 정보들을 실시간으로 볼 수 있도록 해야 되며, 제조라인으로 출고하는 시점의 량들을 실시간으로 보아 재고 조정 및 납품 그리고 공급 업체 자체 생산관리에도 연동하여 추진 할 수 있도록 해야 만이 상승효과가 더욱 있다고 본다. 사례기업은 “Glonet”이라는 web기반 상으로 모든 정보가 실시간으로 전달되며 특히 제조 line별 일정 계획을 볼 수 있어 상호 정보 교환의 문제를 제로화 하였다.

5.5 자재 코드의 체계화

약 18,000여개의 자재들에 대한 종목별 분류하여 코드번호를

부여하여 모든 업무들을 수행 할 때 이를 활용하고 있다. 사례기업은 각 사업부별로 독립 재산제를 운영하고 있어 각 사업부가 각각의 별도 회사라고 해도 과언이 아니다. 그러나, 이로 인해 신규 자재 코드번호의 부여 등이 각 사업부에서 함으로써 똑같이 동일 자재가 사업부마다 다를 우려가 있다. 따라서 사례기업은 전사적으로 부품관리 T/F팀을 발족하여 창구를 일원화 시킬 뿐만 아니라 규격을 분류 하여 전 자재의 데이터 베이스화를 추진하여 등록 시 중복을 막고 부품 코드번호 체계를 유지 할 수가 있었다.

5.6 자재 기준 정보 정확도 향상

자재 기준 정보에는 여러 가지가 있을 수 있으나, 그 중 품목별 가격, 자재공급업체의 자재마다 조달 패턴을 사전에 정할 뿐만 아니라, 지속적으로 관리되어야 한다. 또한, 기준 정보는 자재부문, 모든 부문에 직결되어 있으므로 완벽하게 기록 관리 되어야 한다.

5.7 품질 안정화에 따른 무 검사 확대

자재가 납품되면 수입검사를 실시하는데 사례기업은 약 60%가 무검사 품목이었으나, 이를 95% 무검사 수준으로 향상시키기 위해 부품검사부서의 개선 활동을 추진하였다. 협력업체 품질원류관리 및 현지지도·검사·평가 등을 통하고 결과에 따른 발주량 조정 및 제품조립 후 품질문제 발생 시 책임 제도를 도입하여 성공적인 품질 안정화를 이룩하였다.

5.8 자재별 조달방법 분류 및 기준설정

사례기업의 제품제조를 위한 자재품목수가 약12,000여개가

있었다. VMI를 추진하기 전에 자재조달방식별, 발주리드타임별, P/O주기별, 정책 등을 사전에 규정하여 VMI 자재 뿐 만 아니라, 전자재가 순조롭게 운영될 수 있도록 해야 한다. 아래 <표 5>는 그 내용을 일부 정리해 놓은 것이므로 참조하기 바란다.

5.9 Vender별 부품이력제 도입(LTS :Lot Traceability System)

자재공급기업의 바코드정보를 기초로 자재출고 시 출고자재에 LOT NO.를 부여하여 관리 시스템 상에서 해당 데이터를 추적·관리하는 방식으로, 제조, 유통 후 품질문제 발생 시 시리얼 넘버, P/O(Purchase Order) NO, 모델명 등으로 해당 LOT NO를 조회, 역 추적하여 발생 원인을 파악하고 당해 불량요인을 제거함으로써 불량 재발 방지와 품질비용 절감을 도모할 수 있다. Lot 추적 관리범위는 부품제조공정에서부터 제품 제조공정 및 최종소비시장까지 전 유통과정에 적용되며, 적용 시 기대효과는 품질 측면에서는, 품질관리 인프라구축을 통한 바이어의 품질신뢰성 제고와 시장 실패비용 최소화 등의 효과를 자재관리 측면에서는, 출고프로세스 전산화를 통한 출고시간 단축과 재고정확도 향상의 효과 및 무 전표 출고시스템으로 인한 비용 절감 등의 효과를 기대할 수 있으며, 부품 제조사업장에서는 제조 LOT별 관리로 인한 품질마인드 제고와 LOT별 사용 이력 추적관리가 가능해지는 효과가 있다.

5.10 부품표준화 및 공용화 추진

전자제품을 생산하는 기업은 제품모델이 다양하고 많은 부품이 소요되는데 조달부문의 효율화를 위해서는 유사부품의 표준화 및 공용화를 추진하여야한다. 이는 연구개발에서부터 시 생산에 이르기까지 구매부분이 적극적으로 참여하여 부품정보 및 업

표 5. 자재별 조달방법별 기준설정

Pattern	의미 및 내용	선행 L/T	P/O 주기	정 책	비 고
V8	- VMI 내자 일반 품목	1주	1주	발주	- 주 단위 발주
VJ	- VMI JIT 대형물 자재류	1주	1주	납품	
VK	- VMI 내자 일반 품목	1주	1주	발주	
VC	- VMI 내자 일반 품목	1주	1주	발주	
VS	- VMI 내자 일반 품목	1주	1주	발주	
S1	특별물[Special]-L/T이 9주 이상인 특별 자재	12주	1주	발주	
L1	장기기품[Long]-L/T이 5~9주 자재	8주	1주	발주	
M1	중납기품[Month]-L/T이 3~4주 자재	4주	1주	발주	
W1	단납기품[Week]-납품량이 1주단위인 자재	2주	1주	발주	

체정보를 제공해 주어야 한다. 이를 위해서는 매월 추진 결과관리를 위해 연구개발부서 및 구매부서의 관리지표로 선정하여 매월 그 추이를 관리하여야 한다. 부품수가 줄어들면 구매비용 및 자재관리비용이 줄어들고 전 부문에 걸쳐 많은 성과를 거둘 수가 있으므로 이는 결과적으로 VMI추진시도 효과를 볼 수 있다.

이상과 같이 10가지 문제점 해결방안을 제시하였지만, 이는 제조기업 특히 대기업중심으로 해결방안을 제시하여 국내제조기업 전부의 해결방안은 무리일 것이다. 그러나, 전자제품을 생산하는 국내 제조 기업은 VMI추진 시 많은 선결해결방안에 공감할 것이다. 따라서, 해결방안을 참조하여 성공적인 자재조달물류의 VMI추진이 성공적으로 적용되어 많은 성과가 있기를 기대한다.

6. 결론 및 향후과제

SCM 체계 내 일부분이라고 생각되는 자재조달부문은 제조기업을 하는 기업내부의 가장 핵심이 되는 업무로써 오래 전부터 내부 효율화에 맞추어 개선 활동을 지속한 부분이라고 생각되어진다. 또한, 종전에는 생산 효율에 관련된 업무에만 초점을 맞추었으나 기업내부 물류의 중요성이 대두되어 기업 내부에서는 여러 가지 경영 혁신 도구를 사용하여 개선 노력을 기울여 왔으며 가시적인 효과로 경영에 일익을 담당하기로 했다. 특히, VMI 추진은 최고 경영자에서 일선 작업자까지 또한 자재공급기업의 올바른 이해가 선행되어야 하며, 무조건 외국선진 기업의 방식을 모방하기 보다는 각 기업에 처해 있는 현 상황을 고려해서 추진해야 하는 것이 가장 중요하다.

제조 기업에서의 VMI추진은 많은 기업들이 성과가 있다고 하지만 추진 시 아래의 문제점을 해결하지 않으면 성과의 지속은 어렵다고 본다. 문제점 해결방안으로는 MRP정확도 향상, 재고정보정확도 향상, 생산관리시스템 운영 정상화, 자재공급업체 정보인프라구축, 자재코드화의 체계화 관리, 자재 기준정보 정확도 향상, 무 검사확대, 자재 조달 방법 분류 및 기준 설정, 공급사별 부품 이력제 도입, 부품표준화 및 공용화 추진 등을 병행해서 선결과제들을 집중적으로 개선이 추진되어야 한다.

본 연구에서는 SCM체계 중 조달 물류부문의 VMI 추진에 관한 실증적 연구를 통하여 많은 국내기업들이 VMI추진 시 프로세스 및 선결문제점 해결방안을 정립하여 제시하였다. 제조기업 내부 물류(Inbound Logistics)자재부문 VMI적용 사례 분석은 조달 물류의 새로운 전기를 마련해 주었고, 이를 통해 내부 물류의 효율성 및 Supply Chain 전체의 기업 경쟁력을 갖추 수 있게 하였다. 끝으로, 본 사례 연구를 통해 보다 많은 기업에서 내부 물류인 자재 관리 부문에 VMI적용이 활발하게 이루어져서 기업경

쟁력을 갖추는데 일조할 수 있는 운영프로세스의 틀을 마련하여 제시하였다. 본 사례연구를 기반으로 하여 향후과제는 VMI에 참여한 자재 공급 기업에 대한 성과를 장기에 걸쳐 추적하여 분석하는 연구와 성공요인 및 실패요인에 대한 실증적 분석을 병행할 필요가 있다.

참고 문헌

- [1] 김주동(2006), 재고효율개선을 위한 VMI 시스템 사례 연구, *한양대학교 석사학위 논문*
- [2] 민복기(2003), VMI시스템의 적용을 통한 재고감소에 관한 연구, *전남대학교 석사학위 논문*
- [3] 박상기(2005), SCM구현을 위한 VMI시스템 구축에 관한 사례 연구, *중앙대학교 석사학위논문*
- [4] 삼성전자(2002~2007), SCM 추진자료 및 VMI추진 현황 보고 및 결과 보고, *내부보고서*
- [5] 이명복(2005), VMI도입이 물류성과에 미치는 영향에 관한 연구, *명지대학교 박사학위 논문*
- [6] 이승우(2006), VMI도입이 기업의 생산성과에 미치는 영향에 관한 사례 연구, *충북대학교 석사학위 논문*
- [7] 우무진(2007), SCM전략에서 VMI운영효과와 발전방안에 관한 연구, *중앙대학교 석사학위 논문*.
- [8] 정석봉(2002), 공급체인 환경하의 VMI적용에 관한 연구, *성균관대학교 석사학위 논문*
- [9] 홍재선과 이미숙(2003), VMI를 활용한 전기전자부품 생산업체의 재고실적 개선 사례, *한국SCM학회지*, 제3권, 제1호, pp.101~116
- [10] Achabal, D., and S. McIntype, S. Smith, K. Kalyanam(2000), "A Decision Support System for Vender Managed Inventory", *Journal of Retailing*, vol. 76, pp.430~450.
- [11] American Production and Inventory Control Society(2002), *APICS Dictionary*.
- [12] Disney, D.M., and D.R. Towill(2003), vendor managed inventory and bullwhip reduction in a two-level supply chain, *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 23 NO.6, pp.625~651
- [13] Gustafsson, J. and Norrman, A.(2001), Network managed supply execution of real-time

replenishment in supply networks, *Proceedings of international Syposium of Logistics, Salzburg Austria, 8-10, July*, pp. 77~82

- [14] Yan Dong,, and Kefeng Xu(2002), A Supply Chain Model of Vender Managed Inventory, *Transpotation Research*, 38, pp.75~95



김영삼

한국방송대학교 경영학과 학사
아주대학교 경영대학원 MBA 석사
인천대학교 동북아물류대학원 박사과정
현재 : (주)글로벌 로지텍 대표이사
관심분야 : SCM, 조달물류(Inbound Logistics), 3PL



송상화

KAIST 산업공학과 학사
KAIST 산업공학과 석사
KAIST 산업공학과 박사
현재 : 인천대 동북아물류대학원 교수
관심분야 : SCM, 기업물류



이동욱

계명대학교 경영학사
경북대학교 경영학석사
인천대학교 물류경영학 박사과정
현재 : 한국우편사업지원단 전임연구원
관심분야 : SCM, 기업물류

도요타생산시스템(TPS) 이행이 BSC성과에 미치는 영향†

김수행*† · 이미숙** · 문석환***

*경북대학교 경영학부 · **경북대학교 Post-Doc. · ***경북대학교 경영학부

Impact of TPS Implementation on the BSC Performances in Korean Automobile Industry

Soo-Haeng Kim^{†*} · Mi-Sook Lee^{**} · Seok-Hwan Moon^{***}

^{*}School of Business Administration, Kyungpook National University.

^{**}Post Doc., School of Business Administration, Kyungpook National University.

^{***}School of Business Administration, Kyungpook National University.

Many employees in Korean enterprises have visited Toyota Motor Corporation every year to learn the Toyota Production System(TPS). The TPS implementation levels and the BSC(Balanced Scorecards) performances will differ among companies in the automobile industry depending on their positions in the supply chain tiers. The purpose of this paper is to examine empirically the impact of TPS implementation level on the BSC performances at each supply chain tier in the Korean automobile industry. Independent variables of TPS on this study consist of 5 factors typically suggested by the previous literature. The results of empirical studies were summarized as follows.

First, the performance and TPS Implementation level of the companies were shown to be different depending on their position at the supply chain tier.

Second, the 1st tier suppliers marked the highest score in the preventive maintenance among TPS components and achieved the highest performance at customer perspective. The 2nd tier suppliers scored high in set-up time reducing compared to other TPS components and showed high performance at innovation and learning perspective. The 3rd tier suppliers showed high score in quality circles compared to other TPS components and performed high at internal business process perspective.

Third, the utilization of Kanban system seemed to be low among suppliers at the 2nd and 3rd tier due to the risk of stoppage of final customer's conveyor line caused by the bull whip effect.

Keywords: Toyota Production System, TPS, Supply Chain Tier, JIT, BSC

† 본 연구는 경북대학교 지원으로 수행되었습니다.

‡ Corresponding author: KangNam Park APT B-802, SunAm Dong, NamGu, Ulsan city, S. Korea, Tel: +82-11-9091-2978

E-mail: soohaengkim@knu.ac.kr

*2008년 10월 2일 투고, 11월 28일 1차 수정본 접수, 12월 10일 2차 수정본 접수, 12월 19일 게재 확정.

1. 서론

외환위기 이후 완성차업체의 소유지배구조와 시장구조가 변함에 따라 부품조달업체의 도급관계와 경쟁구도에도 영향을 미쳤다. 미국이나 유럽의 자동차산업과는 달리 계열사와 관계사 위주로 부품 조달이 진행되고 하위레벨의 부품을 생산하는 중소기업체는 이들의 강한 지배력에 영향을 받는 수직적이고 전속적인 단층거래 구조였다. 하지만 외환위기 이후에는 완성차업체의 재편과 플랫폼 통합으로 부품산업에 있어서도 구조개편이 시작되었는데, 홍장표(2003)는 첫째, 플랫폼 통합에 따라서 모듈생산 조립이 가능해졌기 때문에 대형 부품 계열사를 중심으로 모듈화가 진전되고 있다고 했으며, 둘째, 모듈화가 진전됨으로 인하여 부품업체의 납품관계에도 변화가 오고 있다고 하였다. 완성차업체에 직납을 해오던 1차 협력업체들이 완성차업체 대신에 대형모듈업체에 공급함으로써 2차업체로 전략하게 되고 연쇄적으로 공급사슬망의 길이는 길어지게 된다. 조형제(2003)는 위와 같은 플랫폼 통합과 모듈생산이 진행됨으로써 완성차업체의 생산기술적인 유연성이 증가된다고 하였다. 앞으로도 완성차업체들은 세계적인 경쟁력을 키워나가기 위해서는 유연성을 앞세워 대형 모듈업체를 키워나갈 전략이고 그에 따라서 소규모 부품업체들의 납품관계 및 생산성 합리화에 따른 경쟁력 향상이 불가피해질 전망이다. 결국 중소기업의 부품업체 들은 경쟁 속에서 살아남기 위해서는 인수·합병에 동참하던가 아니면 스스로 경쟁력을 키워서 내수공급뿐만 아니라 해외 수출의 활로를 개척해야만 할 것이다.

이러한 측면에서 그 동안 기업의 생산성 향상을 위한 여러 가지 이론 중에서 도요타 생산시스템(Toyota Production System: 이하TPS)은 세계적으로 많은 기업체들이 활용하고 있는 기법이다. 일본 도요타 자동차회사에서 유래되어 많은 국가의 여러 산업분야에서 적용하고 있는 이 시스템은 낭비제거를 통한 원가절감으로 이익을 확대하고 품질을 향상시키는 생산관리 혁신 기법이다(Womack, 1990). 도요타 생산방식은 1980년대부터 한국에 도입되어 지속적으로 확산되고 있으며, 중소기업뿐만 아니라 대기업의 여러 임직원들이 도요타 자동차 관련사를 견학하고, 이들은 이러한 생산혁신 시스템을 현장에 적용하고 있을 것으로 생각된다. 하지만, 완성차업체나 대형모듈업체에 직접 공급하는 1차 협력업체 비하여 공급사슬망 위치에서 멀리 있는 2,3차 협력업체 또는 규모가 작은 영세업체의 경우에는 TPS의 적용 수준이 비교적 낮을 것으로 예상되고 적용에 따른 경영성과도 다를 것으로 생각된다. 그 동안 정부의 중소기업의 활성화 방안과 대기업체의 지원에 의한 공급협력업체의 생산성향상 목적으로 도요타자동차를 견학하고 TPS를 적용한다고 하지만 여러 요소 중

에서 기업의 사슬망위치나 기업특성에 따라서 특징적인 일부 몇 가지 만 적용하고 있을 가능성이 크다고 하겠다. 또한 공급사슬망 위치에 따라서 TPS이행수준에는 차이가 있고, 그 성과 또한 기업의 단기적인 차원에서의 재무적인 효과만을 분석하기보다는 균형성과표(Balanced Score cards: BSC)관점에서 복합적이고, 장기적인 측면에서 성과를 비교해 볼 필요가 있다.

본 연구의 목적은 자동차 완성차업체 및 협력업체를 대상으로 하여 TPS의 구성요소 중에서 가장 많이 활용하고 있으면서 중요한 요소라고 생각되는 항목에 대하여 요인을 추출하고 공급사슬망 위치에 따라서 TPS의 이행 수준에 대하여 분석하고, 이러한 이행수준이 BSC성과에 어떠한 영향을 미치는 지를 연구함으로써 자동차부품 중소기업의 경쟁력 제고의 대안을 마련하는데 목적이 있다.

본 연구에서는 한국 내 자동차업체에 부품을 공급하는 자동차 부품 협력업체를 대상으로 1,2,3차 협력업체로 분류하고 이들 공급업체들의 TPS 이행수준을 파악하고자 한다. 첫째, 업체분류는 각 산업체에서 근무하는 중견간부급을 대상으로 하여 회사에 납품하는 협력업체의 이름과 주소를 입수하였으며 이를 바탕으로 1,2,3차업체로 분류하였다. 자동차 완성차업체에 등록되어 납품하는 업체를 1차업체로 분류하고, 이런 1차업체에 조금이라도 납품하는 경우 2차업체로 분류, 그리고 3차업체는 2차업체에만 공급하는 경우로 한정하여 공급사슬망을 분류하였다.

둘째, TPS 이행수준에 대하여는 상기에서 분류된 기업체를 대상으로 설문 및 방문조사를 실시하였다. 이행수준에 대하여는 선행연구에서 성공요인으로 연구된 TPS의 여러 가지 요소 중에서 전문가 면담을 통해 선정된 8개 항목에 대하여 중요도를 평가하기 위하여 계층분석을 실시하였으며 여기서 최종적으로 도출된 중요 5가지 변수를 독립변수로 채택하여 5점 척도로 이행수준을 설문하고 경영성과 분석을 실시하였다.

셋째, TPS 이행수준에 의한 경영성과 분석에서 경영성과 측정은 재무적 및 비재무적 경영성과 측정 등 여러 가지 방법이 있지만, 여기서는 1992년 Kaplan and Norton에 의하여 개발된 균형점수카드에 의하여 측정하고자 한다. BSC의 구성요소인 학습과 성장의 관점, 내부프로세스관점, 고객관점 그리고 재무적 관점에서 자동차부품업체의 특성에 맞는 주요성과요인(Key Performance Factor: KPI)은 기존 선행연구를 조사하고 검토함으로써 객관적으로 측정 가능한 요인을 선정하기로 한다. 본 논문은 다음과 같이 구성되었다. I 장 서론에 이어 II 장은 국내외 선행연구를 소개하였으며, III 장에서는 연구모형, 표본선정 및 변수의 측정을 제시하였다. IV 장에서는 실증적 연구결과를 살펴보고 마지막 V 장에서는 결론 및 시사점을 제시하였다.

2. 선행연구

2.1 TPS 구성요소

TPS의 기본 철학은 “철저하게 낭비를 배제하는 것”으로 그 궁극적인 목적은 낭비에 해당하는 과잉재고, 과잉인원을 철저히 배제하여 회사 전체의 이익증대를 위한 생산성향상이다. TPS구성요소에 대하여 선행연구를 살펴보면 미국 테네시대학의 Narender et al.(1994)은 TPS(JIT시스템 포함)을 총 28가지의 요소로 분류하고 그 중에 비슷한 종류의 변수로 묶은 결과 낭비 제거, 제품전략, 품질관리와 개선, 경영진과 종업원참여, 협력업체 참여 등 5가지로 크게 분류하였다. Brox and Fader(2002)은 JIT이행수준에 따른 공장성과 관계를 설명하면서 JIT구성요소를 17가지 요소로 구분하였고, Jeffrey et al.(2005)은 JIT활용 정도와 공장의 생산성 측정과 관련하여 위와 동일한 17가지 요소를 인용하였다. 국내 논문에서 목진환(2007)은 TPS 구성요소를 기반구축과 JIT생산시스템, 인변자동화로 분류하고 세부항목 9가지에 대하여 소개하였다. 기반구축단계에는 5S, 개선제안활동, TPM 추진을 그리고 JIT시스템에는 간판방식과 셋업시간단축, 다능공화, 소로트생산으로 분류하고, 마지막의 인변자동화는 라인 스톱제와 오토노메이션으로 분류하였다. 김수행 외(2008)는 국내외 선행연구에서 분류한 여러 요소 중에서 국내 자동차부품 회사들이 주로 활용할 것으로 예상되는 핵심적인 8가지 즉, 개선제안활동, TPM(total productive maintenance: 전사적 예방보전활동), 셋업시간단축, 칸반시스템 운영, 다능공육성, 소로트 생산, 라인스톱제 운영, 인변자동화(autonomation)

등을 선별하여 요인분석을 하였다. 그 결과 예방보전활동, 셋업시간단축활동, 개선제안활동, 다능공 육성은 기반구축활동으로, 라인스톱제 운영, 인변자동화는 품질강화체제로, 칸반시스템운영과 소로트 생산은 JIT 생산체제로 분류되었다.

이러한 국내의 TPS 구성요소에 대한 연구들을 정리하면 다음 <표 1>과 같다.

2.2 BSC성과에 대한 선행 연구

Kaplan and Norton(1992)은 기업의 경영성과를 분석하는 지표로서 미래의 재무적인 경영성과로 나타나게 될 비재무적인 성과지표를 소개하였다. 고객관점에 초점을 두고 기업이 성공하기 위하여 고객의 요구사항을 파악해야 하는데 리드타임, 품질, 성과, 서비스와 원가의 4가지 유형으로 구분할 수 있다. 공급 리드타임은 현 생산제품일 경우 고객으로부터 주문을 받은 다음부터 고객에게 제품이나 서비스를 공급하는 시점까지를 말하고, 개발품의 경우 리드타임은 시장에서 개발필요성을 느낀 후부터 선택하기까지의 소요되는 시간을 말한다. 내부 프로세스 관점은 고객중심의 성과측정치로부터 기업이 고객의 요구에 대응하기 위하여 기업 내부적으로 무엇을 어떻게 해야 하는가에 대한 측정치로 변환되어야 한다. 고객관점과 내부프로세스관점은 경쟁적인 관점에서 성공을 위한 중요한 요소이다. 하지만 성공을 위한 목표는 계속적으로 변화를 하는데, 기업의 제품과 프로세스를 지속적으로 개선, 성장시키기 위해서는 기업능력을 확장시키고 신제품(new products)을 출시 할 수 있어야 한다. 재무성과지표는 기업의 전략이 수립되어 실행됨으로서 이것이 손실개선에 얼마나

표 1. 선행연구의 TPS 구성요소

선행연구	TPS 구성요소
Narender et al.(1994)	낭비제거, 셋업시간단축, 지속적인 품질개선, 교육훈련, 리드타임 단축, 평준화 생산, 품질, 납기, 로트사이즈 감소, 팀 의사결정, 예방보전, 그룹 기술, 소량생산, 경영자참여, 라인정지, 업체와 긴밀성, 자동화, 종업원제안제도, 장기계약, 업체지도, 통계적 공정관리, 품질분임조, 단일 업체, 흐름생산, 정해진 공구사용, 장기고용, 고객근접, 문화적 변화
Brox & Fader (2002) Jeffrey et al.(2005)	칸반, 통합생산설계, 통합 협력업체망, 셋업시간단축, 품질분임조, 현장중심, 예방보전, 평준화, JIT교육, 일정, 안정된 사이클, 판매중심생산, 그룹기술, 제품품질개선, 공정품질개선, 신속한 재고수송, 작업자유연성
Peter (2006)	생산공정 혁신, 사이클타임단축, 민첩한 생산전략, 빠른 생산전환기술, 현장생산중심, JIT와 연속흐름생산, 셀방식 생산, 소로트생산, 칸반과 풀생산, 제약공정 제거
목진환 (2007)	개선제안활동, 5S추진, 예방보전, 셋업시간단축, 간판, 다능공화, 소로트생산, 라인스톱제, 자동화
김수행 외 (2008)	예방보전활동, 셋업시간단축활동, 개선제안활동, 다능공 육성, 라인스톱제 운영, 인변자동화, 칸반시스템운영, 소로트생산

기여하고 있는지를 보여주는 지표이다(Kaplan and Norton, 1992). 대표적인 재무적 목표는 수익성과 성장성, 그리고 주주 가치와 관련되는데, 일반적으로 기업은 생존하고, 성공하고, 또한 번성하여야 한다. 생존은 현금흐름을 의미하고, 성공은 판매가 성장하고 이익이 증대되는 것을 의미한다.

TPS이행으로 인한 경영성과에 영향을 미치는 비재무적인 동인(driver)들에 대한 연구를 살펴보면 해외연구로는 James et al.(2002)은 JIT 운영전략과 공장의 경영성과 측정에서 자동차 부품회사의 생산성향상 요인으로 셋업시간감소, 자동화, 품질향상, 스크랩 절감, 결함감소, 리드타임감소, 소재재고감소, 작업자 유연성증가, 완성품재고감소, 제조공정향상, 반품을 감소 등을 측정요소로 분석하였다. Sale(2003)은 전통적 생산방식과 JIT, 그리고 TOC(Theory of Constraints: 제약이론) 간의 기업성과 측정연구에서 성과지표분야를 총매출액, 매출신장율, 시장점유율, 운영수익율, 판매수익율, 현금흐름, 투자회수율(ROI), 신제품개발, 시장개척, 연구개발활동, 원가절감, 인재육성 등으로 측정하였고, Jeffrey et al.(2005)은 JIT 이행수준과 공장의 생산성 성과측정에 대한 연구에서 생산성 측정지표로서 총생산량, 노동생산성, 투자회수율, 품질지수로 분석하였다. 또한 David et al.(2002)는 통합생산방식인 Integrated Manufacturing(TQM + JIT + AMT)²⁾ 생산방식이 종업원과 기업성과에 관한 연구에서 종업원성과는 종업원의 도덕성개선, 종업원성과, 시간절약, 기술과 능력, 내부고객이해 등으로 측정하고, 기업성과는 고객만족, 현금흐름개선, 원가개선, 적기공급 등을 비재무적 동인(driver)으로 보고 경영성과를 분석하였다.

3. 연구모형 및 가설

본 연구는 공급사슬망 위치에 따른 TPS 이행수준이 기업의 경영성과에 미치는 영향에 관한 것으로서 앞의 선행연구를 토대로 연구모형을 설정하고 그에 따른 연구가설을 제시하기로 한다. 공급사슬망 위치에 따른 TPS 이행수준이 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구모형은 <그림 1>과 같다.

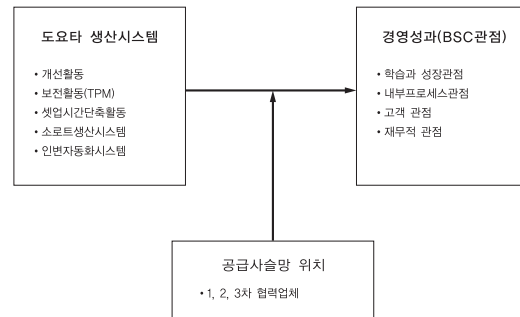


그림 1. 연구모형

본 연구에서는 한국 자동차 기업에서 중요하게 생각하는 TPS 구성요소를 반영하고자 개선활동, 보전활동, 셋업시간단축활동, 소로트생산시스템, 인변자동화시스템으로 독립변수를 구성하였다. 이러한 독립변수는 김수행 외(2008)의 TPS 평가항목의 중요도연구에서 가중치가 높은 5가지를 선택한 것이다. 그들은 지금까지의 TPS 구성요소에 대한 선행연구들을 분석하여 한국 자동차기업 실정에 맞는 핵심적인 8가지 TPS 구성요소를 선택하여 이를 AHP분석을 통해 가중치를 계산하였다. 즉, 이러한 5가지 항목이 국내 자동차부품업체에서 가장 많이 활용하고 있다고 판단하여 이를 BSC관점에서 개별 영향정도를 분석하고자 한다. 5가지 항목에 대한 구체적인 설명은 다음과 같다.

- ① 개선제안활동(Quality circle)은 작업하면서 생기는 불편함과 제품의 품질 문제점에 대하여 작업조직에 속한 개인이 언제든지 개선방안에 대하여 제안을 할 수 있도록 제도적인 장치를 마련함과 동시에 분임조를 결성하여 우수한 제안에 대하여는 분임조 활동을 통하여 지속적으로 현장의 개선과 품질의 향상을 가져오는 생산현장의 개인 및 그룹 활동이다.
- ② 예방보전활동(Preventive Maintenance Activity)은 생산설비가 고장 없이 생산성을 향상시키거나 설비의 가동률을 높이기 위하여 현장에서 이루어지는 기계설비 보전 활동이다. 넓은 의미로는 전사적 생산보전(Total Productive Maintenance: TPM) 활동으로서 설비의 계획단계부터 사용단계, 그리고 보전단계 등 전 부문에 걸쳐서 전 종업원이 참가하여 소집단에 의해 생산보전을 추진하는 활동이다.
- ③ 인 변 자 동 화 (Autonomation)는 자율적인 공정 (autonomous process)을 표현하거나 결함에 대하여 자동

2) TQM(Total Quality Management: 전사적 품질관리),
AMT(Advanced Manufacturing Technology: 선형생산기술)

적으로 인식하는 개념으로서 도요타 직원들에 의하여 만들어졌다(Carl Pegels, 1984). 도요타직원들과 대부분의 일본 제조업체 사람들은 JIT생산시스템과 Autonomation을 그들의 핵심적인 생산방식의 2가지 관점이라고 소개하고 있다.

- ④ 셋업시간(set up time)은 생산준비시간으로서 다품종소량 생산라인에서는 다른 종류의 제품을 생산하기 위한 금형의 교체, 지그와 공구의 교체, 부품 등을 교체하는 데 필요한 시간을 말한다.
- ⑤ 소로트 생산(Small lot production)은 생산평준화(Leveling of production)를 통하여 모든 공정에서 생산평준화가 이뤄질 때 가능하게 한다(Y. Sugimori, 1977). 만일 후공정 인수방식으로 조립업체 뿐만 아니라 협력업체가 필요한 만큼 필요한 시기에 함께 소로트 생산을 하게 되면 최적의 생산능력을 갖게 되고 과잉재고를 없앨 수 있는 생산수준에 이르게 된다.

본 연구의 가설은 연구모형을 토대로 다음과 같이 설정하였다.

가설1. TPS구성요소 이행에 따른 BSC성과는 공급사슬망위치에 따라 차이가 있을 것이다.

- 1-1.** TPS 이행에 따른 고객성과 관점은 1,2,3차 업체에 따라서 다를 것이다.
- 1-2.** TPS 이행에 따른 학습과 성장 관점은 1,2,3차 업체에 따라서 다를 것이다.
- 1-3.** TPS 이행에 따른 내부프로세스 관점은 1,2,3차 업체에 따라서 다를 것이다.
- 1-4.** TPS 이행에 따른 재무적 관점은 1,2,3차 업체에 따라서 다를 것이다.

본 논문에서는 분석대상 기업을 자동차산업 분야에 한정하였다. 따라서 공급사슬망의 위치에 있는 업체는 모두 자동차 부품 관련업체이며 완성차업체가 최고 공급사슬위치를 가진다. 단 사업특성상 자동차부품과 함께 다른 업종에 관한 생산 활동을 하더라도 자동차부품업체로 분류하였다.

- 1차업체: 완성차업체에 등록되어 정상적인 납품을 하고 있는 부품업체로서, 만약 2차업체에 별도의 납품관계가 있다하더라도 1차업체로 분류함.
- 2차업체: 최상위 납품업체가 1차업체로서 정식 등록되어 납품하는 업체
- 3차업체: 최상위 납품업체가 2차업체로서 정식 등록되어 납품하는 업체

설문지는 TPS의 이행수준, 경영성과, 일반적 특성 등 3가지 영역으로 구성 되었다. TPS 이행수준에 대한 측정변수는 총 5가지 항목으로 구성되었다. 경영성과에 대한 세부적인 측정변수는 고객관점에서 4가지, 재무적 관점에서 5가지, 내부프로세스관점에서 5가지, 학습과 성장의 관점에서 5가지 항목으로 구성되었다. 본 연구의 목적은 공급사슬망의 위치에 따라서 TPS 이행수준이 얼마나 되고 그 이행수준에 따라서 경영성과에 미치는 영향은 어느 정도인가를 분석하기 위한 것으로 국내 자동차업체의 공급사슬망 전체를 대상으로 하였다. 즉 완성차업체에 납품하는 1차, 2차, 3차업체를 대상으로 설문지를 배부하였다. 설문기간은 2008년 5월 1일부터 9월 30일까지로 하였다. 설문지는 총270부가 배포되었으며 그 중 사용가능한 242부를 회수되었다. 불성실하거나 불충분한 자료를 제외함으로써 최종 219부를 분석에 사용하였다.

인구통계학적 분포는 <표 2> 공급사슬망 위치별 분포, <표 3> 부품모듈별 분포, <표 4> 생산형태별 분포와 같다.

표 2. 공급사슬망 위치별 분포

공급사슬망위치	빈도	백분율
1차업체	62	28.3%
2차업체	124	56.6%
3차업체	33	15.1%
합계	219	100%

표 3. 부품모듈별 분포

모듈부품	빈도	백분율
전장	36	16.4%
의장	20	9.1%
도어	7	3.2%
FEM	3	1.4%
공조	27	12.3%
제동	0	0%
조향	39	17.8%
새시	75	34.2%
기타	12	5.5%
합계	219	100%

표 4. 생산형태별 분포

생산형태	빈도	백분율
조립	71	32.4%
가공	66	30.1%
도장	6	2.7%
용접	6	2.7%
열처리	6	2.7%
주단조	29	13.2%
사출	20	9.1%
프레스	15	6.8%
합계	219	100%

4. 실증분석

본 연구의 목적은 공급사슬망 위치에 따른 TPS의 이행이 경영성과에 얼마나 영향을 미치는지에 대한 것으로서 연구모형에서 도출된 가설검증에 앞서 변수의 요인분석과 신뢰성분석을 실시하였다. 모든 통계분석은 SPSS 12.0을 사용하였다. 종속변수인 BSC성과변수에 대해 신뢰성 검증을 하기 위하여 요인분석을 시행하였다. 요인분석은 주성분 분석방법을 사용하였고, 요인의 회전은 직각회전 방법인 Varimax를 사용하였다.

4.1 요인분석, 신뢰도 및 상관관계 분석

성과변수에 대한 요인분석결과는 고객성과와 재무적 관점에서 변수 각각 1개씩 원하지 않은 요인과 묶였기 때문에 이를 제거한 다음 다시 요인분석을 실시한 결과 <표 5>에서와 같이 4개의 요인으로 추출되었으며, 이는 고유치가 2이상으로 높은 설명력을 나타내고 있다. 전체분산의 67.344%를 설명하는 것으로 나타났다.

표 5. BSC 성과변수에 대한 요인분석

변수		요인 적재량	Eigen value	분산(%)
고객 성과 관점	고객만족	0.837	3.349	19.702
	고객유지	0.877		
	고객불만	0.849		
	신규수주	0.836		
학습과 성장 관점	교육건수	0.841	3.012	37.422
	종업만족	0.835		
	제품개발	0.853		
	권한이양	0.751		
내부 프로 세스 관점	공정개선	0.827	2.957	54.815
	공정불량	0.784		
	라인정지	0.740		
	생산효율	0.706		
재무적 관점	자동화율	0.547	2.130	67.344
	투자수익	0.844		
	영업이익률	0.641		
	재고량	0.544		
	원가절감	0.572		

종속변수인 BSC성과에 대한 신뢰도 분석 결과는 다음과 같다. 고객관점에서 Cronbach's α 값이 0.904로서 제일 높고, 재무적 관점에서 0.749, 내부프로세스 관점에서 0.809, 학습과 성장의 관점에서 α 값이 0.855로서 모든 항목에서 높은 신뢰성을 보였다. 또한 독립변수와 종속변수에 모두에 대한 상관관계 분석 결과 <표 6>에서와 같이 모두 0.05 수준에서 유의한 것으로 나타났다. 상관계수가 0.8을 넘지 않는 것으로 보아 변수간 다중공선성은 없는 것으로 나타났다.

표 6. 변수들에 대한 상관관계 분석

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1) 개선								
(2) 보전	0.587**							
(3) 셋업	0.456**	0.231**						
(4) 소로트	0.098	0.054	0.227**					
(5) 자동화	0.045	0.192**	-0.203**	0.135*				
(6)고객관점	0.073	0.376**	-0.097	0.283**	0.418**			
(7)재무적관점	0.065	0.220**	-0.019	0.172*	0.333**	0.597**		
(8)프로세스관점	0.237**	0.281**	-0.069	0.087	0.213**	0.219**	0.412**	
(9)학습과성장관점	-0.089	-0.184**	0.315**	0.214**	-0.245**	0.108	0.212**	-0.160*

** : 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의한 상관관계

* : 유의수준 0.1에서 통계적으로 유의한 상관관계

4.2 가설검증

가설1. TPS구성요소 이행에 따른 BSC성과는 공급사슬망 위치인 1,2,3차 업체에 따라서 다를 것이라는 가설을 검증하기 위하여 다중회귀분석을 실시하였으며, 종속변수 4가지 관점의 값은 각 항목을 합한 값을 대표 값으로 투입하였다. 회귀분석한 결과는 다음과 같다. TPS구성요소가 1차업체의 고객성과 관점에 미치는 영향에 관한 회귀식의 적합성을 나타내는 검증통계량이 $F=3.00(p=0.018)$ 로 유의수준 0.05에서 귀무가설이 기각된다. 즉, 고객성과 관점은 TPS 구성요소에 의하여 잘 설명된다고 할 수 있다. 또 $R^2=0.211$ 로 나타나 고객성과 관점을 21.1%이상 설명하고 있다. 하위가설은 개선활동($t=2.039, p=0.046$), 셋업시간단축($t=-3.434, p=0.001$), 소로트생산($t=2.002, p=0.050$)이 채택되었다. 하지만 보전활동($t=1.405, p=0.166$), 인변자동화($t=-0.726, p=0.471$)는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

TPS구성요소가 1차업체의 학습과 성장 관점에 미치는 영향에 관한 회귀식의 적합성을 나타내는 검증통계량이 $F=1.019(p=0.415)$ 로 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났다. 즉, 학습과 성장의 관점에서 TPS 구성요소 모두는 영향을 미치지 못했다.

TPS구성요소가 1차업체의 내부프로세스 관점에 미치는 영향에 관한 회귀식의 적합성을 나타내는 검증통계량이 $F=1.107(p=0.367)$ 로 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났다. 단, 소로트생산($t=1.681, p=0.098$)만이 유의수준 $p < 0.1$ 에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

TPS구성요소가 1차업체의 재무적성과 관점에 미치는 영향에 관한 회귀식의 적합성을 나타내는 검증통계량이 $F=0.945(p=0.459)$ 로 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났다. 단, 개선활동($t=1.715, p=0.092$)만이 유의수준 $p < 0.1$ 에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. <표 7>과 같이 1차업체의 BSC성과에 미치는 영향에서 고객성과 관점을 제외하고 모두 기각되었다. 이는 완성차업체의 직접적인 관리영역에 있는 1차업체의 경우 고객이 요구하고 있는 품질과 납기 및 가격에 역량을 집중하고 있으며, 고객요구의 2차 영향권에 들어가는 종업원의 교육이나 공장 내의 생산프로세스 개선을 통한 생산성 향상에는 다소 소홀히 관리되고 있음을 알 수 있다. 심층면접결과 품질과 납기를 포함하여 관리하고 있는 협력업체 선정을 위한 입찰제도와 신속한 고객대응을 요구하는 강한 지배력에 원인을 두고 있었다(2008,8 면답일지).

표 7. 1차업체의 BSC성과에 미치는 영향

독립변수	종속변수	R^2 (adj. R^2)	F(p)
상수고객	고객 성과 관점	0.211 (0.141)	3.002 (0.018)
개선활동			
보전활동			
셋업시간단축			
소로트생산			
인변자동화			
상수	학습 과 성장 관점	0.083 (0.002)	1.019 (0.415)
개선활동			
보전활동			
셋업시간단축			
소로트생산			
인변자동화			
상수	내부 프로세스 관점	0.090 (0.009)	1.107 (0.367)
개선활동			
보전활동			
셋업시간단축			
소로트생산			
인변자동화			
상수	재무적 관점	0.078 (-.005)	0.945 (0.459)
개선활동			
보전활동			
셋업시간단축			
소로트생산			
인변자동화			

TPS구성요소가 2차업체의 고객성과 관점에 미치는 영향에 관한 회귀식의 적합성을 나타내는 검증통계량이 $F=9.388(p=0.000)$ 로 유의한 것으로 나타났다. 즉, 고객성과 관점은 TPS 구성요소에 의하여 잘 설명된다고 할 수 있다. 또 $R^2=0.285$ 로 나타나 고객성과 관점을 28.5%이상 설명하고 있다. 학습과 성장 관점에 미치는 영향에 관한 회귀식의 적합성을 나타내는 검증통계량이 $F=5.178(p=0.000)$ 로 유의수준 0.05에서 귀무가설이 기각된다. 즉, 고객성과 관점은 TPS 구성요소에 의하여 잘 설명된다고 할 수 있다. 또 $R^2=0.180$ 로 나타나 고객성과 관점을 18%이상 설명하고 있다. 내부프로세스 관점에 미치는 영향에 관한 회귀식의 적합성을 나타내는 검증통계량이 $F=0.160(p=0.001)$ 로 유의한 것으로 나타났다. 즉, 고객성과 관점은 TPS 구성요소에 의하여 잘 설명된다고 할 수 있다. 또 $R^2=0.160$ 로 나타나 고객성과 관점을 16%이상 설명하고 있다. 재무적 관점에 미치는 영향에 관한 회귀식의 적합성을 나타내는 검증통계량이 $F=3.692(p=0.004)$ 로 유의수준 0.05에서 귀무가

설이 기각된다. 즉, 고객성과 관점은 TPS 구성요소에 의하여 잘 설명된다고 할 수 있다. 또 $R^2 = 0.135$ 로 나타나 고객성과 관점을 13.5% 이상 설명하고 있다. <표 8>와 같이 2차업체의 BSC 성과에 미치는 영향에서 BSC 전 부문에서 가설이 채택되었는데, 이는 완성차업체의 직접적인 영향권에서 벗어남으로서 1차 업체에서 보이는 고객성과 뿐만 아니라 전 부문에서 TPS 이행 효과에 따라 균형을 이루면서 경영성과가 나오는 것을 볼 수 있다. 즉, 완성차업체의 직접적인 영향을 벗어남으로 인하여 오히려 기업의 경영성과가 전 부문에서 고르게 발전하고 있는 것을 알 수 있다.

표 8. 2차업체의 BSC성과에 미치는 영향

독립변수	종속변수	R^2 (adj. R^2)	F(p)
상수고객	고객 성과 관점	0.285 (0.254)	9.388 (0.000)
개선활동			
보전활동			
셋업시간단축			
소로트생산			
인변자동화			
상수	학습 과 성장 관점	0.180 (0.145)	5.178 (0.000)
개선활동			
보전활동			
셋업시간단축			
소로트생산			
인변자동화			
상수	내부 프로세스 관점	0.160 (0.124)	0.160 (0.001)
개선활동			
보전활동			
셋업시간단축			
소로트생산			
인변자동화			
상수	재무적 관점	0.135 (0.099)	3.692 (0.004)
개선활동			
보전활동			
셋업시간단축			
소로트생산			
인변자동화			

TPS구성요소가 3차업체의 고객성과 관점에 미치는 영향에 관한 회귀식의 적합성을 나타내는 검증통계량이 $F=7.123(p=0.000)$ 로 유의수준의 결과가 나왔다. 즉, 고객성과 관점은 TPS 구성요소에 의하여 잘 설명된다고 할 수 있다. 또 $R^2=0.569$ 로 나타나 고객성과 관점을 56.9% 이상 설명하고 있다. 학습과 성장 관점에 미치

는 영향에 관한 회귀식의 적합성을 나타내는 검증통계량이 $F=10.261(p=0.000)$ 로 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 내부 프로세스 관점에 미치는 영향에 관한 회귀식의 적합성을 나타내는 검증통계량이 $F=4.560(p=0.004)$ 로 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 재무적 관점에 미치는 영향에 관한 회귀식의 적합성을 나타내는 검증통계량이 $F=0.573(p=0.720)$ 로 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났다.

<표 9>과 같이 3차업체의 BSC성과에 미치는 영향을 보면 재무적 관점을 제외하고 모두 채택되었는데, 이는 2차업체와 유사한 결과를 유추할 수 있으며 단지, 재무적 성과로 나타나지 않는 이유는 대부분 소규모의 업체들로 구성된 3차업체는 영세한 재무적 구조를 가짐으로써 각종 자금 변동의 영향이 직접적인 재무성과 반영에 좋은 영향을 미치지 못한 원인으로 판단된다. 공급사슬망 위치에 따라 TPS 이행수준이 BSC성과에 영향을 미친다는 하위가설을 종합해보면, 1차업체의 경우 고객성과 관점에서 가설이 채택되었다. 하지만, 학습과 성장의 관점과 내부프로세스

표 9. 3차업체의 BSC성과에 미치는 영향

독립변수	종속변수	R^2 (adj. R^2)	F(p)
상수고객	고객 성과 관점	0.569 (0.561)	7.123 (0.000)
개선활동			
보전활동			
셋업시간단축			
소로트생산			
인변자동화			
상수	학습 과 성장 관점	0.655 (-0.301)	10.261 (0.000)
개선활동			
보전활동			
셋업시간단축			
소로트생산			
인변자동화			
상수	내부 프로세스 관점	0.458 (0.044)	4.560 (0.004)
개선활동			
보전활동			
셋업시간단축			
소로트생산			
인변자동화			
상수	재무적 관점	0.096 (-0.222)	0.573 (0.720)
개선활동			
보전활동			
셋업시간단축			
소로트생산			
인변자동화			

관점, 재무적 관점에서는 가설이 기각되었다. 2차업체의 경우 고객성과 관점, 학습과 성장의 관점, 내부프로세스 관점, 재무적 관점에서 가설이 채택되었다. 3차업체의 경우 고객성과 관점, 학습과 성장의 관점, 내부프로세스 관점에서 가설이 채택되었다. 하지만, 재무적 관점에서는 가설이 기각되었다. 결론적으로 2, 3차업체는 고객성과관점, 학습과 성장의 관점, 내부프로세스관점, 재무적 관점에서 비교적 균등하게 TPS 이행에 따른 경영성과를 보이고 있으나, 완성차업체의 직접적인 관리영향하에 있는 1차업체의 경우는 고객성과 측면에서만 경영성과가 나타났다.

이상과 같이 가설을 정리하면 다음과 같다. TPS구성요소 이행이 공급사슬망 위치에 따라서 다르게 BSC성과에 영향을 미친다는 가설이 성립되었다.

5. 결론 및 시사점

본 연구의 목적은 국내 자동차부품업체의 공급사슬망 위치에 따른 TPS 이행수준이 경영성과에 미치는 영향을 분석하기 위한 것으로서 성과변수는 균형성과표를 이용하였으며, 공급사슬망의 1,2,3차업체를 조절변수로 하여 경영성과를 분석하였고 결과는 다음과 같다.

첫째, 공급사슬망 위치에 따라 TPS구성요소 이행이 BSC성과에 영향을 미칠 것이라는 가설을 증명하기 위하여 회귀분석한 결과 유의하게 나타났다.

둘째, BSC성과 측면에서 고찰하여 보면, TPS이행이 고객성과 측면에서는 1, 2, 3차업체 모두 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 각 기업체에서 활용하고 있는 TPS는 모두 고객만족도와 불만 해소 관점에서 유의한 영향을 미친다고 할 수 있다. 특히 1차업체의 경우는 고객성과에서만 경영성과가 두드러져 다른 부문의 경영성과 활성화에도 중점을 두고 TPS수행 전략을 세울 필요가 있다. 전사원이 고객 불만사항과 요구사항에 집중하다 보면 내부프로세스 개선이나 직원들의 교육 훈련에 소홀히 할 경우도 있기 때문에 장기적인 측면에서 성과를 바라보는 안목이 필요하다. 학습과 성장 관점에서는 2, 3차업체에서만 유의한 결과가 나왔다. 즉, 완성차업체에서 약간 떨어진 2, 3차업체는 TPS 수행 결과 종업원들에 대한 교육과 만족도 향상에 영향을 주는 것으로 나타났다. 내부프로세스 관점에서도 2,3차 업체가 유의한 영향이 있는 것으로 나타났다. 특히 1,2차 업체의 소로트 생산 활동이 내부프로세스 관점에서 유의한 영향을 주는 것으로 나타났다. 즉, 소로트 생산활동을 통하여 공장내의 불량률이나 생산효율이 높아지는데 영향을 준다고 볼 수 있다. 전반적으로, 한국자동차부품업체들의 TPS 이행수준은 중대형업체인 1차 업체보다

중소기업인 2, 3 차 업체에서 경영성과가 두드러지게 나타났으며, 이는 기업체 나름대로 TPS에 대한 철학과 계획을 가지고 진행한 결과로 볼 수 있다. 이러한 성과로 이어지기 위해서는 경영자의 의지와 함께 꾸준히 공장의 현실에 맞게 확대 적용할 필요가 있다. 또한 상위기업은 하위기업들이 TPS를 잘 수행 할 수 있도록 편향적인 요구보다는 지도와 배려를 지속적으로 제공할 필요가 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 모형은 전반적으로 만족스런 결과를 보여 주었으며 제시된 연구가설에 대한 실증분석의 결과와 시사점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 공급사슬망 위치에 따른 TPS 적용이 경영성과에 미치는 영향에 차이가 있다는 가설에 대하여 검증한 결과 유의적으로 나타났다. 2차업체보다 대체적으로 1차업체의 TPS 이행수준이 높게 나왔으며, 이들의 경영성과도 높은 것으로 나왔다. 특히 자주모전(TPM) 이행수준이 높았으며 고객성과 관점에서 유의한 결과가 나왔다. 이는 중소기업들이 적시생산시스템의 핵심인 칸반시스템이나 품질을 위한 자동화시스템보다는 기계장비의 고장으로 인하여 정지하는 것을 방지하기 위하여 집중적으로 관리하고 있음을 알 수 있다. 2차업체의 경우는 셋업시간 단축활동을 활발히 하고 있는 것으로 나타났으며 학습과 성장의 관점에서 우위를 나타냈다. 즉, 1차업체와는 달리 공장 내의 모델변경에 따른 잦은 교체시간 과다에 관심을 갖고 있었으며 고객관점보다는 기업내부의 학습과 성장관점에서 성과가 있는 것으로 보인다. 3차업체는 개선활동이 활발히 전개되고 있으며, 내부프로세스 관점에서 성과가 있는 것으로 나타났다. 즉, 공장 내의 생산성 및 효율을 높이기 위하여 개선활동에 치중하고 있는 것으로 나타났다.

둘째, TPS의 성공요인인 JIT생산시스템에서 칸반의 적용률이 많이 저조했다. TPS의 핵심요소인 칸반 적용이 저조한 이유는 심층면접 결과 시스템 적용상의 어려움과 효과의 미미함에 있었다. 이론적 배경에서 칸반은 후공정 인수방식의 도구로서 필요한 제품을 필요한 만큼 필요한 시기에 생산하게 되어있으나, 실질적으로 이 도구의 사용은 효용성 측면에서 사용을 기피하고 있는 것으로 나타났다. 다시 말해 칸반을 일부 적용한 기업도 기존의 MRP방식에서 사용하는 주생산일정 계획에 따라서 PUSH 방식과 병행하여 생산이 진행되고 있음을 파악할 수 있었다. 주된 원인으로는 매년 반복되는 노사분규의 영향을 감안하여 충분한 안전재고를 쌓아 두어야하는 현실이 있었고, 그 다음으로는 생산라인의 불량률을 원인으로 지목했다. 결국 JIT에서 추구하는 최소량의 재고 운영은 완벽하게 JIT생산시스템을 운영하는 회사가 아니라면, 항상 재고 부족으로 인한 완성차업체의 생산라인에 결품이나 공급에 차질이 생기는 것을 더 위험요인으로 생각하고 있기 때문인 것으로 나타났다. 설사 생산라인에 재고가 조금 있더라도

라도 완성차 생산라인에 결품현상은 없어야 한다는 고객만족 조건이 크게 작용한 것으로 보인다.

본 연구는 자동차 부품업체를 대상으로 어떤 TPS구성요소를 활발하게 이행하고 있는지와 이에 따른 BSC관점에서 어떤 부문에서 성과를 나타내고 있는지를 파악하였으며 이를 바탕으로 중소기업의 생산성 향상을 위한 경영 방침의 기본 틀을 제공하는 데 도움이 되었으면 한다.

본 연구의 실증분석에는 다음의 몇 가지 한계점과 제약사항이 있기 때문에 모든 기업에 일반화하기에는 무리가 있을 것으로 생각된다. 본 연구는 공급사슬망 위치에 따른 TPS의 이행수준이 경영성과에 미치는 영향을 분석한 것으로 표본의 대상은 국내 자동차부품 업체를 대상으로 하였다. 하지만 표본수집 과정에서 영남권에만 국한하여 설문지를 받음으로서 전국적으로 일반화하는 데는 다소 무리가 따른다. 둘째, 설문 응답자의 선정에서 재무부분 등 성과측정에서 전문가의 의견을 적극 반영하지 못하여 재무성과 측정의 정확도가 미약할 수 있다는 부족함이 있다. 추후에는 이러한 문제점을 보완하고 응답자의 개인별 특성 등 외생변수의 영향을 통제하기 위한 통제변수의 설정 등 모든 것을 보완하여 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] 김성원(2002), 글로벌 물류전략이 기업성과에 미치는 영향에 관한 실증연구, 박사학위 논문.
- [2] 김수행, 이미숙, 신주용(2008), AHP를 이용한 도요타생산시스템 평가항목의 중요도분석-공급사슬망 위치에 따른 비교-, 경영연구, 제23권, 제4호.
- [3] 류일주(2005), 자동차부품 조립업체와 부품공급업체 간의 협업품질시스템에 관한 연구, 석사학위논문.
- [4] 목진환(2007), 도요타생산시스템이 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구, 박사학위논문.
- [5] 이성욱, 정연도(2006), 자동차 부품산업의 중소기업 경영성과에 영향을 미치는 비재무적 동인 연구, *관리회계연구*, 제6권, 제1호, pp. 47-67.
- [6] 조형제(2005), 산업구조조정과 생산합리화 -유연성의 명제를 중심으로, *경제와 사회*, 제65호.
- [7] 하성정(1997), JIT 도입수준과 경영성과에 관한 연구 - 중소기업을 중심으로 석사학위논문.
- [8] 홍장표(2003), 외환위기 이후 자동차산업 공급관계의 변화와 임금격차, *산업노동연구*, 제9권, 제2호, pp.187-221.
- [9] 황인환(2006), CRM 시스템이 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구, 박사학위논문.
- [10] C. Carl Pegels(1984), The Toyota Production System -Lessons for American Management, *IJOPM* 4.1, pp.3-11
- [11] David Challis et al(2002), Integrated manufacturing, employee and business performance: Australian and New Zealand evidence, *International Journal of Production Research*, res., vol. 40, no. 8, pp.1941~1964
- [12] James. A Brox et al(2002), The set of just-in-time management strategies: an assessment of their impact on plant-level productivity and input-factor substitutability using variable cost function estimates, *International Journal of Production Research*, Vol. 40, No. 12, pp.2705-2720
- [13] Jeffrey L. Callen et al(2005), Productivity Measurement and the Relationship between Plant Performance and JIT Intensity, *Contemporary Accounting Research* Vol. 22 No.2, pp. 271-309
- [14] M. L. Sale and R. A. Inman (2003), Survey-based comparison of performance and change in performance of firms using traditional manufacturing, JIT and TOC, *International Journal of Production Research*, Vol. 41, No. 4, pp.829-844
- [15] Narender K. Ramarapu et al(1994), A comparative analysis and review of JIT implementation research, *IJOPM* 15.1, pp.38-49
- [16] Peter Ward(2006), Impact of Information Technology Integration and Lean/Just-In-Time Practices on Lead-Time Performance, *Decision Sciences* Volume 37 Number 2 May, pp.177~201
- [17] Robert S. Kaplan and David P. Norton(1992), The Balanced Scorecards -Measures That Drive Performance, *Harvard Business Review*, January-February, pp. 71-79
- [18] Robert S. Kaplan and David P. Norton(1996), Using the BalancedScorecards as a Strategic Management System, *Harvard Business Review* Jan.-Feb. p.75-85
- [19] Y. Sugimori et al(1977), Toyota production system

and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system, *International Journal of Production Research*, vol.15, no.6, pp.553-564

- [20] Womack, J.P., Jones, D.T. and Roos, D.,(1990), *The Machine that Changed the World*, Rawson Associates: New York, NY).



김수형

홍익대학교 기계공학과 학사
미국 Columbia Southern University
경영학 석사
경북대학교 경영학과 박사과정
현재 : (주)일성 근무
관심분야 : TPS, SCM



문석환

영남대학교 경영학과 학사
서울대학교 대학원 경영학과 석사
미국 조지아주립대학교 경영학 박사
현재 : 경북대학교 경영학부 교수
관심분야 : ERP, SCM, 운영전략



이미숙

영남대학교 통계학과 학사
영남대학교 대학원 통계학과 석사
경북대학교 대학원 경영학과 석사
경북대학교 경영학과 박사
현재 : 경북대학교 BK21 Post-Doc.
관심분야 : SCM, 생산전략, RFID

물류기업의 서비스품질 측정을 위한 지표 개발에 관한 연구

장팔선 · 권오경

인하대학교 물류전문대학원

A study on the development of LSQI(Logistics Service Quality Index) for measuring service quality of logistics companies

Pal-Seon, Jang · Oh Kyoung, Kwon

Graduate School of Logistics, Inha University

As the logistics outsourcing market grows, shippers' requirements on the logistics service have become more complex and diversified. However, most of companies have little understanding of the logistics service quality and the study on the development of LSQI(logistics service quality index) is in early stage.

The purpose of this study is to develop the LSQI fit for logistics market and verify the possibility of generalization into various industries.

The result shows that LSQI which consists of 24 items of 6 dimensions developed from the study can be used and generalized in most industries. Also, shippers and logistics service providers perceive that logistics service is quite important and the core for competitive advantage.

Keywords: SERVQUAL, Logistics Outsourcing, 3PL(Third-party Logistics), LSQI(Logistics Service Quality Index)

1. 서론

1.1 물류서비스시장 환경

최근 국내에 물류에 대한 관심이 커지면서 물류 아웃소싱에 대한 관심도 점차 고조되고 있다. 한국무역협회가 723개 회원사를 대상으로 실시한 “우리나라 화주기업들의 제3자물류 활용현황”

(2008.12)을 보면 제3자물류 활용률이 2005년 35.6%, 2006년 38.8%, 2007년 42.2%, 2008년 46.1%로 미국이나 유럽의 70~80%까지는 미치지 못하지만 지속적인 증가율을 보이고 있는 것으로 나타났다. 이는 점차 국내 기업들도 물류부분을 전문업체에 위탁하고 본연의 핵심업무에 집중하려는 현상이 뚜렷해짐을 알 수 있다. 더욱이 기업의 경영환경이 글로벌 시장으로 확대되면서 전 세계의 고객으로부터 공급자에 이르기까지 유기적인 공급

† Corresponding author: Graduate School of Logistics, Inha University, 253 Yonghyun-dong Nam-gu Incheon 402-751, Korea
E-mail: Leojang@flowbiz.co.kr

* 2009년 3월 31일 투고, 2009년 5월 11일 수정본 접수, 5월 18일 게재 확정.

망을 실시간으로 관리하기 위해서는 전문화된 물류업체의 도움이 필수적이라 하겠다.

미국의 Logistics Management(2008.6)가 조사한 Global 3PL 시장현황을 보면 2007년 Global 3PL 시장은 4,870억 달러, 미국 3PL 시장은 1,220억 달러에 달하였으며 앞으로도 지속적인 성장이 계속될 것으로 예측하였다. 또한 eyefortransport(2008.9)가 유럽 지역의 400명의 물류관련 전문가를 대상으로 조사한 3PL 시장 전망을 보더라도 물류산업 역시 글로벌 경기침체의 영향을 받겠지만 향후 3PL 시장은 지속적인 성장이 예상되며 북미(6%), 서유럽(17%) 등에 비해 중국(61%), 인디아(55%), 기타 아시아 국가(32%), 동유럽(67%) 등의 지역에서 높은 성장률을 보일 것으로 전망하였다.

이러한 트렌드와 더불어 국내에서도 화주기업 입장에서뿐만 아니라 국가 및 산업계 전반의 차원에서 물류 분야에 대한 관심이 고조되고 있다. 이에 따라 기존의 대형 물류업체뿐만 아니라 많은 기업들이 M&A 등을 통해 신규 물류시장으로 진출하고 있다. 특이한 점은 이러한 M&A가 주로 대기업이나 그룹 사 차원에서 중소형 물류전문기업을 인수합병 한다는 것이다. 이는 기존의 특화된 중소형 물류기업들로서 화주의 높아진 물류서비스 수준 및 전국적인 물류 네트워크, 나아가 글로벌 물류 네트워크를 감당하기엔 역부족인 이유도 있지만 기존 대형 물류업체들의 국내 시장 점유율이나 대응능력 면에서 시장을 주도하는 기업들이 부족하기 때문이기도 하다.

국내외 3PL 시장이 지속적으로 성장함에 따라 화주들의 3PL에 대한 요구사항도 점차 다양해지고 복잡해져 감을 알 수 있다. Aberdeen Group(2008.3)이 미국 내 주요 150개 기업의 물류담당자를 대상으로 조사한 “기업이 물류를 아웃소싱 하려는 이유”를 보면 1)Supply Chain의 복잡성 증가(55%), 2)물류비의 증가(49%), 3)새로운 지역에서의 비즈니스 증가(26%), 4)운전자본 마련(19%), 5)고객서비스 요구 증가(18%) 순으로 나타났으며, eyefortransport(2008.9)가 유럽지역의 화주들을 대상으로 조사한 3PL 선택 기준을 보면 1)서비스품질(47%), 2)가격(26%), 3)분야별 전문경험(25%), 4)규모(9%), 5)지역적 전문성(6%), 6)평판(5%) 순이며, 화주들이 3PL 계약을 연장하지 않는 이유를 보면 1)낮은 서비스 수준(55%), 2)3PL 운영미숙(50%), 3)다른 3PL 회사의 낮은 가격(40%), 4)너무 높은 기대치(28%) 순으로 나타났다. 한국무역협회(2008.12)가 조사한 국내 기업들이 3PL을 활용하지 않는 이유를 보면 1)자사/자회사 물류에 만족(53.8%), 2)물류비 절감이 이루어지지 않기 때문(43.1%)으로 나타났다. 또한 eyefortransport(2008.9)가 조사한 유럽지역 화주들의 3PL 업체 이용수를 보면 1)1~3개 기업 44%, 2)4~6개 기업 27%, 3)7~10개 기업 7%, 4)11개 기업 이상 22%으로 나타났으며,

Accenture의 Brooks Bentz가 Logistics Management의 200명 독자를 대상으로 실시한 “2008년 3PL 활용률 조사”(2008.3)에서도 3년 전과 현재의 3PL 이용 회사의 수를 비교한 결과 그 수가 점차 증가하고 있는 것으로 나타났다. 이제는 물류 서비스가 단순한 비용절감을 위한 차원이나 기능별 아웃소싱의 수준을 지나 진정한 의미의 서비스 요소를 고려해야 할 때이다. 실제로 몇몇 화주기업들은 물류기업 선택에 대한 고민뿐만 아니라 선택 후의 서비스 품질에 대한 관심도 점차 커져가고 있다. 물류신문의 “화주들은 이런 3PL을 원한다”(2008.10.15)의 내용을 보면 국내 주요 기업들의 물류담당 임원들은 점차 비용절감보다는 물류서비스의 품질 쪽으로 무게중심이 이동하고 있으며 실제로 물류서비스의 품질이 매출증대로 이어지고 있다고 이야기 하였다.

1.2 연구의 목적

최근의 물류서비스시장의 현황을 종합하여 볼 때 물류시장은 지속적으로 성장하고 있지만 물류 아웃소싱을 경험한 화주기업들의 물류서비스 품질에 대한 만족도가 상대적으로 높지 않다는 것을 알 수 있다. 하지만 물류서비스 품질에 대한 화주기업 및 물류기업 등 관련 주체들의 인식은 아직 부족한 실정이다. 또한 학계에서도 물류서비스 품질 관련해서 분야별로 연구들이 진행되고 있지만 물류의 다양한 특성으로 인해 전 물류산업에서 공감할 수 있는 물류서비스품질에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 기업물류 관점에서 화주기업, 물류기업 및 관련 전문가들을 대상으로 물류서비스품질측정지표(Logistics Service Quality Index : LSQI)를 개발한다. 기존의 대부분의 연구에서는 지표개발의 범위로 주로 운송서비스로 한정된 경우가 많으며, 화주들의 의견을 반영한 화주관점의 지표개발의 경우가 많았다. 물류서비스의 범위가 넓어지면서 기업물류를 지칭할 때 최근에는 운송 뿐만 아니라 물류센터 등에서의 운영적 측면도 포함하고 있다. 따라서 물류서비스품질에 대한 연구도 기업물류 전반의 범위까지 포함하여야 한다. 또한 서비스품질지표는 화주기업 및 물류기업의 관련주체들이 서로 같은 관점으로 공감이 형성된 상태에서 측정이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 본 설문시 화주기업 및 물류기업의 담당자들을 대상으로 모두가 공감할 수 있는 최종 지표를 산출하도록 한다. 궁극적으로 본 연구를 통해 향후 화주기업 및 물류기업이 활용할 수 있는 서비스품질지표의 기준과 추가적인 연구를 위한 방향성을 제시하도록 한다.

2. 이론적 배경 및 문헌연구

2.1 서비스 품질 이론

‘품질’이란 용어는 원래 제품의 품질에 제한되어 사용되다가 서비스 부문이 확대되면서 서비스의 품질이 큰 관심을 가지게 되었다. 서비스 품질은 고객 중심의 접근방식으로서 고객들의 기대 수준과 지각수준의 비교 차이에서 지각된 개념으로 많은 연구자들(Sasser, Olsen and Wyckoff 1978 ; Lehtinen and Lehtinen, 1982 ; Grönroos, 1984 ; Parasuraman, Zeithaml and Berry, 1988; Bolton and Drew, 1991)에 의해 발전되어 왔다. 서비스 품질은 크게 고객필요 관점, 고객만족 관점, 고객의 품질지각 관점으로 나눌 수 있는데(Chatterjee and Yilmaz, 1993) 서비스 품질 요소의 속성이 다양하기 때문에 일반적으로 품질지각관점이 많이 활용되고 있다. Grönroos(1982, 1983)에 의하면 서비스 품질은 기술적 품질과 기능적 품질의 합이며 서비스 제공 활동에 있어서는 후자가 특히 중요하다고 하였다. 여기서 기술적 품질이란 소비자가 무엇을 얻을 것인가에 관한 것으로서 편익을 제공하는 활동 자체를 서비스로 파악하는 결과품질을 의미하며 기능적 품질은 편익을 제공하는 활동 자체가 아니라 제공하는 방법이나 과정을 소비자가 서비스로 파악하는 과정 품질을 말한다.

Parasuraman, Zeithaml and Berry(1985, 이하 PZB라 칭함)의 연구 결과에 의하면 첫째, 서비스품질은 고객의 기대와 지각간의 차이이며, 둘째, 고객의 기대에 영향을 미치는 핵심적인 요인은 구전, 외부 커뮤니케이션, 개인적 욕구, 과거경험 등이고, 셋째, 서비스 품질을 평가하기 위해 고객이 이용하는 평가기준은

10개의 일반적인 차원으로 구성되어 있음을 확인하였다. 이들은 이런 연구결과를 토대로 서비스 품질의 개념적 모형(Gap 모형)을 제시하였으며 고객의 서비스품질 지각은 부족한 서비스 품질로 나타나는 여러 가지 품질지각차이에 의해 영향을 받으며, 특히 서비스에서 지각한 품질은 고객의 기대와 실제로 고객들이 받는 서비스의 지각 사이의 Gap의 함수라고 규정지었다.(PZB, 1988)

PZB(1988, 1991)는 두 차례에 걸친 실증적 연구를 통해 <표 1>과 같이 5개 차원의 22개의 서비스 품질 구성 요소를 이끌어 냈다. 각각의 서비스품질 구성요소들은 상호간에 관련 있고 일부 중복되는 내용을 지니고 있으나 고객들의 개인적인 욕구나 서비스 업종에 따라 구성요소들간의 상대적인 중요성이 다를 수 있다. 이후 많은 연구자들이 위의 서비스품질의 구성요소를 바탕으로 다양한 분야에 속성을 개발하여 서비스 품질을 측정하는데 이용하고 있다.

지금까지 많은 논문들이 SERVQUAL 모형을 바탕으로 하고 있지만 Cronin과 Taylor(1992)는 단순성과만을 측정하는 SERVPERF(Performance based measure of service quality) 모형과 성과항목에 중요도를 적용하는 가중 SERVPERF(Weighted SERVPERF) 모형을 개발하여 성과항목만으로 품질수준을 측정하는 것이 다른 측정항목에 비하여 우수하다고 주장하였다. 또한 Teas(1993)는 SERVQUAL 모형에서 기대에 대한 개념정의와 측정 타당성에 문제가 있음을 지적하며, SERVQUAL 모형에서의 기대수준은 규범적 기대수준으로 예견된 서비스와 제공된 서비스의 차이가 아니라 이상적 기준과의 비교를 나타낸다고 주장하였다. 임호순, 백승기, 허희영(2005) 등은 SERVQUAL 모형을 적용할 경우 실제로 고객마다 기대에 대한

표 1. 서비스 품질의 구성요소(PZB, 1988, 1991)

차원	정의 및 세부 지표
유형성 (Tangibles)	정의 : 물리적 시설, 장비 및 서비스 직원의 용모 지표 : 1)최신 장비, 2)물리적 시설, 3)서비스 직원의 단정한 용모, 4)서비스 제공내역의 구체성(팜플릿, 설명서 등)
신뢰성 (Reliability)	정의 : 서비스를 신뢰를 바탕으로 정확하게 수행할 수 있는 능력 지표 : 1)정해진 시간에 고객에게 서비스를 하겠다는 약속, 2)고객의 문제를 같이 고민하고 해결하려는 노력, 3)고객의 서비스를 처음 바로 수행할 수 있는 능력, 4)약속된 시간에 서비스를 제공할 수 있는 능력, 5)서비스 기록의 정확성
반응성 (Responsiveness)	정의 : 즉각적인 서비스를 제공하고 고객을 도울 수 있는 의지 및 대응력 지표 : 1)서비스가 수행될 시점을 고객에게 정확히 말할 수 있는 능력, 2)고객에게 즉각적인 서비스를 수행할 수 있는 능력, 3)언제든지 고객을 도울 수 있는 의지, 4)고객의 요구에 충분히 대응할 수 있는 여력
확신성 (Assurance)	정의 : 직원들의 전문성 및 고객에게 확신과 신뢰를 줄 수 있는 능력 지표 : 1)고객에게 확신을 줄 수 있는 행동, 2)고객이 안심하고 거래할 수 있는 믿음, 3)고객에 대한 지속적인 호의성, 4)고객의 질문에 대응할 수 있는 전문지식
공감성 (Empathy)	정의 : 개별 고객의 상황에 맞게 특화된 서비스를 제공할 수 있는 능력 지표 : 1)개별고객에게 차별화된 서비스 능력, 2)모든 고객에게 대응 가능한 서비스 운영 시간, 3)차별화된 서비스 능력을 제공할 수 있는 직원의 보유, 4)고객에게 진심으로 서비스 할 수 있는 노력, 5)고객의 개별 요구를 이해할 수 있는 능력

편차가 크고 기대서비스 수준과 인지서비스 수준을 함께 측정하기 때문에 설문 응답자에게 정보과잉 또는 부담을 초래할 위험이 있다고 주장하였다. 특히 새로 시작한 사업 등에서는 SERVQUAL 모형의 경우 기대수준에 대한 정의가 모호하기 때문에 SERVPERF 모형을 적용하는 것이 보다 설명력이 높을 수 있다.

표 2. SERVQUAL Vs. SERVPERF(Cronin & Taylor, 1992)

	SERVQUAL	SERVPERF
제안자	PZB	Cronin & Taylor
모델구성	성과 - 기대	성과
기대의 정의	규범적 기대 (제공해야 할만한 수준)	기대측정 하지 않음
측정	5개 차원 22항목	5개 차원 22항목

2.2 물류서비스 품질 - 정의

물류서비스는 기업의 상황 및 산업에 따라 다양한 정의가 존재한다. Lalonde와 Zinszer(1976)는 실증적 연구를 통해 산업별로 다양한 물류서비스의 정의가 존재함을 발견하였으며 물류관점에서 고객서비스를 “효율적인 비용으로 공급망에 부가가치를 더해주는 핵심 프로세스”라고 정의하면서 “고객의 요구를 만족시키기 위한 활동, 고객만족을 보증하기 위한 성과측정 그리고 전사차원에서 확신을 줄 수 있는 철학”을 고객서비스의 3가지 핵심요소라고 하였다.

물류의 영역이 확장됨에 따라 물류의 정의도 초기의 공급자 관점에서 점차 고객 관점으로 확대되기 시작했다. Christopher, Scharj and Larsen(1979)등은 물류서비스를 “장기적인 관점에서 고객의 요구를 만족시킬 목적으로 접수된 주문과 상품접수 사이의 시간을 계속적으로 연결시키기 위해 조직된 시스템”이라고 하였다. Mentzer, Gomes, Krapfel(1989) 등은 “서비스 전달에는 마케팅 고객서비스와 물적유통서비스(Physical Distribution Service)의 두 가지 요소가 존재하며, 고객만족을 위해 이 두 가지 요소는 상호 보완적인 역할을 한다.”고 주장하였다. 또한 Mentzer, Flint, Hult(2001)등은 “물적유통서비스(Physical Distribution Service)는 가용성(Availability), 적시성(Timeliness), 품질(Quality)의 3가지 핵심요소로 구성되어 있다.”고 하였으며 물적유통서비스를 물류서비스를 구성하는 기본 관점으로 보았다. Brensinger과 Lambert(1990)는 SERVQUAL 모델에 물류 속성을 추가하여 물류서비스 분야에 적용가능성을 입증하였다. 이는 고객관점에서 물류서비스품질을 정의하고 측정하기 위한 기본 원칙을 제공하는 계기가 되었다. 또한 Stock and

Lambert(2001)는 “물류서비스는 마케팅 믹스의 유통(Place)와 관련이 있고 물류시스템의 결과물이라고 할 수 있으며, 제품의 시간과 장소의 효용을 창출할 수 있도록 물류시스템을 효율적으로 관리할 수 있는 측정도구이다. 또한 기업의 수요창출, 총물류비, 궁극적으로 이윤창출에 직접적인 영향을 끼치는 요소이다. 따라서 물류서비스는 물류시스템의 운영 및 설계의 결합체라고 할 수 있다.”고 하였다. 강기두, 안승호, 채명기(2008)는 물류현장의 면접을 통해 주로 운송관점에서 물류서비스를 정의하였는데 “효율적인 상품의 수/배송과 이의 원활한 흐름을 달성하기 위한 방안을 강구하고 이를 효과적으로 관리함으로써 고객(화주)들의 경쟁력을 제고시켜 주는 것”이라고 하였다. 미국의 SCM전문가협회(Council of Supply Chain Management Professionals)에서는 물류서비스 품질을 “고객 요구를 만족시키기 위해 생산지로부터 최종 소비지까지 제품, 서비스 그리고 관련된 정보의 원활하고 효율적인 흐름을 계획하고 실행하고 통제하는 일련의 공급망 프로세스”라고 정의하였다.

위의 정의들을 종합하여 볼 때, 물류서비스품질은 “고객의 관점에서 조달, 생산, 판매, 반품 및 회수, 폐기에 이르는 물류활동의 전 과정에 걸쳐 고객의 기대수준에 대한 실제 실행된 물류서비스의 품질 수준”으로 정의할 수 있다.

2.3 물류서비스 품질 - 기존연구

그 동안 서비스 품질에 대한 연구는 폭넓게 진행되어 왔으나 그 분야가 주로 금융, 항공, 통신 등의 분야에 마케팅 관점에서 연구가 진행되어 왔으며 물류 서비스 분야에 대해서는 그 연구가 아직 초기단계라고 할 수 있다. 하지만 최근에는 물류 분야에도 서비스 품질에 대한 개념적 연구가 시작되고 있다. 현재까지 대부분 국내외의 물류서비스품질 관련 연구들은 기존의 SERVQUAL 모델을 응용한 화주와 물류기업의 인식의 차이, 충성도, 재구매 의도에 관한 것들이 많으며 물류분야에 특화된 서비스품질 지표 개발에 관한 연구들은 상대적으로 많지 않다. Hopkins, Strasser, Foster(1993)등은 PZB(1991)에 의해 개발된 서비스 품질 구성요소를 미국 운송시장의 화주와 서비스 제공업체에 응용하여 22개의 세부 구성요소를 산출해냈다. 이들은 연구를 통해 화주와 서비스 업체 간의 인식의 차이가 있으며 실제로 서비스를 전달하는 과정에서 많은 오류가 있음을 밝혀냈다. Dabholkar, Thorpe and Rentz(1996) 등은 순수한 SERVQUAL 모델을 유통산업에 적용시키기에는 한계가 있다고 지적하면서 1)물리적 측면(Physical aspects), 2)신뢰성(Reliability), 3)개인적 상호작용(Personal interaction), 4)문제해결 능력(Problem solving), 5)정책(Policy) 등 5개 차원에 걸쳐 기존의 SERVQUAL 모델로부터 인

용한 17개 아이টে 11개 아이টে를 추가하여 개발하였다. 이처럼 물류산업 역시 기존의 SERVQUAL 모델을 그대로 적용하기보다 산업에 특화된 서비스품질 지표개발이 필요하다. 보통 지표개발에 관한 연구는 Churchill(1979)이 제시한 절차를 많이 활용한다. Churchill은 마케팅 구성개념(Marketing Constructs)을 측정하기 위한 척도개발에 8단계의 절차를 제시하였다. 그 세부 절차를 보면 1)구성개념의 범위 지정, 2)세부지표 개발, 3)데이터 수집, 4)지표 정제 작업, 5)데이터 수집, 6)신뢰성 평가, 7)타당성 평가, 8)객관적 기준(Norms) 개발 순이다. PZB(1988)는 Churchill(1979)이 제시한 척도개발 절차를 응용하여 SERVQUAL 측정을 위한 5개 차원의 22개 세부지표(표 1 참조)를 개발하였다. 이들은 위에서 개발된 세부 SERVQUAL 지표의 신뢰성 및 타당성을 재검증하고 다양한 산업에 적용시키기 위해 1991년에 SERVQUAL 지표의 재평가 및 재정제 연구를 실시하여 완결성을 높였다.

Bienstock, Mentzer, and Bird(1997)는 Gronroos(1983)가 주장한 기술품질(Technical Quality)과 기능품질(Functional Quality)의 영역 중 기술품질 또는 결과품질에 집중된 물적유통 서비스품질(Physical Distribution Service Quality : PDSQ) 측정을 위한 지표를 개발하였다. 그들은 물적유통서비스를 “공급자로부터 회사까지의 제품의 물리적 배달과 관련된 모든 활동사항”으로 정의하였으며, 1)적시성(Timeliness) 6개 지표, 2)가용성(Availability) 5개 지표, 3)조건(Condition) 4개 지표 등 <표 3>과 같이 총 15개의 지표를 개발하였다.

Mentzer, Flint, and Kent(1999)는 PZB(1985,1988)와

Bienstock, Mentzer and Bird(1997)가 적용했던 서비스품질 지표 개발 방법론을 물류서비스품질 지표 개발에 적용하여 9개 차원의 25개 세부 지표를 개발하였다. 이들은 정성적(Qualitative) 접근방법과 정량적(Quantitative) 접근방법을 통해 물류서비스품질 지표를 개발하였는데 미 국방부의 물류서비스를 수행하는 Defense Logistics Agency(DLA)의 고객들 중 우선적으로 13개의 Focus group을 대상으로 물류서비스 품질에 대한 정성적 요구사항을 파악한 후 정량적 테스트를 위한 물류서비스품질 조사 아이টে를 추출하였다. 이들은 추출된 물류서비스품질 지표를 DLA의 16,920 고객들을 대상으로 설문조사를 실시하여 이중 유효한 5,531 설문지를 바탕으로 하여 물류서비스 품질의 구성요소를 추출하였다. 이들은 물류서비스 품질을 크게 1)정보품질, 2)주문절차, 3)주문방출량, 4)적시성, 5)주문정확성, 6)주문품질, 7)주문조건, 8)주문불일치 처리, 9)서비스접점 품질의 9개 구성요소와 25개 세부항목으로 나누었다.

Rafiq and Jaafar(2007)는 Mentzer, Flint and Kent(1999)가 개발한 물류서비스품질 지표를 영국의 3PL 사용 고객들에게 적용시켜 타당성 및 전 물류산업으로의 일반화 가능성에 대한 검증하는 연구를 진행하였다. 이들은 영국내의 물류관련 전문가들과의 인터뷰 등 탐색적 연구를 통해 1차 검증절차를 거친 지표들을 영국의 3PL 화주기업들 중 1,258명의 물류관련 담당자를 대상으로 2차 설문을 실시하였다. 이들은 실제로 회수된 336부 중 적용 가능한 183부를 분석하였는데 다음과 같은 연구 결과를 얻어냈다. 첫째, Mentzer 등이 사용한 지표 중 정보품질(Information Quality)과 주문절차(Ordering Procedures)에는

표 3. 물적유통서비스품질(Physical Distribution Service Quality : PDSQ) 지표

Sub-scale	Item
적시성 (Timeliness)	<ul style="list-style-type: none"> • 주문을 주고 받는 시간이 짧아야 한다. • 배달은 신속해야 한다. • 주문을 주고 받는 시간은 일관되어야 한다. • 공급자가 내 주문을 취합하는 시간이 일관되어야 한다. • 공급자가 주문을 받고 선적하는 시간이 짧아야 한다. • 공급자가 내 주문을 취합하는 시간이 짧아야 한다.
가용성 (Availability)	<ul style="list-style-type: none"> • 주문 시 가용한 재고가 있어야 한다. • 공급자는 고객 가까이에 재고를 가지고 있어야 한다. • 공급자는 추가주문 가능성을 지시 받았을 때 대응하기 위해 예비재고를 가지고 있어야 한다. • 이미 주문된 제품은 가용한 재고가 있어야 한다. • 제품은 지속적으로 가용한 재고가 있어야 한다.
조건 (Condition)	<ul style="list-style-type: none"> • 모든 주문에 대해 손상되지 않은 상태로 배달되어야 한다. • 모든 주문은 정확해야 한다.(즉, 주문된 제품이 도착해야 한다.) • 모든 제품은 손상되지 않은 상태로 배달되어야 한다. • 주문은 편리하게 포장되어야 한다.

표 4. 물류서비스품질 지표(Mentzer, Flint and Kent, 1999)

Sub-scale	Item
Information Quality (정보품질)	<ul style="list-style-type: none"> • 제공정보가 이용 가능한가? • 제공정보가 적정한가?
Ordering Procedures (주문절차)	<ul style="list-style-type: none"> • 주문절차가 효과적인가? • 주문절차가 이용하기 편리한가?
Ordering Release Quantities (주문방출량)	<ul style="list-style-type: none"> • 주문량 때문에 어려움을 겪지 않는다. • 최대주문량 때문에 어려움을 겪지 않는다. • 최소주문량 때문에 어려움을 겪지 않는다.
Timeliness (적시성)	<ul style="list-style-type: none"> • 주문시간과 실제 도착시간과의 간격이 짧다. • 주문한 제품이 정시에 도착한다. • Backorder로 인한 대기시간이 짧다.(주문했을 때 제품이 없는 현상)
Order Accuracy (주문정확성)	<ul style="list-style-type: none"> • 주문한 제품과 다른 제품이 도착할 확률이 거의 없다. • 주문한 양과 다른 양이 도착할 확률이 거의 없다. • 주문한 제품과 다른 대체품이 도착할 확률이 거의 없다.
Order Quality (주문품질)	<ul style="list-style-type: none"> • DLA를 통해 제공된 대체품이 잘 작동한다. • DLA를 통해 제공된 제품이 기술적 조건을 만족한다. • 주문한 제품이나 부품 등이 거의 불량을 일으키지 않는다.
Order Condition (주문조건)	<ul style="list-style-type: none"> • DLA를 통해 도착한 제품이 거의 손상을 입지 않는다. • DLA의 협력업체를 통해 도착한 제품이 거의 손상을 입지 않는다. • 각 운송모드 별 제품의 손상이 거의 발생하지 않는다.
Order Discrepancy Handling (주문불일치 처리)	<ul style="list-style-type: none"> • 주문불일치에 대한 수정요구에 즉각적인 대응이 가능하다. • 주문불일치에 대한 대응 프로세스가 적당하다. • 주문불일치에 대한 보고사항이 만족할만하다.
Personnel Contact Quality (서비스접점 품질)	<ul style="list-style-type: none"> • 최종 물류 서비스 제공자가 화주의 상황을 이해하려고 노력한다. • 문제 발생시 지정된 담당자에 의해 문제가 잘 해결된다. • 물류서비스 제공자의 지식이나 능력이 적당하다.

세부지표가 각각 2개씩 밖에 없는데 동질성(Identification) 확보를 위해서도 최소 3개 이상의 아이템이 필요하다. 또한 실제 물류 활동에서는 조직간의 정보교류가 활발하다. 따라서 정보품질의 경우에 더 구체적인 측정지표가 필요하다. 주문절차에 있어서도 실제로 주문절차가 복잡하기 때문에 기존의 2개 아이템 외에 Dabholkar(1994)가 개발한 측정용이성, 주문절차의 유연성, 시간, 투입된 노력 등의 4개 지표를 추가할 필요가 있다. 둘째, 설문시 5점 리커트(Likert) 척도를 활용하였는데 이는 응답자의 응답 범위를 제한할 수 있으므로 7점 척도를 활용하는 것이 타당하다. 셋째, 지표가 Defense Logistics Agency(DLA)의 내부고객 및 조달물류에 한정되어 개발되었기 때문에 일반적인 3PL 산업으로 확장하기에는 한계가 있다. 이들은 물류활동도 산업별로 다양하기 때문에 산업에 특화된 일부 추가 지표의 개발이 필요하며 특히 3PL이나 판매물류의 경우 기술품질(Technical Quality)보다는 기능품질(Functional Quality)의 측정을 위한 지표개발이 필요

하다고 주장하였다. Rafiq and Jaafar의 연구는 Mentzer 등이 개발한 물류서비스품질 지표의 검증에 대한 연구가 거의 없는 상황에서 의미가 있다고 할 수 있다. 하지만 분석에 적용된 샘플 사이즈의 수가 너무 적어서 이 연구결과를 전반적인 3PL 산업의 특성으로 일반화하기에는 한계가 있다.

국내에서는 TPL(Third-Party Logistics) 서비스품질 측정에 관한 연구(2001, 신창훈, 백일태, 김울성), 물류서비스에 대한 화주와 물류서비스 회사간의 인식의 차이에 대한 연구(2005, 전일수, 홍석진; 2005, 정혜정; 2006, 김혜진), 우체국 택배의 물류서비스 품질 및 재구매 의도에 관한 연구(2005, 김영 외 2인), 택배산업에서의 물류 서비스 품질 측정(2003, 최성운, 백봉기), 항만 서비스품질에 관한 연구(2001, 신한원 외 2인), 3자 물류회사의 서비스 품질 평가 연구(2006, 소순후 외 2인), 컨테이너항만 서비스품질차원이 고객만족과 재이용 및 구전도에 미치는 효과에 관한 연구(2008, 안광호 외 2인), 벌크항만 서비스품질 평가에

관한 연구(2008, 김창환), 3PL 기업의 물류서비스품질과 관계지향성이 공급사슬성과에 미치는 영향(2008, 박이숙) 등이 진행되었다. 특히 신창훈(2001) 등은 “TPL(Third Party Logistics) 서비스품질 측정에 관한 연구”를 통해 3PL 서비스 구성차원 개발 및 서비스품질 만족 및 재계약 의도에 미치는 영향 연구를 실시하였다. 이들은 물류관련 전문가들과의 사전 면접조사를 통해 6개의 차원과 44개의 세부항목들을 구성하였다. 그들은 사전조사를 위해 Brown, Churchill and Peter(1993)와 Bitner(1990)나 Bolton, Drew(1991)의 연구에서 실증하였던 비차감식(non-difference score : 기대 대비 성과 직접 측정) 방식을 사용하여 3PL 전문업체를 이용하는 화주기업들의 최고경영자 및 실무경영자들 중 무작위로 추출하여 40부의 설문을 발송하여 33부를 회수하였다. 이를 통해 6개 차원의 33개 조사항목을 재 구성하였다. 본 설문에서는 상위 3PL 50개 기업과 거래하고 있는 화주기업을 대상으로 설문을 발송하여 202부 중 158부를 회수한 후 최종적으로 1)유형성, 2) 신속/적시성, 3)반응/확신성, 4)커뮤니케이션, 5)Know-how 등 5개 차원의 25개 세부 물류서비스품질 지표를

개발하였다. 위의 연구는 국내 3PL 도입의 초기 단계에서 실시한 연구로서 가치가 크지만 실무 담당자들의 이해 부족 및 분야를 운송 서비스에 한정함으로써 전체적인 물류서비스 품질로 일반화하기에는 범용성의 한계를 지녔다. 신창훈, 최민승, 김동진(2006)은 컨테이너 터미널의 서비스 품질을 측정하기 위해 1)유형성(7개 지표), 2)반응성(10개 지표), 3)전문성(9개 지표), 4)신뢰성(9개 지표), 5)안전성(3개 지표) 등의 총 38개 서비스품질 척도를 개발하여 기존의 PZB(1988)의 연구에서 제시된 서비스 차원과 별개로 산업별로 서로 다른 서비스품질 지표가 적용될 수 있음을 제시하였다. 강기두, 안승호, 채명기(2008)는 Churchill(1979)에 의해 제안된 척도개발방법을 활용하여 운송서비스 분야를 위한 물류서비스품질 측정지표를 개발하였다. 이들은 운송서비스를 이용하는 소비자를 대상으로 자료를 수집하여 12개의 항목에 124개의 세부 문항을 개발하였다. 이들은 개발된 물류서비스품질의 구성차원을 1)결과품질, 2)전달과정의 품질, 3)서비스역량의 품질로 분류하고 도출된 항목들을 세 가지 차원으로 각각 수렴시켰다.

표 5. 물류서비스품질 관련 선행연구

연구자	구성요소
Lalonde, Bernard J(1985)	제품가용성, 주문사이클기간, 분배시스템의 유연성, 분배시스템의 정보, 분배시스템의 불능, 판매 후 제품관리
PZB(1985), Shirley A. Hopkins, Sadra Strasser, Willie E. Hopkins, Jerry R. Foster(1993), Theodore P. Stank(2003)	유형성, 신뢰성, 반응성, 확신성, 공감성
Leahy, Steven E., Murphy, Paul R. and Richard F. Poist(1995) Menon, M.K., McGinnis, M.A., Ackerman, K.B. (1998)	정보의 적시성, 물류서비스의 맞춤화, 제품의 낮은 손상율, 서비스 제공자의 재무적 안정, 신뢰성 있는 서비스의 제공, 응급상황에서의 대처능력, 서비스의 다양성, 전문성
Bienstock, Mentzer, and Bird(1997)	적시성, 가용성, 조건
Mentzer, Flint and Kent(1999), Rafiq and Jaafar(2007), 박이숙(2008)	정보품질, 주문절차, 주문방출량, 적시성, 주문정확성, 주문품질, 주문조건, 주문불일치처리, 서비스접점 품질
백일태(2002)	유형성, 신속/적시성, 반응성, 확신성, 커뮤니케이션, Know-how
최성운, 백봉기(2003)	대응성, 정확성, 신뢰성, 공감성, 유형성
안운석(2004)	배송 품질, 주문품질, 고객서비스, 배송가격
정혜정(2005)	유형성, 대응성, 신뢰성, 정보능력
김해진(2006)	유형성, 신속/적시성, 반응성, 확신성, 커뮤니케이션, 효용성
신창훈, 최민승, 김동진(2006)	유형성, 반응성, 전문성, 신뢰성, 안전성
강기두, 안승호, 채명기(2008)	1)결과품질 : 배송의 신뢰성, 운송상품의 품질, 물류비용절감, Lead time의 기여, 2)전달과정의 품질 : 운송사고의 처리, 상품의 가시성 확보, 대고객 커뮤니케이션, 주문의 편리성, 3)서비스역량품질 : 물량처리 능력, IT 시스템 능력, 조직의 전문성, 조직의 진실성

3. 지표의 개발과 정제

3.1 지표의 개발과 1차 정제

지표개발에 대한 연구는 Churchill(1979), PZB(1988, 1991), Mentzer(1999) 등이 적용했던 지표개발 절차를 바탕으로 물류서비스품질의 선행연구 및 국내 물류관련 종사자, 전문가들의 의견을 반영하여 국내 물류산업에 맞는 서비스품질 지표를 개발하였다. 그 세부적인 개발절차는 다음과 같다.

1 단계 : 물류서비스품질을 정의한다. PZB(1985)가 제시했던 서비스품질 이론을 바탕으로 물류서비스품질 정의에 대한 선행연구 및 관련 전문가들의 의견을 종합하여 본 연구에서는 물류서비스품을 “고객의 관점에서 조달, 생산, 판매, 반품 및 회수, 폐기에 이르는 물류활동의 전 과정에 걸쳐 고객의 기대수준에 대한 실제 실행된 물류서비스의 품질 수준”으로 정의한다.

2 단계 : 기존 서비스품질(SERVQUAL) 및 물류서비스품질 연구에서 개발된 지표를 바탕으로 국내의 물류기업 및 화주기업에서 사용하고 있는 지표를 추가하여 1차 물류서비스품질 지표를 개발하였다. 물류기업의 지표는 국내 상위 5위권 내의 물류기업 중 2개 기업 그리고 국내에 진출한 글로벌 물류기업 1개 기업 등 총 3개 기업의 지표를 참고로 하였으며, 화주기업의 경우 전기/전자, 식품, 홈쇼핑 등 총 3개 기업의 지표를 참고로 하였다. 또한 물류 컨설턴트가 활용하고 있는 지표를 추가하였다. 국내의 주요 화주기업 및 물류기업의 경우도 물류서비스품질만을 위한 별도의 관리지표가 많지 않아서 앞으로 더 많은 연구가 필요하다고 하였다. 위의 과정을 통해 1)적시성(Timeliness), 2)정확성(Accuracy), 3)가용성(Availability), 4)신뢰성(Reliability), 5)가시성(Visibility), 6)가치성(Valuability) 등 6개 차원의 총 44개의 세부지표를 개발하였다.

3 단계 : 1, 2단계를 거쳐 마련된 지표의 타당성, 신뢰성 그리고 객관성을 확보하기 위하여 물류관련 전문가들을 통해 지표 정제작업을 실시하였다. 1차 지표 정제작업에는 3PL 전문가 1인(20년 경력), 화주업체 물류담당자 1인(17년 경력), 물류관련 학과 교수 1인, 물류 컨설턴트 1인(18년 경력) 등 총 4명이 참여하였으며 이와 별도로 10명 정도의 물류관련 연구자들과 집중 토의를 통해 검증하는 절차를 가졌다. 위의 정제작업을 통해 개발된 항목을 물류관련 전문가들의 설문을 통해 2차 지표 정제작업을 실시하였다. 설문에는 화주기업 물류담당자 3명, 물류기업 담당자 3명, 물류컨설턴트 4명, 물류관련학과 교수 3명 등 총 13명이 참가하였

다. 이를 통해 <표 6>과 같이 1)적시성 6개, 2)정확성 5개, 3)가용성 10개, 4)신뢰성 10개, 5)가시성 6개, 6)가치성 6개 등 6개 차원의 43개 세부지표를 개발하였다.

3.2 지표의 2차 정제

4 단계 : 1~3단계에서 개발된 물류서비스품질 지표를 가지고 2차 본 설문을 실시하였다. 물류서비스의 품질 측정은 서비스 품질에 대한 기대수준(Expectations)과 성과(Perceived Performance)로 나누어 측정하였다. 기대와 성과에 대한 측정항목은 위에서 개발된 6개 차원의 43개 세부지표를 동일하게 적용하였으며, 기대수준에 대한 설문은 화주, 물류업체 및 물류관련 전문가를 대상으로 공통으로 실시하였다. 기대수준 및 성과의 측정은 실제로 물류를 담당하는 화주 및 물류기업의 담당자들을 대상으로 측정하여 현재 자사에서 제공받거나 제공하고 있는 물류서비스품질 수준을 평가하도록 하였다.

설문 중 서비스 품질 문항은 기존의 연구자들이(PZB, 1988; Bienstock et al., 1997; Mentzer et al., 1999)지표 개발 시 사용하였던 “매우 동의하지 않는다(①)”에서부터 “매우 동의한다(⑦)”까지 7점 척도를 사용하였으며, 공통문항으로 설문자의 이름, 학력, 소속, 분야, 부서/직급, 현 업무 및 담당기간, 연령, 연락처 등을 기재하도록 하여 설문을 물류관련 종사자 및 경험자로 한정하도록 하였다. 설문기간은 2008년 10월 21일부터 2008년 11월 21일까지 총 한 달에 걸쳐 시행되었으며 총 400부를 배포하여 305부를 회수하였다. 회수된 설문은 부적합 설문 14부를 제외하고, 화주 71개 기업의 115부, 물류 42개 기업의 119부, 그리고 기타 학계 및 연구원 등 57부로 구성되었다. 화주기업을 산업별로 구분하면 음식료업 32.2%, 전기전자 20.9%, 석유화학 16.5%, 자동차 8.7%, 기계금속 8.7%, 유통 8.7%, 제약 4.3% 순이었다.

5단계 : 앞서 제시된 본 연구의 특성상 성과 측정항목에 응답할 수 없었던 기타 학계 및 연구원을 제외한 총 234부의 설문 중 무작위로 50%의 표본을 추출하여 탐색적 요인분석(EFA: Exploratory Factor Analysis)을 실시하였다. PZB(1988)의 제안에 따라 ‘품질(=기대수준-성과)’이라는 새로운 변수를 생성하여 실시한 EFA 결과는 <표 7>과 같다.

탐색적 요인분석은 추출방식으로 주요인분석방법을, 회전은 직교회전을 사용하여 수행되었으며, 그 결과 6개의 요인이 추출되었고 이들은 전체분산 중 67.8%를 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 각 요인은 선행적 연구의 결과로 앞서 제시된 6개 차원으로 해석되었다. 본 연구에서는 기존에 많이 사용되는 요인적재량의

표 6. 물류서비스 품질 구성요소

구성 요소	세부 항목
적시성 (Timeliness)	<p>고객이 원하는 시간에 적절하게 물류서비스 기업이 대응하고 있는지를 판단하는 기준</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 주문했던 시간에 제품이 제때 도착하여야 한다.(정시도착율) ② 물류센터(창고) 내의 입출고가 제 시간에 이루어져야 한다.(정시 입출고율) ③ 물류서비스 기업의 수배송 시간이 적절해야 한다. ④ 물류센터(창고) 내의 제품당 작업시간이 적절해야 한다. ⑤ 주기적으로 물류서비스에 대한 보고가 이루어져야 한다. ⑥ 물류서비스 기업은 적시성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.
정확성 (Accuracy)	<p>고객이 원하는 물류서비스 업무에 대해 정확하게 인지하고 수행하는 정도를 판단하는 기준</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 정보시스템과 실물재고 간의 재고관리가 정확해야 한다.(재고정확도) ② 물류센터(창고) 내의 피킹이 정확하게 이루어져야 한다. ③ 주문했던 제품이 정확하게 도착하여야 한다.(주문정확도) ④ 주문했던 제품의 수량이 정확해야 한다. ⑤ 물류서비스 기업은 정확성의 전반적인 서비스 수준을 만족해야 한다.
가용성 (Availability)	<p>고객이 원하는 물류서비스 업무에 대해 원활하게 서비스해 줄 수 있는 대응력을 판단하는 기준</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 긴급한 물류서비스 요구에 대응이 가능해야 한다. ② 다양한 물류서비스 공급능력을 확보하고 있어야 한다. ③ 물류시설 및 장비의 확보가 충분하여야 한다. ④ 충분한 물류서비스 인력을 확보하고 있어야 한다. ⑤ 전국적인 물류서비스 공급능력을 확보하고 있어야 한다. ⑥ 지속적인 물류서비스 공급능력을 확보하고 있어야 한다. ⑦ 물류정보시스템의 충분한 활용이 가능해야 한다. ⑧ 고객의 클레임에 대한 충분한 대응능력을 갖추고 있어야 한다. ⑨ 물류전문지식 및 컨설팅 제공능력을 보유하고 있어야 한다. ⑩ 물류서비스 기업은 가용성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.
신뢰성 (Reliability)	<p>물류서비스 업무에 대해 고객에게 믿음과 확신을 주는 정도를 판단하는 기준</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 물류서비스 기업은 업무관련 전문성을 확보하고 있어야 한다. ② 물류서비스 인력은 고객과의 커뮤니케이션 능력을 확보하고 있어야 한다. ③ 물류서비스 기업은 안정적인 서비스를 제공하여야 한다. ④ 제품의 상태가 안전하게 서비스 되어야 한다. ⑤ 물류서비스 기업은 재무건전성을 확보하고 있어야 한다. ⑥ 물류서비스 기업은 긍정적인 대외평판을 확보하고 있어야 한다. ⑦ 물류서비스 기업은 일관된 물류서비스 품질을 제공하여야 한다. ⑧ 물류서비스 기업은 성장잠재력을 확보하고 있어야 한다. ⑨ 물류서비스 기업은 고객의 영업 및 업무관련 비밀보장능력을 확보하고 있어야 한다. ⑩ 물류서비스 기업은 신뢰성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.
가시성 (Visibility)	<p>물류 프로세스 상의 재고 및 제품의 흐름을 가시화 및 추적을 통해 고객에게 제공할 수 있는 능력</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 물류서비스 기업은 정보시스템을 통한 물류정보 제공능력을 확보하고 있어야 한다. ② 제품의 물류이동에 따른 추적이 가능하여야 한다. ③ 재고품질 및 상태에 대한 실시간 파악이 가능하여야 한다. ④ 물류서비스 기업은 실시간으로 주문 및 주문변경에 대한 대처능력을 갖추고 있어야 한다. ⑤ 물류관련 지표 및 성과에 대한 실시간 공유가 가능하여야 한다. ⑥ 물류서비스 기업은 가시성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.
가치성 (Valuability)	<p>물류서비스 품질이 고객이 원하는 수준으로 가치 있고 적절하게 제공되고 있는지를 판단하는 기준</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 물류서비스 기업이 제공하는 서비스 품질의 수준이 가치가 있어야 한다. ② 물류서비스 기업이 제공하는 서비스품질의 수준은 생산성이 있어야 한다. ③ 물류서비스 기업이 관리하는 재고수준이 적절하여야 한다. ④ 물류서비스 기업이 관리하는 재고회전율이 적절하여야 한다. ⑤ 물류서비스 기업에게 지불하고 있는 가격이 적절하여야 한다. ⑥ 물류서비스 기업은 가치성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.

표 7. 회전된 요인행렬

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

표 8. EFA를 통해 추출된 물류서비스품질

구성 요소	세부 항목
적시성 (Timeliness)	q1_2 : 물류센터(창고) 내의 입출고가 제 시간에 이루어져야 한다.(정시 입출고율) q1_3 : 물류서비스 기업의 수배송 시간이 적절해야 한다. q1_4 : 물류센터(창고) 내의 제품당 작업시간이 적절해야 한다. q1_5 : 주기적으로 물류서비스에 대한 보고가 이루어져야 한다. q1_6 : 물류서비스 기업은 적시성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.
정확성 (Accuracy)	q2_1 : 정보시스템과 실물재고 간의 재고관리가 정확해야 한다.(재고정확도) q2_2 : 물류센터(창고) 내의 피킹이 정확하게 이루어져야 한다. q2_3 : 주문했던 제품이 정확하게 도착하여야 한다.(주문정확도) q2_4 : 주문했던 제품의 수량이 정확해야 한다. q2_5 : 물류서비스 기업은 정확성의 전반적인 서비스 수준을 만족해야 한다.
가용성 (Availability)	q3_3 : 물류시설 및 장비의 확보가 충분하여야 한다. q3_4 : 충분한 물류서비스 인력을 확보하고 있어야 한다. q3_5 : 전국적인 물류서비스 공급능력을 확보하고 있어야 한다. q3_6 : 지속적인 물류서비스 공급능력을 확보하고 있어야 한다. q3_7 : 물류정보시스템의 충분한 활용이 가능해야 한다. q3_9 : 물류전문지식 및 컨설팅 제공능력을 보유하고 있어야 한다. q3_10 : 물류서비스 기업은 가용성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.
신뢰성 (Reliability)	q4_2 : 물류서비스 인력은 고객과의 커뮤니케이션 능력을 확보하고 있어야 한다. q4_6 : 물류서비스 기업은 긍정적인 대외평판을 확보하고 있어야 한다. q4_7 : 물류서비스 기업은 일관된 물류서비스 품질을 제공하여야 한다. q4_8 : 물류서비스 기업은 성장잠재력을 확보하고 있어야 한다. q4_9 : 물류서비스 기업은 고객의 영업 및 업무관련 비밀보장능력을 확보하고 있어야 한다. q4_10 : 물류서비스 기업은 신뢰성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.
가시성 (Visibility)	q5_2 : 제품의 물류이동에 따른 추적이 가능하여야 한다. q5_3 : 재고품질 및 상태에 대한 실시간 파악이 가능하여야 한다. q5_4 : 물류서비스 기업은 실시간으로 주문 및 주문변경에 대한 대처능력을 갖추고 있어야 한다. q5_5 : 물류관련 지표 및 성과에 대한 실시간 공유가 가능하여야 한다. q5_6 : 물류서비스 기업은 가시성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.
가치성 (Valuability)	q6_1 : 물류서비스 기업이 제공하는 서비스 품질의 수준이 가치가 있어야 한다. q6_2 : 물류서비스 기업이 제공하는 서비스품질의 수준은 생산성이 있어야 한다. q6_3 : 물류서비스 기업이 관리하는 재고수준이 적절하여야 한다. q6_4 : 물류서비스 기업이 관리하는 재고회전율이 적절하여야 한다. q6_5 : 물류서비스 기업에게 지불하고 있는 가격이 적절하여야 한다. q6_6 : 물류서비스 기업은 가치성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.

기준으로 0.5 또는 0.6의 중간인 0.55를 기준으로 하였다. 이에 따라 총 43개의 문항 중 모두 12개의 문항이 제외되었는데 이들 중 세 개의 문항은 다음과 같은 이유로 다음 단계의 분석 시 계속 사용하였다. 첫째, q3_10(물류서비스 기업은 가용성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다)의 경우는 가용성 차원의 마지막 문항으로써, 각 차원의 전반적인 기대-성과를 묻는 마지막 문항은 EFA 단계에서 제외하지 않는다는 연구자의 기준에 의해 남겨 두었다. 둘째, q4_7(물류서비스 기업은 일관된 물류서비스 품질을

제공하여야 한다)과 q5_2(제품의 물류이동에 따른 추적이 가능해야 한다)의 경우는 전문가 인터뷰 시 특히 강조되었던 문항이었다. 따라서 조금 낮은 요인 적재량을 이유로 단순히 제외하기 보다는 계속 남겨두어 향후 CFA에서 이들 항목이 어떻게 반응하는지 보는 것이 보다 효율적으로 판단하였다. 따라서 총 9개의 문항을 제외하고 <표 8>과 같은 34개의 문항으로 타당성과 신뢰성을 검증하게 되었다.

4. 타당성 및 신뢰성 검증

지표의 정제과정의 결과로 남은 6개의 차원의 34개 항목들을 대상으로 타당성을 검증하였다. 타당성의 검증은 두 부분으로 진행되었다. 첫째, 확인적 요인분석(Confirmatory factor analysis)을 이용하여 각 측정문항과 차원 사이의 집중타당성(convergent validity)과 판별타당성(discriminant validity)을 확인하였으며, 요인모형의 적합도를 바탕으로 물류서비스 품질 측정모델의 전반적인 타당성을 검증해 보았다. 둘째, 확인적 요인 분석 결과로 마련된 최종 물류서비스 품질 측정 지표들을 물류기업과 화주기업 각각에 확인적 요인분석을 통한 외적타당성(external validity)을 검증하였으며 항목들의 내적 일관성을 분석하기 Cronbach's Alpha를 통한 신뢰성 분석을 실시하였다.

4.1 확인적 요인분석

앞서 수행된 탐색적 요인분석 시 제외되었던 나머지 50%의 표본을 대상으로 확인적요인분석이 실시되었다. 확인적요인분석의 기초모델(a priori)은 정제 단계에서 확인된 6개차원의 34개 문항으로 구성되었고, 이후 모델 간명화 과정(specification process)을 거친 결과는 <그림 1>과 <표 9>와 같다.

전체 34개의 문항 중 10개의 문항은 확인적요인분석의 모델 간명화 과정에 의해 제외되었다. 이러한 과정은 지표의 판별타당성과 집중타당성을 타진해 볼 수 있는 modification index (카이제곱 값 4 이상)를 이용하여 진행되었다. 최종 확인된 24개 문항의 경로계수는 0.654와 0.982의 범위를 보이며, 각 차원에 비교적 높은 값으로 집중되고 있음을 알 수 있다. 한편 모델의 전반적 타당성을 확인할 수 있는 모델의 적합도는, $\chi^2=351.750$, $df=237$, $p=0.000$, $GFI=0.883$, $AGFI=0.832$, $CFI=0.926$, $RMSEA=0.062$ 으로 나타나 대부분 권장수준으로 자료가 모형에

표 9. 확인적요인분석-경로계수

측정문항		차원	경로계수	표준오차	t 값	유의수준
q1_6	←	적시성	1*			
q1_4	←		0.899	0.132	6.792	0.000
q1_3	←		0.947	0.127	8.103	0.000
q2_5	←	정확성	1*			
q2_3	←		0.894	0.096	9.329	0.000
q2_2	←		0.765	0.112	6.812	0.000
q2_1	←		0.982	0.132	8.668	0.000
q3_7	←	가용성	1*			
q3_6	←		0.969	0.127	7.655	0.000
q3_3	←		0.973	0.145	7.878	0.000
q3_9	←		0.949	0.148	6.398	0.000
q3_10	←		0.922	0.129	8.567	0.000
q4_7	←	신뢰성	0.935	0.111	9.83	0.000
q4_6	←		0.923	0.121	8.66	0.000
q4_2	←		0.956	0.111	8.584	0.000
q4_9	←		0.802	0.104	7.674	0.000
q4_10	←		1*			
q5_6	←	가시성	1*			
q5_4	←		0.88	0.081	10.84	0.000
q5_3	←		0.913	0.1	9.141	0.000
q5_2	←		0.746	0.092	8.081	0.000
q6_6	←	가치성	1*			
q6_5	←		0.948	0.122	7.747	0.000
q6_3	←		0.654	0.11	5.942	0.000

* 각 차원 중 한 개의 경로에 경로계수 1을 지정하였음.

적합함을 보여 준다(Joreskog and Sörbom, 1993).

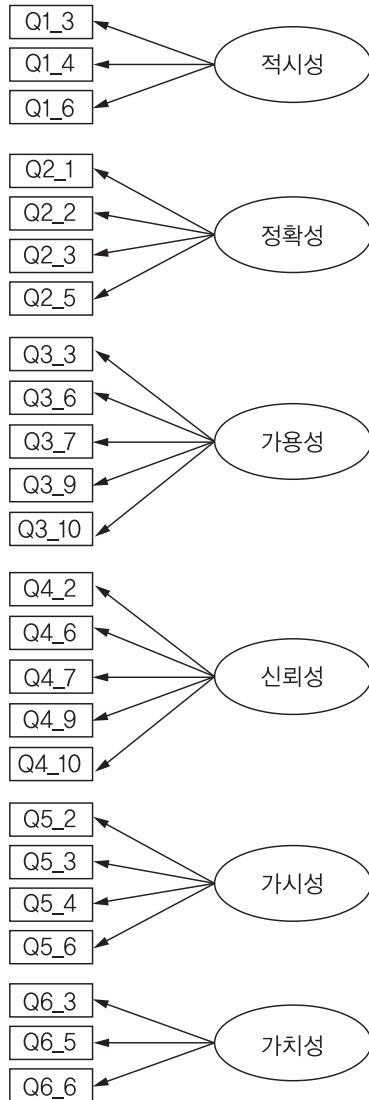


그림 1. 확인적 요인분석 모델

4.2 외적 타당성 검증

본 연구에서 확인된 6개 차원 24개 측정지표의 광범위한 활용 가능성을 타진해 보기 위해 물류 및 화주기업을 대상으로 외적 타당성을 검증하였다. 물류기업과 화주기업 응답은 각각 119개와 115개의 표본이 확보되었으며, 이들을 대상으로 앞서 제시된 모델의 확인적요인분석 결과는 <표 10>과 같다.

우선 화주기업의 경우 각 차원에 대한 경로계수는 0.749에서 0.995의 범위를 가지며 모든 경로가 지정된 차원에 높은 계수를 가지며 집중되고 있음을 알 수 있다. 또한 물류기업의 경우도

0.740에서 0.987의 범위로 각 차원에 높은 경로계수를 보이고 있다. 모델의 적합도는 두 모델 모두 대부분 권장수준 이상을 보여 모델이 각 데이터에 적합하다고 결론지을 수 있다.

4.3 신뢰성 검증

최종 추출된 6개 차원의 24개 항목들의 신뢰성을 분석하기 위해 Cronbach's Alpha 계수를 이용한 Reliability Test를 실시하였다. 신뢰성 분석은 그 값이 보통 0.7 이상이면 적합하다고 볼 수 있다(Nunnally, 1978). 화주기업 115개, 물류기업 119개의 데이터를 활용하여 신뢰성 분석을 실시한 결과 <표 11>과 같이 모든 차원에서 0.7 이상의 우수한 값들을 보여주고 있어 각 항목들은 내적 일관성을 확보한 것으로 판명되었다. 이러한 결과를 바탕으로 연구에서 도출된 물류 서비스 품질 측정지표는 화주 및 물류기업 모두에 적용될 수 있음을 알 수 있다.

4.4 분석결과 요약

물류서비스품질지표개발 연구를 통해 1)적시성(Timeliness), 2)정확성(Accuracy), 3)가용성(Availability), 4)신뢰성(Reliability), 5)가시성(Visibility), 6)가치성(Valuability) 등의 6개 차원의 24개 지표가 개발되었다. 본 연구에서 개발된 지표들의 특징을 분석하면 다음과 같다.

첫째, 기존 연구들에서 사용되지 않았던 가시성(Visibility) 및 가치성(Valuability)의 차원이 추가되었다. 가시성(Visibility)의 경우 기업의 경영환경이 복잡해지고 대외의 상황에 보다 민첩하게 대응하기 위해서 물류관련 주체들은 물류서비스에서도 보다 빠른 대처를 원하는 것으로 나타났다. 특히 각 항목들을 보면 “물류이동에 따른 제품의 추적”, “물류서비스에 대한 실시간 대처능력” 등 과거에 비해 요구하는 수준이 보다 구체적이고 적극적인 것을 볼 수 있다. 가치성(Valuability)의 경우 “재고수준” 및 “물류서비스 가격” 등 주로 비용적인 특징을 보여주고 있다. 현대에 있어서 재고는 자산이 아닌 필수적으로 줄여야 할 “필요악”으로 간주하고 있다. 특히 물류서비스를 자사가 아닌 물류전문기업에게 위탁할 경우 재고수준은 바로 화주기업의 비용으로 연결되어 물류기업에게 지불하는 최종 물류비에 영향을 미치게 된다. 결국 물류관련 주체들은 물류서비스의 가치성을 물류서비스 비용으로 인식하는 것으로 나타났다.

둘째, 기존 연구들에서 중요하게 간주했던 지표들에 대해 물류관련 주체들의 인식이 바뀌고 있음을 알 수 있었다. 각 차원 별로 특징을 분석하면 가시성의 경우 “정시도착율”, “정시 입출고율” 등 기존의 연구에서 많이 활용되었던 지표들이 최종 지표에서 탈락

표 10. 도출된 물류서비스 품질 지표의 적용 ? 화주기업 vs. 물류기업

		화주기업				물류기업			
측정문항	차원	경로계수	표준오차	t 값	유의수준	경로계수	표준오차	t 값	유의수준
q1_6	←	1							
q1_4	←	0.939	0.139	6.756	0.000	0.943	0.147	8.318	0.000
q1_3	←	0.916	0.118	7.763	0.000	0.915	0.132	7.928	0.000
q2_5	←	0.759	0.094	8.06	0.000	0.923	0.088	12.477	0.000
q2_3	←	0.789	0.093	8.493	0.000	0.98	0.089	11.06	0.000
q2_2	←	0.895	0.109	8.175	0.000	0.879	0.093	9.5	0.000
q2_1	←	1							
q3_7	←	0.826	0.096	8.616	0.000	0.933	0.14	7.745	0.000
q3_6	←	0.858	0.097	8.848	0.000	0.945	0.128	8.097	0.000
q3_3	←	0.784	0.097	8.102	0.000	0.932	0.123	7.564	0.000
q3_9	←	1				1			
q3_10	←	0.915	0.091	10.05	0.000	0.918	0.119	8.809	0.000
q4_7	←	0.797	0.088	9.048	0.000	0.941	0.112	9.146	0.000
q4_6	←	0.704	0.086	8.227	0.000	0.987	0.129	7.665	0.000
q4_2	←	0.995	0.094	10.606	0.000	0.794	0.101	7.887	0.000
q4_9	←	0.802	0.085	9.4	0.000	0.74	0.1	7.377	0.000
q4_10	←	1				1			
q5_6	←	0.873	0.085	10.319	0.000	0.973	0.126	9.439	0.000
q5_4	←	0.911	0.086	10.581	0.000	0.873	0.118	7.394	0.000
q5_3	←	1				1			
q5_2	←	0.749	0.097	7.704	0.000	0.968	0.127	7.626	0.000
q6_6	←	1				1			
q6_5	←	0.948	0.101	9.421	0.000	0.943	0.128	8.552	0.000
q6_3	←	0.899	0.115	7.839	0.000	0.826	0.109	7.579	0.000
모델 적합도		$\chi^2=341.678$, $df=237$, $p=0.000$, $GFI=0.864$ $AGFI=0.827$, $CFI=0.939$, $RMSEA=0.062$				$\chi^2=355.700$, $df=237$, $p=0.000$, $GFI=0.874$ $AGFI=0.833$, $CFI=0.935$, $RMSEA=0.065$			

표 11. 도출된 물류서비스품질 지표의 신뢰성 분석 결과

차원	측정문항	신뢰성 (Cronbach's Alpha)	
		화주기업	물류기업
적시성 (Timeliness)	q1_3 : 물류서비스 기업의 수배송 시간이 적절해야 한다. q1_4 : 물류센터(창고) 내의 제품당 작업시간이 적절해야 한다. q1_6 : 물류서비스 기업은 적시성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.	0.775	0.817
정확성 (Accuracy)	q2_1 : 정보시스템과 실물재고 간의 재고관리가 정확해야 한다.(재고정확도) q2_2 : 물류센터(창고) 내의 피킹이 정확하게 이루어져야 한다. q2_3 : 주문했던 제품이 정확하게 도착하여야 한다.(주문정확도) q2_5 : 물류서비스 기업은 정확성의 전반적인 서비스 수준을 만족해야 한다.	0.849	0.906
가용성 (Availability)	q3_3 : 물류시설 및 장비의 확보가 충분하여야 한다. q3_6 : 지속적인 물류서비스 공급능력을 확보하고 있어야 한다. q3_7 : 물류정보시스템의 충분한 활용이 가능해야 한다. q3_9 : 물류전문지식 및 컨설팅 제공능력을 보유하고 있어야 한다. q3_10 : 물류서비스 기업은 가용성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.	0.884	0.884

표 11. 도출된 물류서비스품질 지표의 신뢰성 분석 결과

차원	측정문항	신뢰성 (Cronbach's Alpha)	
		화주기업	물류기업
신뢰성 (Reliability)	q4_2 : 물류서비스 인력은 고객과의 커뮤니케이션 능력을 확보하고 있어야 한다. q4_6 : 물류서비스 기업은 긍정적인 대외평판을 확보하고 있어야 한다. q4_7 : 물류서비스 기업은 일관된 물류서비스 품질을 제공하여야 한다. q4_9 : 물류서비스 기업은 고객의 영업 및 업무관련 비밀보장능력을 확보하고 있어야 한다. q4_10 : 물류서비스 기업은 신뢰성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.	0.873	0.826
가시성 (Visibility)	q5_2 : 제품의 물류이동에 따른 추적이 가능하여야 한다. q5_3 : 재고품질 및 상태에 대한 실시간 파악이 가능하여야 한다. q5_4 : 물류서비스 기업은 실시간으로 주문 및 주문변경에 대한 대처능력을 갖추고 있어야 한다. q5_6 : 물류서비스 기업은 가시성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.	0.869	0.844
가치성 (Valuability)	q6_3 : 물류서비스 기업이 관리하는 재고수준이 적절하여야 한다. q6_5 : 물류서비스 기업에게 지불하고 있는 가격이 적절하여야 한다. q6_6 : 물류서비스 기업은 가치성의 전반적인 서비스 수준을 만족하여야 한다.	0.823	0.769

하고 “수배송 시간의 적정성”, “물류센터 내의 작업시간의 적정성” 등의 항목 등으로 요약되었다. 가용성의 경우 “물류서비스의 대응능력”, “물류서비스 인력의 확보”, “전국적인 물류서비스 공급능력” 등의 지표가 탈락하고 “지속적인 물류서비스 공급능력”, “물류전문지식 및 컨설팅 제공능력” 등이 추가되었다. 신뢰성의 경우 “재무건전성”, “제품상태의 안전성” 등이 탈락하고 “커뮤니케이션 능력”, “긍정적인 대외평판”, “일관된 물류서비스 능력”, “비밀보장 능력” 등이 채택되었다. 특히 최근 화주기업과 물류기업의 장기적인 파트너십을 고려할 때 신뢰성의 항목들은 중요한 변수로 작용할 수 있다. 궁극적으로 각 차원 별로 특징을 요약하면 기존의 연구에서 중요하게 생각했던 지표들 중 상당 수가 본 연구에서 제외되었는데 이러한 지표들의 대부분이 물류서비스의 물리적 특성 또는 결과품질의 특징을 가지고 있다. 이는 이러한 요소들이 더 이상 물류서비스품질의 차별화 요소로 작용할 수 없다는 관련 주체들의 인식을 반영하고 있다. 대신 물류관련 주체들은 신뢰성, 가시성, 가치성 등 과정품질에 더 관심을 가지고 있는 것으로 나타났다.

셋째, 물류서비스품질의 각 차원에 대한 정의가 보다 분명해졌다. PZB 등이 주장한 서비스품질의 차원들을 보면 서비스품질의 구성요소들이 상호간에 관련이 있고 일부 중복되는 내용들이 포함되어 있어 서비스품질 측정 시 명확한 구분이 힘들었다. 하지만 본 연구에서 정의한 6개의 각 차원의 정의에 대해 물류관련 주체들이 보다 명확하게 이해하고 있었다.

5. 결론 및 시사점

최근 물류 아웃소싱 시장이 지속적으로 성장함에 따라 화주기업들의 물류기업에 대한 요구사항이 점차 다양해지고 복잡해져가고 있다. 또한 물류를 단순한 비용절감의 차원보다는 고객만족을 위한 중요한 요소로 인식하는 기업들이 점차 늘어가고 있다. 하지만 대부분의 기업에서 물류 서비스품질에 대한 인식이 부족하며 학계에서도 물류서비스 품질 관점에서 분야별로 연구들이 진행되고 있지만 물류의 다양한 특성으로 인해 전 물류산업에서 공감할 수 있는 물류서비스품질에 대한 연구가 필요하다.

본 연구는 국내의 화주기업 및 물류기업들이 활용할 수 있도록 물류서비스품질 지표를 개발하는데 그 목적이 있으며 다음과 같은 의의가 있다.

첫째, 지표개발 절차에서 화주기업 및 물류기업의 담당자, 학계 및 업계 전문가 등 보다 많은 관련자들의 의견을 반영하였다. 특히 물류서비스품질지표는 화주 및 물류기업 모두가 공감할 수 있는 공통의 기준으로 측정되어야 한다. 이러한 특징을 볼 때 물류기업 담당자들의 의견을 반영한 것은 상당한 의미가 있다.

둘째, 물류관련 주체들의 공통된 물류서비스품질 지표의 산출을 위하여 설문대상자를 화주 및 물류기업의 물류담당자로 한정하였다. 또한 개발된 지표를 보다 다양한 분야에서 적용할 수 있도록 전기/전자, 음식료, 섬유, 자동차 등 71개의 화주기업과 국내의 주요한 물류기업을 포함한 42개의 물류기업 담당자들이 설문에 참여하였다.

셋째, 본 연구에서 확인된 6개 차원의 24개 측정지표는 타당성

검증을 통해 화주기업 및 물류기업 모두에서 적용 가능한 것으로 나타났다.

넷째, 기존의 연구들에서 개발된 지표의 특성과 달리 최근의 물류관련 주체들은 물류서비스품질에 대해 인식이 변화하고 있음을 알 수 있었다. 기존의 연구에서 중요하게 인식되었던 지표들의 상당 수가 더 이상 물류서비스품질의 차별화 요소로 작용하지 않은 경우가 많았다.

본 연구를 통해 국내의 화주기업 및 물류기업 모두 물류서비스품질에 대해 중요하게 생각하고 있으며 향후 기업의 핵심 경쟁수단으로 인식하고 있음을 알 수 있었다. 특히 물류서비스품질의 구성요소에 대해 관련 주체들의 인식이 변화하고 있음을 알 수 있었다. 비록 본 연구에서 화주기업 및 물류기업 그리고 관련 전문가 집단의 다양한 의견 반영을 통해 개발된 지표의 일반화의 가능성을 검증하였으나 이러한 변화의 트렌드를 반영한 지속적인 연구가 필요하다고 하겠다. 또한 물류 영역의 확장에 따라 국제물류 등 보다 포괄적인 범위를 측정할 수 있는 지표의 개발도 연구의 대상이 될 수 있다. 그리고 개발된 지표를 특정 산업별로 적용함으로써 일반화의 가능성에 대해 추가적인 연구가 필요하며 물류서비스품질 수준에 대한 화주기업과 물류기업의 인식의 차이를 통해 궁극적으로 물류서비스품질이 재 구매 및 장기적인 파트너 관계에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구도 의미가 있다고 볼 수 있다.

참고 문헌

- [1] 강기두, 안승호, 채명기(2008), “물류서비스품질의 측정을 위한 척도개발에 관한 연구”, *품질경영학회지*, 제36권, 제2호, pp.45-58.
- [2] 김영, 김종성, 조재완(2005), “우체국 택배 서비스품질과 고객만족, 전환장벽 및 재구매의도에 관한 연구”, *고객만족경영연구*, 제7권, 제1호, pp.17-33.
- [3] 김창환(2008), “별크항만 서비스품질 평가에 관한 연구”, 인하대학교 물류전문대학원 석사논문
- [4] 김혜진(2006), “물류서비스 제공자와 이용자간의 물류서비스 품질 인식의 차이 연구”, 인천대학교 동북아물류대학원 석사논문
- [5] 물류신문(2008.10.15), “화주들은 이런 3PL을 원한다.”
- [6] 박정희, 이상환(2007), “물류서비스 품질과 결과변수 간의 영향분석”, *Journal of Business Research*, Vol.22, No.2, pp. 191-222.
- [7] 박이숙(2008), “3PL 기업의 물류서비스품질과 관계지향성이 공급사슬성과에 미치는 영향”, 전남대학교 대학원 경영학과 박사논문
- [8] 신창훈, 백일태, 김울성(2001), “TPL 서비스품질 측정에 관한 연구”, *한국마케팅관리학회*, 마케팅관리연구, Vol.6, No.2, pp.1-27.
- [9] 신창훈, 최민승, 김동진(2006), “컨테이너터미널의 서비스 품질 척도에 관한 연구”, *한국항해항만학회*, 제30권, 제1호, *춘계학술대회논문집*, pp. 381-387.
- [10] 신한원, 김성국, 최영로(2001), “항만 서비스품질 지각에 관한 연구:컨테이너항만의 SERVQUAL 적용을 중심으로”, *한국항만학회*, 제15권, 제1호, pp.1-18.
- [11] 안광호, 김민성, 김병일(2008), “컨테이너항만 서비스품질 차원이 고객만족과 재이용 및 구전 의도에 미치는 효과에 관한 연구 : 선사의 규모와 컨테이너항만 입지의 조절효과”, *경영학연구*, 제 37권, 제 3호, pp.417-442.
- [12] 이유재, 라선아(2003), “Service Quality 연구의 흐름과 전망”, *한국마케팅학회*, *춘계학술대회*
- [13] 임호순, 백승기, 허희영(2005), “IT 컨설팅 서비스의 서비스 품질 및 고객만족에 관한 연구”, *서비스경영학회지*, 제6권, 제2호, pp.3-19.
- [14] 장대성, 김민수, 서화정, 선완성, 지현주(2002), “SERVQUAL을 이용한 국적항공사 서비스 품질 연구”, *서비스경영학회지*, 제3권, pp.177-196.
- [15] 전일수, 홍석진(2004), “항공화물 운송서비스 품질에 대한 서비스 이용자와 제공자간의 중요도 인식 차이에 관한 연구”, *대한교통학회지*, 제22권, 제5호, pp.35-45.
- [16] 정혜정(2004), “화주와 제3자 물류업체간의 서비스품질에 대한 인식차이에 관한 실증연구”, 중앙대학교 대학원 무역학과 석사논문
- [17] 최성운, 백봉기(2003), “택배 산업에서의 물류서비스 품질 측정”, *한국산업경영시스템학회*, *추계학술대회 논문집*, pp.340-345.
- [18] 한국무역협회(2008.12), “우리나라 화주기업들의 제3자 물류 활용현황”
- [19] A. Parasuraman, Valarie A. Zeithaml, Leonard L. Berry(1985), “A conceptual model of service quality and its implication for future research”, *Journal of Marketing*, Vol. 49, pp.41-50.
- [20] A. Parasuraman, Valarie A. Zeithaml, Leonard L. Berry(1988), “A Multiple-Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality”, *Journal*

- of Retailing*, Vol. 64, No.1, pp.12-40.
- [21] A. Parasuraman, Valarie A. Zeithaml, Leonard L. Berry(1991), "Refinement and Reassessment of the SERVQUAL Scale", *Journal of Retailing*, Vol. 67, No.4, pp.420-450.
- [22] Bienstock, Carol C., John T. Mentzer, and Monroe M. Bird (1997), "Measuring Physical Distribution Service Quality," *Journal of Academy of Marketing Science*, Vol. 25, No. 1, pp. 31-44.
- [23] Brensinger, Ronald P. and Douglas M. Lambert(1990), "Can the SERVQUAL Scale Be Generalized to Business-to-Business Services?" in *Enhancing Knowledge Development in Marketing*, A. Parasuraman et al., eds. Chicago: American marketing Association, pp.289.
- [24] Brooks Bentz(2008.3), "2008 3PL Utilization Survey: A New Twist", *Logistics Management*, pp.39-42.
- [25] Chatterjee, S. and Yilmaz, M.(1993), "Quality confusion: too many gurus, not enough disciples", *Business Horizon*, May-June, Vol.36, No.3, pp. 15-18.
- [26] Christian Grönroos(1982), "An Applied Service Marketing Theory", *European Journal of Marketing*, Vol.16, No.7, pp.30-40.
- [27] Christian Gronroos(1983), "Innovative Marketing Strategies and Organizational Structures for Service Firm" in Leonard L. Berry, G. Lynn Shostack, and Gregory D. Upah, eds., *Emerging Perspective on Service Marketing*, AMA
- [28] Dabholkar, P.A., Thorpe, D.I. and Rentz, J.O.(1996), "A Measure of Service Quality for Retail Stores: Scale Development and Validation", *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 24, No.1, pp.3-16.
- [29] Eyefortransport(2008.9), "The European 3PL Market : A brief analysis of eyefortransport's recent survey", pp.1-23.
- [30] Gilbert A. Churchill, Jr.(1979), "A Paradigm for Developing Better Measures of Marketing Constructs", *Journal of Marketing Research*, Vo.16, pp. 64-73.
- [31] Innocent C. Ogwude, Chinonye Ugboma(2007), "Service Quality Perspectives and Satisfaction in Nigerian Ports : A Qualitative Assessment", Federal University of Technology, pp.1-20.
- [32] James R. Stock & Douglas M. Lambert(2001), "Strategic Logistics management", Fourth Edition, McGraw-Hill, pp. 3, pp. 96.
- [33] J. Joseph Cronin, Jr. & Steven A. Taylor(1992), "Measuring Service Quality : A Reexamination and Extension", *Journal of Marketing*, Vol.56, pp. 55-68.
- [34] John T. Mentzer, Daniel J. Flint, John L. Kent(1999), "Developing a logistics service quality scale", *Journal of Business Logistics*, Vol.20, No.1, pp. 9-32.
- [35] John T. Mentzer, Daniel J. Flint, & G. Tomas M. Hult(2001), "Logistics Service Quality as a Segment-Customized Process", *Journal of Marketing*, Vol.65, No.4, pp. 82-104.
- [36] Lalonde, Bernard J. and Paul H. Zinszer(1976), "Customer Service : Meaning and Measurement, Chicago : National Council of Physical Distribution Management"
- [37] Leahy, Steven E., Murphy, Paul R. and Richard F. Poist(1995), "Determinants of Successful Logistical Relationships: A Third-Party Provider Perspective," *Transportation Journal*, (Winter), Vol.35, No.2, pp. 5-13.
- [38] Logistics Management(2008.6), "3PL Market Update: The Shift in On ", pp.53-62.
- [39] Martin Christopher, Philip B Schary, Tage Skjøtt-Larsen(1979), "Customer Service and Distribution Strategy"
- [40] Menon, M.K., McGinnis, M.A., Ackerman, K.B. (1998), "Selection criteria for providers of third party logistics services: an exploratory study", *Journal of Business Logistics*, Vol. 19 No.1, pp. 121-134.
- [41] Mohammed Rafiq, Harlina S. Jaafar(2007), "Measuring Customers' Perceptions of Logistics Service Quality of 3PL Service Providers'", *Journal of Business Logistics*, Vol.28, No.2,

- pp.159-176.
- [42] Nunnally, J. C. (1978), "Psychometric Theory, New York", McGraw-Hill Book Company.
- [43] Shirley A. Hopkins, Sandra Strasser, Willie E. Hopkins(1993), "Service quality gaps in the transportation industry: An empirical investigation", *Journal of Business Logistics*, Vol.14, No.1, pp.145-161.
- [44] Soon-hoo So, JaeJon Kim, Geon Cho(2006), "Evaluating the service quality of third-party logistics service providers using the analytic hierarchy process", *Journal of Information Systems and Technology Management*, Vol.3, No.3, pp. 261-270.
- [45] Teas, Kenneth R.(1993), "Consumer Expectations and the Measurement of Perceived Service Quality", *Journal of Professional Services Marketing*, Vol. 8, No.2, pp. 33-54.
- [46] Valarie A. Zeithaml, Leonard L. Berry, and A. Parasuraman(1988), "Communication and Control Processes in the Delivery of Service Quality", *Journal of Marketing*, Vol.52, No.2, pp.35-48.



장 팔 선

인하대학교 물류전문대학원 박사과정
 현재 : (주)플로우비즈 대표이사
 관심분야 : SCM/물류전략, S&OP,
 물류서비스품질



권 오 경

MIT 공학박사
 현재 : 인하대학교 물류전문대학원 교수
 관심분야 : SCM/물류전략, 물류정책,
 3PL

야드관리에서 효율적인 도크할당을 위한 비즈니스 규칙의 설계 및 구현

조동원 · 황현진 · 이영해[†]

한양대학교 산업공학과

Design and Implementation of Business Rule for Efficient Dock Allocation in Yard Management

Dong-Won Cho · Hyun-Jin Hwang · Young Hae Lee[†]

Department of Industrial Engineering, Hanyang University

In this paper, we propose a business rule to efficiently operate dock allocation in yard management. It is difficult to search for an optimal operation method through mathematical programming because dock allocation in yard management is NP-hard in the ordinary sense. Therefore, we apply a business rule, which executes the automation of business operations, tasks and transactions that simplify and streamline current business processes, to dock allocation problem. And that is implemented by YAWL which is a workflow language based on the workflow patterns. The proposed operation methods can improve supply chain performance through efficient material and information flow within distribution center.

Keywords: Yard management, Business rule, Dock allocation, YAWL, Supply chain management

1. 서론

공급사슬에서 물류센터 또는 창고 등에 포함된 야드의 효율적인 운영을 위한 야드관리는 공급사슬 전체의 효율성과 가시성에 많은 영향을 미친다. 야드관리는 공급사슬에 포함된 물류센터 또는 창고에 제품의 입출고가 이루어지는 중간지점의 관리로서 창고관리시스템과 수·배송관리시스템을 연결하는 중요한 역할을 담당하고 있다(Aberdeen Group(2007)).

야드관리의 포함된 주요 업무는 게이트관리, 도크관리, 컨테이너관리 등이 있으며 공급사슬의 제품과 정보가 원활히 효율적으로 진행될 수 있도록 해야 한다. 야드관리 업무의 효율화에 가장 중요한 부분은 도크에서 차량을 할당하는 과정이다. 이는 차량이 물류센터 또는 창고 등을 방문하여 대부분은 도크에서 제품을 적재 또는 하역하기 때문이다. 그러므로 차량의 도크할당은 야드관리에 포함된 게이트관리, 도크관리, 컨테이너관리 등의 중추적인 업무로서 유연하고 효율적으로 이루어져야 한다.

최근 많은 기업에서 공급사슬 경영(supply chain

[†] Corresponding author: 426-791 Dept. of Industrial Engineering, Hanyang University, Ansan, Korea,
Tel: 82-31-400-4506, Fax: 82-31-406-1089, E-mail: yhle@hanyang.ac.kr

* 2009년 4월 2일 투고, 5월 7일 수정본 접수, 5월 13일 게재 확정.

management)을 도입하여 개선된 공급사슬 프로세스를 구축함으로써 재고 감소, 고객 서비스 향상, 투자회수율 향상 등과 같은 개선된 성과를 거두고 있다(Spekman et al.(1998), Chin et al.(2004), Tan et al.(2002)). 그러나 공급사슬에 포함된 여러 프로세스 중에서 물류센터 또는 창고 등의 야드에서 발생하는 업무를 효율적으로 운영하기 위해 필요한 야드관리(yard management)는 다른 프로세스에 비하여 연구가 미비하여 정보화가 낙후되어 있다. 야드관리의 정보화가 이루어지지 않으면 배송 지연, 가시성의 저하, 재고 증가 등으로 인해 공급사슬의 비용은 상승하고 반면에 고객서비스가 악화되는 결과가 발생할 수 있다. 특히, 야드관리에서 업무의 정보화가 가장 시급한 부분은 차량의 도크할당과 관련되어 있다.

일반적으로 차량을 도크에 할당하는 과정의 기준은 도크에 할당될 차량의 총 소요 작업시간을 최소화하는 것이다. 그러나 이러한 기준 이외에도 차량의 총 대기시간의 단축, 차량의 할당 순서 등의 여러 다른 기준도 동시에 고려해야 한다. 도크에서 차량들의 총 소요 작업시간이 최소화하는 것은 도크의 효율적인 운영에 초점을 두고 있다. 반면에 차량의 대기시간의 단축은 각 차량이 빠른 시간에 업무를 마쳐 다음 작업을 할 수 있기 때문에 대응성이 증가할 수 있다. 또한 먼저 게이트를 통과한 순서에 따라 차량을 도크에 할당하는 것은 차량의 운전자의 불만을 줄일 수 있는 장점이 될 수 있다. 그러므로 도크할당의 업무 프로세스는 다양한 기준에 의해 합리적으로 진행될 수 있도록 수립되어야 한다.

본 연구에서는 도크할당에 대한 정보화 추진을 위한 일환으로 비즈니스 규칙을 적용하여 야드관리에서의 도크할당이 자동적으로 진행될 수 있는 과정을 수립하는 것이다. 또한 이를 워크플로우 언어인 YAWL을 이용하여 구현한다. 구현된 도크할당 비즈니스 규칙은 야드관리의 효율성과 가시성이 개선될 것으로 기대된다. 본 연구의 구성으로 제 2장에서는 기존연구를 수행한 후 제 3장에서는 도크할당을 위한 다양한 기준의 알고리즘을 개발한다. 제 4장에서는 도크할당에 대한 비즈니스 규칙을 설계하고 구현한다. 제 5장에서는 결과와 함께 향후 연구주제를 제시한다.

2. 기존연구

도크할당 문제는 게이트를 통과한 후 대기하고 있는 차량을 동일한 작업능력을 갖추고 있는 도크에 할당하는 것이다. 도크할당과 관련된 문제로서 Peck(1983)은 컨테이너터미널에서 입출고 컨테이너 차량이 도크할당까지 걸리는 시간이 최소화하기 위해 정수계획법을 개발하였으나 최적해를 계산하는데 과도한 계

산시간이 필요하기 때문에 GBA(greedy balance algorithm)라는 2단계 해법을 제안하였다. 2단계 해법으로 첫 단계에서는 가용한 시간 범위에서 도크할당에 대한 실행가능해를 도출하고 다음으로 SDPE(steepest descent pairwise exchange)을 적용하여 해를 계산하였다. Tsui & Chang(1990)은 도크에 할당될 차량에 적재된 작업물에 대한 자재취급시간을 최소화하기 위한 BP(bilinear programming)를 개발하고 휴리스틱 해법을 제안하였다. 또한 Tsui & Chang(1992)은 앞서 제안한 BP를 분지한 계법을 이용하여 최적해를 계산하였으나 문제의 크기가 증가함에 따라 계산시간이 급격히 증가하였다. Gu et al.(2007)은 창고 시스템의 운영에 필요한 다양한 운영 기법에 대해 고찰한 연구를 수행하였으며 도크할당과 관련된 기존연구의 대부분이 수리모형을 이용한 최적계획의 수립하여 수행하였음을 지적하고 있다. 그러나 대부분이 NP-hard문제에 해당되기 때문에 휴리스틱 해법을 제시하고 있으며 또한 목적식과 제약조건이 바뀌면 새로운 수리모형을 수립해야 하는 단점이 있다.

그리고 야드관리의 도크할당 문제는 병렬처리 일정계획 문제와 유사하다. 병렬처리 일정계획 문제는 작업이 필요한 부품을 동일한 작업능력을 갖춘 병렬기계에 할당하는 문제이다(Sule(1996)). 특히, 총 소요 작업시간을 최소화하는 경우에는 두 문제는 동일하다. 그러므로 병렬처리 일정계획 문제를 통해 도크할당의 문제에 대한 기존연구를 고찰할 수 있다. 병렬처리 일정계획 문제는 총 소요 작업시간 또는 흐름시간 등을 최소화하는 최적 수리모형을 통해 계획을 수립하였으나 NP-hard에 속하는 문제이기 때문에 주로 휴리스틱 방법을 이용하여 해결하였다((Sule(1996), Garey & Johnson(1979)). McNaughton(1959)은 동일한 병렬기계가 배치되어 있고 주어진 작업이 강제점유(preempt)가 가능한 경우에 대해 총 소요 작업시간을 최소화하였으나 현실에 적용할 수 없는 단점이 있다. 동일한 병렬기계가 배치된 경우에 주어진 작업이 강제점유(preempt)가 없는 경우에 대해서는 총 소요 작업시간을 최소화하기 위해 많은 휴리스틱 기법이 제시되었다(Pinedo(2002)). Knessl et al.(1987)은 두 개의 병렬처리 M/G/1 대기행렬시스템에 도착하는 개체가 작업시간이 적은 대기행렬에 배치되는 경우에 대해 결합확률분포를 유도하는 연구를 수행하였다. 그 외에도 동일한 병렬기계 일정계획 문제에 대해 평균흐름시간의 최소화에 대한 휴리스틱 방법이 제시되었다(Baker(1974)). 지금까지 도크할당 문제의 유사성에 기인하여 병렬처리 일정계획 문제와 관련된 기존연구의 대부분은 제한적이고 다양한 기준에 의해 해결하기 때문에 도크할당 문제에는 적합하지 않다. 또한 제시된 휴리스틱 방법은 문제의 조건이 변경되면 새로운 방법을 수립해야 하기 때문에 유연성이 없으며 복잡하고 다양한 기준이 제시된 문제의 해결방법으로 적합하지

않다.

비즈니스 규칙은 조직 책임자의 의도에 따라 업무가 진행될 수 있도록 하기 위해 조직의 업무 규칙을 자동화하여 관리하는 공식적인 방법이다(Halle(2002)). 그러므로 비즈니스 규칙은 비즈니스의 구조를 규정하거나 또는 비즈니스 행위를 통제하고 영향을 주기 위해 비즈니스의 어떤 면을 정의하고 제약한다(Chisholm(2004)). 비즈니스 규칙이 활용될 수 있는 분야로는 금융, 물류, 제조, 통신 등 다양한 산업분야에서 업무 프로세스 관리, 주문/견적 자동화, 진단/심사 자동화, 마케팅 자동화 등에 폭넓게 활용되고 있다(Ross(2003)). 비즈니스 규칙을 적용한 연구로는 e-business 환경에서 판매 또는 구매 담당자의 역할의 일부를 비즈니스 규칙으로 대체함으로써 급변하는 환경에 맞춰 쉽게 변경할 수 있도록 하였다(Shinur(2003)). Ho et al.(2004)은 물류 정보 흐름과 관련된 문제를 다루기 위해 온라인 분석 프로세스와 뉴럴 네트워크를 통합한 2단계 전략과 함께 지식표현 방법론으로 특성화된 지능형 정보시스템을 이용하여 물류 정보 시스템을 구현하였다. Lau et al.(2004)은 규칙 기반 추론을 통해 항공화물발송에 관한 전문가의 지식을 제공하는 지능형물류 지원시스템을 구현하였다.

3. 도크할당 알고리즘

도크할당은 차량이 게이트를 통과한 후 시시각각으로 변화하는 도크의 상황에 맞추어서 이루어져야 한다. 그러므로 도크에 차량을 할당하는 과정은 다양한 목적에 맞춰 설계된 방법에 따라 진행 될 수 있도록 해야 한다.

기호정의

n : 총 대기 차량수

m : 도크 개수

p_i : 차량 i 의 소요 작업시간, $i = 1, \dots, n$

q_i : 차량 i 의 작업 대기시간, $i = 1, \dots, n$

LB : 도크의 소요 작업시간의 하한값(Low Bound)

d_j : 도크 j 에 할당된 차량의 소요 작업시간의 합, $j = 1, \dots, n$

T : 할당되지 않고 남아있는 차량의 집합

T^c : 도크할당이 완료된 차량의 집합

A : $d_j < LB$ 인 도크의 집합

A^c : 차량이 할당되면 $d_j \geq LB$ 인 도크의 집합

\bar{F} : 도크에서 차량의 평균체제시간

QT : 차량의 총 작업 대기시간($QT = \sum_{j=1}^m q_j$)

3.1 A-1 알고리즘

A-1 알고리즘은 현재 대기 중인 차량 전체가 할당된 후 소요되는 총 소요 작업시간을 최소화하는데 그 목적이 있다.

단계 1. 차량의 소요 작업시간에 따라 내림차순으로 정렬한 후 단계 2를 진행한다.

단계 2. LB 를 식 (1)을 이용하여 계산하고 단계 3을 진행한다.

$$LB := \left\lceil \max_i \left\{ \max_i p_i, \left(\sum_{i=1}^n p_i \right) / m \right\} \right\rceil \quad (1)$$

단계 3. $T = \emptyset$ 이면 단계 5를 진행한다. $T \neq \emptyset$ 이면 소요 작업시간이 가장 큰 차량부터(단, 동일한 경우에는 임의로 선택) A 에 속한 가장 작은 순서에 있는 도크 j 에 $d_j < LB$ 일 때까지 계속해서 할당한 후 할당된 차량은 T 에서 제거한 후 T^c 에 추가하고 d_j 를 갱신한다. 그렇지 않고 차량을 할당해서 $d_j \geq LB$ 이면 A 에서 제거하고 A^c 에 추가한 후 $A \neq \emptyset$ 이면 단계 3을 반복해서 진행하고 $A = \emptyset$ 이면 단계 4를 진행한다.

단계 4. A^c 에 속한 도크 중에서 할당중인 차량을 d_j 가 가장 작은 도크에 차량을 할당한 후 T^c 에 추가 및 d_j 를 갱신한다. A^c 다음으로 A 에 속한 모든 차량을 제거하여 A 에 포함하고 단계 3을 진행한다.

단계 5. 종료한다.

A-1 알고리즘을 설명하기 위한 예제는 <표 1>과 같다. <표 3>은 A-1 알고리즘의 적용한 결과로서 총 대기시간은 94이다. <그림 1>은 결과를 간트차트로 나타낸 것으로서 LB는 26, 총 소요작업시간은 27인 것을 알 수 있다.

표 1. 차량의 도착 순서와 소요 작업시간

차량번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	합계
소요 작업시간	10	12	5	8	7	3	5	15	12	77

표 2. A-1 알고리즘의 적용 결과

도크 1				도크 2				도크 3			
차량번호	소요 작업 시간	$LB = 26$	대기시간	차량번호	소요 작업 시간	$LB = 26$	대기시간	차량번호	소요 작업 시간	$LB = 26$	대기시간
8	15	11	0	2	12	14	0	4	8	18	0
1	10	1	15	9	12	2	12	5	7	11	8
				6	3	-1	24	3	5	6	15
								7	5	1	20
QT						94					
\overline{F}						19					

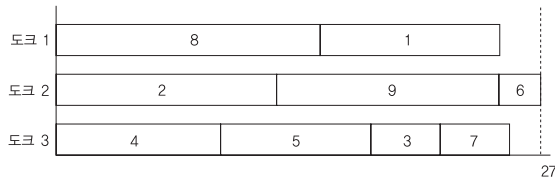


그림 1. A-1 알고리즘의 적용 예제 간트차트

A-1 알고리즘은 총 작업소요시간을 최소화하는데 그 목적이 있으나 대기시간의 최소화와 같은 다른 목적에는 적합하지 않은 경우가 있다.

3.2 A-2 알고리즘

A-2 알고리즘은 먼저 도착한 차량을 도크에 할당된 작업시간이 가장 작은 도크에 우선 할당함으로써 운전자의 불만을 줄이는데 그 목적이 있다.

단계 1. $T = \emptyset$ 이면 단계 3을 진행한다. $T \neq \emptyset$ 이면 d_j (단, 동일한 경우에는 임의로 선택)가 가장 작은 도크에 선입선출 방법에 따라 차량을 선택해서 할당하고 T 에서 제거한 후 T^c 에 추가하고 d_j 를 갱신한다.

단계 2. 종료한다.

A-2 알고리즘을 적용한 예제는 <표 1>과 같고 <표 4>는 적용 결과로서 총 소요작업시간은 30이고 총 대기시간은 72이다. <그림 2>는 결과를 간트차트로 나타낸 것이다.

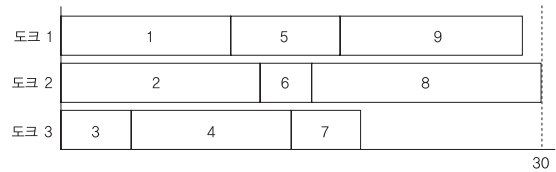


그림 2. A-2 알고리즘 적용 예제 간트차트

A-2 알고리즘은 선입선출 방법에 따라 차량을 할당하기 때문에 차량 운전자가 도착한 순서로 진행하는 장점이 있다.

3.3 A-3 알고리즘

A-3 알고리즘은 도크에 할당되는 차량의 총 대기시간이 최소화하고자 하는 방법이다.

단계 1. p_i 에 따라 오름차순으로 정렬한 후 단계 2를 진행한다.

단계 2. LB 를 식 (1)을 이용하여 계산하고 단계 3을 진행한다.

단계 3. $T = \emptyset$ 이면 단계 6을 진행한다. 그렇지 않고, $T \neq \emptyset$ 이

표 3. A-2 알고리즘의 적용 결과

도크 1			도크 2			도크 3		
차량번호	소요 작업 시간	대기시간	차량번호	소요 작업 시간	대기시간	차량번호	소요 작업 시간	대기시간
1	10	0	2	12	0	3	5	0
5	7	10	6	3	12	4	8	5
9	12	17	8	15	15	7	5	13
QT					72			
\overline{F}					16.6			

표 4. A-3 알고리즘의 적용 결과

도크 1				도크 2				도크 3			
차량번호	소요 작업 시간	$LB = 26$	대기시간	차량번호	소요 작업 시간	$LB = 26$	대기시간	차량번호	소요 작업 시간	$LB = 26$	대기시간
6	3	23	0	3	5	21	0	7	5	21	0
8	15	8	3	2	12	9	5	5	7	14	5
1	10	-2	18	9	12	-3	17	4	8	6	12
QT								60			
\overline{F}								15.2			

면 단계 4를 진행한다.

단계 4. d_j 에 따라 내림차순으로 정렬한다. 같은 경우에는 임의의 선택하고 단계 5를 진행한다.

단계 5. 정렬된 도크와 차량의 가장 앞에 있는 도크에 차량을 할당할 후 $d_j < LB$ 인 경우에는 d_j 를 갱신하고 단계 4를 진행한다. 그렇지 않고 $d_j \geq LB$ 일 경우에는 단계 6을 진행한다. 도크에 할당된 차량은 T 에서 제거한 후 T^c 에 추가한다.

단계 6. d_j 에 따라 오름차순으로 정렬하고 T 에 속한 할당되지 않은 차량을 p_i 에 따라 내림차순으로 정렬한다. 정렬된 도크와 차량의 가장 앞에 있는 도크에 차량을 할당한 후 d_j 를 갱신하고 T 에서 제거한 후 T^c 에 추가한다. 이후에는 단계 6을 반복해서 진행한다. 만약, $T = \emptyset$ 이 되면 단계 7을 적용한다.

단계 7. 종료한다.

차량 대기시간 최소화 알고리즘을 적용한 예제는 <표 1>과 같으며 <표 4>는 적용 결과로서 총 소요작업시간은 29이고 대기시간은 60이다. <그림 3>은 결과를 간트차트로 나타낸 것이다.

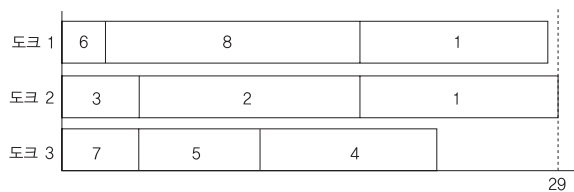


그림 3. A-3 알고리즘 적용 예제 간트차트

A-3 알고리즘은 차량 대기시간 최소화에 초점을 두어 차량을 할당하기 때문에 대기시간은 최소화하는데 장점이 있으나 다른 기준에는 적합하지 않은 경우가 있다.

4. 도크할당 비즈니스 규칙의 설계 및 구현

4.1 비즈니스 규칙 설계 및 구축 방법

비즈니스 규칙을 기반으로 시스템을 구현하는 과정은 <그림 4>와 같다(Halle(2002)). 대상 범위 및 계획 단계에서 대상 프로세스의 범위를 결정하고 프로세스를 정의하고 향후 수행할 계획을 수립한다. 도출 단계에서는 요구사항을 도출하기 위해 인터뷰, 문서 등을 통해 필요한 조사를 수행한다. 그리고 필요한 비즈니스 규칙과 데이터를 파악한다. 분석 단계에서는 필요한 룰에 대한 기능의 정의와 함께 비즈니스 규칙을 구성하는 세부적인 사항들을 분석한다. 설계 및 구현 단계에서는 비즈니스 규칙을 작성하고 이를 구현한다. 마지막으로 검증 단계에서는 구현된 비즈니스 규칙에 대해 테스트하여 검증한다.

4.2 YAWL

도크할당 비즈니스 규칙을 구현하기 위해 워크플로우 언어인 YAWL을 이용한다. YAWL은 비즈니스 규칙이 포함된 복잡한 워크플로우를 모델링하고 구현하는데 있어 기술적 묘사의 표현

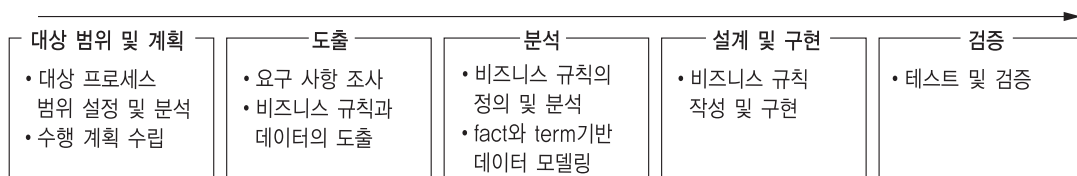


그림 4. 비즈니스 규칙 기반 시스템 구현 과정

이 쉽고 유연한 장점이 있다(Van der Aalst & ter Hofstede(2005)). YAWL은 <그림 5>와 같이 프로세스 에디터(process editor), 룰 에디터(rule editor) 및 워크플로우 엔진(workflow engine)으로 구성된 세 개의 모듈이 있다.

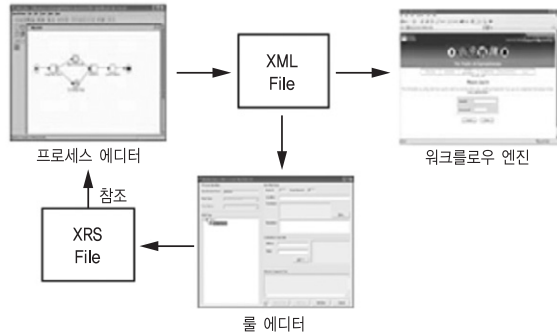


그림 5. YAWL의 구성 모듈

프로세스 에디터는 프로세스를 태스크(task)로 표현하고 XML파일로 저장한다. 워크플로우 엔진은 워크플로우의 태스크에 선언된 비즈니스 규칙에 따라 실행한다. 워크플로우 엔진에서는 프로세스 에디터에서 작성된 XML파일의 호출하여 태스크의 진행에 따라 분기 또는 결합하여 업무를 분배하거나 할당하게 된다. 룰 에디터는 프로세스 에디터에서 작성하여 저장된 XML파일을 호출하여 태스크에 대해 룰을 수정 또는 추가할 수 있다. 그러므로 프로세스 에디터에서 어떤 과업에 룰을 추가 또는 수정하려고 할 때 룰 에디터에서 작성된 내용을 참고하여 작성할 수 있다.

프로세스 에디터의 프로세스의 세부적인 요소를 표현하는 태스크의 그래픽 표현을 위한 모델링 요소를 포함하고 있으며 <그림 6>과 같다. 태스크는 계층적 구조에 의해 하위 태스크를 포함하는 EWFN(extended workflow nets)이 가능한 단일태스크(atomic task)와 복합태스크(composite task)가 있다. 그리고

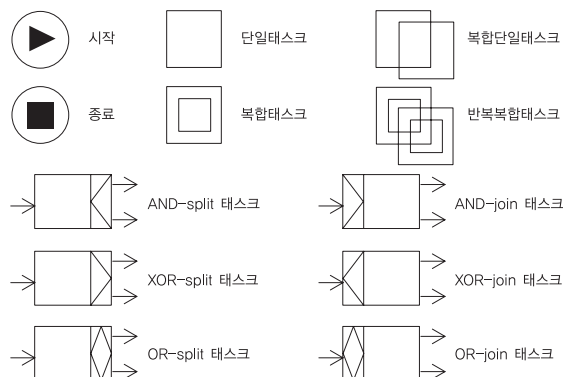


그림 6. YAWL 프로세스 에디터 모델링 요소

반복적 실행이 있는 경우에는 반복실행(multiple instances)의 태스크 요소를 사용할 수 있다. 태스크의 조건문은 Split과 Join으로 나누어져 있으며 각각 AND, XOR, OR를 포함하고 있다. 프로세스 에디터에서 태스크의 동작은 XQuery로 작성되어 데이터의 탐색, 갱신 등이 이루어지며 실행의 결과를 선택하는 과정은 XPath로 작성된다.

4.3 도크할당 비즈니스 규칙의 설계 및 구현

앞서 제 3장에서 제시된 알고리즘은 어떤 목적 하에 맞추어 개발되었음에도 목표로 하는 최적값을 제시하지 못하는 단점이 있다. 그러므로 비즈니스 규칙을 적용하여 상황에 따라 적합하게 적용될 수 있도록 비즈니스 규칙을 수립해야 한다. 개발된 도크할당 비즈니스규칙은 대상 차량의 대수가 n 이상일 경우에 적용된다. 대상 차량의 대수가 적으면 실시간에 가깝게 차량의 할당이 이루어질 수 있으나 차량의 대수가 적기 때문에 좋은 해를 보장할 수 없다. 반면에 대상 차량의 대수가 많으면 해의 질은 개선될 수 있으나 차량의 대기시간이 증가할 수 있다. 그러므로 의사결정자는 야드관리시스템에서 발생하는 상황을 기초로 도크할당의 적절한 대상 차량의 대수를 선택하여 적용해야 한다. WT는 도크할당하기 전에 차량의 대기시간으로서 일정시간 이상이 지나면 A-2 알고리즘이 실행한다. 그리고 도크에 할당될 차량이 DN보다 크면 총 소요 작업시간을 최소화하기 위해 A-1 알고리즘을 먼저 실행한 후 다른 알고리즘의 실행값과 비교하고 종료조건으로는 총 대기시간 또는 평균체제시간 등에 대한 기준을 설정하여 충족여부에 따라 종료한다.

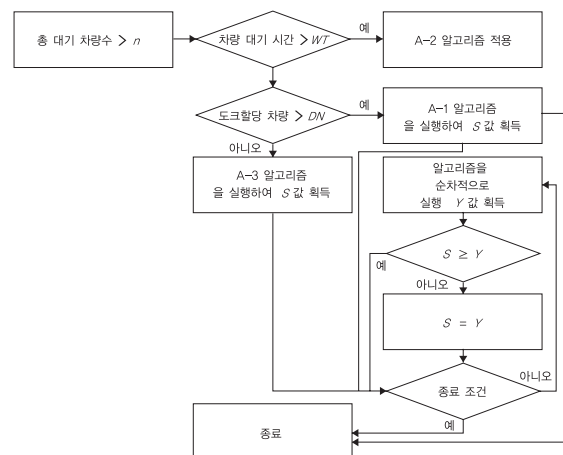


그림 7. 도크할당 비즈니스 규칙

예제) 도크의 개수가 3이고 <표 5>의 자료에 비즈니스 규칙을 적용한다. 비즈니스 규칙의 적용은 대기하고 있는 대상 차량의

대수 n 이 5대 이상일 경우에만 적용된다. 차량대기시간 WT 는 20이고 DN 은 5이다. 적용 결과로서 QT 가 70이하이면 선택된 알고리즘을 적용한다.

표 5. 대기 차량 자료

차량번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	합계
할당전 차량 대기시간	17	15	13	10	9	8	7	4	3	
소요 작업시간	10	12	5	8	7	3	5	15	12	77

단계 1. 대기하고 있는 차량의 대수가 9이기 때문에 도크할당 비즈니스 규칙을 시작한다.

단계 2. 대기하고 있는 차량 중에서 할당전 차량 대기시간의 최대값이 WT 보다 적기 때문에 A-3 알고리즘을 <표 5>에 적용하면 QT 가 60이기 때문에 S 는 60이다.

단계 3. S 가 60이기 때문에 A-3 알고리즘을 적용하여 차량을 도크에 할당하면 표 4와 같다.

단계 4. 종료한다.

비즈니스 규칙은 크게 용어(Term), 사실(Fact), 규칙(Rule)의 3종류로 분류되며, 규칙을 구축하는 단계는 용어, 사실, 규칙의 순서에 따라 진행된다. 즉, 용어를 기초로 사실을 구축하고, 사실을 기초로 규칙을 구축한다. 용어는 규칙을 구성하는 최소단위의 기본 구성원으로써 업무상의 의사소통을 위해 합의하여 결정된 단어, 개념 등이다. 사실은 용어의 관계로서 비즈니스 규칙의 기초 정보이다. 사실은 용어의 상호 연결을 통해 작성된다. 예로서, 도크, 차량, 진입이라는 용어가 있으면 사실은 '도크는 한 대의 차량만이 진입할 수 있다'라는 문장으로 표현될 수 있다. 규칙은 용어와 사실을 이용하여 프로세스를 진행해 나가는 내용으로서 용어와 사실들을 이용하여 입력값과 현재의 처리값들과의 비교하여 조건을 결정하고 "If~ then~"의 형식으로 실행 내역을 정리하여 표현한다. YAWL에서는 프로세스 에디터에서 용어를 지정하여 사용하고 사실과 규칙은 XQuery와 XPath를 이용함으로써 "If~ then~"의 형식보다 더욱더 유연하게 프로세스를 실행할 수 있다. 이것은 워크플로우가 정해진 규칙에 따라 문서, 정보, 업무가 한 참여자에서 다른 참여자로 수행을 위해 전달되는 과정에 포함된 업무 전체 또는 부분 프로세스를 자동화하기 때문이다(Workflow Management Coalition(1994)). 그러므로 비즈니스 규칙은 워크플로우를 진행하는데 있어 태스크에 선언되어 분기 또는 결합을 통해 업무가 자동으로 진행되도록 한다. YAWL에서 용어의 정의는 객체 정보의 표현부터 시작한다. 도크 할당과 관련된 객체 정보는 <표 6>과 같다.

YAWL을 이용한 도크할당을 구현하는데 있어서는 먼저 앞서 설계된 알고리즘을 프로세스 에디터에서 구현해야 한다. 프로세

표 6. 도크할당 객체 정보

용어	정 의
Truck Key	차량번호
Working Time	차량 작업시간
Dock Num	도크번호
Arrive Time	차량 도착시간
Truck Sequence	도크에 대기 차량 순서
Allocated Time	도크할당 차량의 작업시간
Allocated Truck	도크할당 차량번호
Beginning Time	도크할당 차량의 작업 시작시간
Allocated Dock	차량이 할당된 도크번호
Complete Time	도크할당 차량의 작업 완료시간

스 에디터에서 구현된 과정은 <표 5>를 이용하여 <그림 8>과 같다. <그림 8>에서 태스크는 조건문에 따라 분기 또는 결합한다.

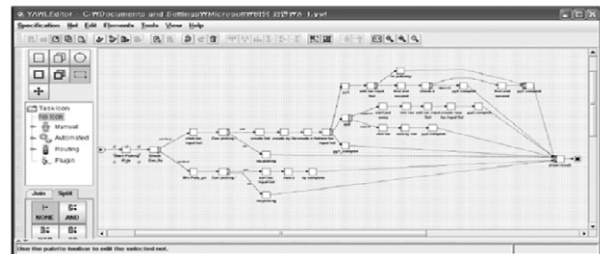


그림 8. A-1 알고리즘의 프로세스 에디터 파일

프로세스 에디터에서 태스크의 실행은 XQuery로 작성되고 데이터의 갱신, 저장 등이 이루어지며 <그림 9>은 XQuery로 작성한 예제를 보이고 있다.



그림 9. A-1 알고리즘의 XQuery 작성 예제

프로세스 에디터에서 태스크의 실행 결과에 따라 실행할 조건에 따라 선택이 있는 경우는 XPath를 작성해야 한다. <그림 10>은 XPath로 작성한 예제를 보이고 있다.

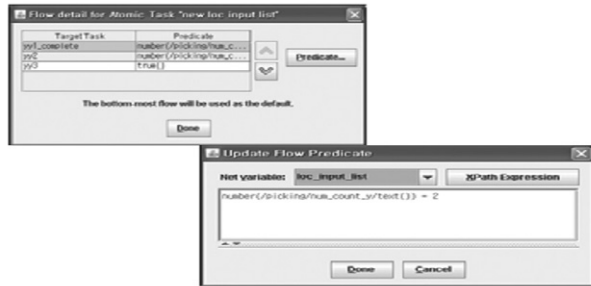


그림 10. A-1 알고리즘의 XPath 작성 예제

프로세스 에디터에서 작성하여 저장된 XML 파일은 <그림 11>과 같다.

```
<entitlementRef id="Min_Puta_vn_32" />
<predicate ordering="0">/picking/aa/text() = 'n'</predicate>
</flowInfo>
<join code="xor" />
<split code="xor" />
<startingMappings>
  <mapping>
    <expression query="aa">let $m := for $c in /picking/con_info/ return $c let $n := for $c in /picking/con_info/ return $c if($m/con_fir/text() = $n/con_fir/text()) then ($m/con_fir/text()) else ($n/con_fir/text())</aa></expression>
    <mapsto aa</mapsto>
  </mapping>
</startingMappings>
<completedMappings>
  <mapping>
    <expression query="aa">/check_con_fir/aa/text()</aa></expression>
    <mapsto aa</mapsto>
  </mapping>
</completedMappings>
<decompose id="check_con_fir" />
</task>
<task id="Min_Puta_vn_32">
  <name>Min_Puta_vn</name>
</task>
</flowInfo>
<entitlementRef id="Can_picking_60" />
```

그림 11. A-1 알고리즘의 XML 파일

워크플로우 엔진은 프로세스 에디터에서 작성되어 저장된 XML파일을 호출하여 실행하게 된다. 워크플로우 엔진에서 XML파일을 호출 및 실행하는 과정은 <그림 12>와 같다.

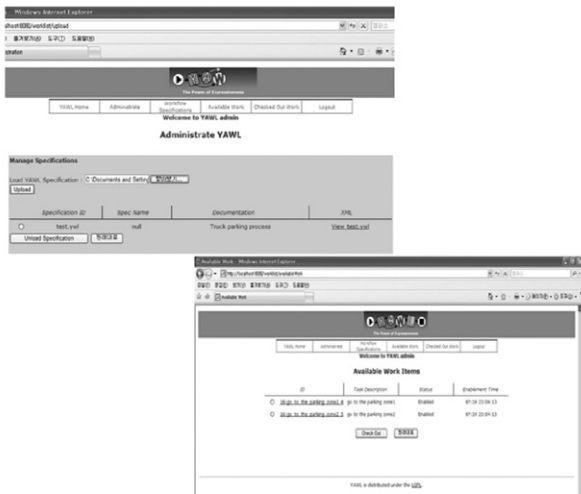


그림 12. A-1 알고리즘의 XML파일 호출 및 실행 예제

<그림 13>은 프로세스의 실행 후의 결과와 함께 다음 프로세스의 진행에 필요한 입력 자료를 보여주고 있다. 그리고 이러한 동작을 통해 워크플로우 엔진에서 진행하는 프로세스의 실행이 올바르게 작동되고 있는지에 대해 확인할 수 있다.

YAWL을 이용한 도크할당 비즈니스 규칙의 검증은 <그림 8>에서 작성된 각 과업의 진행에 따라 워크플로우 엔진의 결과가 올바르게 작동되는지를 <그림 13>을 통해 확인할 수 있다. 워크플로우 엔진에서는 모든 프로세스에 포함된 각 과업의 진행에 대한 결과를 <그림 13>과 같은 그림을 통해 확인하도록 한다.

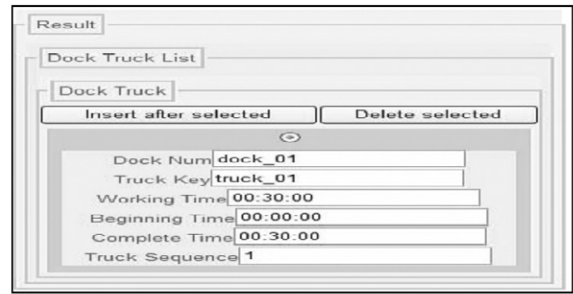


그림 13. 워크플로우 엔진 실행 전후

5. 결 론

공급사슬경영의 전 분야에서 상대적으로 정보화가 낙후되어 있고 병목현상의 개선이 필요한 분야는 야드관리이다. 야드관리 분야는 대부분의 국내의 기업에서 현재까지도 정보화가 되어있지 않은 경우가 적지 않으며, 이로 인한 공급사슬 전체의 효율을 떨어뜨리는 현상을 보이고 있다. 특히, 차량의 도크할당은 야드관리의 업무를 동기화하는데 중추적인 역할을 하기 때문에 연구가 필요하며 그 결과를 이용하여 시급히 정보시스템을 구축할 필요가 있다.

본 연구에서는 야드관리에서 도크할당을 효율적으로 수행하기 위해 비즈니스 규칙을 적용하였다. 도크할당은 목적에 따라 수행 알고리즘이 다르게 적용될 수 있기 때문에 비즈니스상황에 따라 적합한 알고리즘의 결과를 적용해야 한다. 향후 연구로는 도크할당과 관련된 다양한 목적의 알고리즘을 개발과 함께 비즈니스 규칙을 수립하여 더욱더 폭 넓게 적용될 수 있도록 해야 한다.

참고 문헌

- [1] Aberdeen Group (2007), The key to getting the most out of yard management, http://www.aberdeen.com/summary/report/research_briefs/Research_Brief_Hobkirk_Q107YMS_3933.asp.
- [2] Baker, K. R. (1974), Introduction to sequencing and

- scheduling, John Wiley, New York.
- [3] Chin, K-S, Tummala, V. M. R., Leung, J. P. F., and Tang, X. (2004), A study on supply chain management practices: The Hong Kong manufacturing perspective, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 34, No. 6, 505-524.
- [4] Chisholm, M. (2004), *How to build a business rules engine*, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco.
- [5] Garey, M. R., and Johnson, D. S. (1979), *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*, W. H. Freeman, New York.
- [6] Gu, J., Goetschalcks, M., and McGinnis, L. F. (2007), Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, Vol.177, No.1, pp. 1-21.
- [7] Knessl, C., Matkowsky, B. J., Schuss, Z., and Tier, C. (1987), Two parallel M/G/1 queues where arrivals join the system with the smaller buffer content, *IEEE Transactions on Communications*, Vol. Com-35, No. 11, 1153-1158.
- [8] Halle, B. V. (2002), *Business rules applied*, John Wiley & Sons, New York, NY.
- [9] Ho, G. T. S., Lau, H. C. W., and Ip, W. H. (2004), An intelligent information infrastructure to support the streamlining of integrated logistics workflow, *Expert Systems*, Vol. 21, No. 3, pp. 123-137.
- [10] Lau, H. C. W., Choy, K. L., Lau, P. K. H., Tsui, W. T., and Choy, L. C. (2004), An intelligent logistics support system for enhancing the airfreight forwarding business, *Expert Systems*, Vol. 21, No. 5, pp. 253-268.
- [11] McNaughton, R. (1959), Scheduling with deadlines and loss functions, *Management Sciences*, Vol. 6, No. 1,
- [12] Peck, K. E. (1983), Operational analysis of freight terminals handling less than container load shipments. PHD thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- [13] Pinedo, M. (2002), *Scheduling theory, algorithms, and systems*, 2nd, Prentice Hall, New Jersey.
- [14] Ross, R. G. (2003), *Principles of the business rule approach*, Addison-Wesley, Boston.
- [15] Spekman, R. E. Kamauff Jr, J. W., and Myhr, N. (1998), An empirical investigation into supply chain management: A perspective on partnerships, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 28, No. 8, 630-650.
- [16] Shinur, J. (2003), *The Business Rule Engine 2003 Magic Quadrant*, Gartner.
- [17] Sule, D. R. (1996), *Industrial Scheduling*, PWS Publishing Company.
- [18] Tan, K. C., Lyman, S. B., and Wisner, J. D. (2002), Supply chain management: a strategic perspective, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 22, No. 6, 614-631.
- [19] Tsui, L. Y. and Chang, C.-H.(1990), A microcomputer-based decision support tool for assigning dock doors in freight yards, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 19, No. 1-4, pp. 309-312.
- [20] Tsui, L. Y. and Chang, C.-H.(1992), Optimal solution to a dock door assignment problem, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 23, No. 1-4, pp. 283-286.
- [21] van der Aalst, W. M. P., and ter Hofstede, A. H. M. (2005), YAWL: yet another workflow language, *Information Systems*, Vol. 30, No. 4, 245-275.
- [22] Workflow Management Coalition, *The Workflow Reference Model*, WfMC TC00-1003, 1994.

**조 동 원**

서울산업대학교 산업공학과 학사
 한양대학교 산업공학과 석사
 현재 : 한양대학교 산업공학과 박사과정
 관심분야 : SCM, BPR, 물류관리

**황 현 진**

동의대학교 산업공학과 학사
 한양대학교 산업공학과 석사
 현재 : 한국국방연구원 국방운영연구센터
 인턴연구원
 관심분야 : SCM, 물류관리, 시뮬레이션

**이 영 해**

고려대학교 산업공학과 학사
 일리노이대학교 산업공학과 석사
 일리노이대학교 산업공학학과 박사
 현재 : 한양대학교 정보경영공학과 교수
 관심분야 : SCM, 물류관리, 생산관리

가전산업 회수물류 현황 분석 및 선진화 방안 연구*

장태우[†] · 김현수

경기대학교 산업경영공학과

Status Review and Advancement Plan for Reverse Logistics of Consumer Electronics Industry*

Tai-Woo Chang[†] · Hyunsoo Kim

Department of Industrial & Management Engineering, Kyonggi University

The recycling process of end-of-life consumer electronics creates a new supply chain for used-parts or recycled material. In this study, we reviewed the status of management and operation of reverse logistics for end-of-life consumer electronics and proposed advancement plans. We analyzed the management structure in terms of regulations, information classification schemes and information systems. Also, we analyzed the operation structure in terms of operational processes, facilities and operational methods. After evaluating problems and issues from the analysis and the existing literature, we have commented suggestions for improvement plans for each structure of reverse logistics used in consumer electronics industry.

Keywords: Reverse logistics, Consumer Electronics End-of-life, Recycling

1. 서론

전 세계적으로 끊임없는 전기전자통신 기술의 발전과 새로운 제품의 개발, 제품 교체주기의 단축과 인구 및 세대 수의 증가는 폐가전제품 발생량을 기하급수적으로 증가시키고 있다. 예로 국내의 TV, 냉장고, 세탁기의 보급률은 2006년 현재 각각 1.5, 1.1, 1.0로 가구당 약 1대 이상 보급되어 있고, 에어컨, 김치냉장고 등의 보급도 지속적으로 증가하고 있어서, 이들 가전제품의

교체 시 많은 폐가전제품이 발생할 것을 쉽게 예측할 수 있다. 특히 TV의 경우 2007년 평판(LCD 및 PDP) TV의 내수물량이 146만대를 넘고 있어서[9], 향후 이에 대한 새로운 처리 방법 등 대처문제가 발생할 것으로 예상된다.

양적으로 증가하고 있는 폐가전제품에는 플라스틱, 금속 등의 다양한 물질이 포함되어 있고, 이를 재활용(Recycling)하는 환경 문제는 '도시광산(Urban Mining)'의 개념으로 대두되고 있다. 폐가전제품의 재활용시 품목별 물질구성비와 같이 재생가능 자원에 대한 경제적 이득의 효과가 기대되고 있는 것이다. 국내 가

* 본 논문은 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비지원(과제번호 R&D/07교통체계-물류04)에 의해 수행되었습니다.

[†] 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 4월 7일 투고, 4월 28일 게재 확정.

전회사들이 공동 투자한 한국전자산업환경협회(이하 협회)의 폐가전제품 처리 데이터를 분석한 결과에 따르면, 2006년도 한해에 국내의 3개 주요 리사이클링센터(이하 R/C)가 처리한 모터, 고철, 플라스틱 등의 재활용 부품 및 재생자원의 양은 38,000여 톤에 달해 새로운 형태의 원자재 공급원의 역할을 수행하고 있다고 평가할 수 있다.

폐가전제품의 처리가 발생시키는 환경 문제를 해결하기 위해서 유럽 등에서는 환경부하의 감소와 지속가능한 자원사용을 위하여 폐전기전자제품처리지침(WEEE: Waste Electrical and Electronic Equipment) 등의 제도를 도입하여 실행하고 있다. 국내에서도 2000년부터 국내에서 발생하는 폐전기전자제품의 회수 및 재활용의 의무를 부담하는 대신, 폐기물예치금의 납부를 면제받을 수 있는 자발적 협약(voluntary agreement)을 체결하였고, 이를 토대로 '자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률(재활용촉진법)'에 의해 2003년부터 냉장고, 세탁기를 포함한 5개 품목을 대상으로 생산자책임재활용제도(EPR: Extended Producer Responsibility)를 실행하고 있다. 2005년부터는 오디오와 이동전화단말기, 2006년부터는 프린터, 복사기, 팩시밀리를 포함시켜 10개 품목으로 대상품목을 확대시켜 가고 있다. 또한 WEEE와 RoHS(유해물질사용제한지침), ELV(End-of-Life Vehicle, 폐차처리지침)를 기반으로 한 '전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률(자원순환법)'을 통해 사용규제, 정보제공 및 회수 의무 등을 규정하여 2008년부터 시행하고 있고, '폐기물관리법'을 통해 폐기물최소화 및 자원화정책을 펴고 있다.

이러한 제도적 보완에 더해 제품 및 구성물질의 이동 측면에서 많은 물량을 효과적으로 처리하면서도 환경에 미치는 부정적 영향력을 최소화시킬 수 있는 '녹색물류'가 이슈화되고 있으나, 폐가전제품의 회수 및 재활용을 위한 물류활동의 관리와 운영체계는 아직도 효율적으로 수행되고 있지 않은 실정이어서 이에 대한 검토 및 개선이 요구되고 있다.

본 연구에서는 국내에서 발생하는 폐가전제품의 회수물류 및 처리 현황을 조사하고 관리·운영체계를 분석하여 개선방안을 도출하고자 한다. 이를 위해 현재의 관리체계를 폐가전제품의 회수물류와 관련된 제도, 정보관리를 위한 분류체계, 관련 정보시스템으로 구분하여 분석한다. 또한 현재의 운영체계에 대해 회수물류경로 및 프로세스, 처리 거점 및 운영 방법으로 구분하여 분석한다. 이러한 AS-IS 분석을 통해 폐가전제품 회수물류의 전반적인 문제점과 이슈를 도출하고, 이를 개선하기 위한 방안들을 제시한다.

폐가전제품에 대한 기존의 연구는 폐기물로서 이를 처리하는 방법의 관점에서 재료와 물질을 다루는 화학 및 재료공학 측면의

연구들과 처리기술 측면의 연구들이 지속적으로 수행되어 왔다 [12,13]. 또한 이와 연관된 환경성이나 경제성을 고려하고 이에 대해 정량적, 정성적으로 분석한 연구들도 존재하고 있다[2].

이 외에도 기존의 문헌에서는 폐가전제품이 발생되고 처리되는 현황에 대한 조사[1,14] 및 발생량에 대한 예측 연구[7]와 정책적 측면에서 관련 제도를 검토하거나 개선 방안을 제시하는 연구 [3,8,11]들이 많이 나타나고 있다. 또한 시나리오에 따른 시스템 다이내믹스 기법을 통한 정책 실험 연구도 존재한다[4]. 그러나 이러한 연구들은 물류, 특히 회수물류의 관점에서 분석하고 있지 못한 실정이다. 일부 연구에서 재활용 특화단지의 조성 및 설계 [6]나 물류 관점에서 처리거점의 선정, 운송망의 개선[5,17] 등의 주제로 접근하고는 있다. 본 연구도 이러한 흐름의 일환이라 할 수 있으나 폐가전제품을 중심으로 회수물류 관점의 전반적인 관리·운영체계 현황과 문제점을 분석하고 개선방안을 제시한다는 점에서 타 연구와 차이점을 두고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2절에서 국내의 폐가전제품의 발생현황에 대해 검토하고, 3절과 4절에서 폐가전 회수물류에 대한 관리 및 운영체계를 각각 분석한다. 5절에서는 문제점을 분석하고 가전산업의 회수물류 개선방안을 제시한 후, 6절에서 결론과 추후 연구 방향에 대하여 서술한다.

2. 국내 폐가전제품 발생현황

전기전자제품의 재활용 의무대상 품목은 2003년 TV, 냉장고, 세탁기, 에어컨, PC의 5개 품목에서 오디오, 이동전화단말기, 프린터, 복사기, 팩시밀리까지 확대 지정되고 있다. 소형화 및 노트북으로의 대체 등으로 중량 기준으로는 감소한 형태를 보이고 있는 PC의 경우를 제외하면, 각 제품의 출고량은 <표 1>과 같이 지속적으로 증가하고 있고 이에 따른 의무율도 꾸준히 높아지고 있다.

2005년과 2006년에 지정된 5개 품목도 물량이 기록되고 있는 상태로 출고량과 의무율 모두 증가하고 있으며, 기타 품목의 경우에도 보급대수가 지속적으로 늘고 있다. 특히 김치냉장고는 급격한 증가 추세를 보이고 있어 냉장고와 같은 형태의 폐가전 회수물류의 관리가 필요하며, 디지털카메라나 mp3 플레이어와 같은 IT 제품도 국내에서의 수명주기로 볼 때 상당한 물량의 폐기가 발생할 것으로 보여 이에 대한 적절한 관리 및 대응처리가 필요한 상태이다.

출고된 제품들은 결국 재활용 과정을 거치게 되는데, 현재까지도 정확한 통계정보가 축적되지 않고 있다. 다행히, EPR이 시행된 2003년부터 대상 품목에 대해서 재활용량이 공개되고 있는

실정이다. 2006년 10개 제품의 재활용량은 92,575톤 정도로 1인당 1.92kg 정도이며, 이는 EU의 2005년 5.31kg, 일본의 2007년 3.7kg에 비하면 아직 낮은 수치이다. 국내의 냉장고, 세탁기, 에어컨, TV의 4대 폐가전제품의 회수량을 연도별 추이로 살펴보면 <표 2>와 같다.

표 1. 5개 제품의 연도별 출고량(단위: 톤) 및 의무율

	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
냉장고	197,730	241,230	211,016	260,950	
	0.090	0.108	0.165	0.169	0.173
세탁기	61,613	71,286	98,722	94,899	
	0.253	0.218	0.228	0.234	0.242
에어컨	84,196	105,447	150,013	135,882	
	0.007	0.007	0.015	0.017	0.019
TV	75,892	105,181	84,406	91,007	
	0.116	0.092	0.118	0.126	0.133
PC	84,085	72,441	46,303	43,193	
	0.038	0.055	0.085	0.094	0.098

* 자료 출처 : 환경부(www.me.go.kr)

표 2. 4대 제품의 연도별 회수량(단위: 천대)

구분	2005년	2006년	2007년	2008년
냉장고	632	672	767	697
세탁기	564	402	427	436
에어컨	28	30	96	55
TV	321	466	540	652

3. 폐가전 회수물류 관리체계 분석

3.1 제도적 측면

국내에서 폐가전제품은 현재 자원순환법과 재활용촉진법, 폐기물관리법을 통해 관리되고 있다. 중고제품이나 폐기물로 수출되거나 이동되는 경우에는 '폐기물의 국가간 이동 및 그 처리에 관한 법률'에 의해 관리된다. 주요 4개 법률 모두 주관부처는 환경부이며, 물류 측면에서는 국토해양부장관의 협조 정도가 언급된 정도이다. 지식경제부의 관련 법률 및 표준 등에서도 녹색물류와의 연관성을 찾을 수 있다. 폐가전 물류와 연관된 주요 제도에 대해 물류 측면에서의 고려사항을 요약하면 <표 3>과 같다. 참고로 KS 환경성표준(안)에서 20개 분야별로 제·개정이 진행되고 있으나, 물류 분야는 제·개정된 표준이 존재하지 않고 있다.

폐기 분야와의 직접적 연관은 없으나 녹색물류와 관련된 녹색물류인증 및 녹색물류파트너쉽과 같은 제도가 준비되고 있는 상

태이며, 시행 예정인 지속가능교통물류발전법을 통해서도 녹색물류를 유도하고 있다. 국가의 정책적 방향은 폐가전제품의 회수물류가 <표 3>에서 요약한 관련 제도 안에서 온실가스 배출량 감소, 친환경교통수단 사용 등을 고려한 녹색물류 측면의 효율화를 추진해야 할 것이다.

표 3. 주요 제도 관련 회수물류 분야 고려사항

	제도	회수물류 분야 고려사항
환경부	폐기물관리법	폐기물처리시설에 대한 물류단지 측면의 고려
	전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률	환경부, 국토해양부, 지식경제부의 폐가전 및 폐자동차의 처리 및 운송 물류 공동화
	자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률	제품 포장, 폐기물 분리보관, 재활용단지 조성 등에서의 물류 활동
	폐기물의 국가간 이동 및 그 처리에 관한 법률	폐가전제품 위주 폐기물의 수출·수입·운반·처리 과정에 대한 부처 간의 물류정보 공유
지식경제부	환경친화적 산업구조로의 전환촉진에 관한 법률	제품의 공급사슬 전 과정에 대한 고려와 회수물류 분야에 대한 환경경영 지원
	(KS)환경성표준	물류 분야 환경 및 자원순환 관련 표준(안) 제정

3.2 분류체계 측면

여러 기관에서 사용하는 물류정보의 관리를 위한 제품기본정보의 통합적인 사용과 분석/통계를 위한 일관된 분류를 위해서는 공통적으로 사용할 수 있는 분류체계를 갖추는 것이 필요하다. 제품의 구성 및 속성의 다양성으로 인해 용어가 혼용되거나 분류체계가 확립되지 않은 경우 정확한 통계 파악도 곤란한 상황이 발생하기도 한다.

공식적으로 폐기물에 대한 분류체계를 갖추고 있는 폐기물관리법 시행규칙에는 '51-18-00 폐전기전자제품류'의 하위 분류가 없어 현재 폐가전제품은 별도로 분류되지 않은 상태다. 자원순환법에서도 10개 대상제품을 위주로 제품별 구분을 하고 있으나 상세한 분류는 하지 않은 상태이다. 한국환경자원공사에서도 EPR코드를 8개로 분류하여 사용하고 있으며, 협회에서는 EPR 대상 제품을 단순 분류하고 있다.

가전제품에 대해서는 조달청에서 사용하는 UNSPSC나 관세청에서 사용하는 HS 등에서도 체계적으로 분류하고 있으며, 인터넷쇼핑몰 등에서 비공식적으로 개별적인 분류체계를 사용하고 있다. 그러나 완제품과 달리 폐가전제품을 재활용 처리하는 관점에서는 다른 구분을 사용할 필요가 있다. 예를 들어, 일반가정용

냉장고와 김치냉장고의 경우 사용 목적상 서로 다른 세부 제품군에 속하나 폐가전제품의 분류로는 같은 제품군이라 할 수 있다. 이와는 반대로 텔레비전의 경우 CRT와 LCD, PDP 텔레비전은 같은 제품군이지만 재활용 처리되는 과정이 서로 달라 제품군을 세분화하여 회수 초기 과정에서부터 구분을 명확히 해야 한다.

WEEE 지침에서는 <표 4>와 같이 제품군(category)별로 분류하고 있으며, 각 제품군에 의무율을 부과하고 있다. 괄호 안은 자원순환법에서 제정한 의무율이며, 제품별 관리 방안에 따라 모두 다르다는 것을 알 수 있다. 기존 연구에서도 제품군별 관리의

필요성을 주장한 바 있으며[10], 이러한 분류에 따라 제품들을 구분하여 관리할 필요가 있다. 또한 기존 분류된 체계의 경우 타 분류체계와의 매핑을 통해 정보를 연계해야 한다. EPR 관리대상 제품을 위주로 UNSPSC 등과 매핑한 결과는 <표 5>에 제시한 바와 같다.

향후에는 RoHS 기준 속성(6대물질 정보 또는 포함 부품) 등을 추가적으로 고려하여 상세히 분류할 필요가 있다.

3.3 정보시스템 측면

폐가전제품의 효율적인 회수 및 처리를 관리하기 위해서 환경부 산하기관에서 ECOAS(Electrical and Electronic Equipment and Vehicle Eco-Assurance System), EPR정보시스템을 구축하여 폐가전제품이 발생하여 회수 및 재활용 처리되는 과정에 대한 가시성을 확보하고 관리의 명확화를 실현해 나가고 있다(<표 6> 참고). 현재의 시스템은 재활용의무량 신고 및 재활용센터에서의 폐가전 제품 입·출고에 활용될 뿐 폐가전제품의 회수물류 전 과정에 걸친 정보제공 및 관리수준까지는 지원되고 있지 않다.

그러나 가전제품의 수명주기 전반에 걸친 정보관리는 생산계획, 사후 서비스 및 재활용 처리업무와 환경 모두를 고려할 때 매우 중요하다. 이를 위한 RFID 기술 사용에 대해 EPCglobal 등에서 국제 표준화를 고려하고 있으며, 회수물류 및 폐기 단계에 대해서도 CE EOL IG(Consumer Electronics End-of-Life Interesting Group)가 구성되어 표준화가 추진되고 있다. 향후 이를 고려하여 수명주기의 관리를 위한 정보시스템을 갖출 필요가 있다.

표 4. WEEE 지침의 제품군별 분류

제품군	품목	의무율
대형생활가전기	냉장고(70), 세탁기(80), 에어컨(80), 식기세척기, 대형조리기, 전자레인지 등	80
소형생활가전기	진공청소기, 다리미, 토스터, 전기밥솥, 커피메이커, 정수기, 이미용가전 등	55
IT 및 통신기기	프린터(75), 복사기(75), 팩시밀리(75), 휴대폰(70), PC/노트북(65), 전화기	70
영상음향기기 [소비가전]	TV(65), 오디오(70), 캠코더, Hi-Fi 녹음기, 전자악기, 비디오플레이어 등	70
조명기기	가정용전등/조명기기, 형광등 등	55
전기공구	드릴, 전기톱 등	55
완구/레저스포츠 장비	전기기차/자동차, 비디오게임기(콘솔) 등	55
자판기류	냉온 자판기, 현금인출기(ATM) 등	80
자판기류	냉온 자판기, 현금인출기(ATM) 등	80
의료장비	방사선치료장비, 심전도장비, 투석장비, 인공 호흡기, 분석기기 등	55
검사/제어기기	가스검출기, 난방조절기, 측정장비 등	55

표 5. 분류체계별 제품 매핑

자원순환법 시행규칙		EPR (환경자원공사)		UNSPSC		HS
제품	제품의 범위	코드	제품군(예정)	코드	제품군	코드
텔레비전	CRT/LCD/PDP TV 등	0810	영상음향기기	52161505	음향기기 및 영상기기	8528
냉장고	냉장고, 김치냉장고, 화장품냉장고 등	0820	주방가전기	24131501	산업용냉장기	8418
				48102113	저장, 취급장비 및 용품	
세탁기	세탁전용, 건조기능이 추가된 세탁기 등	0830	생활가전기	52141601	가정용 세탁기기 및 용품	8450
에어컨디셔너	벽걸이형, 스탠드형 등	0840	생활가전기	40101727	냉방 및 냉각장치	8415
개인용컴퓨터	노트북형, 데스크탑형 등	0850	사무기기	431718	통신 및 컴퓨터하드웨어	8471
오디오	전축 등 (휴대용 제외)	0860	영상음향기기	52161510	음향기기 및 영상기기	8519
이동전화단말기	(무선기지국 이용 통화)	0870	통신기기	34101009	전화기	8517.12
프린터	잉크젯, 레이저 방식 등. (복합 기능)	0875	사무기기	432121	컴퓨터프린터	8443.31
복사기	컬러식, 디아조식 등. (복합 기능)			441015	등사기, 복사기 및 팩시밀리	9009.11
팩시밀리	(복합 기능)					8517.21

표 6. 폐기 관련 정보시스템

정보시스템	설명
환경자원공사 올바로 (폐기물적법처리 시스템)	산업폐기물의 배출에서 최종처리까지의 전 과정을 실시간 관리함으로써 폐기물 감량화 및 폐기물 처리의 투명성 향상 등 행정 효율성과 신뢰성을 높인 정보관리 시스템
EPR/폐기물 부담금 민원처리 시스템	EPR제도와 폐기물부담금제도 이행 대상 사업자의 계획서 및 실적서 등의 전자적 제출 민원처리시스템 (폐가전은 ECOAS 시스템을 통해 처리)
ECOAS/전기전자제품 및 자동차 재활용 시스템	전기전자 제품과 자동차의 유해물질 사용 억제와 재활용 등에 대해 계획서, 실적서 등의 제출과 각종 관리표의 작성을 지원하고 실적을 관리할 수 있게 하는 시스템
협회 EPR 정보시스템	리사이클링센터의 통합 정보관리 시스템으로 입출고, 실적관리 등 회원사, 재활용 업체, 회수자의 필요 기능을 구현

4. 폐가전제품 회수물류 운영체계 분석

4.1 프로세스 측면

국내에서의 폐가전제품 회수경로는 세 가지로 나누어진다. 첫 번째는 지방자치단체(이하 지자체)를 통해 회수되는 경로, 두 번째로 신제품 구입 시 판매대리점 등을 통해 회수되는 경로, 세 번째는 민간 재사용업자들이 수거하여 수리/재판매하기 위해 회수하는 경로이다. 이렇게 회수된 제품들은 집하, 선별 및 운반 과정

을 거쳐 재활용되거나 재처리된다. 전반적인 운영 프로세스는 배출, 수거 및 회수, 집하 및 운반, 처리로 크게 구분할 수 있고, 관련된 운영 주체들과 함께 나타내면 <그림 1>과 같다.

지자체에서 수거한 물량은 집하장을 거쳐서, 판매점을 통해 수거된 물량은 대부분 생산자 물류센터를 통해서 집하 및 운반되므로 회수물류 단계와 밀접한 연관 관계가 있다. 따라서 배출, 회수, 처리 단계에 따라 경로별 물량 비율을 살펴봄으로써 전반적인 폐가전 회수물류의 운영 비율을 파악할 수 있다. 기존 연구 [1,14]의 내용들을 요약하여 <표 7>에 4대 제품별로 단계별 운영 비율을 정리하였다. 에어컨의 특수한 경우를 제외하면, 가정에서 배출되고 판매점을 통해 회수되어 생산자 물류센터로 거쳐 R/C에서 처리되는 것이 폐가전제품 회수물류의 일반적인 흐름이라 볼 수 있다.

표 7. 4대 제품의 주요 프로세스 경로별 운영 비율(단위: %)

제품 구분	배출		회수			처리		
	가정	사업장	지자체	판매점	중고 시장 등	R/C	재사용/자체 보관	재자원화/매립/소각
냉장고	93.8	6.2	21.0	54.2	24.8	65.0	26.4	8.6
세탁기	94.7	5.3	11.7	61.0	27.3	60.8	27.7	11.5
에어컨	55.2	44.8	2.7	19.1	78.2	18.2	71.1	10.7
TV	89.7	10.3	11.7	44.4	43.8	45.8	46.0	8.2

회수물류 단계에서는 생산자(판매점)를 통한 폐가전제품의 회수가 가장 원활하게 이루어지고 있으나 유통경로의 다양화로 인해 여러 어려움이 발생하고 있다. 양판점 등에는 직접적인 회

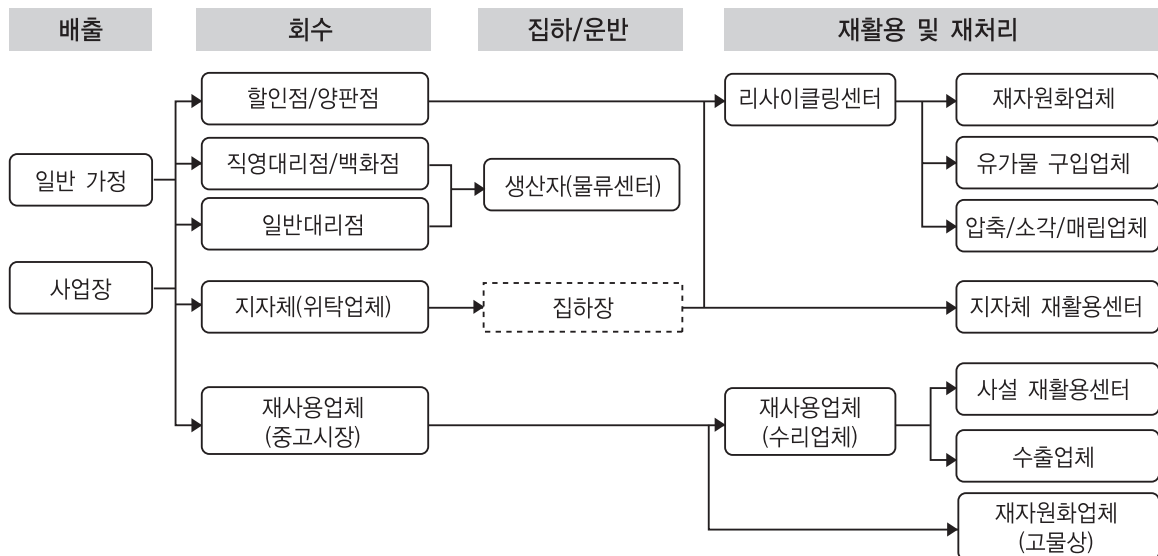


그림 1. 폐가전제품 회수물류 운영 프로세스

수 의무가 부과되지 않은 측면도 회수를 어렵게 하는 요인이며, 또한 지자체를 통해 회수되는 경우 운송비용 등 여러 가지 문제로 인해 R/C 등을 이용하여 처리하지 않고 자체 처리를 하는 경우도 있다. 이 때 부적절한 매립이나 처리가 이루어지는 되므로 심각한 환경문제를 발생시키고 있으며, 지자체에서 회수되고 재활용되는 폐가전제품 수량에 대한 정확하고 신뢰성 있는 데이터 확보에도 어려움을 겪고 있다. 제도권 밖에 있는 재사용자를 통한 경로의 경우 회수량에 대한 정확한 통계 조사조차 파악이 안 될 정도로 폐가전 회수물류 운영에 대한 체계화 및 표준화가 아직은 미흡한 실정이다.

지정된 재활용의무대상 품목은 R/C 또는 민간 재활용센터(협력업체)에서 처리되거나 민간 재사용업자에 의해 재판매 또는 수출되기도 한다. 특히 TV 및 에어컨의 경우 재활용량 대비 수출량이 2006년 기준으로 각각 45.3%, 10.0%에 달한다는 조사결과도 존재하여[14], 국제물류 측면에서의 체계적 운영이 필요하다고 할 수 있다.

4.2 처리 거점 측면

폐가전제품의 처리 권역은 현재 전국을 수도권, 중부권, 영남권, 호남권, 제주권의 5개로 구분하고 있다. 협회 관련 5개 R/C는 각 권역별 자동화 재활용 시설로써 연 백만 대 이상의 폐가전제품을 재활용 처리할 수 있는 능력을 보유하고 있다(〈표 8〉참고). 〈그림 2〉에 요약한 바와 같이 2007년까지는 호남권(HRC)이 운영되지 않아 물량이 25%나 초과된 상태였으며, 2008년부터는 HRC가 가동되어 작업량이 분담되었음에도 대부분의 R/C 처리용량은 한계에 도달해 있음을 볼 수 있다. 이러한 상황은 시급히 추가적인 R/C의 구축이 필요함을 의미하고 있다.

표 8. 협회 관련 자동화 리사이클링센터 현황

구분	수도권 MRC	충청권 ARC	영남권 CRC	호남권 HRC	제주권 JRC
처리용량	253천대/년	267천대/년	250천대/년	240천대/년	29천대/년
부지면적	7,500평	12,600평	25,000평	6,700평	1,160평
건축면적	1,450평	1,800평	1,870평	1,700평	240평
가동	2003.6	1998.5	2001.7	2008.2	2006.4

R/C 외에도 2007년과 2008년 협회의 운송기록에 의하면 30여 민간 재활용업체들이 물량을 처리함을 알 수 있다(〈표 9〉참고). 폐가전제품을 회수하여 재활용 처리하기 위해 R/C 및 민간 처리업체로 물량을 발송하는 거점도 지자체와 생산자 물류센터를 포함하여 250여 곳 정도로 파악되고 있다.

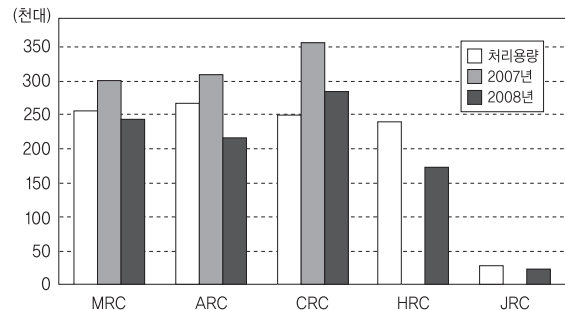


그림 2. 5개 RC의 처리용량 및 처리실적

표 9. 폐가전제품 처리 거점 현황

연도	RC 및 재활용업체	발송처		
		지자체	물류센터 등	합
2007년	32	139	148	287
2008년	41	131	111	242

4.3 운영 방법 측면

지자체 집하장 및 생산자 물류센터 등에서는 처리 거점으로 자차 운송 또는 3자물류를 통해 개별적으로 이동하고 있다.

발송에 대한 의사결정 역시 개별적으로 진행되며, 대부분의 운송에는 5톤 및 8톤 트럭이 주로 사용된다. 아직은 통합적으로 운영되지 않기 때문에 운송 차량의 적재율이 높지 않은 경우도 많고, 도착 물량도 불규칙적이어서 R/C의 운영에 어려운 측면이 존재하고 있다.

2007년과 2008년에는 각각 35,472회, 40,879회의 트럭 운송이 발생했는데, 2년간 각 R/C로 입고되는 차량의 운송회수를 월별로 살펴보면, 〈그림 3〉과 같이 회수가 지속적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 운송회수의 변화를 단순선형회귀모형으로 가정할 경우 월 40회 정도씩 증가하는 추세가 된다.

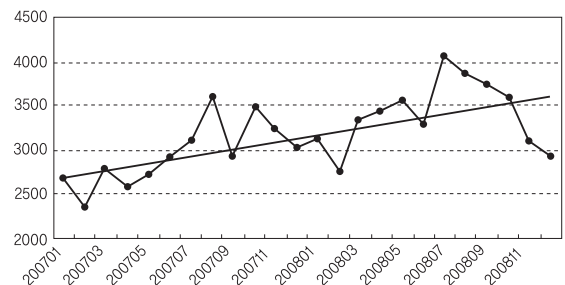


그림 3. 수집소에서 처리 거점에서의 월별 운송회수 변화

폐가전제품 물량의 지속적 확대와 운송 빈도의 증가 추세를 고려한다면, 이에 따른 운송비용 절감 노력은 필수적이라 할 수

있다. 예를 들어, 8톤 트럭으로 1회 평균 왕복 80km를 운행하는 연 40,000회 운송으로 단순 가정할 경우, 기존 연구[5]의 km당 고정비 및 변동비를 반영하면 폐가전제품의 운송물류에만 연간 약 160억 원의 비용이 소요된다. 환경 측면을 고려한다면, 기존 연구[15]의 대형화물차 CO₂ 배출계수 1,388.2gCO₂/km을 사용했을 때 320만 km 운송에 따라 연간 4,442톤의 CO₂가 배출된다는 것을 알 수 있다. 뿐만 아니라 처리 후의 유가물(재활용 부품/물질) 및 폐기물의 운송까지 고려할 경우 통합된 운영이 시급히 요구된다.

5. 회수물류 개선 방안

이상에서 살펴본 국내 폐가전제품 회수물류의 관리와 운영상의 문제점들과 관련 분야에서의 폐가전 관리를 위한 문제점들을 원인과 함께 분석하였고, 이를 <표 10>에 정리하였다. 물류 측면에서도 폐가전제품의 운송과 유통, 정보 관리 등에서 많은 문제점들이 존재하며, 이를 개선하기 위해 관리 및 운영 측면에서의 방안을 문제점들에 대한 분석과 기존 연구의 내용을 포함하여 제시하고자 한다. 운영 측면은 회수, 집하/운반, 처리 체계로 구분하여 설명한다.

5.1 관리 체계 개선 방안

먼저 폐가전제품의 회수물류 관리를 위한 제도적 측면에서 국토해양부, 환경부 및 지식경제부의 관리항목 및 업무협조 사항을 <표 3>에 언급한 물류 관련 사항들을 고려하여 검토할 필요가 있다. 폐가전제품 분류체계 등과 같은 회수물류 측면의 정보체계에 대한 표준화 또한 추진해야 한다. WEEE의 제품군 분류를 반영하고, 중고제품의 수출 등을 고려하여 HS코드를 사용한 상세 코드체계를 수립하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 공통된 분류체계는 기관별 정보시스템에도 반영되어야 할 것이다. 또한 국가 차원에서 폐가전제품의 배출, 회수, 처리 현황에 대해 정확한 자료를 확보하고, 이를 해당 기관에게 전달하여 효율적인 물류관리를 할 수 있도록 할 필요가 있다. 제품군에 의한 관리 시에도 분류체계를 반영할 수 있다.

이 외에도 제품의 내용연수와 소비자 사용 실태 등을 반영하여 EPR 의무율 등의 제도적 규제사항에 대해서도 재검토할 필요가 있다. 유통업체(판매자)에 대한 비용 부과도 고려해야 할 것이다. 참고로 영국, 프랑스, 네덜란드 등에서도 판매자에게 수거시설로 수거하는 데 따른 물리적, 금전적 책임을 지우고 있다.

5.2 회수 체계 개선 방안

폐가전제품의 회수는 성숙한 시민의식뿐만 아니라 회수 방법의 체계화가 필요하다. 배출경로를 공식화하고 수거거점을 확립할 필요가 있다. 국내에서는 지자체를 통해서 유상으로 스티커를 발부하고 있지만 일본의 경우와 같이 공식적인 신고전표를 통해 경로 상에서 정보와 제품이 누락되는 경우가 발생하지 않도록 해야 할 것이다. 이를 위해 폐가전제품 회수를 위한 정보서비스 시스템을 구축할 필요가 있다. 또한 고객에게 폐가전제품의 처리 방법뿐만 아니라 확립된 회수경로에 대해서도 고지해야 할 것이다.

이러한 체계를 갖출 경우 신제품의 구입을 통한 폐가전의 배출의 경우가 아니더라도 관련 통계적 결과도 용이하게 파악할 수 있고, 이에 따른 의무량 산정 등에서도 실제 데이터에 기반을 둔 정확한 계산이 가능해진다. 또한 물류수행 주체들도 원천 데이터 및 경로별 데이터의 활용을 통해 계획 및 수행결과에 대한 분석을 통해 효율화할 수 있게 될 것이다.

앞서 언급한 바와 같이 가전제품의 수명주기 내에서 이익을 가지는 양판점 등 판매점도 의무이행주체에 추가하는 것도 폐가전제품의 회수를 용이하게 하는 방안이 될 것이다.

5.3 집하/운반 체계 개선 방안

프로세스 관점에서, 앞선 부분의 개선은 후방 프로세스의 개선을 가져오게 된다. 회수 체계의 개선에 따라 집하 및 운반도 효율화될 수 있는 것이다. 이뿐만 아니라 운송 효율화를 위해 폐가전 및 관련 폐기물 수배송의 공동화를 모색할 필요가 있다. 우선적으로 지자체 집하장 및 생산자 물류센터 등에서 R/C로 개별 이동하고 있는 현재의 상황을 각 권역별 R/C에서 각 집하장/물류센터 등으로 경로를 분할하여 공동수배송하는 방법으로 전환하는 것을 검토할 필요가 있다. 기존 연구에서 실험한 바에 따르면[17], 여러 가정을 두긴 했으나 일부 권역에서의 트럭 종류의 일원화와 공동수배송으로 운송비용이 49% 정도 절감되기도 했다.

또한 폐가전제품뿐만 아니라 폐자동차 등의 다른 품목까지 포함하는 공동수배송 등에 대한 다양한 시나리오에 대해 검토하고 이에 대한 정량적 분석을 수행할 필요가 있다.

5.4 처리 체계 개선 방안

앞서 4.3절에서 관련 물류주체의 개별적 의사결정에 따라 R/C의 운영에 어려운 점이 존재한다는 것을 언급하였다. 개별 R/C로 유입되어 처리되어야 할 폐가전제품의 양은 매일 도착하는 트럭 및 운송 제품의 종류와 수에 따라 달라지며, 도착 정보에

표 10. 폐가전 물류 관련 문제점 및 원인 분석

구분	문제점	원인	관련주체
회수 물류 및 유통, 정보 관리	지자체에서 R/C로의 회수 물량 감소	- 지자체에서 완제품을 수거하여 재사용, 재활용 및 매립/소각	지자체
	판매점의 폐가전제품 회수량 부족	- 판매점의 회수의무 규정에 대한 소비자의 인지 부족, 판매점의 회수거부	소비자, 판매점
	폐가전제품의 회수 재활용에 있어 전문 양판점의 소극적 태도	- 양판점의 경우 폐가전제품의 회수 재활용에 있어 직접적인 의무가 없음	정부, 양판점
	국가 관리범위에서 벗어나 음성적으로 처리되어 관리 감독 어려움	- R/C로 반입되지 않고 중고 판매시장에서 유통되거나 재자원화업체에서 재활용	정부, 소비자, 고물상
	실제 회수되는 양이 적어 생산자로서 의무량을 달성하는데 많은 어려움	- 타 제품에 비해 재활용이 용이하고 고장수리가 간편하여 중고시장이나 재자원화업체로 유입되는 양이 많음	소비자, 판매점, 중고판매상
	제품의 설치 및 폐제품 회수 운반과정에서 타 경로로의 유출	- 에어컨, TV의 경우 국내 재활용량 대비 상당히 많은 양이 수출되거나 중고시장에서 거래됨 - 공식적인 양식 및 정보관리 없이 스티커 부착식으로만 관리	판매점, 정부
	물량 확대 및 운송비용의 증가	- 개별적 의사결정에 따른 운송 형태	R/C, 지자체
	특정 지자체의 권역별 R/C 이용률 미미	- 유가물이 일부 제거된 폐제품의 반입거부 - 운반비용에 대한 부담 - 홍보 부족	R/C, 지자체, 정부
	지자체의 권역별 R/C 이용성 불편함	- 지자체 입장에서 팔레트 적재 문제에 대해 일부 제약요인으로 생각	지자체
	재자원화업체의 현황 파악이 어렵고, 불법 투기 발생 가능성 상존	- 단가문제 및 업체의 영세성으로 인해 적법하게 처리하기 힘들	소비자, 판매점, 중고판매상
	지자체와 R/C의 실입고량 데이터 오차	- 공무원(행정직)과 현장직과의 데이터 공동관리 부재, 중간에 제품을 중고시장 및 재자원화업체 등으로 매각	지자체
	중고시장의 폐기 직전 제품이 협회가 지정한 재활용 센터로 운송되지 않을 가능성 상존	- 매입가격과 운송관련 사항의 비경제성	중고판매상
	폐가전 품목 분류체계가 단순하고 확장성이 부족	- 폐가전 처리 과정을 반영하고 있지 못함	정부
	제품 수명주기 전반에 대한 정보관리 미흡	- 단기적인 요구 기능에 대해서만 정보시스템을 구현 - 원시적인 회수 체계	정부
	폐가전제품 회수의 규모 및 처리 현황 파악 어려움	- 유통구조의 다변화 및 회수 주체의 다양화 - 음성적 또는 자유시장 원리에 의한 처리	정부, 시장구조
기타	지자체의 폐가전제품의 양과 처리경로별 처리량에 대한 표준 집계양식의 부재	- 일관성 있는 통합적 정보 관리에 대한 인식 부족	정부
	해외의 벤치마킹 사례연구 부족	- 정부 및 기업이 벤치마킹할만한 사례연구 부재	정부, 생산자
	협회의 지자체 폐가전제품 발생량에 대한 통계의 신뢰성 확보 어려움	- 국가기관에 의한 공식적인 조사 및 공표가 아님	정부, R/C
	폐가전제품 발생량 추정의 어려움	- 정책의 변화 - 신제품의 개발 및 가전제품의 내용연수에 대한 정보 부족 - 폐기 결정 후 집안에 장시간 보관될 가능성	정부, 생산자, 소비자
	향후 폐가전제품 유통메커니즘 조사에서 필수 항목으로 정량적 관리 필요	- 계속적으로 중고시장의 비중 증가할 것으로 예상	정부
	중고시장으로 반입된 제품의 매립 및 소각되는 비율이 상대적으로 높음	- 제품 특성상 녹, 세제 사용으로 인한 문제로 수리 불가능	중고판매상
	생산자 의무량 산정 및 의무물 부과 등의 정부 정책 수립에서 제품의 특성 고려 미비	- 에어컨, TV 등은 수출 및 중고시장 거래가 활발함	수출업체, 정부
	재활용의무량(율)으로 인한 기업의 이행실적에 대한 부담 가중	- 재활용시 높은 경제성으로 인해 많은 물량이 자료집계에서 누락 - 의무물 경감, 제도적 지원 등의 어떠한 인센티브도 없이 매년 의무총량만 증가하는 의무물 부여방식의 부적절	소비자, 판매점, 중고판매상, 정부
	제품생산 또는 수입 후 일정기간 내에 회사가 없어 지거나 부도처리 되면 재활용의무이행 주체 부재	- EPR제도에 예치금과 같은 방지책 없음	정부, 판매점, 양판점, 수출업체
	중고시장의 활성화 저하	- 소비자들의 인식을 제고시키는 홍보 및 노력 부족, 신제품의 가격 하락과 업체 운용비용	정부

구분	문제점	원인	관련주체
기타	재활용 기술개발과 함께 향후 제도적 보완 시급	- 평판TV(LCD, PDP) 초도보급으로 인한 폐기물 발생량의 적음, CRT는 납을 포함한 여러 유해물질 포함	정부
	환경유해물질인 냉매물질(CFC 등)로 인한 환경오염 가능성	- 환경유해물질인 CFC 함유 부품에 대한 훼손 - 비교적 분리가 용이하고 고가의 유가물질로 구성된 부품, 작업자 부주의로 인한 훼손	생산자, 지자체
	매년 재활용가능자원의 발생량 및 분리수거량을 조사·공표해야 하는 의무를 실행하는 지자체가 적음	- 의무 불이행에 대한 제재가 미흡	지자체

대해 R/C에서 통합적으로 정확하게 관리하기가 어려운 측면이 있다. 이는 R/C의 설비와 인적자원의 활용에서도 불합리한 점을 가져오게 된다. 이를 개선하기 위해서는 회수, 운반 프로세스와 의 정보 연계가 중요하다.

RFID 기술의 활용을 통해 R/C의 입고부터 출고까지의 제품 및 용기의 정보관리와 프로세스 효율화를 위한 연구가 있었으며 [16], 이에 더해 제품 생산이나 회수 시점부터 RFID 태그를 부착하여 활용한다면 더욱 체계적인 관리와 응용이 가능해질 것이다.

개별 센터 등의 처리 거점과 물류 거점의 연계와 통합도 고려할 필요가 있다. R/C 등에서는 폐가전제품을 재활용 처리할 뿐만 아니라 재생된 자재를 생산하는 역할도 하기 때문에 타 시설과의 연계를 통해 효율화할 수 있다. 폐자동차에 탑재된 전자제품 및 금속, 플라스틱 등의 부품과 같이 폐가전제품 외의 품목에 대한 통합 처리를 통해 시너지 효과를 얻을 수 있다. 향후 폐기물 통합물류단지를 구축하고 운영하는 것도 검토해야 할 것이다.

6. 결론 및 추후 연구

EPR의 시행 및 대상품목의 확대로 폐가전제품의 회수량 및 재활용량이 지속적으로 증가하고 있으나 아직까지 전체 폐가전제품의 회수 및 관리가 명확하고 체계적으로 운영되지 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 국내 폐가전제품의 발생현황과 폐가전제품의 회수물류 관리체계, 운영체계를 조사, 분석하였다. 또한 각 체계의 문제점에 대해 원인과 함께 분석하고, 회수물류의 효율화를 위한 개선 방안들을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 물류공동화, 통합물류단지의 구축 등에 대한 추후 연구가 필요하며, 폐가전제품 회수물류 전 단계에서의 설계, 제조 시에도 재활용을 고려하는 연구가 필요할 것이다.

명확한 폐가전 회수물류체계의 범위 및 정의를 통하여 관련 주체들의 역할 분담 및 상호 협의할 수 있는 회수물류체계 구축이 이루어져야 한다. 이를 위해서 폐가전의 발생에서부터 최종 처리에 이르기까지의 회수물류 관리 프로세스의 표준화와 효율

화를 이뤄야 한다. 또한 이를 관리시스템으로 개발함으로써 폐가전제품의 발생에서부터 최종적 처리에 이르는 전 과정에 대한 정보를 제공할 수 있는 정보화의 기틀을 마련할 수 있으며 폐가전 회수물류와 관련하여 비용 효율적인 수배송 및 보관시설의 공동화가 가능하게 될 것이다.

참고 문헌

- [1] 가천의과대학교 환경보건연구소 (2006), 폐전자제품 배출 및 재활용 실태 조사, 한국전자산업환경협회
- [2] 김준범, 황용우, 박광호 (2002), 환경성과 경제성을 통합한 폐가전제품 재질의 재활용 Potential 산정 방법론, 한국폐기물학회지, 제19권, 제8호, pp.970-979
- [3] 김태용 (2004), 생산자책임재활용제도의 개선방안 - 전자제품을 중심으로, 이슈보고서, 삼성지구환경연구소
- [4] 김태용, 권혁일, 이만형, 김창석 (2005), 폐전자제품에 관한 자원순환체계 동태 모형과 응용, 국토계획, 제40권, 제1호, pp.149-170
- [5] 김현수, 임석철, 홍민선, 류재환 (2007), 폐가전제품 회수물류 네트워크 최적화, IE Interfaces, Vol.20, No.2, pp.154-164
- [6] 민달기, 이희선, 김태희 (2005), 경인지방 폐컴퓨터 재활용 특화단지 조성에 관한 연구, 환경관리학회지, 제11권, 제1호, pp.15-20
- [7] 민달기 (2007), 국내 3대 가전제품의 자원순환에 관한 연구, 환경관리학회지, 제13권, 제1호, pp.9-15
- [8] 박찬혁, 정재춘, 이재웅, 김형준, 최석순 (2003), 폐가전제품의 재이용 및 재활용 활성화 방안에 관한 연구, 폐기물자원화, 제11권, 제2호, pp.74-85
- [9] 산업연구원 산업통계, www.istans.or.kr
- [10] 상명대학교 (2008), EPR·폐기물부담금·분리수거 등 폐기물관리의 종합적 개선방안 마련을 위한 연구, 한국환

경자원공사

- [11] 정재혁 (2008), EU WEEE Directive 개정안과 국내 폐전기전자제품 재활용제도의 미래, Sustainability Issue Papers, 제97호, Eco-Frontier
- [12] 정진기, 김민석, 김병수, 유재민, 이재천 (2007), 폐가전제품 재활용 기술의 국내 현황, 응용화학, Vol.11, No.2, pp.590-593
- [13] 최우진, 폐가전제품 원료재생(MR)에 대한 전과정평가, 수원대학교 논문집, 제20집, pp.1-11
- [14] 한국폐기물학회 (2007), 폐전자제품 유통메카니즘 실태조사, 한국전자산업환경협회
- [15] 한국환경정책평가연구원 (2006), 수도권 대기질 개선대책 추진에 따른 CO2 감축효과 분석, 국립환경과학원
- [16] Kim, H. (2008), RFID Application for Green Logistics in Korea, Reverse Logistics Conference & Expo 2008
- [17] Kim, H., Yang, J., and Lee, K. (2009), Vehicle routing in reverse logistics for recycling end-of-life consumer electronic goods in South Korea, Transport. Res. Part D, doi:10.1016/j.trd.2009.03.01



장 태 우

서울대학교 산업공학과 학사
 서울대학교 산업공학과 석사
 서울대학교 산업공학과 박사
 한국전자통신연구원 선임연구원
 현재 : 경기대학교 산업경영공학과 조교수
 관심분야 : 시스템공학, 정보시스템,
 물류/SCM



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

혼합 재고정책을 구사하는 다단계 공급사슬에서의 재고 - 분배문제

이상헌^{†*} · 손종우^{**}

^{*}국방대학교 운영분석학과 · ^{**}공군 군수사령부

Inventory-Distribution Problem in Multi-echelon Supply Chain with Mixed-Inventory Policy

Sang-Heon Lee^{†*} · Jong-Woo Son^{**}

^{*}Department of Operations Research, Korea National Defense University

^{**}Logistics Command, ROK Air Force

We consider a logistic network where a single warehouse distributes a single item to multiple retailers. Warehouse in the network participates in a fixed order quantity(FOQ) inventory policy with the factory and retailers join in a vendor managed inventory(VMI) program with the warehouse, where the warehouse is responsible for tracking and replenishing the inventory at various retailer locations. In this paper, we present a solution approach for the inventory-routing problem. The inventory-routing problem is a variation of the vehicle-routing problem that arises in situations where a vendor has the ability to make decisions are not allowed to run out of product. We develop a two-phase approach based on decomposing the set of decisions. A warehouse ordering quantity(WOQ) and a delivery schedule are created first, followed by the construction of a set of delivery routes. The first and second step employ genetic algorithm. Our focus is on creating a solution methodology appropriate for various-scale instances. Computational experiments demonstrating the effectiveness of our approach are presented.

Keywords: Inventory Routing Problem, Vendor-Managed Inventory, Genetic Algorithm

1. 서론

최소의 비용을 투자하여 고객으로부터 최대의 만족을 이끌어내는 것이 기업경영의 목표이다. 특히, 현대 기업경영의 패러다

임에서 가장 의미 있는 교훈 중의 하나는 주변 환경을 고려하지 않는 독자적인 경영활동만으로 비용 최소화와 고객만족 극대화를 동시에 이룰 수 없을뿐더러 새로운 시장 환경에서 살아남을 수 없다는 사실이다.

공급사슬망관리(Supply Chain Management, SCM)의 효율

성 증대를 위해 수많은 기업들은 기능별 제휴와 통합이 치열한 경쟁 하에서 생존하기 위해서는 성능(performance)을 향상시키는 것이 중요하다는 것을 인지하게 되었다. SCM 내부의 일련의 행위들은 각각 독립적으로 취급되기도 하지만 내부적 관계에 의해 통합되어 하나처럼 수행되어진다(Moin and Salhi, 2007).

과거 전통적으로 이용된 소매점 주도 재고정책(Retailer-Managed Inventory policy, RMI)은 주로 직접적인 고객이나 내부 기능들에 대해 초점이 맞추어져 있어 공급사슬 네트워크 내 다른 조직들에 대해서는 상대적으로 중요성을 인지하지 못했다. 공급사슬 네트워크 내 조직들 간에 협조성이 부재된 독자적인 운영은 재고과잉과 품질의 원인이 되었으며, 이로 인해 기업의 입장에서 과도한 재고비용이 부담되었고 고객은 배달 지연과 구매비용 상승이라는 문제로 나타나게 되었다. 특히, 공급사슬의 단계가 소매상으로부터 도매상, 제조업자, 원재료 공급자로 올라갈수록 주문의 변동이 증가하는 소채찍 효과(bullwhip effect)로 인해 공급사슬의 각 단계들이 통합되지 못한 수요예측으로 인해, 공급사슬 내에서 수요에 대한 정보를 왜곡시켜 기업들로 하여금 비효율적인 공급사슬망을 운영하게 만들었다.

주요 기능의 통합관리에 대한 필요성이 제기됨에 따라 새로운 SCM의 개념인 공급자 주도 재고정책(Vendor-Managed Inventory policy, VMI)이 주목받게 되었다. 중앙집중식 공급사슬관리의 개념인 VMI는 공급자가 소매점의 재고문제에 직접 접근하며 재보급 필요성도 판단하고 재고와 수송이 통합된 문제에 관심을 기울이게 되었다. 최근 재고와 분배의 통합문제는 물류센터와 물품을 공급받아 판매하는 소매점 간의 VMI환경에서 필수적인 의사결정문제의 하나로 인식됨에 따라, 그 관심이 더욱 높아지고 있다(Rusdiansyah and Tsao, 2005). 이러한 재고/분배 문제는 공급자인 VMI controller 주도로 분배센터의 재고계획, 소매점의 재고계획과 분배계획을 통합적으로 수립하여 물류센터와 소매점의 재고를 최소화하고 동시에 배송차량의 적재율을 높여 수송횟수를 줄임으로서 공급사슬의 총 운영비 절감을 가능케 해준다. VMI개념은 특히 50개의 공급업체를 가진 K-Mart와 Fred Meyer에서 매우 성공적으로 적용되었다. Fred Meyer 경우에는 재고가 30~40%가량 감소하고, 재고보충율이 98%까지 상승하는 효과를 보았다(Chopra and Meindl, 2001).

재고/분배 모형은 Federgruen and Zipkin(1984)의 연구를 시작으로, Viswanathan and Mathur(1997)는 각 소매점의 재고보충량을 EOQ로 결정한 후, 기별로 차량경로를 결정하는 분리적 해법을 개발하였으나 수송비를 고려하지 않았다. Carter et al.(1996)은 VMI공급사슬에서 수송비를 포함한 통합수송 효과를 분석하였다.

Yokoyama(2002)는 정기발주재고정책을 사용하는 물류센터

의 재고/분배 통합계획에서 물류센터의 최대 재고수준과 소매점 배송량을 결정하기 위해 유전 알고리즘(Genetic Algorithm, GA)과 random local search 해법을 제시하고, 김준수(2007)는 정량발주재고정책을 사용하는 물류센터에서 재고보충을 위한 고정 주문량, 소매점 분배시기와 분배량을 결정하는 GA 해법을 제시하였으나, 차량경로를 구성하지 않고 1:1 배송방식을 적용하여 통합계획의 효과를 판단하였다.

Bertazzi et al.(2002)과 Rusdiansyah and Tsao(2005)는 소매점 분배량과 차량경로를 동시에 결정하는 해법을 제안하였다. 그들은 소매점 재고분배시 항상 정해진 최대 재고수준을 채우도록 분배량을 정함으로써 해의 탐색을 단순화하였다.

Campbell and Savelsbergh(2004)는 IRP(Inventory Routing Problem)문제를 decomposition 개념을 이용하고, 재고분배는 정수계획법(integer programming), 차량경로구성은 휴리스틱 기법을 각각 이용하여 접근하였다. 이 외에도 Bertazzi et al.(2005), Jarugumilli et al.(2006) 등이 유사연구를 실시한 바 있다.

Abednaguid and Dessouky(2006)는 VMI 환경의 재고/분배 문제에서 2차원 매트릭스 표현의 GA를 이용하여 소매점 배송시기와 배송량을 결정하고, 다음에 savings 알고리즘(Clarke and Wright, 1964)을 적용하여 기별 차량경로를 결정하는 순차적 해법을 개발하였다. 박양병과 박해수(2008)는 판매이익의 최대화라는 관점으로 GA와 r-savings 기법을 이용한 VMI 환경하의 재고보충 및 차량경로 계획 해법을 제안하였다. 공급자는 초기에 계획기간 동안의 모든 소매점의 보충물량을 재고로 보유하고 있는 것을 가정하였으며, 차량비용과 품질비의 비고를 통하여 의도적인 품질을 발생시켰다.

기존의 대부분 연구에서는 분배센터와 소매점간의 VMI 환경하에서 알려진 수요를 최대한 만족시키는 최소의 비용을 목적으로 하였다. 그러나 공장과 분배센터간의 재고정책이 결부되어 전체적인 물류정책을 묘사하기에는 부족함이 있다. 따라서 본 연구에서는 공장과 분배센터의 주문량을 고려하고 기간별 주문량에 따라 차량경로를 재설정함으로써 재고비용뿐만 아니라 차량운행 비용까지 최적화하는 보다 현실적인 모형으로 접근하였다.

이러한 문제에 대한 수리모형을 구축하고 소규모 문제에 대해 CPLEX를 활용하여 해를 산출하였으며 대형 문제에서도 적용 가능한 유전 알고리즘을 제안하였다. 유전 알고리즘은 방대한 해공간을 가진 문제에서 우수한 탐색능력을 보이는 메타휴리스틱 기법으로 재고/분배 문제와 IRP에 적용한 연구(Yokoyama, 2002, Abednaguid & Dessouky, 2006, 김준수, 2007, 박양병, 2008)로 그 성능이 입증된 바 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 문제에 대한

정의와 해당 수리모형을 제시한다. 3장에서는 GA를 이용한 해 유도과정을 소개하고 4장에서는 최적 모형과의 비교실험을 통한 GA 성능평가 및 확대실험, 운영변수에 대한 민감도 분석을 실시한다. 그리고 5장에서는 본 연구의 성과 및 기대 효과를 평가하고 향후 연구방향에 대해 서술한다.

2. 문제정의 및 수리모형

본 연구에서는 정량발주재고정책과 공급자주도재고정책을 혼합 적용하는 분배센터를 기준으로 단일 공장, 다수 소매점, 다기간, 단일 제품의 환경아래 알려진 고객수요의 충족을 위한 비용 최소화를 목적으로 하는 재고관리 및 차량경로 문제(IRP)를 다룬다.

소매점의 위치는 분배센터를 기준으로 지리적으로 산재해 있고 각 소매점에서의 기간별 수요는 동적 재고모형을 바탕으로 한 확정적 수요이며, 소매점 재고 부족시 해당하는 양만큼 품질비로 간주한다. 차량운행은 FTL(full truck load) 미만일 수 있으며, 여러 소매점들에 대한 통합 배송이 차량경로를 이루게 된다.

혼합 재고정책을 적용하는 공급사슬 시스템의 운영과 관련하여 필요한 가정 사항은 다음과 같다. 분배센터는 공장과는 정량 발주재고정책을, 소매점과는 공급자주도재고정책을 적용한다. 분배센터의 재고보충은 리드타임 1기를 가지며 모든 소매점의 수요는 알려져 있다. 소매점의 저장용량은 제한적이다. 분배센터 재고유지비는 재고량이 기(期) 초에 재고보충 및 각 소매점에 대한 배송이 이루어지므로 기말재고량으로 치환된다. 따라서 단위 기간 동안의 분배센터 재고유지비는 (분배센터 재고유지비×기말 재고량)이 된다. 소매점 재고유지비는 기초 개점시간 전까지

입고되어 해당 기간 동안 꾸준히 판매되어지므로 평균재고유지비용으로 계산된다. 따라서 단위기간동안의 소매점 재고유지비는 (소매점 재고유지비×(전 기말재고량+입고량) / 2)가 된다. 차량용량은 제한이 있으며, 차량의 소매점 방문은 단위 기간에 1회 방문으로 제한한다. 소매점 재고부족으로 인한 품질량은 품질비로 처리한다. 해당 공급사슬은 <그림 1>과 같이 구성된다.

입력 및 결정변수와 수리모형은 다음과 같다.

<입력 변수>

I : Retailer, $i=\{0, \dots, R\}$, 0:분배센터

P : Period, $p=\{0, \dots, P\}$

K : Truck Number, $k=\{1, \dots, K\}$

R^W : 분배센터 재 주문점

C^W : 분배센터 1회 주문비

LT : 분배센터의 재고보충 리드타임

r : 분배센터로의 수송비

H^W : 기간별 제품단위별 분배센터 재고유지비

H^R : 기간별 제품단위별 소매점 재고유지비

S : 소매점 저장능력

B : 소매점 재고품질비

D_{ip} : i 소매점, p 기 제품의 고객수요

Tc : 차량용량

F : 차량고정비

V : 차량변동비

d_{ij} : 지점 i 에서 j 까지의 직선거리

M : 아주 큰(big) 수

<의사 결정변수>

WOQ : 분배센터 1회 주문량

Q_{ip} : i 소매점, p 기 분배량

I_{ip} : i 소매점, p 기말 재고량

K_{ip} : i 소매점, p 기 품질량

L_K : k 차량의 분배센터 출발시 적재량

P_i : 부분경로 방지

$$x_p = \begin{cases} 1, & \text{만약 } p\text{기에 분배센터에서 주문이 발생하면} \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$y_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{만약 차량 } k\text{가 지점 } i\text{에서 } j\text{로 이동하면} \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

혼합재고정책을 구사하는 분배센터의 최소비용을 위한 혼합 정수계획모형은 분배센터 주문비 및 재고유지비, 소매점 재고유지비 및 품질비, 차량 고정비 및 변동비로 분리된다.

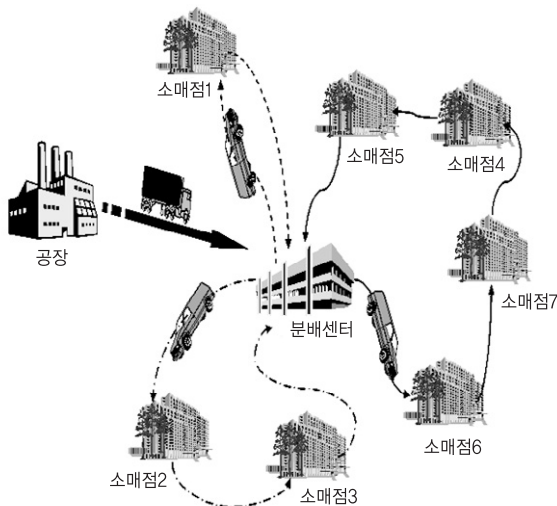


그림 1. 공급사슬 유형

첫 번째 분할(decomposed)된 WH 모형의 목적함수인 식(1)은 정량발주정책을 사용하는 분배센터의 전체기간 소매점의 수요를 충족시키기 위한 주문비와 재고비용의 최소화이다.

Sub-problem WH

$$\text{Min} \sum_{p=0}^{P-1} [x_p \times (C^W + WOQ \times r)] + \sum_{p=1}^P (H^W \times I_{0p}) \quad (1)$$

Subject to

$$I_{0p-1} - R^W > -(M \times x_p) \quad p=1, \dots, P \quad (2)$$

$$I_{0p-1} + (WOQ \times x_{p-1}) - \sum_{i=1}^R Q_{ip} = I_{0p} \quad i=1, \dots, R \quad (3)$$

$$I_{00} = 0 \quad (4)$$

$$WOQ \geq 0, R^W \geq 0 \quad (5)$$

식(2)는 물류센터의 주문여부를 결정하는 식이고, 식(3)은 물류센터의 기말 재고수준을 갱신하는 식이다. 식(4)는 분배센터의 초기 계획기간 재고수준을 0으로 제한하는 식이다.

두 번째 분할된 RT 모형의 목적함수인 식(6)은 VMI정책을 사용하는 분배센터와 소매점간의 전체기간 수요 충족을 위한 재고유지비용과 품질비의 최소화이다.

Sub-problem RT

$$\text{Min} \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^R [H^R \times \frac{1}{2} (I_{ip-1} + Q_{ip})] + \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^R (B \times K_{ip}) \quad (6)$$

Subject to

$$I_{ip-1} + Q_{ip} - D_{ip} + K_{ip} = I_{ip} \quad i=1, \dots, R \quad p=1, \dots, P \quad (7)$$

$$I_{ip-1} + Q_{ip} \leq S \quad i=1, \dots, R \quad p=1, \dots, P \quad (8)$$

$$I_{i0} = 0, I_{iP} = 0 \quad i=1, \dots, R \quad (9)$$

$$K_{ip} \leq (B \times D_{ip}) \quad i=1, \dots, R \quad p=1, \dots, P \quad (10)$$

$$I_{ip} \geq 0, Q_{ip} \geq 0, K_{ip} \geq 0 \quad (11)$$

식(7)은 소매점 재고수준의 변화를 계산하는 식이다. 식(8)은 소매점 재고수준을 주어진 재고 공간크기 이하로 제한하는 식이며, 식(9)는 소매점의 계획기간 초 재고수준과 계획기간 말 재고수준을 0으로 정한 것이다. 식(10)은 각 소매점의 기간별 품질량(shortage quantity)을 제한하는 식이다.

세 번째 분할모형 TR의 목적함수인 식(12)는 기간별 소매점별로 할당된 수량을 기준으로 차량경로를 구하는 부분으로써, 차량

의 고정비용과 변동비용의 최소화이다.

Sub-problem TR

$$\text{Min} \sum_{p=1}^P [F \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^R y_{0ik} + V \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^R \sum_{j=0}^R (d_{ij} \times y_{ijk})] \quad (12)$$

Subject to

$$\sum_{i=0}^R \sum_{k=1}^K y_{ijk} = 1 \quad j=1, \dots, R \quad (13)$$

$$\sum_{j=0}^R \sum_{k=1}^K y_{ijk} = 1 \quad i=1, \dots, R \quad (14)$$

$$\sum_{j=0}^R \sum_{k=1}^K y_{ijk} = 0 \quad i=1, \dots, R \quad (15)$$

$$\sum_{j=1}^R y_{0jk} = 1 \quad k=1, \dots, K \quad (16)$$

$$\sum_{i=0}^R y_{ijk} - \sum_{j=0}^R y_{jik} = 0 \quad i=1, \dots, R \quad j=1, \dots, R \quad k=1, \dots, K \quad (17)$$

$$L_k = \sum_{i=0}^R \sum_{j=0}^R Q_{ip} y_{ijk} \quad p=1, \dots, P \quad k=1, \dots, K \quad (18)$$

$$L_k \leq Tc \quad k=1, \dots, K \quad (19)$$

$$p_i - p_j + R \sum_{k=1}^K y_{ijk} \leq R - 1 \quad i=0, \dots, R \quad j=0, \dots, R \quad i \neq j \quad (20)$$

식(13)과 식(14)는 배송량이 존재하는 수요지에 대하여 중복방문을 제한하는 식이다. 식(15)는 차량이 한 지점에서 순환하는 경우를 제한하는 식이며, 식(16)은 모든 차량의 출발점은 분배센터로 제한하는 식이다. 식(17)은 차량흐름의 연속성을 나타내는 것으로 한 수요지점에 도착한 후에는 다음 지점이나 Depot으로 출발해야 한다. 식(18)과 식(19)는 차량의 총 적재용량을 제한하는 식이며, 식(20)은 소매점 중복방문 방지를 위한 제약식이다.

최종적으로 분할된 3개의 모형을 통합하여 혼합 재고정책을 구사하는 분배센터의 최소의 비용으로 소매점의 수요를 최대한 만족시키는 식으로 목적함수는 분배센터 주문비와 수송비용, 재고유지비, 소매점 재고유지비와 품질비, 차량고정비, 차량변동비의 합으로 표현된다.

혼합정수모형으로 나타난 조합최적화 문제는 NP-hard로 알려져 있다. VRP의 경우 특정한 경우를 제외하고는 NP-hard로 알려져 있고, 재고관리와 차량경로 문제의 조합인 IRP 역시 NP-hard임은 자명하다(Rusdiansyah and Tsao, 2005). 예를 들어, 소매점수 또는 기간이 약간 증가하더라도 해 공간은 지수적으로 증가하므로 규모가 커질수록 해당 문제의 조합은 수리적으로 산출이 불가능하다. 이와 같은 NP-hard 문제는 일반적인 방법으로 최적해를 도출하는 것이 어렵기 때문에 본 연구에서는 VMI와 IRP 분야에서 잘 알려진 발견적 기법과, 대형 문제에 탁

월한 성능을 보이는 메타 휴리스틱(metaheuristic) 기법의 하나인 유전 알고리즘(GA)을 혼합하여 근사 최적해(near optimal solution)를 비교적 합리적인 시간에 도출할 수 있도록 한다.

3. 유전 알고리즘

GA는 생물의 진화과정인 자연선택과 유전법칙을 모방한 확률적 탐색기법으로, 고전적인 최적화기법이나 타부서치(tabu search), 시뮬레이티드 어닐링(simulated annealing)과 같은 이웃해 탐색기법이 하나의 해를 운용하는데 반해 GA는 복수의 잠재 해로 이루어진 해 집단을 운용하는 것이며 이러한 해집단에 자연선택과 유전법칙의 메커니즘을 적용하여 세대를 진행시키면서 해 공간을 탐색해 간다.

GA는 매 세대마다 모집단을 운영함으로써 내제된 병렬성(parallelism)을 갖는 기법으로 본 연구에 적용된 GA 절차는 다음과 같다. 먼저 재고관리 관련 부분의 초기해를 특정 범위 내에서 임의로 생성한 후 해의 개선을 거쳐 적합도 평가를 실시한다. 이 때 사용되는 적합도 함수는 재고관리 관련 목적식으로만 평가가 이루어지면 소매점별 재고분배시 통합분배의 효과를 기대하기 어려워 가상의 차량고정비를 포함하여 평가한다. 보호전략(elitism)과 확률바퀴(roulette wheel) 방식을 적용한 선별과정을 거쳐 교차와 변이를 실시한다. 이후 기 산출된 재고정책을 바탕으로 차량경로의 초기해를 임의의 방식과 NNH(Nearest Neighborhood)방식을 이용하여 생성한 후 Forward & Backward 방식을 이용하여 해를 개선한다. 적합도 평가는 차량의 고정비와 변동비를 이용하여 실시하며 보호전략과 확률바퀴 방식을 적용한 선별과정을 거쳐 교차와 변이를 실시한다. 전반적인 GA절차는 <그림 2>와 같다.

3.1 재고정책(Inventory Policy)

3.1.1 유전자 표현

혼합재고정책을 사용하는 물류센터의 고정주문량, 소매점 보충시기와 수량을 함께 나타내기 위해 2차원 매트릭스를 사용한다. 해당 유전표현은 두 부분으로 이루어진다. 첫 번째 행은 물류센터의 고정 주문량을 나타내며, 나머지 행은 계획기간 동안 물류센터에서 각 소매점으로 배송되는 물량을 소매점 순으로 나타낸다.

단일 공급자, 5개 소매점, 5기 계획기간으로 구성된 공급사에서 기별 가용 차량대수가 2대, 차량용량이 200, 소매점 저장 공간 크기가 80인 간단한 예에 대한 한 개의 실행 가능한 해를 <표

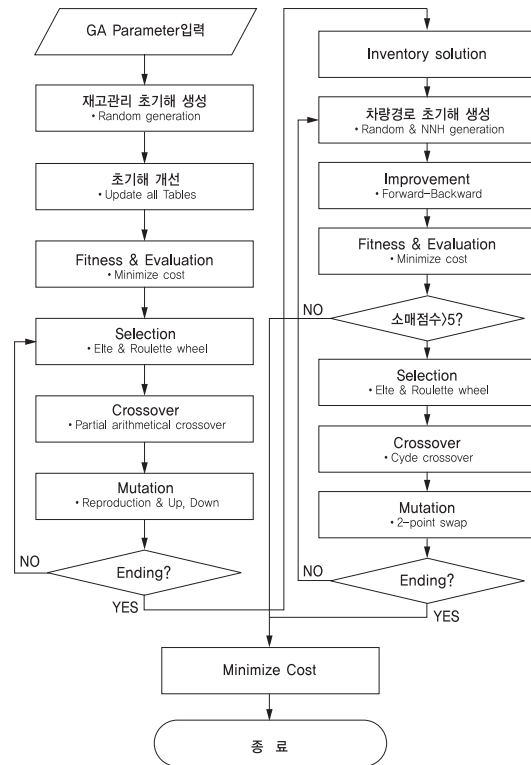


그림 2. GA 절차

1)에 나타낸다. 주어진 소매점 수요(a)에 대한 재고보충(b) 및 차량경로(c)를 보여준다.

3.1.2 초기 해집단

초기 모집단을 구성하는 방법으로는 다양한 형태의 해 공간이 존재하는 특성을 고려하여 임의적(random) 방법을 사용한다.

물류센터 주문량은 효율적인 재고관리 정책을 통해 선정되어야 한다. 주문량의 하한선은 재주문점이 되며 상한선은 소매점 전체기간 수요의 분포와 리드타임, 서비스수준을 고려하여 사전실험을 통해 산출된 수준인 경제적 주문량의 3배를 적용한다. 따라서 주문량은 [재주문점, 경제적 주문량의 3배] 사이에서 임의로 생성하고 소매점 배송량은 [0, 소매점 저장용량] 사이의 임의의 값으로 생성한다.

3.1.3 개선

초기해 구성을 통해 매 기별로 분배센터 주문량 및 소매점에서의 분배량이 구성된 후, 기말재고량 및 품질량 매트릭스를 갱신한다. 기준은 전 기말 재고량과 해당 기 분배량과의 합과 소요량과의 관계에 의해 결정된다.

표 1. 유전자표현 “예”

Retailer	Period				
	1	2	3	4	5
1	23	41	37	29	31
2	31	40	15	18	34
3	21	22	40	24	43
4	35	19	26	19	21
5	40	33	21	28	19

(a) Demand of retailers

Retailer	Period				
	1	2	3	4	5
0	500	0	0	500	0
1	80	0	50	0	31
2	80	0	12	18	34
3	40	40	70	0	0
4	80	0	19	0	21
5	80	0	43	0	18

(b) Inventory replenishment

Period	vehicle routes
1	0 1 2 3 0 5 4 0
2	0 3 0
3	0 1 2 3 4 0 5 0
4	0 2 0
5	0 1 2 3 5 4 0

(c) Vehicle routes

3.1.4 적합도 평가 및 선별

본 연구에서는 재고정책관련 수리모형의 목적함수에 차량고정비가 추가된 식을 이용한다. 차량고정비가 포함됨으로써 기별 분할분배를 지양하고 통합분배의 효과를 극대화하기 위함이다. 매 진화과정에서의 모집단 구성은 우선적으로 우수개체 보호전략(elitism)을 사용하여 가장 좋은 해를 선택하고, 나머지는 개체의 적응도에 비례하여 개체가 선택될 확률을 부과하는 확률바퀴(roulette wheel)방법을 택하였다.

3.1.5 교차

재고정책을 표현하는 염색체는 정수값으로 표현된 유전인자들 간의 강한 상호작용을 보이기에 전통적인 방식인 교차점을 이용한 교차변이로는 실행가능성과 진화를 보장하기 어렵다. 이러한 문제점을 고려하여 <표 2>와 같이 두 벡터의 선형결합으로 정의되는 완전 산술 교차(whole arithmetical crossover, Michalewicz, 1994)방법을 변형한 부분 산술교차(partial arithmetical crossover)방법을 적용한다. 인자들 간의 강한 관계성의 유지와 동시에 그와 반대로 지역 최적해에 빠지는 경우를 줄이고 다양한 해 공간을 모색하기 위하여 하나의 부모개체에 일률적인 λ 값을 적용하는 방법 대신 각 행별로 λ 값을 0과 1사이 무작위로 생성하여 식(21)과 같이 자손(O1)을 생성한다. 자손(O2)은 식에서 λ 와 $1-\lambda$ 의 위치를 맞바꾸어 생성한다.

$$O_1 = \lambda \times P_1 + (1-\lambda) \times P_2 \quad (21)$$

표 2. 부분산술교차

$\lambda=0.9$	300	0	0	300	...	580	0	0	0	...
$\lambda=0.6$	34	14	6	57	...	56	14	57	9	...
$\lambda=0.3$	51	35	0	26	...	38	6	11	2	...
$\lambda=0.7$	11	10	0	0	...	9	10	27	26	...
$\lambda=0.5$	59	0	4	38	...	46	10	21	0	...

(a) parent1(P1)

(b) parent2(P2)

예를 들어, 부모개체 P1의 λ 값이 0.6이면, P2의 λ 값은 0.4가 되며 해당 교차연산에 의해 생성된 자손 O1은 <그림 3>과 같다.

$$P_1 \begin{bmatrix} 34 & 14 & 6 & 57 \end{bmatrix} \times 0.6$$

$$P_2 \begin{bmatrix} 56 & 14 & 57 & 9 \end{bmatrix} \times 0.6$$

$$O_1 \begin{bmatrix} 42 & 14 & 26 & 37 \end{bmatrix}$$

그림 3. 교차 “예”

3.1.6 돌연변이

본 연구에서는 돌연변이율에 의해 선택된 개체를 바탕으로 3단계의 과정을 거쳐 돌연변이 시킨다. 1단계에서는 분배센터 주문량(WOQ)의 변화, 2단계는 특정 기 분배량에 대한 일정비율 up & down을 통한 변이를 이행한다. 3단계로는 품질이 발생하는 소매점에 대하여 해당 값을 “0”으로 변이를 수행한다.

물류센터의 주문량의 재 산정 및 품질량의 삭감 행위는 교차변이에서 인자들의 상관관계를 유지하였기 때문에 돌연변이 취지에 부합하기 위한 유전자 형질의 변화가 요구되기 때문이다.

3.1.7 해 보수

초기해, 교차, 돌연변이 등 다양한 환경아래 생성된 해들은 실행불가능(infeasible)을 생성하기도 한다. 다음 조건을 만족하지 못하는 해는 보수를 통해 실행가능해로 만든다.

(조건 1) 기별 총 분배량은 물류센터의 재고수준을 넘지 않아야 한다.

(조건 2) 소매점에서의 총 분배량은 전체수요와 일치해야 한다.

(조건 3) 전기말 재고량과 분배량의 합은 소매점 저장용량을 초과하지 않아야 한다.

위의 3가지 경우에 해당되는 개체는 각각 다음과 같은 절차

를 거쳐 실행가능한 해로 갱신한다.

- (조건1) 초과된 수량만큼 소매점별로 일정한 수량씩 줄여준다.
- (조건2) 해당 소매점의 기별 분배량을 반복적으로 일정한 수량씩 늘리거나 줄여서 제약조건을 만족시킨다. 그 후 조건1의 경우를 반복한다.
- (조건3) 해당 소매점의 저장용량을 초과한 만큼 분배량을 줄여준다. 그 후 조건1의 경우를 반복한다. 단, 분배량이 0이면 제외된다.

3.2 차량경로(Vehicle Route)

3.2.1 유전자 표현

기 결정된 기별 소매점별 분배량을 바탕으로 기별 차량경로를 <표 1>과 같이 구성하였다.

3.2.2 초기 해집단

다양한 형태의 해공간이 존재하는 특성을 고려하여 임의적(random) 방법과 발견적(Nearest Neighborhood, NNH) 방법을 동시에 사용한다. 임의적 방법은 분배량이 존재하는 소매점의 번호를 임의적으로 선택/나열하는 것이며, NNH 방식은 분배량이 존재하는 임의의 소매점을 하나만 선택한 후 가장 근접하는 소매점을 선별/나열하는 것을 말한다. 차량용량의 제한으로 각 차량별 경로가 구성된다.

3.2.3 개선

하나의 경로내에서 분배센터와 가장 가까운 소매점을 첫 번째와 마지막 경로에 위치시킨 후 Forward & Backward 방식에 의해 가장 가까운 소매점으로 경로를 구성한다. <그림 4>는 해당 절차를 보여준다.

3.2.4 적합도 평가 및 선별

본 연구에서는 전체 수리모형의 목적함수 중에서 차량고정비

Example	0	1	2	3	5	4	0
1. 분배센터와 가장 가까운 소매점을 처음과 마지막에 위치	0	1				2	0
2. Forward	0	1	3			2	0
3. Backward	0	1	3		4	2	0
4. 2번과 3번 반복	0	1	3	5	4	2	0

그림 4. Forward & Backward 개선 과정

와 변동비만을 고려한 식을 이용한다.

매 진화과정에서의 모집단 구성은 우선적으로 우수개체 보호 전략(elitism)을 사용하여 가장 좋은 해를 선택하고, 나머지는 개체의 적응도에 비례하여 개체가 선택될 확률을 부과하는 확률바퀴(roulette wheel)방법을 택하였다.

3.2.5 교차

차량경로에서는 주기교차(cycle crossover)를 적용하였다. 교차율에 의해 선택된 2개의 개체를 바탕으로 첫 번째 부모(P_1)의 첫 번째 유전자부터 시작하여 두 번째 부모(P_2)의 같은 위치를 찾아가고, 두 번째 부모(P_2)의 해당 위치의 정보를 가지고 있는 첫 번째 부모(P_1)를 찾아가는 과정을 반복하여 출발점까지 도착하면 종료한다. 그 후, 부모(P_1)로부터 Cycle과정에서 포함되었던 인자들을, 부모(P_2)로부터는 포함되지 않았던 인자들을 물려받아 자식(O_1)이 탄생된다. <그림 5>는 해당 과정을 보여준다.

step 1

P1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P2	9	3	7	8	2	6	5	10	4	1

step 2

P1	1			4				8	9	10
P2		3	7		2	6	5			
O1	1	3	7	7	2	6	5	8	9	10

그림 5. 주기교차 절차

3.2.6 돌연변이

돌연변이율에 의해 선택된 개체를 바탕으로, 해당 기의 전체 차량경로 중 임의의 2점을 선택하여 Swap을 수행하는 방식을 채택하였다. <그림 6>은 해당 과정을 나타낸다.

1	2	3	4	5	6	7	⇒	1	5	3	4	2	6	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

그림 6. Swap 돌연변이 절차

3.2.7 해 보수

차량용량과의 비교를 통하여 초과하는 경로에 대한 해의 보수를 실행한다. 절차는 시작경로로부터 분배량을 더하면서 지속적으로 차량용량과의 비교를 통하여 특정 경로 포함시 차량용량을 초과하면 해당 경로 이전까지를 하나의 경로로 재구성하고 경로에서 이탈한 인자들은 다음 경로 마지막에 포함되며, 모든 해가 실행가능(feasible)해가 될 때까지 반복한다.

4. 실험결과 및 분석

제안한 GA는 Visual C++를 이용하여 구현하였으며, 해당 알고리즘의 평가를 위해 수리모형을 ILOG CPLEX 9.1을 이용하여 산출하였다. 모든 계산실험은 PC(Pentium(R) 4, CPU 3.00GHz, 512 RAM)에서 수행된다. ILOG CPLEX의 실행은 문제의 scale이 커지면 몇 시간에서 수일이 소요되어도 최적해를 구할 수 없으므로 축소 실험에만 제한한다[4].

4.1 축소실험

4.1.1 실험환경

10개 소매점, 10기 계획기간에 대한 혼합재고정책을 구사하는 분배센터의 재고정책 및 차량경로 구성을 수행한다. 물류센터는 [50, 50]의 좌표에 위치하고, 소매점의 위치 X와 Y는 [0, 100]의 일양(uniform)분포를 이용하여 분배센터 위치와 중복을 피하여 설정한다. 모든 소매점의 고객수요는 평균 30 및 분산 25 인 정규 분포를 따르며, 공급자와 모든 소매점의 초기재고는 0으로 설정하였다. 지점 간 차량변동비는 직선거리에 비례하는 것으로 가정하고 식(22)를 이용하였다.

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (22)$$

분배센터 1회 주문비는 30, 수송비는 0.1로 수송량에 비례하고 재고유지비는 0.01로 설정한다. 소매점저장용량, 재고유지비 및 품질비는 130, 0.03, 5로 각각 설정한다. 그리고 차량의 용량, 고정비와 변동비는 600, 30, 0.2로 정하였다. 상기 값들은 김준수(2007), 박양병(2008) 등에 사용된 자료를 바탕으로 재구성하였다. <표 3> 및 <표 4>는 축소실험에 사용되는 소매점 수요 및 치를 나타낸다.

표 3. 소매점 수요

period retailer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	31	42	26	21	20	35	40	36	43	26
2	24	25	44	29	44	34	26	42	23	44
3	41	18	41	39	28	17	25	15	26	31
4	32	32	21	30	16	29	27	40	44	27
5	30	16	19	24	18	38	40	15	41	31
6	24	35	33	17	26	32	32	42	29	23
7	30	21	27	16	42	24	33	23	33	34
8	42	44	44	21	35	26	28	27	34	37
9	32	25	33	21	34	37	25	30	40	36
10	19	31	31	40	38	44	27	30	41	15

표 4. 소매점 위치

location	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	50	44	73	95	5	68	68	42	81	52	52
y	50	33	11	91	93	43	60	84	41	98	59

※ 0 : Distribution Center

유전 알고리즘을 실행하기 위해 필요한 입력 파라미터 값들은 충분한 사전 실험을 통하여 평균적으로 가장 좋은 해를 생성해 주는 값들로서 <표 5>와 같이 정하였다.

표 5. GA 파라미터

parameter	Size of population	Crossover rate	Mutation rate	Ending generation
Inventory	200	0.5	0.5	300
Vehicle	200	0.8	0.2	300

4.1.2 실험결과

<그림 7>은 GA 해의 진화과정을 보여준다. 총 비용 관점에서 초기에 해가 급격히 개선 된 후 120세대 전 · 후에 한 번, 300세대 이전에 두 번째 개선 후, 점차 특정 범위내로 수렴해 가는 모습을 나타내고 있다.

GA를 이용하여 산출한 결과를 <표 6>과 <표 7>에 정리하였다. 주문량(WOQ)은 3,459이며, 총비용은 1,216.706(분배센터 주문비 375.9, 분배센터 재고유지비 137.26, 소매점 재고유지비 110.91, 소매점품질비 0, 차량고정비 270, 차량변동비 322.636)이다. GA의 성능을 평가하기 위해 주문량(WOQ 3,459)을 바탕으로 해당 수리모형을 CPLEX 9.1로 풀어본 결과 총비용은 1,144.006(분배센터 주문비 375.9, 분배센터 재고비 145.82, 소매점 재고비 98.07, 소매점 품질비 0, 차량고정비 270, 차량변동비 254.216)으로 산출되었다. 재고유지비 측면에서, 연구된 GA 해법은 초기, 즉 분배센터의 재고가 최고조에 달했을 때 소매점으로의 분배량도 최대저장용량 만큼 분배하고 이후 소량 분배하는 경

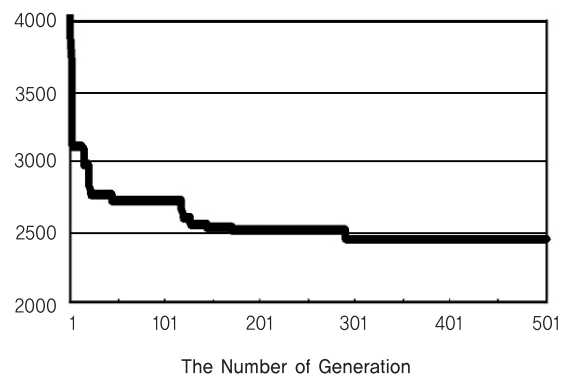


그림 7. 세대별 수렴과정

표 6. GA를 이용한 재고관리 결과

period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D/C	3459	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retailer1	130	0	0	0	120	0	1	43	26	0
Retailer2	130	0	0	0	122	0	16	23	44	0
Retailer3	130	0	0	9	115	0	0	0	27	0
Retailer4	130	0	0	0	115	0	0	26	27	0
Retailer5	130	0	0	0	89	0	0	22	31	0
Retailer6	130	0	0	0	109	0	2	29	23	0
Retailer7	130	0	0	0	90	0	0	29	34	0
Retailer8	130	0	0	21	130	0	0	20	37	0
Retailer9	130	0	0	0	111	0	0	36	36	0
Retailer10	130	0	0	0	121	0	9	41	15	0

표 7. GA를 이용한 차량경로 결과

period	Vehicle routes
1	0⇒5⇒8⇒2⇒1⇒0, 0⇒4⇒7⇒9⇒3⇒0 0⇒6⇒10⇒0
2	
3	
4	0⇒8⇒3⇒0
5	0⇒4⇒7⇒9⇒3⇒6⇒0, 0⇒10⇒5⇒8⇒2⇒1⇒0
6	
7	0⇒10⇒6⇒2⇒1⇒0
8	0⇒10⇒7⇒4⇒9⇒6⇒5⇒8⇒2⇒1⇒0
9	0⇒10⇒7⇒4⇒9⇒3⇒6⇒5⇒8⇒2⇒1⇒0
10	

표 8. CPLEX를 이용한 재고관리 결과

period	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D/C	3459	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retailer1	120	0	0	0	95	0	0	105	0	0
Retailer2	122	0	0	0	104	0	0	109	0	0
Retailer3	59	0	125	0	0	0	97	0	0	0
Retailer4	85	0	0	102	0	0	0	111	0	0
Retailer5	107	0	0	0	0	93	0	0	72	0
Retailer6	109	0	0	0	90	0	0	94	0	0
Retailer7	94	0	0	0	99	0	0	90	0	0
Retailer8	86	0	126	0	0	0	126	0	0	0
Retailer9	111	0	0	0	96	0	0	106	0	0
Retailer10	81	0	0	122	0	0	113	0	0	0

표 9. CPLEX를 이용한 차량경로 결과

period	Vehicle routes
1	0⇒1⇒2⇒8⇒5⇒0 0⇒6⇒3⇒9⇒4⇒7⇒10⇒0
2	
3	0⇒8⇒3⇒0
4	0⇒4⇒10⇒0
5	0⇒1⇒2⇒6⇒9⇒7⇒0
6	0⇒5⇒0
7	0⇒10⇒3⇒0
8	0⇒1⇒2⇒8⇒6⇒0 0⇒4⇒9⇒7⇒0
9	0⇒5⇒0
10	

향을 보이는 반면, CPLEX는 기 초 에는 소매점 최대저장용량과 가까이 분배하지만 GA와 비교하여 분배센터의 재고량과 무관하게 일정한 분배활동이 이루어져 분배센터와 소매점의 재고유지비 차이를 보인다. 예제문제의 GA 해의 총비용 1,216.706은 CPLEX에 의한 총비용 1,144.006 기준으로 약 5.9% 오차를 보인다. 하지만 CPU time은 GA가 5sec, CPLEX가 330sec임이고 14×14 이상 문제에서는 최적해를 산출하지 못함에 따라 제시된 GA의 성능은 합리적인 시간에 비교적 우수한 해를 산출 가능한 만족할 만한 수준이라고 평가할 수 있다. CPLEX를 이용하여 산출된 분배량과 차량경로는 <표 8> 및 <표 9>와 같다.

4.2 확대실험

4.2.1 실험환경

확대실험 환경은 소매점 수와 계획기간을 점차적으로 확대한 7개의 실험환경을 구축하고, 각 환경에 소매점 위치와 수요가 다

른 3개 문제를 생성하여 총 21개의 실험문제를 구성, 이를 축소실험에서 성능이 입증된 해당 GA를 이용하여 실험을 수행한다. 확대실험의 입력 데이터 및 GA 파라미터는 축소실험과 동일하다.

4.2.2 실험결과

총 21개의 문제에 대한 결과 값은 <표 10>과 같다. 문제 규모와 소매점 수에 따라 최소의 비용을 제공하는 분배센터 주문량 및 주문횟수, 소매점으로의 재고분배 및 차량경로를 비교적 짧은 시간에 구할 수 있다. 분배센터 주문량이 문제규모와 비례하는 것이 아니라 소매점 25개, 기간 25기를 기준으로 그 이하는 주문량을 최대 하였을 때 최소의 비용을 제시하지만, 그 이상부터는 소량이지만 반복적인 주문으로 비용의 최소화를 시도함을 파악할 수 있다. 또한 각각의 총비용은 분배센터와 소매점, 차량에 투입되는 비용이 유기적으로 결합하여 최대의 효과를 가져오는 최소 비용이 산출되었다. 총비용 기준하여 분배센터가 차지하는 비용부분

표 10. 확대실험 결과

Problem	D/C			Retailer		Vehicle		Total Cost
	WOQ(time)	WOC	WHC	RHC	RSC	VFC	VVC	
14×14	3010(2)	662	151.38	216.645	0	480	736.649	2,246.674
	3114(2)	682.8	219.88	219.945	0	480	758.474	2,361.0993
	290(2)	718	213.9	202.89	25	450	672.833	2,282.623
16×16	4102(2)	880.4	323.51	325.89	0	600	885.029	3,014.829
	3941(2)	848.2	219.81	257.955	80	630	861.602	2,897.567
	2712(3)	903.6	219.44	303.435	0	660	988.72	3,075.195
18×18	3286(3)	1075.8	266.52	330.285	140	750	1347.36	3,909.965
	2094(5)	1197	225.87	401.04	0	750	1335.02	3,908.93
	3456(3)	1126.8	287.89	317.475	0	690	1033.11	3,455.275
20×20	2075(6)	1425	227.98	417.255	0	840	1271.87	4,182.105
	4066(3)	1309.8	269.1	429.795	10	810	1513.87	4,342.565
	6169(2)	1293.8	603.48	443.955	0	780	980.606	4,101.841
25×25	5100(4)	2160	606.86	641.595	50	1290	2085.87	6,834.325
	3371(6)	2202.6	586.54	607.935	1020	1290	1977.26	7,684.335
	5343(4)	2257.2	780.92	644.085	110	1260	2193.83	7,246.035
30×30	4565(6)	2919	559.89	972.9	140	1710	2802.23	9,104.02
	6703(4)	2801.2	874.65	1046.84	0	1770	2795.19	9,287.88
	3663(7)	2774.1	539.81	968.61	505	1710	3088.74	9,586.26
40×40	9160(6)	5676	1915.03	1752.52	160	2760	4414.54	16,678.09
	5708(9)	5407.2	1135.51	1830.27	60	2730	4077.22	15,240.2
	10562(5)	5431	2278.65	1846.24	75	2700	4110.85	16,441.74

은 규모가 증가할수록 높아지는 경향(29% ⇒ 42%)을 보이는 반면, 차량비용은 반대의 경향(54% ⇒ 45%)을 보인다. 따라서 해당 문제규모에 따른 분배센터 주문량에 대한 정보를 이용하여 분배센터의 저장 공간, 즉 창고크기 결정시 기초자료를 추가적으로 제 공함을 알 수 있다.

4.3 민감도 분석

혼합재고정책을 구사하는 분배센터의 운영변수(소매점저장용량, 차량용량)에 대한 총비용의 변화를 조사하는 민감도 분석을 실시한다. 민감도 분석을 위한 문제 환경은 소매점 수와 계획기간 [14×14], 기타 입력항목들은 앞의 예와 동일하게 설정한 후, 소매점저장용량과 차량용량의 변화를 통하여 총비용의 변화를 분석한다. 두 가지 분석에서 모두 제안된 GA 해법을 사용하였다.

〈그림 8〉은 소매점저장용량(소매점재고유지비 동반 변화) 변화에 따른 총비용에 대한 민감도 분석의 결과를 나타낸다. 상기 그래프는 소매점저장용량 변화에 따른 비용의 변화를 나타낸 것으로 변형된 V형태의 곡선을 보이며, 소매점저장용량은 130(재고유지비 0.03)일 때 최소의 비용을 제공함을 알 수 있다. 소매점의

저장용량이 지나치게 작아지면 소매점에서의 품질 증가와 분배센터에서의 빈번한 재고보충으로 인해 소매점에서의 수송비가 증가하는 경향을 보인다. 반면, 차량용량은 소량의 보충이 잦으므로 대형차량보다는 소형차량 운행으로 인해 줄어든 고정비는 전체 비용측면에서 소량의 trade-off 현상을 일으킨다.

〈그림 9〉는 차량용량(차량고정비 동반변화) 변화에 따른 총비용에 대한 민감도 분석 결과를 나타낸다. 상기 그래프 역시 차량용량 변화에 따른 비용의 변화를 나타내며 차량용량이 600(고정비 30)일 때 최소비용을 제공하며, 적정용량 전후로 변형된 V형태의 곡선을 보임을 알 수 있다. 차량용량이 작아지면 다수의 차량운행으로 차량고정비가 증가하여 총 비용의 동반상승 효과를 일으키며, 차량용량이 지나치게 커지면 적은 수의 차량운행으로도 차량경로를 구성할 수 있지만, 차량용량에 따른 높은 차량고정비 그리고 FTL(Full Truck Load)이 아닌 거의 공차수준의 운행이 특정 기에 발생하여 불필요한 비용을 부담하게 된다. 추가로, 소매점에서의 배송 제한시간이 제약식으로 추가된다면 대형차량의 운행은 시간제약식에서 자유로울 수 없을 것이다. 위와 같은 결과에 비추어, 해당 문제의 유형에서는 여러 가지 의사결정변수들 중 소매점저장용량과 기별 분배량에 대한 차량용량(크

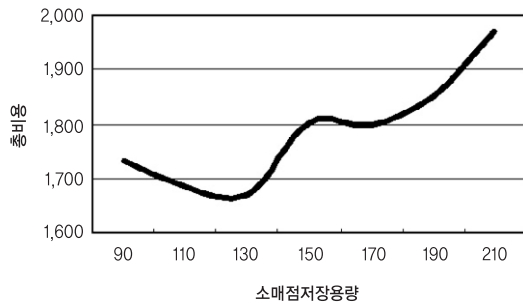


그림 8. 소매점저장용량에 대한 민감도 분석

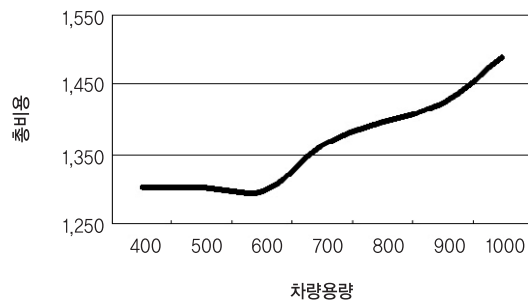


그림 9. 차량용량에 대한 민감도 분석

기)의 결정은 총비용에 막대한 영향을 미치는 중요한 변수임을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 정량발주재고정책과 공급자주도재고정책을 혼합 구사하는 물류센터의 적정 주문량(WOQ) 결정과 재고관리 및 차량할당계획을 위한 효과적인 유전 알고리즘을 제시하였다. 개발된 유전 알고리즘 해법을 이용하여 축소실험 결과와 최적 수리 모형과의 비교에서 약 5.9%의 오차를 보였으며, 현실적인 크기의 문제를 효율적으로 다루기 위해 총 21개의 문제에 대해 제안된 GA 해법을 이용하여 문제 규모에 적합한 분배센터 고정주문량, 소매점 재고분배 및 차량경로를 비교적 짧은 시간 내에 최적에 근사하는 해를 구할 수 있으며, 덧붙여 분배센터의 고정주문량을 바탕으로 분배센터의 저장 공간크기에 대한 기초자료를 제공할 수 있다. 해당문제의 운영변수인 소매점재고유지비와 차량용량의 변화에 따른 총비용 측면의 민감도 분석을 실시한 결과, 특정한 값(최적값)에서 이탈하면 총비용이 증가함을 알 수 있으며 중요 결정변수임이 재확인되었다.

향후 연구과제로서, 본 연구에서는 물류센터의 재 주문점은 정해진 것으로 가정하였으나 재고관리의 효과를 높이기 위해서는 분석모형에 재 주문점을 결정변수로 포함하는 새로운 GA의

개발이 향후 연구과제로 제안된다. 더불어 재고관리 문제에서와 같이 강한 상호작용을 보이는 인자들로써 구성된 염색체의 진화를 보장할 수 있는 좀 더 우수한 유전연산자 설계에 대한 연구가 필요하다. 또한 정량발주재고정책 외에도 다양한 재고정책으로의 접근과, 분배센터의 저장용량 제한, 다 분배센터(multi D/C), 유효기간이 있는 품목과 차량의 다양성 등 더욱 복잡한 환경에서의 접근이 필요하며, 상황이 더욱 복잡할수록 더욱 세분화된 수리모형 및 알고리즘을 필요로 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 김준수, 박양병(2007), “유전알고리즘을 이용한 2단계 소매점 공급사슬의 재고/분배 통합계획 평가”, Journal of the Korea Society of Supply Chain Management, Vol. 7, No. 1, pp.107-116.
- [2] 박양병, 박해수(2008), “2단계 VMI 공급사슬에서 통합 재고/차량경로 문제를 위한 유전알고리즘 해법”, Journal of the Korea Institute of Industrial Engineers, Vol.34, No. 3, pp.362-372.
- [3] 홍성철, 박양병(2008), “소매점공급사슬에서 공급자주도 재고/분배 문제를 위한 발견적 해법”, 경영과학, Vol.25, No. 1, pp.101-121.
- [4] Abdelmaguid, T. F. and Maged M. Dessouky(2006), “A Genetic Algorithm Approach to the Integrated Inventory- Distribution Problem”, International Journal of Production Research, Vol.44, No. 21, pp.4445-4464.
- [5] Bertazzi, L., G. Paletta, and M.G. Speranza(2005), “Minimizing the Total Cost in an Integrated Vendor-Managed Inventory System”, Journal of Heuristic, Vol.11, pp.393-419.
- [6] Bertazzi, L., G. Paletta, and M.G. Speranza(2002), “Deterministic Order-up-to Level Policies in an Inventory Routing Problem”, Transportation Science, Vol.36, No.1, pp.119-132.
- [7] Campbell, A. M. and M.W.P. Savelsbergh(2004), “A Decomposition Approach for the Inventory-Routing Problem”, Transportation Science, Vol.38, No.4, pp.488-502.
- [8] Carter, M.W., J.M. Favolden, G. Laporte, and J.

- Xu(1996), "Solving and Integrated Logistics Problem Arising in Grocery Distribution", *INFOR*, Vol.34, No.4, pp.290-306.
- [9] Chopra, S. and P. Meindl(2001), *Supply Chain Management(strategy, planning and operation)*, PEARSON, Prentice Hall.
- [10] Clarke, G. and J. Wright(1964), "Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points", *Operations Research*, Vol.12, pp.568-581.
- [11] Disney, S.M. and D.R. Towill(2003), "The Effect of Vendor Managed Inventory(VMI) Dynamics on the Bullwhip Effect in Supply Chains", *International Journal of Production Economics*, Vol.85, pp.199-215.
- [12] Federgruen, A. and P. Zipkin(1984), "A Combined Vehicle Routing and Inventory Allocation Problem", *Operations Research*, Vol.32, pp.1019-1037.
- [13] Jarugumilli, S., S.E. Grasman, and S. Ramakrishnan(2006), "A Simulation Framework for Real-Time Management and Control of Inventory Routing Decisions", *IEEE, Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*, pp.1485-1492.
- [14] Malandraki, C. and Mark S. Daskin(1992), "Time Dependent Vehicle Routing Problems: Formulations, Properties and Heuristic Algorithms", *Transportation Science*, Vol.26, No.3, pp.185-198.
- [15] Moin, N., and S. Salhi(2007), "Inventory Routing Problems: A Logistical Overview", *Journal of the Operational Research Society*, Vol.58, pp.1185-1194.
- [16] Rusdiansyah, A. and D-B. Tsao(2005), "An Integrated Model of the Periodic Delivery Problems for Vending Machine Supply Chain", *Journal of Food Engineering*, Vol.70, No.3, pp.421-434.
- [17] Viswanathan, S. and K. Mathur(1997), "Integrated Routing and Inventory Decisions in One-warehouse Multi-retailer Multi-product Distribution Systems", *Management Science*, Vol.43, pp.294-312.
- [18] Yokoyama, M(2002)., "Integrated Optimization of Inventory-Distribution Systems by Random Local Search and a Genetic Algorithm", *Computer & Industrial Engineering*, Vol. 42, pp.175-188.



이상현

육군사관학교 전기공학과 학사
 US Naval Postgraduate School OR 석사
 Georgia Institute of Technology
 산업공학 박사
 현재 : 국방대학교 운영분석학과 교수
 관심분야 : 네트워크, 메타 휴리스틱,
 로지스틱스, SCM



손종우

공군사관학교 산업공학과 학사
 국방대학교 Operations Research 석사
 현재 : 공군 군수사령부
 관심분야 : SCM, 물류관리

2008년 한국SCM학회지 8권 1호, 2호 심사자 명단(가나다 순)

고시근 교수(부경대 시스템경영공학과), 구평희 교수(부경대 시스템경영공학과), 김대철 교수(한양대 경영학과), 김대호 교수(목원대 경영정보학과), 김용진 교수(인하대 아태물류학부), 김재곤 교수(인천대 산업공학과), 김중인 교수(홍익대 경영정보학과), 김채복 교수(경북대 경영학과), 김철수 교수(인하대 경영학부), 김태호 교수(인천대 산업공학과), 김화중 교수(인하대 물류전문대학원), 노재정 교수(정보통신대학교), 문석환 교수(경북대 경영학과), 문종범 교수(건국대 경영학과), 박경종 교수(광주대 경영학과), 박영태 교수(동의대 무역학과), 박찬규 교수(동국대 경영학과), 변의석 교수(선문대 산업경영공학과), 서용원 교수(단국대 경영학과), 송창용 교수(한라대 산업공학과), 안승범 교수(인천대 물류대학원), 양재환 교수(서울시립대 경영학부), 유영목 교수(단국대 경영학부), 유인선 교수(수원대 경영학과), 윤형제 박사(LG CNS 컨설팅 부문), 이동호 교수(한양대 산업공학과), 이용준 박사(ETRI), 이철웅 교수(고려대 정보경영공학과), 이태한 교수(전북대 산업정보시스템공학과), 이형석 교수(삼육대 디지털경영학부), 장성기 교수(영산대학교 경영학과), 장우진 교수(서울대 산업공학과), 장진익 교수(충청대학), 장태우 교수(경기대 산업공학과), 채준재 교수(한국항공대), 최강화 교수(한성대 경영학과), 한현수 교수(한양대 경영대학), 허 선 교수(한양대 정보경영공학과)

학회지 심사를 위해 노고를 아껴주시지 않은 심사자 여러분들께 깊은 감사의 말씀을 올립니다.

한국 SCM 학회지 제9권, 제1호

인 쇄 / 2009년 5월 30일

발 행 / 2009년 5월 30일

발행인 / 이영해

편집인 / 김승철 · 임석철

발행처 / **한국SCM학회**

경기도 안산시 상록구 사3동 1271 정보경영공학과 내 5공학관 532호

전화 031-438-5269, 400-4506 전송 031-406-1089

http: //www.kscm.org

※ 이 학술지는2008년도 정부재원(교육과학기술부 학술
연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받
아 출판되었음.