

GIS를 기반으로 한 시간제약을 가진 주문배달 및 수거운송계획모델 Pickup and Delivery Scheduling with Time Constraints Using GeoDatabase

황 홍석*, 조 규성
 Heung-Suk Hwang, Kyu-Sung Cho

동의대학교 산업공학과
 614-714 부산시 부산진구 가야동 산24
 Tel : 051-890-1657, E-Mail : hshwang@hyomin.dongueui.ac.kr

Abstract

최근의 새로운 정보기술이 발전됨에 따라 대다수 수거 및 배송관련업체들은 효과적인 차량운송계획에 대한 새로운 방법을 모색하고 있다. 본 연구는 주문배달 및 수거를 수행하는 택배시스템 내에서 효과적인 차량운송계획을 수행하기 위한 GIS시스템을 응용한 연구로서, 고객의 요구시간제약과 화물의 수거 및 배달을 동시에 고려한 최적운송경로시스템을 개발하였다. 이를 위해 GeoDatabase를 기반으로 한 차량운송계획 프로그램을 개발하고, 이를 GIS시스템(ArcLogistics Route)에 적용하여 물류센터와 고객간의 차량운송계획 및 운송정보시스템을 구현하였으며, 부산지역의 수산물류운송계획에 적용하였다.
Keyboards : Pickup and Delivery Problem, GIS, GIS-PDP

1. 개요

본 연구는 최근의 정보기술이 발전됨에 따라 화물 운송문제에 지리정보시스템(GIS geographical Information System)을 응용하여 화물의 수거 및 배달문제(Pickup and Delivery Problem, PDP)를 개선한 논문이다. 지금까지의 화물운송이론을 위주로 한 운송 및 수거문제에서는 거리산정 방법과 화물의 수거 및 배달지역의 위치와 이동경로 등 실지형정보를 고려하지 못하고 많은 가정사항을 전제로 연구하여 왔었다. 예를 들면 두 지점간의 거리는 일반거리산정방법, lp -Distance를 사용하였으며 파라미터값 p 가 2일 경우 직선거리, 1일 경우 직각거리로 산정 되었으나, 실제 지형을 고려한 여건을 모두 구현하지 못하였다. 지형에 따른 거리의 차이가 매우 크며, 교차로의 우 좌회전 과 단일로 등 실제 GIS상에서의 GeoDataBase를 고려할 경우 기존의 연구 결과는 많은 문제점이 있다. 또한 물류센터 및 고객의 위치와 운송경로 등 현실적인 지형여건을 고려한 시각화 구현이 어려우며 실제 운송과정의 정보를 구할 수 없었다.

본 연구에서는 이러한 지형여건의 문제를 고려하기 위하여 GIS를 이용하였으며, 기존의 화물배달시스템을 배달 및 수거시스템으로 확장한

GIS-PDP Model을 개발하였다. 이를 위하여 다음 그림과 같이 GIS기반의 거리산정 방법과 운송 및 배달시스템의 기본 이론을 전개하고 이를 구현하기 위하여 ArcLogistic을 사용한 전산 프로그램을 개발하였다. 본 연구의 결과를 응용한 사례를 들고 Sample 출력을 보였다. 또한 본 연구는 지형 Data Base 구축되고 본 프로그램의 추가 연구가 될 경우 지금까지의 실 지형요소를 고려하지 못하던 요

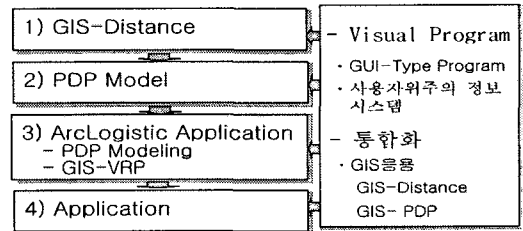


그림 1. GIS기반의 배달 및 수거모델의 연구구조

소들을 고려함으로써 보다 현실적인 화물 운송 및 수거 모델로 활용할 수 있도록 연구될 것이다.

2. GIS-Distance

최근의 새로운 정보기술의 발전에 따라 대다수의 국내외의 수 배송관련 업체들은 빠른 서비스를 요구하는 수요자 주문의 비중이 커져 가는 물류시장의 변환에 대처하기 위하여, 서비스 능력의 향상과 효율적인 차량관리를 위해서 자동차량위치조회

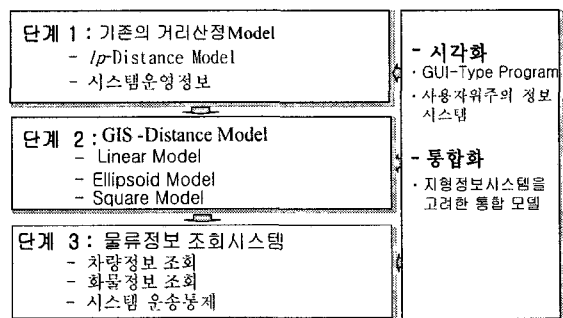


그림 2. 거리산정모델의 구조

시스템, AVL(GIS, GPS 및 TRS)기반의 정보통신 기술을 이용하여, 차량운송업무를 개선하려고 노력하고 있다. 본 연구에서는 먼저 그림 2와 같이 거리산정을 위한 일반거리산정방법을 고려하고, 이동구간의 특성 즉 직각, 직선, 단 방향 및 기타 특성들을 고려하는 계수 p 를 도입한 일반거리(lp -Distance)의 산출 방법을 사용하였으며, 사용자 환경을 고려한 대화형식의(GUI Graphic User Interface) 전산 프로그램을 개발하였다. 산출된 거리를 설비계획(배치 및 운영)에의 영향을 비교 분석하기 위하여 차량운송계획문제(VRP : Vehicle Routing Problem)에 적용하고 동일한 지점(Node)들의 최적운송계획 문제를 각기 다른 이동환경(다른 값의 p 에 따른 최적 이동거리를 구하고 p 값의 변화에 따른 영향을 분석한 결과를 보였다. 다음으로 기존의 거리산정방법인 일반거리산정방법(lp -Distance)을 개선하여 운송도로의 지형적인 요소들을 고려한 GIS기반 하에서 거리산정방법(GIS-Distance)을 제안하고 이를 위한 3 가지의 휴리스틱 방법의 전산프로그램을 개발하여 GIS SW에 보와 하였다. 또한 차량 및 화물정보를 GIS환경에서 실시간으로 조회해 볼 수 있도록 하였으며, 입출력자료와 차량 및 화물정보 조회결과를 GIS환경에서 구현하도록 하였다. 본 연구의 주요 내용을 요약하면 다음 과 같다 :

- 기존의 거리산정모델인 lp -Distance를 GUI-Type 프로그램을 개발,
- GIS기반의 거리 산정 및 전산프로그램 개발과 구현,
- 수거 및 배달운송계획
- 수요자 요구시간 및 운송차량 종류를 고려한 운송 및 수거계획
- 차량 및 화물조회 시스템,
- GIS 환경 하에서의 물류정보의 시각화구현, 물류센터의 위치, 수요자의 위치, 운송경로 차량 및 화물정보조회 결과의 시각화 구현.

2.1 기존의 거리산정방법

물류시스템계획에 활용할 수 있는 일반적인 거리산정방법은 거리산정에 고려되는 요인들에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다:

- 맨하탄거리(Manhattans's Distance),
- 시간거리(Time Distance)
- 실측거리(Physical Distance)
- lp -Distance
 - 직선거리(Euclidean Distance)
 - 직각거리(Rectilinear Distance)

즉 두 지점 $A(x, y)$ 및 $B(a_i, b_i)$ 에 위치한 두 지점간의 거리를 이동구간의 도로환경요인 p 값을 고려한 거리산정 공식을 정의하면 아래와 같다.

$$d(A, B) = (|x - a_i|^p + |y - b_i|^p)^{\frac{1}{p}} \text{ -----(1)}$$

그림 3에서 p 값의 특수한 경우를 들어 보였다. $p=1$ 인 경우는 직각거리(Rectilinear Distance), $p=2$ 인 경우는 직선거리(Euclidean Distance)이다.

사용자가 쉽게 거리를 산정할 수 있도록 지역의 특성 및 이동통로의 환경요인에 따라 p 값을 예측하여 사용할 수 있으며 GUI-Type의 전산프로그램을 개발하였다. 그림 5는 lp -Distance의 산정을 위

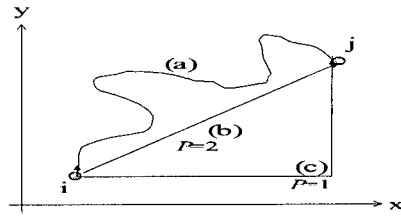


그림 3. 이동구간환경(p)에 따른 거리비교

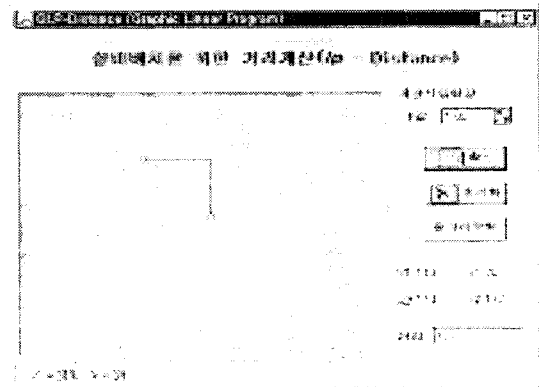


그림 4. lp -Distance의 직각거리 산정 예:

한 전산프로그램 초기화면을 보이고 있으며 그림 4는 직각거리의 산정 결과를 보이는 화면이다.

본 거리산정 방법을 차량운송계획문제에 응용하고 운송 구간의 거리산정 파라미터 p 의 최적 운송계획에 미치는 영향을 비교하였다. 유전자 알고리즘

표 1. p 값의 변화에 따른 최적 운송거리

Node \ p	$p=1.0$	$p=1.5$	$p=2.0$	$p=2.5$
10	251.4	217.1	205.7	200.7
30	650.4	548.2	521.4	477.7
50	957.4	928.6	926.0	815.6
100	1961.4	1891.2	1595.5	1353.8

(GA : Genetic Algorithm)을 사용하여 고객의 서비스 시간을 고려하여 차량 운송거리를 최소화하는 VRP(Vehicle Routing Problem)모델을 개발하고 이에 운송 구간의 p 값의 변화에 따른 최적 운송계획의 변화를 표 1과 같이 비교하였다. 표 1에서 p 값을 1.0에서 2.5까지 변화시키면서 Node를 각각 10, 30, 50 및 100의 경우의 각 VRP문제의 최적 해를 비교하였다. $p=1.0$ 일 경우 Node 30인 VRP문제의 최적운송거리는 650.41이나 $p=2.0$ 일 경우는521.4로 매우 적은 값을 가진다.

2.2 GIS기반의 거리산정 방법 (GIS-Distance Model)

본 연구에서는 GIS기반의 거리산정을 위하여 다음과 같은 3 가지의 방법을 사용하였다:

1) 선형 모델(Linear Model)

이는 주어진 지역의 Digital Map상의 두 지점간의 거리산정을 위하여 시작점(Starting Point)과 도착점(End Point)간의 중간 경유지점(Road Data상의 가능한 지점)을 모두 검색하기보다 두 지점을 연결한 직선에서 가까운 중간 점들을 연결하여 Road Data Base로부터 각각의 거리정보를 구하여 산출하는 방법이다. 이러한 시작점, 중간 점 및 도착점들은 GIS Software에서 구현되며 결정된 경로(시작점, 중간 점 및 도착점들의 연결)역시 GIS환경에서 표시될 수 있도록 하였다. 이를 표시하면 그림 5와 같다.

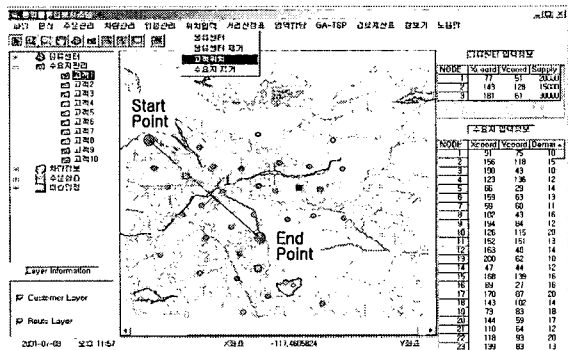


그림 5. 선형방법에 의한 거리산정

2) 타원형 모델(Ellipsoid Model)

이는 시작점(Starting Point)과 도착점(End Point)간의 중간경유지점(Road Data상의 가능한 지점)을 모두 검색하기보다 두 지점을 연결한 타원형 내의 중간 점들을 조합하여 Road Data Base로부터 각각의 거리를 구하여 최소거리를 산출하는 방법이다. 타원형모델은 한 지점에서 다른 지점까지의 최단 경로를 산정 하는 과정에서 목적지까지 도달하는 모든 가능한 경로를 검색하는 대신 목적지를 포함하는 일정 영역을 선택하여 그 영역 내에 포함된 노드와 아크를 확인한 후 목적지까지의 도달 가능한 경로를 구성한 후 각 경로당 거리를 산출하여 최단 경로를 구한다.

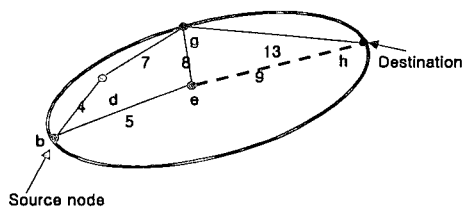


그림 6. 타원체 영역선택방법에 의해 선택된 경로

그림 6에서 타원체 영역선택방법에 의해서 형성되어진 타원체 안에 포함된 다음 모든 노드와 아크에 부여된 값을 DB로부터 구한다, 즉 노드는 b, d, e, g, h이고 아크는 4, 5, 7, 8, 13이다. 일단 영역 안에 포함된 노드가 확인되면 휴리스틱 방법인, NBR(Next-Next Best Rule)방법을 사용하고 최종 노드로부터 출발지까지 Backward 방법으로 GIS상의 실제 연결된 최단 경로를 찾는다. Backward에 의한 구성 가능한 경로는 표 3과 같다.

3) 사각형 모델(Square Model)

이는 시작점(Starting Point)과 도착점(End Point)

간의 중간 경유지점(Road Data상의 가능한 지점)을 모두 검색하기보다 두 지점을 대각선으로 연결한 사각형 내의 중간 점들을 조합하여 Road Data Base로부터 각각의 거리를 구하여 최소거리를 산출하는 방법이다. 위의 두 가지 모델을 표시하면 그림 7과 같다. 사각형모델(Square Method)은 한 지점에서 다른 지점까지 최단경로를 찾아가는 알고리즘에 있어서 타원체영역 선택방법과 동일하다.

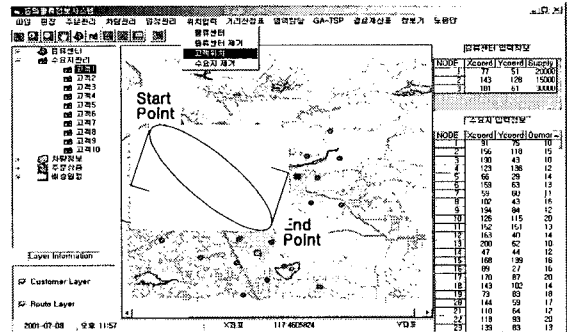


그림 7. 타원형 및 사각형 모델

다만 거리산정 시 시점과 종점간의 경로선택의 경우의 수가 많으며 따라서 최단 거리산정을 위한 시간이 많아지는 단점이 있다. 그림 8은 직사각형체 영역 선택방법에 의해 형성되어진 직사각형안에 경로구성 가능 노드와 아크의 예를 보여주고 있다.

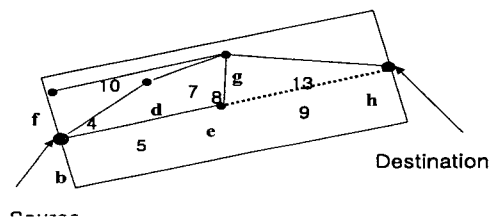


그림 8. 직사각형 방법에 의한 경로

각 선택되어진 노드와 아크에서 거리DB로부터 휴리스틱 방법에 의해 경로구성 트리를 구성한다. 직사각형체 영역 선택방법에 포함된 노드는 b, d, e, f, h 와 아크는 4, 5, 7, 8, 9, 13이고 새로 추가된 영역 내에 노드 f와 아크 10이 영역 안에 존재함을 확인할 수 있다. 거리산정 과정은 타원체영역 선택방법에 의한 계산 값과 동일한 결과가 도출됨을 알 수 있다. 그러나 계산과정에서는 타원체영역 선택방법이 보다 빠른 시간 내에 해를 도출한 반면 선택영역의 제한으로 다른 가능 해의 배제 성을 남겨 놓고 있다.

3. GIS기반의 배달 및 수거시스템

(GIS-PDP : GIS-based Pickup and Delivery Problem)

3.1 PDP 시스템

PDP시스템은 지역 물류센터에서 각 운송지역에 배달(Delivery) 및 수거(Pick-Up)를 동시에 이루는 물류시스템이다. 이러한 PDP문제는 근본적으로 TSP문제에 기반을 두고있으며 실제 운송경로는 TSP문제의 운송경로와 같은 경로를 따르며 다

만 수거지점(Pickup Point)에서 배달지점(Delivery)으로 운반해야하는 제한사항을 가지는 점이 다르다. 이러한 PDP문제의 주요 목적을 요약하면 다음과 같다 :

- 운송 총 거리의 최소화
 - 고객 서비스수준의 최대화
 - 고객 요구에 부응하는 서비스 능력의 최대화
- 또한 PDP문제의 주요 제한사항(Constraints)을 들면 다음과 같다 :

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

이러한 PDP의 해는 일반적으로 TSP문제의 해를 응용할 수 있으며 다음과 같은 방법들이 사용되고 있다 :

- Dynamic Programming
- Mathematical Programming
- Branch and Bound Method

그림 9는 배송 및 수거문제를 통합하여 PDP문제로 변환하는 예를 들어 보인 것이다.

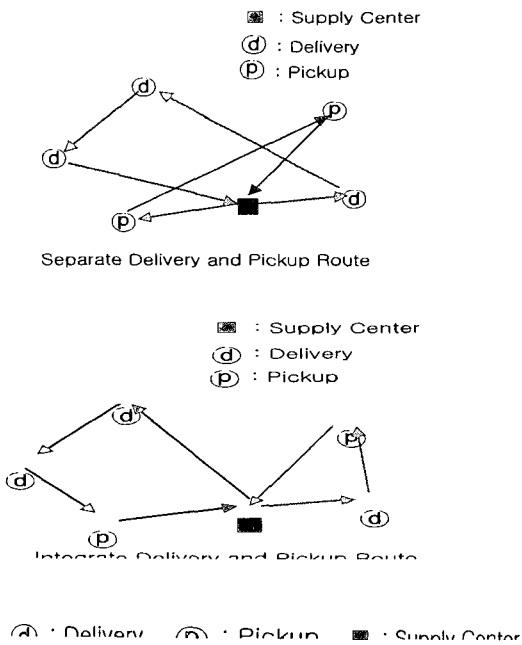


그림 9. 통합 PDP 문제 예:

여기서 \textcircled{p} 는 수거(Pickup)를 표시하며 \textcircled{d} 는 배달(Delivery)을 뜻한다. 그림 9의 아래 부분이 통합 PDP문제이다. 이는 위 측의 배달 및 수거의 별도 문제를 PDP문제로 통합하였다. 본 연구에서 고려한 PDP시스템은 대부분의 주문을 전형적인 오전 및 오후로 구분되는 1/2일 계획을 전제로 하였으며 동의화물(주)의 운송회사의 예를 들어 보였다.

3.2 수거 및 배달 운송계획

(PDP Routing Scheduling)

PDP문제의 정식화(Formulation)를 위하여 먼저 단일차량 문제를 가정하고 N을 n개의 고객으로부

터의 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 -id 도착하는 경로를 따른다. 여기서 총 운송거리를 최소화하는 문제를 정식화한다. 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. 두 고객의 경우 예를 들면,

$$\mid V_N \mid = 2n + 2$$

$$\mid E_N \mid = 2n^2 + n + 2$$

그림 10은 2개의 고객의 경우의 PDP 문제의 가능해의 예를 표시하고있다.

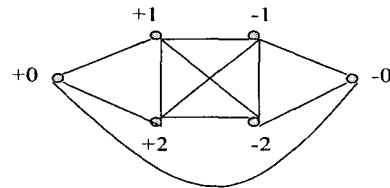


그림 10. 2고객의 PDP Routing 예:

여기서 모든 가능한 주어진 PDP문제의 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 PDP문제의 가능해는 다음과 같은 조건을 만족하는 $R \in E$ 의 Node로 구성된다.

- 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)사이 존재하는 R에서 +i 가 +0 과 -i의 Path 사이에 존재 이 중 ①에서 ③까지의 조건은 TSP문제에도 해당되며 조건 ④는 PDP문제에 해당되는 조건이다. 본 연구에서 고려한 PDP문제의 운송계획은 운송요청(Order)이 다음과 같이 4 단계를 거쳐서 처리되는 운송계획을 다루었다.

위의 입력자료로부터 다음과 같은 각 단계의 과정을 거쳐서 최적 운송 계획이 수립된다.

단계 1 : 운송요구 및 시스템 운영 Data

- 고객 운송요구(Order)
 - 운송량 크기,
 - 출발지, 도착지
- 운송차량
 - 운송차량 Type
 - 운송능력
 - 최대운송가능시간
- 운송 시간 정보
 - 운송개시시간(Begin Time) (1일 24시간 기준 시간)
 - 운송기간(Route Length)

- 단계 2 : 운송대안 선정
- 각 운송차량 Type별 및 Route결정
 - 각 Route의 수요자 요구 판정 여부 결정
 - 총 운송시간 산정
 - 각 차량 Type별 최적 Route결정
- 단계 3 : 결과 출력
- 입력 Data
 - 차량 Type별 출발시간 및 Route의 세부계획

본 모델을 동의화물(주)의 부산지역 화물운송계획 문제에 응용하였다. 동의화물(주)은 pallet단위의 표준화된 화물을 운송하며 다음과 같이 4 가지 종류의 7 대 차량으로 운반하며 그림 1과 같이 부산지역의 분배창고들에 운송하는 계획을 세우려고 한다.

표 2. 가용차량 Data

차량종류	가용대수	운송능력	운송가능시간
1. 소형트럭	1	7 pallets	240:00분
2. 중형 트럭	1	12 pallets	240:00분
3. 대형 트럭	1	14 pallets	240:00분
4. 소형트럭-1	1	10 pallets	240:00분
계	4		

이중 대형트럭의 경우 운송계획을 표 3과 같이 요약하였다.

표 3. 화물 수거 및 운송계획 예:

VEHICLE - Truck-Big
START TIME - 800.
DATE 2000. 3. 15.

```

*****
Stop Site Time Deliver Pickup Order Stay Time
*****
1 D-4 809 7 49 3 * 트럭
2 C-3 818 7 49 3 * 트럭
3 D-4 834 7 49 3 * 트럭
4 C-3 839 7 49 3 * 트럭
5 D-4 855 7 49 3 * 트럭
6 C-3 900 7 49 3 * 트럭
7 D-4 916 7 49 3 * 트럭
8 C-3 921 7 49 3 * 트럭
9 D-6 937 7 23 3 * 트럭
10 J-17 1000 7 23 3 * 트럭
11 D-6 1026 4 23 3 * 트럭
12 J-17 1031 4 23 3 * 트럭
*****
ROUTE ENDED
LOCATION - S-11
TIME -1045
NO OF PALLETS MOVED - 39
    
```

3.3 GIS기반의 수거 및 배달 운송계획 (GIS-PDP Routing Scheduling)

기존의 화물 배달 및 수거계획의 단점을 보완하여 GIS환경에서 화물배달 및 수거계획을 수행하도록 GIS기반에서 실제 도로 및 지형여건을 고려한 GIS-Distance를 개발하고 이를 이용한 화물배달 및 수거계획을 위한 GIS-PDP모형을 개발하고 사례를 들어 보았다. 이를 위하여 위의 배달 및 수거 계획 이론을 응용하고, GIS 및 이를 이용한 ArcLogistics S/W를 사용하였다. 본 연구에서 활용한 ArcLogistics는 GIS 기반에서 완전 자동화된 차

량운송경로계획문제를 위하여 개발된 S/W이며 주문자가 원하는 시간대에 맞추어 배달하는 고객위주의 서비스를 가능하게 하며 도로 교통정보를 포함하고 있는 Digital Map을 사용하므로 서 주소로서 물류센터 및 고객의 위치를 표현할 수 있어 다양한 입출력이 가능하다. 이를 요약하면 다음과 같다 :

- 주소 입력을 통한 쉬운 위치 설정,
- 경로설정과 운송계획의 최적화,
- 지도/안내/다양한 형식의 결과 산출.

본 연구에서는 실제 경로 상에서의 차량의 위치를 추적하기 위하여 무선데이터망과 GPS탐재 단말기를 통하여 화물차량의 위치와 운행정보를 제공하기 위한 AVLS(Automatic Vehicle Location System)를 활용하여 차량의 운행과 화물정보를 관리하도록 설계하였다. 하지만 보다 신속하고 정확한 배송체계를 위해서는 물류관리자와 이를 수행하는 운전자 및 배달원 그리고 실제 화물운송을 의뢰하는 사용자간의 커뮤니케이션에 더욱 효과적인 IT기술과의 접목이 필요하다. 또한 GIS는 성격상 대부분이 그래픽요소를 포함하고 있기 때문에 이들 Colorful Element들을 PDA, Mobile System을 통하여 표현할 수 있도록 하기 위해서는 XML언어 기반의 물류정보시스템 개발이 최근의 연구 추세이다. 본 연구에서는 다음그림과 같이 GIS기반의 ArcLogistics를 사용하여 화물운송 고객으로부터 최적 운송경로를 산정하고 운송계획을 수립하는 과정을 그림 11과 같이 요약하였다.

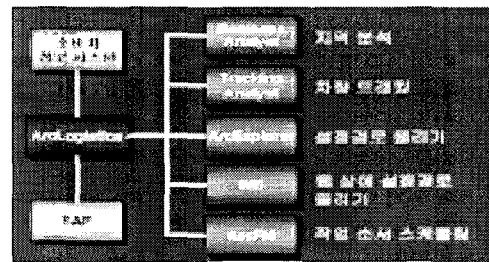


그림 11. ArcLogistic 기반의 화물운송계획 구조

다음과 같은 과정에 따라 GIS기반의 화물 수거 및 운송계획을 수립한다 :

- 1) 먼저 화물 운송 지역을 GIS환경에서 그림 12와 같이 표시하고 지형 및 각 도로 Data(GeoData)를 이용하여 GIS-Distance방법으로 각 운송 구간의 거리를 산정 한다.
- 2) 물류센터 및 고객의 정보를 주소로 입력하고 그림 13과 같이 GIS를 이용한 위치를 표시한다,
- 3) 경로설정과 수거 및 배달 운송계획을 최적화,
 - 운행시간과 거리의 최소화
 - 초과시간의 시간의 최소화,
 - 비생산적인 시간(공차, 대기 기타)의 최소화
 - 최적 방문 스케줄
 - 배달 및 수거 지의 방문 스케줄(고객이 원하는 시간에 할당)
 - 지점, 저장소 등의 방문 스케줄
- 4) 지도상의 출력, 및 Report의 다양한 결과 출력

그림 14에서 GIS-PDP 문제의 최적 운송계획 및 시간을 산출하기 위한 과정을 요약하였으며 본 연

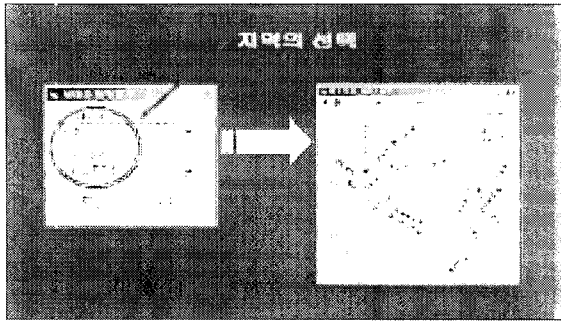


그림 12. GIS환경에서의 화물운송지역 선정

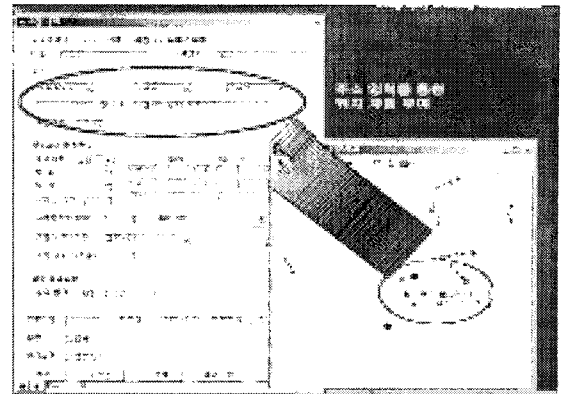


그림 13. GIS환경에서 주소정보로부터 위치표시

구에서 사용한 주요 방법 및 효과를 요약하면 다음과 같다 :

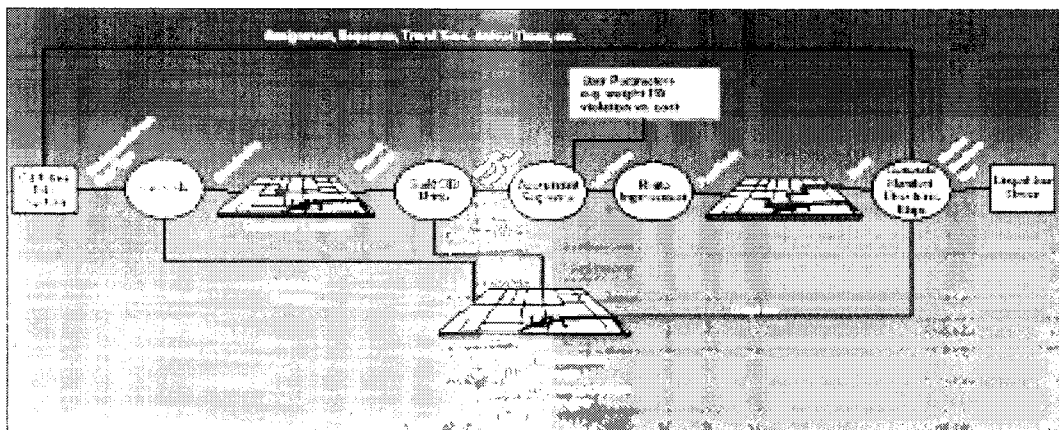


그림 14. 화물운송 순서계획, 운송시간 및 도착시간 산출 과정

주요 방법

- GIS-distance 방법 사용,
- PDP 이론의 활용,
- ArcLogistics를 이용한 Heuristic 방법 사용,
- Heuristic의 일반적인 단점을 보완하기 위하여 Saving Algorithm을 사용

주요 효과 :

- 경로설정알고리즘 중 중요성이 높은 주문을 빠르게 계획하여 현실적인 사항을 고려,
- GIS환경에서 거리 및 경로설정을 하므로 실질적인 문제를 고려하였다,
- 많은 실질적인 문제점들을 고려하여 기존의 방법을 개선하였다.

4. GIS-PDP Model의 응용사례

본 연구의 적용사례를 위해서 택배서비스를 제공하는 가상물류센터(동의화물)의 예제를 보였다. 입력요소로서는 물류센터, 고객, 차량, 수거 및 배송 화물(고객의 Order) 등을 고려하였고, 사전에 운송 Order를 접수하고 고객이 원하는 시간 물류센터 및 고객의 위치는 주소정보로부터 GIS환경에서의 Digital Map에 표시 하도록 하였으며, 운송의 긴급성 및 보통 등을 고려하였다. 물류센터에서 운영하는 운송차량은 4가지 Type으로 다음과 같이 일일 운행시간을 가정하였다

표 4. 가용 운송차량

차량Type	가용대수	운전기사	일일 운행시간
소형트럭	1	이동의	13:00 - 17:00
중형트럭	1	조규성	09:00 - 17:00
대형트럭	1	이동의	09:00 - 17:00
소형트럭-1	1	홍길동	09:00 - 17:00

각 고객의 Order Data는 운송 및 수거지점(주소), 운반 량(개수, 부피 및 무게), 및 수거지점(주소), 운반 량(개수, 부피 및 무게), 운송 희망 시간대, 화주 정보 및 긴급성 여부 등을 포함한다. 본 예제에서는 총 34개의 Order의 경우를 고려하였다. 그림 15는 본 예제의 지역, 고객, 및 도로망을 표 물류센터 및 수요지의 입력화면이며, 그림 16은 GIS환경에서 최종차량별 경로 설정결과이다. 표 5에서 각 차량의 운송경로를 설정결과를 요약하였으며, 표 6은 이중 대형트럭의 화물 운송경로설정결과이다. 그리고 각 차량별 세부 운송계획의 예를 그림 17 및 18(대형트럭의 경우)과 같이 표시하였다. 기타 위의 GIS-PDP문제를 ArcLogistics SW를 이용하여 산출한 출력 중 Text Report들을 일부 표시하면 표 7 - 8과 같다.

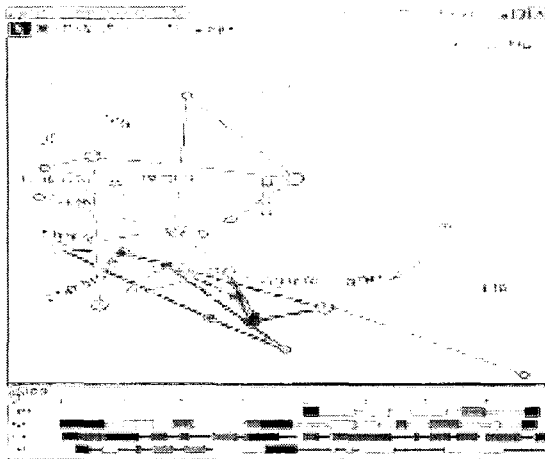


그림 16. 차량별 경로설정방법.GIS

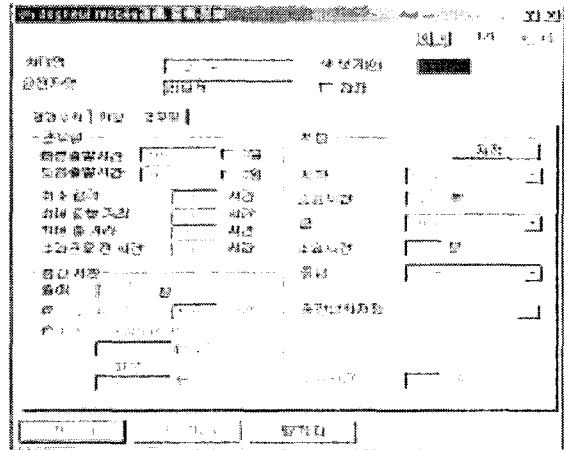


그림 17. 동의화물운송차량 등록정보

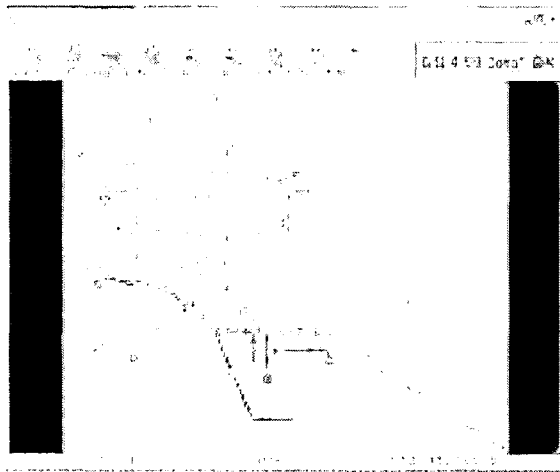


그림 15. 물류센터 및 고객위치 지형도

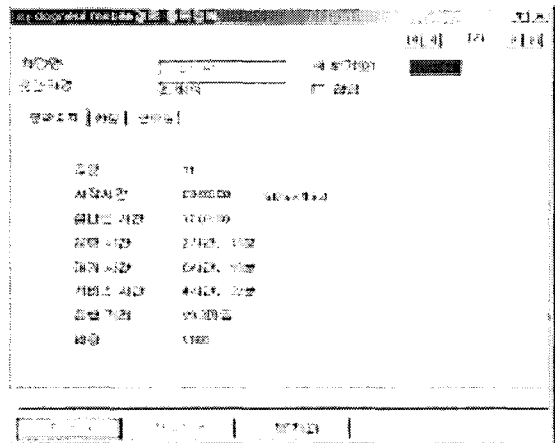


그림 18. 동의화물운송차량 경로 등록정보

표 5. 동의화물의 운송 경로 설정(요약)

차량	출발지	도착지	거리	시간	비용	중간지	고정	
1차량	1차량	2차량	4	10.7	50.5	71.5	7.6	4
2차량	1차량	3차량	13	17.25	125.4	252	35.8	10
3차량	2차량	3차량	11	17.25	125.4	252	35.8	11
4차량	3차량	4차량	7	17.25	125.4	252	35.8	9

표 6. 동의화물운송 대형추력 운송경로

시작시간	종료시간	차량	출발지	도착지	거리	시간	비용	중간지	고정
09:00:00	10:00:00	1차량	1차량	2차량	4	10.7	50.5	71.5	7.6
10:10:00	11:10:00	2차량	1차량	3차량	13	17.25	125.4	252	35.8
10:40:00	11:40:00	3차량	2차량	3차량	11	17.25	125.4	252	35.8
11:10:00	12:10:00	4차량	3차량	4차량	7	17.25	125.4	252	35.8
11:40:00	12:40:00	5차량	4차량	5차량	4	10.7	50.5	71.5	7.6
12:10:00	13:10:00	6차량	5차량	6차량	4	10.7	50.5	71.5	7.6
12:40:00	13:40:00	7차량	6차량	7차량	4	10.7	50.5	71.5	7.6
13:10:00	14:10:00	8차량	7차량	8차량	4	10.7	50.5	71.5	7.6
13:40:00	14:40:00	9차량	8차량	9차량	4	10.7	50.5	71.5	7.6
14:10:00	15:10:00	10차량	9차량	10차량	4	10.7	50.5	71.5	7.6
14:40:00	15:40:00	11차량	10차량	11차량	4	10.7	50.5	71.5	7.6
15:10:00	16:10:00	12차량	11차량	12차량	4	10.7	50.5	71.5	7.6
15:40:00	16:40:00	13차량	12차량	13차량	4	10.7	50.5	71.5	7.6
16:10:00	17:10:00	14차량	13차량	14차량	4	10.7	50.5	71.5	7.6
16:40:00	17:40:00	15차량	14차량	15차량	4	10.7	50.5	71.5	7.6

표 7. 운송배치 요약

Vehicle	Driver	Orders	Cost	Violation Time	Violations	Weight	Volume	Custom	Miles	Over time	Service Time	Drive Time	Start	End
소형트럭	이동의	4	\$95.95	0.08	1	720	710	4	58.3	0.00	1.92	1.48	13:00:00	16:54:00
중형트럭	조규성	10	\$191.85	0.72	4	960	999	10	155.3	0.00	3.12	3.73	09:00:00	16:51:00
대형트럭	최배석	11	\$165.66	0.22	2	1,562	997	11	99.3	0.00	4.53	2.29	09:03:00	17:03:00
소형트럭1	홍길동	9	\$191.96	1.05	3	1,070	1,343	9	127.9	0.00	3.07	3.39	09:15:00	17:15:00
Total	34		\$645.42	2.07	10	4,312	4,049	34	440.8	0.00	12.63	10.90		

표 8. 운송계획관리 요약

Vehicle	Per Order			Volume	Custom	Orders/Hour	On time	Capacity Utilization		Volume	Custom		
	Cost	Miles	Weight					Time	weight				
소형트럭	24.0		14.6		180.0		177.5	100%	72%	71%	40%	75%	
중형트럭	19.2		15.5		96.0		99.9	100%	64%	67%	67%	60%	
대형트럭	15.1		9.0		142.0		90.6	98%	78%	50%	55%	82%	
소형트럭	21.3		14.2		118.9		149.2	93%	107%	137%	90%	67%	
Folder Summary	19.0	13.0			126.8	1.2	119.1	1.0	80%	80%	63%	71%	98%
Report Summary	19.0	13.0			126.8	1.2	71%	98%	80%	80%	63%		

5. 결론

본 연구에서는 기존의 차량운송계획의 단점을 보완하여 시간제한을 가지는 화물의 수거 및 배달 문제(PDP)를 GIS환경에서 구현하도록 보완한 GIS-PDP 시스템을 개발하였다. GIS-PDP에서는 GIS환경을 고려하여 이의 응용에 필요한 여러 가지 레이어(Layer)들의 정보로부터 하나의 디지털 맵을 구성하였다. 또한 화물 수거 및 배달 경로문제를 해결하기 위해서 ArcLogistics Routing SW를 사용하고 지형 및 도로 자료를 데이터베이스화한 Geo-Database로부터 거리와 시간을 산출하여 사용하였다. GIS-PDP의 경로계획을 위하여 GUI-Type 프로그램으로 개발하였으며, 화물운송시스템의 사례를 들고 응용한 결과를 보였다. GIS-PDP System에서는 또한 실 지형도상에서 차량의 이동현황과 화물정보를 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 차량위치추적 시스템 및 화물정보조회시스템을 추가하였다. 또한 GIS는 성격상 대부분이 그래픽요소를 포함하고 있기 때문에 이를 이용한 각종 출력물들을 PDA 및 Mobile System을 통하여 표현할 수 있도록 하기 위해서는 XML언어 기반의 실용적인 물류정보시스템 개발이 필요시 된다.

* 본 연구는 동의대학교 2002년도 연구비지원 및 학술지흥재단 2002년도 지방대육성 연구지원비로 연구 연구되었음.

참고문헌

[1] Achim Bachem et al, "An efficient parallel cluster-heuristic for large Traveling Salesman Problems" Universitat zu Koln ,1994.
 [2] J. E. Beasley & N. Christofides "Vehicle Routing with a Sparse Feasibility Graph",

E.J.O.R., vol 98. pp499~511, 1997.
 [3] ESRI Inc., "ArcView Network Analyst", An ESRI White Paper, 1998.
 [4] ESRI Inc., "What is new in ArcLogistics Route 2", An ESRI White Paper, 2000, info@esri.com, http://www.esri.com
 [5] Francis, R. L., And J. A. White, Facility Layout And Location : An Analytical Approach, Prentice-Hall, Inc., 1996.
 [6] Grefenstette J et al, "Genetic algorithm for the traveling salesman problem", Proc. Int. Conf. of Genetic algorithm and their applications, pp.160-165, 1995.
 [7] Sam R., H. Osman., Tong Sun., "Algorithms for the Vehicle Routing Problems with Time Deadlines ", American J. of Math. & Manag. Sci., 13(3&4), p323~355, 1994.
 [8] 황홍석, "서비스수준을 고려한 GIS기반의 차량운송시스템", 경영과학, Vol. 18, No. 2, p 125~134.