IE Interfaces
Vol. 13, No. 3, pp. 462-470, September 2000.

2-단계 공급사슬경영 시스템에서 주문배달 및 수거를 위한 차량운송계획 모델†

황 흥 석

동의대학교 기계산업시스템공학부

A Vehicle Pickup and Deliverly Scheduling with Advance Requests Tin a 2-Echelon Supply-Chain System

Heung-Suk Hwang

This paper is concerned with a vehicle routing model to assist in scheduling palletized cargo pickup and delivery so called the pickup and delivery problem with advance requests in a 2-echelon supply-chain system. In this study vehicles is dispatched and routed so that each request is picked up or delivered at its original and to its destination. The model provides point-to-point transportations based on advance requests. The assignment algorithm is developed and designed for using with on-line computers and it immediately provides arrangements to be made at the time requested. This algorithm also provides the best scheduling solutions and alternatives for both to system operators and requesters. According to this algorithm, we developed computer programs and show the sample results.

1. 서 론

최근의 새로운 정보기술이 발전됨에 따라서 대다수 수거 및 배송 관련업체들은 그들의 차량운송계획에 있어서 보다 효과적인 새로운 방법을 중요시 하고 있다. 본 연구는 지역내의 수거 및 배달을 하는 물류센터의 표준화된 화물(Palletized Cargo)의 운송계획을 위한 모델의 연구이다. 본 연구에서 고려된 시스템은 지역내의 각 고객의 배달(Delivery) 및 수거(Pick-Up)의 수요에 최소의 차량으로 효과적으로 운영하는 시스템을 위한 운송계획을 위한 연구이다. 운송예약으로부터 운송량, 운반지점, 도착지점 및 요구시간 등의 정보를 on-line system으로 예약을 받고, 회사의 운용차량, 시간(매일 운영 시간) 및 운송능력 등을 고려하여 운송예약의 서비스의 가능 여부를 실시간(real time)으로 응답해 주는 운송계획 모델의 연구이다. 우선 사용자를 위하여 전화 및 E-Mail 시스템으로 예약을 접수하고 자체의 시스템 운영 조건 등을 고려하며 운송차량을 할당하는 배치 알고리즘(assignment algorithm)의 개발하여 사용하였으며, 이를 위한 전산 프로그램을 개발하고 실제 문제에 적용하기 위하여 예제 시스템으로 99 Order와 약 2000 Pallets가 91개 분배창고 지역과 각 창고에의 배달(Delivery) 및 수거(Pick-Up)를 위한 약 50대의 차량을 운영하는 시스템을 고려하였으며, 이들 차량의 종류를 4가지까지 가능하도록 하고 최적 운송계획의 사례를 들어 보였다. 본 연구에서 고려한 문제는 일반적으로 많이 사용하고 있는 특수고객(외국 관광 여객, 특수 품목의 배달, 택시 및 관광버스)의 요구 즉시 서비스 가능 여부를 신속하게 회신해 줄 수 있는 효과를 기대할 수 있으며, 운송시간 및 운송비용의 절감효과가 크게 기대된다.

2. 배달 및 수거시스템(PDP : Pickup and Delivery Problem)

2.1 배달 및 수거시스템의 특징

PDP 시스템은 지역 물류센터에서 각 운송지역에 배달(Delivery) 및 수거(Pick-Up)를 동시에 이루어지는 물류시스템이다. 이러한 PDP 문제는 근본적으로 TSP(Travelers salesman Problem) 문제

† 본 연구는 동의대학교 물류시스템연구실의 지원으로 이루어졌음.

에 기반을 두고 있으며(Solomon, 1988) 실제 운송경로는 TSP 문제의 운송경로와 같은 경로를 따르며 다만 수거지점(Pickup Point)에서 배달지점(Delivery)으로 운반해야 하는 제한사항을 가지는 점이 다르다(Cluff, 1987). 이러한 PDP 문제의 주요 목적은 운송 총 거리의 최소화, 고객 서비스 수준의 최대화, 및 고객 요구에 부응하는 서비스 능력의 최대화 등으로 요약할 수 있다. 이러한 PDP 문제는 다음과 같은 제한사항(Constraints)들을 가지고 있다(Sexton과 Bodin, 1985) :

- 운송순서에 출발지와 도착지가 반드시 포함
- 운송시간의 제한(Time Constraint)
- 요원의 제한(운송요원의 작업시간)
- 운송능력의 제한(Capacity Constraint)
- 운송차량의 제한(Vehicle Duty)

이러한 PDP의 해는 일반적으로 TSP 문제의 해를 응용할 수 있으며 다음과 같은 방법들이 사용되고 있다(Cluff, 1985; Laporte, 1992) :

- Dynamic Programming
- Mathematical Programming
- Branch and Bound Method

<그림 1>은 TSP 문제로부터 PDP 문제로 변환하는 예를 들어 보인 것이다. 여기서 ●는 운송의 각 Node를 표시하고 $+i$는 수거(Pickup)를 표시하며 $-i$는 배달(Delivery)을 뜻한다. <그림 1>의 우측 부분이 PDP 문제이며 물류 Center에서 가장 가까운 Node 1에서 수거하고 Node 2에서 수거한 뒤 Node 1에 배달한 후 Center로 돌아오지 못하고 나머지 Node −2, +3을 끝내고 Center로 돌아오는 경로이다. 본 연구에서 고려한 PDP 시스템은 대부분의 주문을 전형적인 오전 및 오후로 구분되는 1/2일 계획을 전제로 하였으며 동의화물(주)의 운송회사의 예를 들어 보였다. 본 연구의 예제에서 고려한 화물운송 Order는 표준화된 화물의 운송요청(Order)으로 다음과 같이 3가지로 구분하여 처리하였다.

- Group 1 : 4시간이내에 운송
- Group 2 : 8시간이내에 운송
- Group 3 : 운송할 담당자에게 1일 2회 전 화로 지시(11:00 시, 15:00)

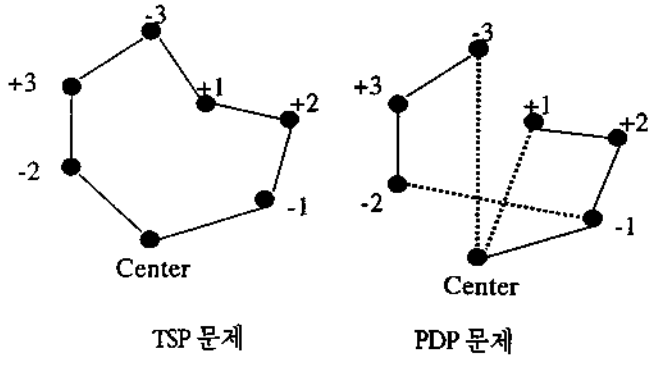

그림 1. TSP 문제의 PDP 문제로의 변환 예.

운송요구는 항상 전화로 받으며, 운송담당자는 각 운송지역에 운송할 준비가 항상 되어 있는 것으로 가정한다. 본 시스템에 고려된 운송차량의 종류는 소형트레일러(ST), 중형트럭(MT), 대형트레일러(LT) 및 대형운송트럭(LG) 등으로 구분하였으며 이들 운반차량은 각각 약어로 표기하여 사용하였다.

PDP 문제의 이론적 모델링을 위하여 먼저 단일차량 문제를 가정하고 N을 n개의 고객으로부터의 Order 수의 Set으로 정의하고, 운송차량은 물류센터에서 최초로 출발(Origin Center), +0 운송지점 i(수거 $+i$, 배송 $-i$)들에 수거 및 배달을 한 후 최종 도착지인 물류센터 −0에 도착하는 경로를 따른다. 여기서 총 운송거리를 최소화하는 문제를 정식화하였다. 이를 위하여 다음 수식을 정의한다.

$$G_N=(V_N,\ E_N)$$

여기서,

$$V_N:(+0,-0)\cup(+i,-i\mid i\in N)$$

$$E_N:((+0,-0)\cup(+0,+i)\mid i\in N)\cup\ (-0,-i)\mid i\in N)\cup E(K_{2n})$$

$E(K_{2n})$는 고객이 요구한 수거 및 배달 총 지점의 Set이다. 여기서 2고객의 경우 예를 들면,

$$|V_N|=2n+2$$

$$|E_N|=2n^2+n+2$$

2개의 고객의 경우의 PDP 문제의 가능 해의 예를 들면 <그림 2>와 같다.

여기서 모든 가능한 주어진 PDP 문제의 6가지의 가능한 Routing을 열거하면 다음과 같다.

(+0, +1, -1, +2, -2, -0), (+0, +1, +2, -1, -2, -0)
(+0, +1, +2, -2, -1, -0), (+0, +2, -2, +1, -1, -0)
(+0, +2, +1, -2, -1, -0), (+0, +2, +1, -1, +2, -0)

이러한 PDP 문제의 가능 해는 다음과 같은 4가지 조건을 만족하는 $R\in E$의 Node로 구성된다.

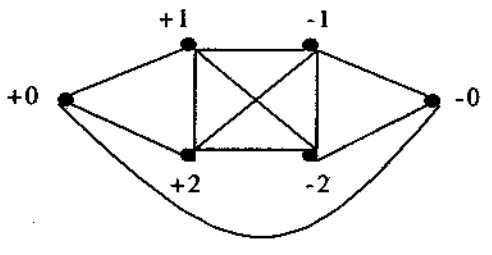

그림 2. 2고객의 PDP Routing 예.

① $(0, -0) \in R$
② $R \cap \delta(v) = 2, \forall v \in V$
③ $G(R)$가 서로 연결됨
④ 모든 고객에 대하여 $(+0, -0)$사이에 존재하는 R에서 $+i$가 $+0$과 $-i$의 Path 사이에 존재

이 중 ①에서 ③까지의 조건은 TSP 문제에도 해당되며 조건 ④는 PDP 문제에 해당되는 조건이다.

2.2 PDP 문제의 운송계획 알고리즘(PDP Assignment Algorithm)

PDP 문제의 최적 배치 방법을 위하여, 다음과 같은 고객 예약정보와 시스템 운영정보로부터 각 운송차량의 경로(Route), 각 차량의 출발 및 도착지점(Pick up, Destination Nodes)과 각 시간자료(Time Loops)들을 이용하여 최선의 운송계획을 수립하였다(Laporte, 1998). 이를 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 배치 알고리즘(Assignment Algorithm)을 개발하여 사용하였다. 본 연구에서 개발된 예약 운송시스템의 배치를 위한 알고리즘은 고객의 예약정보 및 시스템 운영정보로부터 다음 과정을 통하여 최선의 배치계획을 산정한다.

본 연구에서 고려한 PDP 문제의 운송계획은 운송요청(Order)이 다음과 같이 4단계를 거쳐서 처리되는 운송계획을 다루었다.

단계 1. 차량의 운송 배치를 위한 Node를 설정(Pickup, Destination Node)하고 각 Node 간의 시간 설정(Time Loop)을 한다.

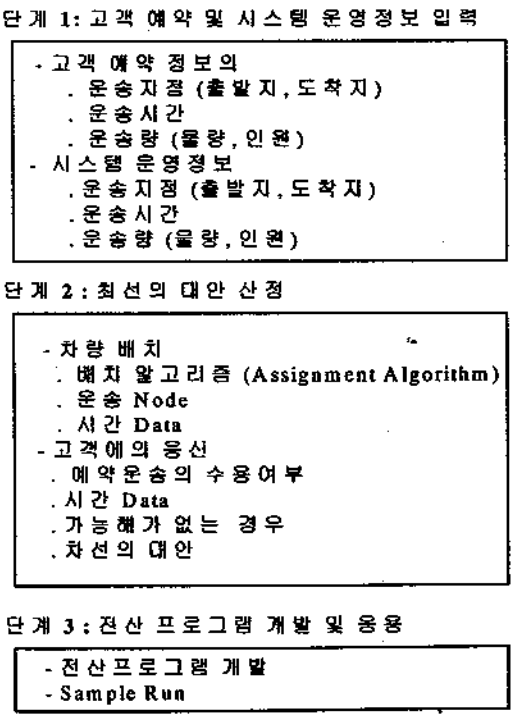

그림 3. 예약 운송시스템의 주요 단계.

$$TD_s = TS$$
$$TA_f = TD_s + TT_{s,f}$$

여기서, TD_s : Node S에서 기대 차량 출발시간
TS : 시스템의 시작 시간.
TA_f : Node f에 도착 예정 시간
$TT_{s,f}$: Node S에서 f까지의 운행시간

$$TL_f = TF$$

여기서, TL_f : Node f의 최장허용시간(Latest Allowable Time Node), 일일 작업 후 끝나는 예정시간. TF

$$TA_f \le TL_f$$

위의 알고리즘에 따라 각 Node의 시간설정의 예를 들면 다음과 같다:

- 표 1. Node의 시간계획 설정

Stop no	Node No	Node Type	기대 도착 시간 TA_i	기대 출발 시간, TD_s	최장 허용 시간 TL_f
1	s	출발지	$TS + TT_{s,f}$	TS	TF
2	f	도착지			

단계 2. 예약 요구자의 서비스 가능성 판단
- 출발 및 도착 Node의 가능성 판단
- 최적 가능 해의 도출
- 예약 운송시스템의 서비스 수준의 만족 여부 판단
- 고객의 대기시간
- 차량의 대기시간
- 운송시간
- 총 시간
- 서비스 Level

$$TE_i \le TA_i \le TL_i$$

여기서, TE_i : 최단 도착 시간.
TA_i : 기대 도착 시간
TL_i : 최장 도착 예정 시간.

$$TD_i = \text{Max}(TA_i + B_i,\ TR_i + B_i)$$
$$TE_j + TD_j + TT_{i,j}$$
$$TL_i = TR_i + W_R$$
$$TE_j = TR_i + B_i + TT_{i,j}$$
$$TL_j = TR_i + B_i + a(TT_{i,j})$$

여기서, W_R : 고객을 기다리는 여유 시간.
i = Pickup Node
a : Service Level의 상수

표 2. 새로이 삽입되는 도착 Node(예)

Stop No.	Node No.i	Node Type	Pickup량	차량내 총량	기대 도착시간 TA_f	요망시간 TR_i	적하시간 B_i	기대출발 시간, TD_i	시간 제한	
									허용 최장 시간, TE_i	허용 최단 시간 L_i
1	s	시작	$+r_i$	r_i	$TS+TT_{s,f}$	TR_i	B_i	$MAX\begin{pmatrix} TS \\ TA_i \\ TR_i \end{pmatrix} + B_i$	$TS+TT_{s,i}$ or $TRi - W_B$	$TR_i + W_r$
2	i^*	출발								
3	j^*	도착	$-r_i$		$TD_j + TT_{i,j}$		B_j	$TA_j + B_j$	$TD_j + TT_{i,j}$	$TR_i + B_i = \alpha(TT_{i,j})$
4	f	종료			$TD_j + TT_{i,f}$					

위의 조건이 만족될 경우, 새로운 Node i를 운송 계획에 삽입한다.

단계 3. Node 및 Route의 여유시간(Slack Time) 산정 다음과 같이 새로이 고려되는 Node에 대한 기존의 배치계획의 각 Node 및 Route의 여유시간을 산정하여 여유시간이 충분할 경우에만 예약이 수용 가능하다. 새로이 삽입되는 도착 Node의 예를 <표 2>와 같이 표시하였다.

Node i의 운송계획에의 삽입 기준 :

$$TE_j \leq TA_j \leq TL_j$$

여기서 여유시간은 다음 식과 같이 표시할 수 있다.

$$NS_i = TL_i - TA_i$$

i가 출발 Node일 경우의 Node의 여유는 다음과 같이 산정된다.

$NS_i = [(TR_i - TA_i) + (TD_i - TR_i)]$ if $TR_i > TA_i$

$NS_i = [TL_i - TA_i]$ otherwise

여기서, NS_i = Node 여유, $i \rightarrow$ Pickup Node일 경우

TL_i = Last allowable time for Bus On-Line

TA_i = 차량이 Node i에 도착할 기대시간

TR_i = 고객의 운송시간(Pickup)

만일 차량의 도착 기대시간이 고객의 요망시간보다 적을 경우, Node의 여유시간은 다음과 같이 구한다.

Node 여유시간 = (차량이 대기시간까지 기다리는 시간)
+ (고객의 허용 최장시점까지의 시간)

출발 Node i의 여유시간은 다음과 같이 산정한다.

$$NS_i = MAX[0, TR_i - TA_i] + [TL_i - MAX(TA_{i,TR_i})]$$

Type 1 Node 여유시간 = $MAX[0, TR_i - TA_i]$

Type 2 Node 여유시간 = $[TL_i - MAX(TA_i, TR_i)]$

단계 4. 예약 요구의 수요 여부 판단 및 배치

예약 고객의 요구사항을 수용하기 위해서 출발 Node와 도착 Node 모두가 수용 가능해야 한다. 이를 위하여 다음과 같이 알고리즘에 따른 실례를 들어 보였다.

- 시스템의 가동시간이 09:00 ~ 오후 5:00까지 운행
- 운행 정책 : 최적 차량 및 고객 대기 시간 ⇒ 5분
- 서비스 Level ⇒ 2.5분
- 고객의 활동시간 ⇒ 3분
- 차량 1대가 3개의 화물을 운반해야 한다.

2.3 가능 해의 산정

새로운 Order가 접수되면 출발 및 도착 Node 모두를 기존의 운송계획에 포함시켜야 한다. 이를 위하여 운송차량이 출발 Node에 먼저 도착하고 다음으로 도착 Node에 도착되도록 하여야 하며 새로이 추가되는 Node 들로 인하여 타 Node의 시간계획을 허용시간 이상으로 지연시키는 일이 없도록 계획하여야 한다. 이를 위하여 <그림 4>와 같이 가능 해의 산정을 위해 다음 방법을 따라 수행된다.

① 존의 모든 인접 Node들을 분석하고 새로운 수거 Node의 삽입가능성을 판단(Type i Search)하여야 하며, 기존의 Node m, n 사이에 Node i의 삽입가능성 판단을 위하여 다음 식을 고려한다.

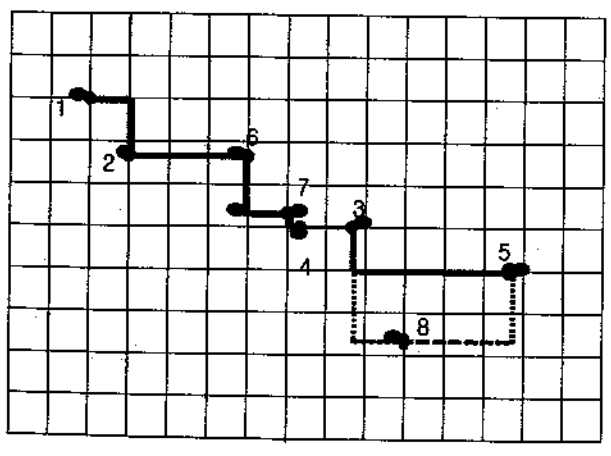

그림 4. 새로운 Node의 삽입(n_i).

<그림 4>의 예를 들면 새로운 운송 수요인 Node 8을 운송계획에 삽입하기 위하여 기존의 계획된 각 Node간에 삽입할 경우 이로 인한 총 증가시간(e_8)이 Route의 여유시간(TL_8)보다 적은 경우를 찾아 삽입한다.

$$e_8 = TT_{3,8} + \max(0, TR_8 - TA_8) + B_8 + TT_{8,5} - TT3,5$$
$$= 15 + \max[0, 145 - (127+15)] + 3 + 18 - 20$$
$$= 15 + 3 + 3 + 18 - 20 = 19$$

$$TE_i = TR_i - W_B = 140$$
$$TD_3 + TT_{3,8} = 127 + 15 = 142$$
$$TL_8 = 145 + 5 = 150$$
$$e_8 < R.S_5;\ TE_8 < TD_3 + TT_{3,8} < TL_8$$
$$TE_i \le TA_i \le TL_i$$

즉, 증가시간이 여유시간보다 같거나 적어야 한다.

$$e_i \le R \cdot R_n$$

여기서, $R \cdot R_n$: Route 여유시간

② 첫 번째 Node를 중심으로 관련된 모든 인접 Node에 도착 Node의 삽입가능성을 판단한다.

이는 기존 운송계획을 조정하여 임시적인 시간 Loop를 고려하여 가능하다.

(Type Ⅱ Search) j Node가 p와 q Node사이에 삽입 가능할 경우, $TE_j \le TA_j \le TL_j$

여기서 p, q Node사이에 j Node가 삽입됨으로 인한 증가되는 시간은 $e_j \le R \cdot S_q$ 이다.

③ 시스템비용

시스템비용의 차이는 운행시간의 차이에 관련이 큰 것으로 보고 시간차이를 산출하여 비교하였다. m, n Node사이에 출발 Node i를 삽입하고 p, q Node 사이에 도착 Node j를 삽입할 경우, Node m에서 Node n으로, Node p에서 Node q로 직접 갈 경우보다 증가하는 시간을 산출하면 다음과 같다.

$$X = (TT_{m,i} + TT_{i,n} - TT_{m,n}) + (TT_{p,q} + TT_{j,p} - TT_{p,q})$$

④ 기존 예약고객에 대한 서비스

기존 예약고객들이 새로이 삽입되는 Node들로 인하여 기다리게 되는 시간을 산출하여 비교한다.

$$Y = \frac{\sum_{n=1}^{n+1} \max[(TA_{n_i} - TR_{n_i}), 0] - \frac{\sum \max[(TA_{n_i} - TR_{n_i}), 0]}{n}}{n+1}$$

또한 실제 시스템에서 있을 총 시간과 새로운 고객이 들어오지 않을 경우 직접 갈 경우의 총 시스템 시간과의 비율의 변화를 다음과 같이 고려하였다.

$$Z = \frac{\sum_{n=1}^{n+1} \frac{TA_{n_i} - TR_{n_i}}{TT_{n_i,n_j}}}{n+1} - \frac{\sum \frac{TA_{n_j} - TR_{n_i}}{TT_{n_i,n_j}}}{n}$$

여기서 최선의 대안선정은 다음 수식에서 이루어질 수 있다.

$$\text{Min } F_{A,B,C} = AX + BY + CZ$$

여기서 A, B, C는 가중치로서 Simulation 등에 의하여 구할 수 있다. 운송스케줄에서 가능 해를 구하지 못할 경우(Infeasible Solution), 예약고객은 차선의 대안 선택 또는 예약을 수용하지 못하는 경우가 발생한다. 이때에 모든 가능한 대안검토를 위하여 다음 과정의 분석을 한다.

⑤ 모든 인접 Node간의 새로운 Node 삽입 가능성을 검토한다. Node m, n 사이에 새로운 Node i의 삽입 가능성을 검토한다. m, n Node 사이에 Node i를 고려할 경우 총 증가시간은 다음과 같다.

$$e = TT_{m,i} + B_i + TT_{i,n} - TT_{m,n}$$

$e \le RS_n$인 경우 새로운 Node는 삽입 가능하다.

2.4 전산 프로그램 개발

위의 배달 및 수거문제의 운송계획 알고리즘에 따라서 다음과 같이 전산프로그램을 개발하였고 Sample 문제를 통하여 본 모델의 실용화의 가능성을 보였다. 본 프로그램의 흐름도를 <그림 5>와 같이 표시하였다. 위의 운송계획산정의 방법에 따라서 산출된 계획을 운반지시를 하여 운송차량을 할당하는

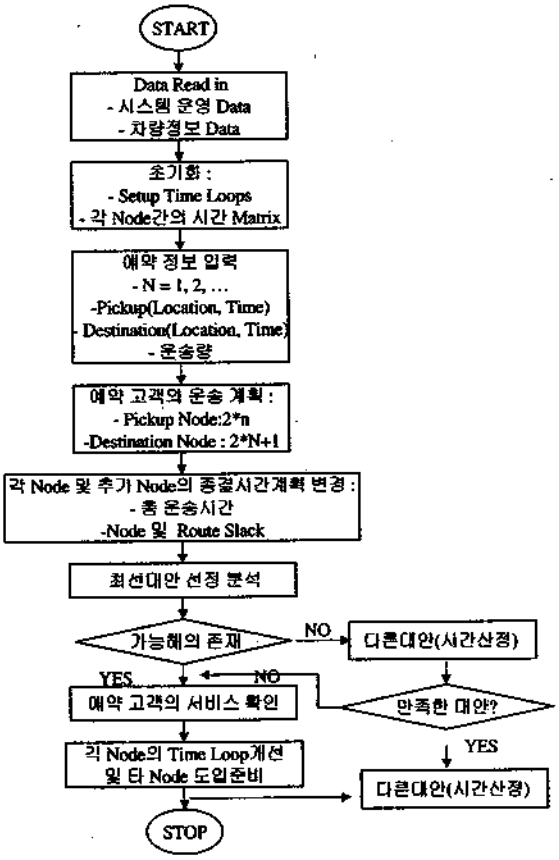

그림 5. 차량운송계획모델의 흐름도.

예를 들면 다음과 같다. 본 연구에서 사용된 기호는 다음과 같다.

Pick-up: △, 창고: ○, 운반: ▽, 운반방향: →, 지시: ☎

a) 모든 Type의 차량의 운반 할당

☞차량의 Type

ⓐ→	ⓑ→	ⓒ
△☎1	▽☎1	▽☎3
△☎2	▽☎2	▽☎4
	△☎3	
	△☎4	

b) 소형트레일러의 운반할당

☞ 트레일러형 차량

ⓐ→	ⓑ→	ⓒ→	ⓓ
△☎1	△☎2	△☎3	▽☎1
			▽☎2
			▽☎3

c) 중형트럭의 운반 할당

☞다른 출발지 → 동일 도착지

ⓐ→	ⓑ→	ⓒ→	ⓓ→	ⓔ→	ⓕ
△☎1	△☎2	△☎4	▽☎1	▽☎2	▽☎2

d) 대형 트레일러/대형 차량

ⓐ→	ⓑ→	ⓒ→	ⓓ
△☎1	▽☎1	▽☎2	▽☎4
△☎2	△☎4	▽☎3	
△☎3			

3. 모델의 응용

본 모델을 동의화물(주)의 부산지역 화물운송계획 문제에 응용하였다. 동의화물(주)은 pallet 단위의 표준화된 화물을 운송하며 <표 3>과 같이 4가지 종류의 7대 차량으로 운반하며 부산지역의 분배창고들에 운송하는 계획을 세우려고 한다. 모두 58건의 운송요청(Order)을 받았다.

본 예제에서는 <부록 1>에서와 같이 1개소의 물류센터(동의화물(주))와 9개의 지역의 92개소의 수요지(분배지)를 고려하였으며 각 수요지의 위치를 고려하였으며 운송지역의 배치도를 <그림 6> 같이 표시하였다. 본 PDP 계획 모델의 적용결과 중 중소형트레일러(ST-1 ~ST-2) 및 중형트럭의 각 차량별 일일 운송계획을 <표 4> 및 <표 5>와 같이 요약하였다.

4. 결 론

본 연구는 1개의 중앙물류센터와 지역 내에 산재해있는 여러 개의 분배창고(Warehouse)로 구성된 2단계 공급사슬경영 시스템에서 제한된 운송차량과 각각의 운송능력으로 수거 및 배달

표 3. 가용차량 Data

차량종류	가용 대수	운송능력	운송가능시간
1. 소형트레일러(ST)	3	7 pallets	240:00분
2. 중형 트럭(MT)	1	12 pallets	240:00분
3. 대형 트레일러(LT)	1	14 pallets	240:00분
4. 대형차량(LG)	2	10 pallets	240:00분
계	7		

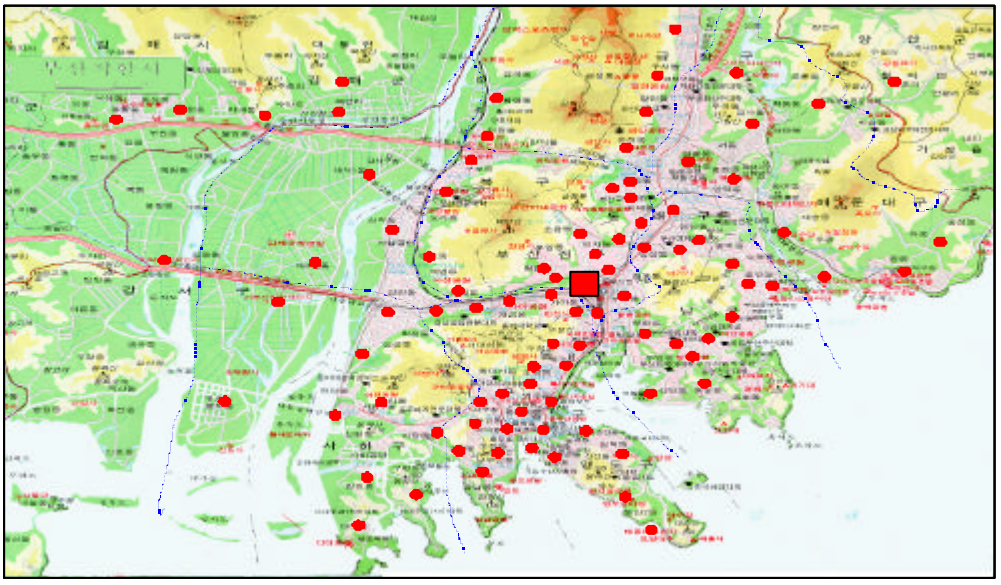

그림 6. 동의화물(주) 운송지역 배치도.

표 4. 소형트레일러의 운송계획(ST-1~ST-2)

Vehicle = ST-1
Start Time = 800.
Date 2000. 6. 20

Stop	Site	Time	Deliver	Pickup	Order	Stay Time
1	D-4	809		7	45	3
2	S-1	814	7		45	3
3	C-1	823		7	36	3
4	J-17	838	7		36	3
5	S-6	853		1	54	2
					52	1
6	S-8	857		3	12	3
7	J-15	911	1		54	2
8	J-17	915	1		52	2
				3	12	1
9	D-5	941		5	31	3
10	D-8	1006	5		31	3
11	D-6	1011		2	56	2
12	D-4	1015		2	44	2
13	D-1	1019		1	32	2
14	J-17	1044		2	56	2
			2		44	1
			1		32	1
15	D-1	1110		2	34	2
16	D-4	1114		1	46	2
			1		46	1
17	G-4	1143	2		34	2

Route Ended
Location = S-11
Time = 1211
No of Pallets moved = 32

Vehicle = ST-2
Start Time = 800.
Date 2000. 6. 20

Stop	Site	Time	Deliver	Pickup	Order	Stay Time
1	D-4	809		7	49	3*트렐라
2	C-3	818	7		49	3*트렐라
3	D-4	834		7	49	3*트렐라
4	C-3	839	7		49	3*트렐라
5	D-4	855		7	49	3*트렐라
6	C-3	900	7		49	3*트렐라
7	D-4	916		7	49	3*트렐라
8	C-3	921	7		49	3*트렐라
9	D-6	937		7	23	3*트렐라
10	J-17	1000	7		23	3*트렐라
11	D-6	1026		4	23	3*트렐라
12	J-17	1031	4		23	3*트렐라

Route Ended
Location = S-11
Time = 1045
No of Pallets moved = 39

Vehicle = ST-3
Start Time = 800.
Date 2000. 6. 20

Stop	Site	Time	Deliver	Pickup	Order	Stay Time
1	D-6	809		7	25	3*트렐라
2	G-4	838	7		25	3*트렐라
3	D-6	908		4	25	3*트렐라
4	G-4	912	4		25	3*트렐라
5	D-6	942		7	25	3*트렐라
6	A-7	953	7		25	3*트렐라
7	D-6	1026		4	25	3*트렐라
8	A-7	1030	4		25	3*트렐라

Route Ended
Location = S-11
Time = 1053
No of Pallets moved = 22

표 5. 중형트럭(TR-1)의 운송계획

Vehicle = ST-1
Start Time = 800.
Date 2000. 6. 20

Stop	Site	Time	Deliver	Pickup	Order	Stay Time
1	S-5	802		12	8	12
2	S-10	815	12		8	12
3	S-5	828		12	11	12
4	D-8	846	12		11	12
5	D-5	900		11	28	11
6	D-7	912	11		28	11
				11	38	9
7	S-1	938	11		38	11
8	S-8	951		11	13	11
9	S-7	1003		1	53	3
10	S-1	1008	1		53	3
			11		13	9
11	S-5	1021		11	10	11
12	J-15	1042	11		10	11
13	D-5	1113		11	30	11
14	S-13	1134	11		30	11
15	D-5	1151		11	29	11
16	C-2	1213	11		29	11

Route Ended
Location = S-11
Time = 1227
No of Pallets moved = 91

(Pickup and Delivery)문제를 위한 알고리즘을 개발하고 최소시간(비용)을 전제로 하는 운송계획을 수립하는 알고리즘을 개발하였다. On-Line System으로 예약을 받는 즉시 고객이 요구하는 서비스의 가능 여부를 결정하고, 서비스를 할 수 없을 경우 차선의 대안을 제시하도록 하여 시스템 운영의 융통성을 고려

하였다. 또한 본 모델의 사용자를 위하여 전산 프로그램을 개발하고 예제를 들고 Sample 출력을 보였다, 본 모델을 실무에 응용하기 위하여 도시지역의 교통과 관련된 실제 Data를 획득하고 보완 연구될 경우 실용모델로 활용될 수 있으리라 생각된다.

참고문헌

Cluff, C. K. (1987), Minimization of Tardiness in Many-to Many Pickup and Delivery Systems, *Ph. D. Thesis*, Case Western Reserve University.

Laporte, G. (1992), The Vehicle Routing Problem : An Review of Exact and Approximate Algorithms, *European J. Oper. Res.* 59, 345-358.

Laporte, G. and Nobert, Y. and Desrochers, M. (1998), Optimal Routing under Capacity and Distance Restrictions, *Oper. Res.* 1050-1073.

Sexton, T. R. and Bodin, L. D. (1985), Optimizing Single Vehicle Many-to-Many Operations with Desired Delivery Times : Ⅰ, Scheduling, *Transportation Sci.* 19(4), 378-410.

Sexton, T. R. and Bodin, L. D. (1985), Optimizing Single Vehicle Many-to-Many Operations with Desired Delivery Times : Ⅱ, Routing, *Transportation Sci.* 19(4), 411-435.

Solomon, M. M. (1988), Time Windows Constrained Routing and Scheduling Problems, *Transportation Sci.*, 22, 1-13.

부록 1. 동의화물(주) 운송지역 분배지 위치목록

지역구분		
순위	분배지(창고)	기능
동래 지역		
1	D - 1	지역분배센터
2	D - 2	지역분배센터
3	D - 3	지역분배센터
4	D - 4	지역분배센터
5	D - 5	지역분배센터
6	D - 6	지역분배센터
7	D - 7	지역분배센터
8	D - 8	지역분배센터
9	D - 9	지역분배센터
10	D - 10	지역분배센터
11	D - 11	지역분배센터
12	D - 12	지역분배센터
13	D - 13	지역분배센터
14	D - 14	지역분배센터
서면 지역		
15	S - 1	지역분배센터
16	S - 2	지역분배센터
17	S - 3	지역분배센터
18	S - 4	지역분배센터
19	S - 5	지역분배센터
20	S - 6	지역분배센터
21	S - 7	지역분배센터
서면 지역		
22	S - 8	지역분배센터
23	S - 9	지역분배센터
24	S - 10	지역분배센터
25	S - 11	물류센터(서면로터리)
26	S - 12	지역분배센터
27	S - 13	지역분배센터
28	S - 14	지역분배센터
29	S - 15	지역분배센터
30	S - 16	지역분배센터
31	S - 17	지역분배센터
해운대 지역		
32	H - 1	지역분배센터
33	H - 2	지역분배센터
34	H - 3	지역분배센터
35	H - 4	지역분배센터
36	H - 5	지역분배센터
37	H - 6	지역분배센터
38	H - 7	지역분배센터
39	H - 8	지역분배센터
40	H - 9	지역분배센터
구서 지역		
41	G - 1	지역분배센터
42	G - 2	지역분배센터
43	G - 3	지역분배센터
44	G - 4	지역분배센터
45	G - 5	지역분배센터
46	G - 6	지역분배센터
사상지역		
47	C - 1	지역분배센터
48	C - 2	지역분배센터
49	C - 3	지역분배센터
중앙동 지역		
50	J - 1	지역분배센터
51	J - 2	지역분배센터
52	J - 3	지역분배센터
53	J - 4	지역분배센터
54	J - 5	지역분배센터
55	J - 6	지역분배센터
56	J - 7	지역분배센터
57	J - 8	지역분배센터
58	J - 9	지역분배센터
59	J - 10	지역분배센터
60	J - 11	지역분배센터
61	J - 12	지역분배센터
62	J - 13	지역분배센터
63	J - 14	지역분배센터
64	J - 15	지역분배센터
65	J - 16	지역분배센터
66	J - 17	지역분배센터
67	J - 18	지역분배센터

지역구분		
순위	분배지(창고)	기능
중앙동 지역		
68	J - 19	지역분배센터
69	J - 20	지역분배센터
70	J - 21	지역분배센터
71	J - 22	지역분배센터
72	J - 23	지역분배센터
73	J - 24	지역분배센터
74	J - 25	지역분배센터
75	J - 26	지역분배센터
사하지역		
76	A - 1	지역분배센터
77	A - 2	지역분배센터
78	A - 3	지역분배센터
79	A - 4	지역분배센터
80	A - 5	지역분배센터
81	A - 6	지역분배센터
82	A - 7	지역분배센터
83	A - 8	지역분배센터
84	A - 9	지역분배센터
85	A - 10	지역분배센터
김해 지역		
86	I - 1	지역분배센터
87	I - 2	지역분배센터
88	I - 3	지역분배센터
89	I - 4	지역분배센터
90	I - 5	지역분배센터
91	I - 6	지역분배센터
기장 지역		
92	K - 1	지역분배센터

황 홍 석
육군사관학교 이학사
한국과학기술원 산업공학과 석사
한국과학기술원 산업공학과 박사
현재: 동의대학교 산업공학과 교수
관심분야: 물류시스템, 공장계획 및 무기체계 분석