

다단계 물류 네트워크에서 A/S 부품 집화 및 배송이 연속적으로 발생하는 문제에 관한 사례연구

-자동차 부품 물류 프로세스를 중심으로-

송준우* · 김경섭* · 정석재**

*연세대학교 정보산업공학과 · **광운대학교 경영학부

Case Study on the continuous pickup and delivery vehicle routing problem in Multi-level Logistic Network based on S automobile Part Logistics Process

Jun-woo Song* · Kyung-Sup Kim* · Suk-jae Jeong**

*Information & Industrial Engineering, Yonsei University

**School of Business, Kwangwoon University

Abstract

The growing logistics strategy of a company is to optimize their vehicle route scheduling in their supply chain system. It is very important to analyze for continuous pickups and delivery vehicle scheduling. This paper is a computational study to investigate the effectiveness of continuous pickups and delivery vehicle routing problems. These scheduling problems have 3 subproblems; Inbound Vehicle Routing Problem with Makespan and Pickup, Line-haul Network Problem, and Outbound Vehicle Routing Problem with Delivery. In this paper, we propose 5 heuristic Algorithms; Selecting Routing Node, Routing Scheduling, Determining Vehicle Type with Number and Quantity, and Modification Selecting Routing Node. We apply these Algorithms to S vehicle company. The results of computational experiments demonstrate that proposed methods perform well and have better solutions than other methods considering the basic time and due-date.

Keywords: Multi-level Strategy, Logistics, Vehicle Routing Problem, Pickup & Delivery, Network

1. 서론

최근 전자 상거래가 급증함에 따라 물류 시장이 확대되어 물류 네트워크의 효율성이 시장경쟁력에 주요 요소로 대두되고 있다. 또한 고객에 대한 서비스가 높아짐에 따라 기업들은 일반적인 제품 생산 및 판매 구조와 더불어 판매된 제품의 A/S를 신속하게 처리하기 위한 A/S부품 처리 프로세스에 대한 관심이 증대되고 있다.

특히, 자동차나 가전제품의 경우, 고객들의 기업 충성도를 높이기 위해서는 A/S를 신속하게 처리하는 것이 매우 중요한 업무가 되었으며, 이를 위해서는 빠른 A/S 부품 조달이 무엇보다도 중요하다.

이에 본 연구에서는 국내 S 자동차의 A/S용 부품 유통 프로세스를 기반으로 부품공급업체로부터 A/S부품을 조달하여 각 지역대리점까지의 A/S용 부품을 공급하는 물류 프로세스에 대해 다루고자 한다.

† 본 연구는 광운대학교 2013년도 교내 연구비에 의해 지원되었음

† Corresponding Author: Sukjae Jeong, 26 Kwangwoon-gil(447-1, Wolgye-dong), Nowon-Gu, Seoul, 139-701 Korea, M·P: 010-7714-7811, E-mail: sjjeong@kw.ac.kr

Received April 19, 2013; Revision Received June 10, 2013; Accepted June 13, 2013.

국내 S 자동차 A/S용 부품 유통 프로세스는 부품공급업체로부터 주문된 A/S부품을 순회 조달하여 부품집하 및 포장을 위한 포장물류센터에서 각 지역별로 분류 및 포장을 수행한 후, 포장물류센터에서 각 A/S 물류센터로 간선수송을 수행하게 된다.

지역 물류센터에서는 담당 대리점들을 대상으로 순회 배송을 통해 A/S부품들을 공급하게 된다. 즉, 전국의 부품공급업체에서 포장물류센터간의 순회 집하, 포장 물류센터에서 각 지역 A/S물류센터간의 간선 수송, 지역 A/S물류센터에서 대리점간의 순회 배송 프로세스가 연속적으로 이루어지는 차량 경로 문제로 정의할 수 있다.

차량경로문제에 관한 연구는 문제의 특성 및 다양한 조건들을 고려하여 국내외적으로 활발히 진행되고 있다.

국외에서 Clarke and Wright(1964)는 비 내구재 제품을 수요지에 배달하는 문제에 대하여 Saving heuristic을 통해 해법을 제시하였으며[15], Hill and Benton(1992)은 특정 시간에 고객이 위치한 지점에서의 평균 차량 속도를 추정하는 모델을 제시 하였다.[22] 그리고 Malandraki and Daskin(1992)은 시간대에 따라 변화하는 VSP(Vehicle Scheduling Problem)에 대해 Nearest Neighbor Search를 이용한 발견적 기법과 Cutting Planes를 이용한 발견적 기법을 제시하였으며,[14] Liu and Shen(1999)은 고객의 요구 서비스 시간대를 고려한 차량 경로 문제를 통하여 고객 만족 향상과 관련된 연구를 진행하였다.[19] Homberger and Gehring(2005)은 2단계 Hybrid Meta-heuristic을 이용해 시간 제약이 있는 차량 경로 문제에 대한 해법을 제시하였다.[20] 또한 Ping Ji and Kejia Chen(2007)은 차량경로문제를 홍콩 우편물 시스템에 실제 적용시켜 가장 최적의 경로와 스케줄을 얻고자 하였다.[23]

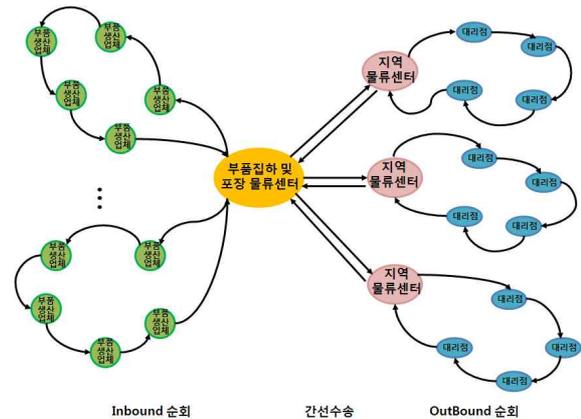
또한 국내에서는 통합 공급 체인 관리를 위한 연구를 혼성 유전 알고리즘 및 스케줄링을 통해 문제의 해법에 접근하는 방법[1,2,3] 이나 시간을 고려하여 차량경로문제에 대한 해법을 구하고자 하는 연구[4,5,8,10,13], 차량용량 및 운영 특성에 따른 차량경로 문제에 대한 연구[6,7,11,12], 그리고 지점을 고려한 차량경로문제에 대한 해법을 구하는 연구[8] 등 다양하게 연구를 진행하고 있다.

그리하여 본 연구의 문제 해결을 위해 앞서 제시한 기존 연구들에 대한 이론적 바탕을 근거로 연속적인 부품 집화 및 배송이 발생하는 A/S 물류를 위한 차량 경로 문제를 정의하고, 각 단계별 휴리스틱 기법을 제안하고자 한다. 또한 국내 S자동차 A/S 물류 프로세스를 대상으로 실제 적용을 통해 본 연구의 방법론의 적용 타당성을 검증하고자 한다.

2. 연구 모형 .

2.1 연구 모형 범위

본 연구의 대상이 되는 A/S 부품조달 및 배송 프로세스의 차량 경로는 <Figure 1>과 같다.



[Figure 1] Basic Structure of Sourcing and Delivery of Parts

연구 모형은 3단계로 나누어진다. 대리점으로부터 A/S 처리를 위한 부품 주문이 발생하면 지역물류센터에서 각 부품생산업체로 해당 부품의 주문 요청이 일어나고, 부품생산업체에서는 보유중인 재고부품을 순회조달 차량에 의해 포장물류센터로 보내게 된다. 부품생산업체로부터 생산이 완료되면, 중앙물류센터에서는 각 부품생산업체를 순회하면서 생산된 부품들을 수거하고 되고, 분류작업을 거친 후 각 지역물류센터로 간선 수송하게 되고, 지역물류센터에서는 각 대리점에서 주문한 부품들을 순회배송하게 된다. 이러한 물류 프로세스가 연속적으로 발생하게 된다. 본 연구에서는 부품생산업체와 중앙물류센터간의 순회 조달 프로세스를 Inbound라 정의하고, 인근 지역 물류센터에서 각 대리점간의 순회 배송 프로세스를 Outbound라고 정의한다. 또한, 중앙물류센터와 인근 지역물류센터간의 수송을 간선수송이라고 정의한다.

본 연구에서는 순회 조달 및 배송, 그리고 간선수송이 연속적으로 이루어지는 모형을 다음과 같이 부품 조달 및 배송 차량 경로 문제(Parts Supply and Shipping Route Problem: PSSRP)로 정의한다. PSSRP는 앞서 설명한 3단계를 기반으로 다음과 같이 문제를 정의하고자 한다.

- ① 각 부품생산업체로부터 포장물류센터로 순회 조달하는 차량 경로 문제(Inbound Vehicle Routing Problem with Makespan and Pickup : IVRMP)

- ② 포장센터에서 각 지역 물류센터로의 간선 수송 문제 (Line-haul Network Problem : LNP)
- ③ 지역물류센터로부터 각 대리점으로 부품을 배달하는 차량 경로 문제(Outbound Vehicle Routing Problem with Delivery : OVRPD)

따라서 PSSRP은 이러한 구조들이 서로 연계되어 연속적으로 이루어지는 모델이다. 또한 이 모델은 자동차, 전자제품 등과 같은 산업에서 A/S 부품을 조달 및 배송이 연속적으로 이루어지는 프로세스에 적용 될 수 있는 모델이다.

2.2 수리 모형

모형에 사용된 파라미터 및 의사결정변수는 다음과 같다.

<parameter>

- S=Stage의 St
- S∈{1,2,3} 단,1:Inbound,2:Outbound,3:Line-haul
- u=자동차 유형
- u∈{1,2,3,4,5} 단,1:1.5ton,2:3.5ton,3:5ton,4:8ton,5:11ton
- V=차량대수
- I=Inbound 협력업체 지점의 수
- K=Outbound거래 판매처 지점의 수
- N_s=S단계에서 지점의 수
- T_s=S단계에서 차량의 제한시간
- C_u=차종u의 적재용량
- P_i=Inbound에서 협력업체 i에서의 수거물량
- D_k=Outbound거래 판매처 k에서의 수요물량
- S_i=Inbound에서 협력업체 i에서의 Service Time
- S_k=Outbound에서 판매거래처 k에서의 Service Time
- DD_i=협력업체 i에서의 Due-Date
- DD_k=판매 거래처 k에서의 Due-Date

<의사결정변수>

- $q_{iv_{1u}}$ = Inbound의 i차량 v_{1u} 가 협력업체 i에 도착했을 때의 총 적재용량
- $z_{kv_{2u}}$ = Outbound에서 차량 v_{2u} 가 판매거래처 k에 도착했을 때의 잔여시간
- V_{su} = Stage s에서 차량종류 u의 차량대수
- PT_i = 지점 i에서 단위당 생산시간
- ST_i = Inbound에서 협력업체 i에서 포장센터로 출발할 때의 출발시간
- ST_k = Outbound의 물류분배센터에서 판매거래처 k로 출발할 때의 출발시간

ET_i = Inbound에서 협력업체 i에서 포장센터로 도착할 때의 도착시간

ET_k = Outbound의 물류분배센터에서 판매거래처 k로 도착했을 때의 도착 시간

<Objective Function>

$$Min. z = \sum_{s=1}^S \sum_{u=1}^U \sum_{v=1}^V (a_{N_s+1,v_{su}} + 2 \times t_{N_1+1,N_2+1} \times v_{su}) \quad (1)$$

<Subject to>

$$\sum_{u=1}^U \sum_{i=1}^{N_1} x_{ijv_{1u}} = 1 \quad j=1,2,\dots,N_1, \quad v=1,2,\dots,V, \quad i \neq j \quad (2)$$

$$\sum_{u=1}^U \sum_{k=1}^{N_2} x_{klv_{2u}} = 1 \quad l=1,2,\dots,N_2, \quad v=1,2,\dots,V, \quad k \neq l \quad (3)$$

$$\sum_{u=1}^U \sum_{j=1}^{N_1+1} x_{ijv_{2u}} = 1 \quad l=1,2,\dots,N_1, \quad v=1,2,\dots,V, \quad i \neq j \quad (4)$$

$$\sum_{u=1}^U \sum_{l=1}^{N_2+1} x_{klv_{2u}} = 1 \quad l=1,2,\dots,N_2, \quad v=1,2,\dots,V, \quad k \neq l \quad (5)$$

$$\sum_{u=1}^U \sum_{j=1}^{N_1+1} x_{0jv_{1u}} = 1 \quad v=1,2,\dots,V \quad (6)$$

$$\sum_{u=1}^U \sum_{l=1}^{N_2+1} x_{0,l,v_{2u}} = 1 \quad v=1,2,\dots,V \quad (7)$$

$$\sum_{v=1}^V \sum_{j=0}^{N_1+1} x_{0,j,v_{1u}} = V_{1u} \quad u=1,2,\dots,U \quad (8)$$

$$\sum_{v=1}^V \sum_{i=0}^{N_1} x_{i,N_1+1,v_{1u}} = V_{1u} \quad u=1,2,\dots,U \quad (9)$$

$$\sum_{v=1}^V \sum_{l=0}^{N_2+1} x_{0,l,v_{2u}} = V_{2u} \quad u=1,2,\dots,U \quad (10)$$

$$\sum_{v=1}^V \sum_{k=0}^{N_2} x_{k,N_2+1,v_{2u}} = V_{2u} \quad u=1,2,\dots,U \quad (11)$$

$$\sum_{v=1}^V x_{N_1+1,N_2+1,v_{3u}} = V_{3u} \quad u=1,2,\dots,U \quad (12)$$

$$\sum_{i=0}^{N_1} x_{i,0,v_{1u}} = \sum_{j=1}^{N_1+1} x_{0,j,v_{1u}} \quad u=1,2,\dots,U, \quad v=1,2,\dots,V \quad (13)$$

$$\sum_{k=0}^{N_2} x_{k,p,v_{2u}} = \sum_{l=1}^{N_2+1} x_{p,l,v_{2u}} \quad u=1,2,\dots,U, \quad m=1,2,\dots,N_1$$

$$p=1,2,\dots,N_2, \quad J \neq m, m \neq i, K \neq P, p \neq l \quad (14)$$

$$x_{N_1+1,N_2+1,v_{3u}} = x_{N_2+1,N_1+1,v_{3u}} \quad u=1,2,\dots,U, \quad v=1,2,\dots,V \quad (15)$$

$$q_{iv_{1u}} + P_i \leq C_u \quad u=1,2,\dots,U, \quad V=1,2,\dots,V, \quad i=1,2,\dots,N_1 \quad (16)$$

$$a_{N_1+1,v_{1u}} \leq T_1 \quad u=1,2,\dots,U, \quad V=1,2,\dots,V \quad (17)$$

$$a_{N_2+1,v_{2u}} \leq T_2 \quad u=1,2,\dots,U, \quad V=1,2,\dots,V \quad (18)$$

$$2 \cdot t_{N_1+1,N_2+1,v_{3u}} = T_3 \quad u=1,2,\dots,U, \quad V=1,2,\dots,V \quad (19)$$

$$q_{N_1+1,v_{1u}} = \sum_{i=0}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_1+1} P_i \cdot x_{ijv_{1u}} \quad u=1,2,\dots,U, \quad V=1,2,\dots,V \quad (20)$$

$$q_{0,l,v_{2u}} = \sum_{k=0}^{N_2} \sum_{l=1}^{N_2+1} D_l \cdot x_{klv_{2u}} \quad u=1,2,\dots,U, \quad V=1,2,\dots,V \quad (21)$$

$$q_{j,v_{in}} - q_{i,v_{in}} \geq M \cdot (1 - x_{ijv_{in}}) + P_i \quad u = 1, 2, \dots, U, \quad v = 1, 2, \dots, V$$

$$i = 1, 2, \dots, N_1, \quad j = 1, 2, \dots, N_1, \quad i \neq j \quad (22)$$

$$q_{lv_{2n}} - q_{kv_{2n}} \geq M \cdot (1 - x_{klv_{2n}}) + D_k \quad k = 1, 2, \dots, N_2, \quad l = 1, 2, \dots, N_2, \quad k \neq l$$

$$u = 1, 2, \dots, U, \quad v = 1, 2, \dots, V \quad (23)$$

$$q_{j,v_{in}} \geq \max(a_{iv_{in}}, PT_i \cdot P_i) + S_i + t_{ijv_{in}} - M \cdot (1 - x_{ijv_{in}})$$

$$k = 1, 2, \dots, N_2, \quad l = 1, 2, \dots, N_2, \quad k \neq l$$

$$u = 1, 2, \dots, U, \quad v = 1, 2, \dots, V \quad (24)$$

$$a_{lv_{2n}} \geq a_{kv_{2n}} + S_k + t_{klv_{2n}} - M \cdot (1 - x_{klv_{2n}}) \quad u = 1, 2, \dots, U, \quad v = 1, 2, \dots, V$$

$$k = 1, 2, \dots, N_2, \quad l = 1, 2, \dots, N_2, \quad k \neq l \quad (25)$$

$$ST_{N_1+1} \geq \text{Max}_{u=1,2,\dots,U} (a_{N_1+1,v_{in}}) + S_{N_1+1} \quad u = 1, 2, \dots, U, \quad v = 1, 2, \dots, V \quad (26)$$

$$ET_{N_2+1} \geq ST_{N_1+1} + \text{Max}_{u=1,2,\dots,U} (t_{N_1+1,N_2+1,v_{2n}}) \quad u = 1, 2, \dots, U, \quad v = 1, 2, \dots, V \quad (27)$$

$$a_{jv_{in}} \geq ST_{N_1+1} \quad j = 1, 2, \dots, N_1, \quad u = 1, 2, \dots, U, \quad v = 1, 2, \dots, V \quad (28)$$

$$a_{lv_{2n}} \geq ET_{N_2+1} \quad l = 1, 2, \dots, N_2, \quad u = 1, 2, \dots, U, \quad v = 1, 2, \dots, V \quad (29)$$

$$DD_j \geq a_{jv_{in}} - M(1 - x_{ijv_{in}}) \quad j = 1, 2, \dots, N_1, \quad u = 1, 2, \dots, U, \quad v = 1, 2, \dots, V \quad (30)$$

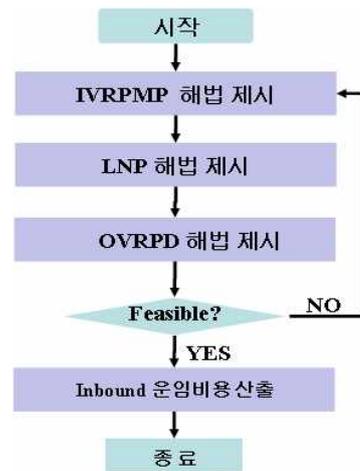
$$DD_k \geq a_{lv_{2n}} - M(1 - x_{klv_{2n}}) \quad l = 1, 2, \dots, N_2, \quad u = 1, 2, \dots, U, \quad v = 1, 2, \dots, V \quad (31)$$

식 (1)은 목적함수를 의미하는 것으로 총 이동시간을 최소화하는 데 있다. 추후 실험에서는 이동시간에 시간당 운임을 적용하여 비용 최소화로 전환하여 실험을 수행하였다. 식 (2), (3)은 각 노드, 즉 Outbound의 판매거래처와, Inbound의 부품업체에 반드시 한 대의 차량은 방문되어야 한다는 제약식이고, 식 (4), (5)는 판매거래처와 부품업체에 도착한 차량은 반드시 다른 업체로 출발해야 함을 의미한다. 식 (6)은 Inbound에서 차량은 거래처로 출발할 때, 항상 포장센터에서 출발하도록 하는 제약식이며, 식 (7)은 Outbound의 경우, 물류 분배센터에서 출발함을 의미한다. 식 (8), (9)은 수요 및 생산지점으로부터 출발 및 도착할 때 차종별 차량 대수의 합은 전체 차량 대수와 같아야 함을 의미한다.

식 (10)은 판매 거래처로 출발할 때의 판매 거래처로 출발할 때의 차량 대수와 전체 차량 대수가 같아야 함을 의미한다. 식 (11)은 판매 거래처로 순회하고 물류 분배 센터로 복귀하는 모든 차량 대수는 전체 차량 대수와 같아야 함을 의미한다. 식 (12)는 간선에서 운행되어지는 차량 대수는 간선에 할당된 총 차량 대수와 같아야 함을 의미한다. 식 (13), (14)는 Inbound와 Outbound에서의 각 지점으로 돌아오는 차종별 대수와 출발하는 차종별 대수가 일치해야 함을 의미하며, 식

(15)는 모든 차량 가운데, 간선수송에서 활용된 차량 대수를 의미한다. 식 (16)은 차종별 총 적재능력은 경로 설정 후 순회하는 동안 얻은 적재량과 앞으로 수거해야 하는 수거량의 합보다 커야 함을 표현한 식이다. 식 (17)과 (18)은 Inbound와 Outbound에서의 차량 운행시간에 대한 제한을 표현하였으며, 식 (19)는 간선에서의 차량 운행시간 제한을 의미한다. 식 (20), (21)은 각 Depot, 즉 포장센터와 물류센터로 도착할 때의 총 적재량은 각 지점에서의 수거량 및 배당량과 같아야 함을 의미한다. 식 (22)와 (23)은 각 단계(Inbound, 간선, Outbound)에서 차종별 차량 대수들이 포장센터와 물류센터에서 각 지점으로 순회배송을 시작할 때 각 지점별 수거 및 배달에 대한 물량 변화를 정의한 식이다. 식 (24), (25)는 Inbound와 Outbound에서 부품업체 i지점에서 j지점으로 차량이 이동할 때 j 지점의 부품업체에 도착되는 시간을 표현한 식이다. 식 (26)은 Inbound에서 포장센터로 도착하여 Outbound의 물류센터로 간선수송을 시작할 때 출발 가능시간은 포장센터로 도착하는 차종별 대수들의 도착시간과 간선수송을 위해 준비해야 하는 시간을 합한 값보다 커야 함을 의미한다. 식 (27)은 간선 수송으로 물류센터에 도착되는 시간은 차종별 포장센터에서 출발하는 시간과 간선 수송시간을 합한 값보다 커야 함을 의미한다.

다음 <Figure 2>는 PSSRP 모델에 대한 연구 절차를 나타낸 것이다.



<Figure 2> Flowchart of PSSRP

일반적으로 차량 경로문제도 NP-hard 문제로 알려져 있기 때문에, 차량 경로문제와 분배 할당 문제가 혼합된 본 연구의 모형은 문제의 복잡도가 높기 때문에, 이를 해결하기 방안으로 본 연구에서는 각 단계별로 휴리스틱 기법을 제안하고자 한다.

3. 발견적 해법

본 연구에서 PSSRP 모델은 전체 차량 운행 시간과 비용을 최소화하는 것을 목적으로 하고 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해 본 연구에서는 각 단계별로 휴리스틱 알고리즘이 개발되었으며, 개발된 알고리즘은 각 단계별 다음과 같은 의사결정 문제를 다루고 있다.

1단계 : IVRPMP

- 1-1. 배송 유형을 결정하기 위한 부품생산업체들의 그룹화
- 1-2. Inbound 차량 경로 계획 생성

2단계 : LNP

- 2-1. Outbound Depot별 Due-Date에 맞는 차종 결정
- 2-2. Inbound Depot의 적재 물량을 차종별 차량 용량과의 비교를 통해 차종별 대수 결정

3단계 : OVRPD

- 3-1. 배송 유형 및 대리점의 지리적 여건(특정 대리점의 경우, 할당 가능한 차량 크기의 제한이 있음)을 고려한 대리점 그룹화
- 3-2. Outbound 차량 경로 계획 생성

3.1 IVRPMP 해법

순회 조달을 위한 차량 경로 문제는 각 대리점으로부터 생성된 주문을 기반으로 부품생산업체에서 생산된 부품들을 부품집하 및 포장물류센터로 순회 차량에 의해 조달된다. 본 단계에서 제시하는 1-1을 통해 부품생산업체별로 방문하는 차량 Type에 의해 그룹화 된다. 다음은 각 알고리즘을 단계별로 나타낸 것이다.

1-1. 부품 생산업체별 순회가능 여부 결정 및 순회업체 그룹화

- step 1 : 해당 부품생산업체에서 생산되는 제품의 포장물류센터의 위치 확인
- step 2 : 부품생산업체별 생산량 확인
- step 3 : 부품생산업체의 생산량을 기준으로 할당 가능한 차량 Type 및 필요 차량 대수 결정
- step 4 : 부품포장센터에서 부품생산업체간의 차량 왕복시간 < 순회조달을 위한 허용시간 (Yes) 순회가능 부품생산업체 그룹에 포함 (No) 직 배송업체 그룹에 포함
- step 5 : 모든 부품생산업체에 대한 순회가능 여부 및 할당 가능한 차량 Type이 정해질 때까지 반복 수행

먼저 Inbound내의 포장물류센터의 위치 정보와 Inbound내의 각 부품생산업체들의 부품 생산량 및 위치 정보를 확인한다. 먼저 부품생산업체의 생산량을 통해 차량 Type 및 필요 차량 대수를 결정하고, 부품생산업체와 포장물류센터간의 왕복차량 이동시간과 Inbound 순회조달을 위한 최대허용시간을 비교하여 해당 부품생산업체가 순회조달이 가능한지 여부를 체크한다. 모든 부품생산업체에 대해 해당 절차가 끝나게 되면, 순회가능 부품생산업체 List 정보를 이용하여 차량 경로 계획을 수립하게 된다. 한편, 거리상 순회조달이 불가능한 직 배송 부품생산업체에 대해서는 비용을 산출할 때 직 배송 처리비용을 반영하게 된다.

1-2. Inbound 차량 경로 계획 생성

- step 1 : 순회가능 부품생산업체들을 대상으로 임의의 초기 경로 그룹(Route Group) 생성
- step 2 : 각 Route Group과 포장물류센터간의 순회 판매원 문제(Traveling Salesman Problem) 을 적용
- step 3 : 이동시간이 최소가 되는 Route Group 생성
- step 4 : 차량 용량을 고려한 Column Generation 기법 적용
- step 5 : Route Group 및 차량 용량에 대한 비용 Matrix를 생성
- step 6 : 혼합정수계획법에 의해 최적의 Route Group 운송 경로 결정

순회조달 가능 부품생산업체들을 대상으로 임의로 다수의 Route Group (예를 들어 1,3,5,10,20)을 생성한다. 포장물류센터를 Depot로 하여 Route Group과 Depot간의 TSP(Transportation Salesman Problem) 문제를 풀어서 Depot와 Route Group 이동시간이 최소가 되는 Route Group의 Sequence (예를 들어, 1-5-10-3-20)를 추출한다.

추출된 Route Group Sequence에 대해 차량 용량을 반영하기 위해 각 Route Group Sequence를 대상으로 가용한 차량 용량을 적용하면서 차량 용량과 Route Group Sequence를 가지는 Column들을 생성한다. 예를 들어, TSP에 의해 추출된 Route Group 중 하나가 1-5-10-3-20 이고, 각 부품생산업체마다 생산량 용량이 1톤일 때, 가용한 차량 Type이 2.5톤, 5톤, 11톤이 있다고 가정하면, 각 부품생산업체들의 생산량을 기준으로 차량 용량을 고려하여 Route Group Sequence를 새롭게 생성하게 된다. 즉, 2.5톤의 경우, 1-3, 5톤의 경우, 1-3-5-10-20, 11톤의 경우 1-3-5-10-20이 새로운

Column으로 생성하게 된다. 이러한 과정을 TSP 문제를 통해 추출된 모든 Route Group Sequence에 적용하여 Column들을 생성하게 된다.

생성된 Column들을 기준으로 Route Group은 0, 1의 차량 Type를 가지며, 부품 생산업체들은 2개 이상의 Route Group에 속할 수 없다는 제약 조건을 바탕으로 MIP Location문제를 풀어서 모든 순회조달 부품생산업체들의 순회 조달 차량 경로를 생성하게 된다.

3.2 LNP 해법

LNP 해법 제시 단계에서는 포장물류센터로 집하된 부품들을 포장하여 각 지역 물류센터로 간선 수송하는 네트워크 구조를 가지고 있다. 2-1를 통해 Outbound Depot별 Due-Date에 맞는 차종을 결정한다. 그리고 2-2 단계에서는 Inbound Depot의 적재 물량을 차종별 차량 용량과의 비교를 통해 차종별 대수를 정의한다.

3.2.1 간선수송을 위한 차량 Type 결정

- step 1 : 간선수송에 가능한 차량 Type 확인
- step 2 : 포장물류센터에서 각 지역물류센터로 출발 가능시간 결정 (Inbound 순회 조달 최대 완료시간 + 포장에 따른 지연시간으로 계산)
- step 3 : 지역물류센터까지 간선수송 완료허용시간 \geq 포장 물류센터의 출발가능시간 + 차종별 속력을 고려한 차량 운행시간
 (Yes) : 현재 차량 Type를 해당 지역물류센터의 간선수송 차량으로 결정
 (No) : 다음 차량 Type을 선택하고 1단계로 이동
- step 4 : 모든 지역물류센터에 간선수송 차량 Type이 결정될 때까지 반복 수행

IVRPMP에서 산출된 순회조달 완료시간을 기준으로 최대 완료시간을 포장물류센터에서 간선 수송을 시작할 수 있는 최소출발시간으로 정의한다. 포장물류센터에서 간선 수송할 수 있는 차량 Type 및 차량 대수를 확인하고, 차량 Type별로 속력을 고려한 지역물류센터까지의 차량 운행시간을 계산한다. 지역물류센터에서 간선수송 도착허용시간 차량 Type를 고려한 차량 운행 시간을 비교하여 도착허용시간 내에 간선수송이 가능한 차량

Type를 결정한다. 예를 들어 실제로 각 차종별로 도로에서 제한 속력이 존재한다. 실제로 5톤 차량의 트럭이 도로에서 시속 100Km로 주행할 수 있다면, 8톤 트럭은 시속 80Km로 용량이 작은 트럭에 비해 속력에 대한 제한을 더 많이 받는다. 따라서 이러한 상황을 고려하기 위해 W_k 라는 차종별 가중치를 부여함으로써 보다 현실적인 간선 차량 운행 시간을 만들 수 있다.

3.2.2 포장물류센터에서의 적재물량과 차량 용량을 비교하여 차량대수 결정

- step 1 : 간선수송에 할당된 차량 Type 확인
- step 2 : 각 지역물류센터별로 보내져야 할 처리물량 확인
- step 3 : 가능한 차량 Type 중 가장 용량이 큰 차량부터 할당하여 필요한 차량 대수 결정
- step 4 : 부족분에 대한 외주 차량 할당
- step 5 : 할당된 차량 Type을 기준으로 지역물류센터별로 간선수송 완료시간 결정

포장물류센터와 각 지역물류센터별로 간선수송을 위한 차량 Type이 결정되면, Greedy 알고리즘을 기준으로 가장 용량이 큰 차량부터 요구되는 차량 대수를 할당한다. 만약 가능 차량 대수가 부족할 경우, 다음으로 용량이 큰 차량을 할당하게 된다. 모든 차량 Type별 가능 차량이 모두 소진할 경우, 외주 차량을 할당하게 된다. 지역물류센터별로 간선수송을 위한 차량 Type 및 차량 대수가 결정되면, 지역물류센터로의 간선수송 완료시간을 결정하게 된다. 간선수송 완료시간은 차량 Type 중 가장 용량이 큰 차량 (예를 들어 11톤 차량)의 도착시간으로 정의된다.

3.3 OVRPD 해법

LNP문제를 통해 간선수송 완료시간이 결정되면, 이를 기준으로 지역물류센터에서 각 대리점에서의 순회배송 시작시간이 정의된다. OVRPD의 문제는 IVRPMP 문제와 비슷한 형태를 가지나, 일반적으로 각 지역 대리점은 지리적 여건에 의해 진입 가능한 차량 Type에 제한을 받기 때문에 이를 고려한 알고리즘이 필요하다.

3.3.1 배송 유형을 결정하기 위한 노드 분할에 지형적 요건에 따라 특정 차량만 들어 갈수 있는 절차가 추가

- step 1 : 해당 부품에 대한 지역물류센터의 위치확인
- step 2 : 각 대리점별 수요량 및 위치 정보 확인
- step 3 : 지역물류센터에서 각 대리점으로 가는 차량 유형별 가용 대수 및 적재용량 확인
- step 4 : 지역물류센터에서 각 대리점으로 차량 이동시간 < 각 대리점 제한 시간 * 1/2
 (Yes) : 순회 배송으로 운영되는 지역에 대리점 추가, 5단계로 이동.
 (No) : 직 배송으로 운영되는 지역에 대리점 추가, 6단계로 이동
- step 5 : 각 지역물류센터별 유형별 차량 대수 결정 6단계로 이동
- step 6 : 해당 차량 유형만 이용 가능?
 (Yes) : 해당 차량 유형을 순회배송지점에 사용 및 7단계 이동
 (No) : 7단계 이동
- step 7 : 모든 대리점에 대한 배송 운행 Type이 정해졌느냐?
 (Yes) : 종료
 (No) : 지정되지 않은 대리점에 대한 운행 Type 정의를 위해 2 단계로 이동

따라서 OVRPD의 문제에서도 마찬가지로 1-2와 1-2가 사용되지만 여기서는 순회 배송 부분에서 모든 차량이 들어 갈수 있는 Group과 특정차량만 들어 갈수 있는 Group으로 나누는 기능을 추가되기 때문에 1-1. 배송 유형을 결정하기 위한 노드 분할 단계를 수정하여 해법을 제시하였다.

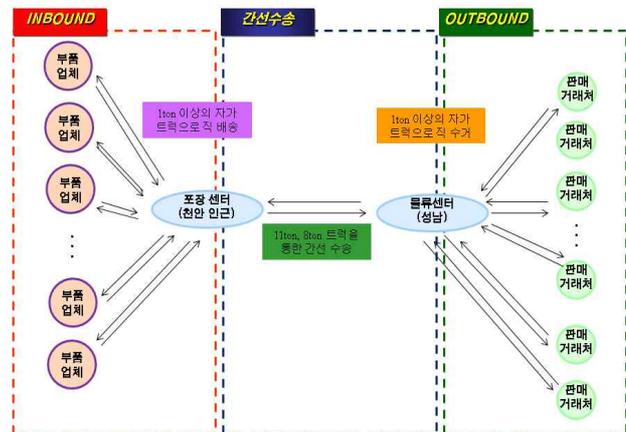
그리하여 LNP를 통해 얻은 값을 통해 OVRPD에서는 전체 차량 최소 운행 시간을 구할 수 있다. 그리하여 그 해의 값이 Feasible한지를 비교하여 만족하면, 차량 운행 최소 시간과 단위 시간당 비용과 단위 거리 당 비용을 통하여 차량 운행비용을 구하고 종료한다. 그렇지 않다면, 다시 IVRPMP 문제로 접근하여 Feasible 할 때까지 반복 시행을 한다. 또한 3-2. Outbound 차량 경로 계획 생성은 앞서 설명한 1-2. Inbound 차량 경로 계획 생성과 알고리즘이 같다.

4. S 자동차 부품센터 프로세스 적용

4.1 현행 프로세스 분석

현재 S사에서 사용하고 있는 기본 구조는 <그림 3>와 같다. 포장 센터와 물류 분배 센터를 기준으로 왼쪽의 포장센터 부분을 Inbound라고 정의를 하였으며, 오른쪽의 물류 분배 센터에서 판매 거래처인 수요지로의 부분을 Outbound라고 정의를 내렸다. 마지막으로 포장센터와 물류 분배센터간의 차량 경로를 간선으로 정의 내렸다.

먼저, 전체적인 S사 모델은 Outbound에 있는 178개의 노드들(판매 거래처)에서 생기는 수요에 따라 Inbound에서 각각 지점들인 297개의 협력업체(생산지)에서 생산을 하여 협력업체에서 소유하고 있는 자가 1톤 트럭을 이용하여 포장센터로 배송을 하며, Outbound에서는 간선을 통해 포장센터에서 물류센터로 운반된 부품들을 각 판매거래처에서 소유하고 있는 자가 트럭을 이용하여 집하하여 각 판매거래처의 고객 수요를 충족시켜 주는 구조이다.

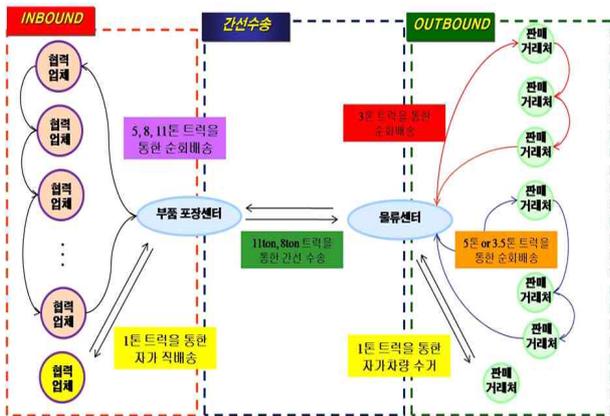


<Figure 3> Vehicle operation process in Part distribution center of S Automobile

	주문 발생	판매거래처
08:00	A/S용 부품 생산 & 포장센터로 직배송 / 포장센터에서의 혼적	부품업체 / 포장센터
12:00	간선수송	포장센터 → 물류센터
14:00	부품 분류	물류센터
14:30	주문 부품 수거	판매거래처
18:00		

<Figure 4> Hourly Process status

<Figure 4>는 S사 자동차 부품 프로세스 현황을 시간대 별로 나타낸 것이다. 주문 접수는 08:00에 종료되어 Tag발행을 하게 된다. 그리고 주문을 하달 받은 부품업체에서 포장센터로, 포장센터에서 물류 분배센터로의 간선 수송까지는 14:00까지 완료되어야 한다. 그리하여 14:00부터 물류 분배센터에서 거래처별 분류작업을 한 후, 14:30부터 판매 거래처에서 온 자가 트럭에 집하여 각 판매거래처로 출발하게 된다. 마지막으로 각 판매거래처로의 도착은 18:00까지 완료되어야 한다. 하지만, 이러한 프로세스로 인해 각 부품 업체와 판매 거래처는 자가 트럭 운임 비에 대한 부담을 가지게 되었고, 이로 인하여 불만이 증폭 되었다. 왜냐하면 경쟁사인 G사 같은 경우에는 판매거래처에 한해서 G사가 소유한 자가 트럭을 통하여 각 판매거래처에 순회배송을 함으로써 판매거래처의 운임 비에 대한 부담을 덜어주고 있는 실정이기 때문이다. 따라서 S사는 <Figure 5>에서 보는 바와 같이 차량 운행 계획을 바꾸고자 하고 있는 실정이다.



<Figure 5> Future plan of vehicle operation process

<Figure 5>에서 보는 바와 같이 S사는 Inbound에서는 5톤, 8톤, 11톤을 이용하여 각 협력업체에서 생산한 부품을 순회 집하하고, 운행거리가 먼 협력업체에 한해서는 협력업체가 소유한 자가 트럭을 이용하여 부품업체 배송하는 형태를 가진다.

Outbound에서는 3.5톤과 5톤의 차량을 가지고 물류 분배센터에 있는 부품을 각 판매거래처로 배송해준다. 여기서 지리적인 요건으로 인해 5톤 트럭이 들어가지 못하는 판매거래처는 3.5톤 트럭만으로 순회 배송을 하게끔 되어있다. 그리고 마찬가지로 운행 거리가 먼 판매거래처는 판매거래처의 자가 트럭을 이용하여 물류 분배센터에 있는 부품을 직접 집하하도록 되어있다. 여기서 S사는 직접 자가 트럭을 이용하여 집하 및 배송을 하는 부품업체 및 판매거래처에 대하여 운임 비의 15%를 지원해주도록 되어 있다.

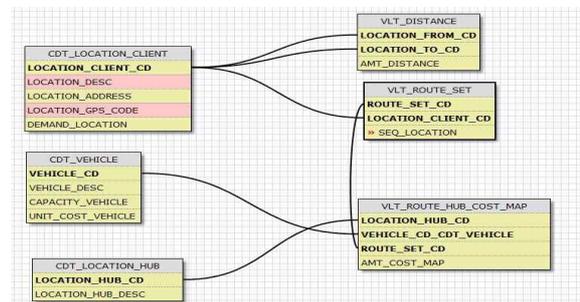
4.2 분석을 위한 가정 사항

- S사 자동차 부품 프로세스의 가정 사항은 다음과 같다.
- ① 각 차량들은 차고지를 출발하여 해당 구역 내의 모든 지점들을 방문한 후 다시 Depot으로 복귀한다.
 - ② 각 차량들은 차량의 용량에 맞춰 각 지점들을 순회 배송 해야 한다. 순회 시, 차량의 적재용량을 채우게 되면 Depot으로 돌아와야 한다.
 - ③ 각 차량들은 각각의 Depot에 도착하면 하역 및 적재 하는데 걸리는 시간이 존재한다.
 - ④ Inbound 와 Outbound에 대한 차량별로 통합 운행 시간을 10시간으로 제한되어 있다.
 - ⑤ 각 차량 종류별로 정해진 속도에 의해 운행되어진다.
 - ⑥ 차량의 적재 용량은 비록 같은 차량이라도 Inbound 와 Outbound에서 서로 다르고, 제한된 차량을 보유하고 있다.
 - ⑦ Outbound 에서 순회하는 차량들에 대해 차량 경로에 포함된 수요지점의 수요량 합은 차량의 총 적재 용량을 초과할 수 없다.
 - ⑧ 이동이 없는 차량의 발생을 허용하고 모든 수요지점의 위치는 이미 정해져 있다.
 - ⑨ Outbound에서 각 수요지의 수요량은 이미 알고 있으며, 각 Depot의 보유 차량의 종류와 대수도 알고 있다.

4.3 실제 문제 모형 구축

S사에서 대한 물동량 데이터를 확보하여 MySQL DBMS를 활용함으로써 확보된 물동량 정보를 효과적으로 분석한다. 본 연구에서는 S사의 모든 공급 사슬을 다루지 않고 천안 포장센터와 성남 물류분배센터를 중심으로 하는 일부분만 다루었다. 그리하여 선정된 센터들을 중심으로 앞서 말한 바와 같이 그 지역 내에서 사용되는 물동량 데이터를 이용하여 DB를 구축한다.

다음 <Figure 6>은 Input Data를 관리 및 처리하기 위한 DB 구축을 보여 준다.



<Figure 6> Input Data DB Framework

또한 각 지점 간의 실제 주행 시간, 거리를 활용하여 과학적 접근 수행을 위해 실제 Electric Map 지도를 통해 얻은 실제 데이터를 사용하여 지점 간 From-To Matrix를 작성한다.

본 연구에서는 앞으로 시행할 차량 운행 계획과 본 연구에서 시나리오를 통해 가장 효과적인 차량 운행 계획을 제시하고자 한다.

본 연구에서는 현재 S사에서 사용하고 있는 차량 적재율에 대한 기준이 Inbound와 Outbound에서 서로 다르게 적용된다.

다음 <Table 1>은 Inbound와 Outbound에서의 현재 S사에서 사용하고 있는 차량 적재율을 나타낸 것이다.

<Table 1> Load factor of vehicle

구분			3.5 톤	5 톤	8 톤	11 톤
차량 적재율	Inbound	적재율	50%	50%	50%	50%
		적재 CBM (CuBic Meter)	20.18	31.42	45.68	52.32
	Outbound	적재율	76%	75%	60%	60%
		적재 CBM	30.68	46.86	54.82	62.8
Network 적용	Inbound			순회배송	순회배송	
	Outbound			순회배송	순회배송	
차량 최대 적재량			40.4	62.8	90.7	104.6

또한 본 연구에서는 운임 비용은 변동비와 분당 고정비로 산출해 낸다. 여기서 변동비는 각 자동차별 연비와 유류비 및 유지보수비를 고려하여 산출해 낸 값이다. 그리고 실제 물류 회사들이 사용하고 있는 차종별 분당 고정비를 활용하여 전체 운임 비용을 산출하였다. 아래에 나타낸 <Table 2>는 운행 차량 종류별 변동비 및 분당 고정비를 나타낸 것이다. 여기서 연료비는 리터당 1,700원으로 하였다.

<Table 2> Variable cost and fixed cost per minute

(단위 : 원)

구분	운행차량				
	1톤	3.5톤	5 톤	8 톤	11톤
변동비(Km당)	270	357	403	475	618
분당 고정비	226	243	267	289	322

전체 운임 비용 계산은 전 단계까지 구해진 최소 차량 운행 시간에 의해 다음과 같은 식에 근거하여 구해진다.

운송비 계산 기준 = 지점 간 주행거리 × Km당 변동비 + 지점 간 주행시간 × 분당 고정비

운송비 산출 방법은 위에서 보는 바와 같이 크게 거리 비용과 단위당 시간 비용을 구함으로써 전체 차량 운행비용을 구할 수 있다.

4.4 대안 설정

본 연구가 제시하고 있는 모델에서 <Table 3>과 같이 크게 5가지의 대안을 고려하여 Inbound 및 Outbound에 적용하였다. 모든 지점을 순회하는 경우, 거점과 지점의 거리를 비교하여 거점별 지역을 2개로 나누는 경우, Due-Date 고려하여 순회 및 직송지점을 나누는 경우, CR(Critical ratio)을 기준으로 순회 및 직송을 나누는 경우, 마지막으로 모두 직송인 경우이다.

<Table 3> Scenarios considered in inbound and outbound

Inbound 와 Outbound에 적용되는 대안
1. 모두 순회
2. 거점과 지점의 거리를 비교하여 거점별 지역을 2개로 나눔.
3. Due-Date 고려하여 순회 및 직송
4. CR(Critical ratio)을 기준으로 순회 및 직송
5. 모두 직송

Inbound와 Outbound 단계에서 각각 투입되는 대안들의 조합은 최대 25개가 고려될 수 있다. 간선에 대한 대안까지 고려하면 조합의 크기는 한없이 커질 수 있다. 그러나 실제 문제에 적용함에 있어 대안들 간에 서로 배타적인 것이 존재한다. 따라서 이러한 상황을 고려하여 각 단계별 대안을 재구성하면 <Table 4>와 같다.

그리하여 각각의 대안에 대한 설명과 함께 현행 시행되고 있는 모델 및 앞으로 S사에서 시행하고자 하는 대안과 본 연구에서 제안하는 대안들을 개발한 휴리스틱 기법을 통해 문제의 해법에 접근하여 비교 분석을 한다.

<Table 4> Restructure of scenario

구분	Inbound	간선	Outbound
기본모델	모두 순회	1개	모두 순회
1	모두 순회	1개	CR(Critical ratio)을 기준으로 순회 및 직송
2	거점과 지점의 거리를 비교하여 거점별 지역을 2개로 나눔.	2개	모두 순회
3	Due-Date 고려하여 순회 및 직송	1개	Due-Date 고려하여 순회 및 직송
4	모두 순회	2개	거점과 지점의 거리를 비교하여 거점별 지역을 2개로 나눔.
5	모두 순회	1개	모두 직송

4.4.1 대안 1

기본 모델과 다른 점은 Outbound에서 각각의 거래 판매처들의 수요 물량이 기준 수준인 CR(Critical Ratio)와의 비교를 통해 순회 배송이 가능한 수요지점과 순회 배송이 불가능하기 때문에 직 배송해야 하는 수요지점으로 나눈다. 여기서 CR(Critical Ratio)의 기준은 전체 지점별 수요 물량의 상위 20%에 해당되는 물량을 기준으로 삼아서 순회배송 해야 하는 수요지점 과 직 배송을 해야 하는 수요지점으로 나누었다. 왜냐하면 각 수요 지점별 수요량의 상위 20%에 해당하는 물량을 기준을 삼은 이유는 앞에서 <Table 2>에서 설명한 것처럼 Outbound에서는 3.5톤과 5톤이 사용되고 Outbound에서 각각의 적재율은 75%이다. 여기서 75% 중 절반정도의 수준인 37%에 해당하는 물량의 비중이 각 Outbound에서 수요 지점별 수요량의 상위 20%에 해당하는 물량이기 때문에 기준으로 삼았다.

4.4.2 대안 2와 대안 4

기본 모델과 다른 점은 대안 2는 Inbound 포장센터인 거점을 두 개로 늘린 경우이고 대안 4는 Outbound에서 포장센터인 거점을 늘린 경우이다. 여기서는 기본 모델에서 Inbound 협력업체와 Outbound 판매거래처의 생산 또는 수요 지점들이 두 개의 거점으로 나누어 포함되어진다. 또한 각 거점과 생산 또는 수요지점간의 거리를 비교하여 각 거점에 따라 생산 또는 수요지점을 나누는 것이기 때문에 직송해야하는 생산 또는 수요지점의 개수가 줄어들게 된다. 그리하여 이로 인한 물량의 변화에 따른 비용적인 측면 및 총체적인 물류 공급 시간에 어떻게 영향을 주는지에 대해 분석하고자 한다.

4.4.3 대안 3

다른 대안들과의 차이점은 Inbound와 Outbound에서

각각의 판매 거래처 지점들의 Due-Date와 기준수준인 BT(Basic Time : 차량이 각 지점을 운행하는데 걸리는 총 시간 중 상위 20%의 시간)와의 비교를 통해 순회배송이 가능한 수요지점과 순회배송이 불가능하기 때문에 직 배송을 해야 하는 수요지점으로 나누는 것을 의미한다.

4.4.4 대안 5

기본 모델과 다른 점은 Inbound에서는 모두 순회를 하지만 Outbound에서는 모두 판매 거래처와 직 배송으로 이루어지고 있는 것이다. 직송을 고려하는 이유는 실제 S사 자동차 부품업체가 직송에 대한 전체 운임 비용 중 15%만 지원해주기 때문에 단순히 순회하는 것보다 안 좋다고만 볼 수 없기 때문이다. 따라서 기본 모델에서 Outbound의 판매 거래처인 수요 지점들이 모두 직 배송을 하기 때문에 이로 인한 물량의 변화에 따른 비용적인 측면 및 총체적인 물류 공급 시간에 어떻게 영향을 주는지에 대해 기본 모델과의 비교 분석을 하고자 한다. 이 모델은 기본 모델의 Inbound에 대한 개념이 정의 되어지며, Outbound에서는 직 배송을 하기 때문에 판매 거래처별 거리 및 시간 데이터를 가지고 비용 및 시간을 계산하였다.

5. 실험 결과 분석

S 자동차 부품회사의 실 데이터를 바탕으로 본 연구에서 개발한 휴리스틱 알고리즘과 실험 Tool로 OPL Dispatcher[11]를 사용하여 S사에서 현재 사용하고 있는 모델과 향후 고려되고 있는 모델 및 본 연구에서 구축한 대안들에 대한 실험을 수행 하였다.

본 연구는 총비용 산출 결과는 시간 비용과 거리 비용의 합으로 구하였는데, 시간 비용은 위에서 설명한 운행비용 산출과정에서 제시한 <Table 2>을 근거로 하여 분당 고정비를 통하여 구하였다. 그리고 거리 비용은 차종별 연비 및 유류비와 유지 보수비를 고려하여 계산한 변동비를 바탕으로 하여 구하였다. <Table 5>는 S사에서 현재 사용하고 있는 모델과 향후 고려될 모델 및 본 연구에서 구축한 대안들에 대한 결과 값을 산출하여 나타 낸 것이다. 각각의 대안 및 기본 모델의 결과 값을 비교한 결과, 각각의 판매 거래처 지점들의 Due-Date와 기준수준인 BT(Basic Time : 차량이 각 지점을 운행하는데 걸리는 총 시간 중 상위 20%의 시간)와의 비교를 통해 순회배송이 가능한 수요지점과 순회배송이 불가능하기 때문에 직 배송을 해야 하는 수요지점으로 나누는 대안 3의 결과 값이 가장 우수하게 나온 것을 알 수 있었다. 특히 다른 대안에 비해 Inbound에서 확연히 비용이 절감 된 것을 볼 수 있었다.

<Table 5> Results of total cost by scenarios

(단위: 원)

	Inbound	간선	Outbound	Total
실제 모델	9,268,874.1	1,004,202.0	1,345,110.000	11,618,186.0
향후 모델	5,378,969.7	1,414,412.0	1,684,208.000	8,477,589.7
대안 1	4,491,320.0	1,414,412.0	751,887.000	6,657,619.0
대안 2	6,992,708.0	3,246,648.5	1,421,770.000	11,661,126.5
대안 3	3,347,678.0	1,414,412.0	1,012,530.000	5,774,620.0
대안 4	5,781,917.6	3,246,648.5	1,279,900.000	10,308,466.1
대안 5	7,410,880.0	1,414,412.0	7,735,294.118	16,560,586.1

또한 실제 S사 자동차 부품센터에서 운영하고 있는 정책과 향후 고려될 운영 정책을 비교한 결과, 향후 모델에 대한 개선이 이루어진 것을 볼 수 있었다.

6. 결론 및 기대효과

본 연구에서는 부품을 생산하여 물류센터로 조달하는 차량 경로 문제(Inbound Vehicle Routing Problem with Makespan and Pickup : IVRPMP), 생산거점으로부터 수요거점으로 직송하는 간선 수송 경로 문제(Line-haul Network Problem : LNP), 거점으로부터 고객 수요지로 부품을 배달하는 차량 경로 문제(Outbound Vehicle Routing Problem with Delivery : OVRPD)가 동시에 고려된 PSSRP에 대한 해법을 구하고자 하였다.

본 연구에서 PSSRP 모델은 전체 차량 운행 시간과 비용을 최소화하는 것을 목적으로 하고 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해 각 단계별로 휴리스틱 알고리즘을 개발하여 문제에 접근하였다.

개발한 알고리즘의 검증 위해 S 자동차 회사의 물류 프로세스에 실제 적용하였다. 또한 실제 문제에 적용함에 있어 각 지점 간의 실제 주행 시간, 거리를 활용하여 과학적 접근 수행을 위해 실제 Electric Map 지도를 통해 얻은 실제 데이터를 사용하여 실제 278개의 생산지점과 177개의 수요지점으로 구성된 S사 물류 프로세스에 대한 지점 간 From-To Matrix를 작성하였다. 또한 ILOG Dispatcher[17,18]를 통해 실험한 결과, 본 연구에서 제안하고 있는 대안들 중 대안 3의 결과가 우수하다는 것을 알 수 있었다. 또한 향후 S사에서 시행할 물류 프로세스에 더 좋은 대안을 제안할 수 있는 기반을 만들었다고 판단되어진다. 차후 연구사항으로는 각 대안 별로 직송과 배송을 나누는데 사용된 기준에 대한 민감도 분석 및 다양한 방법을 고려한 현실성 있는 연구가 반영되어야 하겠다.

7. 참고 문헌

- [1] Yang Byung Park: "Production/Distribution Scheduling for Integrated Supply Chain Management", Journal of the Korean institute of Industrial Engineers, Vol.28, No.4, 2002, pp.443-453.
- [2] Yang Byung Park: "Integrated Production-Distribution Planning for Single-Period Inventory Products Using a Hybrid Genetic Algorithm", Journal of the Korean institute of Industrial Engineers, Vol.16, No.3, 2003, pp.280-290.
- [3] Yang-Byung Park, Hae-Soo Park: "A Genetic Algorithm for Integrated Inventory and Routing problems in Two-echelon VMI Supply Chains", Journal of the Korean institute of Industrial Engineers, Vol.34, No.3, 2008, pp.362-372.
- [4] Yun Tae Sik, Jeong Suk Jae and Kim Kyung Sup: "Vehicle Routing Problem with Delay Time in the Downtown", Journal of The Korea Society of Simulation, Vol.16, No.3, 2008, pp.39-47.
- [5] Tae-Yong Yoon, Sang-Heon Lee: "A Heuristic Algorithm for the Periodic Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem", Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society, Vo.36, No.1, 2011, pp.27-38.
- [6] Min So Won, Gyeong woo Gang: "Impacts of Delivery Vehicle Routing on Different Inventory Strategies and Network Configurations", Journal of Korean Society of Transportation, Vol.28, No.5, 2010, pp.91-106.
- [7] Sang-Cheol Lee, Jeong-Cheol Yu: "Heuristic Model For Vehicle Routing problem with Time Constrained Based on Genetic Algorithm" Journal of academia-industrial technology, Vol.9, No. 1, 2008, pp.221-227.
- [8] Yongdae Lee et al: "Hybrid Multiple Hub-and-Spoke Vehicle Routing Model for Hyundai Mobis Automotive Service Parts Transportation Planning", Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society, Vol.28, No.3, 2011, pp.1-13.
- [9] Yongsik Lee, Chungmok Lee, Sungsoo Park: "A Branch-and-price Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Dependent Travel Times", Journal of the Korean Institute of

Industrial Engineers, Vol.37, No.2, 2011, pp.144-152.

- [10] Geonwook Jeon, Jae Young Shim; "A Vehicle Routing Problem with Double-Trip and Multiple Depots by using Modified Genetic Algorithm", IE Interfaces, Vo.17, 2004, pp.28-36.
- [11] Young-Hoon Jung, Gak-Gyu Kim and Sang-Heon Lee; "Dual-Depot Heterogeneous Vehicle Routing Problem Considering Reverse Logistics", Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society, Vol.29, No.1, 2012, pp.89-99..
- [12] Sung-Chul Hong, Yang-Byung Park; "A Two-phase Method for the Vehicle Routing Problems with Time Windows", IE Interfaces, Vol.17, 2004, pp.103-110.
- [13] C. Malandraki; "Time Dependent Vehicle Routing Problem: Formulation, Properties and Heuristic Algorithm", Transportation Science, Vol.26, No.3, 1992, pp.185~200.
- [14] G.Clarke; "Scheduling of Vehicles from a central depot to a number of delivery points", Operation Research, 12, 1964, pp.568~581.
- [15] ILOG; "ILOG Dispatcher manual", ILOG, 1998.
- [16] ILOG; "Optimization technology white paper", ILOG, 1998.
- [17] F. Liu; "An overview of a Heuristic for vehicle Routing Problem with Time windows", Computer & Industrial Engineering, Vol.37, No.1-2, 1999, pp.331~334.
- [18] J. Homberger; "A Two-phase Hybrid Meta-Heuristic for the Vehicle Routing Problem with Time windows", European Journal of Operational Research, Vol.162, No.1, 2005, pp.220~238.
- [19] V. Hill; "Modeling Intra-City Time-Dependent Travel Speeds for Vehicle Scheduling Problem", Journal of Operational Research Society, Vol.43, No.4, 1992, pp.343~351.
- [20] Ping Ji, Kejia Chen; "The Vehicle Routing Problem: The case of the Hong Kong Postal Service", Transportation Planning and Technology, Vol.30, No.2~3, 2007, pp.167~182.

저 자 소 개

송 준 우



Northumbria 대학교 학사, 연세대학교에서 산업공학 석사 현재 기상청에 근무중이며, 관심 분야는 차량경로문제, 공급망 관리, 비즈니스 프로세스 관리 및 분석 등

주소: 서울시 신촌동 연세대학교 제 3공학관 431호실

김 경 섭



연세대학교 기계공학 학사, Univ of Nebraska-Lincoln 산업공학 석사, North Carolina State University 산업공학 박사, 현재 연세대학교 정보산업공학과 교수, 관심분야는 컴퓨터시뮬레이션, 메타휴리스틱, 확률모델, 공급망 관리 등

주소: 서울시 신촌동 연세대학교 제 3공학관 423호실

정 석 재



한국해양대학교 물류시스템공학과 학사, 연세대학교에서 산업공학 석사 및 박사취득, 현재 광운대학교 경영대학 경영학부 교수. 관심분야는 공급사슬 관리와 스케줄링이 주 전공이며 관심분야는 SCM, 친환경공급사슬, 가치기반 공급사슬 등

주소: 서울시 노원구 월계동 광운대학교 경영대학 경영학부 누리관 531호실