

컨테이너 운송체계 개선을 위한 화물수거-배송계획 시스템 개발

윤항목* · 황흥석** · 김형보***

*동의대학교 도시공학과 교수, **타이완 카이난대학 교수,***동의대학교 도시공학과 교수

GIS-based Pickup-Delivery Scheduling Model for Container Transportation

Hang-Mook Yoon* · Heung-Suk Hwang** · Hyung-Bo Kim***

*Associate Professor, Dept. of Urban Engineering, Donggeui University

**Professor, Kainan University, Taiwan

*Associate Professor, Dept. of Urban Engineering, Donggeui University

요 약 : 본 연구는 화물 운송 문제에 GIS 기법을 응용하여 화물의 수거 및 배송문제를 개선한 논문이다. 최근 국내 물류업체들은 인터넷을 기반으로 주문, 검색 및 화물의 추적 등을 온라인상에서 실행토록 하는 방법을 증시하게 되었다. 국내의 배송 관련 기업들은 빠른 서비스를 요구하는 긴급주문의 비중이 커 가다. 시장변화에 대처해서, 서비스 능력의 향상과 효율적인 차량관리를 위해서 GPS와 TRS 등의 정보통신기술을 이용하여, 기업의 배차업무를 개선하려고 노력하고 있다. 하지만 아직까지 배차 담당자의 의사결정을 지원할 수 있는 배차기법에 대한 연구는 거의 이루어 지지 않고 있는 것이 현 실정이다. 본 연구에서는 GIS기반 하에서의 거리산정방법을 제안하고 이를 이용하여 차량운송 및 수거계획 알고리즘을 개발하였다. 또한 본 연구에서는 차량 및 화물정보를 GIS환경에서 실시간으로 조회해 볼 수 있도록 하였으며, 입출력자료와 차량 및 화물정보 조회결과를 GIS환경에서 구현하도록 하였다. 사용자들을 위하여 GUI-type 프로그램을 개발하고 실험예제를 통하여 Sample 출력을 보였다. 본 연구의 결과는 추후 약간의 수정 보완을 통하여 실제 물류센터에서의 운송계획 작성시 바로 적용될 수 있을 것이라고 판단된다.

핵심용어 : 수거 및 배송, 차량운송계획, 지리정보시스템, 화물정보, 배차기법

Abstract : This paper provides a method to implement IT system for supply chain management problem. The fundamental scheduling issues that arise in the pickup delivery system are optimizing the system with the minimum cost, the maximum throughput and the service level. This study is concerned with the development of the customer responsive pickup-delivery system based on e-logistics and demand chain management. Through this study, the pickup-delivery problem of the vehicle using the GIS PDP and GUI type computer programs are formulated. The computational results show that the proposed method is very effective on a set of test problems.

Key words : GIS, Pickup and Delivery Problem, e-Logistics, Customer Responsive System, PDP

1. 서 론

본 연구는 GIS(Geographical Information System)기반 하에서 고객의 요망 서비스 수준을 충족시키기 위하여 수주 받는 즉시 최적 서비스 대안을 고객에게 제시하고 고객의 반응을 고려한 차량 운송시스템을 개발하고자 하는 것이며 이를 위해 물류센터로부터 각 배송(delivery) 및 수거(pick-up)를 고려한 운송계획 모델을 제시하였다.

최근의 새로운 정보기술의 발전에 따라 대다수의 국내의 수배송관련 업체들은 빠른 서비스를 요구하는 수요자 주문의 비중이 커져가는 물류시장의 변화에 대처하기 위하여, 서비스 능력의 향상과 효율적인 차량관리를 위해서 AVL(Automatic Vehicle Location) 및 TRS(Trunked Radio System) 등의 정보통신기술을 이용하여, 기업의 차량운송 업무를 개선하려고

노력하고 있다(Cluff, 1987; ESRI Inc., 1998; ESRI Inc., 2000; Francis et al., 1996; Grefenstette J et al., 1995; Hau L. Lee et al., 2000). 본 연구는 예약 시스템에 의한 수송시스템의 최적 운송계획 모델에 관한 연구로서 운송 예약으로부터 운송량, 운반지점, 도착지점 및 요구 시간 등의 정보를 on line system으로 예약을 받고, 회사 자체의 운용차량, 시간(매일 운영 시간) 및 운송능력 등을 고려하여 운송예약의 서비스 가능여부를 실시간(real time)으로 응답해 주는 운송시스템의 운송계획 모델에 관한 연구이다. 우선 사용자들 위하여 전화 및 Internet 환경에서 E-Mail 시스템으로 예약을 접수하고 자체의 시스템 운영 조건 등을 고려하며 운송 차량을 할당하는 배치 알고리즘(assignment algorithm)을 개발하여 사용하였다(Hwang, 2000).

본 연구의 주요 내용을 요약하면 다음과 같다.

* 대표저자 : 윤항목(종신회원), hmyoon@deu.ac.kr, 051)890-1636

** 정회원, hshwang@mail.knu.edu.tw

*** hbkim@deu.ac.kr

- GIS기반의 차량운송(수거-배송)계획 모델 개발
- GIS기반의 거리 산정 및 구현
- 수거 및 배송 계획모델 개발
- 차량 및 화물조회 시스템
- GIS 환경 하에서의 물류정보의 시각화 구현, 물류센터의 위치, 수요자의 위치, 운송경로, 차량 및 화물정보 조회 결과의 시각화 구현

2. GIS기반의 수거-배송 계획 조회 시스템

전 절에서 제시한 연구내용을 수행하기 위하여 본 논문에서는 다음 Fig.1 에서와 같이 4단계에 의해 결과처리가 가능한 하나의 통합모델을 개발하였으며 이를 위한 시각화 전산 프로그램을 개발하고 실제 문제에 적용한 결과를 보였다.

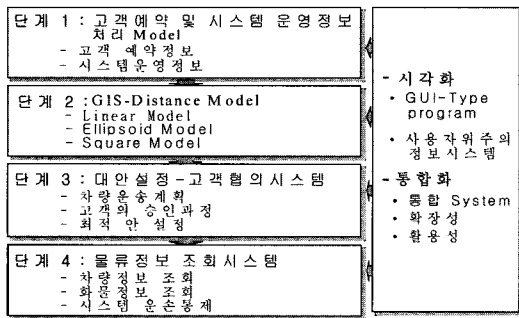


Fig. 1 Structure of GIS-based pickup-delivery model

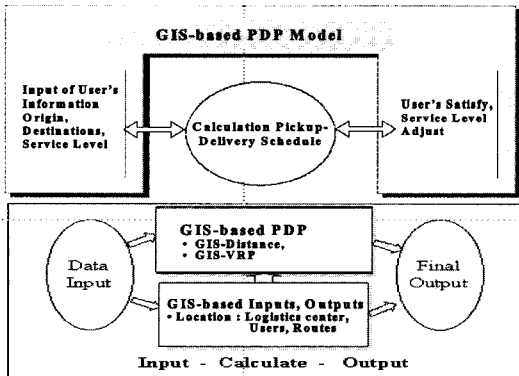


Fig. 2 Concept of GIS-PDP model

본 연구에서 고려한 GIS 기반하의 PDP(Pickup-Delivery Problem) 해석을 위하여 발견적 해법에 의하여 초기 예약운송계획을 작성하였으며, 이러한 초기운송계획은 고객이 주문시점에서 최적의 서비스수준으로 지원을 받을 수 있도록 예약운송계획과 수시 운송계획으로 구분하였다. 또한 Fig.2 와 같이 GIS기반 하에서 입출력되도록 프로그램을 개발하였다.

2.1 고객 예약 및 시스템 운영정보

운송차량 계획에는 차량출발 이전에 미리 알고 있는 고객의 예약운송 주문 정보를 이용하여 예약운송 계획을 작성하는 경

우와 차량출발 이후에 수시로 발생하는 수시 운송 요구에 대해 운송계획을 작성하는 수시 운송계획이 있다.¹¹⁾ 운송계획의 작성과정을 요약하면 Fig.3과 같다.

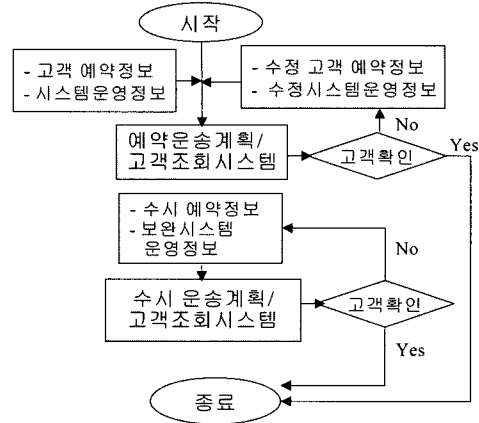


Fig. 3 Structure of delivery system

본 연구에서는 초기예약 운송계획을 고객이 만족할 경우 운송계획은 확정되고 그렇지 못할 경우에는 고객의 수정운송정보 및 시스템의 수정 운송 정보들을 이용하여 새로운 운송계획을 수립하여 고객의 요구에 맞도록 한다. 수시 운송요구에 대해서는 운송기간 중에 수정 보완하여 고객의 서비스수준을 만족하도록 한다. 본 연구에서의 운송계획 작성은 별도의 운송계획 알고리즘에 의하여 작성하며 이의 모든 운송계획 및 물류센터와 수요지들을 GIS 환경에서 시각화 화면으로 고객이 쉽게 확인할 수 있도록 하였다. 본 예약운송 계획 정보는 다음 내용의 입출력 자료를 포함한다. :

- 1) 입력 자료 :
 - 고객 운송요구(order)
 - 운송차량
 - 운송 시간 정보
- 2) 출력 자료 :
 - 운송대안 선정

2.2 GIS 기반의 거리산정 방법

GIS환경에서 차량의 운송거리 및 시간을 산정하기 위하여 우선 Road Data(GeoDatabase)로부터 실측거리를 산출하는 모델을 개발하여 노드간의 거리를 산정 하였다. 본 연구에서 개발한 GIS-Distance model에서 사용한 거리산정 방법은 ITS 개념을 도입하여 GeoDatabase로부터 실제 도로거리 $D_k(X_i, Y_j)$, 실제 운행시간 $T_k(X_i, Y_j)$, 및 소비비용 $C_k(X_i, Y_j)$ 을 산출하는 알고리즘을 적용하였다. 본 연구에서의 거리산정을 위한 Node, 중간 경유지(intermediate point) 및 Arc의 관계는 Fig.4에 잘 도시되어 있다.

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

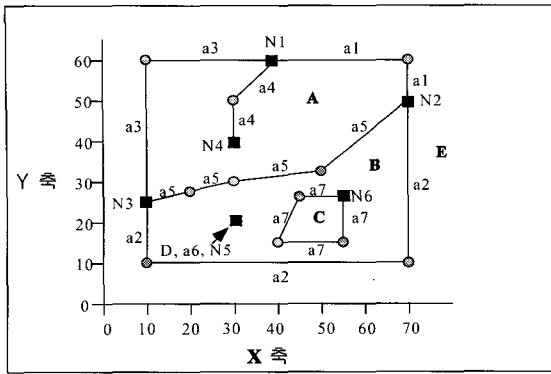


Fig. 4 GIS based route network

예를 들어, 위의 Fig.4에서 노드 N2와 노드 N3 사이의 최소 거리를 구하는 문제를 가정하면 경로 a_i 의 시작 좌표와 중간좌표 그리고 끝 좌표 사이의 실측거리를 Table 1과 같이 하여 구하였다. 여기서의 거리산정을 위하여 다음과 같은 3가지의 Heuristic 방법을 사용하였다:

Table 1 Traveling distance

Arc	경로 좌표데이터			Total Dist.
	Start X, Y	Intermediate X, Y	End 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

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 중간점들을 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 GIS 환경에서 표시될 수 있도록 하였다. 이를 표시하면 Fig. 5와 같다.

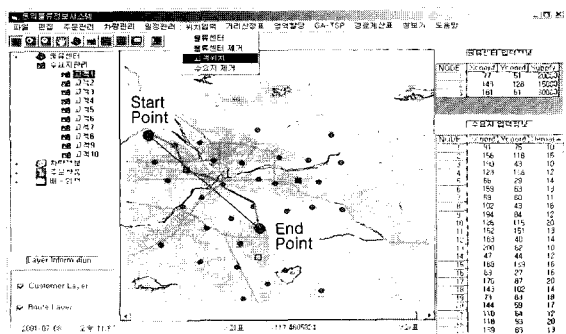


Fig. 5 Linear model

2) 타원형모델(ellipsoid model)

이는 시작점(starting point)과 도착점(end point)간의 중간 경유지점(Road Data상의 가능한 지점)을 모두 검색하기보다 두 지점을 연결한 타원형 내의 중간점들을 조합하여 Road Data Base로부터 각각의 거리를 구하여 최소거리를 산출하는 방법이다.

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 중간점들을 조합하여 Road Data Base로부터 각각의 거리를 구하여 최소 거리를 산출하는 방법이다. 위의 두 가지 모델을 표시하면 Fig. 6과 같다. 본 연구에서 고려한 운송거리 및 시간을 이용하여 다음과 같이 GIS 기반의 배송-수거계획 조회 시스템의 개발에 활용하였다.

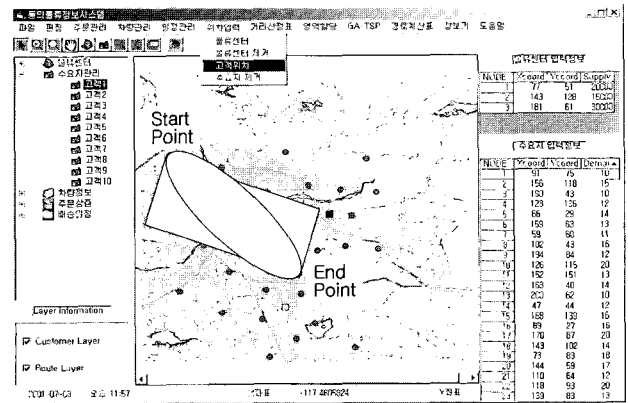


Fig. 6 Ellipsoid and square model

2.3 운송계획 알고리즘

본 연구에서 고려한 PDP문제의 운송계획은 운송요청(order)으로부터 다음과 같이 3단계로 구성된 알고리즘에 따라 구하였다.

Step 1 : 운송요구 및 시스템 운영 Data

- 고객 운송요구(order)
- 운송차량
- 운송 시간 정보

Step 2 : 운송대안 선정

- 각 운송차량 Type별 및 Route 결정,
- 각 Route의 수요자 요구 판정 여부 결정
- 총 운송시간 산정
- 각 차량 Type별 최적 Route결정

Step 3 : 결과 출력

- 입력 Data
- 차량 Type별 출발시간 및 Route의 세부계획

새로운 운송요구가 접수되면 출발 및 도착 Node 모두를 기존의 시간계획에 포함시켜야 한다. 이를 위하여 운송차량이 출발 Node에 먼저 도착하고 다음으로 도착 Node에 도착되도록 하여야 하며 새로이 추가되는 Node 들로 인하여 타 Node의 계획 시간계획을 허용시간 이상으로 지연시키는 일이 없도록 계획하여야 한다. 이를 위하여 가능 해의 산정을 위해 다음 사항들이 고려된다.

① 기존의 모든 인접 Node들을 분석하고 새로운 Pick-Up Node의 삽입가능성을 판단(Type I Search)하여야 하며, 기존의 Node m, n 사이에 Node i의 삽입가능성을 위하여 다음 식을 고려한다.

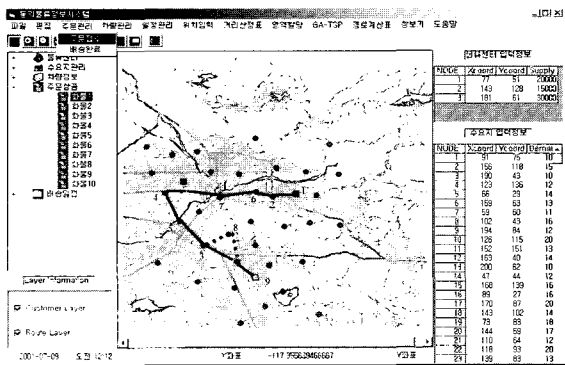


Fig. 7 New node in vehicle route plan

$$e_8 = TT_{3,8} + \max(0, TR_8 - TA_8) + B_8 + TT_{8,5} - TT_{3,5}$$

$$= 15 + \max[0, 145 - (127 + 15)] + 3 + 18 - 20$$

$$= 15 + 3 + 3 + 18 - 20 = 19$$

$$TE_i = TR_i - W_B = 140$$

$$TD_3 + TT_{3,8} = 127 + 15 = 142$$

$$TL_8 = 145 + 5 = 150$$

$$e_8 < R \cdot S_5 ; TE_8 < TD_3 + TT_{3,8} < TL_8$$

$$TE_i \leq TA_i \leq TL_i$$

즉, 증가시간이 Route의 여유시간 보다 같거나 적어야 한다. 다시 말해서, $e_i \leq R \cdot R_n$, 여기서 $R \cdot R_n$: Route여유시간

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,

$$TE_j \leq TA_j \leq TL_j$$

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

③ 시스템 비용

시스템 비용의 차이는 운행시간의 차이에 관련이 큰 것으로 보고 시간차이를 산출하여 비교하였다. m, n Node사이에 출

발 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.

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

④ 기존의 예약고객에 대한 서비스

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

$$Y = \frac{\sum_{n=1}^{n+1} \max[(TA_n - TR_n), 0] - \sum_{n=1}^n \max[(TA_n - TR_n), 0]}{n+1}$$

또한 실제 시스템에서 있을 총 시간과 새로운 고객이 들어 오지 않을 경우 직접 갈 경우의 총 시스템 시간과의 비율의 변화는 다음과 같다.

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

여기서 최선의 대안선정은 다음 수식에서 이루어질 수 있다.

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

상기 식에서 A, B, C는 가중치로서 simulation 등에 의하여 구할 수 있다. 운송스케줄에서 가능해를 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 증가 시간은 다음과 같다.

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

$$e \leq RS_n \text{인 경우 새로운 Node는 삽입 가능하다.}$$

위의 운송계획 알고리즘에 따라서 Fig. 8과 같이 전산프로그램을 개발하고 예제를 통하여 본 모델의 실용화 가능성을 보였다.

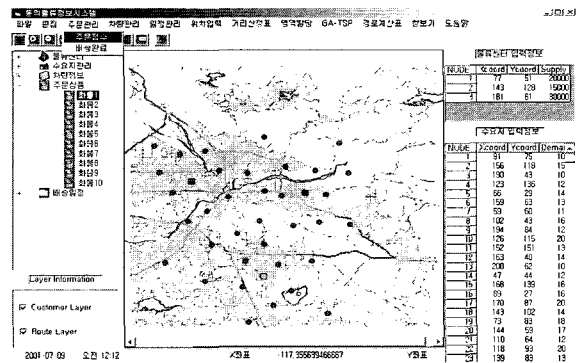


Fig. 8 Development of computer program

3. 모델의 응용

본 모델을 다음과 같은 물류센터의 화물수거 배송계획 조회 시스템 개발에 응용하였다. 본 물류센터에서는 pallet단위의 표준화된 화물을 운송하며 Table 2 에서와 같이 4가지 종류의 7대 차량으로 운반하며 물류센터 및 운송위치정보를 이용하여 적정 운송계획을 세우려고 한다. 모두 58건의 운송 요청(order)을 받았다. 본 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 지시(11:00시, 15:00)

Table 2 Example of available vehicles

차량종류	가용대수	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		

운송요구는 항상 전화 및 E Mail로 받으며, 운송 담당자는 상시 각 운송지역에 운송 할 준비가 되어있는 것으로 가정하였다.

본 시스템에 고려된 운송차량의 종류는 소형트레일러(ST), 중형트럭(MT), 대형트레일러(LT) 및 대형운송트럭(LG) 등으로 구분하여 가용차량을 Table 2 에서와 같이 설정하였다. 본 운송계획 모델의 적용 결과중 소형 트레일러(ST-1~ST-3) 3대 및 중형 트럭의 운송계획을 Fig.9와 같이 요약하였다.

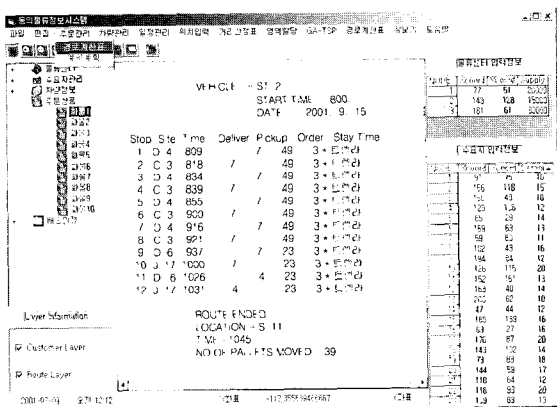


Fig. 9 Example of pickup delivery plan

본 예제에서 고객의 운송요구 정보의 입력화면과 운송화물의 위치정보 화면을 각각 Fig. 10 및 Fig. 11과 같이 보였다. 여기서 약간의 추가정보만 보완하여 입력한다면 실무에서 바로 적용이 가능한 실용적인 물류정보 시스템이 될 수 있을 것이라고 판단한다.

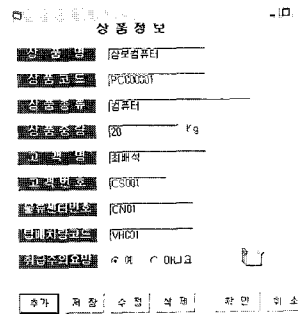


Fig. 10 Order information

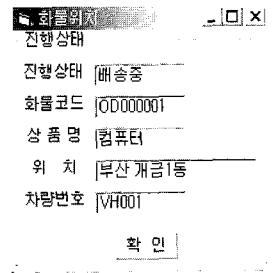


Fig. 11 Freight location

4. 결론

본 연구는 고객 지향적 PDP모델의 연구에 관한 것으로서 기존의 화물 수거 및 배달에 관한 문제(PDP)를 GIS 환경하에서 구현이 가능하도록 해주는 GIS-PDP시스템을 개발하는 것이 주목적 이었다. GIS-PDP에서는 GIS 환경을 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. 고객 지향적 GIS PDP의 경로계획을 위하여 GUI-type 프로그램으로 개발하였으며, 화물운송시스템의 사례를 들고 응용한 결과를 제시하였다. GIS-PDP system에서는 또한 실 지형도상에서 차량의 이동현황과 화물정보를 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 차량위치 추적 시스템 및 화물정보 조회 시스템을 추가하였다. 또한 GIS는 성격상 대부분이 그래픽 요소를 포함하고 있기 때문에 이를 이용한 각종 출력물들을 PDA(Personal Digital Assistant) 및 Mobile System을 통하여 표현할 수 있도록 하기 위해서는 XML언어 기반의 실용적인 물류정보 시스템 개발이 필요시 된다. 이에 관해서는 추후 더욱 연구를 확장할 계획이다.

후 기

이 논문은 2003학년도 동의대학교 교내 일반연구비 지원에 의하여 연구되었음.(과제번호 2003AA146)

참 고 문 헌

[1] Achim Bachem et al.(1994), "An efficient parallel cluster-heuristic for large Traveling Salesman Problems", Universitat zu Koln.
 [2] Cluff, C. K.(1987), "Minimization of Tardiness in Many-to Many Pickup and Delivery Systems", Ph. D. Thesis, Case Western Reserve University.

- [3] ESRI Inc.(1998), "ArcView Network Analyst", An ESRI White Paper.
- [4] ESRI Inc.(2000), "What is new in ArcLogistics Route 2", An ESRI White Paper, info@esri.com, <http://www.esri.com>
- [5] Francis, R. L., And J. A. White(1996), Facility Layout And Location : An Analytical Approach, Prentice-Hall, Inc.
- [6] Grefenstette J et al.(1995), "Genetic algorithm for the traveling salesman problem", Proc. Int. Conf. of Genetic algorithm and their applications, pp. 160-165.
- [7] Hau L. Lee, Kut C. So, Christopher S. Tang(2000), Value of Information Sharing in a Two Level Supply Chains, Management Science, Vol. 45, No.5.
- [8] Heung-Suk Hwang(2000), Integrated GA-VRP Solver for Multi-Depot System , Int. Jnl. Of Computers and Industrial Engineering. 27th Conference Proceeding, pp. 1-6.
- [9] J. E. Beasley & N. Christofides(1997), "Vehicle Routing with a Sparse Feasibility Graph", E.J.O.R., vol 98. pp. 499-511.
- [10] Mark, H. N.(1997), "The Traveling Salesman Problem a Review of Theory and Current Research." Working Paper, pp.1-26.
- [11] Peiqin Huabg(1999), Logistics Information Systems and Global Supply Chain Management , Industrial Engineering and Management, Vol. 8, No. 3, pp. 43-45.
- [12] Sam R., H. Osman., Tong Sun.(1994), "Algorithms for the Vehicle Routing Problems with Time Deadlines ", American J. of Math. & Manag. Sci., 13(3&4), pp. 23-355.
- [13] Solomon, M. M.(1988), " Time Windows Constrained Routing and Scheduling Problems", Transportation Sci., 22, pp. 1-13.

원고접수일 : 2004년 12월 29일

원고채택일 : 2005년 3월 30일