우편 경로 최적화 시스템 모델 설계 및 구현

남 상 우†

요 약

본 논문에서는 지리정보시스템을 적용하는 우편 업무와 관련하여, 우편 경로에 대한 관리 및 의사 결정을 수행하는 우편 경로 최적화 시스템 모델과 시스템을 구성하는 주요 모듈인 최단 경로 생성 알고리즘에 대한 설계 및 구현에 대하여 다루었다.

최단 경로 생성 알고리즘 개발을 통하여 효율적인 우편 경로 최적화 시스템 모델을 제시하기 위해 경로 최적화 시스템에 대한 사례 조사와 요구 사항을 분석하였다. 우편 경로 최적화 시스템의 주요 모듈인 최단 경로 생성 알고리즘은 기존의 그래프 이론에서 제시된 Dijkstra 알고리즘뿐 아니라 방향성을 고려한 탐색 방법을 적용하여 시스템이 빠르고 효과적인 경로 탐색을 할 수 있도록 하였다.

우편 경로 최적화 시스템은 최단 경로 생성기, 등거리 생성기, 경로 재배치 생성기의 주요 모듈로 이루어져 있고, 좌표 처리를 위한 지리정보시스템 엔진과 지형 데이터를 취급하기 위해 공간 데이터베이스를 이용하였다.

이 시스템은 우편 배달 업무의 관리, 배달 구역 및 경로 관리, 경로 재배치 등에 이용될 수 있으며, 향후에 택배 시스템, 도로 및 교통 정보 안내 등과, GPS(Global Positioning System)와의 연계를 통해 위치 추적 및 자동 운항 시스템에도 적용될 수 있다.

Design and Implementation of the Postal Route Optimization System Model

Sang-Woo Nam†

ABSTRACT

In this paper, related on the postal business with the GIS(Geographics Information System), it discusses design and implementation of the PROS(Postal Route Optimization System) model and its main module, the shortest path generation algorithm, for supporting to postal route managements.

It explains examples and requirements of postal route system, and suggests the efficient PROS model using our developed shortest path generation algorithm. Because the shortest path algorithm adopts not only consider the Dijkstra algorithm of graph theory, but also the method with the direction property, PROS can be implemented with fast and efficient route search.

PROS is mainly constituted of the Shortest Path Generator, the Isochronal Area Generator, and the Path Rearrangement Generator. It also exploits the GIS engine and the spatial DBMS(Data Base Management System) for processing coordinates in the map and geographical features.

PROS can be used in the management of postal delivery business and delivery area and route, and in the rearragement of route. In the near future, it can be also applied to commercial delivery businesses, guides of routes and traffic informations, and auto navigation system with GPS(Global Positioning System).

† 정 회 원:한국전자통신연구소 선임연구원
논문접수:1996년 6월 20일, 심사완료:1996년 8월 8일

1. 서 론

컴퓨터 기술은 멀티미디어, 고속 프로세서, 대량의 메모리, 초고속 통신망 등의 발전을 통하여 다양한 응용 분야에 적용됨으로써 실감있게 이용되고 있다. 단순한 문자 정보에 의존하였던 사용자 인터페이스도 그래픽을 이용하고 다양한 툴과 결합함으로써 사용자가 필요한 정보를 원하는 형태로 접할 수 있게 되었다.

지리정보시스템(Geographics Information System: GIS)의 지도 정보 제공 능력을 이용하는 것은, 우편 배달, 택배, 도로 안내 등과 같이 지도하에서 현 위치와 목적지의 위치를 찾아내고, 두점사이의 경로를 추적을 할 수 있는 경로 추적 분야에 활발하게 적용될 수 있고, S/W 기술의 발달과 시스템 성능의 향상으로 컴퓨터의 이용이 대중화 됨으로서 GIS 분야가 일반적인 사용자들에게 구체화되고 있다[1, 2].

우편 업무의 최종 목적은 우편물관련 서비스이다. 우편물 배달 업무에서는 배달 경로의 효율적 관리가 매우 중요한데, 지금까지 배달 경로에 대한 사항은 그 지역을 담당하는 우편 배달부 및 배달 관리자의 경험에 의존하여 왔다. 따라서 복잡하고 다양하게 변하는 도시 지역에서, 축적된 경험에 의한 경로 설정은 우편 업무 관리에 어려운 점으로 부각되고, 개발 등으로 인한 지역 환경의 변화나 배달자의 변경 등과 같은 문제점은 과학적인 방법에 의한 경로 관리의 필요성을 제기하였다.

본 연구에서는 우편 배달 경로에 대한 자동화 및 지능화의 방법으로 GIS를 이용한 우편 경로 최적화 시스템 모델과 이 시스템에 적용하는 최단경로 생성 알고리즘의 추출에 대하여 제시하고자 한다.

이에 본 논문의 구성을 살펴 보면, 2장에서는 우편 업무에 대한 경로 최적화 시스템의 배경 및 요구 사항을 기술하였고, 3장은 기존의 최단 경로 생성 알고리즘을 비교 분석하여 경로 최적화 시스템에 적용하는 최단 경로 생성 알고리즘을 제시하여, 4장에서와 같이 본 연구의 주 목적인 도시지역 우편 배달과 관련한 경로 최적화 시스템 모델에 대하여 기술하였으며, 5장과 6장에서 경로 최적화 시스템 모델에 대한 결과 분석과 향후 발전 방향에 대하여 기술하였다.

2. 요구 사항 분석

2.1 사례 분석

GIS를 이용하여 우편 배달 업무에 적용한 연구 개발 사례를 살펴보면, 국내에서는 '94년에 한국 전자통신연구소에서 상업 GIS 툴의 디지털 맵을 이용하여 수집배달 관리에 대한 정보시스템을 파일럿 시스템으로 구현하였고[3], 외국의 경우에는 경로 최적화 분야에 부분적으로 연구 개발된 사례가 있는데, 캐나다와 아일랜드에서 개발한 우편 최적 경로에 대한 사례와 GIS개발 업체의 응용 사례에서 찾아볼 수 있다[4, 5, 6, 7].

2.1.1 캐나다 우정공사의 CASOCADA

캐나다에서의 우편 수집 배달에 관련한 GIS의 응용은 캐나다 우정공사의 주도하에 1986년부터 추진해 왔는데, 이는 도시 지역의 운송 수단에 적용한 경로 최적화 시스템이다[4].

이 시스템은 우편 경로 최적화 및 스케듈링을 위해서 도시 지역의 거리망을 디지털 맵으로 작성하고, 거리망을 따라 우편 경로를 계획하고 재설계하며, 배달에 대한 스케듈링 및 예측하는 시스템으로서 1986년에 CASOCADA(Computer Assisted Simulation Of Collection And Delivery Activities)라는 파일럿 프로젝트로서 몬트리얼에서 개발되었으며, 시스템의 특징을 요약해 보면 다음과 같다.

- 디지털화한 거리망 관리에 중점,
- 지도 모듈 관리를 통하여 경로 최적화 추진,
- 오타와의 체신 본부에 확장 적용,
- 두가지 서브시스템으로 구성,
  - a) LCROS(The Letter Carried Route Optimization System)
    - 그래픽을 이용하여 우편 배달 경로 최적화의 계획에 이용,
    - 거리에 대한 경로 작성 및 분석,
    - 캐나다내 9개 지역의 도보 우편 배달 경로를 재구조화.
  - b) 자동차를 이용한 경로 시스템
    - 디지털 지도상에서의 자동차 경로 관리,
    - 좌회전금지, 일방 통행, 속도 제한, U-턴금지와 같은 여러 복잡한 제약조건 처리,

· 서비스 시간 개선 효과 발생,
· 후에 캐나다의 우편 특급 배달에 적용.

2.1.2 아일랜드 우정공사의 MDOS

아일랜드 우정공사와 Dublin 대학은 비용 절감과 서비스 수준 개선을 위한 관점에서 우편 배달업무의 과학적 개선 방법으로 MDOS(Mails Delivery Optimization System)라는 배달 최적화 시스템을 개발하였다[5].

아일랜드는 26개의 지역 국가로 구성되어 있고 총 55군데의 지역 체신 본부 구역으로 나뉘어져 있으며, 각 구역은 보통 55,000개의 우편 배달 단위의 빌딩 블럭을 포함한다. 아일랜드에서는 로드 맵의 디지털화를 전국적으로 추진하여 GIS 이용의 기반이 되도록 하였다. 이 시스템은 지리정보 데이터베이스를 이용하여 3곳의 도시 지역에 적용하였고, 11 곳의 시골 배달 지역에 대하여 우편 배달 경로를 최적화시켰다.

도시 지역의 확대, 새로운 길 형성, 배달부의 퇴직 및 사망, 우편 지역의 병합 등을 고려한 새로운 경로 설정의 필요에 의해 추진된 MDOS는 1994년에 486 시스템의 윈도환경에서 구현되었다[5]. 주요 특징은 다음과 같다.

- 지형 데이터베이스는 모든 길에 대한 네트워크 이미지 보유, 비지형 데이터베이스는 가구의 주소, 위치, 인구 자료 등을 보유,
- 분석 요소로서 우편량 및 배달 빈도, 배달 형태, 평균 배달 소요 시간, 우편물 도달 시간, 준비 시간과 식사 시간을 고려한 배달 경로 소요 시간, 선호하는 배달 습관 등을 고려,
- 거리, 시간, 인원 등에 대하여 평균 15%의 절감 효과 발생,
- 프로젝트의 결과인 지형 데이터, 사회 통계등의 관련자료를 우정공사에서 보유하여 여러가지 정책의 의사 결정에 이용 가능,
- 시스템을 객체지향형 데이터베이스 방법을 이용하도록 하고, 마켓조사 기관, 중앙 통계청과 연계하여 확장할 계획을 보유.

2.2 경로 최적화 시스템의 요구 사항 분석

외국의 사례에서 살펴 본 바와 같이 우편 업무에 대한 GIS 이용은 매우 활발하게 이루어지고 있다.

이러한 응용 업무들은 주로 지도의 디지털화와 우편 업무의 관리, 그리고 자동차의 경로 설정을 위주로 개발되고 있다. 특히 교통 정보에 대한 연계는 단순한 기본 정보 뿐아니라 실시간 정보까지를 필요로 하는 정도로 발전하고 있다.

우편 관리 업무와 우편물의 배달 업무는 지도정보가 가장 먼저 필요하게 된다. 이 지도 정보는 지형 정보, 구역을 구성하는 다각형(Polygon), 구역을 둘러싸는 경계선, 도로(Arc)와 같은 GIS의 요소 정보와 주소, 건물명, 도로명 등과 같은 정보 데이터베이스로 구분될 수 있다.

본 논문에서 제시하는 경로 최적화 시스템 모델에 대한 전제 조건으로는 도시 지역의 적용을 원칙으로 한다. 이는 번지에 따른 경로가 일정히 정해져 있어서 도로에 인접되지 않는 구역이 없는것과 같이 예외 사항이 적고, 배달 방법이 단순해 질 수 있으며, 다양한 도로망에 의존되기 때문이다. 이에 따라 생성된 경로는 도보뿐 아니라 자동차를 이용하는 분야에서도 자동적으로 적용이 될 수 있다.

시스템의 도로 지도(Road Map)의 구성에는 1)자동차, 도보, 오토바이, 자전거 등의 운반 도구 및 방법, 2)도로 넓이, 좌회전 금지, 경사도, 통행량, 통행 조건 등의 도로 및 교통 환경, 3)가구수, 가구원수 등과 같은 데이터 밀집도, 4)구역 우편 배달 통수, 배달 빈도 등과 같은 업무 조건등이 고려되어야 한다.

우편 경로 최적화를 위해서는 두 지점 사이의 최단 경로와 최적 경로, 여러 지점에 대한 경로 배치, 여러 경로들을 포함하는 구역 설정 등에 대한 의사 결정이 이루어져야 한다.

이러한 요구 조건을 충족하기 위해서는 두지점 사이의 최단 경로를 생성하는 최단 경로 생성 방법과 이를 통한 경로 최적화 시스템이 필요하게 된다.

3. 최단 경로 생성 알고리즘

3.1 최단 경로 생성 알고리즘 분석

최단 경로를 생성하고자 하는 방법은 여러가지 분야에서 접근할 수 있다. 지식베이스로 구성하여 탐색하는 방법, 인공 지능의 직관적 탐색(Heuristic Search) 기법을 이용하는 방법, 그래프 이론의 최소 스패닝 트리(Minimum Spanning Tree)를 이용하는 방법 등이 있다[9].

최단 경로 추출 알고리즘은 크게 방향성을 갖고 수행되는 것과 그렇지 않은 것, 두 가지 분류로 구분해 볼 수 있다. 기본적인 그래프 이론에서는 방향성 문제가 제시되지 않았다. 방향성 문제는 GIS에서 제공되는 좌표값을 이용하므로서 해결되는 것으로 기존의 그래프 이론과는 접근하는 개념이 다른 것이다. 그렇지만 비용 산정을 위해서는 그래프 이론이 기본이 된다.

그래프 이론에 따른 최단 경로를 추출하기 위한 최소 거리값을 산정하는 주요 알고리즘은 최소 비용 스패닝 트리 알고리즘(Minimum Cost Spanning Tree Algorithm)이 대표적이다[9, 10].

이에 대하여 첫째로 고려할 알고리즘은 방향성이 없는 그래프(Undirected Graph)상에서 최소 비용 신장 트리를 찾는 방법인데 이 방법은 Kruskal과 Prim에 의해 제시되었고 Dijkstra에 의해 정립되었다[10].

이 방법들은 모든 노드들을 연결하는 엣지의 가중치의 합이 적어도 모든 노드들을 연결하는 다른 엣지들의 가중치의 합보다 작아야 하는 연결된 엣지의 모임으로 정의된다. 즉, 최단 가중치를 갖는 길을 탐색하는 방법이다. Kruskal 알고리즘과 Dijkstra 알고리즘이 〈표 1〉과 〈표 2〉와 같이 제시되었다.

〈표 1〉 Kruskal 알고리즘
〈Table 1〉 Kruskal algorithm

```
• Input:
  An undirected graph with n edges G the weight w
• Output:
  A minimum spanning tree A
• Natation
  A: Minimum Cost Spanning Tree
  G: Graph with n edges
• MST-KRUSKAL (G, w)
  A = φ
  for each vertex v∈V[G]
    do MAKE_SET (v)
      sort the edges of E by nondecreasing
        weight w
  for each edge (u, v)∈E, in order by
          nondecreasing weight
      do if FIND_SET (u) ≠ FIND_SET (v)
        then A ← A∪{(u, v)}
              UNION (u, v)
  return A
```

〈표 2〉 Dijkstra 알고리즘
〈Table 2〉 Dijkstra algorithm

```
• Input: vertex v
    the cost of the adjacent matrix COST
    the distance DIST
    the number of vertex n
• Output: the Shortest path S
• Notation:
  S = the Shortest path
  DIST(V) = the cost of the current Shortest path Vo → V
  COST(i, j) = the weight of the edge(i, j)
• Dijkstra's Shortest path(v, COST, DIST, n)
  for i ← 1 to n do
    S(i) ← 0; DIST(i) ← COST(v, i)
  end
  S(v) ← 1; DIST(v) ← 0; num ← 2
  while num < no do
    choose u: DIST(u) = min {DIST(w)}
    S(u) ← 1; num ← num +1
    for all w with S(w) = 0 do
    DIST(w) ← min {DIST(w), DIST(u) +COST(u, w)}
    end (for loop)
  end(for while loop)
```

3.2 최단 경로 생성 알고리즘의 요구사항

최단 경로를 기본으로 요구하는 경로 최적화 시스템 모델은 4장에서 제시되는데, 최단 경로 생성기, 동거리 생성기, 경로 재배치 생성기에서 최단 경로 생성이 필요하다.

최단 경로 생성기는 두 지점사이의 최단 거리를 생성하는 기능을 위주로 하는 모듈로서 빠른 시간에 정확한 최단 거리를 생성하는 것이 주요 기능이다. 동거리 생성기는 한 지점에서 동일 범위내의 위치를 추출하는 것으로서 정확한 경로 산정이 주요 기능이다. 경로 재배치 생성기는 기존의 경로를 재배치하고 새로이 형성되는 지점에 대한 경로를 생성하는 모듈로서 방문 순서에 대한 문제를 포함하여 최단 경로 생성 알고리즘과 세일즈맨 방문 알고리즘(Travelling Saleman Algorithm)을 병행하여 적용하여야 한다.

3.3 최단 경로 알고리즘의 설계

위의 요구 사항들은 두 지점 사이의 최단 경로를 찾고자 하는 기능 구현이 주요 목표로서 빠른 최단 경로 생성 알고리즘이 필요하게 된다.

시스템 모델에서는 GIS의 노드와 엣지 개념을 이용하여 도로를 구성하는 다각형 객체(Poly-line Object)를 생성한다. 그리고 도로에 이용된 다각형 객체가 가지고 있는 각종 속성 자료를 중간 화일로 생성하고, 중간 화일에 저장 된 자료를 이용하여 최단 경로를 생성한다.

따라서 최단 경로 생성 알고리즘은 엣지로 구성된 도로 맵 레이어로부터 시점과 종점을 기준으로 하는 방향성을 갖고 각 엣지의 값으로부터 추출될 수 있다. 최단 경로 생성 알고리즘의 기본 개념은 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉 최단 경로 알고리즘의 기본 구조
〈Table 3〉 Basic structure of shortest path algorithm

- Input : Starting point, Ending point
- Output Shortest path

1)출발 지점 좌표를 구해 그 좌표와 가장 근접된 노드 좌표를 갖는 체인 레코드를 선택한다. 이 때 근접된 좌표를 갖는 레코드와 동일한 Id를 갖는 레코드가 선택 된다.

2)도착 지점 좌표를 구해 가장 근접한 노드좌표를 갖는 체인 레코드를 선택하여 그 좌표 값을 취한다.

3)1)에서 선택된 전 레코드에 대하여 선택된 노드의 출발 지점 좌표와 같거나 가장 근접된 좌표를 찾기 위하여 노드의 시작 지점 좌표와 도착지점 좌표를 비교하여 직선 거리와 누적 거리의 가장 짧은 값을 갖는 노드 좌표를 갖는 도로 Id와 각 노드 좌표를 구한다.

4)선택된 노드에서 연결된 체인 레코드들을 선택하여 3)을 반복한다.

5)도착 지점과 연결된 체인 레코드를 만났을 때 까지 1)부터 5)까지를 반복한다.

일반적인 탐색 알고리즘보다 좀 더 복잡한 것으로는 네 방향 모두의 루프가 존재할 경우인데, 이러한 경우의 가중치 그래프에 대해서 Dijkstra 알고리즘과 Prim의 알고리즘이 해결 방안을 제시하고 있다.

이 알고리즘을 살펴보면, 먼저 시작 노드로부터 가능한 후보 간선들을 저장하고 가장 가중치가 작은 것부터 탐색을 시작한다. 시작 간선이 트리에 저장되고 끝점에서 연결된 가능한 후보 간선을 비교한다. 이때 후보 간선 중 가장 작은 가중치를 갖는 간선이 선택되어 트리에 저장한 뒤 끝점과 연결된 다음의 후보 간선들을 살펴본다. 이러한 식으로 후보 간선들 중에서 작은 가중치를 갖는 후보 간선들을 트리에 삽입해 나가면 최종적으로 후보 간선에는 아무것도 남지 않고 트리만 남게 된다. 이 트리가 시작 노드로부터 모든 가능한 점에 대한 최소 스패닝 트리가 되는 것이다.

〈표 4〉 최단 경로 알고리즘
〈Table 4〉 Shortest path algorithm

```
1)(초기화 작업)
    x가 임의의 장점이라 할 때
    VT={x};
    ET=   ;
     stack=FALSE;
2){주요 루프:x는 트리속으로 가져오고 가장자리와 후보
   간선을 갱신한다. 다음 정점과 간선을 추가한다.}
    while VT     V and not stack do
3){몇몇 후보 간선을 대체한다.}
    for {x에 인접한 각 가장자리 정점이 존재하는가}
    do if W(xy)< W
       (y에 발생되는 후보 간선은}
        then xy는 y에 대해 후보 간선으로서 e를 대체한다.
    end(if)
    end(for)
4){새로운 가장자리 정점과 후보 간선들을 발견한다.}
    for {x에 인접한 보이지 않는 정점 y가 있는가}
    do y는 가장자리 정점이 되고 xy는 후보 간선이다.
    end(for)
5){다음 간선을 선택할 준비}
    if (후보 간선이 있는가} then
      stack:=TRUE;
    else
6){다음 간선을 선택}
    최소가중치를 갖는 후보간선E를 발견
    x:=e에 일어나는 가장자리 정점 트리에 x와 e를 추
       가한다.
    {x와 e는 가장자리 후보 간선이 더 이상은 안된다.}
    end(if)
    end(while)
```

최단거리 문제란 주어진 네트워크상의 두점을 최소 거리로 잇는 경로를 구하는 문제로서, Dijkstra 알고리즘은 최단 경로를 구하기 위해 최소한 2차원 네트워크상의 두점을 반지름으로 하는 영역에 대한 탐

사를 수행함으로써 두점의 거리가 멀어질 수록 그 제곱에 비례하며 점밀도에 비례하는 수행 속도를 가지게 된다. 본 연구에서 적용하고자 하는 우편 경로는 일반적으로 네트워크의 특성이 매우 높은 점밀도를 가지며 출발점과 목적지와의 거리가 매우 긴 경우가 발생할 수 있는 특징이 있다. 따라서 본 연구에서는 Dijkstra 알고리즘을 기반으로 두 점간에 거리에 비례하는 알고리즘을 새롭게 개발하여 속도 향상을 이룬 알고리즘을 구현하였다.

기존의 알고리즘은 최단 거리를 구하기 위하여 점을 선택하는 방법이 단순히 경로 거리를 기준으로한 일차적인 방법을 사용하였다. 그러나 본 연구에서 제시하는 알고리즘은 점을 선택할 때의 진행 방향이 목적 지점을 향하게 함으로서 가능한 비교 횟수를 줄이고 계산 속도를 빠르게 한 특징이 있다. 이는 GIS의 기술과 결합하므로서 가능한 것이다.

4. 우편 경로 최적화 시스템 모델

본 논문에서 제시하고자 하는 우편 경로 최적화 시스템 모델은 도시 지역에서의 우편 수집배달 경로에 GIS를 적용하여 최적의 정보를 제공하는 다운사이징된 멀티미디어 응용 시스템으로 (그림 1)과 같이 표현된다.

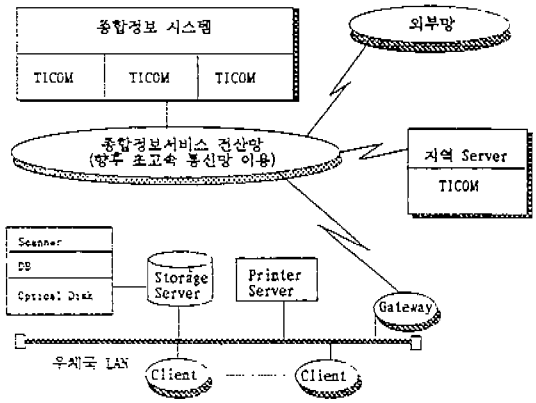
이 시스템은 개인용 컴퓨터나 워크스테이션 등을 통하여 사용자가 직접 시스템을 이용할 수 있도록 고려되었고, 고속 망을 통하여 지도 데이터, 정보 데이터를 공유하는 점도 고려되었다.

시스템의 구현을 위하여, GIS를 이용하여 대상지역에 대한 디지털 맵을 작성하고, 기존 경로 정보, 시설물 및 건물 정보, 노드의 주소와 도로 정보 데이터베이스가 구성되어야 한다.

외국의 사례 분석에서와 같이, 캐나다와 아일랜드 등 대부분의 국가들에서의 수집 배달 분야에 대한 GIS 이용은 대부분 자동차를 위주로 한 로드 맵을 위주로 한 경로 최적화를 목표로 하고 있다[4, 5, 6, 7]. 그러나 국내의 우편 배달 현황은 도보를 중심으로 자동차와 2륜차가 보조하는 형태의 배달 방법과 복잡한 지번 체계로 외국의 사례와는 매우 다른 특성을 보이고 있다.

시스템의 알고리즘은 앞장에서 제시된 알고리즘을 적용하고, 문자와 수치 지도 및 이미지에 대한 데이터베이스는 범용 관계형 데이터베이스를 고려하였다.

경로 최적화 시스템은 우체국의 종합정보서비스 시스템과 연계하여 여러 우편관련 업무 및 지역정보센터 업무에도 적용되도록 하였다.



(그림 1) 경로 정보시스템 구성 환경
(Fig. 1) Environment of the postal route optimization system

4.1 경로 최적화 시스템 모델

경로 최적화 시스템 모델은 우편 배달 업무를 과학화시키는 환경 개발의 일환으로, 지역내 위치사이에 대한 최단 경로를 시뮬레이션하여 제시하고, 필요시 등거리 및 등시간대의 범위 영역을 추출할 수 있으며, 기존 경로에 대한 경로의 적정성을 분석을 하여 경로를 재배치할 수 있도록 한 기능을 갖어야 한다[8].

이를 구현하는 경로 최적화 시스템의 구성을 살펴보면, 관한 지역내 노드 사이의 최단 경로를 시뮬레이션하는 최단 경로 생성기, 등거리 및 등시간대의 범위 영역을 추출할 수 있는 등거리 생성기, 기존 경로에 대한 분석을 하고 주변 환경을 고려하여 경로를 재배치할 수 있는 경로 재배치 생성기, 그리고 가중치를 고려한 구역 분석, 배달구역의 타당성 검토 및 환경 변화에 따른 구역 재설정 등을 수행하는 구역 재설정 생성기, 각 생성기들을 지원하는 도로 지도, 공간 데이터베이스를 포함한다. 각 부분의 특성과 기능을 살펴보면 다음과 같이 기술되고 이를 도해해 보면 (그림 2)와 같다.

1) 최단 경로(Shortest Path)
- 지점 추적(Node Tracing) 모듈
  - 임의의 두지점 사이를 자동 추적 연결
  - 자동 거리 계산
- 최단 경로 생성 모듈
  - 임의의 두지점에 대한 거리 시뮬레이션
  - 최단 거리 경로 생성

2) 등거리(Isochronal) 생성기
- 등시간대 생성 모듈
  - 시간 요소에 의한 등시간대 거리 범위 생성
- 등거리 생성 모듈
  - 거리 요소에 의한 등거리대의 범위 생성

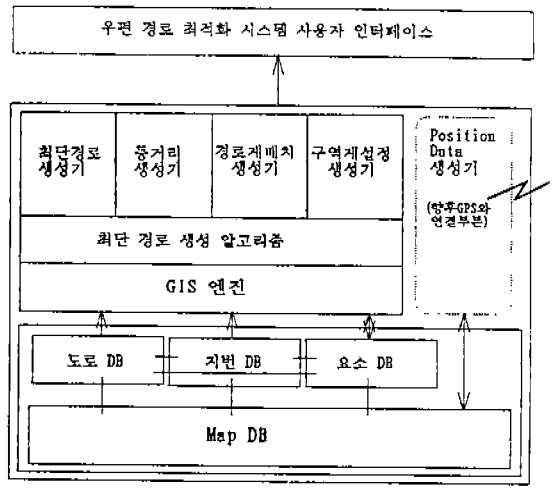
3) 경로 재배치(Path Rearrangement) 생성기
- 영역 재배치(Boundary Relocation) 모듈
  - 임의 영역내의 경로 배치
- 요소 재배치(Factor Base Relocation) 모듈
  - 요소(우편량, 도로 상황, 사용빈도 등)와 도로망에 의한 경로 재배치
  - 도로망(Street Network)에 대한 최단 경로 탐색(Shortest Path Searching) 기법 적용

4) 구역 재설정(Territory Reallocation)
- 구역 분석(Territory analysis) 모듈
  - 일정단위 구역에 대한 우편량, 배달 빈도 등 요소 데이터베이스(Quantity DB) 구성
  - 각 구역과 기준 지점간의 거리 산정
- 구역 재설정(Territory Relocation) 모듈
  - 집배 방법에 따른 처리량과 요소 데이터베이스와 시뮬레이션
  - 구역에 대한 집배 부하, 구역 산정 타당성, 집배영역 의사결정 지원 처리

4.2 S/W 환경 및 구조

경로 최적화 시스템의 S/W 환경 및 구조를 살펴보면 1) 윈도우즈 환경하의 그래픽 사용자 인터페이스를 이용하도록 하고, 2) GIS 개발 툴을 이용하며, 3) 필요시 상용 데이터베이스나 유틸리티들을 이용하도록 하였다.

GIS의 맵핑 레이어(Mapping Layer)의 구조를 살펴보면 1) 다각형(Polygon) 및 선(Arc)를 이용하는 기본

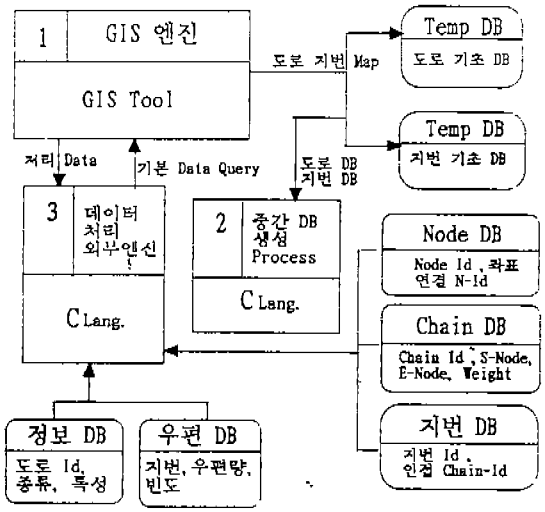


(그림 2) 경로 최적화 시스템 모델
(Fig. 2) The model of postal route optimization system

벡터 맵 레이어(Vectored Map Layer)와 2) 주요 건물, 시설물 그리고 관련 정보를 갖고 있는 심볼 맵 레이어(Symbol Map Layer), 3) 주소 정보와 도로 정보를 연계하고 정보 데이타베이스와 연계되는 도로 맵 레이어(Road Map Layer)로 이루어 진다.

S/W 구성은 지형 및 정보를 처리하는 멀티미디어 데이터베이스와 지도에 대한 처리, 좌표값 추출 및 거리값 계산을 위하여 GIS의 엔진과 그리고 본 알고리즘을 구현하는 최단 경로 생성 알고리즘 모듈 및 경로 최적화 시스템과 이 시스템에 관련한 사용자 인터페이스가 있다.

시스템에 적용할 데이터베이스는 (그림 3)과 같이 표현되는데, 이는 공간(Space:지형) 데이터 처리와 정보(Information:문자) 데이터 처리를 동시에 할 수 있다. 데이터베이스를 구성하는 도로 부분에 대한 구조를 살펴 보면, 도로 데이터에 연결된 양끝 노드의 표시 및 좌표값에 대한 데이터 항목과 도로의 길이 및 명칭 등 정보에 관련한 데이터 항목이 체인으로 구성되어 있고, 도로들의 접점인 노드 데이터베이스에는 노드 특성과 이 노드가 속한 체인과의 링크 내용이 있으며, 지도 데이터베이스는 기본 레이어와 체인과 노드를 링크하는 도로 레이어 및 관련 정보를 표현하는 기타 레이어 등으로 구성되어 있고, 응용분야인 우편 배달을 위하여 지번 및 요소 레이어를



(그림 3) 데이터베이스 처리 구조
(Fig. 3) Structure of the database process

포함하고 있다.

따라서 사용자는 사용자 인터페이스를 통하여 지도상에서의 위치, 지번, 건물 및 도로명 등의 다양한 입력 방법을 이용할 수 있으며, 동거리 및 여러 노드에 대한 최단 경로 생성을 할 수 있다.

GIS의 지역 지도가 화면에 출력되면, 사용자는 사용자 인터페이스를 통하여 시작점과 끝점을 입력하게 되는데, 이 두점은 지도 상에 점으로 표현된다. GIS의 좌표 기능을 이용하여 시스템은 도로 데이터베이스에서 두점과 가까운 도로를 읽어와서 기준 도로로 설정하고, 최단 경로 생성 알고리즘은 이 두점과 연결되는 각 노드와 연결 도로를 처리하여 최단 경로 생성도를 누적하여 추적하는데, 이 결과는 응용 시스템의 사용자 인터페이스를 통하여 화면에 표시된다.

또한 본 시스템 모델에서 건물명, 도로명 등과 같이 명칭을 이용하는 최단 경로는 명칭을 이용하는 최단 경로 생성시 최단 경로 지식 데이터베이스에 축적하여 재사용할 수 있게 하므로서 효율적인 시스템이 될 수 있도록 하였다.

경로 최적화 시스템의 모듈 구성은 앞에서 거론된 생성기 이외에 사용자 인터페이스, 데이터 관리 등을 수행하는 부속 모듈과 윈도 및 그래픽을 다루기 위한 그래픽 모듈로서 구성되어 있다. 주요 처리 모듈의 특징은 다음과 같다.

- XISWIN : 메인 모듈로서 전체 메뉴 관리와 모듈 연결을 수행.
- DISPLAY : 지도 데이터 관리 및 화면 출력수행.
- EXTINFO : 마우스 조정 및 입력 처리 모듈.
- INDXWND : Indexed Map 관리 모듈.
- INFOWND : Information Windows 관리 및 제공.
- SHORT1 : 최단거리 생성기.
- SHORT2 : 동거리 생성기.
- JIPBAE : 경로 재배치 생성기.
- GUYEOK : 구역 재설정 생성기.
- MCURSOR : 마우스 커서 조정 모듈.
- TOOLBAR : BITMAP BUTTON 그리고 모듈.
- VIEWWND : MAP Windows 관리 모듈.
- WNDHDLS : Window Class 등록 및 생성 모듈.
- INFODAT : 지번 및 정보 데이터 관리 모듈.

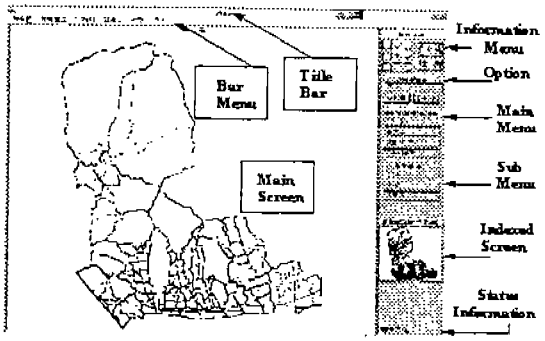
4.3 사용자 인터페이스

경로 최적화 시스템에서 가장 강조되는 면은 사용자 인터페이스 부분이다. 시스템 모델은 시스템 환경에서 제시된 윈도의 그래픽 사용자 인터페이스를 이용하도록 하고, 고해상도 디스플레이를 통해 실시간 디지털맵 처리를 하도록 하며, 사용자 검색식(Query) 기능과 도움말 기능을 우선하여 처리할 수 있어야 한다. 시스템은 윈도, GIS, 공간 데이터베이스 등과 같은 신기술 툴들을 많이 이용하였기 때문에 사용자와의 친숙성, 사용 방법의 편리성, 정보 화면의 이해도 등이 특히 고려되어야 한다.

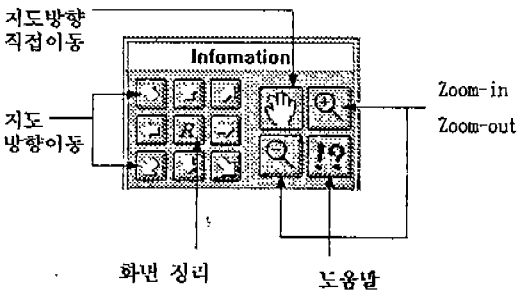
이에 따라 시스템에서는 보조 메뉴, 보조 윈도 등이 많이 제공되도록 하였는데, (그림 4)에 그 예를 보였다. 특징적인 사용자 인터페이스를 살펴보면, 주 기능인 메인 스크린, 타이틀 바와 메뉴 바 뿐아니라, 보조 기능으로서 정보 조작 아이콘 메뉴, 조작 방법 선택 버튼 메뉴, 주 기능을 위주로 한 메인 버튼 메뉴, 주 기능에 따라 선택되는 항목을 제시하는 서브 메뉴, 그리고 상황 정보 윈도와 인덱스 스크린이 있다.

상황 정보 윈도는 시스템에서 제시하는 메시지나 현재 작동하는 상태, 그리고 거리, 축적, 범위 등 사용자에게 제공하는 정보를 나타내는 부분이다.

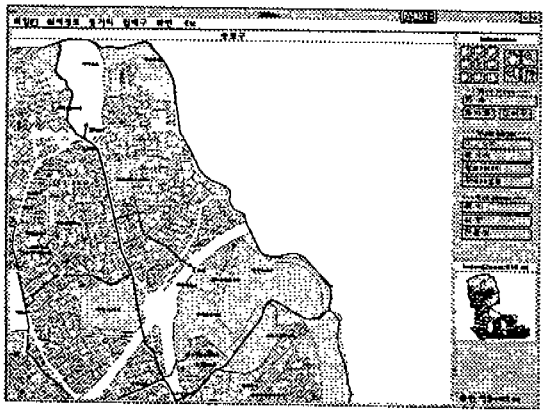
인덱스 스크린은 확대(Zoon-in), 축소(Zoom-out),



(그림 4) 초기 화면 설명
(Fig. 4) An example of the initial menu



(그림 5) 정보 조작 메뉴 아이콘
(Fig. 5) An example of the information control icon



(그림 6) 최단 경로 생성기 결과 예
(Fig. 6) An example of the shortest path generator

위치 이동 등 정보 아이콘 메뉴를 사용할 때 메인 스크린의 내용이 전체 지도상의 위치, 축적, 크기 등의 정보를 제공하기 위해 사용되는 윈도이다.

정보 조작 아이콘 메뉴는 아이콘 그림으로 구성되었고, 마우스의 사용, 화면의 이동, 확대, 축소, 도움말의 아이콘 버튼 등을 사용자가 선택하여 메인 스크린과 보조 기능에서 이용할 수 있도록 하였다. 이에 대한 설명은 (그림 5) 정보 조작 아이콘 메뉴에서 나타내었고 최단 경로 생성기에 대한 화면 예가 (그림 6)과 같이 표현된다.

5. 결과 분석

본 시스템은 최단 경로 탐색 알고리즘을 이용하므로서 빠른 탐색이 되도록 하였으며, 사용자 인터페이스에 많은 노력을 기울인 특징으로 화면의 아이콘 모양과 배열을 통해 사용자가 수행하는 프로세스의 내용을 알 수 있게 하였다.

우편 경로 최적화 시스템을 구현함으로써 우체국 업무의 질을 높일 수 있는데 이에 따른 기대효과를 살펴 보면 다음과 같다.

첫째, 자료의 체계적인 관리로 효율적인 집배경로를 형성하여 효과적으로 집배 업무를 관리 할 수 있다. 그러므로 신속하고 정확한 우편 관리 업무가 되고, 다양한 서비스의 제공과 운영상의 신속, 정확한 정보 파악이 가능하다.

둘째, 정보의 다양화 및 다량화에 능동적으로 대처하고, 집배원 업무량 파악 및 관리의 용이성 증대로 많은 인력과 시간 및 비용 등을 절감하므로써 인력을 좀더 능률적인 일에 투입하여 서비스 향상을 기할 수 있으며, 구역 설정 및 재할당에 대한 의사 결정을 과학적이고 체계적으로 지원함으로써 관리 효과를 증대시킬 수 있다.

셋째, 기존의 외국 소프트웨어에 의존한 어플리케이션에 비하여 본 연구는 순수 국내 기술 엔진의 이용으로서 기술 축적 및 유사한 기술 개발에 시범 모델이 될 수 있고, 사용자에게 강력한 분석 기능과 편의성을 제공하게 되어 정보시스템의 보급 및 확산이 쉬울 것으로 예상된다.

6. 결 론

본 논문에서 제시하는 경로 최적화 시스템의 최단 경로 생성 알고리즘은 적은 계산에 의한 빠른 탐색을 요구한다. 이를 위하여는 보다 빠른 탐색 알고리즘의 생성이나 데이터 구조에 의한 데이터베이스의 개선 등이 필요하다.

또한 최단 경로를 적용하는 응용 시스템도 다양하게 발전해야 할 것이며, 그래픽 등의 대량 데이터가 전국에서 공유하기 위해서는 안정되고 신뢰성 있는 고속 통신이 요구된다.

교통, 기후, 시간대별 도로 분석 등을 포함하는 경로 최적화에 대한 연구가 계속적으로 이루어져 향후 온라인 리얼타임 프로세스가 가능한 시스템으로 발전해야 할 계획을 갖고 있다.

GPS(Global Positioning System)와의 연계를 통하여 자동 운항 시스템 및 자동차 도로 정보 시스템 등으로 발전하면 매우 우수한 경로 최적화 시스템이 될 것이다.

이러한 GIS와 결합된 응용시스템은 국가 주도의 디지탈 맵 작성과 표준 아이콘 개발 등의 표준화에 대한 연계 문제가 계속적으로 병행 연구되어야 할 것이며 타 멀티미디어 정보시스템과 결합 문제도 연구되어야 할 과제이다.

참 고 문 헌

[1] J. Star and J. Estes, Geographic Information System an Introduction, pp.14-31, pp.126-142, Prentice-Hall Inc., 1992.

[2] H.D.Parker, "A Prospective retrospective on GIS," Symposium on GIS Vol.1, pp.49-50, 1994.

[3] 남상우, "지리정보시스템을 이용한 배달 경로정보시스템 설계 및 구현," 정보처리응용학회 멀티미디어시스템연구회 초고속 학술대회 논문집, pp.148-152, 1994. 12. 16.

[4] P.E.Landry, "Geopostal Applications at Canada Post Corporation," Advanced Technology Conference Vol.2, pp.969-980, 1992. 11. 30.

[5] H.C.Harrison and A.J.Deegan, "A Geographical Database Approach to the Optimization og the Irish Postal Networks," Advanced Technology Conference Vol.2, pp.981-990, 1992. 11. 30.

[6] "일본 우정성, 배달 지원 DB 시스템," 주간기술동향 649, pp.35-37, 1994. 5. 30.

[7] D.Clysdale, "The Natural Affinity of GIS and Postal Administrations:a Canada Post Perspective," Advanced Technology Conference Vol.3, pp.1421-1436, 1992. 11. 30.

[8] 남상우, 우동진, "우편 경로 최적화 시스템 모델 설계에 관한 연구," 한국정보처리학회 추계학술발표 논문집, pp.168-173, 1995. 10. 14.

[9] 이승룡 외 2인, "대도시 멀티미디어 교통 정보 안내 시스템 지원을 위한 실시간 Knowledge-Based 최적 경로 탐색 시스템," 정보처리응용학회 멀티미디어시스템연구회 초고속 학술대회 논문집, pp.144-147, 1994. 12. 16.

[10] T.H.Cormen, C.E.Leiserson, R.L.Rivest, "Introduction to ALGORITHMS," pp.463-630, pp. 964-986, The MIT Press, 1992.

남 상 우

1979년 2월 고려대학교 물리학과 졸업(학사)

1986년 2월 연세대학교 산업대학원 전자계산 전공(공학석사)

1979년~1980년 국제상사 종합조정실

1981년~현재 한국전자통신연구소 선임연구원(정보처리기술사)

관심분야:소프트웨어 공학, 데이터베이스, 네트워크, GIS