

도시내 소규모 단지의 상·하수도 시설물관리를 위한 GIS 기술의 활용

The Management of Water Supply and Sewerage Facilities using GIS Technique for Urban Local Area

金忠平* · 金甘來**

Kim, Choong-Pyong · Kim, Kam-Lea

要 旨

도시 기반 시설중 하나인 상하수도는 도시 규모의 확대와 인구의 증가, 그리고 시설의 노후화로 인한 기존 관리 방법에 많은 한계가 나타나고 있는 실정이다. 또한 최근에는 하수에 의한 지하수의 오염과 수도관 파손 등에 의한 사고시 신속한 대응능력의 부족으로 행정적인 문제가 빈번히 발생하고 있는 현실이 GIS에 의한 시설물관리의 필요성이 절실히 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 감안하여 시설물관리 방법으로 GIS기법을 이용하여 체계적이고 합리적인 시설물 유지관리가 가능할 수 있는 계기를 마련하고자 한다. 끝으로 상하수도 시설물관리에 GIS기법을 활용함으로써 합리적이고 체계적인 시설물관리가 가능함을 제시하고 시설물관리의 응용방안을 제시하여 실무자의 업무 효율을 극대화함으로써 본 연구의 목적을 달성하고자 한다.

ABSTRACT

Today there are many problems of facility management, water supply and sewerage, because expansion of urban and growing of population, limitation of old facility management. The nearest, it is needed to use GIS technique to reduce the pollution of underground water from sewage leaking and to make quick search of an accident area for water service pipe damage. Therefore, this paper shows that GIS is efficient and scientific technique for management of Urban facilities, water supply and sewerage. Finally, I think that this study help managers of facilities.

1. 서 론

1.1 연구의 목적

과거의 소규모 단위의 관리방법, 수작업에 의한 관리 형태는 현재와 같은 대규모의 시설물 관리 상황에 적용하는데 있어서는 기술적, 시간적인 문제가 많이 발생하고 있다. 따라서 정책수립의 적절성의 어려움으로 인해 민원의 증가와 예산확보의 어려움이 발생하고 있다.

이러한 근본적인 문제의 해결과 도시 시설물 관리체계를 합리화하여 체계적인 관리 및 유지보완의 기술적인 방법을 수립하고 아래의 구체적인 목적달성을 위하

여 시설물 관리 전산화시스템 개발에 본 연구의 목적이 있다.

- 도로별 지상, 지하 점용물의 정확한 파악으로 세원 발굴 및 지방화, 정보화 사회에 대비한 능동적, 과학적 도시행정체계 구축의 기술적인 방법을 지원하고

- 항공사진 측량과 지리정보시스템(GIS)을 이용하여 도로, 상·하수도 등의 각종 도시 기반시설과 지역내 주택, 건축, 교통 등 도시행정 수행에 필요한 제반자료를 지형과 연계, 입체적, 계량적으로 관리 활용할 수 있는 『시설물 관리 종합정보 시스템』을 구축

1.2 연구의 범위

본 연구의 범위는 여수시(구 여천시) 일원으로 면적은 약 0.48 km²이며 연구대상 주요 시설물은 상·하수

*명지대학교 박사과정 수료
**명지대학교 토목·환경공학과 교수

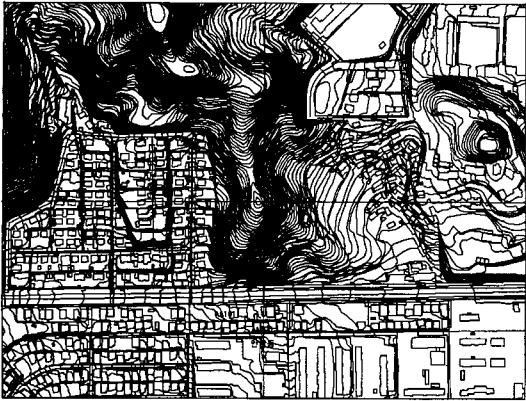


그림 1. 연구 대상 지역

도 시설이다.

2. GIS기술의 현황 및 동향

2.1 지리정보시스템(GIS)의 구비기능

2.1.1 기본기능

지리정보시스템은 기본적으로 그래픽자료의 처리기능, 문자자료 처리기능 및 그래픽자료와 문자자료를 연결하는 공간분석기능 등 3가지 기능을 구비하고 있다.

2.1.2 일반기능(General Function)

지리정보시스템의 일반적인 기능으로는 원시자료로부터 최초로 컴퓨터 입력이 이루어지는 자료의 획득/입력과 이를 구조적으로 GIS에 적합하도록 가공하는 데이터베이스 구축과 이를 분석하고 해석하는 기능 및 결과물을 표현하고 출력하는 기능으로 대별할 수 있다.

2.2 지리정보시스템의 주요기능

2.2.1 그래픽 처리

그래픽처리는 지리정보시스템 소프트웨어가 갖추어야 할 가장 기본적인 기능으로써 점, 선, 면으로 구성되는 다양한 도형 요소들을 사용자가 편리하게 입력, 편집, 관리할 수 있도록 기능이 구비되어 있어야 한다.

2.2.2 데이터베이스 관리

GIS S/W는 도형 정보와 비도형 정보를 저장하고 상호 연결시켜 다양한 형태의 조회와 분석을 가능하게 하여야 한다. 보통의 경우 도형데이터는 GIS S/W가 자체 보유하는 도형데이터베이스로 관리하고, 비도형 데이터는 GIS S/W자체에서 제공하는 데이터베이스를 사용

하는 형태와 ORACLE, INFORMIX, INGRESS 등의 외부범용 DBMS를 GIS S/W가 연결하여 사용하는 형태가 있다.

2.2.3. 지도 제작 및 위상학적 분석

GIS는 다양한 유형과 축척을 갖는 수많은 지도, 도면을 연결된 형태로 관리하여야 하며, 또한 지도, 도면의 도형 형상들은 각각 자신의 절대적인 위치 및 상대적인 위치를 인식하는 기능을 보유하고 있어야 한다.

2.2.4. 자료의 호환성

시스템 구축은 여러가지 문제, 예를 들면 비용, 시간 등의 요인으로 인하여 통합적으로 구축되지 않고 개개의 단위별로 구축되는 것이 일반적인 추세이다. 따라서 이러한 시스템들을 통합하여 운영할 수 있는 환경 및 여러 GIS의 자료를 공유할 수 있는 호환성을 확보하는 것은 비용, 시간의 절감차원에서 중요한 문제가 되며 GIS구축 목적을 극대화하는 방법이기도 하다. 이러한 문제 해결을 위하여 시스템 구축시 자료의 공유를 위한 표준화 방안을 고려하여 DB를 설계하고 GIS가 이러한 기능을 지원할 수 있어야 한다.

2.3 GIS 관련 기술 동향

90년대 이후 컴퓨팅 환경 및 네트워크 기술의 급속한 발전은 GIS 구축에 있어서의 기술적인 부분과 컴퓨팅 환경에 직접적인 영향을 주었다. 이에 GIS 와 관련 최근의 정보기술의 변화와 동향을 정리해 보면 다음과 같다.

2.3.1 하드웨어 기술 동향

① 분산형의 등장

*기존에는 워크스테이션 이상의 하드웨어를 중심으로 중앙 집중형으로 운영

*저가의 하드웨어와 분산형 처리시스템으로 변모

*CPU 기능과 네트워크 기술의 발전

② 고성능 CPU의 등장

*Pentium Pro, MIPS R4000, DEC ALPHA AXP, UltraSPARC 등 고성능 CPU 등장

*연산비용의 절감

*16Bit에서 32Bit 처리환경으로 변모

*PC 급으로의 다운사이징

③ 가격의 하락

*1950년대와 비교하여 약 1/100,000 수준으로 하락

④ 네트워크(NetWork)

*네트워크 기술의 고도 발전

- * 대규모 지리면적의 커버가 가능한 고속 네트워크
- * 다양한 이용자의 욕구를 충족시킬 수 있는 데이터 교환의 통합

- * 처리능력과 데이터의 분산
 - * 복잡한 네트워크 관리를 위한 소프트웨어의 등장
 - * 운영체제와 데이터 교환의 기준, 고속 데이터 전송
- ### 2.3.2 소프트웨어 기술 동향

① Object-Oriented(객체지향)기술의 개발

* Point, Line, Polygon 개념보다는 도로, 학교와 같은 실세계의 객체 위주

- * 복합계층 구조, 상속계층 구조의 표현이 용이
- * 클래스간의 상속 가능, 자연세계를 쉽게 구조화하여 사용자 질의의 편리성

- * 네트워크 모델과 유사하며 데이터 검색이 효율적
- * 가변길이 데이터 저장 허용
- * 공간 및 속성데이터를 하나의 데이터베이스에 저장 관리
- * 공간의사 결정을 위한 전문가 시스템과 연계가 용이

2.3.3 데스크 탑 GIS

① 다운사이징(클라이언트/서버)

- * 대형 컴퓨터를 여러 대의 PC급 컴퓨터로 대체
- * 안정성, 보안성, 공유성, 동시성의 유지
- * 네트워크 시스템의 이용으로 PC를 이용하면서 대형 컴퓨터 수준의 다수 사용자 환경을 구현
- * 조직의 생산성 향상, 조직 유연성의 극대화 및 경쟁력의 향상

- * 클라이언트/서버 기술의 발달 가속화
- * 기능과 역할에 따라 다른 프로세서를 필요로 하는 클라이언트와 실제 프로세서를 수행하는 서버

② 클라이언트/서버 시스템의 출현 이유

- * PC를 스스로 활용할 수 있는 사용자가 많아졌다.
- * 개인 데이터 뿐만 아니라 조직의 데이터를 활용할 수 있는 정보환경의 뒷받침
- * 효율적인 클라이언트/서버 구현을 위한 DB설계와 네트워크 설계의 뒷받침
- * 클라이언트 컴퓨터를 쉽게 활용할 수 있는 GUI 환경의 구현

2.3.4 개방형 시스템(Open System)

- ① 실제적인 접속표준을 제공하는 컴퓨터 및 통신환경
- ② 다양한 시스템에서의 운영체제나 응용소프트웨어의 이식성 또는 탑재성
- ③ 최근 UNIX를 기초로 한 개방형 시스템

- ④ Open System Interface(OSI)를 지향하는 네트워크의 표준화

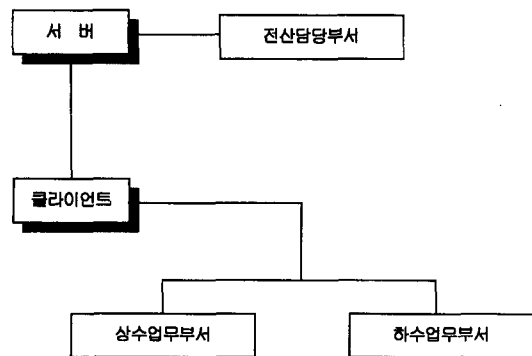
3. GIS 구축을 위한 시스템 설계

3.1 현행 업무분석

효율적인 GIS구축을 위하여 현재 수행하고 있는 업무를 정확히 파악하는 것이 중요하다. 본 연구를 위하여 서버(정보통계과)와 클라이언트(상·하수도과)의 구조를 갖는 형태로 업무분석 결과를 도출하였다.

3.1.1 업무분석 대상범위

3.1.2 부서별 업무분장 및 운영



일반적인 조직 구성상 상·하수시설물의 관리와 운영은 해당 실무부서의 고유기능이므로, 이러한 고유기능의 형태를 유지하면서 효율적인 시스템운영을 위하여 전체적인 시스템의 통합 및 운영은 전산담당부서로, 실제 시설물관리 시스템의 운영은 상·하수 부서에서 운영할 수 있는 조직구성으로 시스템을 구성하였다.

① 전산담당 부서

- 전체적인 시스템 통합관리
- 시스템운영 계획의 수립
- C/S(클라이언트/서버)의 NetWork관리 및 장애복구
- GIS 데이터의 백업 및 복구
- 시스템관리를 위한 추가 프로그램 개발
- 시스템 보안관리

② 상수업무부서

- 상수시스템 운영 및 데이터 입·출력 관리
- 상수시스템의 효율적인 운영을 위한 상수시설물 관리방안 개선

- 추가적인 기능사항을 전산담당부서와 협의

③ 하수업무부서

- 하수시스템 운영 및 데이터 입·출력 관리

- 하수시스템의 효율적인 운영을 위한 하수시설물 관리방안 개선

- 추가적인 기능사항을 전산담당부서와 협의

3.2 시스템 구축을 위한 논리모형

도시를 구성하고 있는 기간 시설물의 한 부분으로써 지하에 매설되어 있는 상·하수도 시설물은 시공과 유지보수에 많은 어려움이 있으나 국민들의 편익에 직접적인 영향을 주고, 특히 하수시설물은 환경문제와 밀접한 관계가 있다.

따라서 본 연구에서는 효율적인 시설물관리를 위한 시스템의 논리적인 모형을 다음과 같이 설정하여 연구를 수행하였다.

3.3 데이터 구축을 위한 테이블 설계

GIS구축의 성공여부를 결정하는 중요한 요소중에 하나가 데이터의 정확성 여부이며, 효율적인 테이블 설계는 시스템 운영 효율을 높일 수가 있다. 또한 타 시스템과의 통합운영과 구축 데이터의 갱신을 위하여 테이블 구조를 명확히 하는 것은 아주 중요하다.

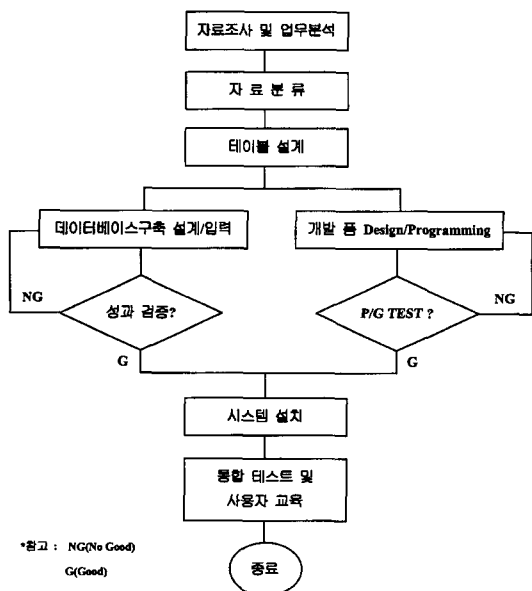


그림 2. 시스템구축을 위한 논리 흐름도

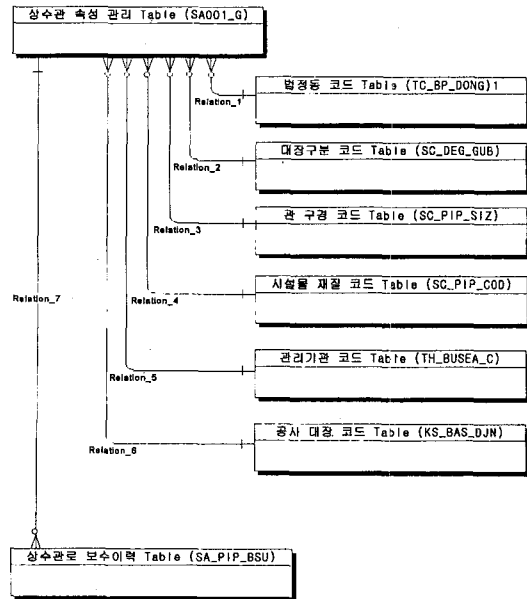


그림 3. 상수관 테이블 구성도

3.3.1 상수 시설

① 상수관

3.3.2 하수 시설

① 하수관(오/우수)

Table명칭 부여시 시설테이블 명칭은 NGIS에서 부

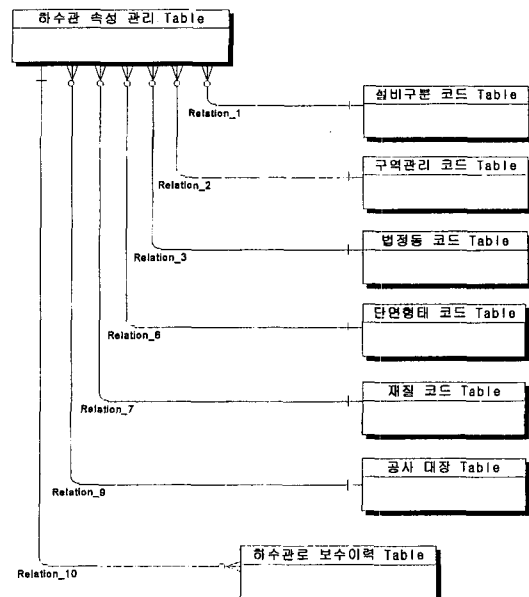


그림 4. 하수관 테이블 구성도

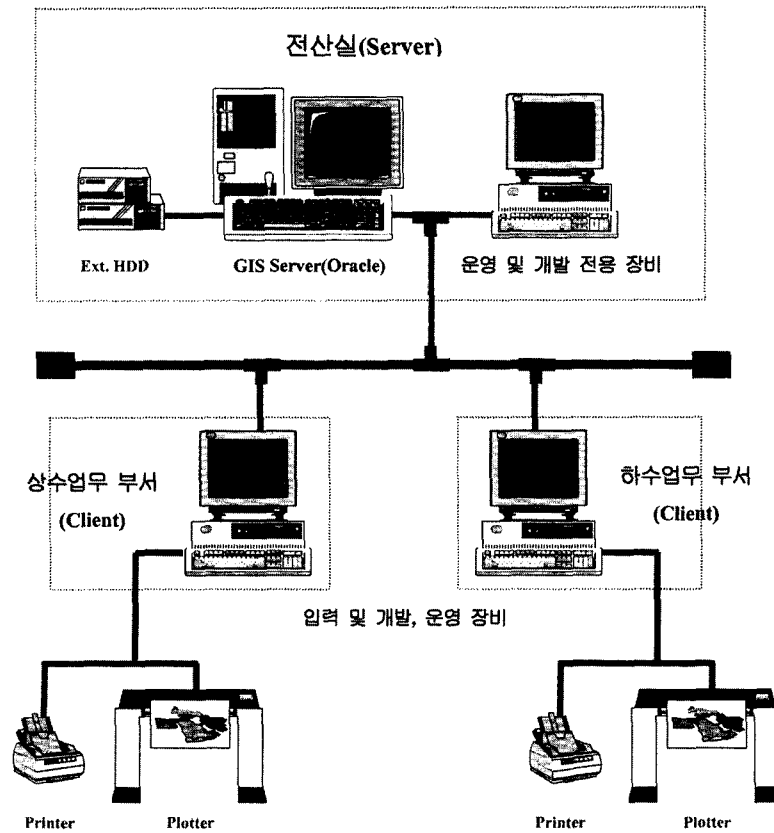


그림 5. 시스템 구성도

여한 시설코드값을 기준으로 설정하였고, 코드 테이블 명칭은 영문과 한글 발음을 혼합하여 설정하는 것을 원칙으로 하였다.

위에서 설계한 시설테이블에서 Code Table은 상하수 공통으로 사용하여 전체적인 테이블 크기를 줄였으며, Code Table의 Code부여규칙을 설정하여 코드값 추가 시 코드의 일관성을 유지하도록 설계를 하였다.

3.4 운영시스템 설계

앞 절에서 언급한 업무분석 결과를 토대로 시스템 구축비용과 운영의 효율성을 고려하여 다음과 같은 시스템을 구성하였다.

4. 연구 수행 과정

4.1 H/W 및 사용 S/W

본 연구 수행지역의 관리부서가 공간적으로 분리되어 있는 관계로 LAN을 통한 클라이언트/서버 구조로 시스템을

구축하였다. 필요한 H/W의 사양과 S/W는 다음과 같다.

4.1.1 H/W의 사양

- ① 서버
 - Memory : 128 MB
 - HDD : 9.1 GB * 2
 - Network Controller(10 Users)

② 클라이언트

- CPU : Pentium-II 300MHz
- Memory : 64MB
- HDD : 4.5GB
- NetWork : 10/100Base

4.1.2 사용 S/W

- Oracle 8.0
- Spatial Ware Enterprise SQL Suite 10 user
- MapInfo Professional V4.5
- MapBasic
- Delphi 3.0

표 1. 도형자료 구분

범주(Category)	사용도면	이용목적	비고
지형	NGIS 기본도 (지형)	지형 참조	
지번	도시계획도	상수 수도전 위치참조	위치 참조
상하수시설	상하수 시설대장	시설물에 대한 속성 표현	부속시설물 포함

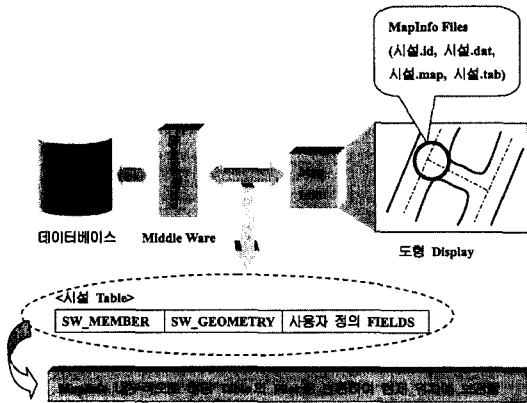


그림 6. Spatial Ware와 MapInfo간의 자료 연결

4.2 도형자료 및 속성자료 구축

본 연구에서는 상하수도 시설물의 관리를 위하여 도형정보 데이터베이스를 3개의 범주(Category)로 구분하였으며, 범주의 구분은 도면의 이용목적에 따라 화면상에 중첩하여 표시할 수 있다. 이중 기본도는 1:1,000 NGIS 데이터를 현지 지형조사를 통해 보완한 후 입력하였으며, 지적도면은 1:1,000 도시계획도를 입력하였다. 상하수 시설물도는 1:500 축척으로 현지 조사를 실시하여 새로이 작성한 도면을 Digitizing하여 입력하였으며 기타부속시설물은 상하수도를 표현하는데 참조가 되는 시설물을 선택적으로 화면상에 표시할 수 있도록 하였다. 본 연구의 목적상 지형도와 지적도는 상하수도 시설물을 관리를 위한 참조 데이터로

이용한다.

도형정보와 속성정보는 테이블 단위로 Oracle상에 구성되어 있으며 그림으로 표현하면 다음과 같다.

5. 결과
(화면설계 및 GIS운영 프로그램 개발)

현황 업무분석 내용을 바탕으로 사용자의 편의를 중심으로 시설물관리가 용이하도록 Delphi를 이용하여 화면설계와 프로그램하였고 전체적으로 MapInfo와 Spatial Ware를 통하여 모든 속성자료와 도형자료를

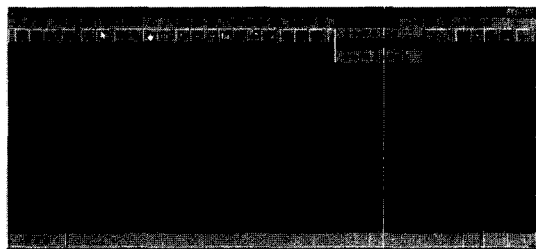
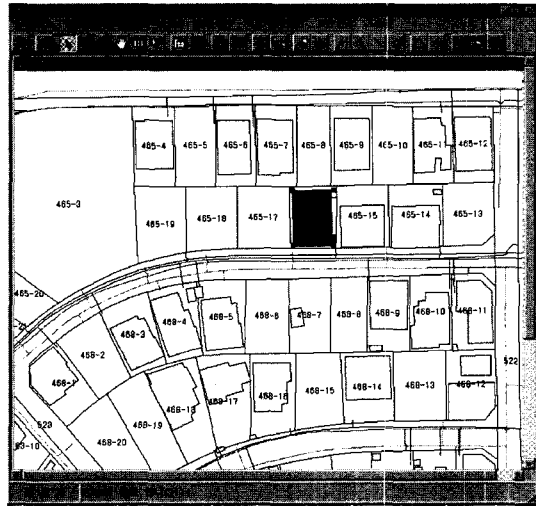


그림 7. 통계 처리 화면설계 내용

구역명	하수관 또는 하수거의 현황서					특수구역 또는 처리구역 명칭								여주시 공공하수도
	관					거(원형관) (m)								
	φ250	φ300	φ350	φ400	φ450	φ500	φ600	φ700	φ800	φ900	φ1000	φ1200	φ1350	소계
우-관기														
우-분계														
우-상암														

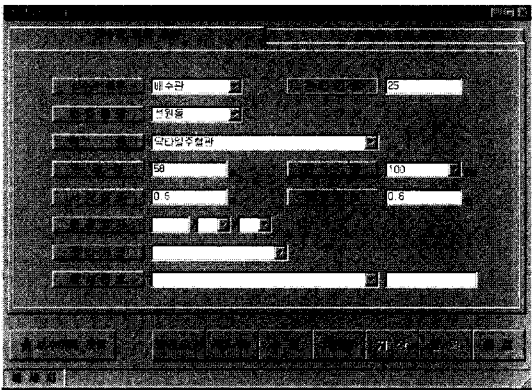
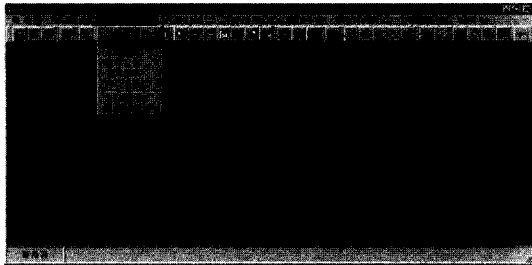


그림 8. 상수관 시설관리 화면설계

입/출력할 수 있으며 또한 관로에 대한 중횡단도 작성을 통해 타 시설물과의 공간적 위치 관계를 확인할 수 있도록 하였다.

5.1. 화면설계 내용

① 초기화면 및 통계관리

시설물에 대한 년도별, 관종별, 구역별 등의 통계 자료를 출력할 수 있게 하여 정책결정의 참고자료로 활용할 수 있도록 하고자 한다. 다음의 형식으로 통계자료를 출력한다.

② 시설관리

상/하수시설물에 대한 기본적인 속성을 관리할 수 있는 항목으로 속성자료와 도형자료의 연결을 통해 해당 위치를 신속히 조회할 수 있으며, 자료에 대한 입력/수정/삭제/종료 등의 기능이 제공되며 현재의 속성내용을 출력할 수 있게 하여 실무자의 참고자료로 활용할 수 있게 한다.

③ 횡단도면 관리

타 시설물과의 위치관계 확인으로 타 관로 통과 등의 정보를 확인하도록 하였다.

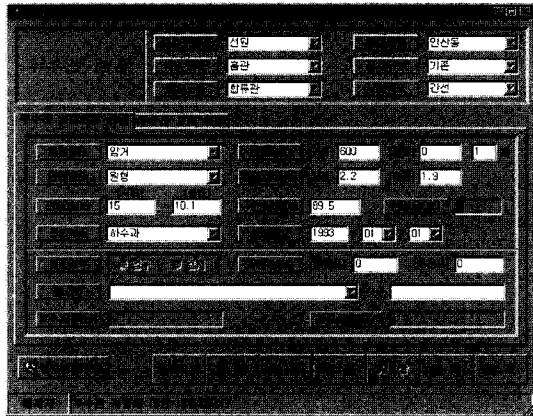
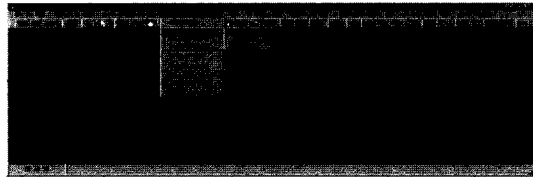


그림 9. 하수(우수)관 시설관리 화면설계

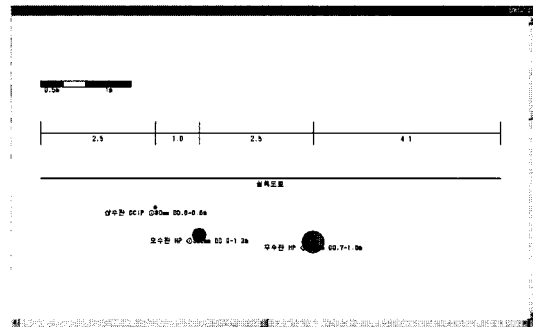


그림 10. 횡단도면관리 화면설계

5.2. 프로그램 개발 내용

① 일반 프로그램

4세대 언어인 Delphi프로그램의 Object개념을 이용하여 프로그램을 작성하였다. 모든 속성데이터는 Oracle과 연결되도록 설계 및 Coding을 하였다. Oracle에 있는 테이블의 속성 조회는 일반적인 SQL의 문법과 동일하며 보기는 다음과 같다.

▷속성정보

```
"Select sw_member from sb420_h where sw_member=sw_member and facility_c='SB001"
```

▷도형정보

```
'Open Table SB001_G As '우수관"
```

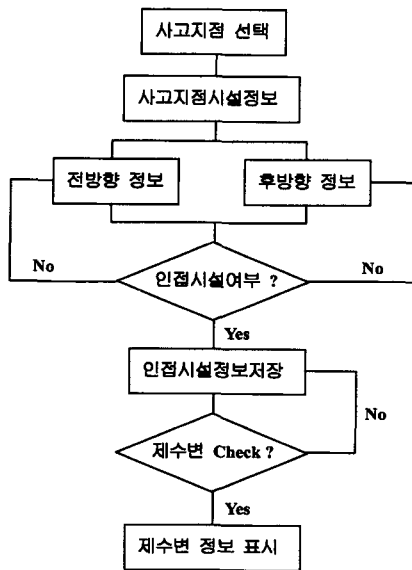


그림 11. 수도사고 관련 응용 프로그램 흐름도

② 응용 프로그램

수도사고시 제수변의 위치를 찾는 프로그램을 작성하였으며 흐름도는 다음과 같다.

③ 기타 프로그램

- 사진관리 프로그램
- 관로 추적 프로그램
- 도면 출력 프로그램
- 대장 출력 프로그램
- 통계처리 프로그램

6. 결과 분석

6.1 자료구축 과정

본 연구를 수행하기 위하여 구축한 기본도는 국가 표준 지형도 구축을 위하여 제작되고 있는 NGIS데이터를 현지 지형조사를 통하여 보완 측량 후 입력하여 지형지물의 누락 및 변경여부를 확인하였으며, 이를 통해 지형도의 정확성을 확보하였다. 시설물도면의 입력은 현지 조사를 통하여 도면을 새로이 작성하였으며 시설물에 대한 대장 조서를 작성하여 도형에 대한 속성정보를 입력하였다. 자료의 입력과정에서의 오차 및 데이터 누락 방지를 위하여 데이터를 Layer별로 Digitizing하는 방법으로 입력하였다. 이러한 방법으로 입력하는 것이 일반적인 방법이며 데이터를 Scanning후 Vectorizing하는 방법보다 직접 디지털이

징하는 방법이 입력의 효율을 높이는 것으로 확인되었다.

입력되는 모든 시설물 및 지형도는 Layer로 구분하여 구축하므로써 추후 데이터의 갱신 및 수정이 용이하며 사용자가 원하는 데이터만을 선택적으로 화면상에 표시할 수 있으므로 자료관리 및 활용성을 높일 수 있었다.

6.2 시스템 설계의 적절성

본 연구의 대상이 되었던 여수시의 공간적인 구성을 고려하여 클라이언트/서버의 환경으로 시스템을 구축하였다. 전산담당 부서의 서버와 시설물을 관리하는 실무 부서의 클라이언트간의 기능 및 역할을 고려한 각 부서에 맞는 H/W에 S/W를 설치하고 데이터의 위치를 서버에 두고 데이터를 공유할 수 있는 환경은 시스템의 유지관리 측면에서 가장 적절한 환경이라고 생각된다. 그러나 시스템의 운영과정에서 네트워크를 통하여 서버에 Access 하는 시간이 많이 소요되는 문제가 제기되었다. 이러한 문제점을 현재의 상태에서 최소화하기 위하여 시스템 운영프로그램상에서 네트워크 이용이 최소화되도록 조정하였으며 이를 통하여 적은 네트워크 용량으로 시스템 운영환경을 개선하는 계기를 마련하였다.

최종적으로, 시스템의 운영환경을 완벽히 구축하기 위해서 네트워크의 통신용량이 많은 전용회선을 이용하는 것은 장기적인 과제로 남기게 되었다.

6.3 지형자료와 지적자료의 중첩

시설물도면을 이용하기 위하여 기본도와 참조데이터로 이용하는 자료에는 지형데이터와 지적데이터를 같이 사용할 수가 있는데 이 두 자료의 위치정보 불일치로 인하여 동시에 중첩하여 이용하는 것에는 많은 제약이 따른다. 지형자료와 지적자료의 불일치문제는 GIS의 구축에 있어서 관련 종사자들이 반드시 해결하여야 될 과제이다.

본 연구에서는 이러한 문제로 인하여 기본도는 지형도를 우선으로 하였으며 지적데이터는 필요한 경우 상수시설물의 개략적인 위치 참조용으로만 이용하며 정확한 위치 참조는 지형데이터의 좌표를 이용하였다. 따라서 지적데이터 출력결과는 어떠한 활용근거로도 사용할 수 없도록 명시하였다.

7. GIS의 성공적인 구축을 위한 전제

- GIS 구축을 위한 정확한 업무분석이 필요하며, 이

에 따른 효율적인 S/W의 선정

- GIS 구축에는 많은 비용이 소요되므로 충분한 예산의 확보가 필요

- 시스템을 효율적으로 운영할 수 있는 전문인력이 필요

- 정확한 데이터의 입력과 검정

- 고도로 훈련된 인원에 의한 프로그램으로 시스템 효율성을 극대화

8. 고 찰

상·하수도 시설물 관리를 위하여 도입한 GIS구축의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 지리정보시스템의 운영 및 관리를 위하여 Client/Server환경이 시설물관리의 방법으로써 효과적인 결과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

둘째, 도형자료와 속성자료의 연계를 통해 시설물관리의 효율성을 제고시켰으며 제 시설물에 대한 보수이력 관리를 통해 새로운 정책결정자료로 활용할 수 있는 근거를 마련하였고, 사고발생시 신속한 상황판단 능력을 제공하므로써 행정업무의 효율을 증가시키고 이를 통하여 대민 행정을 개선하는 부수적인 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

셋째, 데이터 변환의 기준을 수립하여 추후의 업무에 적용할 수 있는 계기를 마련하였다.

넷째, 시스템 통합에 대비한 테이블 설계의 필요성을 확인하였고, 지형데이터와 지적데이터 불일치 문제해결을 위한 노력이 필요함을 인식할 수 있었으며 우리나라 GIS

발전을 위한 현명한 해결책의 강구가 절실히 요구된다.

다섯째, 속성자료 입력표준을 제시하고 이를 이용한 성공적인 시스템운영 결과를 통해 추후의 업무에서 선도적인 표준으로 자리매김할 수 있다는 중요한 결론을 얻을 수 있었다.

여섯째, 성공적인 시스템의 운영은 실무자의 운영결과에 있는 만큼 이를 위한 실무자에 대한 교육과 이를 운영할 수 있는 조직의 구성이 필요함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. (주)한국항공, "여주시 지리정보시스템 개발 업무분석 보고서", 1998.
2. (주)한국항공, "서울시 지하철공사 시스템설계 보고서", 1996.
3. (주)한국항공, "항공사진측량에 의한 도로관리종합정보 시스템 구축", 1995.
4. MapInfo, "MapInfo Professional 사용자 참고서", 1995.
5. MapInfo, "SpatialWare for UNIX/Oracle Student Workbook", 1997.
6. 도서출판 영중, "SQL입문", 1994
7. 강인준·장용구·정영미, "지하철공사를 위한 지하매설물 관리시스템 개발", 한국측지학회지 제15권, 제1호, 1997, 77.
8. 김충평·김갑래, "지하 시설물로서의 지하철 구조물 관리 방안에 관한 연구", 한국측지학회지 제15권, 제 1호, 1997.
9. 이홍술, "도시 시설물 관리 전산화에 관한 연구", 성균관대학교 석사논문, 1993, 7~10.
10. 전인식, "건설용어 대사전", 건설연구사, 1992.
11. 최재화·안철호, "일반 측량학", 개정판 1997, 624.