

서비스수준을 고려한 GIS기반의 차량 운송시스템*

황흥석** · 조규성***

Design of a GIS-Based Distribution System with Service Consideration*

Heung-Suk Hwang** · Gyu-Sung Cho***

■ Abstract ■

This paper is concerned with the development of a GIS-based distribution system with service consideration. The proposed model could be used for a wide range of logistics applications in planning, engineering and operational purpose for logistics system. This research addresses the formulation of those complex problems of two-echelon logistics system to plan the incorporating supply center locations and distribution problems based on GIS. We propose an integrated logistics model for determining the optimal patterns of supply centers and inventory allocations (customers) with a three-step sequential approach.

- 1) First step, Developing GIS-distance model and stochastic set-covering program to determine Optimal pattern of supply center location.
- 2) Second step, Optimal sector-clustering to support customers.
- 3) Third step, Optimal vehicle route scheduling based on GIS, GIS-VRP.

In this research we developed GUI-type program, the GIS-VRP provide the vehicle to users and freight information in real time. We applied a set of sample examples to this model and demonstrated sample results. It has been found that the proposed model is potentially efficient and useful in solving multi-depot problem through examples. However the proposed model can provide logistics decision makers to get the best supply schedule.

Keyword : 물류시스템, 차량운송시스템, 지리정보시스템

논문접수일 : 2001년 8월 25일 논문게재확정일 : 2001년 10월 25일

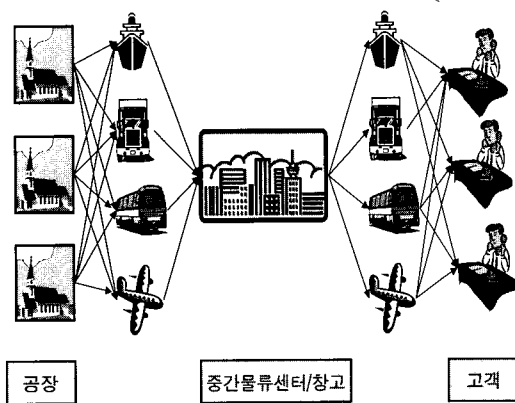
* 본 연구는 동의대학교 2001년도 교내연구비의 지원으로 연구되었음.

** 동의대학교 산업공학과 교수

** 동의대학교 산업공학과 박사과정

1. 서론

최근의 정보기술(IT, Information Technology) 발전으로 무선정보시스템, GIS, XML 및 Web기반의 EDI, 전자결재시스템, 계획 및 스케줄의 최적화 기술 및 ASP(Application Service Provider)등의 정보기술은 물류시스템분야에 점차 적용을 확대시키고 있다[9]. 본 연구에서는 물류센터의 계획문제(최적 위치 및 소요 범위 등)와 차량경로계획 문제에 이러한 IT기술을 응용하여 물류시스템의 부가가치를 높이기 위한 연구이다[1]. 최근의 물류센터 기능은 주요 기업체에서 물류 전문업체에 외주를 주어 최적 시간 내에 고객이 만족하는 서비스를 수행하려는 제 3자 물류(3PL : Third Party Logistics)의 등장을 통해 물류시스템이 <그림 1>과 같은 다단계 시스템으로 구성되고 있다. 이런 다단계 시스템에서 고객의 서비스를 만족하기 위해 효과적인 차량운송문제(VRP, Vehicle Routing Problem)에 관한 연구가 진행되고있다[2, 8, 10, 12, 13]. 본 연구에서는 고객의 요망서비스를 만족시키기 위해 물류센터와 고객으로 구성된 2단계 물류시스템을 통합 물류정보시스템으로 구축하는 것이다.



<그림 1> 다단계 물류시스템

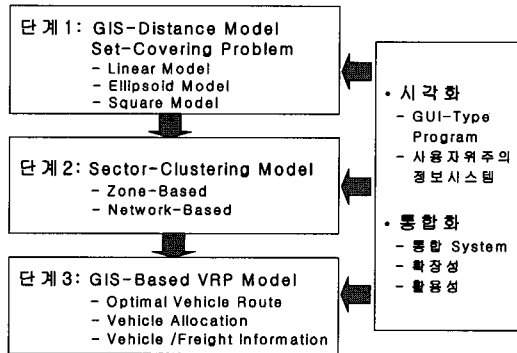
하나의 통합물류계획모델을 위해 본 연구에 포

함된 주요 연구범위는 다음과 같다 :

- ① GIS환경에서 Road Data를 이용한 GIS-Distance Model을 개발하여 도로 및 지형조건을 고려한 거리를 산정[4, 11, 14].
- ② 가능한 물류센터의 후보지가 주어진 조건에서 목표 운송지원수준을 만족하는 최소의 물류센터 수와 최적 위치를 산정하였으며 이를 위하여 Stochastic Set-Covering방법을 사용한 모델 개발 및 이를 시각화 전산프로그램을 개발하여 구현.
- ③ 각 물류센터에서 담당할 수요지들의 총 서비스시간(또는 비용)이 최소가 되도록 각 물류센터별 최적 지원 영역을 할당하였다. 이를 위하여 영역할당 알고리즘(Sector Clustering Algorithm)을 개발.
- ④ GIS상에 할당된 구역 안에서 지정된 경로를 통해서 차량의 이동과 화물정보를 실시간 조회를 통해 운송중인 차량의 위치 조회 및 차량에 적재중인 화물의 정보 검색.
- ⑤ 각 물류센터에서 최적 지원을 수행하는 차량운송계획을 위하여 GIS기반하의 물류센터 위치계획문제, 운송지원 영역할당 및 차량경로계획모델(GIS-VRP)을 포함한 물류정보시스템의 개발.

GIS 환경하에서의 차량경로계획문제를 위하여 지리정보시스템에 포함된 Route, Node, Customer 및 Supply Center 등의 속성테이블로부터 고객과 물류센터의 지도상 좌표, 센터와 고객간의 거리를 지형여건을 고려하여 산출하여 물류센터의 영역할당 및 차량경로계획을 위한 기초자료로 사용하였다. 이런 일련의 연구 단계를 도식화하면 <그림 2>와 같이 나타난다.

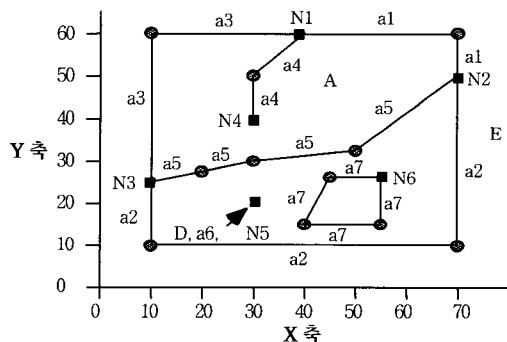
또한 개발된 물류정보시스템은 GUI-Type Program으로 개발하고, 가상 자료를 이용한 응용사례를 보였다.



<그림 2> 주요 연구단계

2. GIS-Distance Model

GIS환경에서 각 노드간의 실측 거리를 산정하기 위하여 우선 Road Data(Geo-Database)로부터 ITS개념을 도입한 Geo-Database로부터 실제 도로거리 $D_k(X_i, Y_j)$, 실제 운행시간 $T_k(X_i, Y_j)$ 및 실제소요비용 $C_k(X_i, Y_j)$ 을 산출하는 알고리즘을 적용하였다. 본 연구에서 거리산정을 위한 Node, 중간경유지(Intermediate Point) 및 Arc의 관계를 <그림 3>과 같이 예를 들어 보였다.



여기서, a_i : i번째 경로, $i = 1, \dots, 7$
 N_i : i번째 노드, $i = 1, \dots, 6$

<그림 3> GIS기반의 경로 네트워크

예를 들어, <그림 3>에서 노드 N2와 노드 N3사이의 최소거리를 구하는 문제를 가정하면 경로 a_i 의 시작 좌표와 중간좌표 그리고 끝 좌표 사이의

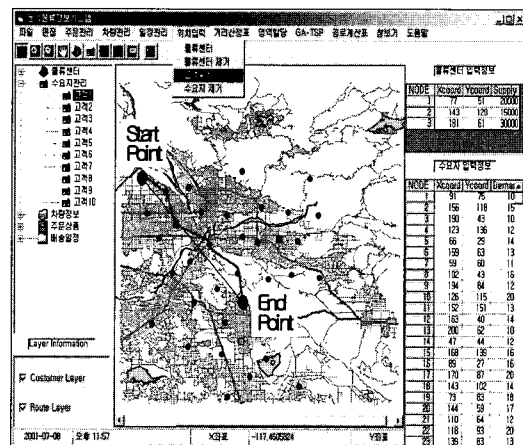
실측거리를 <표 1>과 같이 구하였다. 거리산정을 위하여 다음과 같은 3 가지의 Heuristic 방법을 사용하였다.

<표 1> 실제 운송거리

경로 좌표레이터					Total Dist.
Arc	Start X, Y	Intermediate X, Y	Start X, Y		
a1	40, 60	70, 60	70, 50	40	
a2	70, 50	70, 10 ; 10, 10	10, 25	115	
a3	10, 25	10, 60	40, 60	65	
a4	40, 60	30, 50	30, 40	14	
a5	10, 25	20, 27 ; 30, 30 ; 50, 32	70, 50	40.7	
a6	30, 20		30, 20	0	
a7	55, 27	55,15 ; 40, 15 ; 45, 27	50, 27	40	

2.1 선형 모델(Linear Model)

두 지점간의 최소거리를 산정하기 위해 주어진 지역의 Digital Map상의 시작점(Start Point)과 도착점(End Point)간의 중간 경유지점(Road Data상의 가능한 지점)을 모두 검색하기보다 두 지점을 연결한 직선에서 가까운 중간점들을 연결하여 Road Data Base로부터 각각의 거리정보를 구하여 산출하는 방법이다. 이러한 시작점, 중간점 및 도착점들은 GIS Software에서 구현되며 결정된 경로(시작점, 중간점 및 도착점들의 연결) 역시 GIS환경에서 표시되도록 하였다. 이를 나타내면 <그림 4>와 같다.



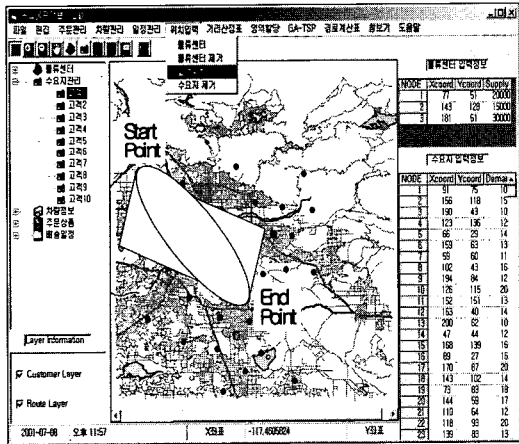
<그림 4> 선형방법에 의한 거리산정

2.2 타원형모델(Ellipsoid Model)

시작점과 도착점간의 중간 경유지점(Road Data 상의 가능한 지점)을 모두 검색하기보다 두 지점을 연결한 타원형 내의 중간점들을 조합하여 Road Data Base로부터 각각의 거리를 구하여 최소거리를 산출하는 방법이다.

2.3 사각형 모델(Square Model)

시작점과 도착점 간의 중간 경유지점(Road Data 상의 가능한 지점)을 모두 검색하기보다 두 지점을 대각선으로 연결한 사각형 내의 중간점들을 조합하여 Road Data Base로부터 각각의 거리를 구하여 최소거리를 산출하는 방법이다. 위의 두 가지 모델을 표시하면 <그림 5>와 같다.



<그림 5> 타원형 및 사각형방법에 의한 거리산정모델

3. 물류센터의 최적 배치계획모델

본 연구에서는 차량운송계획 이전에 고객의 요망 서비스수준 이상으로 서비스가 가능한 물류센터의 최적배치문제를 다루었다. 이러한 문제는 17세기 Fermat의 설비 위치 모델이 제기된 이후 설비배치 분야의 많은 수리 모델들이 연구되어 왔으나 이들의 대부분의 연구들은 확률적 모델

(Deterministic Model)이다[1]. 본 연구에서는 다음과 같은 특정한 물류센터배치 문제를 고려한 모델을 개발하고 예제를 통하여 그 결과를 보였다.

- ① 2-단계 물류시스템의 구조를 가지는 물류센터의 배치 문제.
- ② 물류센터의 최적 위치계획을 위한 기준으로 물류비용(Logistics Cost), 거리 및 운송시간을 고려.
- ③ 확률적인 요소들을 고려한 확률적 모델(Probabilistic Set-Covering Model) 및 Zero-One program 고려.
- ④ 물류센터와 고객간의 거리를 GIS-Distance 고려.

일반적인 물류센터배치 문제의 최적화방법으로 TSP(Traveling Salesman Problem), P-Median, Set-Covering Problem 및 VRP 등을 들 수 있다. 본 연구에서는 물류센터의 후보지가 주어질 경우 요망되는 서비스수준을 충족시키기 위하여 최적의 물류센터 수 및 최적 배치 대안을 구하기 위해 다음의 접근 방법을 사용하였다. 이것은 단위 수요자에게 최적 서비스를 제공할 수 있는 물류센터의 위치를 결정하는 문제이다. 다 물류센터의 최적 위치계획을 위한 기준으로 물류비용(Logistics Cost), 거리 및 운송시간을 고려하여, 이로부터 Set-Covering Problem와 Zero-One Program을 이용한 확률적인 요소들을 포함한 확률적 모델로 정식화하였다. 그리고 물류센터 및 고객간의 거리는 GIS 기반의 거리산정 방법을 개발하여 활용하고 가능한 물류센터의 서비스 수준을 만족하는 최적 배치대안을 GIS기반으로 산정하였다.

3.1 최조배치 모델

확정적 설비배치 모델(Deterministic Set-Covering Model)로부터 운송시간 및 서비스 수준과 보급센터의 가용률 등이 확률분포로 주어 질 경우 일정 서비스수준이 보장되는 최적 보급센터의 위

치 선정 문제를 확정적인 문제로 정식화하면 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum_{j=1}^n C_j X_j & (1) \\ & \text{s.t.} \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq 1 \\ & X_j = 0 \text{ or } 1 \\ & \text{for all } i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

여기서, m = 보급센터의 가용 후보지 수
 n = 수요자(Destination)의 수
 a_{ij} = Covering Coefficient
 $a_{ij} = 1$, if $F_{ij} \leq A_i$
 $a_{ij} = 0$, otherwise
 F_{ij} : 서비스수준(거리, 시간, 또는 물류 비용)
 A_i : 요망 서비스 수준

그러나 실제 문제에서는 운반시간, 거리 및 물류센터의 가용성이 확률분포로 주어질 경우 확정적 모델로서는 적정 해를 구할 수 없다. 이를 위하여 식 (2)와 같이 확률적 물류센터배치 문제 (Probabilistic Set-Covering Model)로 정식화하였다.

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum_{j=1}^n C_j X_j & (2) \\ & \text{s.t.} \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \geq 1 \\ & X_j = 0 \text{ or } 1 \\ & a_{ij} = 1, \text{ if } \text{Prob}(F_{ij} \leq A_i) \geq r_i \\ & a_{ij} = 0, \text{ otherwise} \\ & a_{ij} : j \in \theta(x), \\ & \theta(x) = \{j | X_j = 1, j = 1, \dots, n\} \end{aligned}$$

식 (2)에서 물류센터, S_j 가 가용상태에 있을 확률 b_j 를 고려하기 위하여 다음과 같이 수요자

가 S_j 에 의하여 서비스를 받을 수 있는 확률 P_{ij} 를 본 모델에서 고려하였다.

$$\begin{aligned} b_j &= \text{Prob.}(S_j \text{ is in Available State}) \\ P_{ij} &= \text{Prob.}(R_j \text{ is covered by } S_j) \\ &= a_{ij} \cdot b_j \\ q_{ij} &= 1 - p_{ij} \end{aligned}$$

위의 식으로부터 수요자 R_j 가 가용한 모든 물류센터로부터 서비스를 받을 수 있을 확률은 다음과 같이 구할 수 있다.

$\text{Prob.}(R_j \text{가 가용한 물류센터로부터 서비스를 받음}) = 1 - \prod_{j \in \theta(x)} q_{ij}$

여기서, $\theta(x) = \{j | x_j = 1, j = 1, \dots, n\}$
 식 (2)를 변형하여 식 (3)을 구하였다.

$$\begin{aligned} & \text{Min} \sum_{j=1}^n C_j X_j & (3) \\ & \text{s.t.} 1 - \prod_{j \in \theta(x)} q_{ij} \geq b_j \\ & X_j = 0 \text{ or } 1 \text{ (for all } j = 1, \dots, n) \end{aligned}$$

여기서 조건식을 식 (4)와 같이 간편식으로 전개할 수 있다.

$$1 - \prod_{j \in \theta(x)} q_{ij} = 1 - \prod_{j \in \theta(x)} q_{ij} \cdot X_j \geq b_j \quad (4)$$

식 (4)로부터,

$$\prod_{j \in \theta(x)} q_{ij} \leq 1 - b_j$$

위 식의 양변을 Log를 취하여 정리하면,

$$-\sum_{j=1}^n (\rho_n q_{ij}) \cdot X_j \geq -\rho_n (1 - b_j)$$

여기서, $S_{ij} = -\rho_n q_{ij}$

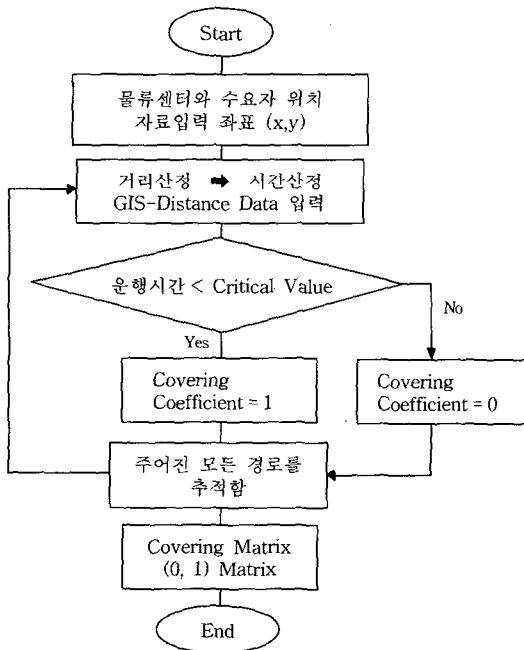
$$W_i = -\rho_n (1 - b_j)$$

식 (3)으로부터 다음과 같은 식 (5)로 정식화 할

수 있다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \sum_{j=1}^N C_j X_j & (5) \\
 & \text{s.t } \sum_{j=1}^N S_{ij} X_j \geq W_i \\
 & X_j = 0 \text{ or } 1
 \end{aligned}$$

식 (5)는 Zero-One Problem이 되고 위의 조건을 만족하는 배치대안이 여러 개의 대안이 있을 수 있으므로, 이를 위한 별도의 Zero-One programming을 개발하여 최적대안을 구하였다. <그림 6>은 적정 물류센터의 소요를 결정하기 위한 물류센터와 고객간의 서비스 수준을 산정하기 위한 Zero-One Matrix 산정 순서도를 나타내고 있다.



<그림 6> Zero-One Matrix 산정순서도

3.2 모델의 응용

본 예제에 적용한 물류센터 및 각 고객의 위치를 (x, y)의 평면좌표로 주어질 경우, 각각의 거리

산출을 위하여 다음과 같은 GIS-Distance로거리를 산정하였다. 물류센터의 최적위치를 구하기 위하여 3개소의 물류센터가 15개소의 수요지를 지원하는 지역에서 일정 시간 내에서 서비스가 가능한 최적물류센터의 위치를 결정하는 문제를 본 모델에 적용시켰다. 이를 위해 물류센터의 가능 후보지 위치가 10개소인 예제로부터 수요자의 요망 서비스수준을 고려한 Cover Matrix를 구한 Sample 출력을 <표 2>과 같이 요약하였다. 본 연구는 물류센터와 고객으로 구성되는 2-단계 물류시스템에서 가능한 물류센터의 후보지에 수요자들이 요망되는 서비스 수준(Service Level)으로 서비스를 받을 수 있도록 최적 위치를 선정하는 문제를 확률적 문제로 정식화하였다. 이를 위하여 GIS-Distance를 고려하여 확률적 설비배치모델을 적용하였다.

<표 2> 물류센터의 최적 배치

** INCREASING SUPPLY RATE $\alpha = 0.100$										
** FOR A CRITICAL VALUE $A_i = 250.0$										
** NUMBER OF DEMANDERS = 15										
** NUMBER OF POSSIBLE SUPPLY CENTERS = 10										
** MATRIX OF COVER COEFFICIENTS										
0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	
1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	
1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	
1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	
1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	
1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	
1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	
0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	
1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	
1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	
0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	
1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
*** $\sum_{j=1}^M X_j = 3, \quad \text{Alt.} = 18$ ***										

4. 물류센터 서비스지원 영역할당 모델(Sector Clustering Model)

본 모델은 다 물류센터의 문제를 해결하기 위하여 수요지와 각 물류센터간의 거리를 계산하여 이를 시간으로 환산하거나 Road Database로부터의 각 노드까지의 평균 운행소요시간을 선별하여 시간의 최소화 및 수요지의 수요량 합 ($\sum a_i$)이 물류센터의 공급량을 초과하지 않는 범위 내에서 구역을 할당한다[3]. 구역할당 알고리즘은 각 물류센터에서 가까운 거리에 있는 수요지를 각 물류센터에 먼저 할당한다는 가정을 두고 있으며, 구역할당을 위한 알고리즘은 다음과 같다.

- 단계 1 : 각 물류센터에서 모든 수요지점간의 거리를 계산하기 위하여 Geo-Database로부터 추출된 거리를 사용한다.
- 단계 2 : 각 물류센터별로 계산된 모든 수요지들의 최단거리를 오름차순으로 정렬한다.
- 단계 3 : 물류센터의 공급능력을 고려하여 다시 수요지의 개수를 할당한다.
- 단계 4 : 각 물류센터에 할당된 수요지를 비교 확인하여 중복된 수요지가 있는지 확인한다. 만일 중복된 수요지가 없는 경우 최적해라고 가정하고 끝낸다. 중복된 경우가 발생시 단계 5)로 넘어간다.
- 단계 5 : 중복된 수요지들 중 물류센터와 거리가 가장 적은 수요지 한 곳을 선택한다.

5. GIS기반 차량운송계획

5.1 차량운송경로계획모델(VRP Model)

본 모델은 단일 물류센터문제의 차량경로계획을 수립하기 위한 모듈로서, 차량 종류별, 차량대수, 운반능력, 차량운행시간제한 및 물류센터의 공급능력을 고려하여 차량경로계획을 구하는 모델이

다. 본 연구에서 사용된 차량경로계획을 위한 수리모델은 Golden, B. & Bodin, T에 의해 제시된 모델을 개선하여 사용하였다[8].

$$\text{Min} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{v=1}^{NV} C_{ij} X_{ij}^v \quad (6)$$

$$\text{St} \sum_{i=1}^N \sum_{v=1}^{NV} X_{ij}^v = 1 \quad (j=2, \dots, N)$$

$$\sum_{j=1}^N \sum_{v=1}^{NV} X_{ij}^v = 1 \quad (i=2, \dots, N)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{ip}^v - \sum_{j=1}^N X_{pj}^v = 0$$

($v=1, \dots, NV ; p=1, \dots, N$)

$$\sum_{i=1}^N d_i \left(\sum_{j=1}^N X_{ij}^v \right) \leq DV \quad (v=1, \dots, NV)$$

$$\sum_{j=2}^N X_{1j}^v \leq 1 \quad (v=1, \dots, NV)$$

$$\sum_{i=2}^N X_{i1}^v \leq 1 \quad (v=1, \dots, NV)$$

$$X = [X_{ij}^v] \in S$$

$$X_{ij}^v = 0 \text{ or } 1 \text{ for all } i, j, v$$

여기서,

N = 수요지점의 수

NV = 차량의 수

DV = 차량의 적재용량

T_v = 차량별 허용된 최대운행시간

D_i = 수요지별 수요량 ($D_0=0$)

t_i^n = 수요지별 요구된 도착시간 ($t_0^n=0$)

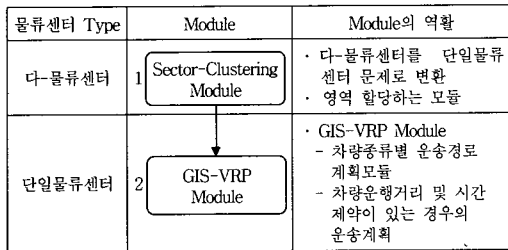
t_{ij}^v = 수요지 i 에서 j 까지 운행 소요시간
($t_{ii}^v = \infty$)

C_{ij} = 수요지 i 에서 j 까지 운행 소요 비용

$X_{ij}^v=1$, 수요지 i, j 가 차량 v 에 의해 운행되었다면 "1", 그렇지 않으면 "0"이다.

본 연구는 객체 지향적 프로그래밍기법(Object Oriented Programming)을 기반으로 다 물류센터

의 최적 차량운송프로그램을 GIS기반으로 개발하여 보다 현실적인 차량운송계획을 수립하도록 하였다. 본 프로그램은 사용자가 쉽게 활용할 수 있도록 GUI-Type 프로그래밍 방법을 사용하여 위의 3-단계의 모듈들을 통합한 통합차량경로계획 S/W로 개발된 GIS-VRP Solver는 Window System 환경 하에서 실행되는 애플리케이션으로서 데이터베이스 파일을 만들기 위해서 MS-Access를 사용하여 지리정보를 구축하였다[5, 6]. <그림 7>은 본 연구의 차량운송프로그램의 구성도를 나타내고 있다.



<그림 7> GIS기반의 VRP-Solver의 구성도

5.2 GIS기반의 차량운송시스템의 응용

GIS기반 차량운송계획모델의 응용을 위해 2-단계 물류시스템의 최적물류센터위치 및 소요 수요지의 수를 구한 예제와 영역할당계획의 결과로부터 GIS기반에서 최적 차량운송계획을 구하는 예를 들어 보였으며, 차량의 위치정보 및 운송화물정보를 본 예제를 통하여 구현하였다. 통합물류정보시스템을 구축하기 위해서 사용되는 입력요소로 물류센터, 고객, 차량, 배송화물 등을 고려하였고 차량은 동일 기종의 동일한 수용력을 보유한 것으로 가정하였다. 이에 구체적인 데이터를 <표 3>에 기재하였다.

<그림 8>은 본 논문에서 개발한 GIS-VRP Solver 초기화면이다. 형상 및 데이터의 표현은 이미 구축되어진 Shape 파일과 Shape 파일의 속성테이블에 접근하여 해당 데이터를 불러와 표시한다. 데이터입력은 마우스로 위치를 클릭하여 입력할 수

<표 3> 데이터 입력자료

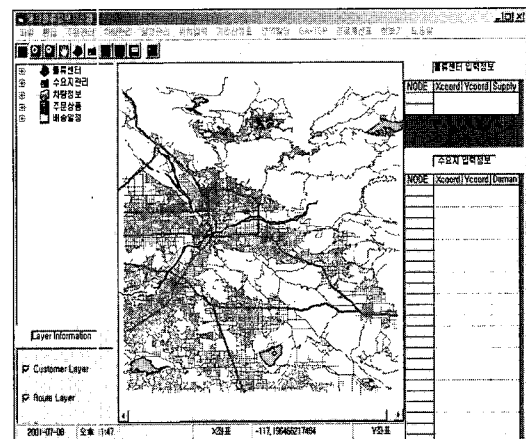
	물류센터		수요지		차량	
	번호	공급량	번호	수요량	번호	수용량
개수	1	20,000	1	100	1	2000
			2	150	2	2000
			3	100	3	2000
	2	15,000	.	.	4	2000
			.	.	5	2000
			.	.	6	2000
3	30,000	35	200			
합	3개 지역	65,000	35개 지역	5,520	6대	6,000

있으며 또한 파일형식으로 텍스트파일이나 데이터화일 등을 불러들일 수 있다. 이에 앞서 산정한 3곳의 물류센터정보를 <그림 9>과 같이 지도상에 입력하고 각 고객의 위치 정보를 <그림 10>과 같이 입력한다. 왼쪽의 그리드에 물류센터의 개수만큼 센터의 정보를 속성테이블로부터 불러온 다음 센터의 차량보유 대수와 공급량, 소유주정보, 취급 화물 등의 기타정보를 기입할 수 있다.

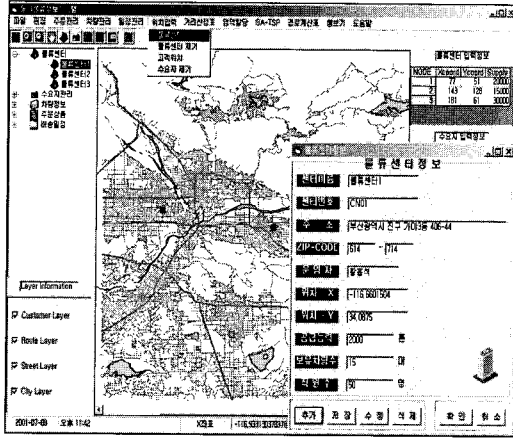
입력된 물류센터에서 각 고객이 요구하는 화물을 고려한 영역할당이 <그림 11>과 같이 수행된다.

각 센터를 중심으로 영역할당이 수행 후 색깔별로 영역할당을 나타내고, <그림 11>에서와 같이 물류센터별로 최적의 차량경로를 나타내고 있다.

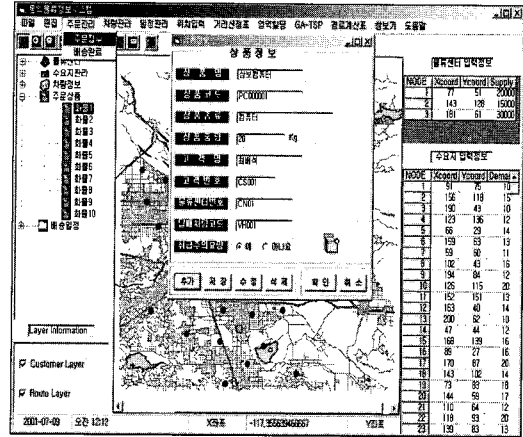
<그림 12>, <그림 13> 및 <그림 14>는 각 고객이 주문한 화물정보와 운행중인 차량의 정보 및 각 화물의 운송정보를 나타내고 있다.



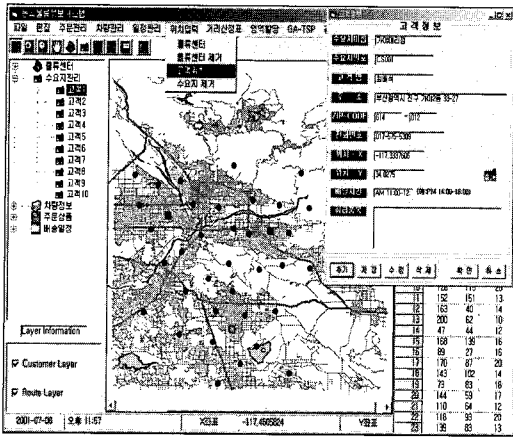
<그림 8> GIS-VRP Solver 초기화면



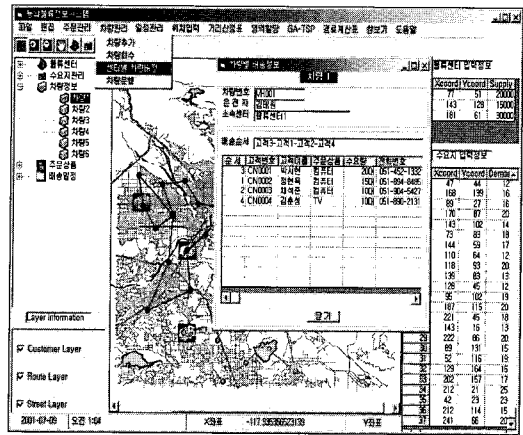
<그림 9> 물류센터 데이터 입력화면



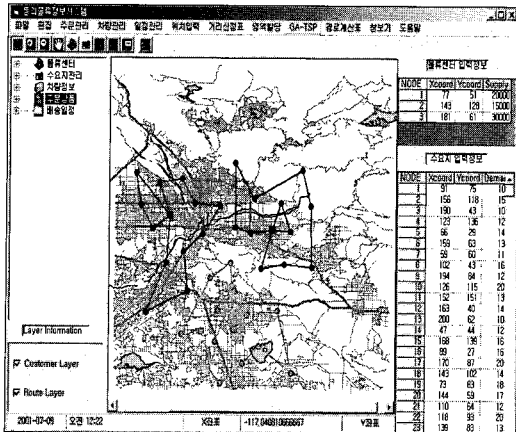
<그림 12> 화물정보 데이터화면



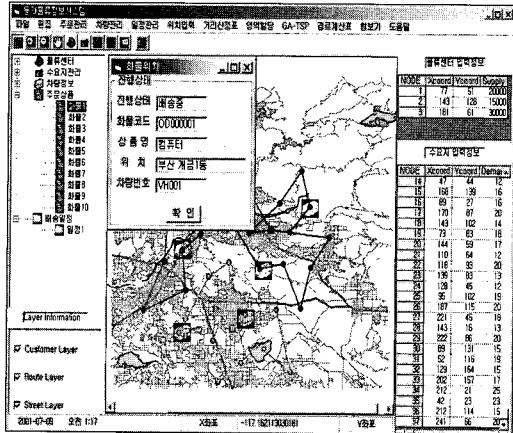
<그림 10> 수요지 데이터 입력화면



<그림 13> 차량운행정보



<그림 11> GIS-VRP의 출력 Sample



<그림 14> 화물위치정보

6. 결 론

본 논문은 기존의 2차원 평면중심에서 이루어졌던 거리산정 및 경로조합 문제에 대한 현실성 부족의 단점을 보완하여 물류시스템설계 및 차량운송계획을 수행하였다. GIS기반하에서 고객의 요망서비스 수준을 고려한 통합차량운송계획모형을 설계하고 이른 GUI-type 전산프로그램으로 개발하였다. 최소비용으로 고객이 요망하는 서비스 수준으로 운송하기 위하여 물류센터 계획문제를 Stochastic Set-Covering 문제로 정식화하고 이의 해를 산정하며, GIS기반의 경로계획(GIS-VRP)을 수행하기 위한 프로그램을 개발하였다. Sample 예제를 통하여 물류센터의 최적 소요, 위치 결정, 차량의 종류별 차량운송경로계획과 운송시 소요되는 시간 및 적재된 차량의 용량을 고려한 최적 운송계획을 산정하였다. 이 프로그램에서 나타난 결과들은 기존의 VRP 프로그램보다 더욱 현실적으로 도로 상황에 맞게 정확한 차량경로를 보여주었다. 하지만 총 운행거리와 시간 면에 있어서는 기존의 프로그램보다 증가된 거리와 시간을 초래하는데, 이는 lp -distance에 의해 구해진 직선, 직각거리보다 실제도로를 따라 운행하는데 소요되는 거리와 이에 따른 운행시간을 고려하였기 때문이다. 보다 신속하고 정확한 배송체계를 위해서는 물류관리자와 이를 수행하는 운전자 및 배달원 그리고 실제 화물운송을 의뢰하는 고객간의 커뮤니케이션에 더욱 활기를 찾아줄 수 있는 IT기술과의 접목을 통한 Mobile System, PDA 등과의 정보전달 개발 그리고 이들 정보들을 활용하도록 Web 기반의 물류시스템 연계에 관한 연구가 필요시 된다.

참 고 문 헌

- [1] 건설교통부, 「국가물류계획(2001~2020)」, 2001.
- [2] 박양병, "Stochastic 환경에서 확정적 차량경로결정 해법들의 성능평가", 「경영과학」, 제17권, 제2호(2000), pp.175-187.
- [3] Achim, "An Efficient Parallel Cluster-Heuristic for Large Traveling Salesman Problems," Universitat zu Koln, 1994.
- [4] Cheng, M.Y., G.L. Chang, "Automating Utility Route Design and Planning through GIS," *Automation in Construction*, Vol.10, (2001) pp.507-516.
- [5] ESRI, *Introduction to ArcView GIS*, 1998.
- [6] ESRI, *Programming MapObjects with Visual Basic*, 1999.
- [7] Francis, R.L., J.A. White, *Facility Layout And Location: An Analytical Approach*, Prentice-Hall, Inc., 1996.
- [8] Golden, B., I. Bodin, T. Doyle, W. Stewart Jr., "Approximate Traveling Salesman Algorithm," *Operations Research*, Vol.28, (1980), pp.694-711.
- [9] Hanan, S., *Applications of Spatial Data Structures: Computer Graphics, Image Processing, and GIS/addison-Wesley series in computer science*, Addison-Wesley, 1990.
- [10] Beasley, J.E., N. Christofides, "Vehicle Routing with a Sparse Feasibility Graph," *E.J. O.R.*, Vol.98, (1997), pp.499-51.
- [11] Maro, V., S. George, M. Vassiliki, "Geographic Information Systems in Warehouse Site Selection Decisions," *International journal of production economics*, Vol.71, (2001), pp.205-212.
- [12] Sarn R., H. Osman., T. Sun., "Algorithms for the Vehicle Routing Problems with Time Deadlines," *American J. of Math. & Manag. Sci.*, Vol.13, No.(3&4)(1994), pp.323-355.
- [13] Shin, H.W., *Vehicle Routing for the Delivery using Hybrid Genetic Algorithm*, Hanyang Univ, Ph. D. Thesis, 1994.
- [14] Thill, J.C., "Geographic Information Systems for Transportation in Perspective," *Transportation research part C*, Vol.8, (2000), pp.3-12.