

□ 論 文 □

道路案内 시스템 開發과 그 適用

Development of a Route Guidance System and its Application

金 洸 埴

(成均館大 行政學科 教授)

崔 潤 哲

(延世大 電算科學科 教授)

目 次

I. 序論

III. 道路案内 시스템 開發過程과 適用事例

II. 車輛 및 道路知能化 시스템과 道路案内 시스템

IV. 結論

ABSTRACT

The main purpose of this paper is to develop a route guidance system which is a part of the intelligent vehicle-highway systems and to apply to a real world in order to evaluate usefulness of the system. To this end, significant literature review works with regard to vehicle navigation and route guidance systems were conducted and have provided an important information about state-of-the-art systems developed and tested by the advanced countries. A geographic information system, called INTGIS, was used to find the shortest path in a given road network. Three scenarios to find minimum path were simulated and observed: 1) with-constraint on intersections and road segments, 2) without-constraint on intersections and road segments, and 3) via several stops from origin to destination. Based on a series of experiments, the results indicate that the route guidance system developed in this research is very useful to inform drivers on highway and arterial the traffic informations such as congestion and incident.

I. 서론

그동안 지역간과 도시내에서 야기되는 교통혼잡, 교통사고, 교통공해등의 문제를 개선하기 위해 여러가지 정책과 계획방안이 제시되고 집행된 바 있다. 자동차보유대수가 급증함에 따라 계속 증가하는 교통수요에 대처하기 위해 도로, 철도, 지하철, 주차장 등 교통시설을 확충하고 기존의 교통시설을 효율적으로 이용하기 위해 교통체계 관리의 기법을 도입하는 한편 교통수요를 억제하기 위한 물리적, 경제적, 제도적 방안이 강구되어 왔다. 이렇게 다양하고 지속적인 교통시설 공급과 교통수요 억제방안이 부분적으로 시행됨에도 불구하고 대도시등의 교통문제는 크게 완화되지 않고 있는 실정이다. 이는 행정적, 재정적 뒷받침이 부족하여 교통시설 공급이 적기에 이루어 지지 않고 또 정보제공을 위한 기술수준의 제약으로 인해 이용자최적(user optimum)과 체계최적(system optimum)을 도모할 수 있도록 통행인의 형태를 수시로 바꿀수 있는 효과적인 교통수요 관리체제가 미흡한 것도 그 이유중에 하나가 될 것이다(김광식, 1990).

최근 첨단기술을 이용하여 교통체계를 효율적으로 관리하고 최적화할 수 있는 차량 및 도로지능화 시스템(intelligent vehicle-highway systems : IVHS)이 개발되어 실용화되는 추세에 있다. 이것은 컴퓨터, 통신, 전자, 교통관리 등의 기술을 결합하여 고속도로나 도시 간선도로상의 교통처리 능력을 고도화함으로써 교통혼잡, 사고 등의 교통문제를 최소화하기 위한 새로운 교통체계 관리기법으로서 북미, 유럽, 일본등의 국가에서 기술개발을 서두르고 있다(Kraft, 1993). 차량 및 도로지능화 시스템의 요체는 도로상에 교통상황을 측정할 수 있는 감지기를 설치, 운영하여 관련 정보를 수집하고 이를 통신 및 전자장치를 통하여 운전자에게 도로상의 필요한 정보를

사전에 제공함으로써 통행시간, 통행경로, 경유지 및 목적지 선택등 통행형태를 바꾸도록 유도하는데 있다. 예를 들면 교통혼잡 구간이나 교통사고 지점을 운전자에게 미리 알려줌으로써 대체도로를 선택할 수 있도록 하거나 교통량을 감안하여 출발지점에서 도착지점까지 최단경로를 차량내에 장치되어 있는 컴퓨터 화면상에 나타냄으로써, 운전자에게 도움을 주는 기능도 제공할 수 있다는 것이 이 시스템의 장점이다.

차량 및 도로지능화 시스템의 이러한 장점때문에 미국에서는 IVHS America를 구성하는 한편 시스템 구축사업을 추진하기 위해 1991년 12월 교통수단간 육상교통효율법(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act : ISTEA)을 제정하여 사업추진을 위한 행정적, 재정적, 기술적 뒷받침을 마련하고 있다(Costantino, 1993). 본 사업은 향후 20년동안 2,090억불이 소요되며 이 중 80%인 1,700억불은 민간부문에서 투자하고 나머지는 연방정부를 비롯한 공공부문에서 투자할 것으로 예측하고 있다. 이 사업의 효과로서 도시내 혼잡비용을 25%에서 40%까지 줄일 수 있고 또 1990년 미국의 연간 차량지체 비용은 1,000억불로 추정되는데 차량 및 도로지능화 시스템을 도입하면 250억불의 시간가치를 절약하며 2010년까지 교통사고로 인한 사망자수 11,500명을 구할 수 있고 220억불의 교통사고 비용을 절약하며 2020년까지 33,500명의 사망자와 650억불의 사고비용을 절약할 수 있을 것으로 예측하고 있다(Euler, 1990). 우리나라에서도 이 분야에 대한 중요성을 인식하여 관련 기술을 도입, 개발하고 있는데 고속도로상에 각종 전자감응 장치와 폐쇄회로 텔레비전을 설치하여 교통상황 정보를 운전자에게 적시에 제공함으로써 교통수요를 시간적, 공간적으로 분산하여 고속도로의 용량을 증대하고 운전자에게 편의를 도모할 수 있도록 고속도로 교통관리 시스템(freeway traffic management system)을 도입, 추진하고 있다(강호익, 1993).

외국에서는 차량 및 도로지능화 시스템의 한 분야로서 첨단 여행자정보 시스템(advanced traveler information system)에 활용할 수 있는 도로안내 시스템(route guidance system) 또는 차량항법 시스템(vehicle navigation system)에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다(French, 1987, 1990). 이 시스템은 차량내에 설치되어 있는 시청각 장치를 통하여 운전자에게 교통혼잡, 대체도로, 운행중인 자기차의 현재 위치, 주변지역 상황, 도로상황등에 관한 정보를 제공하는 것으로 출발지에서 목적지까지의 운행계획, 비상시의 도로상의 운행계획, 순찰차량, 소방차량, 긴급구조 차량등의 운행계획, 화물운송회사 화물차량의 운행관리등에 이용될 수 있다. 현재 일본에서는 6,000만대의 자동차중 40만대가 이 시스템을 설치하고 있으며 특히 미국, 일본, 유럽등의 자동차회사에서 비용효과적인 기술개발에 박차를 가하고 있어 이 분야에 대한 중요성이 증대되고 있다(Costantino, 1993). 우리나라에서는 아직까지 이 시스템에 대한 활용이 그렇게 활발하지 않다. 그 이유는 하드웨어상의 문제도 들 수 있겠지만 지리정보 시스템(geographic information system : GIS)등 강력한 소프트웨어의 개발과 지원이 필요하기 때문이다.

본 연구는 이러한 점에 착안하여 본 연구진에서 이미 개발한 바 있는 INTGIS라는 지리정보 시스템에 다양한 도로망 분석기법을 활용하여 운전자에게 교통상황을 고려한 최단경로에 관한 정보를 제공할 수 있는 도로안내 시스템을 개발하여 이를 실제도시의 자료를 이용하여 그 유용성을 판단하는 것이 목적이다. 이를 위해 첫째, 외국에서 개발되고 있는 차량 및 도로지능화 시스템과 도로안내 시스템의 내용과 연구동향 및 기술수준을 파악하고 둘째, 도로안내 시스템을 개발하기 위해 최단경로를 찾는 알고리즘을 고안하여 자동차운행 상황에서 일어날 수 있는 여러가지 경우에 적용할 수 있도록 시스템을 설계하며 세

째, 개발된 시스템의 유용성을 검증하기 위해 인천시의 도로망을 실험대상으로 선정하여 교통상의 제약조건이 없을 때와 있을 때의 최단경로, 일정한수의 경유지를 거쳐서 운행할 때의 최단경로등을 분석하기로 한다.

본 연구에서 이용한 INTGIS는 386급 이상의 프로세서를 가지는 PC에서 MS-Windows 3.1을 기초로 하여 시스템을 구축하였으며 프로그램 작성은 MS-C 7.0을 사용하였으며 공간자료(spatial data)는 11.7인치 계수기로 입력하고 속성자료(attribute data)는 dBase III+를 이용하도록 설계되어 있다(김광식, 최윤철, 이태승, 1993). 이 시스템은 백터모형에 의해 구성되어 있으며 공간자료와 속성자료에 대한 입력기능, 공간분석기능 및 디스플레이 기능을 수행할 수 있고 공간분석으로서 정보검색, 분류, 일반화, 측량, 중첩, 근접지역 분석, 통계분석등의 기능을 포함하고 있다. 특히 명령을 메뉴식으로 설계하여 이용자가 쉽게 작업하고 분석할 수 있도록 한 것이 이 시스템의 특징이다.

II. 차량 및 도로지능화 시스템과 도로안내 시스템

1. 차량 및 도로지능화 시스템

앞에서 언급한 바와 같이 차량 및 도로지능화 시스템은 첨단 전자기술과 제어기술을 활용할 수 있는 교통체계를 구축함으로써 이동성, 안전성, 생산성을 향상하기 위한 것으로 차량내부와 도로상에서 통신, 컴퓨터, 화면처리, 제어 및 감시기술을 통합, 적용하는 시스템이다. 이것은 운전자, 차량, 교통운영 센터간에 신빙성과 정확성이 확보된 정보를 실시간(real time)으로 처리할 수 있도록 시스템을 계획, 설계, 구축, 운영, 관리해야 하기 때문에 공공과 민간의 관련기관간에 긴밀한 협조가 필요하다. 차량 및 도로지능화 시스템의 주 목적은 결국 고속도로나 대도시 교통혼잡을

줄여서 통행인의 이동성을 확보하고 도로상의 교통사고를 최소화하고 영업용 차량의 생산성을 높이기 위한 것이다.

분류기준에 따라 약간의 차이는 있을 수 있으나 차량 및 도로지능화 시스템은 크게 6개 분야로 세분할 수 있는데 첨단 교통관리 시스템(advanced traffic management systems : ATMS), 첨단 여행자정보 시스템(advanced traveler information systems : ATIS), 영업용 차량 운영 시스템(commercial vehicle operations : CVO), 첨단 차량제어 시스템(advanced vehicle control systems : AVCS), 첨단 대중교통 시스템(advanced public transportation system : APTS), 첨단 농촌교통 시스템(advanced rural transportation systems : ARTS) 등이 그것이다(전경수, 1993 : Kraft, 1993 : Euler, 1990). 이들의 개념과 기능을 살펴보면 다음과 같다.

첨단 교통관리 시스템은 실시간으로 작동하며 수집된 기종점 조사자료에 입각하여 교통류의 변화에 부응할 수 있으며 광역적인 교통상황에 대한 감시와 감지가 가능하다. 또한 이것은 교통정보, 수요관리, 고속도로 진입통제, 간선도로 신호제어등의 기능을 통합하며 교통상황에 대해 관리기관간의 협조적인 대처가 가능하며 교통사고 관리에 신속하게 대응할 수 있는 기능을 가지고 있다. 이러한 시스템은 신속한 교통사고 탐지, 교통혼잡 예측, 신호제어 및 교통관제, 통행료 자동징수등에 활용할 수 있다. 첨단 교통관리 시스템의 과제는 실시간에 입각한 교통량 감시 및 자료관리 능력을 향상할 수 있도록 영상처리 기술, 차량위치와 차량식별의 자동화기술등 고도의 감지기술(advanced detection technology)이 개발되어야 하며 또한 실시간에 입각한 동태적 교통량배분 모형(real-time dynamic traffic assignment models), 교통시뮬레이션 모형, 도로구간 최적화 모형등 새로운 교통모형이 고안되어야 한다.

첨단 여행자정보 시스템은 본 연구의 대상이 되는 도로안내 시스템과 직결되는 것으로 차량내에 설치되어 있는 방송, 무선통신, 정보터미널등 시청각 장치를 통하여 운전자에게 교통혼잡이 발생했을 때의 대체도로, 운행중인 차량의 현재 위치, 주변지역의 토지이용 상황, 도로조건등에 관한 정보를 제공하는 기능을 가지고 있다. 이것은 운전자에게 출발지에서 목적지까지 최첨단경로의 운행계획을 수립하는데 도움을 주는 것으로 일상적인 여행계획 뿐만 아니라 긴급차량이나 화물차량의 운행계획등 활용범위가 매우 넓다. 이러한 시스템은 차량에 부착하여 이용하기 때문에 자동차제조 회사에서는 판매 전략의 일환으로 이 분야에 대한 기술개발을 서두르고 있다. 운전자의 시스템 이용과 관련하여 정보를 화면에 나타내는 장치를 차량내에 어디에 부착시키며 어떤 기술을 이용하며 화면상에 어떤 정보를 나타내는지에 관한 지속적인 연구와 기술개발이 필요하다.

화물차등 영업용차량 운영 시스템은 대형화물차, 용달차, 버스, 택시, 긴급차량 등 주로 영업용 차량의 생산성과 안전성 그리고 운영규제를 개선하는데 큰 도움을 준다. 이것은 신속한 배달, 효율적인 운행노선, 적기의 화물운송등을 도모할 수 있기 때문에 운송회사의 서비스 경쟁력을 높일 뿐만 아니라 과적차량, 위험물 수송차량, 화물차 정보 및 운행관리를 효율화함으로써 경비절감에 기여한다. 또한 이것은 장거리 노선화물차량의 경우 컴퓨터 화면을 통하여 운전자의 피로도를 분석할 수 있으며 해당 차량과 회사관련 기관간의 통신을 통하여 필요한 정보를 제공할 수 있다. 이러한 시스템은 버스나 택시 운영에도 적용할 수 있는데 동태적인 노선설정 및 배차간격 조정(dynamic routing and scheduling)에 활용할 수 있으며 또한 자동 요금수납 시스템(automated fare collection systems)을 통하여 요금계산이 복잡한 지역에 적용함으로써 운전자의 요금수납 부담을 줄여줄 수 있다.

위의 세가지 시스템은 교통관련 정보를 적시에 그리고 정확하게 전달함으로써 교통류를 효율화 하는데 초점을 두는데 비해 첨단 차량제어 시스템은 차량통행 환경변화, 사고방지 경고, 차량통제 등에 관한 정보를 제공함으로써 교통상의 안전성을 높이고 도로용량을 증대하는데 초점을 둔다. 예를 들면 차선 변경시 다른 차량에 너무 근접하여 충돌위험이 있을 때 경고음이나 광선 그리고 야간에는 시인성을 높이기 위해 적외선 영상을 보내는 위험경고 시스템(hazard warning system)이 여기에 속한다. 또한 첨단 차량제어 시스템을 차량이 위치나 속도를 감지할 수 있는 레이더를 이용하여 차량이 차선내에서 자동적으로 속도와 위치를 조정할 수 있는 자동운행 제어 시스템을 이용할 수 있다. 이러한 제어 시스템은 기술수준이 발달함에 따라 응용범위가 확대될 것으로 전망된다. 그러나 이 시스템의 적용에 따른 과제로서 차량제어에 따른 운전자의 반응등 공공의 수용문제, 시스템의 성과, 신뢰성, 비용효과성에 대한 평가등의 문제에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

첨단 대중교통 시스템은 대중교통의 통행분담율을 제고하고 버스, 지하철내의 안전성을 높이고 또한 치안유지를 개선하며 운영비를 절감하고 요금등 수익을 증대하는 한편 1991년에 개정된 청정대기법에서 규정한 대기오염 수준에 대응하기 위해 대중교통 관련기관이 수립한 대중교통 이용 증대 방안을 지원하는데 목적을 두고 개발하고 있다. 이것은 버스운행 정보관리와 자동 요금수납 체계를 도입하고 또 위에서 개발한 기술을 통합함으로써 대중교통의 서비스개선에 크게 기여할 것으로 판단된다. 첨단 농촌교통 시스템은 도시부 이외의 주로 농촌지역의 도로 및 교통개선을 도모하기 위한 것으로 위에서 열거한 시스템과 유기적으로 연계하여 기술개발이 이루어 지고 있다.

2. 도로안내 시스템

도로안내 시스템은 첨단 여행자정보 시스템의 한 분야로서 차량항법 시스템이라고도 하는데 차량내에 부착되어 있는 장치를 통해 출발지에서 도착지까지의 최단경로를 찾아 운전자가 그 경로를 따라 주변의 관련도로와 주요 건물이나 지형 조건을 보면서 차량을 운행할 수 있도록 한 것으로서 관련 정보를 화면상에 나타내어 차량이 주행중일때 위치에 따라 지도가 연동화하도록 고안되어 있는 시스템이다. 도로안내 시스템은 선박이나 항공기의 운항에 필요한 위치를 파악하는 기술 예를 들면 자이로 콤파스, 로란, 인공위성등을 자동차운행에 응용한 것으로 1980년대 이후 컴퓨터, 통신, 지리정보 시스템등의 기술발달에 힘입어 활용도가 크게 높아질 것으로 전망된다 (French : 1987, 1993 : Krakowsky, Karimi, Harris, and George, 1987).

외국의 도로안내 시스템 개발과 응용사례를 문헌조사를 통해 살펴보면 북미에서는 SCANDI, SMART Corridor, Pathfinder, TravTek, PATH, GuideStar, HELP, WAVM, AVI 등의 시스템을 설치하여 운영중에 있으며 시스템의 성과를 분석, 평가하고 있다(French, 1993). 미시간주 교통부가 12년동안 운영하고 있는 SCANDI(Surveillance, Control, and Driver Information System)는 디트로이트 지역의 4개 고속도로 32마일을 분석대상으로 하고 있는데 12개소의 교통량 감지루프를 설치하여 교통관제 업무를 수행하고 있다. 가변 정보전달 표지판(variable message sign)을 설치하여 운전자에게 차량지체, 교통사고 지점, 우회도로 또는 대체도로 안내, 주차장등에 관한 정보를 제공하고 있다. 이 시스템은 계속 확장되고 있으며 1991년 부터 대도시 교통센터(Metropolitan Transportation Center)에서 운영하고 있다.

SMART Corridor는 산타모니카 고속도로, 로스엔젤레스 도심지와 산디아고 고속도로 일부구간 사이에 있는 4개 간선도로상의 교통정보를 수집, 전파하기 위해 교통감지기, 컴퓨터, 통신장치를 연결, 운영하고 있다. 이것을 운영하기 위해 연방 고속도로청, 캘리포니아주 교통부, 캘리포니아주 고속도로 순찰대, 로스 엔젤레스 카운티 교통위원회, 로스 엔젤레스시 교통국, 로스 엔젤레스시 경찰청등이 참여하고 있으며 각 기관의 교통관계 센터를 연결하고 첨단 감시 및 제어시스템, 교통관리 전략, 첨단 운전자정보 시스템등을 구현하는 것이 목적이다. 특히 이 시스템은 교통상황과 대체도로에 관한 정보를 운전자에게 제공하고 운전자로 부터 정보를 수신하는 방법을 평가하는데 역점을 두고 있다.

Pathfinder는 1988년 SMART Corridor를 운영하는 일부 차량에 설치한 항법장치에 교통정보 전달시스템의 유용성을 평가하기 위해 연방 고속도로청, 캘리포니아주 교통부, GM 회사가 참여하여 개발한 시스템이다. 이것은 Bosch사 TravelPilot 이라는 항법장치와 교통정보센터로부터 교통정보를 받고 차량의 위치와 속도정보를 주는 통신시스템을 25대의 자동차에 부착하여 교통혼잡 정도를 컴퓨터 화면의 지도상에 나타내어 운전자가 대체도로를 선택할 수 있도록 하고 또 합성음성과 메시지를 통하여 교통정보를 수신할 수 있도록 고안하였다. TravTek은 미국자동차협회, GM 회사, 연방 도로청, 플로리다주 교통부, 올란도시가 공동으로 참여하여 플로리다주 올란도의 교통상황을 관광객정보(tourist information)와 차내 도로안내(in-vehicle route guidance)를 연결하여 개발한 운전자정보 시스템이다. 이것은 75대의 대여차와 25대의 택시등 운행이 잦은 차량에 항법 및 운전자 정보시스템을 부착하여 라디오정보 통신으로 교통정보센터와 교신하도록 고안되어 있다. 차량내에 부착되어 있는 장치에는 교통혼잡 지점, 교통사고 지점등을

포함하는 지도, 교통사고등에 관한 문자정보, 방향표시 화살표를 이용한 도로안내등이 화면으로 나타나도록 되어 있다.

PATH(Program on Advanced Technology for the Highway)는 1986년 캘리포니아주 교통부가 주관하여 신기술 개발의 일환으로 추진하고 있는 사업으로 현재는 연방 도로청과 도로교통안전청이 참여하고 있으며 기술개발은 버클리 소재 캘리포니아 대학 교통연구소에서 수행하고 있다. 이 사업의 주요 관심분야는 전기차의 운행을 위해 도로의 전기화(roadway electrification), 고속도로의 자동화(highway automation), 교통관리, 운전자정보 시스템등을 개발하는 것인데 운전자정보 시스템의 연구과제로서 도로안내의 성과, 영향, 편익을 분석하는 연구도 포함되어 있다. GuideStar는 미네소타주 교통부와 미네소타 대학 교통연구센터, 공공 및 민간부문이 공동으로 참여하여 개발하는 시스템인데 승용차와 화물차에게 교통혼잡 정도, 목적지까지의 최단경로, 고속도로 진입램프와 교차로의 제어현황에 관한 정보를 제공할 수 있는 기능을 갖도록 하는 연구가 포함되어 있다. 이 시스템은 운전자가 전화와 팩스를 이용하여 교통정보를 얻을 수 있도록 화물차량의 원활한 운행에 관한 기술개발에 초점을 두고 있다.

대형차량 관리를 위한 HELP(Heavy Vehicle Electronic Licence Plate)는 미국의 14개주, 캐나다의 1개주, 항만청, 화물회사등이 참여하여 차량 자동식별, 차량 자동분류, 컴퓨터, 통신기술 연결기술을 개발하고 있다. WAVM(Wide Area Vehicle Monitoring)은 캐나다 온타리오주 교통부의 사업으로 차량의 위치추적과 인공위성과의 통신기술을 이용하여 화물차 정보, 화물차 배차업무에 활용하기 위해 시스템이 개발되고 있다. AVI(Automatic Vehicle Identification)는 통행료 자동징수를 위해 개발한 시스템인데 현재 Dallas North Tollway에 적용, 운영하고 있다. 이것은 차량 전면에 통행료 카드를 부착하여 통

행로 징수지역에 진입하면 자동으로 징수하도록 고안되어 있다.

유럽은 12개국 또는 19개국이 주축이 되어 DRIVE와 PROMETHEUS를 개발하여 운영중에 있으며 계속 기능을 확충해 나가고 있다. DRIVE (Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe)는 도로안내, 운전자 정보, 교통통제, 화물차량 관리, 통행료 자동징수, 차량 충돌방지등을 지원하기 위해 범유럽의 교통환경에 적합한 기능과 기준에 입각하여 개발된 시스템이다. 도로안내와 관련 되는 것으로 인공위성을 이용한 차량 위치식별 시스템, 도로안내와 교통제어 시스템 통합, 전유럽 도로망도의 수치화(digital road map), 운전자정보 시스템, 도로정보 및 관리시스템에 관한 연구를 계속 추진중에 있다. PROMETHEUS(Programme for European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety)는 1985년 부터 유럽의 19개국이 참여하여 개발하고 있는 시스템으로 DRIVE가 도로등 하부구조에 치중하는데 비해 이것은 자동차에 치중하고 있다. PROMETHEUS는 운전자가 보다 안전하고 효율적인 도로교통에 적응할 수 있도록 통신망을 통해 차량과 차량, 차량과 도로시설을 연결하여 차량과 도로의 지능화를 도모하고 있다. 이것은 DRIVE와 상호보완성을 가지면서 운영되고 있다.

이외에도 Eureka 사업의 일환으로 추진되는 필립사의 자동차항법 시스템인 CARMINAT, 보슈와 필립사의 1:10,000 축적의 전유럽 도로망도 수치화 작업인 DEMTER(Digital Electronic Mapping of European Territory), 화물차의 위치, 속도, 도로조건, 유류소비량등에 관한 정보 시스템으로 개발되는 ERTICS(European Road Transport Information System), 덴마크, 프랑스, 스페인, 이태리등이 공동으로 교통량 감시 및 제어, 도로 자동화등의 기능을 가지는 EURO-POLIS와 독일의 지멘스와 보슈사가 개발하는 등

태적인 도로안내 시스템으로서 현재 베를린에서 시험 운영중인 LISB(Leit und Information System Berlin), 적외선을 이용한 동태적인 도로안내 시스템으로 현재 런던에서 시험 운영중인 Autoguide, 런던중심의 반경 35마일내의 외곽순환 고속도로와 이와 교차하는 고속도로를 이용하는 운전자에게 정보를 전달하는 Trafficmaster등이 있다.

일본은 TCSS, AMTICS, RACS, VICS, PVS, 일본 도로망도 수치화등의 사업을 추진중에 있다. TCSS(Traffic Control and Surveillance Systems)는 동경을 포함하여 일본의 74개시 경찰청이 운영하는 교통통제 및 감시 시스템으로 도로상에 설치되어 있는 감지기를 통하여 교통량과 속도를 분석하여 교통혼잡과 대기차량의 길이를 계산하도록 고안되어 있다. AMTICS(Advanced Mobile Traffic Information and Communication System)는 1987년 경시청이 주관하여 개발한 차량항법 시스템으로 CD-ROM에 저장된 수치화된 지도와 통신을 통한 교통자료를 결합하여 운영하고 있다. 50개 회사가 참여하여 34대의 택시, 버스, 화물차에 장치를 부착하여 시험 운영하고 있다. RACS(Road Automobile Communication System)는 AMTICS에 참여한 회사가 개발한 것과 거의 유사한 기능을 가지는 차량항법 및 운전자정보 시스템으로서 건설성이 주관하고 교통정보를 텔레터미날을 이용하지 않고 마이크로웨이브 광선을 이용한다는 것이 다르다.

VICS(Vehicle Information Communication System)는 AMTICS가 도시 간선도로 중심이고 RACS는 고속도로 중심으로 개발되고 있기 때문에 경시청, 건설성, 우정성이 공동으로 참여하여 이들을 통합하는 시스템이다. PVS(Personal Vehicle System)은 통산성이 주관하는 자동운전 시스템으로서 نيسان을 비롯한 여러 회사가 참여하여 차량에 비디오 카메라, 소나, 레이저 레이다등

을 장착하여 자동운전을 시도하고 있는데 현재 주행구간의 장애물을 피하면서 주행속도가 시속 30km에 이른다. 일본 도로망도 수치화 작업은 차량항법과 운전자정보 시스템 구축의 일환으로 건설성이 감수하여 수치지도화 협회에서 지도제작을 추진중에 있다. 인구 200,000명 이상 도시지역은 축적 1 : 25,000 도면상의 2차선 이상 도로를 모두 수치화하였고 기타 지역은 1 : 50,000 도면상의 도로를 모두 수치화 하였다. 이들 국가 이외 오스트랄리아는 멜번시에 시험적인 교통정보 시스템을 개발하여 운전자에게 차량의 정지회수를 절감하고 유류를 절약할 수 있도록 ADVISE를 운영하고 있으며 차량 자동식별 장치로서 군용차량, 화물차량, 열차에 적용하는 BARTAG을 운영하고 있다. 싱가포르는 통행료 자동징수 시스템을 개발하고 있다. 중국은 우한기술 대학에서 주요 지형지물을 식별하기 위해 쌍안경을 이용하여 차량항법과 도로안내 시스템을 개발하고 있다. 이를 위해 항공사진과 인공위성사진을 이용하여 지형지물을 식별하는 기술개발을 추진하고 있다.

Ⅲ. 도로안내 시스템 개발과정과 적용 사례

1. 개요

도로안내 시스템을 구축하기 위해서는 컴퓨터, 전자, 통신, 위치추적 장치(global positioning system : GPS), 교통정보, 지리정보 시스템 등이 필요하다. 여기서는 지리정보 시스템을 이용하여 최단경로를 찾는 알고리즘을 개발하여 이를 화면상에 나타내는 과정을 설명하기로 한다. 지리정보 시스템은 공간관계 예를 들면 도로망을 네트워크로 표현할 수 있다. 네트워크는 노드와 아크(arc) 또는 링크로 구성되며 노드와 아크는 각각의 속성값을 가진다. 지리정보 시스템의 네트워크 분석기능은 교통, 통신, 전기배전, 가스 및 상하

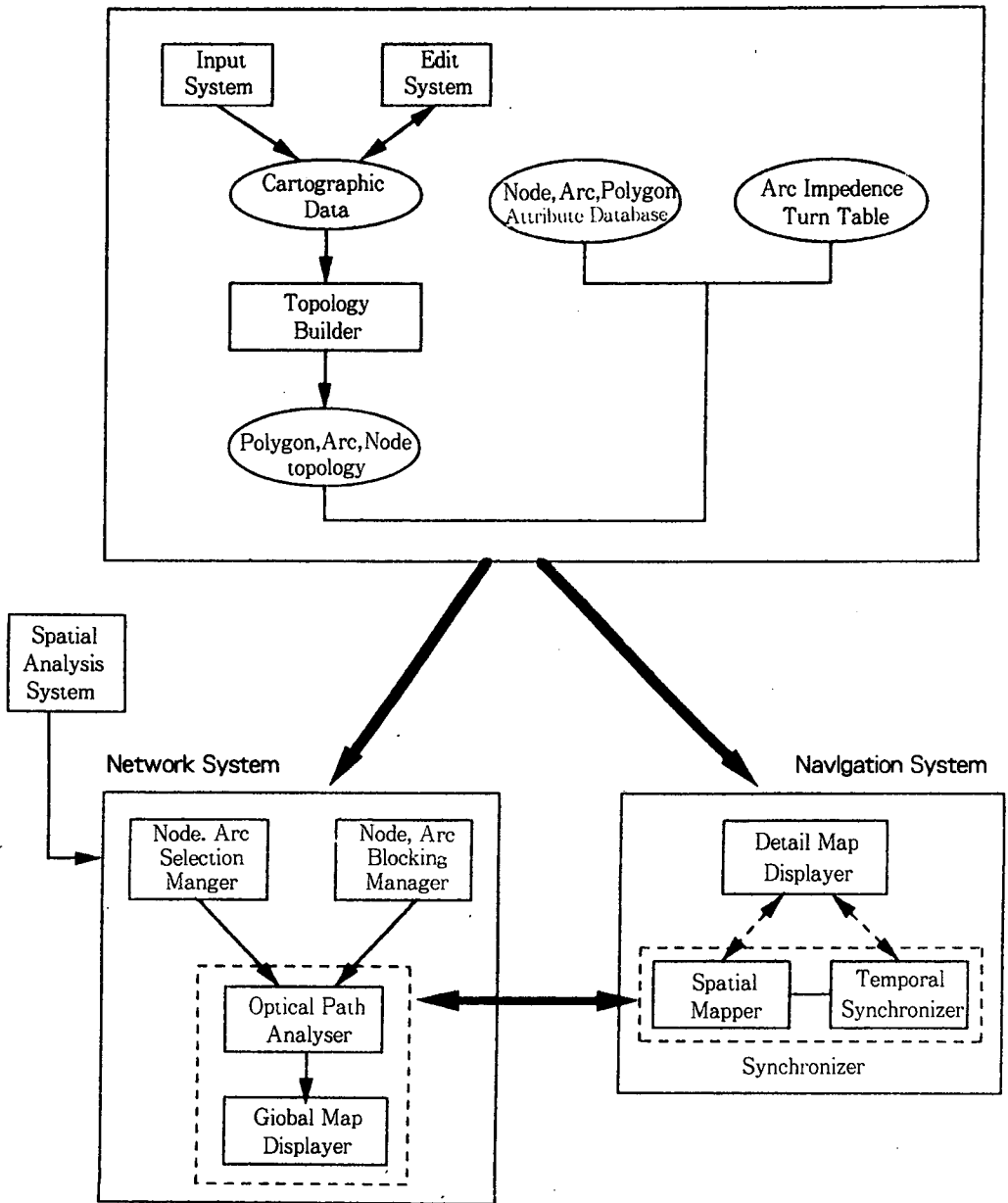
수도등 망으로 구성된 체계분석에 주로 응용된다. 대부분의 지리정보 시스템 소프트웨어는 이러한 네트워크 분석을 중요한 기능으로 취급하고 있다. 지리정보 시스템을 이용하여 도로망등 교통체계를 분석할 때 교차로는 네트워크에서 노드에 해당하고 도로구간은 아크에 해당한다. 이때 도로망의 공간적 연결관계, 도로구조, 차선수, 교통량, 신호체계등에 관한 여러가지 속성정보가 분석에 필요하다.

교통체계 분석에서 네트워크 분석기능은 여러 가지가 있으나 그 중 대표적인 것을 든다면 다음과 같이 두 가지로 나눌 수 있다(Lupien, Moreland, and Dangermond, 1987). 하나는 주어진 도로망에서 출발지와 목적지간의 최단경로를 찾는 것인데 출퇴근용 차량의 최단경로, 긴급차량의 출동경로, 승객이나 화물을 여러 지점을 경유하여 수송하는 경우(pickup and delivery)에 적용하는 것이고 다른 하나는 네트워크상에서 이용자수와 위치를 감안하여 상업 또는 공공서비스 시설등의 최적입지를 탐색하여 공간적 효율성과 형평성을 도모하는데 활용하는 경우이다. 예를 들면 학교, 소방서, 경찰서등 공공서비스 건물이나 쓰레기 적환장이나 소각장등의 입지를 선정하는데 지리정보 시스템의 네트워크 분석기능을 활용할 수 있다. 여기서는 도로망의 최단경로 분석에 초점을 두어 시스템을 구성하기로 한다.

본 연구에서 개발한 시스템은 <그림 1>과 같이 자료 및 위상관리 시스템(data and topology management system), 네트워크 시스템(network system), 차량항법 시스템(vehicle navigation system)등 3개의 시스템으로 구성되어 있다. 자료 및 위상관리 시스템은 도로망의 공간구조와 이것의 연결관계에 관한 지도자료(cartographic data)와 교차로, 도로구간 및 일정한 지역간의 위상자료(topological data)를 구축하고 도로망과 관련된 속성자료를 관리한다. 네트워크 시스템은 실제 도로망을 분석하여 다양한

〈그림 1〉 시스템 구성도

Data & Topology Management System



여건하에서 최단경로를 찾아 컴퓨터 화면상에 나타내어 주는 기능을 가지고 있다. 네트워크 분석기능은 본 연구에서 이용하고 있는 INTGIS의 주요 기능중의 하나이다. 차량항법 시스템은 이들 두 시스템에서 처리한 정보를 재구성, 관리하여 그 결과를 화면상에 나타내 줌으로써 운전자가 활용할 수 있도록 지원해 주는 기능을 가지고 있다.

2. 공간자료 구성체계

도로망 네트워크를 분석하기 위해서는 연구대상 지역의 도로망을 나타내는 개략도(global map)가 필요하다. 개략도는 계수기를 이용하여 입력하는데 INTGIS에 구축되어 있는 입력처리 시스템의 입력 모듈과 편집모듈을 이용하여 자료를 입력, 수정할 수 있다. INTGIS의 입력처리 시스템은 도로망을 입력할 때 자료의 입력순서에 크게 구애받지 않도록 설계되어 있어 사용이 편리하게 되어 있다. 도로망의 일부 구간이 곡선이라 하더라도 선을 구성하고 있는 중간점(vertex)을 차례로 입력하면 실제 도로망을 재현하게 된다.

도로망의 한 교차점을 입력하고 나중에 다시 동일한 교차점을 입력하려 할 때 인간의 기억능력의 한계때문에 동일한 좌표를 정확하게 입력하기가 어렵기 때문에 스냅거리(snap distance)를 주어 일정한 거리내에 있는 좌표는 동일한 점으로 인식하도록 고안되어 있어 되도록이면 정확한 지도좌표를 계수화하도록 설계되어 있다. 또한 시스템 사용자가 커서의 위치를 보고 바로 직전에 작업한 내용을 알 수 있도록 윈도우 정보영역에 좌표를 표시하여 기억에 도움이 될 수 있도록 하였다. 편집모듈은 이미 입력한 자료를 수정하고자 할 때 이용하는데 예를 들면 자료입력시에 도로 구간이 서로 연결되지 않을 경우에는 오류가 있을 수 있으므로 해당 교차로를 화면에 작은 시각형으로 표시하여 이용자가 확인한 후 수정할 수 있도록 설계하였다. 이때 교차로나 도로구간이 화

면에 너무 작게 표시되는 경우도 있기 때문에 도로망을 확대(zooming)하여 볼 수 있는 기능을 가지도록 하였다.

편집이 완료된 도로망 자료는 위상 생성자(topology builder)를 이용하여 교차로, 도로구간, 지역간의 위상관계 자료를 만들게 된다. 여기서 말하는 위상관계는 교차로와 교차로동 개체간의 공간적 관계를 정의하는 것으로 공간상에 위치한 개체가 어떤 관계를 가지는지 구명한다. 다시 말하면 개체가 서로 연결해 있는지 아니면 떨어져 있는지의 관계를 파악한다. 도로망의 위상관계 자료는 <그림 2>에서 볼 수 있는데 노드 N_1, N_2, \dots, N_7 과 아크 a_1, a_2, \dots, a_9 다각형 P_1, P_2, P_3 간의 위상적 관계가 다각형 위상표(polygon topology)에 나타나 있다. 일단 위상관계가 생성되면 INTGIS의 입력처리 시스템은 각 노드, 아크 및 다각형의 식별번호(identification number)를 도면상의 적당한 위치에 자동적으로 나타내어 준다(김광식, 최윤철, 이태승 1993). 이러한 식별번호를 이용하여 교차로, 도로구간 및 지역과 이와 관련된 속성자료를 보다 쉽게 입력할 수 있다.

Arc Topology Table

| Arc ID | From Node | To Node | Left Poly | Right Poly |
|--------|-----------|---------|-----------|------------|
| a_1 | N_1 | N_2 | | P_1 |
| a_2 | N_2 | N_3 | P_1 | |
| a_3 | N_1 | N_4 | | P_1 |
| a_4 | N_4 | N_3 | P_1 | P_2 |
| a_5 | N_4 | N_5 | | P_2 |
| a_6 | N_5 | N_6 | P_2 | |
| a_7 | N_3 | N_6 | P_2 | P_3 |
| a_8 | N_3 | N_7 | P_3 | |
| a_9 | N_6 | N_7 | P_3 | |

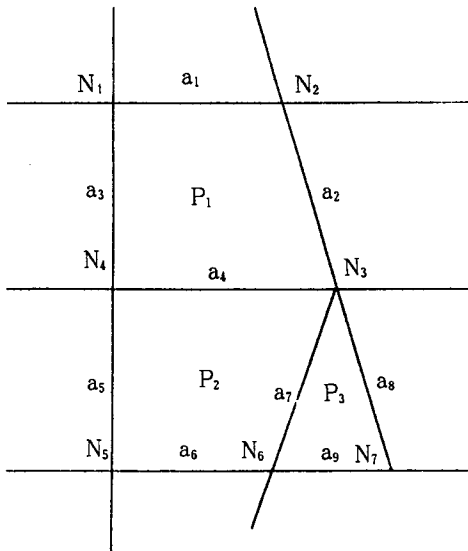
Node Topology Table

| Node ID | Arc ID |
|----------------|--|
| N ₁ | a ₁ a ₃ |
| N ₂ | a ₁ a ₂ |
| N ₃ | a ₂ a ₇ a ₈ |
| N ₄ | a ₃ a ₄ a ₅ |
| N ₅ | a ₅ a ₆ |
| N ₆ | a ₆ a ₇ a ₈ |
| N ₇ | a ₈ a ₉ |

Polygon Topology Table

| Polygon ID | Arc ID |
|----------------|---|
| P ₁ | a ₁ a ₂ a ₃ a ₄ |
| P ₂ | a ₄ a ₅ a ₆ a ₇ |
| P ₃ | a ₇ a ₈ a ₉ |

〈그림 2〉 네트워크 위상표



3. 속성자료 구성체계

도로망과 관련되는 속성자료는 교차로, 도로구간, 지역등으로 구분할 수 있는데 교차로 속성자료는 신호체계등이고 도로구간 속성자료는 도로

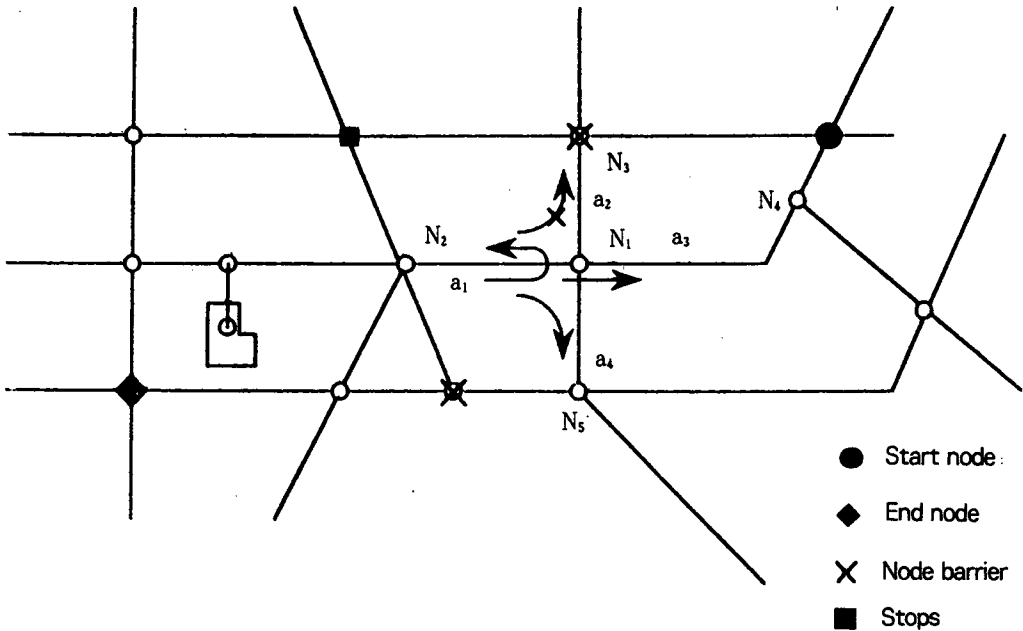
폭, 차선수, 제한속도, 교통량등이며 지역 속성자료는 지역내 건물과 건물주소간의 대응정보(address matching)등이다. 이외에도 도로망 분석에 필요한 자료는 각 도로구간의 저항계수(impedance factor)와 교차로에서의 회전정보(turn information)에 관한 것이다. 도로구간의 저항계수는 도로의 물리적 거리보다 통행시간으로 나타내는 것이 바람직한데 도로폭, 차선수, 제한속도, 교통량, 도로상태등의 정보를 이용하여 평균 통행시간을 계산할 수 있다. 이때 저항계수는 도로구간의 통행방향에 따라 다를 수 있다.

회전정보는 한 도로구간에서 다른 도로구간으로 회전할 때 소요되는 시간에 관한 것인데 예를 들면 사지 교차로에서 좌·우회전, 직진, U턴에 관한 자료가 그것이다. 회전이 금지된 교차로에 대해서는 저항계수에 -1의 값을 부여하여 회전 금지의 의미를 가지도록 고안되어 있다. 〈그림 3〉은 출발지(start node)에서 목적지(end node)까지 가는 주변 도로망을 보여주고 있는데 제약 조건으로서 지정된 경유지(stops)를 반드시 거쳐야 하며 장애지점(node barrier)이나 장애구간(arc barrier)은 통과하지 않도록 하는 경우를 상정해 본 것이다. 그림에서 보여주는 표는 교차점 N₁의 회전정보와 저항계수를 나타낸 것이다. 만약 출발지나 목적지가 도로망상의 교차로가 아니고 어떤 지역내 건물인 경우는 이 건물과 가장 가까운 교차로나 도로구간과 연결하는 가상점(dummy node)을 설정함으로써 최단경로를 구할 수 있다.

Turn Table

| Node ID | From Arc | To Arc | Impedence |
|----------------|----------------|----------------|-----------|
| N ₁ | a ₁ | a ₁ | 13 |
| N ₁ | a ₁ | a ₂ | -1 |
| N ₁ | a ₁ | a ₃ | 2 |
| N ₁ | a ₁ | a ₄ | 5 |

〈그림 3〉 회전 및 저항계수 정보



Arc Impedence Table

| Arc ID | From Node | To Node | Forward Impedence | Backward Impedence |
|----------------|----------------|----------------|-------------------|--------------------|
| a ₁ | N ₁ | N ₂ | 5 | 8 |
| a ₂ | N ₁ | N ₃ | 3 | 2 |
| a ₃ | N ₁ | N ₄ | 6 | 5 |
| a ₄ | N ₁ | N ₅ | 5 | 6 |

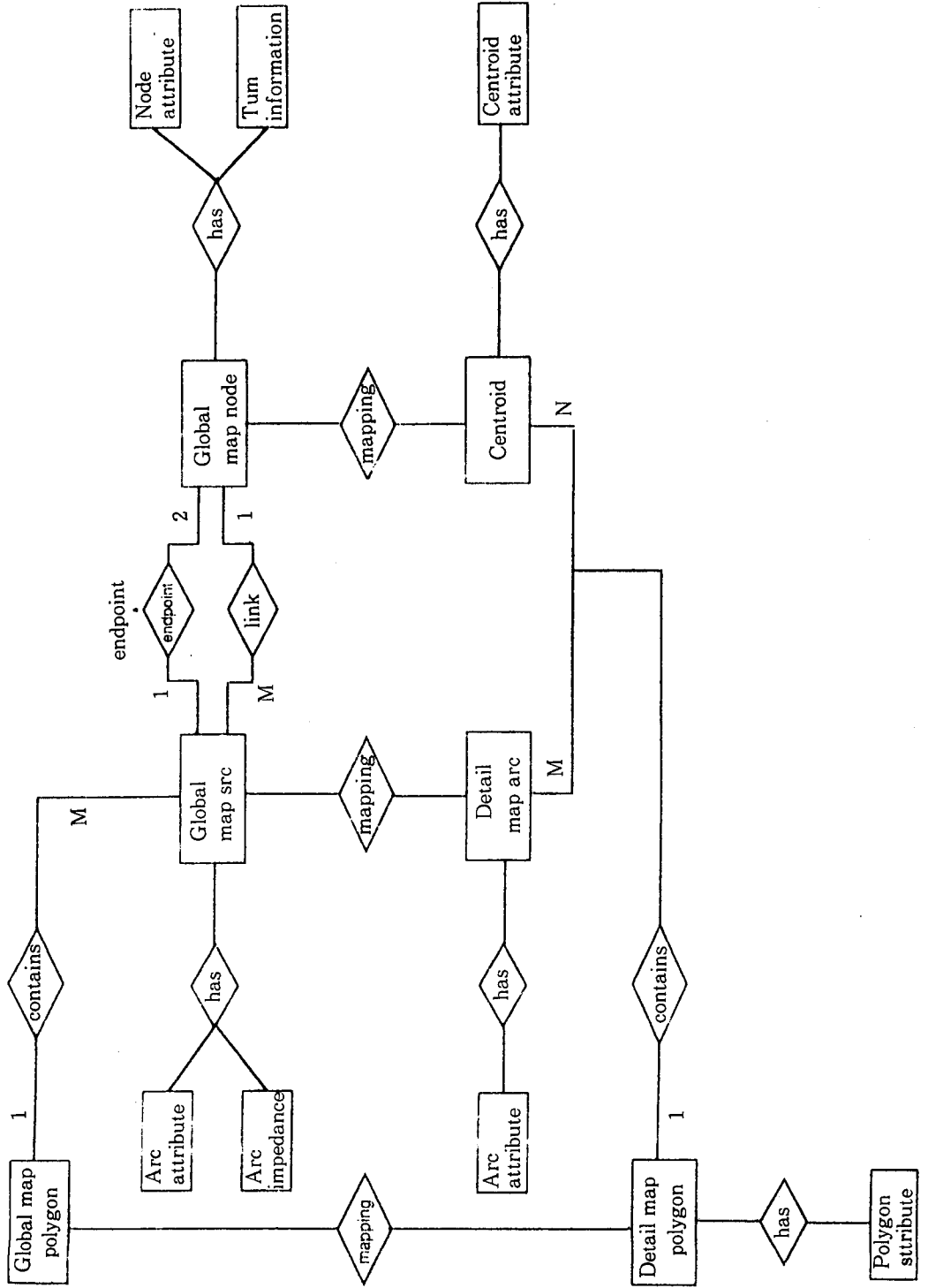
4. 데이터베이스 구조

도로안내 시스템을 설계하고 구축하기 위해서는 두개의 지도 데이터베이스가 필요한데 적용대상 지역 전체를 파악할 수 있는 개략도(global map)와 일부 해당지역을 확대하여 자세하게 볼 수 있는 상세도(detail map)가 그것이다. 교차로 위치, 연결도로, 도로구간 거리등에 관한 공간자료는 개략도를 구성하여 저장되며 위에서 설명한 도로망자료를 통합적으로 이용하여 최단경로를 구하게된다. 차량을 운행할 때는 실제도로 상황과 주요 지형지물을 나타내어 줄 수 있는 상세도가

필요한데 이것의 데이터베이스는 실제지도를 계수기나 스캐너를 이용하여 입력한다. 입력한 지도 화면상에 교량, 도로, 건물등 필요한 정보는 계수기를 이용하여 이미 구축한 데이터구조에 맞도록 구성하게 된다. 이때 개략도와 상세도간에는 공간적, 시간적으로 서로 대응(spatial mapping and temporal synchronization)할 수 있도록 데이터베이스를 구성하여야 하는데 이는 운전자가 출발지에서 목적지까지의 최단경로는 개략도에서 보여주고 차량이 주행함에 따라 운행에 필요한 각종 정보는 상세도에서 얻을 수 있도록 하기 위해서이다.

개략도와 상세도간의 관계를 살펴보면 먼저 개략도상의 교차로는 상세도에서는 교차하는 도로의 중앙점이 되고 개략도상의 도로는 상세도에서는 도로폭을 가진 도로가 된다. 또한 개략도상의 지역은 상세도에서는 지역내 건물이나 주요 지형지물을 나타낸다. 이러한 관계를 가지게 하기 위해서는 두 지도간의 대응관계를 나타낼 수 있는 데이터베이스가 필요하다(White, 1987). 〈그림

〈그림 4〉 개략도 및 상세도 자료간의 개체-관계도



4)는 개략도 자료와 상세도 자료간의 관계를 개체-관계도(entity-relationship model)로 나타낸 것인데 여기서 개략도에 관한 자료중 교차로, 도로구간과 지역에 관한 공간자료는 INTGIS의 자체 화일구조로 구성되며 속성자료는 관계 데이터베이스 시스템에 의하여 테이블형식으로 구성된다. 이와 같은 과정은 상세도의 공간자료와 속성자료를 구성할 때도 같은 방법으로 적용된다. 이와 같이 개략도와 상세도간에 서로 대응하는 데이터베이스를 구축함으로써 도로안내 시스템을 설계할 수 있다.

앞에서 언급한 개략도와 상세도간의 공간적 대응은 각 지도에서 대응관계에 있는 교차로, 도로구간, 지역을 서로 연결하여 주는 것을 의미하며 시간적 대응은 이들 양지도가 시간적으로 서로 일관성있게 차량주행 궤적을 동시적으로 나타내도록 연결하는 것을 의미한다. 개략도는 차량운행 시간이 지나도 크게 변하지 않으나 상세도는 운행시간에 따라 동태적으로 변하기 때문에 이에 대응하는 모습을 화면상에 표현하여야 한다. 실제 네트워크 분석은 개략도를 중심으로 수행하며 최단경로가 구해지면 상세도와 서로 메시지를 교환하여 그 결과를 화면상에 나타낸다. 여기서 공간적 대응관계를 보면 개략도의 교차로는 상세도의 교차하는 도로의 중앙점이 되는데 여기서는 양지도간의 공간적 대응을 구하기 위하여 <그림 5>에서 보는 바와 같이 교차로 노드 대응표(node mapping table)를 구성하였다. 이때 대응표의 노드좌표를 이용하여 교차로의 중앙점을 구하며 상세도의 노드는 교차로의 모서리 부분에 임의의 점을 택하여 설정하게 된다. 개략도의 도로구간과 상세도의 도로폭을 공간적으로 대응시키기 위해서는 아크 대응표(arc mapping table)의 구성이 필요하다.

한편 시간적 대응은 개략도상에 최단경로가 나타날 때 상세도는 개략도상의 자동차의 위치변화에 따라 상하좌우로 화면창(window)이 움직이며

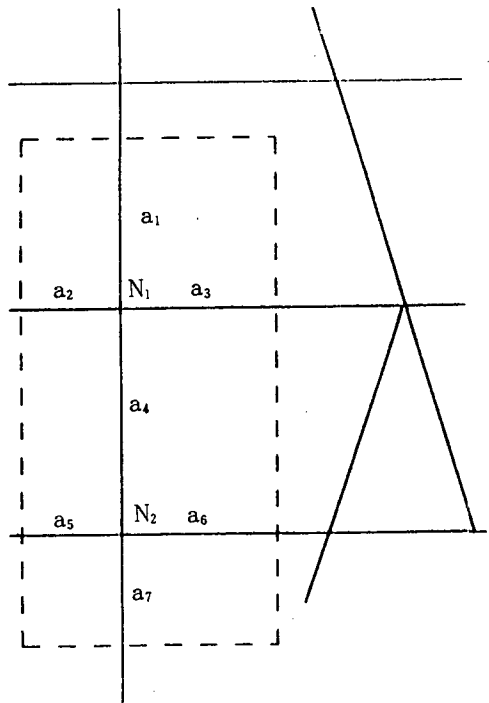
<그림 5> 개략도와 상세도간의 노드 대응표

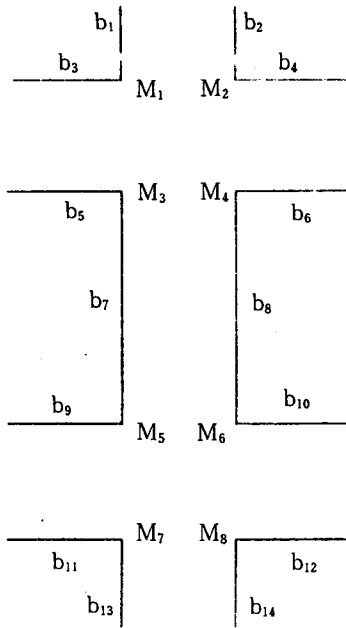
Arc Mapping Table

| Global Map Node ID | Detail Map Node ID |
|-----------------------|---------------------------------|
| a ₁ | b ₁ b ₂ |
| a ₂ | b ₃ b ₄ |
| a ₃ | b ₅ b ₆ |
| a ₄ | b ₇ b ₈ |
| a ₅ | b ₉ b ₁₀ |
| a ₆ | b ₁₁ b ₁₂ |
| a ₇ | b ₁₃ b ₁₄ |

Node Mapping Table

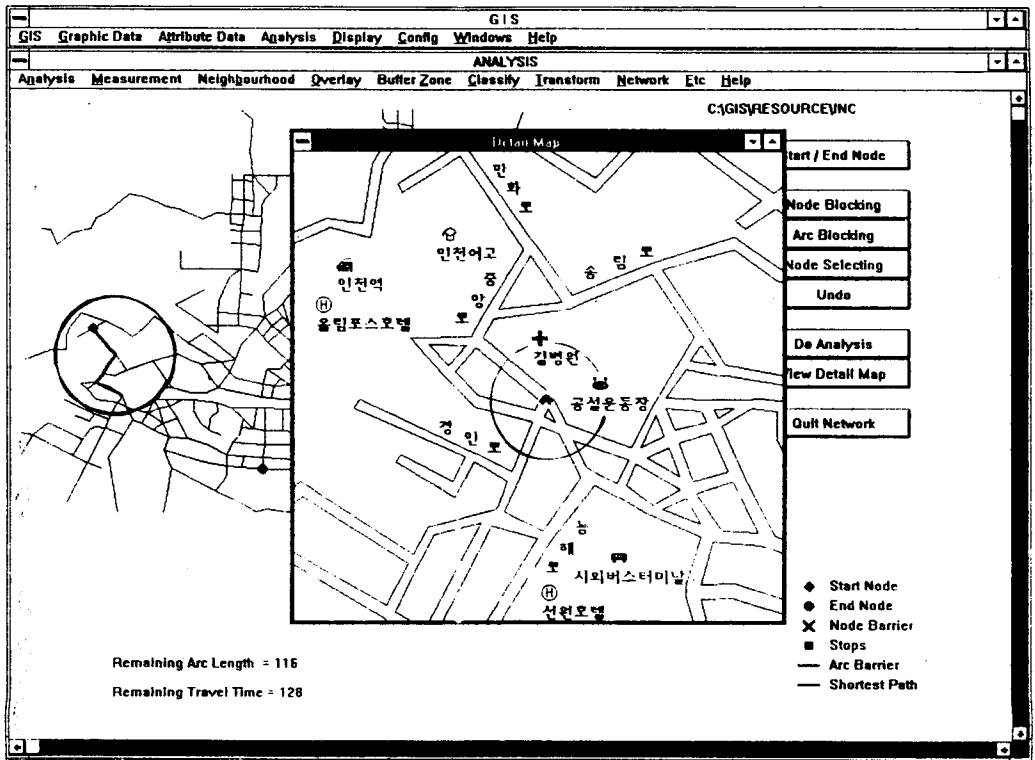
| Global Map Node ID | Detail Map Node ID |
|-----------------------|---|
| N ₁ | M ₁ M ₂ M ₃ M ₄ |
| N ₂ | M ₅ M ₆ M ₇ M ₈ |





전자가 자기의 현재 위치가 어디인지 식별하기가 어렵고 또 주변지역에 대한 정보를 얻을 수 없기 때문에 두개의 지도를 동시에 화면상에 나타내는 현재위치를 화면 중앙에 나타나도록 할 수 있다. 이것은 두 개의 다른 프로세스가 서로 메시지를 주고 받는 방식을 통하여 수행하는데 개략도의 최단 경로를 운행하는 자동차의 통행궤적을 그리고 그것을 상세도에 보내어 그에 대한 응답이 올 때까지 기다린 후 메시지를 받아 처리하여 다시 개략도를 그리는 등의 과정을 거쳐 상호통신을 하게 된다. 이때 상세도에서는 공간적 대응에서 이용하는 데이터베이스를 기초로 하여 그림을 그린다. 개략도에서 메시지가 오면 공간적 대응 데이터베이스를 읽어들이어 상세도에서 해당좌표를 계산한다. <그림 6>은 인천시 도로상에 있는 차량의 현재위치와 주변지역을 나타내 주는 개략도와 상세도를 나타낸

<그림 6> 개략도와 상세도간의 대응관계도



것인데 특히 상세도에 있는 도로나 건물등에 관한 정보는 별도의 도면을 이용하여 입력한 후 화면상에 나타낼때 중첩(overlay)하여 보여준 것이다. 이때 개략도는 벡터형태가 아니고 래스터형태로도 가능하며 만약 상세도만 있고 개략도가 없으면 운 것이 유리하다.

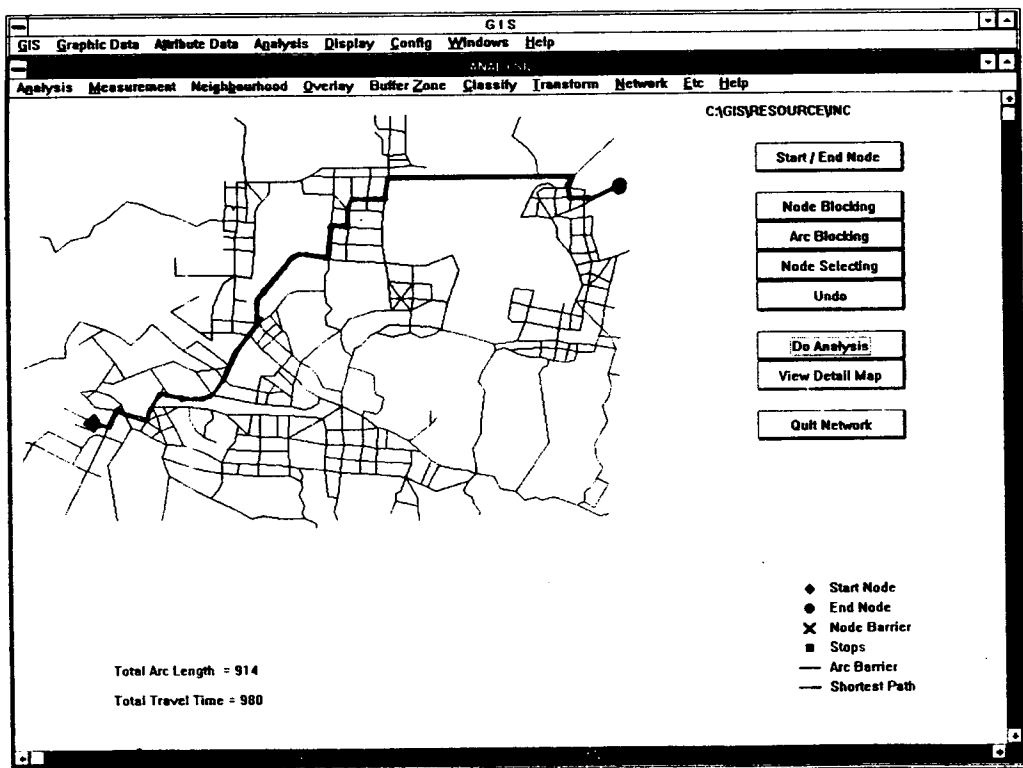
5. 최단경로 탐색

1) Dijkstra 알고리즘

최단경로 탐색은 출발지와 목적지를 연결하는 여러개의 경로중에서 도로구간 저항계수의 합이 최소화되는 경로를 찾아내는 것이다(McHugh, 1990). INTGIS는 최단경로를 탐색하기 위해 Ford 알고리즘, Floyd 알고리즘, Dijkstra 알고

리즘을 검토했으나 여기서는 Dijkstra 알고리즘을 적용하였다. Dijkstra 알고리즘의 장점은 N개의 교차점과 E개의 도로구간이 있다고 할 때 컴퓨터 수행시간 평균함수(order function)에 의해 총수행시간은 $O(N \log N + E \log N)$ 이므로 모든 노드가 서로 연결된 네트워크(fully connected network)에서는 $E=O(N^2)$ 가 되어 계산시간면에서 효율적이라고 할 수 없으나 모든 노드가 서로 연결되어 있지 않는 실제 도로망의 경우(partially connected network)는 $E=O(N)$ 의 특성을 가지므로 총 수행시간은 $O(N \log N)$ 으로 줄어들기 때문에 시간면에서 효율적이라는 점을 들 수 있다. 또한 이 알고리즘은 네트워크의 전노드를 탐색하는 것이 아니고 최단경로에 해당하는 노드만 탐색하기 때문에 네트워크의 전 노드를

<그림 7> 제약조건이 없는 경우의 최단경로



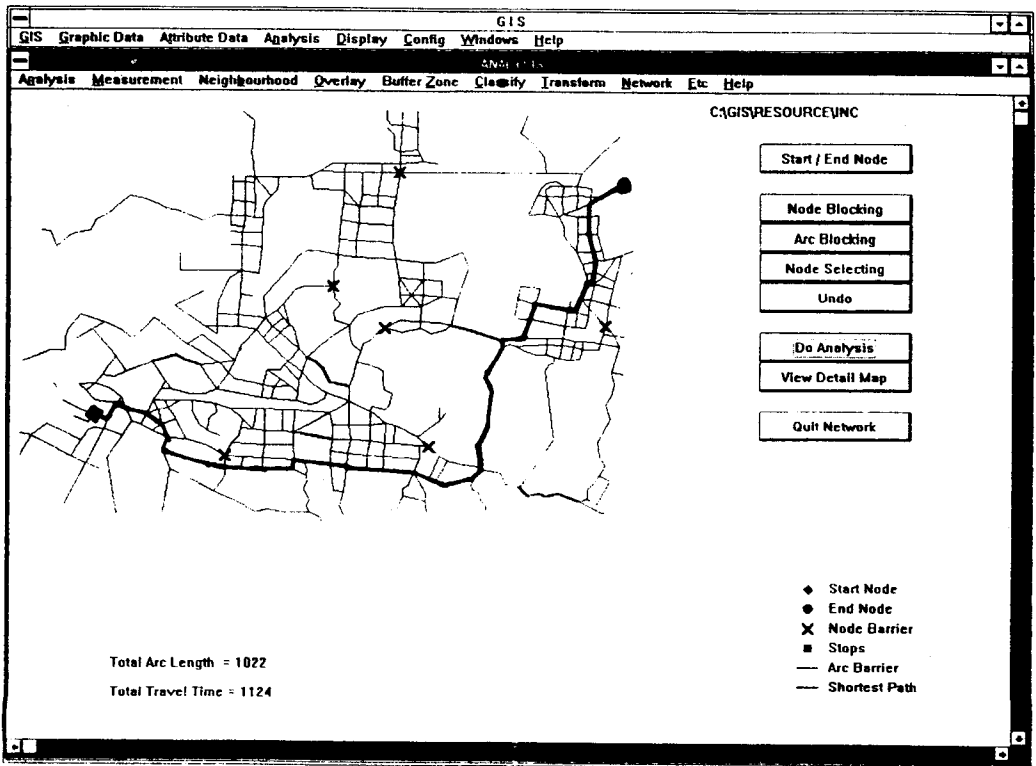
모두 탐색(exhaustive search)하는 다른 알고리즘 보다 컴퓨터 수행시간 면에서 유리하다는 점을 들 수 있다.

Dijkstra 알고리즘은 결국 한 교차로에서 출발하여 도로구간으로 연결된 이웃 교차로를 지나 목적지까지 가는 경로중에서 가장 작은 값을 찾는 방법으로서 다른 알고리즘에 비해 수행시간이 빠르다는 것이 가장 큰 장점이라 할 수 있다. 그러나 Dijkstra 알고리즘은 도로구간에 대한 저항계수만 이용하기 때문에 회전정보를 별도로 처리할 수 있도록 기본 알고리즘을 수정하였다. 수정 알고리즘의 원리를 간단히 설명하면 총 저항계수의 합을 계산할 때 각 도로구간이 가지고 있는 저항계수 값과 교차로에서 좌회전, 우회전등 회전에 따른 저항계수와 직진의 저항계수 값을 모두 고

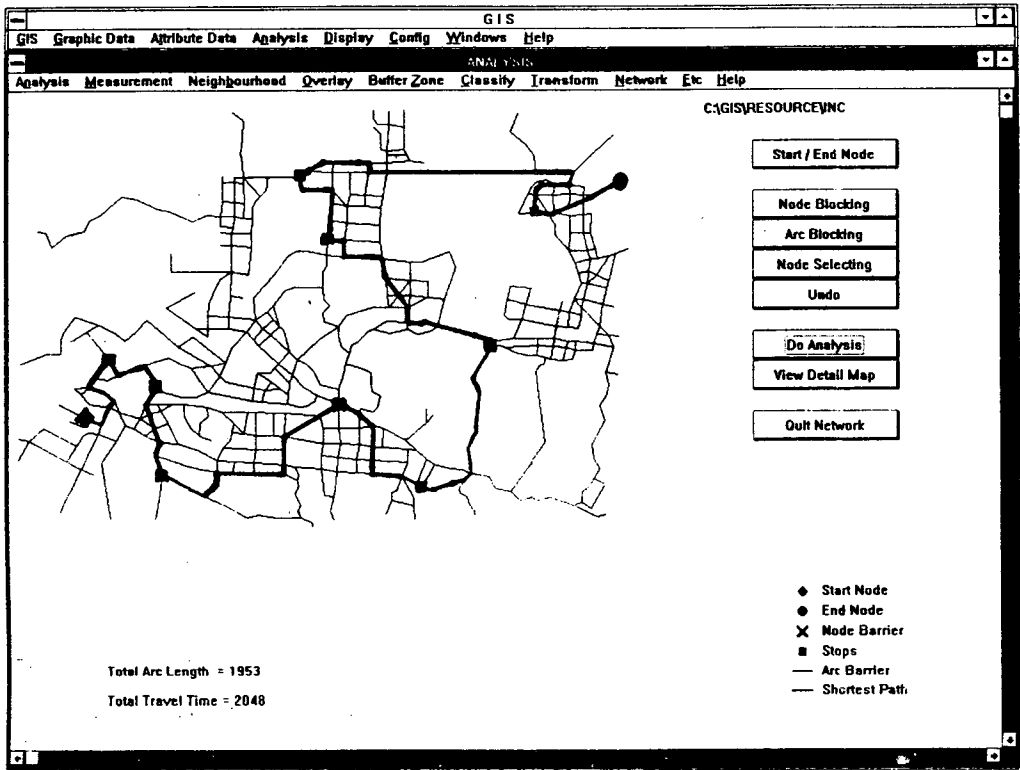
려하여 저항계수의 총합이 최소가 되는 구간이 최단경로가 되도록 개조한 것이다. 다시 말하면 수정 알고리즘은 교차로에서 회전하는 교통량에 대해 가중치를 부여하여 저항계수의 값으로 나타내어 도로구간의 저항계수 값과 합하도록 한 것이 특징이다.

〈그림 7〉은 인천시의 도로망 지도를 이용하여 중구의 출발지에서 북구의 도착지까지 최단경로를 보여주고 있는 것인데 경유지나 장애지점등의 제약조건이 없을 때의 최단경로이다. 최단경로를 탐색할 때 교통량을 감안하여 도로구간별 저항계수와 교차로별 회전정보에 관한 가상자료를 이용하였는데 결과는 이 지역을 통행하는 실제 운전자의 노선선택 행태와 크게 빗나가지 않은 것으로 판단된다. INTGIS는 최단경로로 계산한 통행

〈그림 8〉 일부 교차로와 도로구간 폐쇄시의 최단경로



〈그림 9〉 경유지 지정시의 최단경로



거리와 통행시간을 화면상에 나타내며 출발지와 목적지를 화면상에서 대화식으로 지정하면 그 결과가 즉시 나타나도록 고안한 것이 특징이다.

2) 일부 교차로와 도로구간 폐쇄시의 최단경로

도로상에서 교통혼잡이 심하거나 교통사고가 발생했을 때 또는 도로 공사중일 때 일부 교차로나 도로구간을 폐쇄하거나 통행을 제한하는 경우가 있는데 이때 운전자는 그러한 지점을 우회하거나 대체도로를 찾아 목적지까지 가는 최단경로를 찾을 필요가 있다. 〈그림 8〉은 출발지에서 목적지까지 6개소의 교차로와 도로구간이 폐쇄되어 있다고 할 때 이를 우회하여 최단경로를 찾은 결

과를 보여주고 있다. 이는 다른 제약조건이 없는 〈그림 7〉과 비교하면 최단경로의 노선이 다르고 통행거리와 통행시간면에서 차이가 있음을 보여주고 있다. 이것은 고속도로나 도시 간선도로상에 교통사고나 도로공사등으로 인해 교통혼잡이 극심한 지역에 적용할 수 있다. INTGIS는 교차로와 도로구간을 폐쇄하는 경우를 마우스를 이용하여 대화식으로 최단경로를 쉽게 찾을 수 있기 때문에 여러가지 상황을 설정하여 실험할 수 있다. 프로그램 작성시 폐쇄되는 도로구간의 저항계수나 회전정보는 무한대 값으로 바꾸는 방법이 있으나 여기서는 간단한 플래그(flag)를 이용하여 프로그램상에서 처리하도록 설계하여 평상시의 회전정보나 저항계수를 보존하도록 한 것이 특징

이다.

3) 경유지 지정시의 최단경로

이것은 위의 경우와 반대인 것으로 반드시 경유해야 할 교차로나 도로구간을 지정했을 때 최단경로를 구하는 것인데 예를 들면 카풀이나 통근버스 운행시 특정한 지점에서 승객을 태우거나 또는 화물을 배달해야 하는 경우에 적용할 수 있다. 여기서는 경유지의 방문순서를 무시하는 경우는 현실적으로 별로 흔한 것이 아니기 때문에 고려하지 않고 경유지를 지나는 방문순서가 미리 정해진 경우의 최단경로를 구하는 것에 국한하였다. (그림 9)는 출발지에서 목적지까지 9개소를 경유하도록 했을 때의 최단경로를 보여주는 것인데 예상한 바와 같이 앞에서 본 제약조건이 없을 때와 10개소의 교차로와 도로구간을 폐쇄할 때의 최단경로보다 통행거리와 통행시간면에서 크게 증가하고 있음을 알 수 있다.

IV. 결론

이 논문의 주 목적은 운전자에게 교통혼잡 상태나 교통사고 지점등에 관한 교통정보를 제공함으로써 우회도로나 대체도로등 최단경로를 찾는 데 도움을 줄 수 있는 도로안내 시스템을 개발하여 이를 실제 도시에 적용하여 그 유용성을 판단하는데 있었다. 이를 위해 외국에서 차량 및 도로 지능화 시스템의 일환으로 개발된 차량항법 시스템과 도로안내 시스템의 연구동향과 기술수준을 살펴보았으며 본 연구진이 개발한 INTGIS라는 지리정보 시스템에 네트워크 분석기능을 추가하여 도로상에서 발생할 수 있는 여러가지 경우를 상정하여 최단경로를 찾는 과정을 분석하였다.

연구대상 지역으로 인천시의 도로망을 이용하여 먼저 교차로나 도로구간의 폐쇄등 제약조건이 없는 경우 출발지와 목적지간 최단경로를 찾아

컴퓨터 화면상에 나타내었다. INTGIS는 운전자가 통행하기를 원하는 출발지와 목적지를 마우스로 지정하면 즉시 최단경로를 계산하여 결과를 나타내도록 고안되어 있으며 두 지점간의 통행거리와 통행시간을 알 수 있도록 하였다. 이와 같은 기능은 출퇴근용 자동차나 구역화물차의 운전자 또는 도로사정에 익숙하지 못한 운전자에게 매우 유용할 것으로 판단된다.

만약 교통혼잡이나 교통사고가 발생하여 교차로나 도로구간이 폐쇄되었을 때 최단경로가 어떻게 변하는 지를 살펴보기 위해 출발지와 목적지는 같게 하고 임의의 폐쇄지점 10개소를 선정하여 최단경로를 분석하였는 바 제약조건이 없는 경우의 최단경로와는 다른 경로를 제시하고 있으며 통행거리와 통행시간이 각각 12%, 25% 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 기능은 특히 순찰차나 소방차, 구급차량 운행에 도움을 줄 것이다. 또한 출발지에서 목적지까지 통행하는 도중에 9개소의 경유지를 거쳐야 하는 경우를 상정하여 최단경로를 분석하였는 바 제약조건이 없는 경우의 그것 보다 각각 114%, 128% 증가한 것으로 나타났다. 이러한 경우는 경유해야 할 지점이 많은 화물배달이나 카풀제도 도입시에 응용할 수 있는 기능이다.

운전자에게 효과적이고 정확하게 도로를 안내하기 위해서는 출발전에 개략도에서 목적지까지의 최단경로를 파악하고 일단 자동차를 탄 뒤 부터는 개략도와 상세도상에서 목적지까지 가는 도로주변의 건물이나 지형지물에 관한 정보를 제공할 수 있도록 개략도와 상세도를 연동화시키는 작업이 필요한데 INTGIS는 그러한 기능을 가지도록 개발하였다. 이것은 운전자에게 출발지와 목적지간의 어느 지점에 위치하는 지에 관한 정보를 제공하는데 도움을 주고 미리 회전하는 지점을 알려주는 역할을 하기 때문에 운전자에게 심리적 안정감을 주는데 도움을 줄 것이다. 이와 같이 도로상에서 발생할 수 있는 여러가지 경우에

최단경로를 찾는 과정은 운전자 뿐만 아니라 교통체계를 운영관리하는 기관과 화물운수 회사에도 유용하게 활용될 것으로 판단된다.

그러나 본 연구에서 개발한 시스템은 외국에서 상용화 단계에 있는 첨단 여행자정보 시스템의 자동차항법이나 도로안내 시스템과 비교하면 아직 초보단계에 불과하다. 앞으로 우리나라의 도로안내 시스템 개발을 활성화하기 위해서는 첫째, 전국 도로망도를 수치화하는 작업과 도로안내 시스템을 차량에 부착할 수 있도록 CD-ROM을 활용하는 방안이 검토되어야 하며 둘째, 인공위성을 이용하여 차량의 위치를 추적하는 시스템이 실용화되어야 하며 셋째, 교통관련 자료를 정확하고 신속하게 전달할 수 있는 통신, 전자장치를 도로안내 시스템에 연결할 수 있는 기술이 필요할 것이다. 본 연구는 위의 과제를 염두에 두어 INTGIS의 기능을 계속 보완하여 최단경로를 화면상에 효율적으로 나타내는 기법을 개선하는 한편 이용자 인터페이스를 보다 강화하며 음성정보를 처리하도록 하여 운전자가 주행중에 컴퓨터 화면에 지나치게 억매이지 않도록 하며 영상등의 멀티미디어 정보를 처리할 수 있는 기법을 도로안내 시스템에 접합할 계획이다.

참고문헌

- 1) 강호익, 고속도로 교통관리시스템 사업개요, 자동차문화연구회, 1993.
- 2) 김광식, 비상시 도시교통망의 이동성 확보를 위한 연구, 성균관대학교, 1990.
- 3) 김광식, "비상시 도시교통망상의 통행패턴 분석", 국토계획, 제25권, 제3호, 1990, pp. 119-137.
- 4) 김광식, "지리정보 시스템의 유용성과 과제", 도시정보, 제11권 제2호, 1992.
- 5) 김광식, 최윤철, "교통연구에 있어서의 컴퓨터 그래픽스 응용에 관한 연구", 대한교통학회지, 제4권, 제2호, 1986, pp. 59-73.
- 6) 김광식, 최윤철, "컴퓨터 그래픽스를 이용한 지리정보 시스템의 구성과 설계기법", 대한원격탐사학회지, 제3권, 제1호, 1987, pp. 56-70.
- 7) 김광식, 최윤철, "도시계획에서 활용할 수 있는 공간정보 시스템의 개발과 적용사례", 국토계획, 제23권, 제2호, 1988, pp. 35-45.
- 8) 김광식, 최윤철, 이태승, "지리정보시스템 INTGIS의 설계와 구현", 대한원격탐사학회지, 제9권, 제1호, 1993, 인쇄중.
- 9) 전경수, IVHS의 개발방향, 자동차문화연구회, 1993.
- 10) 최윤철, 김광식, 마이크로 컴퓨터하에서의 지리 및 지형정보의 디스플레이를 위한 컴퓨터 그래픽스 기법의 개발, 학술진흥재단, 1989.
- 11) 최윤철, 김광식, 지리 및 지형 정보의 디스플레이를 위한 PC용 Cartographic System의 설계와 개발, 한국과학재단, 1990.
- 12) Antenucci, John C. et al, Geographic Information System : A Guide to the Techonolgy, Van Nostrand Reinhold, 1991.
- 13) Aronoff, Stan, Geographic Information System : A Management Perspective, WDL Publications, 1989.
- 14) Buaubien, Richard F., "Development of Intelligent Vehicle-Highway Systems", ITE Journal, Vol. 63, No. 2, 1993, pp. 15-18.
- 15) Burrough, P. A., Principle of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Clarendon Press, Oxford, 1986.
- 16) Carlson, E. Dean, "Federal Actions to Deliver the IVHS Program", ITE Journal, Vol. 63, No. 2, 1993, pp. 26-30.

- 17) Costantino, James, "IVHS America Two Years Later", ITE Journal, Vol. 63, No. 2, 1993, pp. 19-22.
- 18) Ebinger, Lee R. and Ann M. Goulette, "Automated Names Placemant in a Non-Interactive Environment", AUTO CARTO 9, 1989, pp. 205-213.
- 19) Euler, Gary W., "Intelligent Vehicle-Highway Systems : Definitions and Applications", ITE Journal, Vol. 60, No. 5, 1990, pp. 17-22.
- 20) French, Robert L., "Automobile Navigation in the Past, Present, and Future", AUTO CARTO 8, Eighth International Symposium on Computer-Assisted Cartography, 1987, pp. 541-551.
- 21) French, Robert L., "Intelligent Vehicle-Highway Systems in America", ITE Journal, Vol. 60, No. 5, 1990, pp. 23-31.
- 22) GIS World, 1991-92 International GIS Source Book, 1991.
- 23) Goulias, Konstantinos G. and John M. Mason, Jr., "Planning the Resolution of IVHS Issues Via a Staged Development Approach", ITE Journal, Vol. 63, No. 2, 1993, pp. 33-40.
- 24) Kraft, Walter H., "IVHS and the Transportation Profession", ITE Journal, Vol. 63, No. 2, 1993, pp. 23-25.
- 25) Krakiwsky, Edward, Hassan Karimi, Clyde Harris and Jim George, "Research into Electronic Maps and Automatic Vehicle Location", AUTO CARTO 8, Eighth International Symposium on Computer-Assisted Cartography, 1987, pp. 572-583.
- 26) Lam, Lerner Eva, "ITE Sponsors Second IVHS Study Tour in Japan", ITE Journal, Vol. 63, No. 2, 1993, pp. 41-43.
- 27) Lupien, Anthony E., William H. Moreland, and Jack Dangermond, "Network Analysis in Geographic Information Systems", Photogrametric Engineering and Remote Sensing, Vol. 53, No. 10, 1987, pp. 1417-1421.
- 28) McHugh, James, Algorithmic Graph Theory, Prentice-Hall, 1990.
- 29) Moreland, William H. and Anthony E. Lupien, "Realistic Flow Analysis using a Simple Network Model", AUTO CARTO 8, Eighth International Symposium on Computer-Assisted Cartography, 1987, pp. 122-128.
- 30) Rowe, Edwin, "IVHS-Making in Work, Pulling it All Together", ITE Journal, Vol. 63, No. 2, 1993, pp. 45-48.
- 31) Taylor, D. R. Fraser, Geographical Information System : The Micro Computer and Modern Cartography, Pergamon Press, London, 1991.
- 32) Vazella, Luca and Stan Cabay, "Hybrid Spatial Data Structures", GIS/LIS 1989 Proceedings, Vol. 1, 1989, pp. 360-372.
- 33) White, Marvin, "Digital Map Requirements of Vehicle Navigation", AUTO CARTO 8, Eighth International Symposium on Computer Assisted Cartography, 1987, pp. 552-559.