한국지리정보학회지 7권 2호 : 69~77(2004)

지리정보체계를 이용한 송배전 지하시설물관리시스템 구축

장용구[1*] · 강인준[2] · 김상석[2] · 양승태[2]

Building Underground Facility Management System of Power Transmission and Power Distribution using GIS

Yong-Gu JANG[1*] · In-Joon KANG[2] · Sang-Seok KIM[2] · Seung-Tae YANG[2]

요 약

현재 국내에서 관리하고 있는 지하시설물들은 몇몇의 문제점을 가지고 있다. 특히, 한국전력공사의 경우 현장에서 구축되는 지리정보 및 속성정보의 신속한 갱신이 되지 않아 보다 정밀하고 안정된 한국전력 선로관리가 어려운 실정이다. 또한, 토목공사 현장에서 관리감독을 수행하고 있는 한국전력 관계자들은 지리정보체계에 대한 지식과 정보는 부족하지만, 현장에 부합되는 지리정보 및 속성정보를 파악하고 있다. 따라서 보다 효율적인 한국전력의 선로관리를 위해서는 이들의 업무분석내용을 충분히 참조해야 하는데 기존의 한국전력 선로관리시스템의 정보는 그러하지 못한 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 한국전력공사에서 시설물공사를 통하여 구축된 송·배전 지하시설물에 관한 지리정보 및 속성정보를 이용하여 실무자에게 보다 쉽고 안전하게 유지 관리할 수 있도록 사용자 중심의 송·배전 지하시설물관리시스템을 구축하였다.

주요어: 한국전력, 지리정보, 속성정보, 송배전, 지하시설물관리, 수치지도

ABSTRACT

Now, there are some problems to manage underground facilities in domestic. Specially, in the case of KEPCO(Korea Electric Power Corporation), it is so difficult to manage electronic line more stably and detailedly because the geographic information and attribute information being built is not easy to be updated in the field. KEPCO officials who are accompanying management and supervision in earthwork do not have sufficient knowledge and information about GIS but they grasp the information of geography and property which coincide with the field. Therefore they have to refer their business analysis contents sufficiently for more efficient lines management in the KEPCO, but it is problem that the existing information of electronic lines management system is not. In this study, we constructed power transmission and power distribution underground facility management system for the user to manage and maintain underground facilities more easily and safely using the information of geography

2004년 5월 20일 접수 Recieved on May 20, 2004 / 2004년 6월 17일 심사완료 Accepted on June 17, 2004

1 한국건설기술연구원 GIS/LBS연구센터 GIS/LBS Research Project Center, Korea Institute of Construction Technology
2 부산대학교 토목공학과 Department of Civil Engineering, Pusan National University
* 연락저자 E-mail: wkddydrn@kict.re.kr

and property about power transmission and power distribution underground facility which have been built by KEPCO.

KEYWORDS: KEPCO, Geographic Information, Attribute Information, Power Trasmission and Power Distribution, Underground Facility Management, Digital Map

서 론

시설물 중 지하시설물에 대한 위험성은 몇 해 사이에 일반인들에게 매우 큰 관심사가 되고 있다. 대구의 도시가스관 폭파사건, 울산산업도로상의 도로와 지하시설물사이의 위치정확도의 문제점 때문에 발생한 전력중단사고, 대구지하철 방화로 인한 지하시설물의 손상 등의 사고는 인명피해와 함께 매우 큰 경제적 손실을 유발하기 때문에 보다 정확하고 자동화된 지리정보체계의 구축의 필요성이 제기되고 있다. 지하시설물에 관한 연구 및 관리는 국내에서 최근 상당히 많이 이루어지고 있는 상태이지만, 아직 각각의 지하시설물을 담당하고 있는 기관들이 서로 상호협력이 안되고 있는 상태이기 때문에 통합관리는 어려운 실정에 있다. 또한, 각각의 지하시설물을 담당하고 있는 기관에서도 구축된 지하시설물의 정보가 오래되었고, 현재 구축되고 있는 지하시설물구축자료의 갱신이 신속하게 이루어지지 못하고 있다.

지하시설물관리를 위한 국내의 연구사례를 살펴보면, 부산지하철 3호선의 지하시설물탐사와 측량을 통한 자료를 이용한 지하시설물관리에 관한 연구(강인준 등, 1997), 지하철 공사측량에 있어서 지하시설물의 위험도를 분석하기 위한 연구(강인준 등, 1997), 국가전체의 관망해석기반의 상·하수도지하시설물 관리를 위한 관망해석시스템의 개발(김계호 등, 1998) 등 있었지만 대부분이 지하시설물 전체에 관련된 데이터베이스구축과 운영방안에 관한 연구였고, 현장에서 이루어지는 지하시설물들의 실시간적 관리를 위한 현장중심의 지하시설물관리시스템에 관한 연구는 아직 미흡한 상태였다.

본 연구에서는 현재 한국전력공사에서 시설물공사를 통하여 구축된 송배전의 지하시설물에 관한 지리정보 및 속성정보를 이용하여 현장에서 관리를 담당하고 있는 사용자에게 보다 쉽고 안전하게 관리할 수 있는 사용자 중심의 송배전 지하시설물관리시스템을 구축하고, 개발된 시스템을 이용하여 공사를 담당하고 있는 실무자가 보다 쉽고 정확하게 지리정보와 속성정보를 입력하고 관리할 수 있도록 사용자설명서를 제시하여 보다 효율적인 지리정보관리구축 및 관리방안을 제시하고자 하였다.

송배전 지하시설물관리시스템

이 연구는 한국전력의 토목현장에 근무하고 있는 전문담당자와 충분한 토의를 통하여 이루어졌다. 한국전력의 토목현장 담당자의 가장 큰 어려움은 충분한 한국전력 지리정보시스템의 교육과 이해가 없어서 현장에서 이루어지는 지하시설물 탐사의 지리정보자료로의 정확한 성과물을 만들 수 없고, 현장에서 시공과 함께 이루어지는 실시간 현장중심의 지하시설물관리를 할 수 없기 때문에 토목공사 중 지하시설물의 손상으로 인한 큰 피해가 우려된다는 것이다. 이와 같은 문제점을 보완하기 위한 업무분석 및 사용자요구분석결과 3가지의 요구사항을 확인하였다. 첫째, 현장에서 이루어지는 지하시설물의 탐사 및 측량결과를 확인할 수 있고, 활용할 수 있는 현장중심의 지하시설물관리시스템을 개발하는 것 이였고 둘째, 토목현장에서 구축된 탐사 및 측량자료의 지리정보자료로의 변환을 통한 토목현장과 한국전력 지리정보 관리부서와의 신속한 업데이트된 지리정보자료를 구축하는 것이다. 셋째는 첫째 및 둘째의 요구사항을 처리하기 위한 현장에서 이루어지는 지하시설물의

탐사와 측량자료의 지리정보자료로의 신속한 변환을 위한 측량작업자들의 사용자메뉴얼을 작성하는 것이다.

업무현황 파악과 사용자요구분석을 통하여 개발한 송배전 지하시설물관리시스템은 현장의 사용자 중심으로 설계된 GUI에 기초를 둔 시스템이며, 시스템설계는 그림 1과 같다.

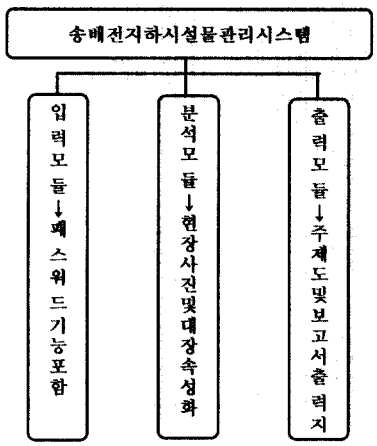

FIGURE 1. 시스템설계도

이 연구에서 개발한 지하시설물관리시스템은 입력모듈, 분석모듈, 출력모듈의 3개의 모듈로 제작하였다. 입력모듈에서는 관공서에서 활용하는 시스템이기 때문에 일반인의 접근을 제한하기 위해서 패스워드기능을 구현하였고, 분석모듈에서는 현장에서 탐사되고 측량된 대장과 현장사진들을 속성정보로 구축하여 분석기능을 수행하였다. 출력모듈에서는 출력형태를 도면과 보고서의 양식으로 출력가능하게 프로그램을 제작하였다.

현장에서 측량을 통하여 구축된 송배전자료는 지하시설물도의 수치지도로 구축되며, 지하시설물 수치지도는 국립지리원에서 발행하는 1:1,000 수치지도 상에 송배전 지하시설물 자료를 중첩하여 구축하였다. 따라서, 국립지리원에서 제공하고 있는 1:1,000 수치지도는 모든 도면층 자료를 가지고 있기 때문에 지리정보체계의 지리정보자료로 모든 도면층 자료를 구축할 수는 없다. 따라서, 본 연구에서는 현장의 한국전력 담당자들과의 토의 및 업무분석을 통하여 지리자료로 구축할 도면층 자료를 분류하였다.

TABLE 1. 송배전 지하시설물관리시스템의 도면층 자료

도 식	CODE	지형지물명	데이터 형태	색상
	SC300	변전소울타리	POLYGON	흑색
	SC302	송전철탑울타리	POLYGON	흑색
	SC400	송전지지물외곽선	POLYGON	적색
E	SC510	송전맨홀	POINT	적색
	SC511	송전맨홀외곽선	POLYGON	적색
- - - - - -	SC520	송전관로외곽선	PLINE	적색
	SC523	송전관로중심선	PLINE	적색
	SC540	환기구BOX	POLYGON	적색
	SC541	환기구	POINT	적색
	SC620	전력구외곽선	PLINE	적색
	SC623	전력구중심선	PLINE	적색
명 칭	SCP	지점명칭(Height=1.5)	TEXT	흑색
제 원	TSC520	제원(Height=1.5)	TEXT	흑색
심 도	TN	매설깊이	TEXT	흑색

표 1 은 이 연구에서 개발한 송배전시스템의 지리정보자료로 구축하기 위해 선별한 도면층을 보여준다.

이 연구를 통하여 구축한 송배전 지하시설물 관리시스템은 급변하는 지리정보에 대하여 보다 빠르게 대처하고 효율적으로 관리하기 위하여 구축한 프로그램이다. 이 시스템은 현재 건설현장에서 근무하고 있는 다수의 한국전력 담당자와의 만남과 토의를 통하여 업무분석을 수행함으로써 현장에서 필요하도록 구축한 것이므로, 자료분석도 현장 담당자들의 필요성과 중요도에 따라 수행하였다.

적용사례

연구지역은 한국전력 사업구간 중 부산광역시 연제구 연산동 일대를 대상으로 하였으며, 그림 2와 그림 3은 각각 연구대상지역을 인공위성영상 및 수치지도상으로 보여준다.

이 연구는 2003년도에 연구를 수행한 것으로 한국전력공사에서 제공해주는 수치도면, 현장작업대장, 현장사진, 측량자료 등을 시스템개발의 데이터로 활용하였으며, 현장에서 이루어진 측량성과를 기반으로 지리정보체계를 구축하고 현장의 한국전력 담당자들이 보다 효율적으로 관리할 수 있도록 하기 위해서 송배전 지하시설물관리시스템을 개발하였다. 따라서 이 연구에서의 현장작업은 현장 관리자인 한국전력 담당자들과의 업무분석과 현장상황 파악부분이었고, 거의 대부분이 내업과 응용프로그램의 개발을 위한 작업이었다.

현장측량자료와 지리정보자료 제출에 대해 현장작업자들이 정확히 인식할 수 있도록 하기 위하여 현장측량자를 위한 지침서와 현장관리를 수행하고 있는 한국전력 관리자들을 위한 관리지침서를 작성하였다.

현장에서 측량을 통하여 구축된 수치자료는 수치지도와 함께 중첩하여 성과물을 만들었으며, 성과물에는 국립지리원에서 제공하고 있는 1:1,000의 수치지도의 모든 도면층이 포함되어 있다. 따라서, 본 연구에서는 필요한 도면층만 선별하여 추출하고 현장측량으로 구축된 수치자료와 함께 지리정보로 변환해 주었다. 표 2는 1:1,000의 수치지도에서 선별 추출한 도면층의 정보를 나타내는 것이다.

FIGURE 2. LANDSAT과 SPOT 인공위성 영상위의 모델지역

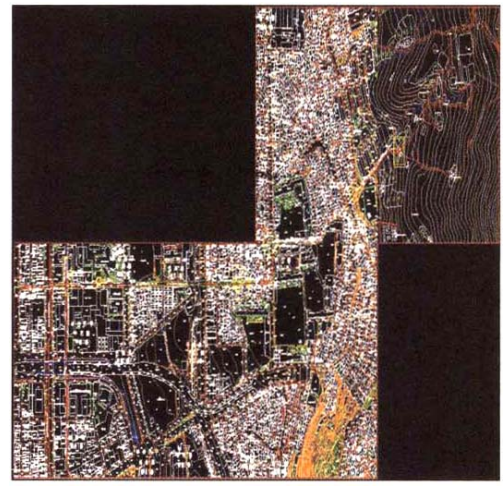

FIGURE 3. 연제구 연산동의 수치 모델지역

TABLE 2. 1:1,000 수치지도의 지리정보 도면층

도면층명	정 보
Road_total	수치지도상의 전체도로 정보
Road_cov	대상지역의 도로 정보
Contour	등고선 정보
Building	건물 정보
Underwater_m	하수도 맨홀 정보
Traffic_sign	교통신호등 정보
Top_water_m	상수도 맨홀 정보
Street_wood	가로수 정보
Street_lamp	가로등 정보
Level_point	표고점 정보
Gas_manh	가스 맨홀 정보
Elect_tower	전력주 정보
Correspond_m	나머지 부합되는 맨홀 정보

그림 4는 본 연구의 상세한 세부작업과정을 보여준다.

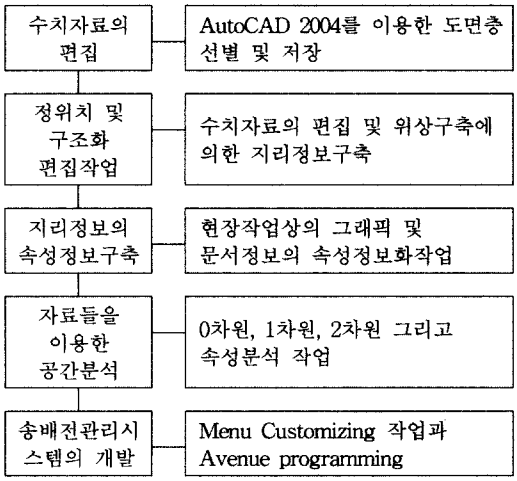

FIGURE 4. 연구의 상세작업내용

1. 송배전 선로의 지리정보와 속성정보 구축

본 연구를 통하여 구축한 지리정보는 한국전력에서 관리하고 있는 송배전 정보와 1:1,000 수치지도에서 제공하고 있는 정보 중 필요한 몇 가지 정보를 지리정보로 구축하였다.

수치정보들은 지리정보로 구축되기 위해서 DXF 형식의 자료로 변환이 먼저 이루어져야 한다. 이렇게 구축된 coverage 자료들은 위상관계가 구축이 되지 못한 상태이므로 위상관계를 구축해준다.

속성정보는 위상관계가 구축된 자료를 기반으로 데이터베이스 프로그램을 이용하여 구축하게 된다. 본 연구에서 사용한 ArcView는 지리정보와 함께 속성정보를 입력 및 편집할 수 있는 모듈을 가지고 있기 때문에 본 연구에서의 속성정보는 ArcView S/W상에서 입력하였다. 표 3은 본 연구에서 추가로 구축한 속성정보를 보여준다.

TABLE 3. 연구에서 구축한 속성정보

속성정보명	정 보
SC300	변전소 울타리 속성정보
SC302	성전철탑 울타리 속성정보
SC400	송전 지지물 외곽선 속성정보
SC510	송전맨홀 속성정보
SC511	송전맨홀외곽선 속성정보
SC520	송전관로 외곽선 속성정보
SC523	송전관로 중심선 속성정보
SC620	전력구 외곽선 속성정보
SC623	전력구 중심선 속성정보
Correspond_m	기타 맨홀 속성정보
Gas_manh	가스 맨홀 속성정보
Level_point	표고점 속성정보
Road_cov	대상지역 도로 속성정보
Road_total	전체 도로 속성정보
Street_lamp	가로등 속성정보
Stree_wood	가로수 속성정보
Top_water_m	상수도 맨홀 속성정보
Traffic_sign	교통신호등 속성정보
Under_water_m	하수도 맨홀 속성정보

속성정보는 지리정보 구축이 완료된 상태에서 구축하였다. 지리정보와 속성정보를 ArcView GIS S/W를 이용하여 응용프로그램을 제작하기 위해서 지리정보는 ArcView의 기본형식파일인 shape 파일로 변환하고 속성정보는 ArcView의 table 모듈로 구축하였다. 그림 5에서는 속성정보를 구축한 정보중 SC520 속성정보를 보여준다.

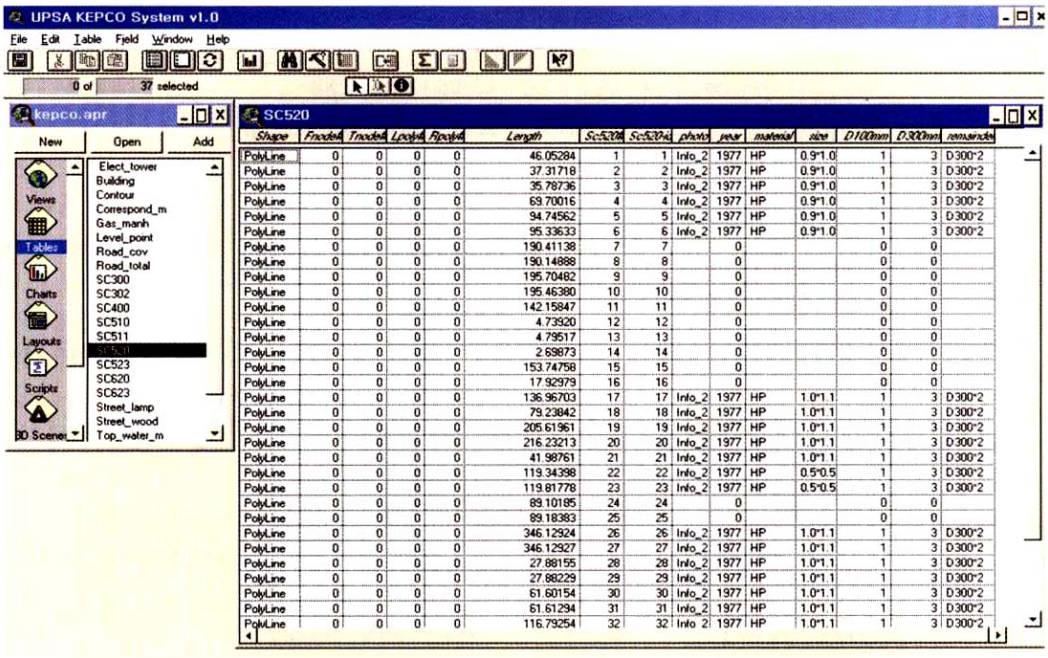

FIGURE 5. SC520 지리정보에 대한 속성정보의 구축 예

속성정보는 지리정보에 대한 속성정보, 전력구 대장, 송전관로 대장, 변전소 사진, 송전철탑 사진, 송전맨홀 대장으로 구축하였다. 이 중, 지리정보에 대한 속성정보는 table 모듈을 이용하여 속성정보를 구축하였으며, 전력구 대장, 송전관로 대장, 변전소 사진, 송전철탑 사진, 송전맨홀 대장은 ArcView의 hotlink 기능을 이용하여 지리정보와 연결되도록 구축하였다.

2. 송배전 선로중심의 자료분석

송배전관리의 가장 중요한 관리는 송배전 선로를 중심으로 하여 선로자체에 대한 관리와 선로와 연결된 맨홀과 송전철탑, 변전소 등의 관리이다. 본 연구는 송배전 자체에 대한 관리는 송배전 선로의 지리정보를 기반으로 한 자료분석을 통하여 수행하였으며, 맨홀, 송전철탑, 변전소 등의 관리는 hotlink 기능을 통하여 자료를 관리하도록 구축하였다. 표 4는 본 연구에서 송배전 선로에 관련된 정보를 관리하기 위해서 구축한 자료분석기능과 hotlink 기능을 나타낸 것이다.

TABLE 4. 자료분석기능과 hotlink 기능

자료분석기능명	기능 설명
SC520	송전관로 분석
Establishment Year	설치년도 질의을 통한 분석
Quality of Material	관로의 재질을 통한 분석
Remainder of pipe	관의 나머지 성질을 통한 분석
Depth	심도별 분석
Size	크기별 분석
SC620	전력구 분석
Establishment Year	설치년도 질의을 통한 분석
Quality of Material	관로의 재질을 통한 분석
Remainder of pipe	관의 나머지 성질을 통한 분석
Depth	심도별 분석
Establishment Year	설치년도 질의을 통한 분석
Quality of Material	관로의 재질을 통한 분석
Builder	사용자가 원하는 조합된 질의를 통한 분석
Hotlink기능명	**기능 설명**
전력구 대장	전력구 대장을 Hotlink로 관리
송전관로 대장	송전관로 대장을 Hotlink로 관리
변전소	변전소 사진을 Hotlink로 관리
송전철탑	송전철탑 사진을 Hotlink로 관리
송전맨홀	송전맨홀 사진을 Hotlink로 관리

그림 6은 자료분석기능 중 송전관로(SC520) 지리정보에 대하여 설치년도를 질의하는 모습을 나타내고 있다.

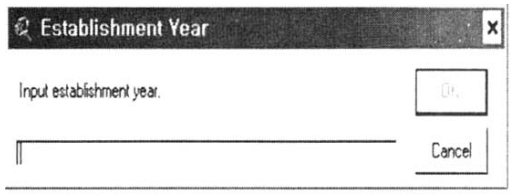

FIGURE 6. 설치년도를 질의하고 있는 모습

그림 7은 송전맨홀외곽선(SC511) 지리정보에 대하여 hotlink 기능을 통하여 송전맨홀 사진을 함께 관리하고 있는 모습을 보여준다.

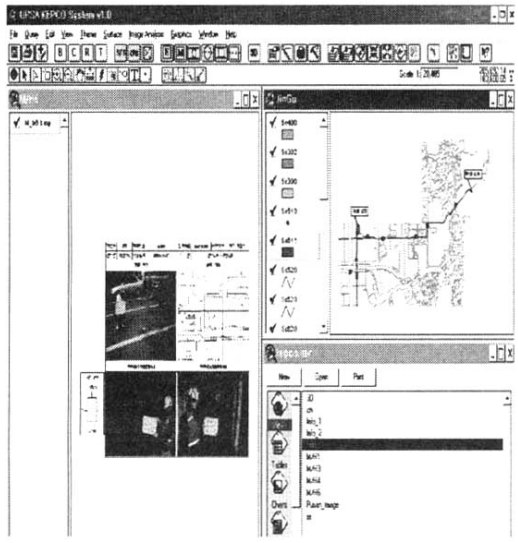

FIGURE 7. 송전맨홀정보을 함께 출력된 모습

3. 송배전 지하시설물 관리시스템 개발

송배전 지하시설물 관리시스템은 건설현장에서 한국전력의 송배전을 담당하고 있는 담당자들의 필요성에 의해서 개발한 프로그램이다. 본 연구에서 개발한 프로그램은 보다 저렴한 가격의 지리정보체계를 구축할 수 있으면서, 현장에서 바로 활용할 수 있는 PC급의 지리정보용 응용프로그램을 개발하기 위해 현재 국내에서 PC급으로 지리정보체계를 구축하는데 가장 많이 활용하고 있는 소프트웨어 중 ESRI사에서 개발한 ArcView version 3.3으로 개발된 프로그램이다. 송배전 지하시설물 관리시스템은 한국전력과 같은 관공서에서 활용해야 하기 때문에 프로그램 시작 시 암호를 묻도록 프로그램화 하였으며 ArcView상에서 최적화시키기 위해서 ArcView 자체에서 제공하고 있는 매크로언어인 Avenue를 이용하여 프로그램을 제작하였으며, 그림 8에서처럼 배전 지하시설물 관리시스템을 시작한 초기화면으로 자료의 보다 안전한 관리를 위해 암호를 물어보도록 프로그램화 되어있다.

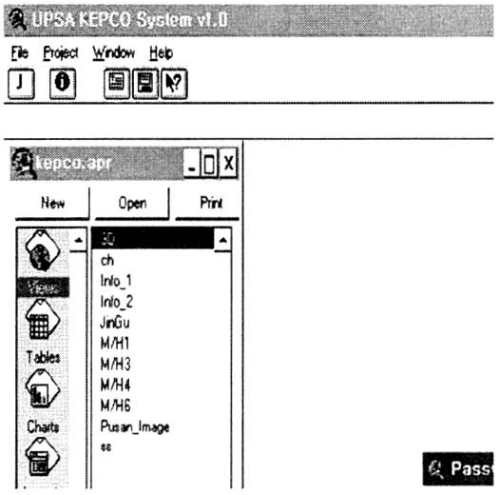

FIGURE 8. 송배전 지하시설물 관리시스템의 실행초기화면

송배전 지하시설물 관리시스템 구축을 위해 한국전력공사에서 활용하고 있는 모양의 버튼과 업무분석을 통한 자료분석 메뉴를 작성하였다. 이렇게 구축된 메뉴와 버튼들은 Avenue 언어를 통하여 구현될 수 있도록 프로그래밍 되어있다. 또한, 사용자가 필요한 지리정보를 보다 쉽게 출력할 수 있도록 버튼을 만들어 제공하고 있다. 또한, 메뉴와 버튼들의 기능구현은 Avenue 언어를 이용하여 구축하였다. 표 5는 송배전 지

하시설물 관리시스템 구축에 사용된 Avenue 언어의 내용 중 일부를 보여주고 있다.

TABLE 5. Avenue 언어의 소스 중 일부

```
'SC300 변전소
myView = av.GetActiveDoc
myTheme = myView.FindTheme("SC300")
if(myTheme.Isvisible)then
  myTheme.Setvisible(false)
else
  myTheme.Setvisible(true)
end

'SC302 송전철탑울타리 외곽선
myView = av.GetActiveDoc
myTheme = myView.FindTheme("SC302")
if(myTheme.Isvisible)then
  myTheme.Setvisible(false)
else
  myTheme.Setvisible(true)
end

'SC400 송전지지물외곽선
myView = av.GetActiveDoc
myTheme = myView.FindTheme("SC400")
if(myTheme.Isvisible)then
  myTheme.Setvisible(false)
else
  myTheme.Setvisible(true)
end
```

4. 사용자 매뉴얼 작성을 통한 지리정보관리

본 연구를 통하여 개발한 현장중심의 송배전 지하시설물관리시스템은 보다 신속하고 정확한 송배전의 지하시설물관리를 수행하기 위한 토목현장의 한국전력담당자들의 업무효율화를 위하여 개발된 것이다. 개발된 송배전 지하시설물관리시스템의 보다 효율적인 활용을 위해서는 토목현장에 근무하고 있는 한국전력담당자들의 시스템활용을 위한 관리자 교육도 중요하지만 더욱 중요한 것은 현장에서 지하시설물을 탐사하고 측량을 수행하는 측량자들의 교육과 관리자와 측량자가 보다 쉽게 읽고 활용할 수 있는 사용자매뉴얼을 작성하는 것이다. 따라서, 본 연구에서는 기존에 이루어졌던 관리자와 측량자가 지하시설물 탐사를 통하여 획득된 탐사 및 측량자료의 수치지도화정보를 지리정보로 쉽게 변환하고 제출할 수 있도록 관리자 및 측량자를 위한 매뉴얼을 작성하였다.

관리자와 측량자를 위한 사용자매뉴얼 활용과 충분한 관리자 및 측량자의 교육을 통하여 현재 이루어지고 있는 토목현장의 건설정보화에 맞추어 수치자료의 지리정보화자료로의 변환 및 활용을 유도하고 있는 정보정책방향에 측량 및 지리정보분야에 종사하는 전문가들의 위상과 입지를 확보할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 기존성과들의 지리정보화자료로의 변환 및 관리에 있어서 지하시설물에 관한 탐사 및 측량자료의 보다 신속한 지리정보구축 및 관리가 가능하여 다가오는 전자정부시대를 보다 능동적으로 맞이할 수 있을 것으로 사료된다.

결 론

벡터방식의 지리정보체계를 이용한 송배전지하시설물관리시스템 구축에 관한 연구결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 본 연구를 통하여 국내에서 시공되는 모든 구조물에 대한 지하시설물 탐사 및 측량을 통하여 구축된 자료를 지리정보체계를 관리하고 있는 관공서에서 보다 신속하게 이용할 수 있고 현장에서 관리하고 있는 관공서 직원이 보다 안전하고 신속하게 관리할 수 있는 한국전력 지하시설물관리시스템 개발이 가능하였다.

둘째, 현재 시공 및 측량을 수행하고 있는 사람들에게 지리정보체계구축을 위해서 정확한 성과작성을 위한 성과물 지침서를 본 연구를 통하여 작성할 수 있었으며, 이 지침서를 통해 보다 신속하고 안전한 지하시설물관리가 가능해질 것으로 판단된다

셋째, 지하시설물을 탐사 및 측량하는 사람과 더불어서 관공서의 관리자들을 위해서 측량을 통하여 구축된 지리정보자료를 활용하여 한국전력 지하시설물 관리를 위한 시스템운영 및 관리를 위한 지침서를 본 논문을 통하여 제작하

였다. 제작된 관리자 지침서를 활용하면 컴퓨터에 능숙하지 못한 관리자도 쉽게 한국전력 지하시설물 관리시스템을 관리 운용할 수 있을 것으로 사료된다.

그리고 본 연구는 한국전력의 송배전에 대한 관리시스템을 구축하였으나, 한국전력 뿐만 아니라 도시가스, 상수도, 하수도, 한국통신 등의 지하시설물을 관리하고 있는 관공서에도 응용활용이 가능하다. 따라서 앞으로 현장에서 관리하고 있는 사람들이 보다 안정적으로 관리하고 쉽게 운용할 수 있는 지하시설물 관리 응용지리정보체계의 개발이 이루어져야 할 것으로 생각된다. KAGIS

참고문헌

강인준, 장용구, 정영미. 1997. 지하철공사를 위한 지하매설물 관리시스템 개발. 한국측지학회지 15(1):75-80.

강인준, 정영미, 김기홍. 1996. 지형공간정보자료에 의한 시설물설계 관리도서 시스템 개발. 대한토목학회 학술발표회 논문집. 137-140쪽.

강인준, 정영미, 배상진. 1997. 지하철 공사 측량에 있어서 지하매설물의 위험도 분석. 부산대학교 도시문제연구소 도시연구보 5:51-57.

강인준, 박기태, 정재형. 1993. 시설물 데이터베이스에 의한 도로대장 관리. 한국측지학회지 11(2):101-106.

김계호, 김계현, 이종수, 조효섭, 최정민, 정미령, 김희두, 나광렬. 1998. 지하매설물관리시스템 개발 연구(건설교통부 보고서).

Bennett, D.A. 1997. A framwork for the integration of geographical information systems and modelbase management. International Journal of Geographical Information Science 11(4): 337-357.

Forgionne, G.A., R.F. Loqne and T.C. Armstrong. 1997. A geographical information system to facilitate military housing management. International Journal of Geographical Information Science 10(8): 991-1007.

Palladino, S.D. and K.K. Kemp. 1991. GIS teaching facilities: Six case studies on the acquisition and management of laboratories. NCGIA Technical Report 91-21. 121pp.

KAGIS