

# GIS와 GPS를 이용한 배달/수거 물류관리시스템†

함승훈<sup>1</sup> · 이문규<sup>2</sup>

<sup>1</sup>계명대학교 건설시스템공학부 교통공학전공 / <sup>2</sup>계명대학교 자동차공학부 산업공학전공

## A Pickup/Delivery Management System Using Geographic Information System and Global Positioning System

Sung-Hun Ham<sup>1</sup> · Moon-Kyu Lee<sup>2</sup>

This paper considers a door-to-door service system in which pickups or deliveries are performed by a trip of a single vehicle. Each customer request specifies the quantity of the load transported, the location, and the time window within which it is to be picked up or delivered. Since the system is demand responsive, i.e., new or emergent requests become available in real-time, the current vehicle route has to be reconstructed to include these requests. In this case, only continuous vehicle tracking enables control over the requests and ensures that the requests are satisfied on time. This paper suggests a pilot pickup/delivery management system integrating a geographic information system(GIS) and a global position system(GPS) to efficiently deal with such a dynamic environment. The GIS offers a way of displaying the vehicle route on digital maps for the region under concerned. Also displayed is the current location of the vehicle obtained from the GPS. A heuristic algorithm is used to dynamically determine the vehicle route. A practical example is provided to show the feasibility of the system.

### 1. 서론

그 동안 경제규모 및 교통수요는 급격히 팽창하여 왔으나 사회간접시설은 그에 상응되도록 확충되지 못하였기 때문에 물류비가 대폭 증가하는 추세에 있다. 또한 각종 물류관련 시설의 운용관리기술도 그다지 개발되지 못하여 기존시설조차도 효율적으로 운용되지 못하고 있는 실정에 있다. 이와 같이 물류관련 사회간접시설의 절대적 부족과 효율적 운용관리기술의 미비는 막대한 사회적 비용을 유발하고 있으며 효율적 경제활동을 제한하여 사회적 경쟁력을 급격히 떨어뜨리고 있다. 이에 따라 국내 물류비는 '95년 GDP의 16.5%인 58조 원으로 미국보다 2배 이상 높았고 '96년도에도 17.6%에 달하였던 것으로 알려져 있다(Digital TRS, 1997). 따라서 물류비 감소를 통하여 기업의 경쟁력을 강화하기 위해서는 사회간접시설의 확충은 물론이고 개별기업 차원에서 물류관리기술을 개발·활용하는 것이 시급한 과제가 된다.

여러 물류관리분야 중에서 본 연구의 대상인 화물운송과 관련된 기존의 연구현황을 보면 효율적인 수·배송을 위한 알고리즘 개발과 지리정보를 활용한 GIS(Geographic Information System: 지리정보시스템) 개발 등의 소프트웨어적인 측면에 주력하여 왔다(문상원, 1994; 박기석, 1995; 안진모, 1994; 양병희와 이영해, 1994; 이문규와 박병춘, 투고중; Burrough, 1986; Eisenstein and Iyer, 1997; Kim *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 1997). 그러나 최근에는 차량의 위치 추적을 가능하게 하는 GPS(Global Positioning System: 범지구측위시스템)와 무선에 의한 쌍방향 통신을 위한 TRS(Trunked Radio System: 주파수 공용통신) 등의 하드웨어가 개발되어 이들을 기존의 물류관리 소프트웨어에 통합하여 수·배송 및 화물운송 물류관리의 효율화를 꾀하고자 하는 시도가 이루어지고 있다(GPS 위성이용, 1998).

GIS와 GPS가 통합된 이른바 차량추적시스템(Automatic Vehicle Location System: AVLS)은 차량의 위치를 GPS로부터 수신받고 통신수단으로 무선통신장비를 이용하여 GPS로부터 수신된 이동차량의 위치를 중앙관제센터(기지국)에서 GIS를 활용하여

† 본 연구는 1997년도 계명대학교 박사연구기금으로 이루어졌음.

분석·파악함으로써 실시간으로 이동차량을 통제할 수 있는 시스템이다. AVLS는 외국의 경우에는 90년대 들어 GPS가 본격적으로 개발되고 우수한 GIS 소프트웨어가 상용화됨에 따라 프로토타입들이 개발되어 특정 사업분야에 활용되어 왔다 (Automated Vessel..., 1998; AVL/FLEET Management, 1997; Mata, 1998; MobyTrack..., 1998; NSR Openlink..., 1998; Southby and Judd, 1994; UNICOM..., 1997). AVLS의 단순화된 응용으로서 가장 대표적인 것이 차량항법시스템(Car Navigation System: CNS)인데 이 시스템은 일본을 비롯한 선진국에서는 이미 널리 활용되고 있다. 국내의 경우에는 CNS가 최근에 차량에 장착되어 가동되고 있고 범용 AVLS는 최근에 몇몇 업체에서 개발한 것으로 발표된 바 있다(이수영과 김병우, 1996). 이러한 시스템의 개발로 택시·택시·화물운송·일반기업의 서비스 출동차량관리 등 여러 분야에 차량운행의 효율성 증대와 물류비 절감을 위한 수단으로 크게 이용될 것으로 예상되고 있다. 그러나 이러한 AVLS는 지도를 포함한 다양한 지리정보에 바탕을 두고 있는 시스템특성 때문에 범용화되기 어렵고 응용사례에 따라 적합하게 수정·보완(customization)되어야 한다.

택배는 소화물 일괄수송으로서 고객으로부터 소형·소량의 화물을 운송되리만 포장·수송·배달에 이르기까지 일체의 door-to-door 서비스를 운송인의 일괄책임 아래 수행하는 것을 의미한다. 현재 국내외를 막론하고 이러한 택배 서비스업은 엄청난 성장을 이루고 있다. 국내의 경우만 하더라도 '96년에 1억 3천만 박스(box)의 소화물을 처리하였고 2000년에는 2억 6천만 박스의 볼량의 수요가 발생되어 매출규모가 1조 원을 초과할 것으로 예상되고 있다.

이러한 택배 서비스 시스템에서 AVLS를 활용하지 않고 차량운전자(배달자)의 경험과 직관에만 의존하는 기존의 차량운행 방식은 차량의 위치파악이 어려울 뿐만 아니라 경로설정에도 최적화가 이루어질 수 없어서 고객의 동적 상황변화와 신규주문에 신속하고 효율적으로 대응하기가 어렵다. 동적인 변화에 효과적으로 대응하고 물류효율을 제고하려면 주어진 고객정보에 따라 차량의 최적 운행경로를 과학적으로 신속하게 설정할 수 있는 알고리즘이 확보되어야 하며 동시에 차량의 현재 위치를 파악하여 실시간으로 접수되는 신규주문을 만족시키기 위한 수정된 경로대안을 즉시 작성할 수 있어야 한다. 이러한 기능들이 가능하기 위해서는 택배시스템에 적합한 전용의 AVLS가 필요하다. 본 연구에서는 이에 따라 배달 또는 수거 작업어 하나의 차량운행 사이클에서 복합적으로 이루어지는 소화물 운송전용의 택배 AVLS를 제안한다.

## 2. 배달/수거 물류시스템

### 2.1 물류시스템

연구대상의 배달/수거 물류시스템은 전자업체, 우편물 택배

업체, 식료품업체 등과 같이 비교적 물품규모가 작은 업종으로서, 보편적으로 단일차고지(single depot)와 배달/수거 동시작업의 특성을 지닌다. 이러한 시스템의 차량계획업무는 고객의 주문량 및 유형, 차량과 운전자 확보상황, 차량의 유형 및 적재능력 등의 주어진 정보를 바탕으로 추구하는 목적(차량의 총이동거리 또는 시간의 최소화, 일정기간 동안의 배달량/수거량의 최대화, 주문반복의 지연에 대한 고객불편지수의 최소화 등)을 최대한 만족시키도록 차량 및 운전자를 배정하고 그에 대한 경로계획을 수립하는 것이다. 또한, 차량운행중에 새로운 주문이 들어오거나 긴급한 상황이 발생되면 이를 처리하기 위하여 운행중인 차량의 경로를 수정해야 할 필요가 있다.

지금까지 배달/수거 물류시스템에 대한 연구는 배달/수거를 차량운행 계획문제의 해법개발과 이를 기반으로 전산시스템을 구축하여 의사결정을 지원하는 등의 단편적인 연구에 치우쳐 왔다(라연주 등, 1992; 문상원, 1994; 안진모, 1994; 양병희와 이영해, 1994; Lee *et al.*, 1997). 그런데 이러한 시스템에서 얻을 수 있는 정보는 숫자와 기호로 표현되는 1차원적인 정보가 대부분이어서 계획된 배달/수거 작업의 차량경로(route)를 포괄적으로 조망한 시공간적인 분석이 어렵고, 또한 이 작업들의 진행상황을 모니터링하기가 매우 곤란하다. 이것은 교통관계 시스템이 전체 도로망현황과 교통상황을 그래픽 또는 카메라 영상으로 모니터에 표현된 시공간적인 정보에 의해서가 아니라 단순한 서류정보만을 바탕으로 운영되는 것에 비유할 수 있다. 그런데 GIS를 이용하면 고객의 정보를 도로망 위의 해당 지점을 마우스로 포인팅하여 조회하고 이를 통계적으로 분석하여 각종 자료를 그래프로 도시하여 주는 기능들을 효율적으로 수행할 수 있다.

한편 배달/수거 계획의 효율화를 기하기 위해서는 시공간적인 변화를 실시간으로 수용하여 계획수립 및 실행시 반영해야 하는데 이를 위해서는 앞서 기술한 차량추적을 가능하게 하는 GPS를 활용해야 한다. 이러한 점들을 감안하여 본 연구에서는, 실제기업 또는 수/배송센터들의 상황을 반영하고 응용성이 큰 배달/수거 물류시스템의 효율화를 기하기 위하여 GIS와 GPS를 활용한 범용 배달/수거 물류관리시스템을 개발하였다. GIS와 GPS가 통합된 물류시스템의 구축에 초점을 맞추기 위하여 본 연구에서는 가장 간단한 배달/수거 시스템으로서 한 대의 차량으로 고객의 주문에 대응하는 경우를 고려한다. 물론, 이 연구결과는 복수차량시스템에 쉽게 확장되어 적용될 수 있을 것이다.

일반적으로 고객은 원하는 특정시간대에 화물이 배달되거나 수거되기를 원한다. 차량이 고객이 원하는 시간대의 하한보다 일찍 도착한 경우에는 처리를 위하여 운전기사가 하한까지 기다려야 하는데 이것은 고객이 방문지에 없거나 화물의 배달/수거를 위하여 준비작업이 필요하기 때문이다. 이와 같이 하한시간까지 기다려야 하는 대기시간은 택배업체의 입장에서는 가급적 피하여야 하나 고객에게는 아무런 영향을 주지 않는다. 그러나 상한 시간대보다 늦게 도착하는 경우에는 주

문처리를 못하게 되거나, 주문처리가 이루어지더라도 고객에게 끼치는 불편이 상당하게 된다. 따라서 차량경로 설정을 위한 목적함수로서 본 연구에서는 하한시간대보다 일찍 도착할 때의 이른시간(carliness time)과 늦게 도착할 때의 지연시간(tardiness time)에 대한 비용함수를 최소화하기보다는 고객 만족의 중요성을 감안하여 고객의 실질적인 불편지수인 총 지연시간만을 최소화하는 것을 고려하였다.

이 시스템에서는 GIS기반의 Master 프로그램이 고객의 주문을 입력받고 GPS로부터 수신된 차량의 위치를 TRS에 의하여 실시간으로 전송받아 현재상황을 분석하여 수정된 차량의 경로를 설정한 후 제어모니터에 도시하게 된다. 현재 차량의 위치는 도시된 지도 위에 표시하여 운행상황을 실시간으로 조망할 수 있도록 하고 있다. 이러한 시스템의 핵심 소프트웨어는 차량경로를 동적으로 재설정하는 것인데 이를 개발하기 위해서는 경로설정에 관한 효과적인 알고리즘이 필요하다.

2.2 차량경로설정 알고리즘

앞절에 기술된 배달/수거 물류시스템에서 제기되는 차량운행계획 문제는

“총 운송가능량(무게 또는 부피)이 C인 단일차량으로 초기에 주어진 n개의 고객과 운행시간 동안에 발생할 미래의 고객들을 방문하여 차량의 적재용량을 초과하지 않는 범위 내에서 배달 또는 수거작업을 하고 차고지로 돌아오는 경로를 주문처리 지연시간이 최소화되도록 동적으로 설정하는 것”으로 정의될 수 있다. 여기서 경로를 동적으로 설정한다는 것은 차량의 운행 중에 들어오는 주문들을 수용하여 그 시점에서 경로를 재설정함을 의미한다. 각 주문들은 배달/수거를 위한 시간대의 상한치와 하한치로서  $[a_i, b_i]$ 와 처리 화물의 무게  $q_i$  (배달의 경우에는 음의 값이고 수거일 경우에는 양의 값을 가짐)와 위치좌표  $(x_i, y_i)$ 가 정의된다. S를 고객들의 방문 순서 집합으로서  $S = \{[1], [2], \dots, [i], \dots, [n]\}$  (단,  $[i] = i$ 번째 방문 고객),  $t_j$ 를 j번째 고객을 방문하고 다음 방문지로 출발할 때의 시간으로,  $g_j(t_j)$ 를 j번째 고객의 지연시간함수로 정의할 때 이 경로설정 문제의 목적함수는 총 지연시간을 최소화하는 것이므로

$$\min \sum_{j \in S} g_{[j]}(t_{[j]})$$

이다. 여기서

$$g_{[j]}(t_{[j]}) = \max(t_{[j]} - b_{[j]}, 0);$$

$$t_{[j]} = \begin{cases} t_{[j]} + T_{[i][j]} + P_d & \text{if } t_{[j]} + T_{[i][j]} + P_d > a_{[j]} \\ a_{[j]} & \text{otherwise;} \end{cases}$$

$P_d$  = 주문지에서 배달/수거에 소요되는 순수 작업시간

$T_{[i][j]} = c_i * d_{[i][j]}$ ;

$d_{[i][j]} = i$ 번째 고객과 j번째 고객 사이의 최단거리;

$c_i$  = 단위거리당 운행 소요시간을 의미한다.

이상과 같이 정의되는 동적 경로설정 문제의 해를 구하기 위해서는 우선 동적상황이 배제된 정적인 문제를 해결할 수 있어야 한다. 이 문제에 대한 기존의 연구실적은 매우 저조한데 Lee et al.(1997)에 이 분야의 연구현황과 알고리즘이 소개되어 있고 유사한 문제를 다룬 연구로서 총 운행거리를 최소화하기 위한 발전적 기법을 제시한 Kim et al.(1997)의 연구가 발표된 바 있다. 정적 문제의 최적해를 도출해 내는 알고리즘은 Lee et al.(1997)에 제시된 동적 계획법(Dynamic Programming)을 사용할 수 있으나 문제규모가 커지면( $n \geq 15$ ) 소요시간과 기억용량이 엄청나게 증가하여 사용할 수 없다. 따라서 이러한 중규모 이상의 문제를 다룰 수 있는 간단한 발견적(heuristic) 방법으로서 2-way교환법(이문규와 박병춘, 투고중)을 사용하였다. 이러한 발견적 방법을 간단히 요약하면 다음과 같다:

단계 1: (초기해 작성)

$b_i$ 의 오름차순으로 정렬된 고객의 방문순서를 바탕으로 하여 차량의 총 적재가능량의 제한을 받지 않는 범위내에서 순차적으로 결정함.

단계 2: (2-way 교환)

현재 정의된 순서에서 처음부터 시작하여 인접한 두 고객의 방문순서를 바꿀 경우 목적함수값이 감소하면 교환함. 다음의 고객쌍에 대하여 순차적으로 다시 교환가능성을 검토하여 마지막 순서에 있는 고객까지 확인함. 이러한 과정을 n회 반복함.

정적인 문제의 경우에는 초기에 주어진 자료와 조건이 변화하지 않는다는 가정하에 주어진 조건을 만족시키는 최적해를 구할 수 있다. 그러나 본 연구대상의 택배시스템에서와 같이 차량 운행중에 수시로 신규 주문이 들어오거나 취소되는 한편 긴급주문 요구 등 변화가 다양하게 발생하는 동적 상황에서는 미래에 발생될 모든 상황을 미리 예측할 수 없기 때문에 최적해를 구할 수 없다. 따라서 이 경우에는 통계자료에 바탕을 둔 Markov 프로세스를 활용한 추계적 접근방법(Eisenstein and Iyer, 1997)을 사용하거나, 주어진 현상태에서 최선의 전략을 선택하기 위하여 정적문제화한 후 이를 상황이 변화할 때마다 반복하여 해결해 가는 현실적인 접근방법(Lee, 1991; Psaraftis, 1980)을 사용한다.(Savelsbergh and Sol, 1995)에 이 분야의 연구현황이 소개되어 있음).

본 연구에서도 역시 이러한 접근방법에 따라 차량 운행중 주문상황이 바뀔 때마다 정적 문제에 사용된 2-way교환법을 적용하였다. 정적 문제에서는 하나의 차고지에서 출발하여 주어진 모든 고객들을 방문하고 그 차고지로 되돌아오는 경로를

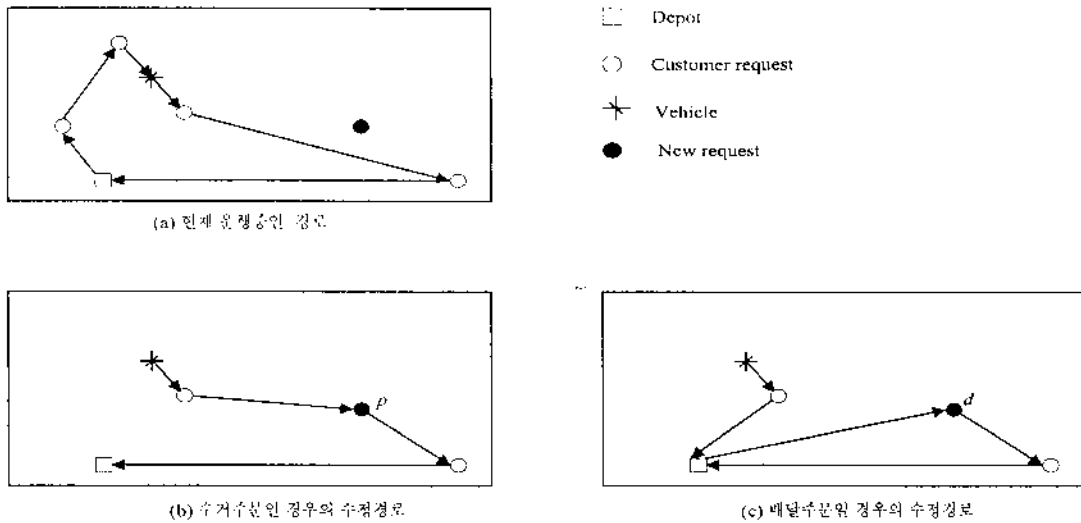


그림 1. 동적 상황에서의 경로 설정.

구하고자 하였다. 그러나 동적 상황에서는 차량운행 중간에 신규주문이 들어오거나 취소주문으로 인하여 경로를 재설정해야 하므로 출발지가 차고지가 아니고 현재 위치가 된다. 따라서, 예를 들어 신규주문을 정적 문제화하기 위해서는 배달일 경우와 수거일 경우를 구분하여 자료를 준비해야 한다. 예로서, <그림 1> (a)는 차고지(□)를 출발하여 2곳을 방문한 후 현재 \*로 표시된 위치에 있는 모습을 보여 주고 있다. 이때 신규주문이 수거(●) 주문일 경우에는 현재 위치가 출발지가 되고 최종 목적지는 차고지가 되어 <그림 1> (b)와 같은 모습의 경로가 된다. 반면에 긴급 배달주문일 경우에는 차고지에 돌아가서 배달해야 할 화물을 가져와야 하기 때문에 <그림 1> (c)와 같이 경로가 주어진다.

이와 같이 각 경우에 따라 정적 문제화하기 위한 조건들이 달라지므로 그에 적합하게 정적문제를 정립해야 한다. 따라서, 수거주문의 경우에는 실제 차고지와 다른 가상의 출발지를 현재 차량의 위치에 하나 더 설정하여 모든 경로의 출발점은 가상의 출발지로부터 시작되어야 함을 제한조건으로 두면 된다. 한편 배달주문하는 경우에는 이와 더불어 위치가 차고지이고 배달해야 할 물량을 수거물량으로 한 가상의 주문을 추가하고 주문지의 방문 전에 필히 가상주문지에 들러야 하는 제한조건을 추가해야 한다. 이외에 기존 경로상에 있던 수거주문 중 하나가 취소되었을 경우에는 단순히 이를 삭제하고 다시 경로를 설정하면 된다. 배달주문의 취소시에도 수거주문의 경우와 같으나 그 배달주문에 해당되는 화물이 차량 내에 확보되어 있지 않는 경우에는 원래의 경로 속에 가상의 배달주문(차고지에 위치하는)을 아울러 삭제하여야 한다.

### 3. GIS/GPS 통합 물류관리 시스템

여기서는 택배시스템의 물류관리를 위하여 GIS와 GPS가 통합

된 통합 물류관리시스템을 설명한다. 우선 GIS와 GPS의 개요를 소개한 후 이를 활용한 통합 물류관리시스템을 상술하기로 한다.

#### 3.1 GIS

GIS란 지리적으로 참조가능한 모든 형태의 정보를 수집, 저장, 갱신, 조정, 분석, 표현할 수 있도록 설계된 컴퓨터 하드웨어, 소프트웨어, 지리적 자료 그리고 인적자원의 통합체로 지표면에 위치한 장소를 설명하는 자료를 모으고, 이를 이용할 수 있게 하는 컴퓨터시스템을 말한다. 특히, 지도를 전산처리가 가능하도록 수치화하여 컴퓨터에 입력하고 지하의 전신망, 상·하수도망, 통신망 등의 시설물과 지상의 도로, 건물, 잔존자원 등의 속성정보를 입력할 수 있어 토지 및 시설물의 관리, 도로의 계획 및 보수, 그리고 자원활용과 환경보존 등에 활용되는 정보시스템이다(안진모, 1994).

GIS를 구현하기 위한 자료에는 도형 자료와 비도형 자료가 있는데, 각각의 형태에 따라 자료 저장, 처리 및 화상표현을 위한 방법이 다르다. 도형 자료는 지도상 형상을 수치적으로 묘사한 것으로서 위도와 경도, 규칙들과 지도의 요소들을 정의하는 상징들을 포함하고 있는데 이는 지도나 컴퓨터 화상(computer screen), 종이 또는 다른 매개를 통해 지도제작의 "그림"을 만들기 위해 사용된다. 비도형 자료는 지리적 위치간의 관계를 표시한 문자 또는 속성(nongraphic attributes) 자료를 말하며, 지리적 자료(geographically referenced data), 지리적 색인(geographic index), 공간적 관계(spatial relationships) 등이 포함된다. GIS에서는 이러한 다양한 형태의 데이터를 쉽게 관리하고 저장할 수 있으며, 공간적·시각적 분석을 통해 사용자에게 정보를 용이하게 전달할 수 있다. 즉, 지리정보를 효율적으로 입력, 저장, 갱신함으로써 도면의 유지·관리가 용이하고, 그래픽과 통계적 수치를 경영자료와 결합하여 각종 정보를 복합

적으로 처리할 수 있으며, 또한 많은 자료 중 필요한 부분만 추출이 가능한 공간분석기능으로 시각적 효과가 증대된다. 또한 자료의 중복감소, 자료의 통합성과 효율성 증가, 분석처리과정의 자동화 등으로 시간이 절약되고 인력이 감소하므로 운용 비용이 절감되며 나아가 의사결정과정에서 관리체계 내로의 원활한 접근성을 확보할 수 있다.

GIS의 운용방식은 일반적으로 해당지역의 수치화된 기본지도를 바탕으로 그 위에 각종 해당정보가 수록된 지도를 중첩시켜 원하는 정보를 얻는데, 이때 각 지도의 축척과 좌표는 동일하여야 하며 GIS 데이터층(layer)들은 각각 제작·보관되지만 원하는 층을 중첩시키면 해당지역의 원하는 정보를 파악·분석이 가능하게 한다.

이러한 GIS에 관한 연구개발은 1960년대 말 이후 시작되었으나 1970년대까지는 기술적인 어려움과 높은 비용으로 인하여 별로 큰 주목을 받지 못하였다. 그러나 1980년대 중반 이후 컴퓨터 하드웨어의 가격이 크게 하락하고 전산처리 능력이 급격히 향상됨에 따라 기술적·경제적 측면에서 타당성을 인정받게 되었고 결과로서 GIS의 수요가 폭발적으로 증가하게 되었다. 현재 GIS는 관공서, 국방, 도시관리, 행정관리, 시설물관리 등에 중점적으로 이용되고 있으며, 이 중 시설물관리가 차지하는 비중은 약 60% 정도로 추정되고 있다.

현재 GIS와 관련되어 ARC/Info, MapInfo, GeoBase, Microstation 등 많은 상용 소프트웨어들이 개발되어 상업용으로 시판되고 있어 기술의 안정화 단계에 도달해 있다고 할 수 있다. 한편 GIS를 기반으로 한 효율적인 수/배송시스템에 관한 연구는 현재 활발하게 진행되고 있는 것으로 알려지고 있으나 국내외적으로 아직까지 발표된 결과가 적다. 본 연구와 개념적으로 비슷한 연구로는 Johnston(1994)이 참고에서 물품의 최적저장공간을 구하기 위한 도구로서 오러클 RDBMS를 MicroStation GIS

소프트웨어와 접속시킨 시스템을 개발한 연구를 들 수 있다.

### 3.2 GPS

GPS는 인공위성을 이용한 지구위치결정체계로 정확한 위치를 알고 있는 위성에서 발사한 전파를 수신하여 관측점까지의 소요시간을 관측함으로써 관측점의 위치를 구하는 체계이다. 미국정부가 처음으로 구축하여 일부를 민간에게 개방하였으며, 인공위성에서 전송하는 코드(code) 및 반송파위상(carrier phase)을 이용하여 측위(positioning) 및 측량(surveying)을 실시하는 것으로서, 기후와 시간에 영향을 받지 않으며 지구상 어디서나 24시간 연속관측이 가능하고 관측의 대부분이 자동화되기 때문에 인력이 많이 소요되지 않으며 현재는 인공위성의 이용료가 없다.

GPS는 <그림 2>에서 보는 바와 같이 위치와 시간을 전송하는 21개(6개 궤도에 각각 3개씩 18개의 측위용 위성과 3개의 예비위성) 위성으로 구성된 우주부분과 위성으로부터의 신호를 수신하여 이를 컴퓨터상에서 처리하여 안테나의 위치를 결정하기 위한 수신기와 안테나, 자료처리 소프트웨어로 구성된 사용자부분, 그리고 5개의 위성감시국에서 위성의 궤도 예측·조정, GPS 시간 유지 및 제어, 데이터의 전송, 위성의 작동 상태 감독에 관한 사항인 제어부분으로 구성되어 있다.

GPS측량의 원리는 미지점에 GPS 수신기를 설치하고 <그림 3>과 같이 최소 4개 이상의 GPS 위성으로부터 동시에 신호를 수신하여 두 지점의 상대적인 위치, 즉 기선벡터를 계산함으로써 자신의 위치를 결정하는 것이다. GPS 측량에서는 코드보다는 반송파의 위상에 의존하며 위상관측시 파장의 1/100까지 측정이 가능하다. GPS위성은 매우 정밀한 원자시계를 탑재하고 있어 정확한 시간을 표시하는 반면 지상의 사용자가 가지고 있는 수신기 시계는 GPS위성 시계보다 낮은 정확도를 가지

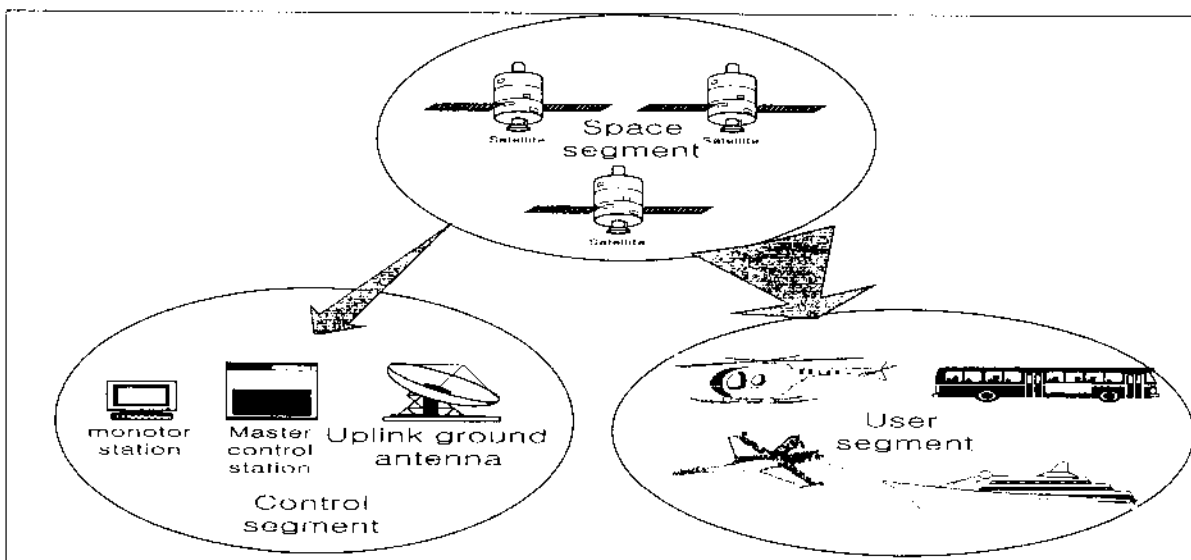


그림 2. GPS의 구성시스템.

므로 항상 시간오차가 중요한 위치측정 오차요인으로 작용한다. 이러한 수신기 시계오차를 포함하여  $P_i = \rho_i + C \Delta T_b$  GPS수신기가 측정한 거리를 식으로 표현하면 다음과 같다.

- 단,  $P_i$  :  $i$  위성과 수신기 사이의 거리
- $\rho_i$  : 실제거리
- $\Delta T_b$  : 수신기의 시간 바이어스
- $C$  : 빛의 속도( $3 \times 10^8$  m/sec)

이것을 지구중심 고정좌표계(Earth Centered Earth Fixed Frame: ECEF)를 사용하여 표시하면 아래와 같다:

$$P_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} + C \Delta T_b$$

(1)

단,  $x_i, y_i, z_i = i$ 번째 위성의 위치좌표(궤도정보로 미리 알 수 있음)

$x, y, z$  = 수신기의 위치좌표(미지수)

$\Delta T_b$  : 수신기의 시간 바이어스(미지수)

여기서 우리가 결정해야 할 미지수는  $x, y, z, \Delta T_b$ 의 4개이므로 4개 이상의 위성으로부터 거리 측정값이 필요하다. 이 4개의 미지수의 해를 구하기 위하여 식 (1)로 표현되는 4개의 비선형 방정식(즉,  $i=1, 2, 3, 4$ )을 세운 후 이를 순환최소자승법 등을 이용하여 풀면 된다.

이와 같은 GPS측량의 응용분야에는 정밀3차원 측지망을 구성하여 민간 및 군사지도제작, GIS, 토지정보시스템(Land Information System), 토목공사, 수자원관리 등에 활용되며 해양 측량, 해저지도제작, 해양자원탐사, 자동차 및 선박, 비행기의 항법시스템 등에 활용 가능하다. 또한 지구의 자전속도 및 극 운동변화량 산출, 지각변동 감시, 지진탐사 및 예측, 해수면변화량 관측 등에 이용할 수 있다.

GPS의 활용은 현재까지 실제지구의 형태에 가장 근접한 타원체와 범세계측위체계를 사용함으로써 지도제작을 위한 위치정확도 향상에 기여하게 되었다. 이는 위치정확도에 의해 품질이 좌우되는 지도제작에 있어 획기적인 발전을 가져왔다.

또한 기동장비에 부착된 수신기의 반송파를 벡터로 변환하여 위치정보와 속성정보를 실시간에 전송하여 수치지도 제작시 최신의 자료를 유지할 수 있다. 이처럼 GPS의 운용은 지도제작에 있어 정확성과 최신성을 보장할 수 있는 구간이 되었다.

자리정보시스템에 있어서 기존자료에서 얻어지지 않는 각종 정보를 취득할 때 이 GPS기술은 큰 역할을 할 것이며, 자연 환경에 관한 각종 조사나 미개발지의 현지조사에 있어서도 많은 기여를 할 것으로 보인다. 최근에는 GPS를 토목구조물 시공에도 이용하고 있는 추세이다. 또한 본 연구의 경우와 같이 GIS 데이터 작성 시에 위치데이터 제공수단으로 널리 이용될 수 있다.

### 3.3 통합 물류관리시스템

통합물류시스템은 <그림 4>에 도시된 바와 같이 차고지(관제센터)에는 전체 시스템을 총괄 제어하는 GIS기반의 Master 프로그램, 경로설정을 위한 경로설정 모듈, 경로도시 모듈, 주문관리 모듈, 그리고 차량으로부터 실시간으로 수집되는 차량관리 모듈 및 TRS모뎀으로 구성되어 있다. 차량내에는 인공위성으로 신호를 수신하는 GPS 수신기와 차고지와와의 정보송·수신을 위한 TRS모뎀이 설치되어 있다. Master 프로그램은 특정지역의 지도가 복수층(layer)으로 구별되어 입력되어 있는 지도자료(digital map)와 차량의 사양, 운행내역, 운전자 이력 등의 자료, 그리고 고객주문처리 실적과 관련된 물류자료가 저장된 D/B를 검색·조회·수정할 수 있다. 주문관리 모듈은 신규고객의 주문을 입력하여 정리하고 주문이 처리되면 이를 물류 D/B에 저장하고 현재의 주문목록에서 삭제하여 현재 처리해야 할 주문을 수정하는 작업을 수행한다. 경로설정 모듈은 주어진 주문들의 정보를 가지고 앞절에서 기술된 방법에 따라 경로를 설정하게 된다. 이 결과는 경로수정안 도시 모듈을 호출하게 되면 새로이 수정된 경로를 특정지역의 지도상에 도시하게 된다. 한편 차량으로부터 TRS모뎀을 통하여 수신받게 되는 차량의 위치정보를 차량위치 자료처리 모듈에 의하여 입력받게 되면 경로도시 모듈에서 현 차량의 위치를 지도 위에 표시하게 되어 실시간으로 현재 차량의 위치를 파악할 수 있다.

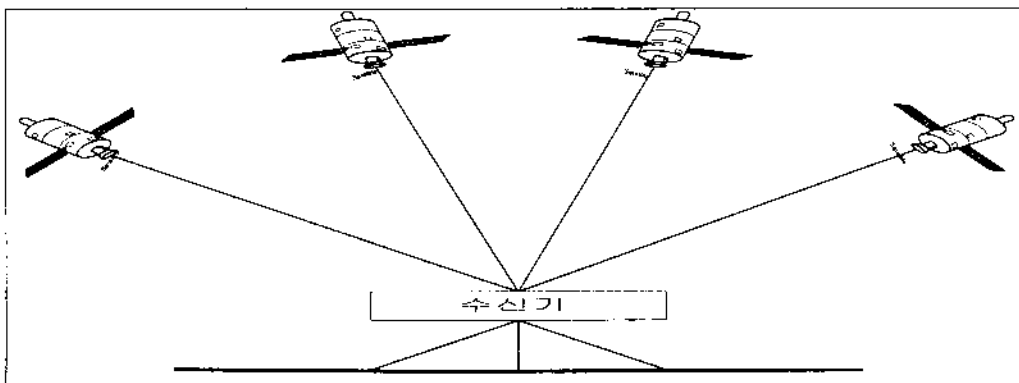


그림 3. GPS측량의 원리.

본 연구에서 사용된 GIS 소프트웨어는 GeoBase 2.0을 사용하였고 개발환경은 IBM PC586 NT하에서 Delphi로써 프로그램을 작성하였다. GPS 하드웨어는 수신기가 탑재되고 V55-12MHz CPU를 이용하여 수신된 측위자료를 시리얼(serial) 자료로 변환시켜 주는 인포뱅크사의 Info 2000 모듈과 TRS interface 모듈을 사용하였다. GPS 수신기는 최대 8대의 차량을 추적할 수 있고 위치정밀도가 25M-100M인 모토롤라사의 Basic Oncore 모델이다.

앞 절에서 제시된 알고리즘을 활용할 수 있기 위해서는 방문지와 방문지 사이의 최단거리를 미리 알고 있어야 하는데 본 연구에서는 GeoBase에서 제공하는 루틴을 사용하였다 (이 분야에 관한 기존연구는 진희채 외(1997)를 참고하기 바람).

변환 지수( $G$ ) 등의 경로설정에 필수적인 자료를 입력할 수 있는 메뉴이다 전체 창의 왼쪽에는 지도위치를 바꾸고 확대·축소 등의 작업을 할 수 있게 하는 아이콘이 제공되어 있고, 현재의 차량 위치와 회금적재량 및 방문실적 등의 차량 정보가 주어진다.

<그림 6>에서는 개별주문의 입력을 위한 메뉴가 예시되어 있다. 주문내용은 주문처, 주소, 전화, 배달 또는 수거량, 납기 일자 및 배달/수거 희망시간대로 이루어져 있다. <그림 7>은 주어진 주문들을 모두 입력하고 난 후 미처리주문의 현황을 참조해 보는 화면이다. 이러한 주문 정보관리 화면은 주문관리 메뉴의 하부 메뉴의 하나이다. 현재는 모두 6곳의 주문이

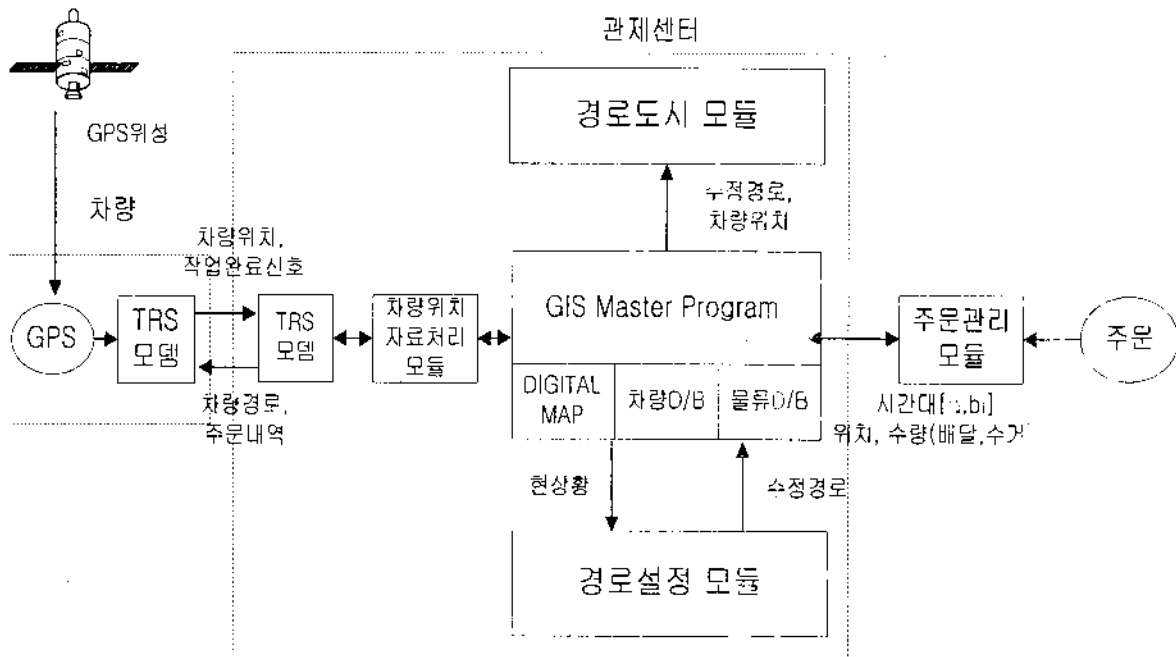


그림 4. GIS와 GPS가 통합된 배달/수거 물류 시스템의 구조.

#### 4. 응용사례

본 연구에서는 전술한 바와 같이 개발된 GIS/GPS 통합 물류관리시스템을 대구시 달서구 지역을 대상으로 하여 적용하여 보았다. 시스템을 수행하게 되면 <그림 5>에서 보는 것처럼 초기화면으로 달서구 지역의 지도가 나타나게 된다. 시스템의 주메뉴는 주문의 입출력을 관리하기 위한 주문관리 메뉴를 비롯해서, 최적경로(실제로는 앞 절에서 기술된 발견적 방법에 의한 경로이나 향후 최적화 모듈을 추가할 예정임)를 설정하게 해주는 최적경로설정 메뉴와 기본설정 메뉴로 이루어져 있다. 기본설정 메뉴는 현재 기준시간, 주문지에서 배달/수거 작업에 순수 소요되는 시간( $P_0$ ), 거리를 시간으로 변환시켜주는

입력되어 있음을 알 수 있다. <표 1>에는 각 주문들의 배달/수거 희망시간대인  $[a_i, b_i]$ 와 배달/수거량  $q_i$  및 위치좌표가 주어졌다.

이와 같이 주문 입력 메뉴를 이용하여 주문을 모두 입력하고 난 후에 최적경로설정 메뉴를 선택하면 <그림 8>과 같이 주문처리 완료지를 설정하거나 새로운 주문을 추가할 수 있는 (물론, 주문관리 메뉴에서도 가능함) 기능이 주어진 창이 생성된다. 이 창에서는 또한, 차고지의 위치, 화물적재량 정보 및 작업 가능시간대를 설정할 수 있고 현재 차량의 위치를 지도상에 설정할 수 있는 기능을 제공한다. 여기서, 실행을 선택하면 주어진 주문들의 정보를 가지고 앞 절에 기술된 2-way 교환법을 이용하여 구한 유효한 차량경로를 <그림 9>와 같이 도시하여 준다. 이 경우 구해진 경로는 0-1-5-2-6-4-3-0 이고 이때의 총 지연시간은 10.56 시간으로 나타났다.

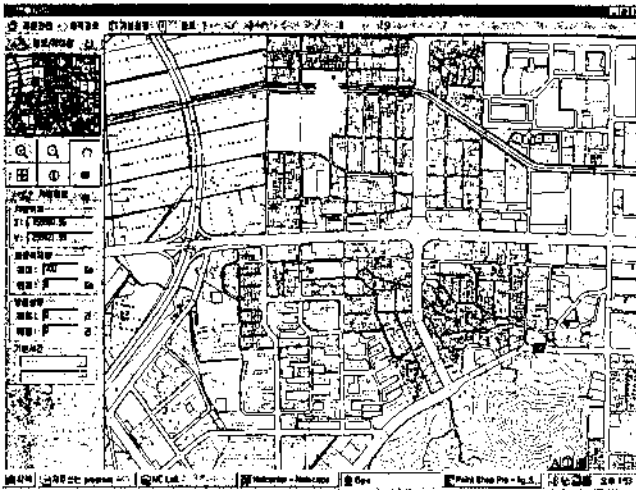


그림 5. GIS/GPS 통합 물류관리시스템의 초기화면.

표 1. 주문정보 요약

| 연번 | 주문처         | $[a_i, b_i]$    | $q_i$ | $(x_i, y_i)$           |
|----|-------------|-----------------|-------|------------------------|
| 0  | 차고지         | (8:00 - 18:00)  | 0     | (158484.02, 259408.78) |
| 1  | (주) 성서      | (8:00, 9:20)    | 50    | (157548.22, 260085.18) |
| 2  | 동해전장        | (14:30 - 15:00) | 120   | (157483.86, 259701.33) |
| 3  | 세운산업        | (15:00 - 17:00) | 340   | (157798.76, 259342.76) |
| 4  | 세화가구        | (16:30 - 17:00) | 250   | (158621.63, 260066.79) |
| 5  | 한전          | (13:00 - 14:00) | 70    | (158129.75, 259802.46) |
| 6  | (주)유진<br>전장 | (16:00 - 17:00) | 130   | (158125.15, 259958.76) |

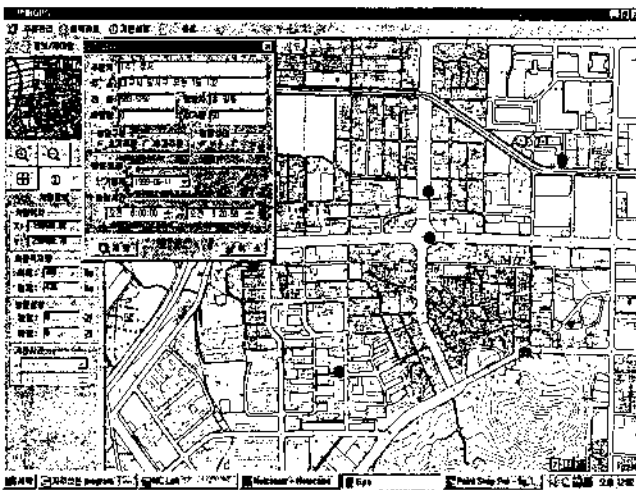


그림 6. 주문입력 화면.

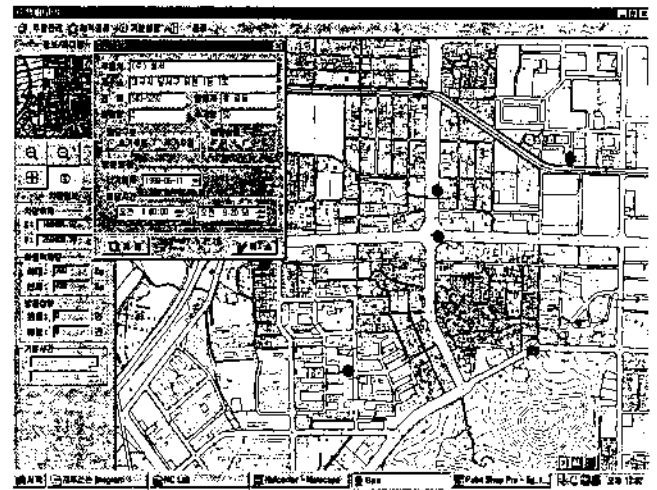


그림 8. 최적경로설정 화면.

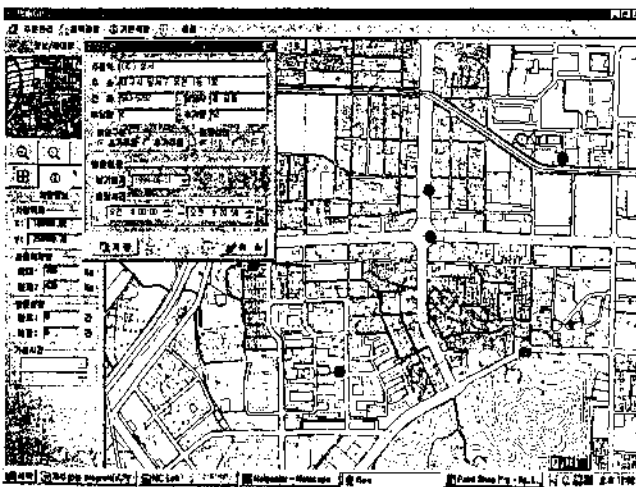


그림 7. 주문자료가 검색된 정보관리창의 모습.

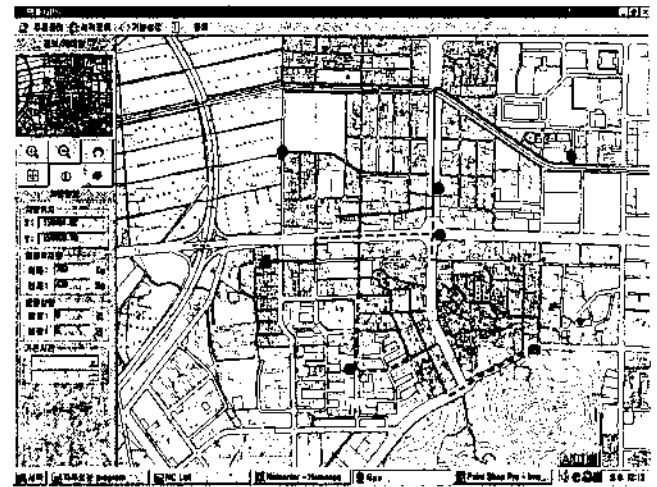


그림 9. 차량경로가 도시된 화면.



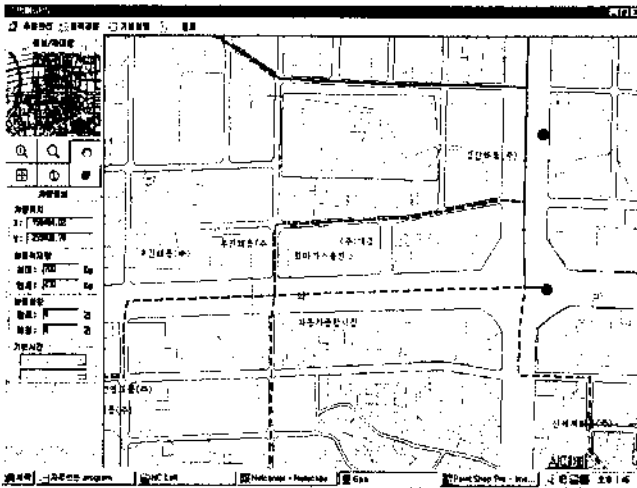


그림 10. <그림 9>의 확대 화면.

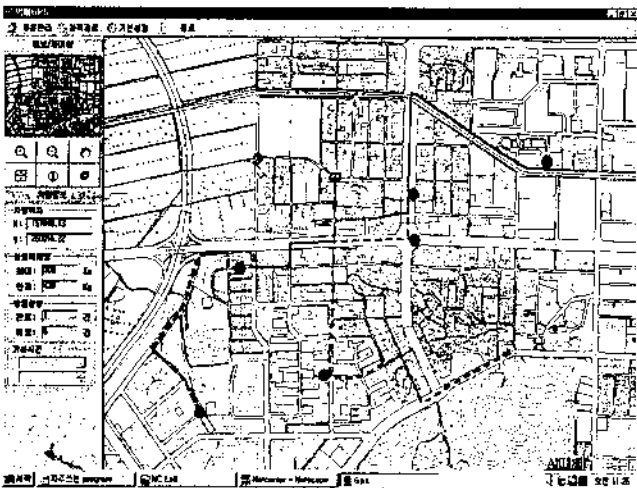


그림 11. 재설정된 차량경로.

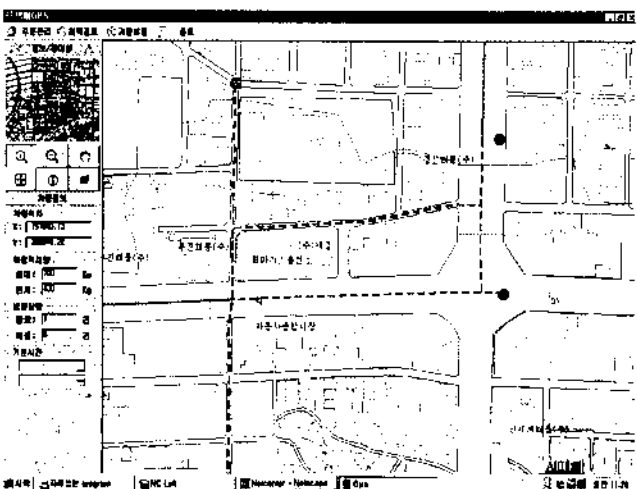








그림 12. <그림 11>의 확대 화면.

경로 설정을 위해서는 방문지와 방문지 사이의 최단거리가 계산되어야 하는데 여기서는 GIS에서 제공하는 최단경로 결정 모듈을 활용하였다. 이 그림에서는 으로 표시되는 차고지로부터 6곳의 고객()을 방문하는 경로가 나타나 있다. 여기서 현재 차량의 위치는 차고지(현재 위치좌표가(158484.02, 259408.78)로 표시되어 있음)이므로 차고지 표시와 중첩이 되어 있는데 으로 표시되어 있다. 차고지를 출발할 때의 차량 적재량은 배달주문지의 총 배달량인 380kg(주문처 4와 6의 배달량 합계)이고 총 운송가능량은 700kg으로 주어졌다. 다음으로 <그림 10>은 지도의 일부분을 확대한 것으로서 경로를 자세하게 보고싶을 때 왼쪽의 정보 제어창의 확대·축소 아이콘을 활용하여 확대한 것이다. 한편, <그림 9>에 도시된 경로를 따라 차량을 운행하는 도중, 차량위치(157840.13, 260016.22)에서 신규주문()이 들어왔기 때문에 경로를 새로이 설정한 결과가 <그림 11>에 나타나 있다. 신규주문의 내역(연번호 8로 부여함)은 수거량 50kg, 배달/수거 희망시간대(14:00, 15:00), 그리고 좌표(157341.36, 259209.45)로 주어졌다. 지금까지 1곳()의 고객을 방문완료하였는데 앞으로 방문해야 할 곳이 신규주문을 포함하여 6곳이고 현재 차량적재량은 430kg으로 표시되어 있다. 역시 지도 중앙의 일부분을 확대한 모습이 <그림 12>에 주어졌는데 현재 차량()의 위치가 보다 선명하게 표시되어 있는 것을 확인할 수 있다. 신규주문을 포함하여 재설정된 경로는 9-5-2-8-6-4-3-0이고 이때 총 지면시간은 18.42로 나타났다. 여기서 주문번호 9는 차량을 의미한다.

### 5. 결론

본 연구에서는 소화물의 배달 또는 수거가 특징인 택배시스템의 효율적인 물류관리를 위한 GIS/GPS 통합 물류관리시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 공간정보를 활용하는 GIS, 차량의 위치정보를 제공하는 GPS 수신기, 차량 운행경로를 합리적으로 설정해 내는 경로설정 알고리즘, 그리고 쌍방향 통신수단인 TRS모뎀 등으로 구성되어 있다. 본 시스템은 GIS와 GPS에 의한 시공간적 분석과 차량과 차고지 간에 쌍방향 통신이 가능하기 때문에 고객의 주문처리상황과 차량의 위치를 실시간으로 파악 또는 제어할 수 있는 장점이 있다. 이에 따라 이 시스템을 활용하게 되면 향후 엄청난 수요가 있을 것으로 예상되는 택배시스템의 물류효율 극대화에 결정적인 도움이 될 것으로 기대된다.

본 연구에서는 GIS와 GPS의 장점을 살린 택배 시스템용 프로토타입(prototype)의 물류관리시스템의 개발에 초점을 맞추었기 때문에 단일차량만을 대상으로 하였다. 그러므로 실제 현장에 직접 활용될 수 있기 위해서는 복수차량 및 운전자를 다룰 수 있도록 확장된 시스템의 개발이 요구된다. 이러한 시스템이 개발되면 범용성이 크기 때문에 다음과 같은 사업부문

에서 각 회사실정에 맞게 약간 보완하면 용이하게 활용될 수 있을 것이다.

- 배달/수거 요구가 빈번한 식음료회사,
- 다품종 소량생산체계가이면서 하청관계가 많은 제조업,
- 택배 전문 운수회사로서 지번도에 의해 신속히 송달하며, 수시로 수요처가 발생되어 동적인 배달/수거 경로계획이 요구되는 기업.

**참고문헌**

라연주, 송성현, 박순달(1992), 제품 수송을 위한 일일 배차계획 시스템의 개발, *전산활용연구* 5(1), 27-48.  
 문상원(1994), 물류의사결정을 위한 계량모형의 현황과 발전방향, *경영과학* 11(2), 99-131.  
 박기석 편저(1995), *지리정보 시스템*, 도서출판 동서.  
 안진모(1994), 유조차량 배차 전문가 시스템, *KMIS 94 추계학술대회 논문집*, 163-166.  
 양병희, 이영해(1994), 다목적 최적화물 고려한 일일배차계획시스템의 개발, *한국경영과학회지*, 19(3), 63-79.  
 이수영, 김병우(1996), 차량탑재용 항법장치의 기술동향, *제어·자동화·시스템공학회지*, 2(2), 66-70.  
 이문규, 박병훈, Vehicle Scheduling Algorithm for a Pickup and/or Delivery Systems with Time Windows, *대한산업공학회지* 특고증.  
 지규인, 이영재(1996), Global Positioning System(GPS): 원리와 응용, *제어·자동화·시스템공학회지*, 2(2), 10-18.  
 진희재, 박찬규, 박순달(1997), GIS를 활용한 경로 탐색 사례연구, *한국경영과학회 대한산업공학회 '97 춘계 공동학술대회 논문집*, 804.  
 GPS 위성이용, 다양한 정보제공(1998), *월간 셀룰러*, 196,105.  
 Automated Vessel Tracking & Monitoring(1998), Internet: <http://www.riri.cpm/vessel.bcm>.

AVL/FLEET Management(1997), Internet: <http://www.aptelco.com/apps3.htm>.  
 Burrough, P. A. (1986), *Principles of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment*, Oxford University Press, N. Y.  
 Digital TRS, 물류혁신 주인공(1997), *한국경제신문*, 37, 10월 24일.  
 Eisenstein, D. P. and Iyer, A. V. (1997), Garbage Collection in Chicago: A Dynamic Scheduling Model, *Management Science*, 43(7), 922-933.  
 Johnston, A. D. (1994), Highly Constrained Multi-Facility Warehouse Management Using a GIS Platform, TD-94-16, MHRC, GIT  
 Kim, N. H., Kim, S. C. and Min, B. D. (1997), A heuristic algorithm for vehicle routing problem with backhaws, *International J. of Management Science*, 3(1), 1-14.  
 Lee, J. (1991), Dynamic delivery of transportation services with GIS, *URISA Journal*, 3(2), 3-11.  
 Lee, M.K., Park, B. C., Son, Y. E. and Kim, T. (1997), Dynamic vehicle scheduling for Pickup/Delivery systems, The 14th Int'l. Conf. on Production Research, Osaka Japan, 142-145.  
 Mata, G. A. (1998), Field service computer aided dispatching, Internet: <http://www.georesearch.com/coufer/mata.htm>.  
 MobyTrack & MobyDISPATCH(1998), Internet: <http://mobytel.com/mobymain.htm>.  
 NSR Openlink Smart Tracker(1998), Internet:<http://www.nsr.com/openlink.htm>.  
 Psaraftis, H. (1980), A dynamic programming solution to the single vehicle Many-to- Many immediate request Dial-a-Ride problem, *Transportation Science*, 14, 130-154.  
 Savelsbergh, M. W. P. and Sol, M. (1995), The general pickup and delivery problem, *Transportation Science*, 29(1), 17-29.  
 Southby, L. J. and Judd, A. M. (1994), Integrating GPS and GIS technologies for effective management of railways, *EGIS proceedings*, 1384-1389.  
 UNICOM GPS-AVL Vehicle Tracking Solutions(1997), Internet:<http://www.unicompl.com/gpsprod.htm>.  
 Walker, T. C. and Miller, R. K., *Geographic Information System*, 2, 213-316.

**함승훈**

1985년 독일 도르트문트대학 도시공학과 (교통전공) 공학사  
 1988년 독일 도르트문트대학 도시공학과 (교통전공) 공학석사  
 1991년 독일 도르트문트대학 도시공학과 (교통전공) 공학박사  
 현재: 계명대학교 건설시스템공학부 교통전공 부교수  
 관심 분야: 지리정보시스템(GIS), 물류정보

**이문규**

1979년 서울대학교 산업공학과 학사  
 1981년 한국과학기술원 산업공학과 석사  
 1989년 한국과학기술원 산업공학과 박사  
 현재: 계명대학교 자동차공학부 산업공학과 교수  
 관심 분야: Machine Vision, 신경망, 물류시스템