

## 우편물 운송 경로설정을 위한 준 최적화 시뮬레이션 기술 개발

김 의 창\*

### <목 차>

I. 서 론	V. 운송경로 시스템 구현
1.1 연구목표와 중요성	5.1 기준정보 관리
1.2 연구범위와 방법	5.2 우편물량관리
II. 우편물 운송경로 시스템 모델	5.3 경로설정관리
2.1 운송계획 모형	5.4 우편물통계
2.2 목적함수와 제약조건	VI. 결 론
III. 운송경로 시스템 설계	참 고 문 헌
3.1 시스템 설계	<Abstract>
IV. 운송경로 설정 알고리즘	

### I. 서 론

우편 이용량의 중요한 환경변화는 우편물량의 감소와 소포물량의 증가이다. 우편물량의 감소는 전자우편, 팩스 등의 다양한 통신수단의 확대에 의한 결과이며, 소포물량의 증가는 전자상거래, 택배서비스 등의 일반화에 따른 결과로 판단된다. 이러한 추세는 단기적인 현상이기보다는 사회 전체의 정보화, 고도화 추세에 따른 장기적, 지속적인 경향이 될 것이다[1,3]. 이러한 우편물량의 감소 추세는 전 세계적인 추세로서, 미국은 99년부터, 캐나다는 98년부터 이러한 우편물량의 전년 동기 대비 감소가 시작되었다[4].

미국의 GEOMOD(GEOgraphic MODeling)나 캐나다의 GeoPostal, 그리고 아일랜드의 MDOS 등은 지리 정보 시스템(GIS : Geographic Information System)을 응용한 우

\* 동국대학교 정보산업학과 부교수

편 운송/배달 체제를 구축하고 있다. 미국, 일본, 캐나다 등 대다수 선진국에서는 전국 주소, 대량 고객, 운송 자원 등의 통합 데이터베이스를 구축하여 활용하고 있다. 그러나, 불행하게도 우리나라의 경우 운송관리 시스템이 거의 없는 실정이다.

우편물 운송경로 시스템은 효율적인 운송경로를 설정하여 물류 비용을 최소화해서, 신속하게 수신자에게 우편물을 배달하고자 하는 시스템이다.

### 1.1 연구 목표와 중요성

본 연구는 <표 1>과 같이 현재 추진 중에 있는 대전 우편물류 교환센터와 22개 집중국 그리고 중요한 직체결국 등 38개 우편물 운송센터 체제 하에서 우편물 운송경로를 효율적으로 수립하기 위한 시뮬레이션 시스템을 구축하는데 있다.

<표 1> 운송계획에 포함된 집중국과 직체결국

구 분	소 구 분	운송센터	계
우편물 교환센터		대전	1
집중국	대형 집중국	서울, 동서울, 인천, 의정부, 대구, 부산	6
	중형 집중국	고양, 안양, 성남, 대전, 광주, 마산	6
	소형 집중국	수원, 원주, 강릉, 천안, 청주, 안동, 전주, 순천, 진주	9
직체결국		거창, 남울산, 남원, 동해, 부천, 영월, 영주, 예산, 익산, 정읍, 제천, 진주, 창원, 춘천, 통영, 홍성, 홍천	17
계			38

\* 대전우편물류교환센터와 대전 집중국을 하나의 운송센터로 고려했음.

본 연구에서 고려하는 우편물 운송경로는 운송수단이 원칙적으로 철도에서 트럭으로 전환한다는 가정 하에 교환센터와 집중국, 집중국과 집중국간의 운송경로를 의미한다.

본 연구의 결과로 우편 사업을 노동 집약형에서 기술 기반형으로 전환하여 인력 운영의 합리화, 서비스 고급화 및 대외 경쟁력 확보 등의 효과를 기대할 수 있으며, 집중국 중심의 물류 체계로의 전환과 우편망, 금융망, 정보망의 통합화를 추진하는 과정에서 최적 운송관리 시스템 개발을 통한 환경 기반을 동시에 이룩할 수 있다.

### 1.2 연구범위와 방법

전반적인 운송계획의 범위를 구분하면 다음과 같은 3단계로 구분할 수 있다.

#### 1) 유형 I: 전국 운송계획

집중국/직체결국과 교환센터 간, 집중국/직체결국간 운송경로를 대상.

2) 유형 II: 지역 운송계획

각 집중국/직체결국에서 집배모국(지역 우체국 : 경주, 청도, 김포 등)을 대상으로 한 운송경로를 대상.

3) 유형 III: 순로계획

각 국에서 최종 배달을 위한 순로계획.

전국 운송계획은 대상의 범위가 가장 넓은 반면, 수리적 모형은 가장 단순화할 수가 있으므로 비교적 시스템화가 용이하다고 판단된다. 반면에 지역 운송계획과 순로계획은 GIS 등의 시스템이 필요하기 때문에 단기간내의 구축은 매우 어렵다. 이외에도 발착물량의 파악 등과 같은 우체국의 현재 관리 수준을 감안할 때 위 3단계 모두를 동시에 착수하는 것보다는 유형 I → II → III의 순서로 구축하는 것이 바람직하다. 따라서, 본 연구의 범위는 교환센터와 집중국/직체결국간의 경로와 집중국/직체결국간의 경로를 포함하는 전국 운송계획을 수립하는 것이다.

2장에서 운송경로 시스템 모델을 제시했고, 3장은 운송경로 시스템 설계를 했으며, 4장에서는 운송경로 알고리즘을 표현했으며, 5장은 효율적인 운송경로 시스템을 구현했으며, 마지막으로 결론과 향후 발전 방향에 대해 기술했다.

## II. 우편물 운송경로 시스템 모델

운송계획의 최적화에 관련된 모형 중에서 가장 널리 알려져 있는 것이 차량경로문제(Vehicle Routing Problem, VRP)이다. VRP는 한 개 혹은 그 이상의 배송센터를 중심으로 여러 대의 차량이 센터를 출발하여 지역별로 분산된 고객들을 방문하고 다시 센터로 돌아오는 차량별 경로를 목적함수(object function)가 최소화하도록 결정하는 문제이다.

VRP에 대한 연구는 매우 오래 전부터 진행되어 왔으며 많은 결과가 보고되고 있다[12]. 그러나, 간단한 VRP의 최적해조차 발견하기는 매우 어려우며(NP-hard), 현실의 VRP는 상당히 다양한 변형을 포함하고 있다. 따라서, VRP 알고리즘들은 최적해를 구하기보다는 주어진 제약조건에서 '비교적' 만족할만한 해를 찾는 휴리스틱(heuristic)의 설계에 초점이 맞춰져 있다.

초기의 휴리스틱은 비용을 절감시키는 다양한 경로 구축 기준을 이용한 것이다. 이러한 종류의 대표적인 예가 Cost Savings Heuristic이다[7]. 이 휴리스틱은 초기해를 찾아내는데 효과적이며, 이렇게 찾아진 경로는 다양한 방법으로 개선할 수 있다. 개선 기법의 대표적인 예는 2-opt[11], 3-opt[13], or-opt[14] 등이 있다. 최근에는 Tabu Search와 같은 다양한 메타 휴리스틱을 이용한 기법들이 제시되고 있다. 이와 같은 휴리스틱들이 VRP 문제를 해결하는데 상당한 효과를 거둘 수 있는 것으로 알려지고 있다[10].

VRP의 적용 사례는 매우 많다. 예를 들어, Begur, Miller, Weaver 등은 간호사의 방문간호를 위한 경로계획에서 VRP의 성공적인 적용사례를 보여주고 있다. 이들의 시스템은 VRP 외에도 간호사의 작업부하 평준화를 같이 고려하며, 방문 경로를 GIS를 이용하여 PC 상에 표시할 수 있는 시스템을 구축하였다[5].

Brandao, Mercer 등은 영국 제과업체의 사례를 연구하였다. 이들은 동일 차량이 하루에 1회 이상의 경로운행을 가정하여 차량들의 일별 경로계획을 수립할 수 있는 휴리스틱을 제시하였다[6].

실제의 운송계획 수립을 위한 시스템은 알고리즘 외에도 효과적인 정보기술의 응용이 필요하다. 이러한 종류로 가장 강력한 것은 CAPS 사에 제공하는 CAPS Logistics Tool Kit이 있다[8].

현실에서 나타나는 VRP는 매우 다양하며, 이들의 분류 방법 역시 경로대상, 목적지 수, 방문회수, 운송시간, 차량유형 그리고 특정 시간대 지정에 따라 다양하다[9]. 우편망 개선 계획을 감안할 때, 우리가 고려할 운송계획 모형의 특성을 요약하면 아래와 같다.

- 경로대상: Node Routing  
차량의 방문지(직체결국, 집중국, 교환센터)는 특정 좌표로 표시
- 목적지의 수: many-to-many(dial-a-ride), 각 국에서는 목적지별 물량이 발생하며, 교환센터는 단순한 경유만을 허용
- 방문회수: 1회만 방문. 일별 운송계획만을 고려
- 특정시간대 지정: 상역/하역 허용 시간대 있음  
상역 즉, 발송은 일정 시간 이후에만 가능  
하역 즉, 도착은 일정 시간 이전까지 반드시 도착  
교환센터는 교환시간 이전까지 도착, 교환 후 상역/출발 가능
- 운송시간: 교통혼잡 등은 고려하여, 최고속도의 70%로 환산.
- 차량유형: 2.5t, 4.5t, 8t 등과 같은 다른 유형의 차량 허용
- 작업유형: 순차형 복수작업 혹은 동시형 복수작업  
교환센터까지는 상역만 허용, 회송 시에는 하역만 고려
- 복수방문: 복수방문 허용. 목적지가 다양하므로 각 국에 한 대 이상의 차량 운송 가능
- 목적함수: 차량별 고정비와 운송 거리에 비례한 변동비의 합을 최소화
- 기타: 차량 대수는 제한 없음

## 2.1 운송계획 모형

우편 운송모형에서 교환센터, 집중국, 직체결국 등의 운송계획의 대상이 되는 국들은 노드(node)로 표시한다. 이들 노드의 좌표는 사전에 정의되어야 하며, 이 좌표를 이용하여 화면 위에 위치를 표시할 것이다.

■ 운송물량

- $r_{ij}$  = 노드  $i$ 에서 노드  $j$ 로 가는 물량.
- 운송물량의 단위는 통으로 일원화했고 차량적재 가능여부는 팔레트(plate)로 환산후 판단.
- 팔레트 단위로 데이터 관리(1 팔레트=9,000통(일반통상), 1 팔레트=150통(소포))  
단, 팔레트 크기의 변화 등에 능동적으로 대처하기 위해 팔레트 당 적재 우편물량은 수정 가능.
- $R_{ij}$ (팔레트 수) = 팔레트 수( $r_{ij}^1 + r_{ij}^2$ ) 단,  $r_{ij}^1$ =통상(단위: 통),  $r_{ij}^2$ =소포(단위: 통)

우리의 모형에서 실제로 고려하는 단위는 팔레트로 국한했다. 이것은 운송차량의 주요 적재 단위이며, 행량의 경우에는 그 사용 빈도가 점차 줄어들 것으로 판단되기 때문이다.

■ 운송수단

- 원칙적으로 트럭을 사용. 단, 서울/광주, 서울/부산은 철도 운송 가능.
- 트럭 유형은 시스템에 사전 등록 관리. 예) 2.5t, 4.5t, 8t
- 차량 대수는 제한이 없다고 가정.
- 항공물량 제외(현재, 제주 물량은 항공으로 부산으로 운송하여 부산에서 처리)

■ 운송경로

- $V_p = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ : 경로  $p$ .

■ 상하역 작업

- 물량에 비례하여 상하역 시간을 결정.
- 대전 물류교환 센터 교환시간(1차 : 23:00-1:00, 2차 : 15:00 - 17:00)
- 각 집중국에서 교환센터로 출발시간 :  $\pm 4$ . 즉, 1차 교환을 위하여 19시에 출발.
- 중간경유지에서 상하역 작업 : 30분 추가, 시내 진입시간 등 고려.

■ 작업시간대

- 노드  $i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ )에서는  $s_i < d_i$ .  
즉, 발송 물량은 일정 시각( $s_i$ )후 출발 가능하며, 도착 물량은 일정 시각( $d_i$ )이 전까지는 도착해야 함.
- 노드 0(교환센터)에서는  $d_0 < s_0$ .

즉, 모든 물량이 일정시간( $d_0$ ) 이전까지 도착해야 하며, 모든 물량이 일정시간( $s_0$ )이후에 출발 가능.

- 교환센터의 교환 시간이 하루에 2번 발생하므로 알고리즘 2번 적용.

우편 운송모형의 특징 중 하나는 각 국과 교환센터의 작업시간대가 정해져 있다는 점이다. 즉, 교환센터가 목적지인 모든 차량은 교환시간 이전에 도착해야 하며, 교환이 완료된 후에 출발할 수 있다. 각 국에서도 마찬가지이다.

#### ■ 운송시간

- $l_{ij}$  : 노드  $i$ 와  $j$ 간 거리. 거리는 실제 운행 거리를 감안하여 시스템에 사전 등록.
- $t_{ij}$  : 노드  $i$ 와  $j$ 의 운송시간. 운송시간 역시 시스템에 사전 등록하거나, 시스템이 거리/평균속도로 자동 결정.

본 논문에서는 우리는 거리간 운행 시간을 신호등과 교통 혼잡 등으로 인한 지연 시간과도로 상황에 따른 최고 속도의 70%로 결정했다. 또한 운영자에게 융통성을 부여 하기 위해 최고 속도의 파라미터를 수정 가능하게 했다.

#### ■ 운송비용

- 차량 유형  $q$  ( $q=1,2,\dots,k$ ) 별로 비용 산정.
- $f_q$  = 유형  $q$ 의 고정비. 즉, 대수에 비례.
- $c_q$  = 유형  $q$ 의 변동비. 즉, 운행거리에 비례.
- 운송비용 테이블로 저장. 운송비용은 정보통신부에서 제공하는 자료를 적용.
- 본 시스템에서는 1인 탑승, 2인 탑승의 운송비용 테이블로 저장. 그리고 3인 이상이 탑승하는 특별 탑승 등 정보를 저장할 수 있는 운송비용 테이블로 데이터베이스화했다.

## 2.2 목적함수와 제약조건

앞에서 제시한 조건 하에 목적함수와 제약조건은 다음과 같다.

■ 목적함수 =  $Min(TC = f_q + c_q)$

#### ■ 제약조건

- 운송물량: 모든 노드간 운송물량이 처리되어야 한다.
- 차량용적: 모든 차량은 파레트를 기준으로 최대 개수를 만족.
- 시간제한:
  - 교환센터: 교환시간대 이전 도착, 이후 출발.

- 집중국: 발송시간 이후 출발, 도착시간 이전 도착.  
경유차량은 상하역 시간을 추가 고려(상하역 시간 30분 할당)

운송비용(TC : Total Cost)에서 언급한 바와 같이 목적 함수는 고정비와 변동비의 합을 고려했으며, 이를 최소화하는 것이 우리의 목표이다. 이 문제의 제약 조건으로는 운송물량, 차량용적, 시간제한, 운송시간 등만을 고려했다. 우리 시스템은 특이 사항은 기본 모형에 포함되어 있지 않더라도, 실제 시스템의 계획수립 과정에서 다양한 제약식의 입력을 허용할 수 있으므로, 보다 실제적인 계획 수립이 가능하도록 고려했다.

### III. 운송경로 시스템 설계

시스템은 Visual Basic 6.0과 Excel을 개발환경으로 하여, 다음과 같은 모듈과 기능을 수행했다.

#### 3.1 시스템 설계

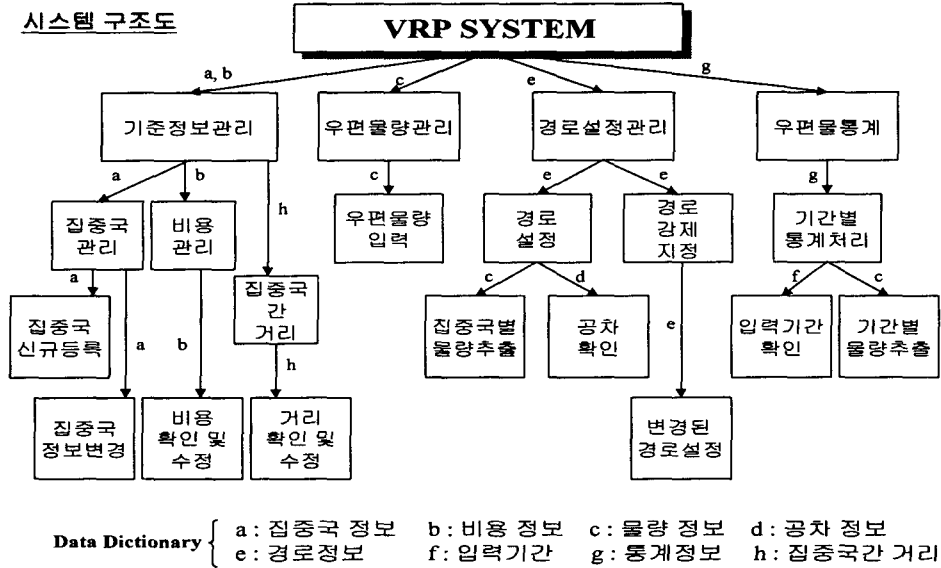
본 시스템의 구조도는 <그림 1>과 같다. 주 메뉴에는 기준정보관리, 우편물량관리, 경로설정관리 그리고 우편물 통계로 되어 있으며 시스템 구조도에서는 표시하지 않았지만 '저장', '인쇄' 등의 기능을 담당할 시스템 운영(파일) 메뉴와 도움말 메뉴를 두었다.

##### 3.1.1 자료 흐름도

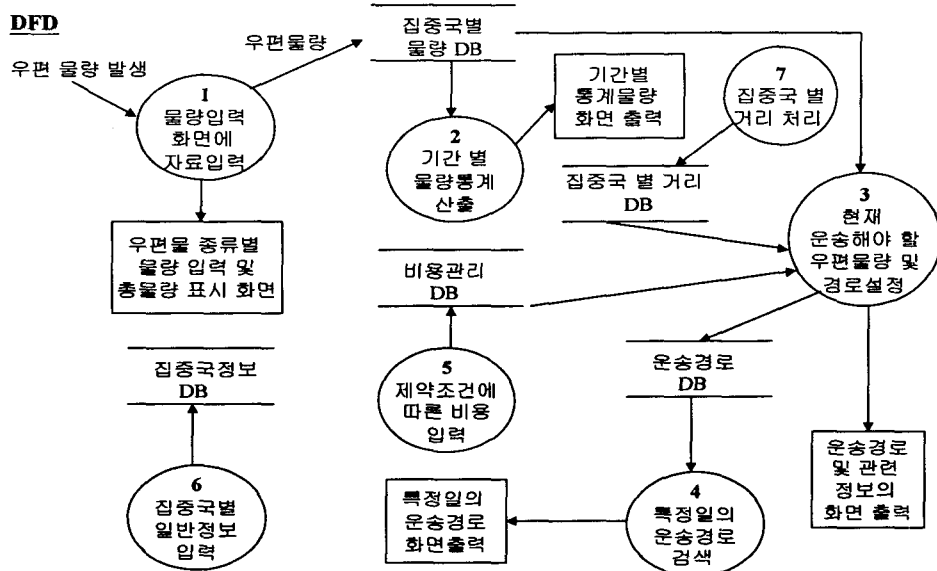
시스템의 데이터 흐름도(DFD : Data Flow Diagram)는 <그림 2>-<그림 5>와 같다.

<그림 2>는 주화면(main menu)에 대한 자료 흐름도인데, 각 집중국 단위로 운송해야 할 물량이 발생하면 우편물량 입력 화면에서 우편물량을 일반통상과 소포로 나누어 입력한다. 입력된 우편물량은 일반통상과 소포운송에 필요한 각각의 파레트 수가 화면에 출력된다. 그리고 입력된 물량은 집중국별 물량 DB에 입력된다. 우편물량 DB에 있는 자료는 운송경로를 설정할 때 사용하며, 또한 기간별 우편물량 통계자료로 사용한다.

집중국 단위로 입력된 운송물량은 비용관리 DB에 저장된 비용 테이블, 집중국간 거리 테이블과 시간 제약조건을 고려하여 경로를 설정한다. 설정된 경로는 운송경로 DB에 저장되어 운송계획 수립의 중요한 자료로 사용할 수 있도록 했다.

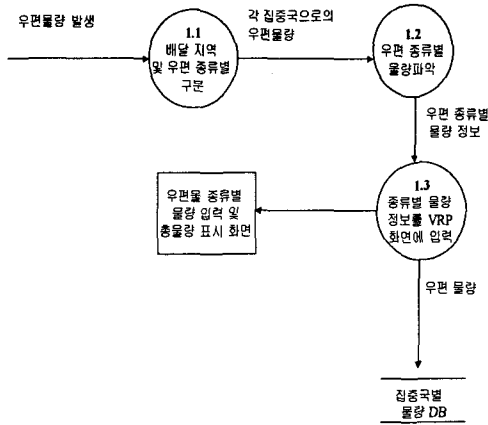


<그림 1> 시스템 설계도

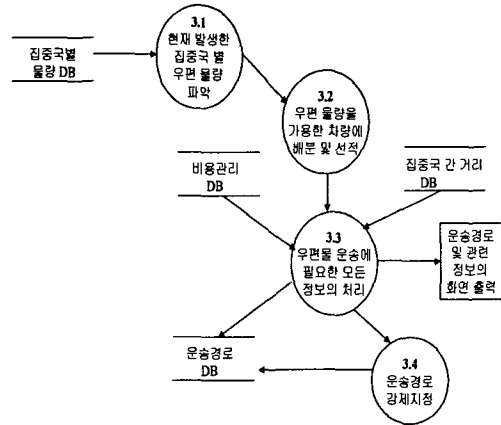


<그림 2> 운송경로 시스템 자료 흐름도





<그림 3> 우편물량 입력 자료 흐름도



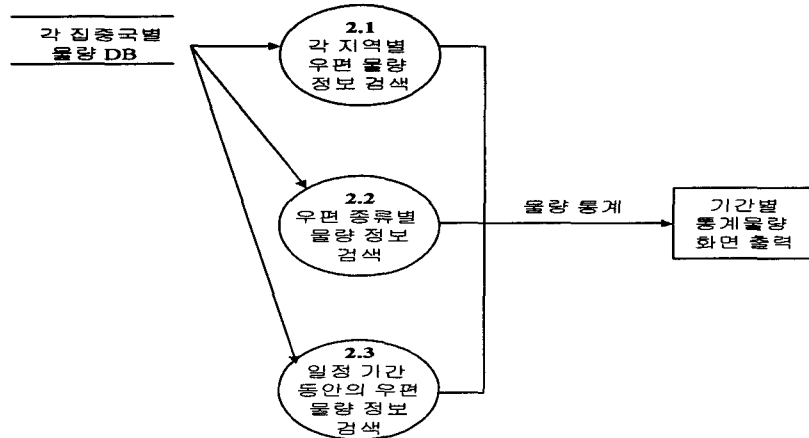
<그림 4> 운송경로 설정 자료 흐름도

우편물량이 발생하면 <그림 3>과 같이 집중국별, 우편물량 종류별로 나누어 저장한다. 저장된 데이터는 운송경로를 설정하는데 사용하고, 통계자료로 사용하기 위하여 집중국별 우편물량 DB에 저장된다.

<그림 4>의 운송경로 설정 자료흐름도에서는 집중국별 물량 DB에서 입력된 데이터를 받아들이고, 비용관리 DB, 집중국간 거리 DB의 자료를 이용하여 실제 운송경로를 설정한다. 설정된 운송경로는 차량유형, 탑승인원, 그리고 운송에 소요되는 총비용 정보와 함께 화면에 출력해준다. 또한 지도 화면과 연동하여 지도를 이용하여 운송경로를 보여준다. 설정된 운송경로는 운송경로 DB에 저장된다.

한편, 앞에서 제시한 바와 같이 도로의 건설과 폐쇄 등 여러 사정에 의하여 운송경로를 강제 지정할 수 있다. 일단 강제지정이 되면 이 경로가 운송경로 DB에 저장되기 때문에 그 뒤부터는 집중국사이 운송경로가 강제 지정된 경로를 따른다.

<그림 5>는 우편물 통계처리에 관한 자료흐름도인데 각 집중국별로 우편물량을 저장해서 각 지역별 우편물량, 종류별 우편물량, 그리고 일정기간 또는 임의 날짜에 발생한 우편물에 관한 정보를 제공해준다.



<그림 5> 우편물 통계처리에 관한 자료흐름도

#### IV. 운송경로 설정 알고리즘

운송계획 알고리즘은 초기화 단계, 경로발생 단계, 그리고 경로개선 단계로 나누어 기술했다.

초기화 단계에서는 초기 경로가 결정되기 이전에 여러 가지 이유로 특정 경로가 지정되어야 하는 경우를 고려한 것이다.

##### ■ Saving Algorithm

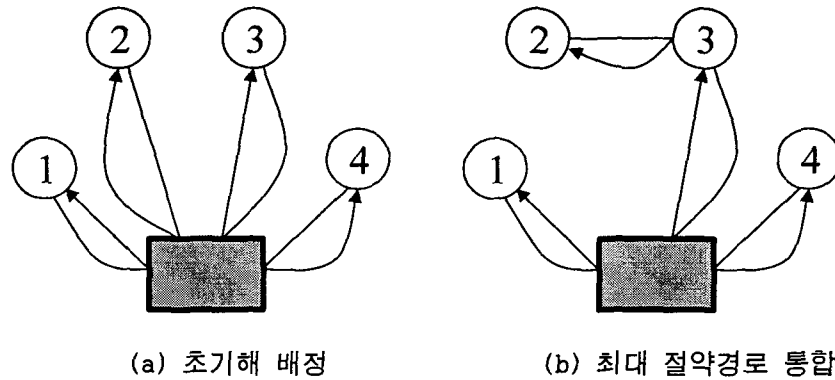
- 모든 노드에 대하여 왕복 경로를 배정한다.
- 두 경로의 끝을 합치는 경우에 필요한 모든 제약조건을 검토하여 가능하다면 절약되는 비용을 계산한다.
- 모든 경우 중에서 가장 절약 비용이 큰 경로를 하나의 경로로 합친다.

end{Saving Algorithm}

<그림 6> 경로 발생 알고리즘

경로 발생 단계에서는 기본적으로 Clarke와 Wright의 Saving Algorithm을 변형하여 사용했다. 경로 발생 알고리즘은 <그림 6>과 같은 순서로 진행된다.

경로 발생 알고리즘의 예가 <그림 7>에 나와 있다. <그림 7 (a)>에서 먼저 왕복 경로를 배정한 후에, 모든 경로를 합치는 경우에 대한 절약비용을 계산한다. <그림 7 (b)>의 예에서는 노드 2와 3의 경로가 해당이 되며, 이를 통합한 결과가 도시되어 있다.



<그림 7> 경로 발생 알고리즘의 예

이러한 경로발생 방식의 가장 큰 문제 중의 하나는 교환센터로의 경로와 귀한 시의 경로가 반드시 같아야 한다는 것이다. 최적해의 모든 경로에서 이와 같은 조건이 성립하지 않을 가능성은 매우 높으나, 현실적으로는 상행과 하행의 경유지가 같은 것이 운전자의 편의성 등을 고려하면 오히려 현실적인 해가 될 수 있다.

경로 개선 단계에서는 2-opt, 3-opt 방식 등이 있으나 좀 더 간단한 2-opt 방식을 사용했다. 2-opt는 모든 노드 쌍의 경로를 교환했을 때의 비용 절감이 있는 지를 확인하는 방법이다. 경로 개선 알고리즘의 예는 <그림 8>과 같다.

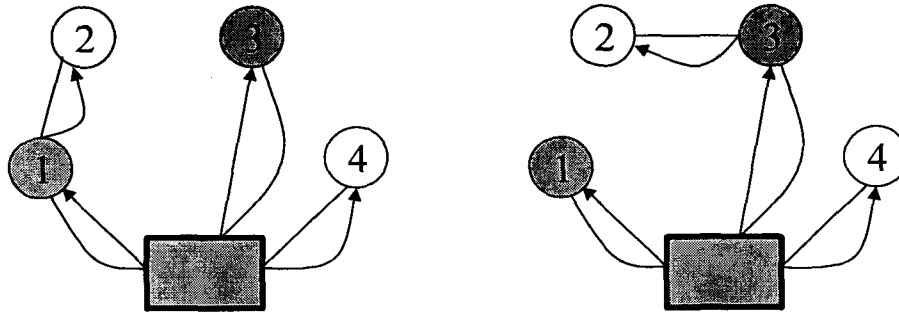
■ 2-opt Algorithm

- 노드의 모든 쌍 중에서 아직 검토하지 않은 쌍을 선택한다.
- 두 쌍과의 경로를 교환하여 절감비용을 계산하여, 절감이 없으면 기존의 경로를 유지하고, 절감이 발생하면 신규 경로를 선택한다.
- 검토한 쌍에 검토 표시를 하고, 처음으로 돌아간다.

end{2-opt Algorithm}

<그림 8> 경로 개선 알고리즘

<그림 9>와 같은 순서로 모든 쌍들에 대한 검토를 완료하면, 해의 개선을 정지하고, 계획수립자에게 초기해로 제시한다. <그림 10>은 전체적인 운송경로 설정 알고리즘의 예를 보여주고 있다.



(a) 노드 1과 3을 선택

(b) 노드 1과 3을 교환하여 신규 경로 생성

<그림 9> 경로 개선 알고리즘의 예

<그림 10>의 알고리즘에서 각 집중국사이 운송할 물량이 유형별 차량에 공차율 없이 70%이상 적재할 수 있으면 직접 운송한다. 공차율이 발생하는 물량이 있으면 <그림 11>처럼 38개 집중국 또는 직체결국의 교통편을 고려하여 5개의 소그룹 - A: 수도권, B: 강원권, C: 중부권, D: 호남권, E: 영남권으로 나눈다. 물론 이와 같은 권역의 정확한 경계 설정을 위해서는 실제 데이터에 의한 검증이 이루어져야 할 것이나, 현재 단계에서는 직관에 의한 분할에 의존하였다.

운송경로 설정은 대전 물류교환센터를 중심으로 한 운송망과 소그룹을 중심으로 한 운송경로를 설정한다. 대전 우편물류교환센터를 중심으로 한 우편물량은 A, B, C 그룹에서 D, E 그룹으로 발송하는 우편물량과 D, E 그룹에서 A, B, C 그룹으로 발송되는 우편물량을 의미한다.

먼저, 대전 물류교환센터를 중심으로 한 전국의 운송경로는 다음과 같이 결정할 수 있다. 전국의 38개 집중국 또는 직체결국에서 발생하는 물량 중 그룹으로 설정된 인근 지역의 물량을 제외하고는, 거의 모든 물량은 대전 물류교환센터를 통하여 운송된다. 경로 설정에서 모든 집중국은 대전 물류교환센터와 1:1의 direct한 경로를 가지는데, 이 경로는 물류교환센터로의 최단거리이다. 따라서, 집중국에서 발생하는 물량을 운송하는 차량 중 공차율이 zero(0)인 차량은 최단경로에 따라서 운송한다. 그러나, 공차 비율이 발생하는 차량은 타 집중국을 경유하면서 타 집중국에서 발생한 공차 물량을 함께 적재하여 운송한다.

집중국에서 발생하는 물량 중 모든 물량이 대전 물류교환센터로 운송되는 것은 아니다. 예를 들어, 진주 집중국이나 순천 집중국에서 발생하는 물량 중에서 창원 집중국이나 부산 집중국으로 발생하는 물량은 대전 물류교환센터를 거치지 않고 바로 운송할 수 있는 경로가 설정되어야 한다.

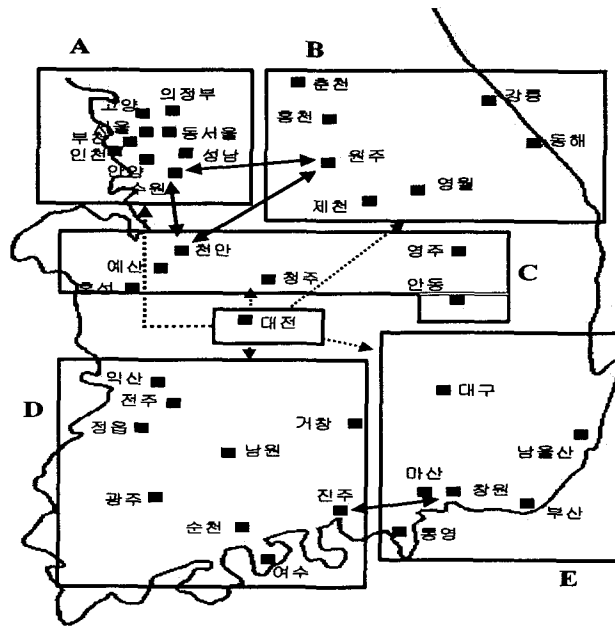
■ Algorithm[경로설정]

- 집중국별 우편물량을 입력으로 받아들이.
  - 운송해야할 집중국별로 우편물을 분류.
  - 집중국 사이 차량운영별 우편물량이 공차(공차) 없이 적재되면 집중국 사이 직접운송.
  - 각 집중국의 소그룹별 우편물량 정보를 파악.
  - if (대전 물류교환센터로 운송해야할 우편물)
    - if (공차율이 zero(0)인 운송차량)
      - 각 집중국에서 직접 대전 물류교환센터로 운송
    - else
      - 인접 집중국의 우편물량을 파악하여 타 집중국을 경유하여 물량을 함께 운송.
  - else
    - 각 소그룹에 속한 집중국의 모든 물량을 인접한 소그룹에 운송
  - endif
- end[Algorithm]

<그림 10> 전체적인 운송경로 설정 알고리즘

대전 물류교환센터를 중심으로 한 경로와 블록간의 운송경로 설정은 앞에서 설명하였다. 블록간의 우편물 운송이 효율적으로 이루어지기 위해서는 블록 내에서의 운송 경로 설정도 이루어져야 된다.

앞에서 제시한 것처럼 인접한 집중국간의 우편물 운송은 블록간에 이루어지게 된다. 즉, 한 블록 내에서 발생한 물량 중 인접한 한 블록으로 운송하는 우편물은 블록 내 대표 집중국으로 모두 운송되게 된다. 그래서 인접한 집중국으로 우편물을 운송하기 위해 모든 집중국이 1:1의 경로를 가질 필요가 없이 각 블록의 대표 집중국만이 서로 간에 우편물을 교환하면 된다. 이것은 인접 집중국으로의 우편물 운송에서 모든 집중국이 무조건 1:1의 경로를 가지는 비효율성을 방지하게 되며, 모든 물량이 대전 교환센터로 집중되는데서 발생하는 시간적·경제적 손실도 방지하게 된다.



<그림 11> 전국 22개 집중국 우편 운송경로 설정

## V. 운송경로 시스템 구현

VRP 프로그램을 실행하면 운영자만이 사용할 수 있도록 사용자 이름과 암호를 입력하는 로그인 화면이 나타난다. 그리고, 본 시스템은 시스템 운영 기능을 수행하기 위하여 “파일” 메뉴 화면을 두었다. ‘파일’ 메뉴의 주 기능으로 경신한 자료에 대한 저장 기능, 필요한 정보의 출력 기능 그리고 시스템 종료 기능 등이 있다.

### 5.1 기준정보 관리

향후의 알고리즘 개선과 시스템 개발을 위하여 기준 정보를 정의하는 것이 필요하다. “기준정보관리”의 서브 메뉴로 “집중국관리”, “비용관리”, “집중국간 거리”가 있다.

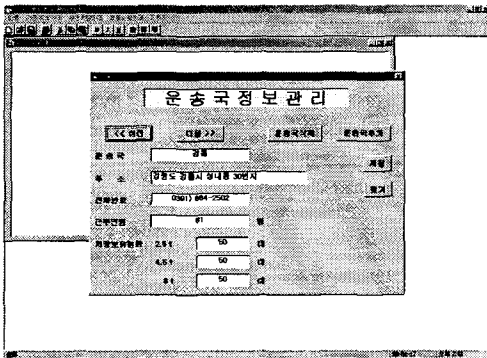
“집중국 관리”를 click하면 <그림 12>와 같이 대전교환센터와 각 집중국 그리고 중요한 직체결국을 표시하는 박스가 나타나고 해당 집중국을 입력 또는 선택하면 집중국 주소와 연락처, 유형별 차량 보유현황 등 집중국에 관한 정보를 볼 수 있다. 그 외 다음과 같은 기능들을 구사할 수 있다.

- 집중국 또는 직체결국의 추가와 삭제 가능.

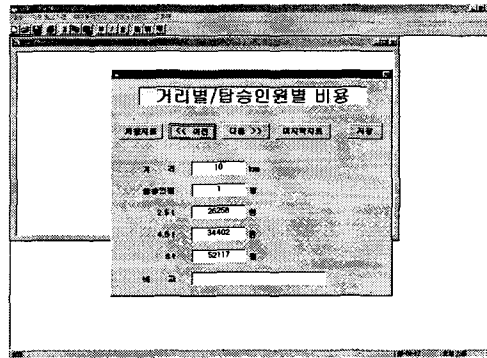
- 집중국 또는 직체결국의 정보 수정 가능.
- 집중국 검색을 용이하게 하기 위하여 가나다순으로 검색할 수 있는 기능과 집중국명을 타자해서 직접 해당 집중국을 찾아갈 수 있는 찾기 기능.

운송비용은 차량유형과 운송거리 그리고 탑승인원(1인 또는 2인)의 합으로 나타나며 정보통신부가 제시한 가격표를 이용했다.

<그림 13>과 같이 “비용관리”를 click하면 운송거리, 탑승인원, 차량별 유형에 따른 운송비용을 출력해주고, 새로운 거리와 탑승인원 변동에 따른 운송비용을 추가 또는 삭제할 수 있다.

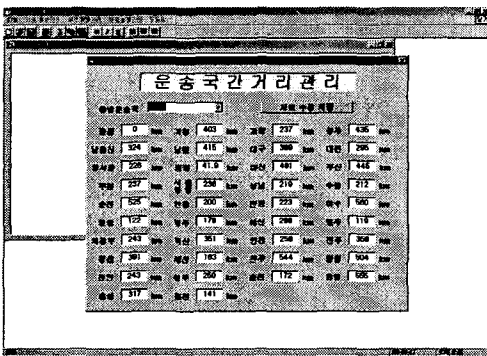


<그림 12> 집중국관리 화면

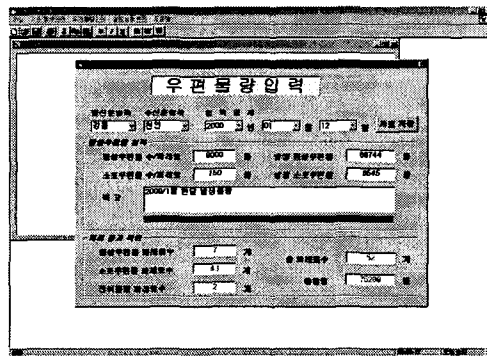


<그림 13> 비용관리 화면

<그림 14>는 집중국간 거리를 나타내는데 “집중국간 거리”에서 임의의 집중국을 선택하면 각 집중국과의 거리 정보를 보여준다.



<그림 14> 집중국간 거리 관리 화면



<그림 15> 우편물량 입력화면

- 갱신기능 : 집중국간 새로운 도로가 건설되어 집중국간 거리가 변동이 있을 때 해당 항목에 직접 운송거리를 갱신할 수 있다.

## 5.2 우편물량관리

우편물량관리 메뉴에서 <그림 15>의 “우편물량 입력” 화면에 들어가면 “발송집중국”과 “수신집중국” 박스가 나타난다.

“발송집중국”과 “수신집중국”명을 click하면 입력 박스가 나타나는데 그 박스에서 해당 집중국을 선택한다. 그리고 우편물 발생일자와 차수를 입력하고, 운송할 우편물을 통상우편물(일반통상과 특수통상 포함)과 소포로 나누어 입력한다. 정보를 입력하고 <Enter> 키를 치면 총 우편물량과 우편물 유형별 필요한 파레트 수, 그리고 한 파레트를 채우지 못한 잔여 우편물량이 나타난다. 유형별(2.5t, 4.5t, 8t)로 몇 대의 차량이 필요한지에 관한 정보를 나타내 주는 것은 운송경로 관리에서 처리했다.

정보통신부가 제시하고 있는 파레트의 크기는 통상우편물의 경우 한 파레트에 9,000통, 소포우편물의 경우 150통을 적재할 수 있다. 그러나 융통성을 주기 위하여 파레트 당 적재 우편물 수를 수정할 수 있게 했다.

## 5.3 경로설정관리

경로설정 관리는 입력된 우편물량 정보를 이용하여 실제 운송 경로를 지정해 주는 기능을 수행한다. 경로설정관리에는 두 개의 부 메뉴인 “경로설정”과 “경로강제지정”이 있다. “경로설정”은 주어진 입력 물량에 대하여 운송경로를 설정해 주는 것이고, “경로강제지정”은 운송 담당자의 필요에 의해 강제로 운송경로를 변경해 줄 수 있는 기능을 수행한다.

### 5.3.1 경로설정

“경로설정” 메뉴를 click하면 <그림 16> 화면 위쪽에 “발송집중국” 박스와 “수신집중국” 박스가 나타나는데 발송집중국 명과 수신집중국 명을 click하면 경로가 설정되며 화면의 아랫부분에 경로(경유지 포함)와 출발시간, 도착예정시간, 차량유형, 발송비용, 그리고 탑승인원 등의 정보가 나타난다.

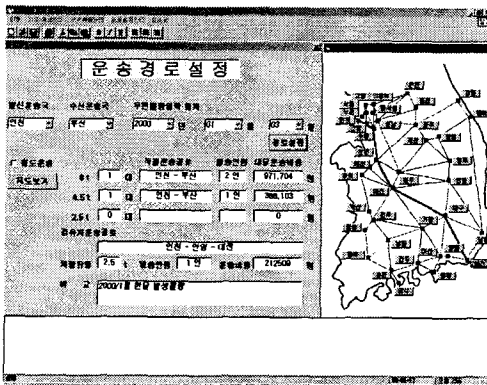
“차량대수” 박스 왼쪽에 있는 아이콘은 운송 차량이 1대 이상인 경우 click을 하면 각 차량에 대한 운송 경로와 정보들을 보여준다. 그리고, “변경화면”을 click하면 운송 경로, 출발시간, 탑승인원 수 등을 강제 지정할 수 있다.

“경로DB”는 최근 3개월 간의 운송 정보를 검색할 수 있다. 예를 들어, 운송일자에 년. 월. 일. 차에 관한 데이터를 입력하면 우편물 수와 운송에 이용한 차량 유형, 운송 경로, 운송에 소요된 총비용 등의 정보를 보여준다. 그리고, 경로 정보를 출력할 수 있는 기능을 두었다.

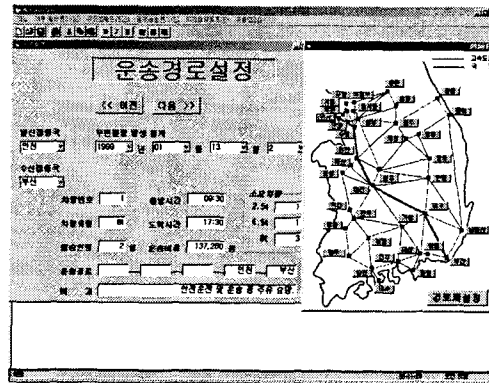


김의창, 우편물 운송 경로설정을 위한  
 준 최적화 시뮬레이션 기술 개발

<그림 16>은 운송경로 화면을 나타낸 것인데, 인천 집중국에서 부산 집중국으로 운송하는 경로를 나타낸 것이다. 공차율이 0인 차량은 부산 집중국으로 direct 운송경로를 가진다. 만약 공차율이 발생하는 차량은 인천 집중국의 물량 정보를 파악하여 다른 집중국을 경유하여 대전으로 운송한다. 대전물류교환센터로 운송된 차량은 우편물 교환을 거쳐 부산 집중국으로 운송한다. 화면 오른쪽에는 38개 집중국 또는 직체결국을 연결한 도로망을 가진 지도를 표현했는데 지도로 표현함으로써 운송 관리자가 운송경로를 인식하는데 편리하게 했다.

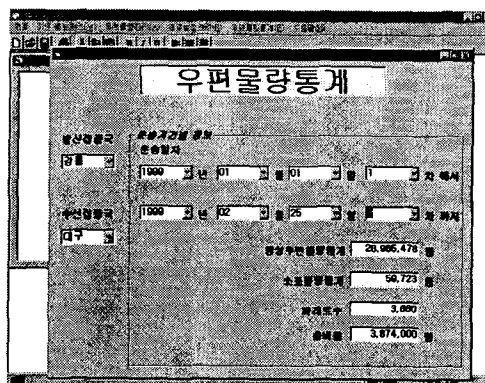


<그림 16> 운송경로 설정화면



<그림 17> 운송경로 강제지정 화면

### 5.3.2 경로변경



<그림 18> 우편물 통계 화면

시스템을 실행시켜 경로가 설정되는데 만약, 도로가 폐쇄되었거나 기타 사정으로

운영자가 경로를 강제 지정하는 상황이 발생할 수 있다. 이 때, 운영자는 다음 화면에서 운송 경로를 강제 지정할 수 있다. <그림 17>처럼 지도에서 강제로 운송경로를 설정해주고 '경로 재설정' 아이콘을 클릭하면 운송경로가 강제지정 된다.

#### 5.4 우편물통계

“우편물량 통계” 화면은 일정한 운송기간 내의 우편물의 통계를 보여준다. <그림 18>의 “우편물량 통계” 메뉴에서는 왼쪽에 “발송집중국”과 “수신집중국”을 선택할 수 있는 박스가 나타나고 운송일자 정보를 년·월·일·차 순으로 입력할 수 있는 박스나 나타나는데 차례대로 입력하고 <Enter> 키를 치면 입력한 날의 일반통상 우편물 수와 소포 우편물 수, 파레트 수 그리고 운송비용 등의 정보를 제공해 준다. 그리고, 일정 기간 동안 연·월·일·차수 정보를 입력하면 그 기간에 발생한 우편물의 정보도 알아볼 수 있도록 했다.

## VI. 결 론

선진국에 비해 낙후된 물류 시스템을 가지고 있는 우리나라의 경우 물류비가 차지하는 비용은 매출액의 17% 이상을 차지하고 있어 국가 및 기업 경쟁력에서 매우 큰 장애가 되고 있다. 최적 운송관리 시스템 개발은 우편 업무 분석을 통한 효율적인 운송 체계를 구축함으로써 우편물 운송비용을 최소화하는데 있다.

최적 운송관리 시스템은 우편업무 분석을 통한 종합적인 기술 개발을 요하는 과제로서, 시작품을 개발한 후 현장에서 활용 타당성 분석과 시험 운영을 통해 민간 기업에 기술을 전수하고 상품을 생산해야 할 것이다. 우편 요소기술 확보의 필요성으로 우편 사업을 노동 집약적에서 기술 기반형으로 전환하여 인력 운영의 합리화, 서비스 고급화 및 대외 경쟁력 확보 등의 효과를 기대할 수 있으며, 집중국 중심의 물류체계로서의 전환과 우편망, 금융망, 정보망의 통합화를 추진하는 과정에서 최적 운송관리 시스템 개발을 통한 환경 기반을 동시에 이룩할 수 있다.

향후의 연구해야 할 주요 과제는 다음과 같다. 첫째, 일반 사용자가 사용하기 편하고 다양한 정보를 제공해줄 시스템을 개발하는 것이다. 둘째, 집중국과 집배모국사이 효율적인 경로를 설정하는 시스템 개발이다. 셋째, 지리정보시스템을 도입해 우편배달부가 최적의 조건으로 우편물을 배달할 수 있는 순로계획 시스템을 개발하는 일이다. 마지막으로 대전 우편물류교환센터와 집중국간 경로설정, 집중국과 집배모국사이 경로 설정 그리고, 각 집배모국에서 우편 배달부가 직접 우편물을 배달하는 순로 시스템을 통합한 종합 우편물 운송 관제시스템을 개발해야 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김의창, 조태경, "최적 운송 관리 시뮬레이션 기술개발에 관한 연구", 한국전자통신 연구원, 1998.
- [2] "우정 사업 경영 합리화 계획", 정보통신부, 1998.
- [3] "우편 방문접수 배달서비스 도입연구-소포를 중심으로", 정보통신정책연구원, 1998.
- [4] 최경일, "우정 전산환경 정보자원 조사분석에 관한 연구", 연구보고서, 한국외국어 대학교, 정보산업공학연구소, 1999.
- [5] Begur, S.V., Miller D.M., and Weaver J.R., "An Integrated Spatial DSS for Scheduling and Routing Home-Healthcare Nurses", *Interfaces*, 27(4), 1997, pp.35-48.
- [6] Brandao, J.C.S. and Mercer, A., "The Multi-trip Vehicle Routing Problem", *Journal of the Operational Research Society*, 49, 1998, pp.799-805.
- [7] Clarke, G. and Wright, J.W., "Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number Delivery Points", *Operations Research*, 12, 1964, pp.568-581.
- [8] Donald, R. and William G.N., "Logistics Composite Modeling", CAPS Logistics Technical Paper, 1996.
- [9] Golden, B.L and Assad, A., "Vehicle Routing: Methods and Studies", North-Holland, Amsterdam, 1988.
- [10] Kelly, J.P. and Xu, J., "A Set-Partitioning-Based Heuristic for the Vehicle Routing Problem", Research Report, 1998.
- [11] Lin, S., "Computer Solutions of the Traveling Salesman Problem", *Bell System Computer Journal*, 44, 1965, pp.2245-2269.
- [12] Larpoter G., "The Vehicle Routing Problem: An Overview of Exact & Approximate Algorithms", *European Journal of Operational Research*, 59, 1992, pp.345-358.

[13] Lin, S. and Kernighan, B.W., "An Effective Heuristic Algorithm for the Traveling Salesman Problem", Operations Research, 21, 1973, pp.498-516.

[14] Or, I., "Traveling Salesman-Type Combinatorial Optimization Problems and their Relation to the Logistics of Regional Blood Banking", Ph.D. Dissertation, Northwestern University, Evanston, IL, 1976.

<Abstract>

**Development of Near Optimal Simulation Technique for the  
Postal Routing Decision**

Kim, Yei Chang

Facing in very rapidly changing environments via information technologies, we need to study and develop new information technologies in postal delivery service in Korea.

We study to find the near optimal route for the better postal service between the collection centers. Optimal routing decision for the postal delivery is NP-Hard.

The main purpose of this paper is to develop the near optimal simulation technique for the postal routing decision.

We consider the distance between collection centers, and the quantity of post articles in the collection center to obtain the near optimal route.

We use the heuristic algorithm to obtain the near optimal solution for the transportation route of postal articles. Also, we try to show the transportation route by using the map after deciding the near optimal route.