

## Rule-based System for Loading Multiple Items in Containers for Shipping

Park Ji Hee<sup>†</sup> · Lee Gun Ho<sup>††</sup>

### ABSTRACT

This study figures out the concepts of container transport, logistical cost and the distribution of a company through studying documents, and to suggest logistical cost reduction approach, focused on the efficiency of transport which occupied the considerable portion of the total logistical cost of the company.

We analyze and discuss the container loading of multiple items for multiple places of departure and arrival through a case study on S company in South Korea. We suggest a direction to reduce the logistical cost of the companies, analyzing the conditions of multiple items loading, and rule-based systems including an algorithm which determines container-loading for minimum freight expenses. We use data mining and OLAP tools of MS Analysis Services to produce loading rules for multiple items loading and generate OLAP cube and decision trees to validate the rules.

**Keywords :** Mixed Loading, Shipping, Rule Based System

## 제품수송 컨테이너의 적재를 위한 규칙기반시스템

박지희<sup>†</sup> · 이건호<sup>††</sup>

### 요약

본 연구는 기업물류와 물류비 및 컨테이너 운송의 개념을 정리하고, 한국 기업의 물류 중 비중이 큰 수송의 효율성 제고를 중심으로 물류비 절감방안을 제안하고 있다.

한국 S사의 사례연구를 통해 다수 출발지와 다수의 도착지를 고려한 컨테이너 화물적재에 대한 문제점을 분석과 토론을 하고자 한다.

혼합적재를 위한 조건들과 컨테이너 적재결정을 위한 규칙기반 시스템을 제안하고자 한다. 또한 화물운송 비용 최소화를 위해 적절한 규칙을 선택하여 적재를 결정 하는 알고리즘을 제시하고 있다. 데이터마이닝 및 OLAP 도구인 MS 분석 서비스를 이용하여 혼합적재를 위한 규칙들을 생성하고 OLAP 큐브 및 의사결정트리를 생성하여 규칙을 검증한다.

**키워드 :** 혼합적재, 선적, 규칙기반시스템

### 1. 서론

주요 무역국가간 자유무역협정(Free Trade Agreement: FTA)으로 교역 확대가 예상되고 있고, 급속한 물동량의 증가로 물류시설, 물류제도 운영의 개선이 요구되고 있다. 그러나 한국 물류의 현실은 시설의 부족, 과도한 규제 등으로 물류체계 전반에 걸쳐 많은 비효율성이 나타나고 있다. 전 세계 교역량의 75%가 해상으로 운송되고 있으며 무역 규모가 커지면서 컨테이너 물동량은 계속적으로 증가할 것으로

예측되고 있다[1].

기업별로 다양한 물류환경을 가지고 있으나 이에 대한 충분한 연구가 이루어지지 않아 비효율적으로 운영 되고 있다. 본 연구는 혼합적재가 가능 조건을 수립하고 의사결정 트리를 작성하여 컨테이너 적재 결정 알고리즘 및 규칙을 제안하고 이를 구현하기 위한 규칙기반시스템을 제시하고자 한다. 이를 위하여 한국 S사의 2008년도 상반기 컨테이너 운송 데이터를 이용하고 있다.

지역별로 분포되어 있는 제조사업부-선적항구, 선적항구-출하항구 사이의 물류비 절감을 목적으로 한 컨테이너 적재 규칙기반 시스템에 대한 연구는 보고되지 않았다. 본 연구에서는 이질적 혹은 동질적인 다수의 품목들을 제조사업부에서-항구, 항구-다수의 수출 항구들로 수송, 선적과 하역을 고려하는 문제를 해결하고자 한다.

※ 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음.

† 정희원: 숭실대학교 산업정보시스템공학과 공학석사

†† 종신회원: 숭실대학교 산업정보시스템공학과 교수

논문접수: 2012년 2월 27일

수정일: 1차 2012년 7월 4일

심사완료: 2012년 8월 30일

\* Corresponding Author: Lee Gun Ho(glhee@ssu.ac.kr)

## 2. 관련 연구

기존의 연구에서 물류비 절감의 필요성 및 물류비 절감의 방안들을 제시하고 있다. 컨테이너 선적 문제와 관련하여, 선적지시서와 야드맵을 기초로 동일한 속성을 가진 컨테이너들을 계층적 클러스터링 방법을 적용하여 스택단위의 클러스터로 구성하고, 작업순서의 제약에서 컨테이너 적재순서 결정 방법에 대한 연구가 있었다[2]. 작업순서 제약조건을 설정하고 클러스터간의 가능한 작업경로의 파악이 가능하도록 하고 있다. 장창석 외 1인[1]은 이질적인 복수 컨테이너 선적문제를 휴리스틱 기법으로 해결하였다. 단일 컨테이너 선적문제로 초기해답을 구한 후 개별 컨테이너의 빈 공간을 제거하여 총 컨테이너 수를 줄이는 형태의 개선적인 알고리즘을 사용 하였다.

컨테이너 내 물품 적재와 관련된 최근의 연구에서는 효율적인 컨테이너 적재를 위한 2D 혹은 3D의 배낭(knapsack) 문제 위주의 해결방법들을 제시하고 있다. 최적해를 찾기 위해 타부탐색(tabu-search)기반 휴리스틱 방법[4], 모의담금질(simulated annealing)과 순서기반의 휴리스틱방법[5] 등이 있다. 최적해를 찾기 위해 Clautiaux 외 3인[6]은 제약프로그래밍(constraint programming) 기법을 제안 하기도 했다. 또한 다양한 벽돌쌓기 기법을 컨테이너 적재에 이용하기도 했다[7, 8, 9]. 컨테이너내의 불규칙한 형태의 물품 쌓기는 조각 쌓기문제(strip-packing problem)와 결합하여 연구되어 왔다. 조각쌓기 문제에서는 컨테이너의 폭과 쌓아야 할 물품목록이 주어진 상태에서 물품들 간의 겹침이 없이 최소의 높이로 쌓는 것이다[10, 11, 12]. Egeblad 외 3인은 불규칙한 모형인 다수의 가구들을 제조하여 수송해야 하는 가구제조업자가 직면하게 되는 컨테이너 적재의 문제를 휴리스틱 알고리즘으로 해결하고 있다[13]. Chow 외 2인은 홍콩의 화물 송출회사의 공동선적계획문제를 해결하기 위하여 규칙과 수학적 모형을 통하여 지식기반계획시스템을 개발하였다[14].

하지만 기존의 연구들에서는 다수의 출발지와 다수의 도착지를 고려한 다수의 물품들에 대한 컨테이너 선적의 문제를 규칙기반 시스템으로 해결하는 방법은 제시되지 않고 있다.

## 3. 컨테이너 적재방식

현재 S전자는 디지털 미디어, 생활가전, 반도체, LCD, 정보통신 등의 사업부가 나누어져 있으며, 지역은 수원, 구미, 광주 등에 위치해 있다. 컨테이너 내 화물 적재 시 타 사업부간의 연계수송이 이루어 지지 않고 각 사업부 위주로 각각 진행되고 있어서 타 사업부 간의 혼합적재는 이루어지지 않는 상태에 있다.

물류비 절감을 위해서 컨테이너 공간낭비를 줄여 최소수량의 컨테이너를 출고 하는 것이 바람직하다. 그러나 Fig. 1 과 같이 S전자의 2008년 1월부터 6월까지 25%정도가 10% 이상의 부분 빈 컨테이너 상태로 출하되어 내륙 및 해상운송이 비효율적인 상태다.

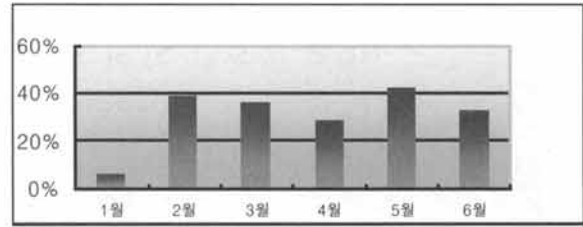


Fig. 1. Empty containers of S-Electronics in the first half year of 2008

기존의 컨테이너 적재는 동일 사업부 내에서만 개별적재 및 혼합적재가 이루어지고 있다. 즉, 사업부A에서 출하된 컨테이너A는 인천항, 사업부B에서 출하된 컨테이너B는 광양항, 사업부C에서 출하된 컨테이너C는 부산항으로 각각 개별 운송되어 해상운송이 되고 있다(Fig. 2). 이는 각 사업부에서 컨테이너 화물 수송계획이 타 사업부와 연계되지 않고 수작업으로 적재 물류프로세스가 진행되고 있기 때문에 발생하는 문제라 할 수 있다. 이로 인해 비효율적인 컨테이너 적재와 용량을 충족시키지 못하며 운송비 절감에도 한계가 있다.

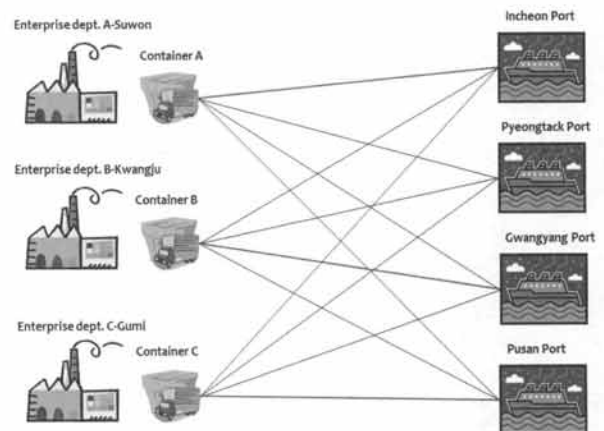


Fig. 2. Container loading network of S-Electronics

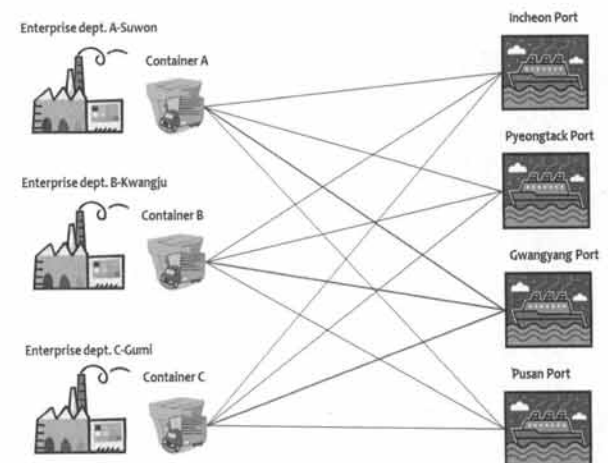


Fig. 3. Container loading network of S-Electronics after this study

컨테이너 화물 수송계획을 위한 컨테이너 적재관련 물류 프로세스가 아직 수작업으로 처리되고 있어 타 사업부간의 연계수송이 시스템적으로 이루지기가 어려운 구조적인 문제가 내재되어 있다. Fig. 3과 같이 타 사업부와 연계하여 혼합적재가 가능한 물량인 경우는 혼합적재를 진행하여 컨테이너 수량을 최소화 할 수 있다. 따라서 내륙운송비 및 해상운송비를 효율적으로 절감하기 위하여 사업부별 개별 적재 및 각 사업부에서 출고되는 제품들의 혼합적재방식에 대한 연구를 수행하고자 한다.

**4. 혼합적재 규칙**

- 혼합적재 조건의 분석

혼합적재 가능 여부에 대한 규칙을 생성하기 위하여 S사의 해상물류 혼합적재 사례의 표본을 추출하였으며, 혼합적재 가능 조건에 필요한 주요항목은 다음과 같다.

① 제품 그룹

S사 제품그룹 간 혼합적재 가능그룹은 Table 1과 같다. 메모리, 스토리지, LCD 제품 그룹은 타 제품 그룹 간에 혼합적재가 불가능하며, 그 외의 다른 제품 그룹들도 상호 혼합적재가 가능하다는 것을 알 수 있다.

② 운송수단

컨테이너 혼합적재는 해상운송에만 허용되므로 항공운송은 혼합적재 조건에서 제외된다.

③ 선적요청일

선적요청일은 고객이 특정 일자에 컨테이너를 수송선에 적재를 요청한 날짜이므로, 혼합적재가 가능하려면 선적요청일이 동일해야 한다. Table 2의 혼적 가능한 출하번호 101과 102, 103은 모두 선적요청일이 동일한 것을 알 수 있다.

④ 출발국/도착국/도착지

혼합적재가 가능하려면 컨테이너 육상운송 및 혼합 적재, 선적의 프로세스가 이루어지는 출발국과 컨테이너 하역 및 개별 인도가 이루어지는 도착국 및 도착지가 동일해야 한다. 혼합적재 가능조건의 주요항목 및 체크내역은 Table 3과 같다.

- 혼합적재 규칙의 생성과정

혼합적재 가능 규칙을 생성하기 위하여 실제 혼합 적재 사례를 대상으로 OLAP 큐브 및 의사결정트리를 생성하여 규칙을 검증하였다. OLAP은 최종 사용자가 다차원 정보에 직접 접근해 대화식으로 정보를 분석하고 의사 결정에 활용하는 것이며, 큐브는 다차원을 의미한다[15, 16]. 의사결정트

Table 1. Mixed loading or not between products

Product item	memory	air con.	fridge	washer	computer	printer	CTV	vacuum cleaner	camcoder	storage	LCD
memory	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
air con.	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X
fridge	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X
washer	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X
computer	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X
CTV	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X
vacuum cleaner	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X
camcoder	X	○	○	○	○	○	○	○	○	X	X
storage	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X
LCD	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○

Table 2. Illustrative mixed loading

code for mixed load	shipment NO	product item	business place	shipping day	transport type	departure country	destination country	destination place
6236	101	air con.	Kwangju	06.4.24	shipping	Korea	Netherlands	Tilburg
6236	102	air con.	Kwangju	06.4.24	shipping	Korea	Netherlands	Tilburg
6236	103	air con.	Suwon	06.4.24	shipping	Korea	Netherlands	Tilburg
6247	104	air con.	Kwangju	06.4.24	shipping	Korea	China	Shanghai
6247	105	vacuum cleaner	Suwon	06.4.24	shipping	Korea	China	Shanghai
6296	106	air con.	Kwangju	06.5.17	shipping	Korea	Netherlands	Tilburg
6296	107	washer	Suwon	06.5.17	shipping	Korea	Netherlands	Tilburg

Table 3. Checklist for mixed loading or not

category	checklist
product group	mixed loadable or not between product items
transport type	aircraft, marine
shipping date	identical shipping date
departure country	identical departure country
arrival country/place	identical arrival country and the place

리는 의사결정에서 나무의 가치를 가지고 목표와 상황과의 상호 관련성을 나타내어 최종적인 의사결정을 하는 불확실한 상황 하의 의사결정 분석 방법에 해당된다.

규칙생성을 위하여 S사의 2006년 4~5월 혼합 적재 데이터를 MS SQL 서버[15]에 수집하였고, MS 분석 서비스(Analysis Services)에서 데이터 원본으로 연결하여 검증하고자 하는 규칙과 관련된 필드들이 차원으로 설정된 OLAP 큐브를 생성하여 결과를 분석하였다. 혼합적재 가능 규칙의 자세한 생성·검증절차 및 결과는 다음과 같다.

1) 혼합적재 사례데이터의 DB

Table 4의 S사의 2006년 4~5월 혼합 적재 데이터(총 64건의 출하데이터, 특정 공통규칙에 의한 24건의 혼적 단위)를 관계형 DB에 저장하기 위하여 MS SQL Server 도구인 DTS (Data Transformation Services)를 사용하여 데이터를 MS SQL 서버로 가져오기(Import)를 한다.

2) MS의 데이터마이닝 및 OLAP 도구인 MS 분석 서비스의 분석서버를 실행한 후 새 DB를 등록하고 1)에서 가져오기한 DB를 데이터 원본에 연결한다.

3) 큐브 생성

큐브는 다차원으로 구성된 OLAP 저장소의 단위으로써 집계 데이터를 계층구조로 저장하여 사용자에게 차원의 특성에 따라 집계 데이터의 측정값 정보를 제공하는 도구로 사용된다. 본 연구에서는 OLAP 큐브의 드릴다운 기능을 사용하여 집계 데이터의 다차원 측정값을 얻고자 하는 목적이 아니라 드릴다운 결과 데이터와 혼적코드와의 매핑관계를 확인함으로써 수립된 혼합 적재 가능 조건 규칙을 검증하였다.



Fig. 4. Cubic data table slection

Fig. 4과 같이 분석서버(Analysis Server)에 연결된 데이터 원본에서 규칙검증에 필요한 S사 혼합적재 데이터 테이블을 차원 테이블로 선택하고, Fig. 5에서와 같이 각각의 혼합 적재 가능 조건 규칙과 연관된 필드를 차원수준으로 선택하여 큐브를 생성한다.

Table 4. Mixed loading cases in April-May/2006

혼적코드	순하코드	PLANT 명	DIVISION 명	선적요청일	도착국명	도착지명
106053	0080915883	SUWON PLANT	AIRCON	2006.04.08	USA	SantaFe Springs
106053	0080914368	KWANGJU PLANT	AIRCON	2006.04.08	USA	SantaFe Springs
106055	0080935968	SUWON PLANT	AIRCON	2006.04.28	NETHERLANDS	TILBURG
106055	0080938504	KWANGJU PLANT	AIRCON	2006.04.28	NETHERLANDS	TILBURG
106145	0080920644	SUWON PLANT	AIRCON	2006.04.16	USA	SantaFe Springs
106145	0080937961	KWANGJU PLANT	AIRCON	2006.04.16	USA	SantaFe Springs
106145	0080939415	KWANGJU PLANT	AIRCON	2006.04.16	USA	SantaFe Springs
106148	0080918787	SUWON PLANT	AIRCON	2006.05.13	USA	LAREDO,TX
106148	0080921110	KWANGJU PLANT	AIRCON	2006.05.13	USA	LAREDO,TX
106236	0080930972	SUWON PLANT	AIRCON	2006.04.24	NETHERLANDS	TILBURG
106236	0080943151	SUWON PLANT	AIRCON	2006.04.24	NETHERLANDS	TILBURG
106236	0080938771	KWANGJU PLANT	AIRCON	2006.04.24	NETHERLANDS	TILBURG
106236	0080942454	KWANGJU PLANT	AIRCON	2006.04.24	NETHERLANDS	TILBURG
106236	0080942466	KWANGJU PLANT	AIRCON	2006.04.24	NETHERLANDS	TILBURG
106240	8001931175	천안(AMLCD)	AM-LCD	2006.05.13	CHINA	XINGANG
106240	8001931674	S-LCD normal plant	AM-LCD	2006.05.13	CHINA	XINGANG
106247	0080922012	SUWON PLANT	AIRCON	2006.04.28	CHINA	SHANGHAI
106247	0080922040	KWANGJU PLANT	AIRCON	2006.04.28	CHINA	SHANGHAI
106247	0080942934	KWANGJU PLANT	AIRCON	2006.04.28	CHINA	SHANGHAI
106263	0080943246	SUWON PLANT	AIRCON	2006.05.13	CHINA	SHANGHAI
106263	0080939099	KWANGJU PLANT	AIRCON	2006.05.13	CHINA	SHANGHAI
106266	0080922313	SUWON PLANT	AIRCON	2006.04.16	AFRICA	DURBAN
106266	0080943825	SUWON PLANT	AIRCON	2006.04.16	AFRICA	DURBAN
106266	0080922305	KWANGJU PLANT	AIRCON	2006.04.16	AFRICA	DURBAN
106266	0080924124	KWANGJU PLANT	AIRCON	2006.04.16	AFRICA	DURBAN

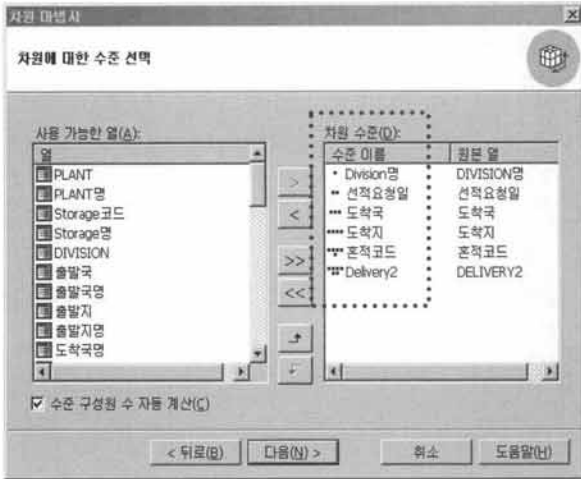


Fig. 5. Input parameters

4) 큐브 스키마 및 차원 수준

생성된 큐브의 차원 수준은 Fig. 6의 왼쪽 트리 창에서 볼 수 있듯이 수립된 혼합 적재 조건 규칙과 매핑 된 필드들이며, 스키마는 S사 혼합적재 데이터테이블과 마스터 테이블간의 관계구조를 형성하고 있다.

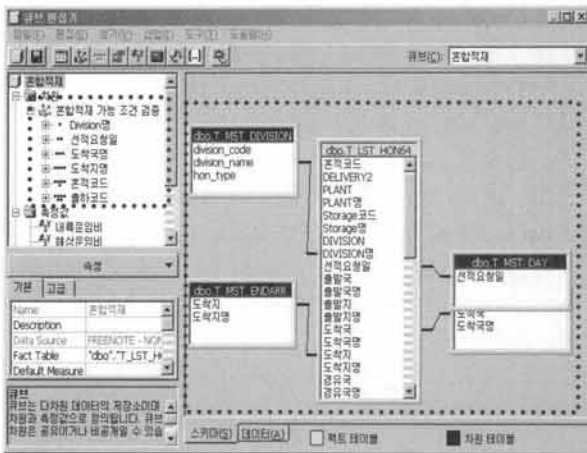


Fig. 6. Cube schema and dimension depth

5) 큐브처리결과를 통한 규칙의 검증

큐브를 처리하여 나온 결과는 Fig. 7과 같으며, 이를 통하여 수립된 혼합 적재 가능 규칙을 검증하였다.

“규칙1 컨테이너 입고 전”에 대하여서는 과거의 실제 데이터이므로 모두 컨테이너 입고가 완료된 데이터이지만, 규칙1을 적용하기 위하여 모든 데이터가 컨테이너입고 전이라고 가정한다.

“규칙2 운송수단” 또한 모든 데이터의 운송수단이 “선박”이므로 수준 필드에 적용하지 않았다.

“규칙3 제품 그룹 간 상호 혼적 가능한 건”을 적용하기 위하여 “Division명” 필드를 1수준으로 적용하였으며 결과는 Fig. 7와 같이 AIRCON과 AM-LCD의 두 종류의 제품그룹으로 분류됨을 알 수 있다.

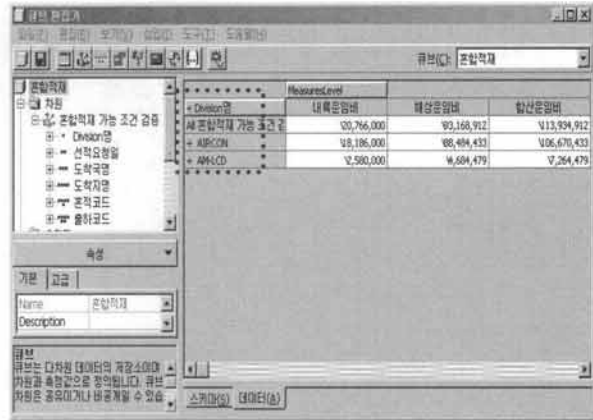


Fig. 7. Cubic operation results and product clusters

Division명	선적요청일	내륙운임비	해상운임비	합산운임비
새 혼합적재 가능 조건	새 혼합적재 가능 조건	₩0,766,000	₩9,168,912	₩13,934,912
AIRCON 합계		₩8,186,000	₩8,494,433	₩16,670,433
+ 2006.04.08		₩,376,000	₩,429,322	₩,805,322
+ 2006.04.16		₩,489,000	₩,806,831	₩,3,295,831
+ 2006.04.24		₩,651,000	₩,3,410,630	₩,6,061,630
+ 2006.04.28		₩,440,000	₩,2,952,112	₩,6,392,112
+ 2006.05.13		₩,015,000	₩,830,708	₩,8,845,708
+ 2006.05.17		₩,549,000	₩,744,869	₩,10,293,869
+ 2006.05.20		₩,125,000	₩,3,377,420	₩,5,502,420
+ 2006.05.22		₩,549,000	₩,2,121,705	₩,3,670,705
+ 2006.05.29		₩92,000	₩,810,836	₩,9,002,836
AM-LCD 합계		₩,580,000	₩,684,479	₩,2,264,479
+ 2006.05.13		₩98,000	₩,228,518	₩,826,518
+ 2006.05.17		₩97,000	₩,843,110	₩,2,740,110
+ 2006.05.20		₩51,000	₩66,147	₩,617,147
+ 2006.05.24		₩34,000	₩,66,704	₩,1,080,704

Fig. 8. Classification for loading days

“규칙4 선적요청일이 동일한 건”을 적용하기 위하여 “선적요청일” 필드를 2수준으로 적용하였으며, Fig. 8과 같이 Division명을 드릴다운 하여 13개(AIRCON:9개, AM-LCD:4개) 선적요청일로 분류됨을 알 수 있다.

“규칙5 출발국/도착국/도착지동일한 건”을 적용하기 위하여 “도착국명” 필드와 “도착지명” 필드를 각각 3수준, 4수준으로 적용하였으며, Fig. 9과 같이 드릴다운 하여 최종 24개의 혼적 가능 건으로 분류됨을 알 수 있다.

Division명	선적요청일	도착국명	도착지명	내륙운임
새 혼합적재 가능 조건	새 혼합적재 가능 조건	합계		₩
AIRCON 합계				₩
+ 2006.04.08		FINLAND	FINLAND 합계	₩
		+ KUUSKOLA		₩
		USA	USA 합계	₩
		+ SantaFe Springs		₩
+ 2006.04.16		AFRICA	AFRICA 합계	₩
		+ DURBAN		₩
		USA	USA 합계	₩
		+ SantaFe Springs		₩
+ 2006.04.24		COLUMBIA	COLUMBIA 합계	₩
		+ Buenaventura		₩
		NETHERLANDS	NETHERLANDS 합계	₩
		+ TILBURG		₩
+ 2006.04.28		AFRICA	AFRICA 합계	₩
		+ CAPE TOWN		₩
		FINLAND	FINLAND 합계	₩

Fig. 9. Classification for destinations



- 혼합적재 조건에 대한 규칙의 예

위의 혼합적재 가능 조건 항목 및 규칙 생성·검증을 바탕으로 혼합적재 알고리즘을 만들기 위하여 수립된 규칙의 예는 다음과 같다.

규칙1) 컨테이너 입고 전(적재 전) 또는 확정 전인 것에 한하여 혼적 가능

```
IF D1(컨테이너입고) = FALSE
THEN 혼적 가능 ELSE 혼적 불가
IF D2(컨테이너입고) = FALSE
THEN 혼적 가능 ELSE 혼적 불가
```

규칙2) 운송수단이 선박(FCL) 인 경우만 혼적 가능

```
IF D1(운송수단) = 선박(FCL)
THEN 혼적 가능 ELSE 혼적 불가
IF D2(운송수단) = 선박(FCL)
THEN 혼적 가능 ELSE 혼적 불가
```

규칙3) 제품 그룹 간 상호 혼적 가능한 것에 한하여 혼적 가능

```
IF D1(혼적 제품그룹 코드) = D2(혼적 제품 그룹 코드)
THEN 혼적 가능 ELSE 혼적 불가
```

규칙4) 선적요청일이 동일한 경우만 혼적 가능

```
IF D1(선적요청일) = D2(선적요청일)
THEN 혼적 가능 ELSE 혼적 불가
```

규칙5) 출발국/도착국/도착지 동일한 경우만 혼적 가능

```
IF D1(출발국) = D2(출발국)
THEN 혼적 가능 ELSE 혼적 불가
IF D1(도착국) = D2(도착국)
THEN 혼적 가능 ELSE 혼적 불가
IF D1(도착지) = D2(도착지)
THEN 혼적 가능 ELSE 혼적 불가
```

## 5. 컨테이너 적재 결정 알고리즘 설계

- 컨테이너 수량 및 운송비 절감 조건의 수립

첫 번째, 개별적재물류의 장점은 출하단위별 최소 거리 운임의 운송로로 이동할 수 있기 때문에, 운송할 컨테이너 수량이 같다면 운송비가 가장 저렴하게 소요될 수 있다.

두 번째, 사업장별 적재 물류의 장점은 사업장별 최소 거리 운임의 운송로로 이동할 수 있고, 또한 사업장내에서의 혼합적재를 통해 컨테이너

수량을 감소시킬 수 있기 때문에, 컨테이너 수량이 개별적재 시 수량보다 적다면 운송비가 저렴하게 소요될 수 있다.

세 번째, 전체 혼합적재의 장점은 컨테이너 수량을 최소화 시킬 수 있기 때문에, 컨테이너 수량에 비중에 큰 장거리 해상 운송비를 절감할 수 있다.

규칙6) 혼적 컨테이너 수량은 개별적재 컨테이너 수량의 합보다 작아야 한다.

```
IF 단일적재 컨테이너 수량(D1+D2) > 혼합적재 컨테이너 수량 (D1, D2)
```

```
THEN 혼적가능 ELSE 혼적불가
```

규칙7) 혼적 운송비의 합은 단일 적재 운송비의 합보다 작아야 한다.

```
IF 내륙운송비(D1)+해상운송비(D1)+내륙운송비(D2)+해상운송비(D2)>내륙운송비(D1, D2)+해상운송비(D1, D2)
```

```
THEN 혼적가능 ELSE 혼적불가
```

- 컨테이너 종류 및 수량 결정 알고리즘

컨테이너 종류 및 수량 결정 알고리즘은 아래와 같은 순서로 설계되었다.

1) 컨테이너 종류 및 수량 결정 변수의 초기화

```
j_kg : 적재필요 중량, j_vol: 적재필요 부피
kg2 : 20Ft 최대중량, vol2 : 20Ft 최대부피
kg4 : 40Ft 최대중량, vol4 : 40Ft 최대부피
```

2) 적재중량 및 부피가 20Ft 기준 미만일 경우

```
IF j_kg < kg2 And j_vol < vol2
THEN 최종수량 : 20Ft Normal.Dry 1개
```

3) 적재중량 및 부피가 40Ft 기준 미만일 경우

```
IF j_kg < kg4 And j_vol < vol4
THEN 최종수량 : 40Ft Normal.Dry 1개
```

4) 적재중량 또는 부피가 40Ft 이상일 경우 중량/부피 비율 구하기

```
Round(26770 / (63.48 X 421.71), 4) = 1
```

```
val = Round(중량 / (부피 X 421.71),
```

```
IF 나머지 부피가 20Ft 이상일 경우
```

```
THEN 최종수량: 40Ft Normal.Dry
```

```
Round(j_vol/vol4,0)+1개
```

5) val >= 1 이면 중량 우선, val < 1 이면 부피 우선

6) 중량 우선일 경우

```
IF Round(j_kg / (j_vol X 421.71), 4) >= 1 THEN
```

```
수량 :J_cnt4 = Round(j_kg / kg4,0)
```

```
나머지 중량 = j_kg - (kg4 * 수량)
```

```
IF 나머지 중량이 0일 경우
```

```
THEN 최종수량 : 40Ft Normal.Dry
```

```
Round(j_kg/kg4,0) 개
```

```
IF 나머지 중량이 20Ft 미만일 경우
```

```
THEN 최종수량 : 40Ft Normal.Dry
```

```
Round(j_kg/kg4,0) 개,
```

```
20Ft Normal.Dry 1개
```

```
IF 나머지 중량이 20Ft 이상일 경우
```

```
THEN 최종수량 : 40Ft Normal.Dry
```

```
Round(j_kg/kg4,0) + 1 개
```

7) 부피 우선일 경우

```
IF Round(j_kg / (j_vol X 421.71), 4) < 1 THEN
```

```
수량 :J_cnt4 = Round(j_vol/vol4,0)
```

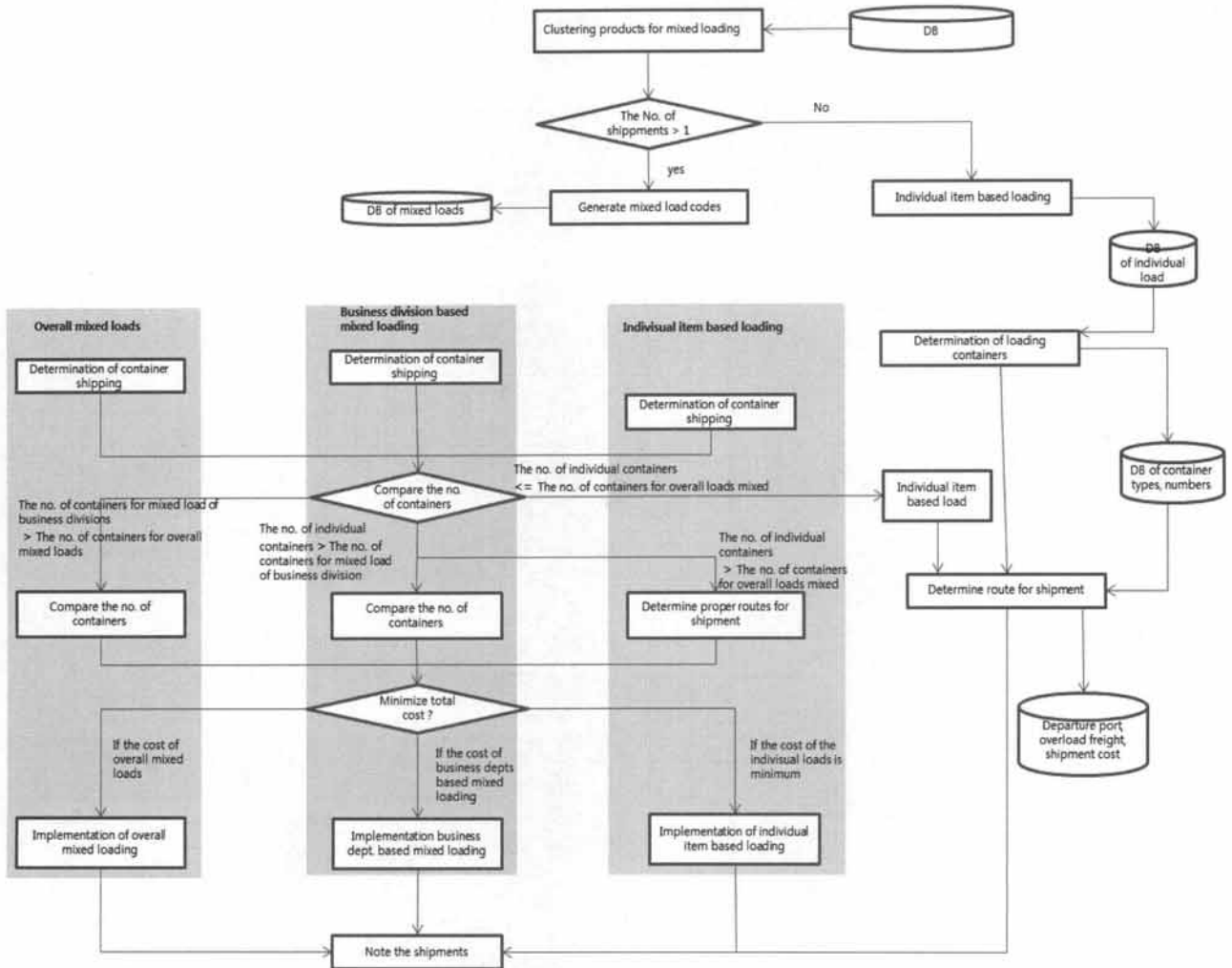


Fig. 10. Determination process for container loadings

나머지 부피 =  $j\_vol - (vol4 * 수량)$   
 IF 나머지 부피가 0일 경우  
 THEN 최종수량: 40Ft Normal.Dry  
      $Round(j\_vol/vol4,0)$  개  
 IF 나머지 부피가 20Ft 미만일 경우  
 THEN 최종수량: 40Ft Normal.Dry  
      $Round(j\_vol/vol4,0)$  개, 20Ft Normal.Dry  
     1개

- 컨테이너 적재 결정 알고리즘

- 1) 혼합적재 가능 데이터의 그룹화 : 수립한 혼합 적재 가능 규칙을 조건으로 혼적 가능 데이터를 그룹화 하여 혼합 적재 그룹과 개별 적재 출하단위를 구분하고, 개별 적재만 가능한 출하 단위는 개별 적재 프로세스를 따른다.
- 2) 혼합적재 가능 그룹에 대하여 컨테이너 수량 및 운송 효율성을 비교하기 위하여 전체 혼합적재, 사업장별 혼합적재, 개별 적재 각각의 선적 컨테이너를 결정하고 컨테이너 수량을 구한다.
- 3) 컨테이너 수량을 비교하여 개별 적재 또는 사업장별

혼적이 효율적인 출하 단위를 다시 구별하여 분기한다.

- 4) 각각의 물류형태별로 최적의 운송경로를 결정하여 내륙운송비와 해상운송비의 총합을 비교하고, 최소 비용의 물류형태로 적재를 결정하고 출하를 지시한다.

컨테이너 적재결정의 절차는 Fig. 10에서 제시되어 있다.

6. 연구 적용결과 및 분석

본 연구의 모형과 직접적으로 비교할 수 있는 연구는 존재하지 않으므로 제시된 시스템을 적용하여 물류비의 절감 결과를 제시하고자 한다. S사 2006년 1월~6월까지의 개별 적재 출하된 실제 데이터를 혼합적재 알고리즘에 적용한 결과는 Table 5와 같다. Table 5, Table 6와 Fig. 11에서 보는 바와 같이 20Ft 컨테이너 사용량은 적용 전 대비 20%수준으로 대폭 감소하였고, 40Ft 컨테이너의 사용량은 2.5배가량 증가하였다. 결과적으로 Fig. 12에서 보는 바와 같이 최대 중량 기준으로 20Ft와 40Ft 컨테이너 사용량의 월별 합계 시 기존 개별적재 사용량보다 혼합적재 시 컨테이너 사용량이 적은 것을 볼 수 있다.

Table 5. Comparison of containers before/after this study

month	Samples							
	before this study				After this study			
	the no. of containers		overland freight (one million won)	shipping cost (one million won)	the no. of containers		overland freight (one million won)	shipping cost (one million won)
	20 Ft	40 Ft			20 Ft	40 Ft		
1	342	21	61	559	67	131	45	429
2	1754	554	412	3,958	301	979	300	2,873
3	1952	765	498	5,014	387	1140	361	3,520
4	1845	134	322	3,059	310	730	240	2,280
5	2324	179	412	3,801	414	904	310	2,860
6	1891	152	333	3,036	343	731	248	2,291
total	10108	1805	2,037	19,428	1822	4615	1,505	14,252

Table 6. Comparison of containers(%) by this study

month	percentage(%)			
	the no. of containers		overland freight	shipping cost
	20 Ft	40 Ft		
1	19.59	623.81	73.77	76.74
2	17.16	176.71	72.82	72.59
3	19.83	149.02	72.49	70.20
4	16.80	544.78	74.53	74.53
5	17.81	505.03	75.24	75.24
6	18.14	480.92	74.47	75.46
total	18.03	255.68	73.88	73.36

또한 Fig. 13의 기존 개별적재 건수에서 혼합적재를 할 수 있는 건수를 비교해 본 결과 80% 이상이 혼합적재를 할 수 있는 조건에 해당되었으며, 이에 비추어 볼 때, 운송비의 경우 Fig. 14에서 보는 바와 같이 매월 운송비가 큰 폭으로 감소되었다는 것을 알 수 있다.

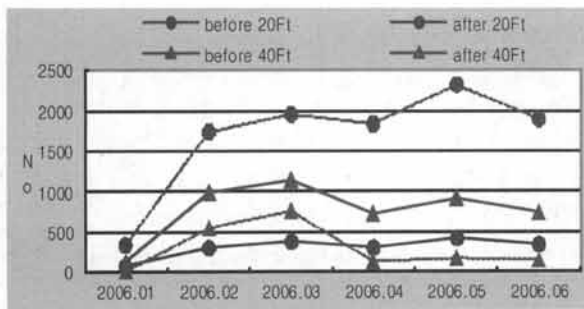


Fig. 11. The No. of containers of each loading type

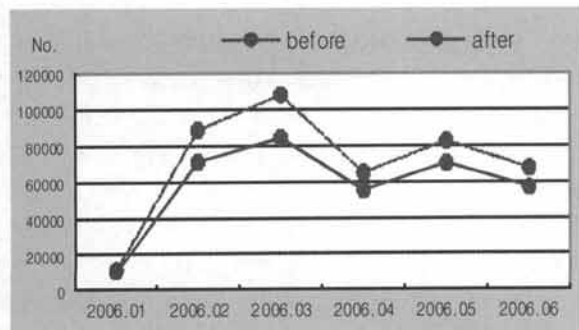


Fig. 12. The maximum total weight of loading types

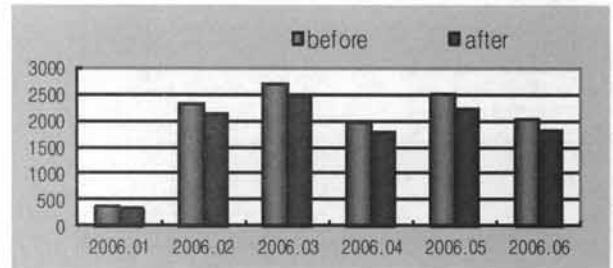


Fig. 13. The No. of each loading type

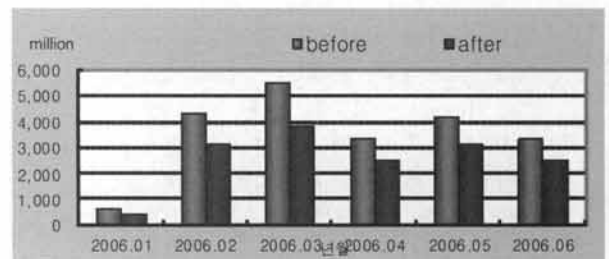


Fig. 14. Loading cost of each loading type



Fig. 15. Loading, shipping, and total costs



결과적으로 Fig. 15에서 보는 바와 같이 6개월간 육상운송비 5억원, 해상운송비 52억, 총 운송비의 약 57억원 가량이 감소되었다. 연간 운송비 추정시 100억원 이상의 운송비 감소를 예측할 수 있다.

### 7. 결 론

국내 기업매출액에서 물류비가 차지하는 비중은 9.9%로 이는 우리 기업들이 1천원짜리 제품을 팔면서 평균 99원을 물류비로 지출했음을 의미한다. 이처럼 물류비는 기업의 경쟁력을 약화시키고 대내적으로 물가상승요인으로 작용하여 우리 경제에 커다란 부담이 되고 있어 기업경쟁력 강화를 위한 물류비 절감 노력이 요구된다.

본 논문은 S사의 사례를 바탕으로 컨테이너 혼합적재에 대한 규칙을 생성하여 컨테이너 화물의 적재공간의 효율성을 고려한 부분 공 컨테이너의 수량을 최소화하는 적재결정법의 알고리즘을 설계하여 최소 운송비를 구하여 기업의 물류비부담 중 상당한 비율을 차지하고 있는 운송비의 절감방안을 제시하였다. 위의 제시된 알고리즘이 적재 물류프로세스에 대한 수작업으로 처리되었던 부분을 자동화 하는데 적용되어 효율적인 운송계획 프로세스가 마련되어 기업의 물류비 절감을 기대한다.

### 참 고 문 헌

[1] Chang, C. S., Kang, M. K., "A Heuristic for the multiple container loading problem", Journal of the Society of Korea Industrial and System Engineering, Vol.28, No.4, pp.142-153, 2005.

[2] Hong, D. H., "The method of container Loading Scheduling through Hierarchical Clustering", Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol.10, No.1, pp.201-208, 2005.

[3] Kim Y. H., "A study on preventive maintenance of ship unloading system for container terminal productivity", Ph D. Thesis, Graduate School of Korea Maritime University, Dept. of Logistic Systems, 2006.

[4] Alvarez-Valdes, R., Parreno, F., Tamarit, J., "A GRASP algorithm for constrained two-dimensional non-guillotine cutting problems", Journal of OR Society Vol.56, pp.414-425, 2005.

[5] Egeblad, J., Pisinger, D., "Heuristic approaches for the two- and three dimensional knapsack packing problem", Computers and Operations Research Vol.36, pp.1026-1049, 2009.

[6] Clautiaux, F., Jouglet, A., Carlier, J., Moukrim, A., "A new constraint programming approach for the orthogonal packing problem", Computers and Operations Research, Vol.35, pp.944-959, 2008.

[7] Bischoff, E., Marriott, M., "A comparative evaluation of

heuristics for container loading", European Journal of Operational Research Vol.44, pp.267-276, 1990.

[8] Gehring, H., Bortfeld, A., "A parallel genetic algorithm for solving the container loading problem", International Transactions in Operational Research Vol.9, pp.497-511, 2002.

[9] Pisinger, D., "Heuristics for the container loading problem", European Journal of Operations Research Vol.141, pp.382-392, 2002.

[10] Gomes, A. M., Oliveira, J.F., "Solving irregular strip packing problems by hybridising simulated annealing and linear programming", European Journal of Operational Research Vol.171, pp.811-829, 2006.

[11] Imamichi, T., Yagiura, M., Nagamochi, H., "An iterated local search algorithm based on nonlinear programming for the irregular strip packing problem", In: Proceedings of the Third International Symposium on Scheduling, Tokyo, Japan, pp.132-137, 2006.

[12] Egeblad, J., Nielsen, B.K., Odgaard, A., 2007. Fast neighborhood search for two- and three-dimensional nesting problems" European Journal of Operational Research, Vol.183, pp.1249-1266, 2007.

[13] Egeblad J., Lisi S., and Pisinger D., "Heuristics for container loading of furniture", European Journal of Operational Research, Vol.200, No.3, pp.881-892, 2010.

[14] Chow K. H., Choy K. L., and Lee W. B., "On the design of a real-time knowledge-based system for managing logistics operations", Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management, Vol.14, No.1-2, Jun., 2006.

[15] Claude Seidman, "Microsoft SQL 2000 Server Data mining", Information Publishing Group, 2001.

[16] Rob Vieira, "Professional SQL Server 2000 Programming", Wiley Publishing, 2003.



### 박 지 희

e-mail : drama126@korea.com

2000년 안양과학대학 전산사무정보학과 (공학전문학사)

2004년 한국교육개발원 전자계산학 (이학사)

2007년 숭실대정보과학대학원 산업.정보 시스템공학과(공학석사)

2001년 (주)비스텍코리아 (SI개발팀)

2002년~2005년 (주)국민은행 (회계전산팀)

2005년~2008년 (주)뉴아이티 (삼성전자 SAP SI개발팀)

2009년~현 재 프리랜서 (SAP ABAP)

관심분야: ERP, SAP, 데이터마닝



## 이 건 호

e-mail : ghlee@ssu.ac.kr

1996년 U. of Iowa, Dept of Industrial  
Eng., Ph.D

2011년~현 재 숭실대학교 산업정보시  
스템공학과 교수

관심분야: 데이터마이닝, 기계학습, 지식  
기반시스템