

## 전문가시스템과 지리정보시스템을 이용한 지방정부의 교통시설물관리시스템 개발

### A GIS and Expert System Based Transportation Facility Management System for Local Government

최 기 주\*  
Choi, Keechoo

서 본 양\*\*  
Suh, Bonyang

박 인 철\*\*\*  
Park, Incheol

#### 要 旨

본 연구는 주로 도시의 가로망상의 교통시설물에 대한 유지보수 및 관리 업무를 보다 효율적이며 효과적으로 수행하기 위해서 지리정보시스템과 전문가시스템을 이용한 통합전산환경을 구축하는 것이 목적이다. 지리정보시스템을 활용하여 각종 교통관련 시설물의 공간 및 속성 데이터베이스를 구축하고, 이를 통해 제반 시설물의 공간질의 및 탐색, 속성의 변화 등에 대한 작업을 통해 시설물의 현황 및 유지보수 수준을 파악하고 또한 시설물의 교체와 이에 따르는 우선 순위의 판단, 예산편성 등의 작업에 있어 전문가의 기능을 어느 정도 대신할 수 있는 의사결정지원체계의 한 구성요소로서 전문가시스템이 아울러 도입하였다. 특히 도로표지판에 주목하여 기본적 도로표지시설물의 기본 관리는 물론 문안의 설정, 예산배정 등의 실무적인 일들에 대한 지원체계를 확립하였고 이를 의사결정 지원 보조시스템으로 발전시키기 위한 개념을 정립하고자 하였다. 이러한 개념의 시스템은 이미 서울시의 각 구청을 비롯한 몇 군데의 지방정부에 개발 및 설치되었고 향후 저렴한 유지비용으로 지속적인 자료갱신과 통상적 업무 및 주요 의사결정 업무에 기능적인 해를 제공할 수 있을 것으로 판단되어 보다 효율적이며 효과적인 시설물 관리를 수행하는데 일익을 담당할 수 있을 것이다.

#### ABSTRACT

The purpose of this paper is to implement a GIS and expert system based integrated computing environment for urban facility management, especially with an emphasis on transportation facilities. GIS has been utilized for constructing and managing the database of various transportation facilities, while expert system for executing human expert's role of making priorities, budgeting, and other functions associated with facility management. Focusing on roadway sign system, the integrated system proposes new concept of managing sign facilities which leads to the birth of effective decision support system that may be used in local government like Seoul. The proposed concept and system, if supplemented with more functions required by local governments, can be a low cost solution for such facility management tasks. Some discussion and future research agenda have also been addressed.

\* 아주대학교 교통공학전공 조교수  
\*\*\* 아주대학교 교통연구센터 연구원

\*\* 아주대학교 대학원 교통공학과 석사과정

# 1. 서론

## 1.1 연구의 배경과 목적

도시의 확장과 도시활동의 증가는 교통량의 증가를 유발하게 되는 가장 큰 요인이다. 교통량이 증가함으로써 도시는 통행에 필요한 도로의 신설과 확장 그리고 교통의 효과적인 소통을 목적으로 하는 다양한 교통시설물의 추가설치 등의 많은 도시기반시설에 대한 투자를 수행하게 되었다. 이러한 도시기반시설은 설치뿐만 아니라 설치 이후의 지속적인 유지 관리를 통해 제 기능을 발휘할 수 있는 특성을 가지고 있다. 그러나 우리나라의 시설물 관리기관들의 경우 설치에 있어서는 상당한 노력과 비용을 기울이고 있으나, 설치 이후의 유지관리에는 소홀했던 것이 사실이다.

원론적 시설물관리 이론에 의하면 시설의 설치에 비해 보다 많은 유지 보수비용을 투자해야 해당 시설의 기능을 효과적으로 이용할 수 있다고 한다. 그러나 우리나라의 경우는 시설의 설치 이후 거의 유지보수가 이루어지고 있지 않으며, 그나마 유지보수행위가 형식적 차원에서 이루어지기 때문에 이로 인한 각종 교통사고와 기타 교통관련 사건으로 인한 추가 비용이 국민의 부담을 더욱 가중시키고 있다.

따라서 본 연구는 각종 교통시설물을 효과적으로 유지, 관리할 수 있도록, 특히 지방정부 차원에서 실용화 할 수 있도록, 지리정보시스템(Geographic Information Systems: GIS)과 전문가시스템(Expert System: ES)을 접목시킨 통합 교통시설물관리체계를 구축하는 것을 그 목적으로 한다.

## 1.2 연구의 주요내용

본 연구는 시설물의 관리를 위한 실용적인 통합 전산환경시스템을 구축하는 것으로서 그 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다.

- 교통시설물 관리의 현황과 문제점 진단

- GIS / ES 에 대한 이론적 검토
- 시설물관리의 개념과 원칙 설정
- GIS / ES 를 통한 구현 방안 모색
- 통합환경을 이용한 시설물관리 방안 설계
- 시스템의 구축 및 평가

## 1.3 연구의 절차

본 연구의 주요 연구 절차는 다음의 <그림 1.1>에서 나타난 것과 같이 지방정부의 교통시설물에 대한 기본적인 현황과약을 전제로 현재 관리체계의 문제점을 분석하며, 이를 해결하기 위한 새로운 방법론으로 제시하는 지리정보시스템과 전문가시스템에 의한 통합 전산환경 시스템 구축과정이 따르게 된다.

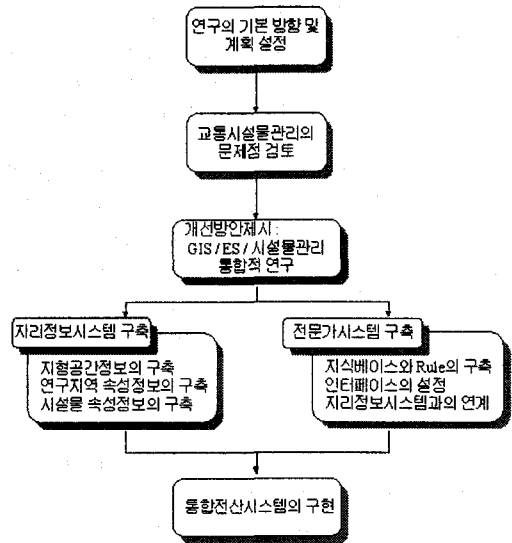


그림 1.1 연구의 절차

이를 위해 먼저, 지리정보시스템의 구축을 위해 연구지역(서울시 송파구)의 현황과약 이후 지형공간정보 및 이에 연계된 속성정보 데이터베이스를 구축하며, 특히 시설물 중의 하나인 도로표지체계의 업무상의 전문화를 위해 전문가시스템의 구축을 시도하며 이를

위해 필요한 각종 규칙의 작성 및 지식베이스의 구축, 지리정보시스템과의 연계방안도 강구한다.

본 연구에서 중점적으로 다루어지는 지리정보시스템과 전문가시스템은 상호 유기적으로 연결하여, 최종적으로 공간 및 속성데이터, 시설물유지관리에 대한 제반 결정결과들을 교환할 수 있는 환경을 제공하기 위한 통합 전산시스템이 구현된다.

또한 이의 모든 것에 앞서 지리정보시스템과 전문가시스템, 시설물관리의 기본적 이론과 이들을 결합하여 실질적으로 시스템을 구현하는 데 필요한 다양한 이론 및 방법론에 대한 연구가 먼저 이루어진다.

## 2. 교통시설물관리의 현황과 문제점

### 2.1 교통시설물의 내용과 범위

교통시설물이라 함은 대개 교통의 원활한 소통을 위해 이용되는 각종 노상 시설물로서 도로표지(경로안 내의 도음을 주기 위한), 교통표지(주의, 규제 등의 표지), 버스정류장, 택시승강장, 신호등, 횡단보도, 육교, 과속방지턱 등 그 종류가 매우 다양하다. 이들 시설물의 수는 매우 많으며, 도로를 따라 도시의 전 분야에 걸쳐 산재해 있으므로 그 유지보수가 매우 어려운 시설물 중의 하나이다. 일례로 도로표지의 경우 서울시 전역에 6,700여개가 있고, 교통표지의 경우 20만여개에 달하는 등 체계적인 유지 보수체계가 구축되지 않을 경우 효과적인 관리가 거의 불가능하며 소통의 원활함을 기대하기 어려운 실정이다.

본 연구에서는 이같이 양적으로 많은 교통시설물 중 우선적으로 도로표지, 교통표지, 버스정류장, 과속방지턱 등에 대한 시설물을 효과적으로 관리할 수 있는 시스템을 구축하는데 관리의 범위를 한정하기로 하며 특히 도로표지에 주목하여 제반 업무체계의 효율성을 도모하고자 한다.

### 2.2 교통시설물관리의 현황 및 문제점

현재 교통시설물의 관리를 위한 업무체계에 있어 서울시의 경우, 각 구청마다 담당자 1인이 지정되어

있으며, 시설물에 대한 대장과 관련조서를 작성과 이를 통한 관리를 수행하고 있다. 하지만 해당 공무원이 시설물관리를 전담하여 업무를 수행하는 것이 아닌 상황에서 평균 25km에 달하는 업무면적을 공무원 1인이 다른 업무와 병행하여 관리하는 현 실정에서는 대장 위주의 시설물 관리와 민원 위주로 국한된 업무 수행조차도 충분히 이루어지지 못하고 있다.

또한 시설물의 전체적인 설치 현황이나, 내용에 대한 조사 및 관리가 미비하여 시설물이 개별적으로 관리되고 있으나, 시설물 사이의 연계성, 적정지점의 설치 여부의 판단이 불가능하여 실제 교통상황과 전혀 다른 시설물을 설치하게 되는 경우도 발생하고 있는 실정이다.

특히 감사나 보고서 위주의 우리나라 행정업무의 특성상 현장 관리보다는 문서상의 관리에 행정의 우선 순위가 있으므로 인해서 현장의 관리는 더욱 뒷전으로 밀려있는 상황이다.

시설물관리는 그 수행업무에 따라 매우 전문적인 지식과 수행능력을 요구하기도 한다. 현황의 관리와 실제적인 설치와 유지보수, 평가에 이르는 제반 업무는 경우에 따라 다량의 자원과 인력을 요구하지만, 현재 지방정부에 있어 교통분야(교통행정, 교통시설, 교통개선계획)의 한정된 인원을 바탕으로 해당 지역의 교통시설물을 효과적으로 관리한다는 것은 불가능한 일이다.

이러한 문제점은 대 시민 행정서비스의 질적 저하뿐만 아니라 시설물의 내구 연한을 단축시킴으로써 예산을 낭비하는 이중의 문제를 야기하고 있다. 바로 이러한 배경이 본 연구에서 제시하고자 하는 시스템의 도입으로 해결되기를 기대하면서 보다 상술하기로 한다.

## 3. 시설물관리 및 GIS / ES

### 3.1 시설물관리

#### 3.1.1 시설물관리의 정의

사회 전반적으로 시설물관리 분야가 점차 중요성을

지니면서 시설물관리에 대한 각종 이론 및 다양한 방법론들에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 이와 더불어 개별적인 시설물관리와 유기적이고 조직적인 시설물관리가 점차 통합화되는 추세를 보이면서 시설물관리에 대한 정의 또한 다양해지고 있다. 그중 일반적으로 학계 및 산업계에서 통용되고 있는 정의는 국제 시설물관리 협회 (IFMA: International Facility Management Association)에서 정의한 것으로 시설물관리를 “사람과 조직상의 업무를 단일한 물리적 작업 공간에서 동일화시키는 작업”으로 정의하고 있다. 또한 더욱 구체적인 정의로서 Engineering News Record에 따르면 “사무범위에서 공정시설 등에 이르는 총괄적인 기반시설에 대한 계획과 설계, 구성과 영역관리의 분야”로 정의되며, 조직적인 시설물 정책의 개발, 장기적 관점의 예측, 부동산 및 재고의 관리, 설계와 건설 및 보수를 총괄하는 기획, 건축물의 운영과 계획의 유지보수, 시설 및 재고비품조사 등을 수반하는 것을 전제로 하고 있다.(Jeffery, 1988)

이와 같은 다양한 시설물관리의 정의는 이 분야가 본질적으로 유동적이기 때문에 계속적으로 발전하고 있다는 것을 보여주는 것으로 새로운 기술과 이론, 방법론의 등장에 따라 지속적으로 체계 내에 포함되어 발전하고 있는 것이다.

### 3.1.2 시설물관리의 목적과 기능

일반적인 시설물관리의 목적은 시설의 교체업무와 장애에 대한 계획으로 이루어지며, 이 과정에 있어 공간적 효율성과 효율성의 증대를 위해 공간적 분석을 통한 설치계획을 수반하게 된다.

이를 통해 사용자로 하여금 보다 적극적으로 업무에 대한 참여율을 촉진시킬 수 있으며 궁극적으로 생산성을 증대시킨다. 부가적으로 자본출자에 대한 편의회수를 최대화하며 현재 가치에 대한 갱신비용을 최소화하고 기획과 사무의 양질의 지원과 사용자에게 대한 만족도 증대를 추구하게 된다.

### 3.1.3 시설물관리 체계

시설물관리 체계는 시설물관리 기능의 집행에 대해 지원역할을 수행할 수 있는 결과 및 과정을 의미한다고 할 수 있다. 일반적으로 거시적 관점의 시설물관리 체계는 시설물 관리의 목표에 대한 수행과 이를 위한 기반자료, 시스템에 대한 교육과 훈련, 그리고 자동화로 구성된다.

전산체계로 국한된 시설물관리 체계는 시설물관리의 목적에서 언급된 기능들에 대한 능력에 의해 비교되지만, 일반적으로 기존의 시설물 관리체계는 현황관리만을 지원하여 보다 전문적인 관리자로 하여금 의사결정을 진행하게 하도록 전가시키고 있는 실정이다.

## 3.2 지리정보시스템과 시설물관리

지리정보시스템은 실세계 공간정보를 제반 관리분석이론을 토대로 정보를 입력, 관리, 분석하는 체계로 개념적으로 데이터베이스와 컴퓨터그래픽, 그리고 공간분석도구가 결합된 형태이며 물리적으로 각종 하드웨어와 소프트웨어 및 인력조직으로 구성되어 있다.

특별히 교통분야에 있어 교통의 제반 정보 중 지형 공간정보에 대한 분석과 관리를 주로 하는 교통부문 지리정보시스템(GIS-T: GIS for Transportation)으로 정의되며 주로 교통계획시스템, 교통사고 및 안전관리시스템, 교통운영 및 관제시스템, 교통시설물관리시스템 등으로 개발되었다. 본 연구에서 특히 지리정보시스템을 통해서 시설물 관리를 시도하려고 함은 지리정보시스템의 공간 데이터베이스 기능이 시설물관리를 위한 기본 요건을 충족시킬 수 있으며, 실제로 많은 기능적 요소들에 대한 지원 역시 가능하기 때문이다.

## 3.3 전문가시스템과 시설물관리

### 3.3.1 전문가시스템의 개요

초기의 전산환경에 있어 컴퓨터는 단순하고 반복적인 계산의 수행에만 활용되어 왔었지만, 최근에 와서는 컴퓨터의 능력을 확대시켜 여러 가지 다양한 분야에서 활용하고자 하는 노력이 진행 중이다. 그 중에서

컴퓨터가 인간들처럼 지능이나 창조적인 사고능력을 가질 수 있도록 하는 인공지능(Artificial Intelligence)에 대한 많은 연구가 진행중이고, 그 중 대표적인 것이 전문가시스템이다.

전문가시스템은 특정분야의 전문가가 축적된 전문 지식을 이용하여 문제를 해결해 나가는 과정에서 전문가의 의사결정 논리체계를 컴퓨터로 하여금 묘사할 수 있도록 한 것이다. 즉, 전문가시스템은 특정분야 전문가의 판단, 경험, 보편적 타당성, 직관 및 기타 전문지식을 활용하여 여러 가지 문제에 대해 지식에 근거한 전문적인 조언을 해 줄 수 있는 컴퓨터 프로그램이다.

전문가시스템의 개념적인 구조는 다음의 <그림 3.1>과 같이 3그룹의 관련자와 4가지 기본요소들로 구성되어 있다.

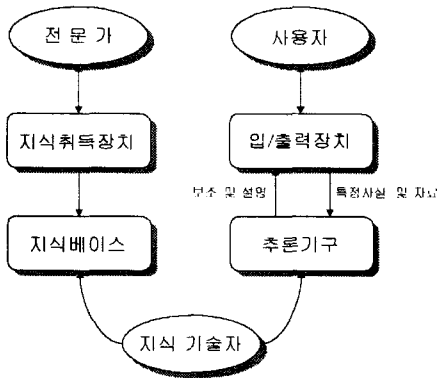


그림 3.1 전문가시스템의 구성

관련자 그룹은 특정 분야에 대한 전문적인 지식을 제공하는 전문가(Expert), 이러한 전문가의 지식을 구조화, 코드화하여 프로그램을 작성하는 지식기술자(Knowledge Engineer), 그리고 이러한 프로그램을 이용하는 사용자(User)로 구성되어 있다. 4가지 기본요소에는 지식베이스(Knowledge Base)와 지식 취득 장치(Knowledge Acquisition), 추론기구(Inference Engine) 및 입/출력장치(Input/Output Facility)가 있다. 지식 취득장치 시스템은 지식 기술자가 전문가의 데이터베이스 또는 관련 자료로부터 지식을 도출하는

장치이고, 지식베이스는 전문가의 확신, 보편적 타당성, 판단 등을 포함한 기본적인 지식을 저장하는 역할을 수행한다. 조정 기능은 시스템 자체의 논리적인 방법으로 사용자로부터 입력된 자료와 지식베이스의 특정 지식을 이용하여 문제 해결을 하는 장치로서 전문가시스템의 핵심적 역할을 수행한다. 조정 장치가 결론을 도출하기까지 여러 가지 상이한 방법이 사용되지만 일반적으로 확인된 사실에서부터 결론을 도출해 나가는 연역적방법(Forward Chaining)과 결론 또는 가정에서 출발하여 알려진 자료 또는 사실을 옮아가는 역 추론을 통해 가정을 확인하거나 버리는 등의 귀납적 방법(Backward Chaining)이 있다. 이와 함께 입/출력장치는 사용자가 시스템과 대화하여 필요한 자료를 입/출력할 수 있도록 하는 장치이다.

전문가시스템과 기존 프로그램과의 비교에 있어서도, 전문가시스템은 새로운 패러다임 혹은 스타일 프로그램이라고 할 수 있다. 종전의 프로그램에 있어서는 처리 순서를 완전하게 작성해 주지 않으면 안되었지만 전문가시스템은 추론에서 이용되는 지식을 규칙과 같은 형태로 임의의 순서대로 주면 되는 것이 많다. 즉 실행시에 추론 기구가 필요한 지식을 선택하여 적용해 주기 때문이다. 따라서 전문가시스템은 전문가의 지성을 자극하여 의식하에 있는 고도의 전문 지식을 이끌어 내는 펌프의 역할을 한다. 따라서 전문가시스템과 전통적인 컴퓨터 프로그램의 차이는 전문가시스템이 지식(Knowledge)을 다루는 반면 전통적인 컴퓨터 프로그램은 데이터 처리를 다룬다는 점이다.

### 3.3.2 전문가시스템의 역할

전문가시스템은 매우 구체적인 영역(Narrow Domain)에서 일어나는 구조적(Structured) 문제에 대해 추론(Inference & Reasoning)을 통해 정성적인 결론을 제시해 주는 시스템이다. [전문가시스템의 개요, 전통적 프로그램과의 차이 등은 Turban (1993)을 참조하기 바란다.]

한편 본 연구에 있어 ES의 역할은 교통시설물 관리-특히 그 중에서도 표지판의 관리-에 대해서 전문가의 작업과정을 분석하여 지식을 획득하고 이를 기

반으로 Knowledge Base를 구축, 표지판시설물 관리에 이용할 수 있는 지식기반을 제공하는 것이며, 구체적으로는 표지문안의 관리 또는 우선 순위의 결정 등에 해당하는 작업을 수행하게 될 것이다.

### 3.4 시스템 통합화

시스템 통합화는 하드웨어와 소프트웨어의 시스템 통합화, 혹은 시스템과 시스템간의 통합화 등으로 매우 다양한 의미로 사용될 수 있다. 이는 통합의 결과로서 “서로가 지닌 기능의 접목을 통해 창출할 수 있는 시너지효과”가 다양한 범위의 구성요소들 간에서 획득 할 수 있기 때문이다.

<표 3.1>의 경우처럼 의사결정문제에 있어 데이터베이스 시스템, 의사결정보조시스템, 전문가시스템 그리고 실제 전문가는 문제해결과정에 있어 서로 다른 역할을 수행한다.

표 3.1 의사결정문제의 분류

문제해결을 위해 필요한 지식의 형태	문제의 성질	
	구조적 기계적	비구조적
양적인 추론: 수치계산	데이터베이스 관리시스템	의사결정 보조시스템
질적인 추론: 직관과 경험적 규칙	전문가시스템	전문가

하지만 최종적인 의사결정과정은 지리정보시스템과 데이터베이스, 전문가시스템의 분석결과와 관리자의 운영을 모두 요구한다.

데이터베이스 관리시스템에 해당하는 지리정보시스템의 경우 그것 자체가 다양하고 고품질의 데이터베이스를 생성, 저장, 가공할 수 있지만 전문가의 판단을 통한 분석절차가 요구된다. 마찬가지로, 전문가시스템의 경우 일정한 지식베이스와 직관적 규칙에 의한 분석을 가능하게 하지만 효율적인 데이터베이스의 생성과 관리가 미흡한 것이 사실이다.

본 연구에서 개발하게되는 시설물관리 시스템은 각각의 역할을 통합환경에서 구현하여 시스템간의 연동을 가능하게 하고 이에 따른 시너지효과를 창출할 수 있도록 시스템 통합화과정을 거치게 된다.

지리정보시스템을 비롯한 전문가시스템 및 데이터베이스부문이 상호 유기적으로 통합환경 내에서 구현된다면 독립시스템으로 존재할 경우 보다 배가된 능력을 발휘할 수 있다.

## 4. 통합환경 기반의 교통시설물관리 시스템

### 4.1 시스템의 개요

본 시스템은 지방정부에서 관할하고 있는 교통관련 시설물을 효율적이고 용이하게 관리할 수 있고, 또한 전문가적인 지식이 요구되는 각종 의사결정부문에 있어 실제 사용자들이 쉽게 분석하고 결과를 도출할 수 있도록 보조해 주는 시스템이다.

시스템은 구조적으로 하드웨어, 소프트웨어 및 데이터베이스로 결합된 형식을 지니고 있으며, 내용적으로는 지리정보시스템과 전문가시스템의 통합환경을 지원하도록 설계되었다.

본 연구에서 지리정보시스템이 구현하는 부문은 일반적인 지형공간정보의 관리와 이에 연결되어 있는 각종 속성정보, 특히 시설물의 이력과, 속성, 사진정보를 통합적으로 관리하는 역할을 수행한다.

전문가시스템은 시스템에서 구현되는 기능 중 의사결정과정에 필요한 기능에 주로 사용되고 있으며, 특히 도로표지판리에 중점적으로 구현되었다. 도로표지의 이력과 속성을 결합하여 데이터베이스화하면 전문가시스템에서 미리 구축한 지식베이스와 함께 분석과정을 수행한다. 전문가시스템의 분석결과는 다시 지리정보시스템상에서 위치정보에 결합되어 각종 의사결정을 보조할 수 있는 결과를 보여준다.

구체적으로는 <그림 4.1>와 같이 시설물관리를 위한 목적에서 언급된 다양한 기능 중 전문가의 판단이 필요한 부분에 대한 의사결정의 보조체계의 역할을 수행하는 것이다.

한다.

지리정보시스템 부문에 있어서는 초기 자료구축 과정에서 AutoCAD, MicroStation 등의 CAD 시스템을 사용하며, 위성자료의 생성과 지형공간정보로의 전환을 위해 ArcInfo에서 자료검수와 자료 통합화 과정을 거치게 된다.

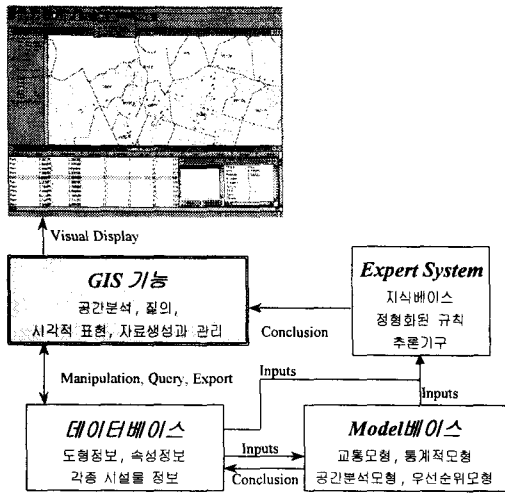


그림 4.1 부문별 데이터의 흐름

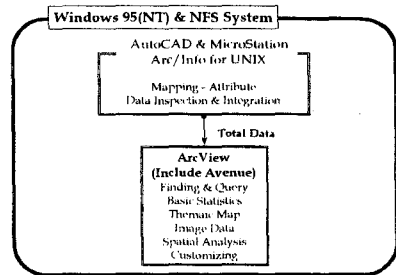


그림 4.2 운영체제 및 응용소프트웨어의 구성

#### 4.1.1 하드웨어와 소프트웨어의 구성

본 연구에서 사용되는 하드웨어들의 구성은 입력장치와 연산, 저장 및 출력장치로 구성된다. 스캐너와 디지털타이저로 구성된 입력장치 부문은 종이지도의 수치화과정 및 사진정보 등의 속성정보의 구축에 이용되며 사용되며 저장장치와 백업장치는 구축된 지형공간정보와 다양한 속성정보의 저장과 백업을 위해 사용된다. 출력장치의 경우 다양한 형태의 보고서 및 지도정보의 출력을 위해 사용되며 연산부문에 있어 Unix기반의 Workstation (Sun Ultraspark급)과 Pentium급 PC가 네트워크를 구성하여 연결되어 있다. 실제 지방정부의 경우 Workstation급의 Unix Machine의 사용에 많은 문제가 있으므로 Windows NT를 설치한 PC급의 Workstation을 사용하고 Client에 일반 Pentium급 PC를 사용하여 시스템을 구축하거나 단일 PC를 사용하여 시스템을 구축할 수도 있다.

한편, 소프트웨어의 경우에 있어서도 지리정보시스템과 전문가 시스템을 결합하여 보다 쉬운 사용자 환경을 제공하기 위해 Windows 기반의 운영체제를 사용하며 Unix 계열과의 연동을 위해 NFS체제를 사용

Client부문에서는 Windows기반의 ArcView를 사용하여 사용의 편의성과 고품질의 ArcInfo자료를 그대로 수용할 수 있게 구성한다. ArcView의 경우 일반적인 현황관리와 분석을 위해 자료의 검색과 찾기, 구조질의어(SQL : Structured Query Language)등의 기능을 제공하며, 주제도의 작성과 이미지데이터의 사용을 가능하게 해준다. 또한 간단한 형태의 통계처리를 지원하며, 고도의 공간분석을 가능하게 해주고 있다.

이와 함께, ArcView의 자체 개발용 언어인 Avenue를 사용하여 각종 응용기능의 개발과 전문가시스템에서 요구하는 부문을 설계, 구축한다.

#### 4.1.2 데이터베이스의 구성

교통시설물의 관리를 위한 도형정보로 요구되는 계층은 행정경계 자료와 도로실폭, 도로중심선자료 및 관리의 대상이 되는 각종 교통시설물이 그 주가 된다. 이와 함께 주요건물과 표지문안 선정시에 사용되는 주요 지형지물, 지명, Landmark 등의 내용이 존재한다.

또한 도형정보에 연결된 속성정보로는 해당 연구지역의 사회·경제적 자료가 구축되며 실제 교통시설물의

경우 관리대장에 명기된 항목을 기본적으로 선정하였다.

지형공간정보 외에도 지식베이스의 구축을 위해 기존의 사례에 대한 전문가들의 판단자료도 구축한다.

### 4.1.3 시스템의 기능

최종적으로 개발되는 시스템은 모든 계층과 속성에 대해 자료의 입력과 수정 및 검색이 가능하며, Raster 자료와 Vector자료의 중첩사용 기능, 주제도의 작성 기능 등의 일반적 기능을 제공한다. 또한 교통시설물의 관리를 위해 시설물의 공간검색(Spatial Query)과 교통시설물의 신규설치의 자동화 기능, 교체의 시급성 표시기능, 교체대상의 예산관리기능, 평가기능 등의 사결정을 위해 필요한 각종 보조기능들이 제공된다.

## 4.2 지리정보시스템의 작업 절차

### 4.2.1 공간 및 속성자료의 구축

지리정보시스템의 적용을 위해 각종 시설물에 대한 위치조사작업이 필요하며 시스템에서 사용하게 될 지도데이터와 동일한 자료원을 사용하는 것을 원칙으로 하는 것이 바람직하다. 또한 지도데이터에 있어서도 교통 부문의 각종 시설물의 관리에 있어 위치정보가 갖는 중요도에 따라 지리정보시스템에서 요구되는 수치지도의 축척과 내용이 변할 수 있지만 일반적으로 지방자치단체에서 보유하고 있는 1:500 ~ 1:1200의 향측 시설물 관리도면을 이용하였다.

일정 축척의 향측 시설물도를 스캐닝하여 스크린 상에서 좌표독취작업(Headup Digitizing)작업을 통해 래스터(Raster)형태의 데이터를 벡터(Vector)형태의 수치지도로 가공하는 절차를 통해 생성된 결과를 ArcInfo, ArcView의 데이터형식으로 변환하는 작업이 수행되었다. 이 과정에서 투영법(Map Projection)과 지리좌표계를 부가시켜 지형공간정보로 변환시켰다.

### 4.2.2 위상구조의 확립 및 자료의 통합

벡터형식에서 일반적으로 제공하는 위상구조의 다양한 특징들은 시설물의 관리에 있어서도 많은 이점을 제공하므로 본 시스템에도 위상구조를 생성시키는 작업을 수행하여 도형객체들 간의 공간적 관계성이 생성되어 추후, 경로탐색, 시설물의 공간분석 등의 응용에 이용될 수 있도록 하였다.

본 연구에 있어서 사용하게 되는 ArcInfo의 경우 자체의 공간데이터가 위상구조의 형식을 지니고 있으므로, 「CLEAN」, 「BUILD」 등의 명령을 통해 위상구조를 생성할 수 있었다.

또한 위상구조가 생성된 지형공간정보에 대해 일정한 속성부여작업을 수행하여 도형정보와 속성정보를 결합한 후 시스템에서 사용하게 될 데이터의 형식으로 저장하는 작업이 수행되었다. 본 연구에서 사용하게 되는 ArcView는 자체의 Shape형식의 데이터 및 Coverage형식의 ArcInfo 자료구조를 동시에 지원하지 않으나 시스템의 성능효율성과 시설물관리 업무의 빈번한 수정작업을 위해 ArcView의 Shape형태의 자료구조로 변환하여 사용하기로 하였다.

## 4.3 전문가시스템 부문의 작업절차

### 4.3.1 전문가시스템에 의한 작업 범위의 설정

일반적인 시설물관리의 주요 업무는 현황관리를 중심으로한 정적정보의 관리가 주를 이루고 있다. 전술한 바와 같이 본 연구의 주요사례로서 관리자의 직접적인 의사결정이 필요한 부분은 도로표지관련업무가 많은 비중을 차지하고 있으며 전문가시스템에 의한 응용도 용이하다고 판단되기 때문에 본 연구에 있어 직접적으로 전문가시스템의 적용되는 부문은 도로표지의 문안선정부문과 문안연계성에 대한 승인작업, 도로표지의 교체에 대한 우선 순위 결정 및 교체에 필요한 예산추정 등으로 설정하였다.

### 4.3.2 전문가시스템 개발환경의 선정

시설물관리를 위한 전문가시스템의 적용은 다량의 자료와 복잡한 기준과 규칙에 대해 전문가가 직접의



사결정을 하는 것과 유사하게 전산체계가 일정한 지식기반의 룰(rule)을 통해 일반 사용자가 보다 쉽게 의사결정을 하도록 보조하는 것이다.

한편 Rule을 구현함에 있어서는 일반적인 순차적 프로그래밍 언어에 해당하는 C, C++, Basic등의 언어로는 많은 한계점이 있는 것으로 판단되어 (구현하려고 하는 시스템 자체가 지형공간정보와 결합된 의사결정을 도출하는 체계이므로) ArcView에서 제공하는 Avenue를 이용하여 Rule을 구체적으로 구현하기로 하였다.

Avenue는 Customizing을 전문적으로 할 수 있고 구조적으로 객체 지향적 프로그래밍(Object - Oriented Programming)의 형식을 지니고 있으며 도형 정보와 속성정보에 접근하여 연산할 수 있으므로 적은 양의 프로그래밍 작업을 통해서도 효과적으로 전문가시스템에서 요구되는 Rule을 구축할 수 있다고 판단하였다. 또한 실제 전문가시스템의 Rule 개발 형식은 ID3 기반의 ACLS(Advanced Concept Learning System)에서의 Decision Tree와 같은 Rule의 산출작업을 하였다.<sup>1)</sup>

### 4.3.3 지식베이스의 구현

도로표지는 집합적 경로유도(Collective Route Guidance)를 위한 기본적 교통시설물로서 예고, 방향, 이정, 경계 등의 종류가 있다. 대부분을 차지하는 예고 및 방향표지의 경우 기본적으로 <그림 4.3>의 표지판에 "A"라는 문안은 원거리, "C"는 근거리 그리고 "a", "b"는 각각 좌우측 문안을 지칭한다. 이러한 도로표지판에 기입되는 문안에 대한 선정은 건설교통부의 도로표지규칙에서 제정되어 있는 다음 <표 4.1>의 원칙을 갖는다.

이 원칙에 따라 지리정보시스템에서 구축되는 지명, Landmark, 주요 지형지물 등의 문안후보들에 대한 평가작업이 이루어지며 평가된 문안후보 데이터베이스가 전문가시스템으로 전송되어 해당지점의 방향별, 근

거리 원거리별 문안에 채택된다. 또한 문안선정시에 필요에 따라 <그림 4.3>과 같이 도로의 통과교통량을 반영한 의사결정을 가능하게 한다.

표 4.1 도로표지의 문안 우선 순위 선정기준

원거리	직진 방향	1. 특별시·광역시·도청소재지 및 대도시 ① 제1선정조건 * 도시내의 주요시설 (시청 등 주요 행정관청, 경찰서, 국회의사당, 공청, 역, 대학, 대규모병원, 운동장, 주요 교량, 대규모 주택단지, 대규모 문화시설 등) * 주요 도로시설 (중요교차로명, 고속국도 IC명, 도로명) * 위의 사항에 준하는 교통량 이상을 유발하는 시설 ② 제2선정조건 * 위의 사항에 준하는 교통량 유발 시설 ③ 기타선정조건 * 도심 및 부도심에서 시외곽지역으로의 방향인 경우, 진행방향에 위치한 교통 및 생활의 중심권도시를 표기 2. 기타도시(중소도시)의 경우 * 진행방향에 위치한 교통 및 생활의 중심권 도시
	회전 방향	* 회전지점에서 갈 수 있는 지점에 위의 직진방향의 경우와 동일
근거리	직진 방향	* 원거리의 제1, 2선정조건 중에서 가까이에 위치한 지점
	회전 방향	* 회전지점에서 갈 수 있는 지점으로 위의 직진 경우와 동일

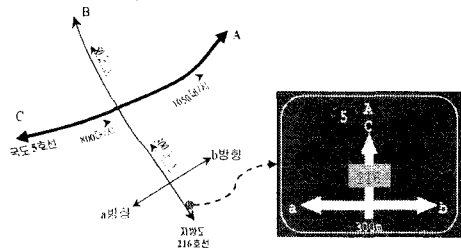


그림 4.3 통과교통량을 반영한 문안선정의 예

그러나 이같은 확정적 지식이외에 위의 <그림 4.3>에서와 같이 문안의 선정에 있어 교통량을 반영하지 않을 경우 직진의 원거리가 "B"로 책정되지만 교통량

1) Rule의 산출과 관련된 내용은 지식베이스의 구현 부분에서 자세히 상술한다.

을 반영할 경우 대다수의 통행이 집중되는 “국도 5호선”으로 “A”, “C”로 대표되는 직진방향의 문안이 선정된다.

이 경우 교통량의 차이에 대한 전문가의 지식이 필요하게 되며 개선안에 대한 전문가 인터뷰를 통해 어느 정도의 교통량 차이가 운전상의 일반적 경로에 해당하는지를 조사하고, 이 자료를 바탕으로 전문가시스템에서 특정의 Rule을 정형화하게 된다.

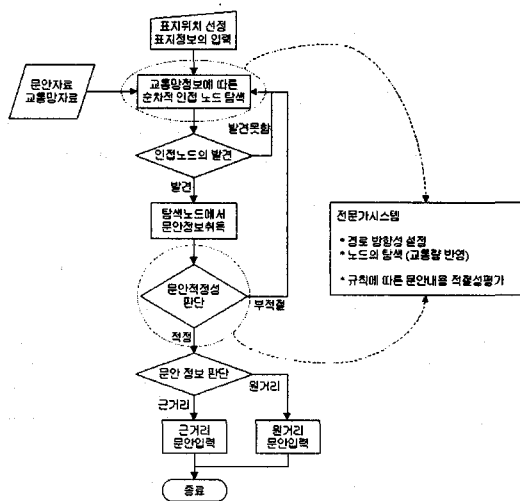


그림 4.4 문안선정 흐름도

이같은 문안의 선정과정은 전반적으로 <그림 4.4>의 흐름과 같으며 문안의 선정은 일반원칙에 따라 근거리 및 원거리를 선정하게 되나 관측 교통량 등의 변수를 감안한 Judgmental Knowledge를 활용하게 되며 GIS에서 구축된 교통량 DB를 이용하게 된다.

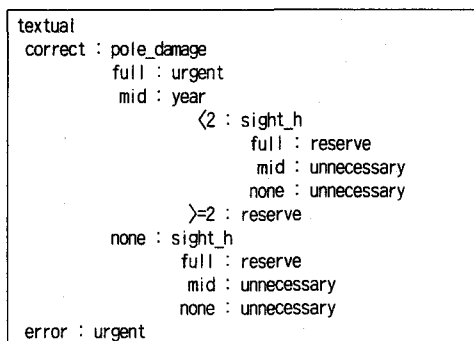
한편 표지의 교체업무에 있어서도 관련전문가(각 지방정부의 교통개선계획 전문위원 및 학교와 연구단체의 교통연구가)들이 몇몇 실제상황에서 대처한 자료를 바탕으로 <표 4.2>과 같은 과거의 경험자료를 우선 구축하며, 이를 토대로 귀납적 Rule생성도구인 ACLS의 규칙 생성 단계를 거치면 <표 4.3>와 같은 Decision Tree 유형의 Knowledge이 생성된다.

표 4.2 표지교체 시급도에 대한 전문가 의견  
Arterial : 간선도로 C&D : 집·분산도로  
Local : 국지도로

도로	시계	비속	지주	도색	문안	사건도
위계	상대	진도	기간	비속	비속	유류
Arterial	Full	Full	4	None	Full	Error Urgent
Arterial	Mid	None	2	None	Mid	Error Reserve
Arterial	None	Mid	2	None	Mid	Correct unnecessary
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:
C&D	None	None	1	Mid	None	Correct unnecessary
C&D	None	None	1	None	Mid	Error Urgent
C&D	Full	Mid	1	None	None	Correct Reserve
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:
Local	None	Mid	4	Full	Full	Error Urgent
Local	Full	Full	2	Mid	Mid	Error Urgent
Local	None	Mid	4	Mid	Full	Correct Reserve
:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:

표 4.3 Decision Tree의 생성

Textual : 문안 Pole\_Damage : 지주손상  
Sight\_h : 시거장애



한편 Decision Tree 위주의 Knowledge를 풀어서 도식화하면 <그림 4.5>과 같다. 즉, 위의 실제 전문가 판단의 자료를 바탕으로 ACLS 형식의 Rule을 생성하면 “표지문안 오류”에 해당하는 내용이 가장 우선적인 판단대상으로 나타나며 문안 오류의 유무를 따라 다음 판단대상을 비교하는 형식으로 최종 시급도를 산출해 낸다.



이러한 기능은 지리정보시스템이 기본적으로 제공하는 것으로 화면상의 지도를 사용자가 보면서 직접 속성정보를 확인하는 작업을 통해 빠른 시간에 효율적인 업무관리를 수행하는 데 가장 기초적인 역할을 수행한다.

또한 데이터베이스 기술이 확장, 발전함에 따라 기존의 문자형태의 정보뿐만 아니라 사진, 영상, 음성 등의 멀티미디어 정보도 도형객체에 연결시킬 수 있는 기능도 제공한다.

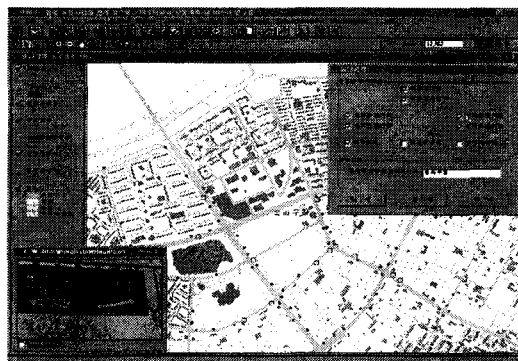


그림 5.3 도로표지상의 문인검색 결과

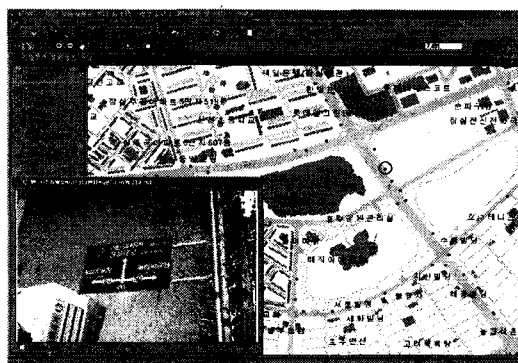


그림 5.2 다양한 속성정보의 연결

<그림 5.2>는 도로표지판에 대한 사진정보를 검색한 것으로 사용자가 일반 속성정보를 검색하는 방식과 유사한 작업을 통해 도로표지판을 선택하면 해당 도로표지의 사진정보를 별도의 화면에서 보여지게 된다. 이를 통해 문자정보에만 의존하던 기존의 관리체계를 다양한 멀티미디어 정보와 함께 관리하게 됨으로 업무의 효율성을 증가시킬 수 있다.

## 5.2 시설 교체와 유지보수업무의 구현사례

### 5.2.1 도로표지 문인검색을 통한 교체대상의 선택

도로표지의 개별 정보 중 표지의 문안을 데이터베이스화하여 시스템에서 관리함으로써 특정문안을 사용하고 있는 도로표지를 효율적으로 선택하여 관리할 수 있다.

<그림 5.3>의 경우 “송파구청”이라는 문안이 방향별 표지문안 전체 대해서 검색한 결과 화면을 보여주는 것으로 이와 같은 기능을 통해 “송파구청”이 표기된 도로표지가 공간적으로 어떻게 분포하는지, 그리고 표지상호간의 연계성이 확보되어 있는지, 또는 “송파구청”이 이전했을 경우, 표지문안의 교체가 필요한 도로표지를 선택할 수 있게 된다.

### 5.2.2 지식기반의 신규, 교체 표지판 문안선정

신규도로표지를 설치하거나 기존의 도로표지를 교체할 경우 도로표지의 방향별 문안을 객관적으로 선정하는 작업은 매우 복잡한 주변 지리정보를 요구한다. 또한 도로망의 특성에 따라 격자형 네트워크가 아닌 경우는 전술한 바와 같이 전문가가 직접 교통량을 반영하여 도로표지의 방향별 문안을 선택하는 작업을 수행해야 한다.

<그림 5.4>의 경우 해당지역의 주요 지명, Landmark, 지형지물 등 표지문안의 후보가 될 수 있는 데이터베이스와 문안선정을 위해 적용되는 도로표지문안선정 원칙이 일정의 지식베이스화 되어 있어 사용자가 표지의 위치만 선정하면 해당 도로표지의 방향별 최적 문안을 선택하여 확인할 수 있게 해준다.

기본적으로 이러한 문안의 선정은 전술한 부분과 같이 GIS의 공간 및 속성 데이터와 근거리, 원거리 지정문안 생성 원칙에 의거하여 이루어진다.

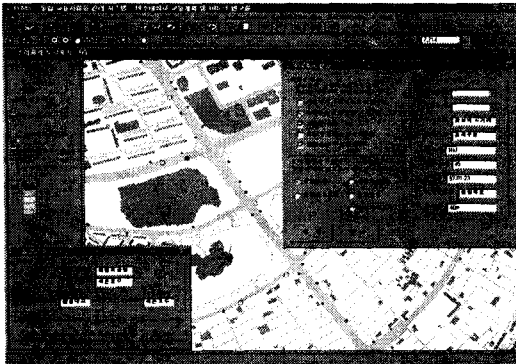


그림 5.4 지식베이스에 기반한 신규 도로표지의 설치와 문안선정

### 5.3 평가와 분석업무의 구현사례

#### 5.3.1 도로표지의 연계성 평가

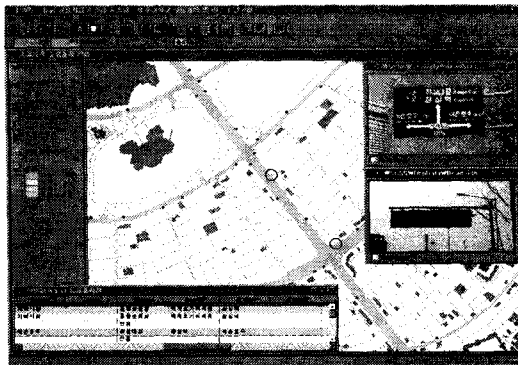


그림 5.5 도로표지의 문안 연계성 평가

도로표지의 문안정보를 통해 선정된 문안의 경우 인접 도로표지와와의 연계성이 확보되어야 도로 이용자의 정확한 경로안내가 가능해진다. 이는 <그림 5.5>의 경우처럼 아래쪽 표지판의 우회전 문안은 “잠실역”으로 표기되고 위쪽 표지의 직진이 “잠실역”으로 표기되어야 도로표지의 연계성이 확보되는 것을 의미하는 것이다.

기존의 업무에 있어 표지 연계성 확보는 모든 도로

표지를 전문가가 순차적으로 검색하면서 관리하기 때문에 많은 인력과 시간이 소모되었다. 하지만 본 시스템의 경우 모든 도로표지가 상호 연계되어 관리되므로 평가업무에 있어 신속하게 연계성을 확인할 수 있다.

#### 5.3.2 도로표지 교체작업의 예산추정과 승인

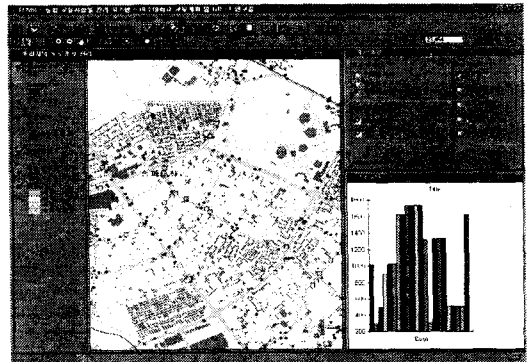


그림 5.6 교체 대상에 대한 예산추정과 승인

기존의 도로표지 교체업무에 있어 예산 추정업무는 관리자가 별도의 단가를 교체대상 도로표지마다 산정하여, 수작업에 의해 수행해 왔다.

도로표지의 파손과 민원, 오류사항, 유지보수 기간 등에 대한 전문가의 의견을 고려하여 전술한 바와 같이 전문가의 과거의 경험에 비추어 생성된 규칙 (ACLS를 통해서 구현된 Rule)에 따라 <그림 5.6>과 같이 도로표지를 검색한 후 해당 표지에 대하여 교체 사항 별 검토사항을 선택하고 예산추정을 하게되면, GIS상에서 구축된 도로표지유형의 데이터베이스와 도로표지 교체, 신설에 소요되는 단가에 관련된 외부 데이터베이스가 조합되어 자동으로 단가를 연산하여 해당 교체작업에 필요한 예산을 정확히 산출하게 된다.

## 6. 결론 및 향후과제

시설물의 관리는 설치 이후에 시설물 본연의 기능을 발휘하기 위해서는 지속적인 유지보수와 관리가

요구된다. 그러나 우리나라 교통시설물의 경우 관리인원의 부족과 예산의 부족, 체계적인 행정업무의 부족으로 인해 원활한 시설물의 관리가 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 시설물에 대한 유지보수 및 관리 업무를 적은 인원과 예산으로 보다 효과적으로 수행하기 위해서 지리정보시스템과 전문가시스템을 이용한 통합환경을 구축함으로써 시설물을 효율적으로 관리할 수 있는 체계적인 기법을 개발하였다.

지리정보시스템을 활용하여 각종 교통관련 시설물의 데이터베이스를 구축하고, 이것들이 공간적으로 어떻게 분포하는지, 또한 시설물의 형상과 정보는 어떠한지를 컴퓨터를 통해 쉽게 확인할 수 있고, 시설물의 교체와 예산편성 등의 작업에 있어 전문가의 기능을 어느정도 대신할 수 있는 의사결정지원체계의 한 구성요소로서 전문가시스템을 도입하였다.

특히 도로표지판에 주목하여 기본적 도로표지시설물의 관리는 물론 문안의 설정, 예산배정 등의 실무적인 일들에 대한 지원체계를 확립하였고 이를 의사결정 지원 보조시스템으로 시스템화하였다. 이러한 개념의 시스템은 이미 몇 군데의 지방정부에 설치되었고 향후 지속적인 자료갱신과 포괄적 유지보수 등을 통해 효율적이며 효과적인 시설물 관리를 수행하는데 일익을 담당할 수 있을 것으로 판단된다.

\* “이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음“

## 참 고 문 헌

1. ESRI. Using ArcView GIS, ESRI Inc., 1996
2. ESRI. Using Avenue, ESRI Inc., 1996
3. Amir Razavi. ArcView<sup>®</sup>/Avenew<sup>™</sup> Programmer's Reference, ONWORD Press, 1995
4. Amir H. Razavi. ArcView Developer's Guide, ONWORD Press, 1995
5. T.J.Kim, Wiggins and Wright. Expert Systems : Applications to Urban Planning, Springer-Verlag, 1990
6. Keechoo Choi. The Implementation of an Intergrated Transportation Planning Model with GIS and Expert Systems for Interactive Transportation Planning. PhD thesis, University of Illinois, 1993
7. Wright, Wiggins, Jain and Kim. Expert Systems in Environmental Planning, Springer-Verlag, 1993
8. Efraim Turban. Decision Support and Expert Systems Management Support Systems
9. Jeffrey M. Hamer. Facility Management Systems, Van Nostrand Reinhold, 1988