

제 4 장 상수도 계획에서의 GIS 응용

안 창 진

4.1 서 론

인구의 도시집중과 산업발전은 지속적으로 이루어져 국민의 생활수준을 향상시키고 생활수준의 향상에 따른 용수사용량 또한 계속 증가추세에 있다. 이에 대응하기 위한 수자원의 이용개발 및 공급시설의 투자계획이 활발하게 이루어지고 있으나 기본정보를 제공하는 종이지도와 제한된 정보를 이용한 수작업에 의해서는 계획 입안 기간의 장기화와 광범위한 공간에 대한 정확하고 구체적인 자료수집과 분석이 어려워 경제적이고 합리적인 계획수립이 불가능하다. 또한 수자원 개발사업은 각종 사회, 경제 및 기술적 관련정보의 분석을 토대로 이 요인들을 하나의 정보체계내에 활용할 수 있도록 종합적인 통합시스템의 구축이 필요할 것이다.

특히 상수도는 원거리의 취수원으로부터 취수하여 광역의 지역에 용수를 공급하는 시스템으로 합리적인 비용을 투자하여 소비자에게 질적으로 안전하고, 양적으로 충분한 물을 공급할 필요가 있다. 상수도에 의한 용수공급계통 계획의 주요 공정은 취수, 도수, 정수, 송수 및 배·급수 계통으로 나뉠 수 있으며, 이 중에서 도수 및 송수문제는 취수원과 급수대상지역간의 공간적 이격 정도와 도·송수계통이 통과하는 지형 및 공간 특성에 의하여 크게 영향을 받게되며, 배수지로부터 공급되는 배수계통 역시 이에 상응하는 공간특성에 따른 영향을 크게 받는 특성을 지닌 시스템이다. 관로시설은 수원에서 정수장간 또는 정수장에서 배수지간의 고저차, 계획도·송수량의 대소 및 노선의 입지조건 등을 비교·검토하여 결정되며, 수평 또는 연직방향의 급격한 굴곡을 피해서 설정해야 하고, 항시 최소 동수경사선 이하가 되도록 선정된다. 이와 같이 용수공급계통은 수원지와 정수장간, 그리고 정수장으로부터 배수지간의 자연 및 공공 토지이용특성인 공간적 영향을 매우 크게 받고 있으므로 실제의 노선계획 수립에 있어, 그 방안설정은 이러한 사항들을 고려한 가운데

다수의 대안을 수립한 후 각 대안의 특성을 비교·평가함으로써 가장 타당성이 있고 경제적인 노선계획안을 채택하여야 할 것이다. 상수도 공급시스템의 계획 수립에 있어서 지리정보시스템(Geographic Information System ; GIS)의 활용을 위해서는 무엇보다도 관련 기술체계의 정립과 수리학적 안정성이 확보된 관로노선의 대안선정을 위한 반복적인 대안설정과 평가, 지형공간분석 정보와 공급시스템의 수리적·경제적 평가체계와의 정보 공유성이 확보되어야 하며, 각종 수치 지형공간정보의 공급 및 3차원 공간분석기능과 최종적으로는 계획의 경제성, 용수공급의 안정성 및 사회기술적 적용성 등과 같은 의사결정자의 의지가 반영될 수 있는 정보의 입력환경이 이루어져 종합적이고 합리적인 의사결정이 이루어질 수 있도록 하여야 한다.

또한 합리적인 상수도 계획을 통해 설계 및 시공 되어진 상수관로는 안전과 안정급수의 확보 측면에서 만반의 관로시설 유지관리가 불가피 하며, 이를 위해서는 관로정보의 수집정리 및 분석과 이를 위한 유지관리의 효율화 측면에서 데이터베이스화 및 컴퓨터 Mapping System의 도입을 통한 수도시설의 이력관리 및 시설물관리(Facility Management ; FM)가 요청된다. 이렇게 수집되어진 상수시설 자료는 효율적인 관리를 통하여 관로의 노후도 평가 및 파손특성분석을 통하여 적절한 관로의 유지보수 및 개량계획을 수립하는 데 필요한 판단자료가 된다. 따라서 상수도의 계획에서 관리에 이르는 전 과정에서 GIS의 도입은 상수도에서는 투자한 비용 이상의 효과를 창출할수 있는 획기적인 기법이며 정보화 사회에 없어서는 안될 중요한 요소로 대두되었다. 따라서 본서에서는 실제 상수도 계획과정과 관리의 측면에서 GIS의 도입 여부를 분석하고 응용사례를 중심으로 국내외의 상수도에서 GIS의 활용실태를 점검하고 관로시설을 중심으로 향후의 연구 및 기술 동향에 대해 검토하고자 한다.

4.2 상수도 계획과 GIS

최근들어 GIS를 이용한 상수도 계획 및 관리에 관한 연구는 커다란 진전을 보이고 있으며, 구미의 Centrell(1992) 및 Tourand(1991)등이 수행한 연구를 위시하여 일본의 Hasegawa(1991)등이 수행한 연구는 상수도 정보시스템의 구축에 관한 연구의 대표적인 예라고 할 수 있다. 특히, Hasegawa는 일상적인 상수도 업무의 효율

성 증대 및 비상시의 신속하고 적절한 대응을 위하여 수치지도제작(Digital Mapping)기법과 상수도 관망시스템의 수리학적 해석기법 및 수도 수질분석기법을 통합한 종합적인 상수도 관리 시스템 구축을 시도하였다. 이 시스템은 GIS가 지니는 대상공간의 방대한 지형 및 지리학적 특성정보의 종합적인 관리와 분석 및 시각적인 표현능력을 최대한으로 활용함으로써 기존의 상수도 수리해석 소프트웨어가 요구하는 다양한 환경수리정보의 공급을 가능케 함과 아울러 수리해석 결과를 실제 설계에 적용시킴으로써 효과의 비교분석을 가능하게 하고 있다.

우리나라에서도 상수도와 관련된 업무에 GIS 기법을 응용한 연구가 다수 이루어지고 있으며, 가까운 장래에는 GIS가 갖는 우수한 정보제공능력으로 인하여 그 이용이 더욱 늘어 날 것으로 생각된다. 유복모(1993)는 도시정보해석을 위한 지형공간 정보체계의 자료기반 구축에 관한 연구를 통하여 상수도 사업의 주요업무 지원 시스템의 구축을 시도하였고, 도시정보체계의 기본자료인 지번을 기초로한 상수도 정보체계 구축 및 활용에 관한 연구를 통하여 도시지번을 지표(Index)로 한 외부의 속성자료와의 정보교환 가능성을 제공함으로써 상수도 시설물과 수용가를 통합관리할 수 있는 시스템 구축을 시도하였다.

또한, 상수도 관련 정보의 체계적인 관리를 위한 GIS기법의 응용 예로는 한국수자원공사(1992)가 일산신도시 지역의 상수도 관련정보에 대하여 실시한 상수도 도형정보시스템 구축사업을 들 수 있으며, 이 사업을 통하여 상수도 시설물의 효율적인 운영과 타업무 및 기관과의 정보교환체계의 구축 가능성을 제시하였다. 특히, 이 사업에서는 각종 도형정보의 수치화와 비도형자료의 속성정보화를 통하여 각기 다른 성질의 정보간 자료의 연계 및 관리의 합리화와 검색체제의 신속한 의사결정지원 가능성을 확립하였다.

4.2.1 상수도 계획과정과 관련정보

상수도 노선계획은 수원지와 정수장간, 그리고 정수장과 배수지간의 자연 및 공공 토지이용특성인 공간적 영향을 매우크게 받고 있으므로 실제의 노선계획 수립에 있어, 그 방안설정은 이러한 사항을 고려한 가운데 다수의 대안을 수립한 후 각 대안의 특성을 비교 평가 함으로써 가장 타당성 있는 노선계획안으로 채택하여야 할

것이다. 그림 4.1은 상수도의 노선선정 과정에 있어 자료의 흐름을 구체적인 시스템 분석기법을 통하여 도식화 시킨 것이며, GIS가 가지고 있는 공간자료의 처리 및 분석기능은 상수도 계획 과정의 각 세부작업 단계의 효율성을 높일수 있을 것으로 기대된다.

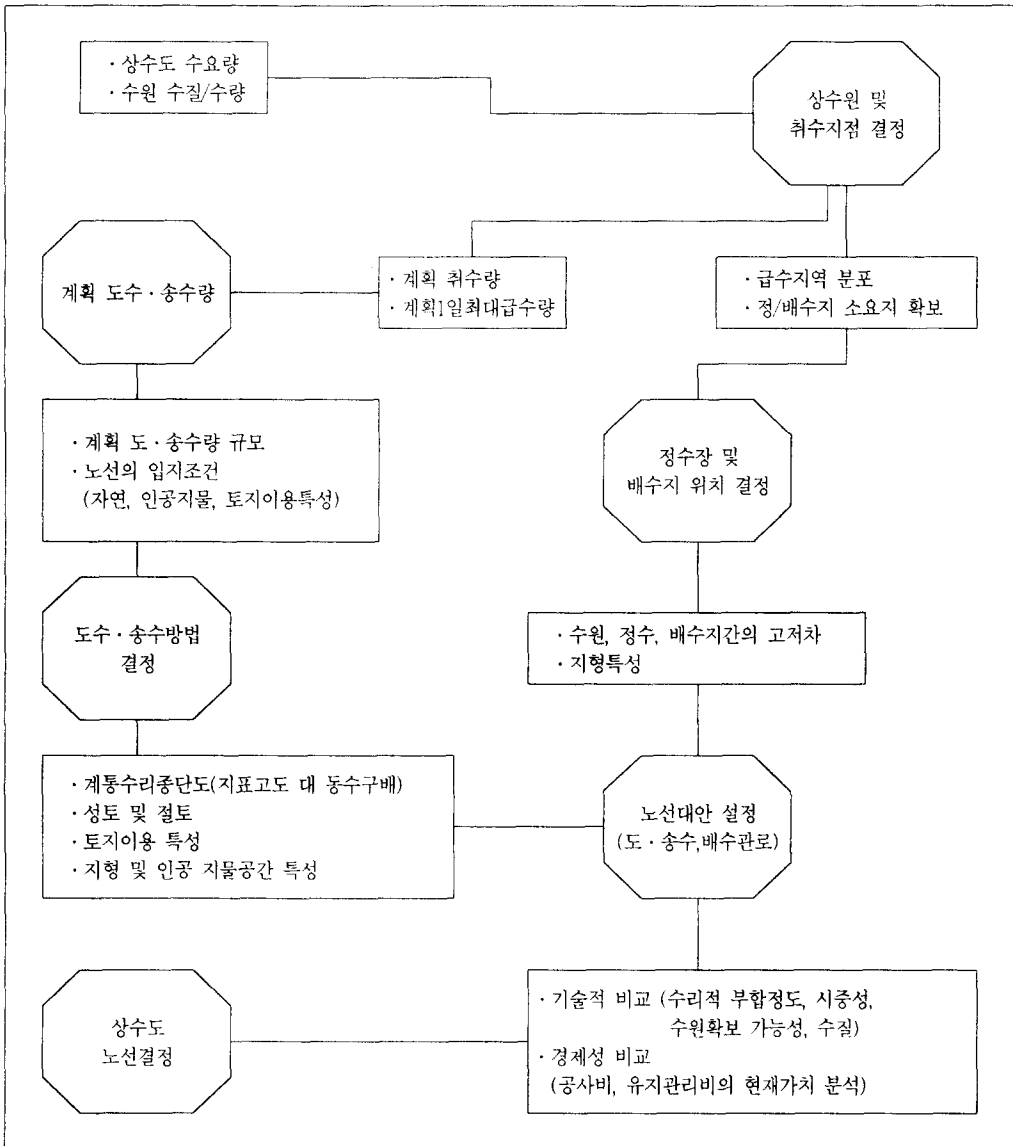


그림 4.1 상수도 계획 과정

4.2.2 GIS의 기능과 구성요소

가. GIS의 기능과 정보의 흐름

GIS란 공간 또는 지리 좌표에 참조된 모든 형태의 지리 관련 정보를 효율적으로 운영하기 위하여 구축한 하드웨어(Hardware ; H/W), 소프트웨어(Software ; S/W), 지리자료, 인적자원의 조직체를 의미한다. GIS가 지니는 기본적인 기능을 정리하면 다음과 같다.

① 자료의 입력 및 갱신

다수의 정보원(Data Source)로부터 자료를 효율적으로 가져 올 수 있고, 자료의 갱신이 필요할 경우 수정이 용이하다.

② 자료의 관리 및 저장

자료를 효율적으로 저장할 수 있고, 수정 후에도 자료간의 일관성을 유지할 수 있으며 대용량의 기억매체를 통한 저장능력을 지닌다.

③ 자료의 검색 및 분석

저장된 다량의 자료로부터 필요한 정보를 용이하게 검색할 수 있으며, 자료가 지닌 관련성과 그 구조를 밝히기 위하여 통계적, 논리적 방법 등을 고려한 분석에 용이한 환경을 지님과 동시에 분석(Modeling)을 통한 새로운 정보의 창출이 가능하다.

④ 자료의 표시

자료의 내용과 분석결과 등을 이해하기 쉽게 표시할 수 있으며 특히, 시각적인 표시(Graphic Presentation) 기능이 탁월하다.

이상과 같은 기본적인 기능에 추가하여, 정보의 편집 및 통합을 통하여 얻은 모형(Model)을 이용하여 여러 조건에 상응한 모의실험(Simulation)이 가능하며, 동적인 모의실험을 쉽게 실현함으로써 의사결정을 도울 수 있는 환경의 제공이 가능하다. 그림 4.2는 GIS에서의 정보의 흐름을 나타낸 것이다.

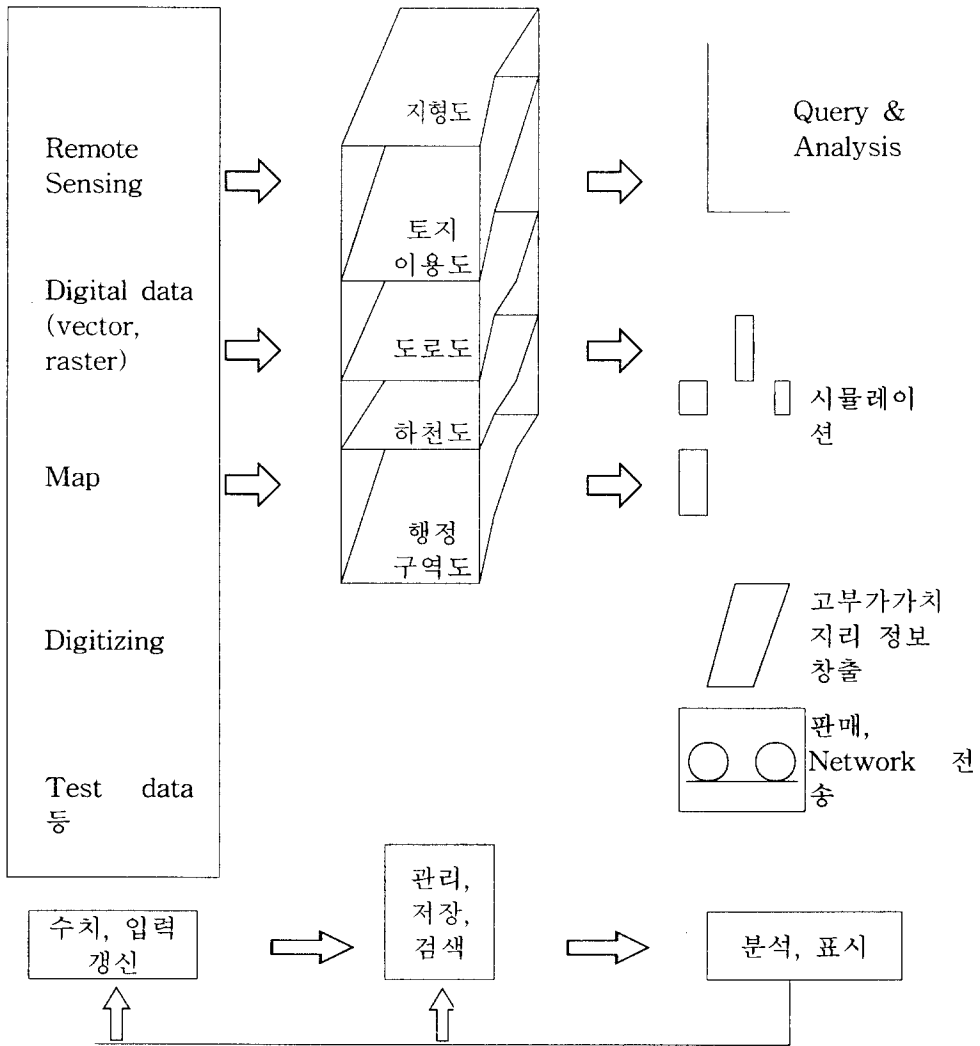


그림 4.2 GIS를 중심으로 한 정보의 흐름

나. GIS의 구성요소

GIS를 구성하는 주요요소로 자료, H/W, S/W, 사람의 4요소로 구분된다. 이들 요소들은 GIS를 체계적으로 관리하고 그 기능을 수행할 수 있도록 하는 핵심에 해당하며, 이들을 효과적으로 구성함으로써 보다 효율이 증대됨은 물론, 보다 경제적인 시스템을 구축할 수 있다. 표 4.1은 4가지 주요 요소에 대한 내용을 정리한 것이다.

표 4.1 GIS의 구성요소 및 내용

요소	구분	내 용	기술적 개발방향
자료 (data)	도형자료 (Cartographic data)	<ul style="list-style-type: none"> 지리, 지형, 도로, 하천 등의 자료 Digitizer, Graphics Tablet, Graphic Scanner 입력 기본도 작성에 많은 시간과 기억용량 소요 	<ul style="list-style-type: none"> 막대한 분량의 자료인 기본도(지형도) 작성은 공공기관의 지원이 바람직 기본도 작성후 주제도 작성
	속성별 자료 (Attribute data)	<ul style="list-style-type: none"> 보통 key-board 입력 기존의 DBMS 이용, 그래픽자료 연결필요한 자료 추출가능 	<ul style="list-style-type: none"> GIS 구축 목적에 따른 문자자료를 도형자료와 관련성 부여
Hard-ware	컴퓨터	<ul style="list-style-type: none"> 대형, 중형 및 개인용 컴퓨터까지 가용 강력한 Graphic 기능을 지닌 전용 Workstation이 효율적 	<ul style="list-style-type: none"> 대형컴퓨터와 Graphic W/S의 2단 구조형 시스템 구축이 바람직
	기억 및 Monitor	<ul style="list-style-type: none"> 대용량의 기억매체가 필요하며, 고해상도의 컬러 모니터소요 	
	자료 입/출력 Device	<ul style="list-style-type: none"> 자료형태(Vector, Raster, Text)에 따른 입력 및 출력장치 	
Soft-ware	Data entry	<ul style="list-style-type: none"> Key, Digitizing, Scanning Automated data Capture Interface to existing Intersect 	<ul style="list-style-type: none"> 60여종의 GIS S/W 독자적 기능을 충족시키기위한 Macro Language 보유 상용 GIS S/W 중 모는 Tool 기능을 겸비한 시스템은 없다.
	Analysis	<ul style="list-style-type: none"> Map Overlay/Intersect Nearness, Diffusion Analysis Network Analysis Attribute Analysis Enclosure, Measurement Interpolation 	
	Manipulation	<ul style="list-style-type: none"> Map Merge CLIP/Window Projection Update, Generalize, Aggregate 	
	Query	<ul style="list-style-type: none"> Spatial Attribute 	
	Display / Report	<ul style="list-style-type: none"> Tabular List Map/Chat Display 	
인적성 및 기타	총관리자	<ul style="list-style-type: none"> GIS를 총체적으로 관리하고 의사결정의 중심자료, GIS를 효율적으로 운영할 수 있고 다른 구성원 조절기능을 지녀, 중요자료에 대한 접근통제 	
	관리자	<ul style="list-style-type: none"> GIS design에 대한 연구수행 User가 원하는 자료추출제공 및 H/W,S/W 연구 자료입력 및 갱신의 정도를 결정하고 효율적인 자료 활용 능력을 지닌 전문가 	
	자료입력자	<ul style="list-style-type: none"> 도형, 분석자료 입력과 추가자료 보충 자료 갱신하며, GIS의 S/W적인 기능만을 숙지하여 처리기술을 숙달 	
	사용자	<ul style="list-style-type: none"> 시스템에 수록된 자료를 이용목적에 맞추어 활용하는 최종단계 사람 H/W, S/W가 지닌 특성을 잘 알아야하고 자료로부터 어떤 사실을 추출할 것인가를 결정 	

다. GIS 소프트웨어의 현황

GIS 분석 범용 S/W로는 ARC/INFO, IDRISI, ERDAS, INTERGRAPH, GENAMAP, SPANS, GEOVISION, GRASS, MGE 등 다수가 개발되어 사용되고 있다. 이들 중 상업용 S/W들은 범용으로 다양한 기능을 갖고 있으므로 응용시스템 개발시 유용하게 사용할 수 있으나 가격이 고가일 뿐만 아니라, 유연성(Flexibility)이 부족한 단점이 있다. 공용 S/W는 상업용만큼은 다양한 기능을 가지고 있지는

못하나, 소스코드 등이 전부 공개되어 있고, 저가 또는 거의 무료로 배급되므로 시스템 개발시 사용자의 목적에 맞게 이용할 수 있다. 이 중에서 몇 가지의 소프트웨어의 특징을 요약하면 다음과 같다.

(1) ARC/INFO

우리나라에서 가장 많이 사용되고 있는 GIS S/W인 ARC/INFO는 도형자료와 속성자료를 결합한 다기능 S/W로서 툴박스(Tool box)와 H/W의 호환성을 보장하는 특징을 가지고 있다. 현재 UNIX 운영체제를 지닌 IBM, VAX, SUN 워크스테이션 등에서 운영되며, PC(Personal Computer) 운영체제에서는 AT급으로 운영된다.

이 시스템의 논리적 자료구조의 특징은 커버리지(Coverage)를 형성하는 것으로, 커버리지의 의미는 일련의 지형요소와 그와 관련된 속성자료의 논리적 집합체로서 통합되어 저장되는 지도자료의 기본단위이다. 모든 지형요소는 점(Point), 선(Arc), 면(Polygon), 주석문(Annotation)으로 표현되며 지형요소의 공간위상(Topology)은 좌표(Coordinate)와 상응하는 속성(Attribute)을 서로 연결하는 지정자(Identifier)에 의하여 구성된다. ARC/INFO 소프트웨어는 기본적인 자료의 입출력 및 저장관리 이외에 공간분석을 위한 ARCEDIT, ARCPLLOT, NETWORK, COGO, TIN, GRID 등의 모듈(Module)이 존재한다.

(2) IDRISI

IDRISI는 미국 Clark대학교에서 PC용의 래스터(Raster) GIS 및 영상처리 시스템으로 1987년 개발하여 주로 교육용으로 널리 보급되어져 있으며 약 100개의 모듈로 구성되어 있다. IDRISI의 기능은 크게 래스터 도형자료의 입력, 저장, 관리, 분석 및 영상표현을 위한 기본적인 유틸리티(Utility)를 제공하는 Core모듈과 주요 분석 기능을 갖는 Ring모듈, 그리고 IDRISI와 다른 소프트웨어간의 자료변환 유틸리티를 갖는 Peripheral모듈로 대별된다.

IDRISI는 벡터 및 래스터 방식을 동시에 취하는데 래스터 방식은 단순하기는 하나 많은 노력과 시간이 소요되는 반면 벡터 방식은 디지털라이저(Digitizer)를 이용한 정확한 자료의 입력과 더불어 입력시간을 단축시킬 수 있으며 자료의 입력이 용이

하고 특정지역에 대한 세부분석이 가능하다. 또한 IDRISI에서 분석된 자료는 데이터베이스(Data-Base ; D/B)로 전송이 가능하고, 외부파일과의 호환 방법이 다양하게 제공됨과 동시에 ASCII 자료출력이 가능하므로 자료관리가 매우 용이한 특성을 가지고 있다.

(3) GRASS

GRASS(Geographical Resources Analysis Support System)는 1980년대 초반에 미육군 공병단에 의해 개발되어 사용자에게 저가 또는 무료로 공급되고 있으며 현재 워크스테이션과 PC에 이식되어 사용되고 있다. 상업용 S/W와는 달리 사용자 협의회가 구성되어 있어 이를 통해 사용자간의 지원 및 경험의 교환이 이루어지고 있다. GRASS는 크게 지형학적 특성분석, 영상처리, 영상출력, 자료입력의 기능을 지니며 1991년에 나온 GRASS4.0 에서는 X-Window를 채택하고 있고 RIM(Relational Information Management System) DBMS가 포함되어 SQL을 통하여 D/B 내의 자료에 접근할수 있으며 Geological Survey에서 개발한 Map-Generating 패키지를 인터페이스 하였다. 또한 경위도좌표와 UTM좌표간의 변환기능이 추가되었다.

(4) MGE

Intergraph사의 MGE(Module GIS Environment)는 공간적 지리·지형정보시스템의 총칭이며, 사용자의 요구에 적합한 지리·지형정보시스템을 구성할수 있도록 각각의 기능에 따라 세분화되어 사용자의 요구에 의해 사용자 편의대로 구성이 가능하며 원격탐사 소프트웨어가 포함되어 있다.

4.2.3 상수도 계획을 위한 공간분석 기법

가. 3차원 지형공간 분석

관로노선이 지나가는 지형은 평면이 아닌 3차원의 실제 지형임을 고려하여 3차원 위상정보와 수도시설 입지선정에서 요구되는 지역의 고도정보, 부지의 정지작업

을 위한 절토 및 성토량 산정을 위한 정보 등을 제공한다.

표 4.2는 본 시스템에서 요구되어지는 3차원 정보의 항목별 기존 정보원과 대상 정보를 이용하게 될 응용시스템을 정리한 것이다. 3차원 정보의 기본 정보원은 국가기본도로부터 구축된 수치등고선도이며, 여기서 얻어진 공간정보는 GIS 소프트웨어를 이용하여 3차원 수치정보로 변환시킬 수 있다.

표 4.2 3차원 지형정보항목과 그 응용시스템

항 목	정 보 원	응 용 시 스템
경 사 거 리	등고선도, 관로 위치	관로 수리해석과 경제분석
절 점 고 도	등고선도, 절점 위치	관로 수리해석
등 고 영 역	등고선도	수도시설 적지분석
토 공 량	등고선도, 정수장 위치	수도시설 토공비 계산
곡 면	등고선도	공간형상 가시화 GUI

나. 정수장 및 관로노선의 적지분석

(1) 적지분석을 위한 공간분석 이론

사업입지의 최적지 선정을 위한 공간 분석은 다양한 사회적 및 환경기술적인 평가항목을 복합적으로 고려한 가운데 이루어져야 하며, 지역 적지선정에 있어 다양한 사회적 및 환경기술적 요인을 결합시키는 가장 일반적인 방법으로 고려되고 있는 것이 Ian McHarg(1969)가 제안한 생태학적 관점(Ecological View)에 따른 공간 분석개념이다. McHarg의 적지분석개념은 대상지역의 사회 및 환경기술적 각종 계층정보분석에 의한 의사결정 규칙으로서 제외규칙(Exclusionary Rule)을 적용, 대상 지역중 시설 입지로서는 부적절한 지역을 대상영역에서 제외시킨 다음 그 나머지 영역에 다른 정보 계층을 중첩 또는 추가시켜 제외시킴으로써 최종적으로 적정입지의 후보지를 선정하는 방식이다.

GIS는 정보처리의 정확성, 대용량의 정보수용능력, 공간 분석능력 및 대용량 공간정보의 표현 능력을 가지기 때문에, GIS기술을 이용하면 사업입지의 적지 선정을 위한 공간분석 기법인 McHarg기법의 효용성을 높일 수 있다. 적지 분석에 있어

GIS는 사회적, 환경적, 경제적 및 법적 기준 등 매우 다양한 정보 계층을 토대로 사업입지를 선정할 수 있기 때문에 실제 사업입지 선정을 위한 공간분석에 GIS를 응용한 예는 점차 증가추세에 있고, 앞으로도 더욱 보편적으로 이용될 것으로 기대된다.

(2) 적지분석 절차 및 기술기준

상수도의 관로가 통과하는 노선은 공사에 따른 용지확보 및 매수, 그리고 시공의 용이성과 공사후 유지관리가 용이한 곳에 위치하도록 선정되어야 한다. 따라서 기존 시설물 또는 지형·지물 등에 대한 사전 검토작업이 선행되어야 한다. 또한 취수장, 정수장, 가압장 등의 수도시설 역시 입지선정에 부적합한 곳은 계획단계에서 최대한 배제하는 것이 바람직하다. GIS는 이러한 작업을 용이하게 하는 공간분석 기능을 가지고 있어, 이를 이용하여 관로 및 수도시설에 대한 적지분석이 가능하며, 그 과정에서 단계적으로 고려되어야 할 사항들은 다음과 같다.

- 관련 법규상 규제사항 검토
- 완충영역설정(Buffering)에 의한 관로노선의 통과 및 수도시설의 입지 불가 지역 검토
- 적지선정을 위한 종합주제도(Reference Map)의 작성
- 지형적 여건을 고려한 관로노선 및 수도시설 입지 대안 선정
- 선정된 관로노선 및 수도시설 입지에 대한 수리적, 경제적, 사회·기술적 검토를 통한 적정 대안의 선정

(가) 관련 법규상 규제사항 검토

관로노선 및 수도시설의 입지선정에는 기존 및 장래 계획된 시설 및 토지이용구역과 지형도상의 등고선 자료가 필요하며, 이들 자료를 수치화하기 위하여 국가기본도와 도시계획도, 토지이용도 등에서 상수도계획시 고려해야 하는 시설 및 구역등을 검토하여 입지선정 기준으로 설정하여야 한다. 특히 도시계획도 상에 표시된 계획시설물의 경우, 관계 법령이 되는 문화재보호법, 자연공원법, 도시공원법, 도시계획법상의 제한사항들이 검토되어야 할 것이다.

(나) 완충영역 설정에 의한 공간분석

지도상에 표시된 기존 또는 장래 계획된 지물은 관로의 통과 및 수도시설의 입지 선정시 가급적 제외시켜야 할 뿐만 아니라, 시공상 또는 대상 지형지물의 보호 관리를 위하여 적정거리 범위에서 이격되어 설치되어야 한다. 면적을 가지는 면형 시설은 별도의 면적을 산정하지 않아도 되지만, 점형·선형시설 같은 장애물은 면적이 표현되지 않기 때문에 관로와 수도시설의 장애가 되는 완충영역을 표시할 필요가 있다. 이는 완충영역설정을 통하여 정해 주며, 점형시설은 중심점에서의 거리로, 선형시설은 중심선을 기준으로 양쪽의 거리로 산정한다. 완충영역에 대한 판단 기준은 관로노선의 통과, 병진 및 수도시설물 설치를 위한 버퍼의 분류기준으로 객관성있는 기준을 설정하기가 어려우며, 의사결정자의 주관에 의해 탄력성 있게 조정해야 할 필요가 있다.

(다) 종합주제도의 작성

상수도 노선계획은 매우 넓은 공간을 대상지역으로 하기 때문에 취수원으로부터 배수지까지 도·송수하기 위한 노선의 공간적 결정은 판단이 매우 어려운 문제이다. 따라서 계획 대상지역이 가지는 지형공간적 특성정보를 GIS 계층정보로 구축한 다음, 각 공간지물이 정수장과 관로노선의 통과여부와 관련되어 분석된 결과를 모두 함축한 새로운 정보 계층을 지도의 형태로 출력하여 시스템 사용자에게 제공함으로써, 노선 대안 결정을 담당하는 시스템 사용자가 노선대안 선정시에 활용할 수 있도록 한다.

4.3 상수도 계획 및 관리에서 GIS의 응용사례

상수도 분야에서 GIS를 이용하는 사례로는 크게 두 가지로 첫째, 계획단계에서 상수도 시설의 기본설계시 정수장을 비롯한 수도시설의 적정입지와 관로노선의 선정 등에 사용되고 둘째, 시설물 관리단계에서 지하매설물의 자연적 또는 인위적 파손에 의한 재해에 능동적으로 대처함은 물론 합리적인 시설물 관리를 통해 수도시설의 효율성을 제고시키기 위한 두가지 범주로 나눌 수 있다. 상수도 계획단계의 GIS의 이용이 공간분석기능에 비중을 둔다면 관리단계의 GIS의 이용은 시설물 관

리적 차원의 성격이 두드러진다. 이러한 차이점에도 불구하고 계획 및 관리차원의 GIS는 데이터베이스의 공유, 상수관망의 해석, 비용의 최소화라는 측면에서 많은 공유 영역을 가지고 있으므로 국내의 상수도 사업에서 GIS를 이용한 연구 및 시스템 구축사례를 중심으로 살펴보면 다음과 같다.

4.3.1 상수도 계획을 위한 의사결정 지원시스템

한국수자원공사 수자원연구소에서는 상수도를 계획함에 있어 GIS를 이용하여 계획에 필요한 기술 및 사회적·경제적 정보를 종합적으로 분석하고 그 결과를 토대로 보다 합리적이고 효율적인 대안을 제공할 수 있는 상수도 계획을 위한 의사결정 지원시스템을 개발하였다. 이 시스템은 상수도 계획에 필요한 주요공정의 분석을 통해 자료를 구축하고 이를 토대로 표준화 및 자료변환등의 기능을 이용하여 실제 운용가능한 시스템 구축에 중점을 두었다.

상수도 계획에 있어 중요한 과정중의 하나는 적절한 관로노선의 통과경로를 선정하는 것이다. 그리고 이 과정에서는 대상 경로가 갖는 지리적 특성에 따라 관로상의 수리특성이 큰 영향을 받으므로 수리적으로 안정된 가운데 대상 용수수요지까지 도·송·배수가 원활히 이루어질 수 있는 보다 경제적이고 수리학적으로 안정한 노선의 선정방법이 요구된다. 본 시스템은 지형적인 공간 특성 정보를 데이터베이스로 하여 관로가 지나는 속성을 보다 합리적인 조합 및 분석을 통하여 통과적정 조건을 도출할 수 있는 능력을 지니도록 개발하고자 하였으며, 이러한 관점에서 지형정보의 수집, 정보의 표시 및 공간분석 기능을 지닌 GIS의 이용은 매우 바람직하며 필수적이라 할 수 있을 것이다.

상수도를 계획함에 있어 주된 검토 인자인 지형적·공간적 특성을 GIS가 지니는 각종 공간정보 분석기능과 상수도 관로의 수리해석 프로그램을 결합함은 물론 선정된 노선대안에 대한 비용분석을 하고 이를 토대로 사회기술적 적용성을 감안한 다음 기존 의사결정기법에 의한 의사결정을 지원함으로써 상수도 계획안의 적절한 평가와 의사결정을 지원할 수 있는 시스템을 구축할 수 있다.

가. 지형공간분석 체계의 구현

앞서 설명한 완충영역설정과 수도시설 및 관로노선의 입지선정 기술기준에 의해 통합된 정보를 함축하고 있는 종합주제도를 얻고 이 지도위에 정수장과 관로노선을 의사결정자가 원하는 대로 선정할수 있도록 구성하였다.

(1) 종합주제도를 이용한 정보통합

기존의 노선선정은 의사결정자가 수집된 정보를 기본으로 결정하는 것이 관례였으나, 본 시스템에서는 구축된 지리정보를 토대로 수도시설물이나 관로시설의 입지나 통과여부를 결정하는 기술적 조건을 기준으로 하여 공간분석을 실시하고, 그것을 바탕으로 의사결정자가 관로노선을 결정하도록 지원하고 있다. 공간분석의 최종 결과정보를 제공하는 종합주제도를 참고하여 그 위에 직접 관로노선 대안을 작성하고, 이를 토대로 공간데이터를 구축하여 수리해석 및 경제분석에 이용할 수 있는 환경을 제공하고자 하였다. 그림 4.3에서 알 수 있듯이 종합주제도의 작성은 먼저, 기본적인 공간정보를 입력하고 입지선정을 위한 기술적 기준을 설정하여야 한다. 그리고 작성된 공간정보에 대한 중첩분석에 의하여 관로의 통과문제와 수도시설의 입지문제를 결정하게 된다. 분석되어진 결과를 중첩하여 하나의 계층을 만들고, 중첩된 정보를 출력하여 종합주제도로 사용한다.

(2) 정수장 적지분석

정수장의 적정 입지선정을 위한 적지분석 과정은 크게 물리적 입지성, 사회적 입지성 및 시설편의성 등의 3단계 분석과정을 거쳐 이루어지며, 그림 4.4는 정수장 적지분석과정을 정리한 것이다. 물리적 입지성 분석은 지형공간의 특성(고도,경사)을 고려하여 입지로써의 적합도를 평가하는 단계이며, 사회적 입지성 분석은 대상지역의 토지이용, 도시계획, 도로, 하천 및 주요시설물과의 사회적 관계성에 의한 입지의 적정성을 평가하는 단계이다. 물리적, 사회적 입지성에 의해 정수장 적지 가능성이 종합주제도에 의해 선정되면, 선정된 적지가능지역에 대하여 정수장 시설용량에 따른 정수장 면적과 도로와의 접근성을 고려한 시설편의성을 분석하여 정수장을 선정한다. 그림 4.5는 정수장 적지선정에 의해 작성된 정수장 적지구현 결과를 나

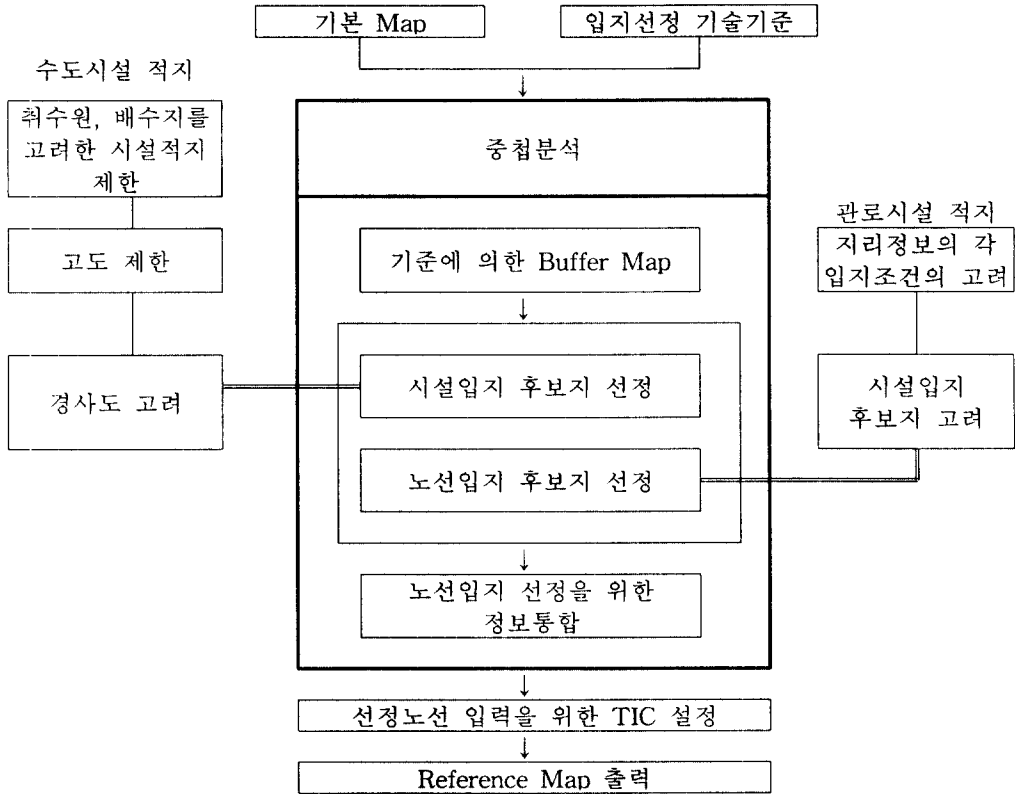


그림 4.3 입지선정을 위한 종합주제도의 작성 과정

타넨 예로서, 그림 (a)는 정수장 적지선정을 위한 종합주제도이고, 적지가능지역을 확대(Zoom-In)한 것이 그림 (b)이다.

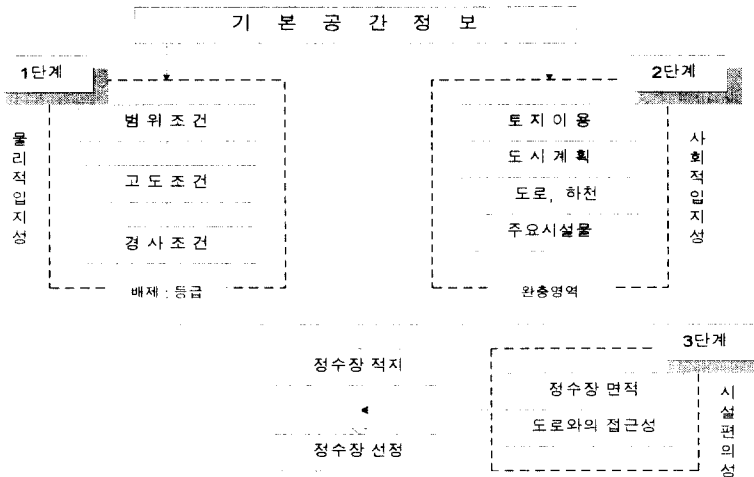


그림 4.4 정수장 적지분석 과정



(a) 정수장 종합주제도



(b) 적지가능지역 확대



(c) 고도정보 출력



(d) 정수장 선정선정

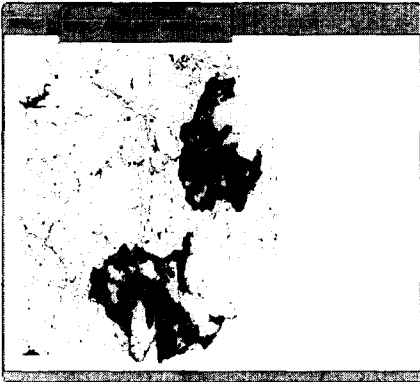
그림 4.5 정수장 적지선정 과정

확대된 적지가능지역에 대하여 고도정보 출력결과가 그림 (c)이며, 사용자는 이를 참조하여 정수장을 선정한다(그림 (d)). 정수장 적지선정을 위한 종합주제도는 취수장과 배수지의 정보에 영향을 받게 된다.

(3) 관로노선 적지분석

종합주제도 개념을 도입한 관로계획 노선설정을 위한 대상지역의 적지분석은 시설물별 완충영역 기준에 의하여 실시하게 되며, 이 기준에 의거해 설정된 버퍼 종류의 조합에 의해 병진, 횡단여부에 대해 종합적으로 평가하여 불가(red), 회피(yellow), 가능(green), 우선(blue)으로 구분함으로써 시스템 사용자의 편의성 향상을 도모하였다. 관로노선의 적지는 도로 및 주요시설물에 대한 완충영역분석이 주요

기반으로 사용된다. 그림 4.6은 관로노선 종합주제도를 참조하여 관로노선을 입력하고 수정하는 과정으로서, 그림 (a)는 관로노선 입력을 위한 종합주제도이며, 그림 (b)는 노선입력을 위해 확대한 것이다. 그림(c)는 고도정보를 출력한 것으로 사용자는 고도정보를 참조하여 관로의 시종점에 대한 고도를 파악할 수가 있다. 그림 (d)는 관로노선 수정을 위한 사용자 편의 환경(Graphic User Interface ; GUI)이다.



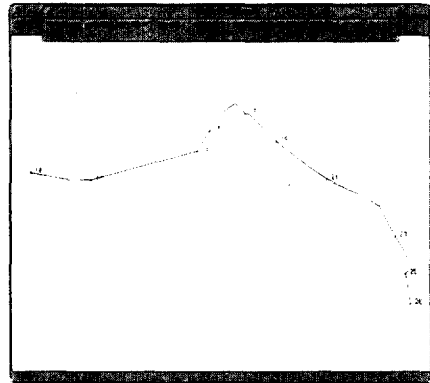
(a) 관로노선 종합주제도



(b) 관로노선 종합주제도 확대



(c) 고도정보출력



(d) 관로노선 수정을 위한 GUI

그림 4.6 관로노선 입력 및 수정과정

나. 관로수리해석

관로노선 결정에 중요한 요소중의 하나가 관로내 흐름의 안정성이다. 흐름의 안정성이란 관로내의 유속과 수압이 적정한 범위내에 있는 것을 의미하며, 이를 위한

관로 노선계획은 지형의 굴곡이 없는 평탄한 지형을 선정하는 것이 좋다. 선정된 관로노선에 대한 수리해석을 위해서는 계획 정수장과 배수지의 고도, 노선에 따른 관로의 고저, 관로의 길이 등의 지형공간과 연관된 자료가 필요하며, 또한 의사결정자가 수리해석 결과를 화상으로 확인하는 것이 필요하다. 따라서 본 시스템에서는 이러한 공간자료들을 수리해석 입력자료로 이용함은 물론 Arcview를 이용하여 수리해석 결과를 사용자가 한눈에 확인할 수 있도록 하였다.

(1) 수리해석 프로그램의 기능

관로내 수리해석을 위한 프로그램은 수자원연구소에서 개발한 관로시스템내 정상류 해석 프로그램인 SAPID 2.0을 사용하였으며, 이 프로그램은 크게 3가지 기능으로 구성되는데, 초기화면과 메뉴등의 프로그램 지원기능, 시스템의 해석기능, 자료의 입력및 출력결과 처리기능이 그것이다. 관망해석 프로그램인 SAPID 2.0을 상수도 계획에 이용하는데 있어서의 입력정보와 출력결과의 활용내용을 나타낸 것이 그림 4.7이다.

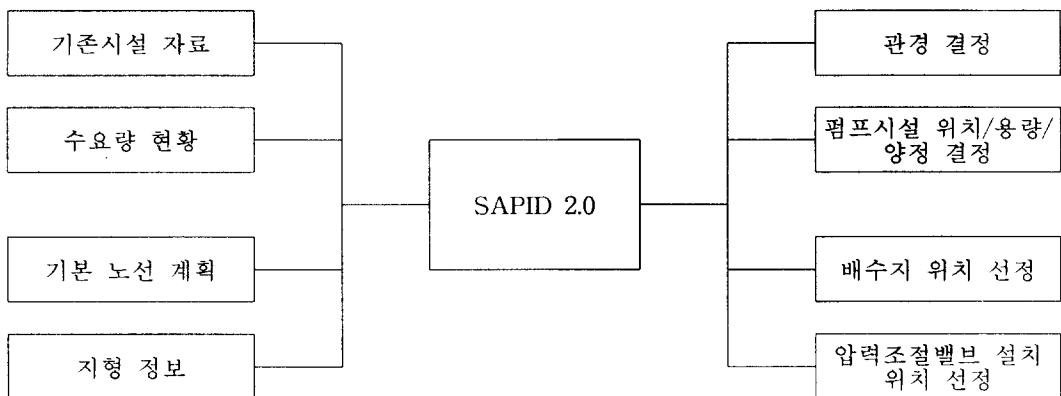


그림 4.7 SAPID 2.0의 관로계획 지원기능

(2) 공간정보의 입력환경 도입

SAPID 2.0은 관로에 관한 정보와 절점자료 등 관로가 지나는 공간으로부터 얻어져야하는 정보가 포함되어 있다. 만일 이들 정보를 SAPID 2.0이외의 정보원으로부터 자동적으로 추출하여 도입할 수 있다면, 시스템 자료입력을 위한 작업을 줄일 수 있을 뿐 아니라 정보의 입력오류 등으로 인한 계산상의 착오도 발생되지 않을

것이다. 따라서, 본 시스템에서는 GIS를 이용한 공간분석으로부터 관로노선에 관한 지형정보(관로길이, 관로흐름의 상하류 절점번호, 절점의 지반고)를 얻을 수 있는 인터페이스 프로그램을 개발하여 입력환경의 개선을 도모 하였다.

(3) 해석결과의 화상출력

개발시스템의 통합환경에서 수리해석 결과를 확인하면 ArcView가 실행되며, 대안 번호를 입력하면 각 노선대안에 해당하는 Layout이 열리며 수압과 유속을 확인할 수 있고 인쇄가 가능하므로 문서화할 수 있다. 이러한 기능은 ArcView의 Customizing 언어인 Avenue로 자동화하였다.

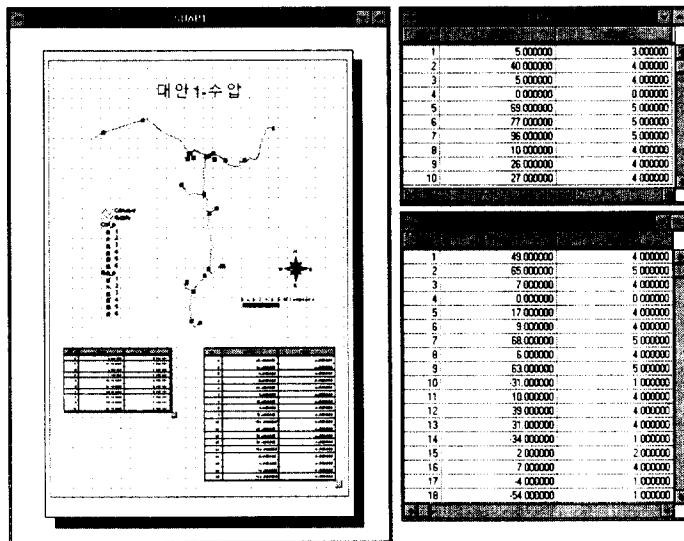


그림 4.8 노선대안의 절점수압 확인 예

그림 4.8의 좌측의 그림에서는 색깔별로 표시된 각 노선대안의 절점압력을 확인할 수 있으며 우측상단의 표는 도수관로, 우측하단의 표는 송수관로의 수압값과 각 수압의 등급을 보여준다.

다. 관로 및 수도시설의 경제성 평가

상수도사업에 소요되는 비용은 크게 관로 부설과 취수장, 정수장 및 가압장과 같

은 수도시설의 건설에 소요되는 건설비와 시설완공 후 관련 시설물의 유지관리에 소요되는 유지관리비의 두가지 항목으로 구분된다(표 4.3).

공사비는 관로와 수도시설의 공사비로 대별되고 관로의 공사비는 다시 관자재비와 관부설비로 나눌 수 있으며 부설구간의 특성에 따라 도로, 토사 및 터널구간으로 구분된다. 도로구간에 매설할 경우, 토지보상비가 들지 않는 대신 관부사비용 및 도로파쇄 및 복구에 드는 비용이 추가되고, 토사구간의 경우는 관자재비, 부설비 이외에 추가적으로 토지보상비가 추가된다. 터널구간은 관자재비 및 부설비는 들지 않는 대신 터널공사비가 소요된다. 관자재비 및 관부설 비용 계산식은 표 4.4와 같다.

표 4.3 상수도 사업의 비용 구분

구 분	비 목	세 부 내 역
건 설 비	공 사 비 보 상 비 관 리 비 및 기 타	순보상비, 보상관리비
유 지 관 리 비	재 료 비 인 건 비 경 비 일 반 관 리 비	댐원수대, 약품비 전력비, 수선유지비, 기타경비

수도시설의 공사비는 “상수도 시설별 개략 공사비 산정”(‘93년 1월 기준)에 의한 용량별 개략공사비 단가를 이용하여 회귀분석을 통해 함수식을 구한후 소비자 물가 상승률을 고려하여 구하였다. 아래식은 개략 공사비 단가를 이용한 수도시설별 회귀식이다.

· 취수펌프장

$$H = 50\text{m일때} \quad Y = 80,146.633x^{0.6550} \quad (R^2=0.9879)$$

$$H = 30\text{m일때} \quad Y = 53,375.288x^{0.6943} \quad (R^2=0.9891)$$

· 침사지

$$Y = 4,666.376x^{0.8504} \quad (R^2=0.9927)$$

· 정수장

$$Y = 776,276x^{0.7051} \quad (R^2=0.9894)$$

· 가압장

$$H = 50\text{m일때} \quad Y = 119,832.524x^{0.6844} \quad (R^2=0.9889)$$

$$H = 30\text{m일때} \quad Y = 112,554.282x^{0.6883} \quad (R^2=0.9889)$$

단, Y는 단가(천원) x는 시설용량(천톤/일)

R^2 는 결정계수(determination coefficient)

표 4.4 관로 공사비 산정 구조

○ 관자재 비용

$$Pipecost(\text{원}) = \sum_{i=1}^k \alpha \times L_i \times Mcost$$

subject to, k : 소요 관로 갯수
 α : 전년도 소비자물가 상승률
 L_i : 관로 길이(m)
 Mcost : 관로 단위길이당의 관자재 단가로서 관경 D(mm),
 관종류(주철관과 강관)의 함수임.(원/m)

○ 관부설 비용

$$Const\ cost(\text{원}) = \sum_{i=1}^k \alpha \times L_i \times Ccost$$

subject to, Ccost : 관로 단위길이당의 관부설 단가로서 관경(mm),
 관종류(주철관과 강관) 및 통과 경로의 토지이용복성(토사
 구간과 도로구간)의 함수임(원/m)

○ 관로 공사비

$$Total\ cost(\text{원}) = Pipecost + Constcost$$

토지보상비의 경우 확률지가 개념에 의해 각 행정구역에 대해 7가지 토지이용상
 황별로 작성된 확률지가 정보와 지형정보를 결합시킴으로써 얻어진다. 전 관로노
 선 구간에 대해 산정된 확률지가는 30%, 50%, 70%, 90%의 4가지 비초과 확률에
 대해 구해지며, 의사결정자는 대상지역의 비초과 확률에 맞는 확률지가를 선정할수
 있다.

유지관리비는 상수도 건설후 유지관리를 위해 소요되는 비용으로 건설비 못지않
 게 큰 부분을 차지한다. 즉 건설당시의 건설비만을 고려해 사후 유지관리 측면을

고려하지 않고 상수도 시설을 계획하면, 결국 전체적 비용이라는 측면에서는 적절하지 못한 시설계획이 되므로 경제성분석에 필수적인 요소로 작용한다. 유지관리비는 원가배분기준을 고려해 연간 비용을 산정해 이를 내용년수(분석기간)에 대해 합하여 산정한다. 여기서 원가배분기준은 연도별 용수공급량을 기준으로 하는 물량기준, 유지관리에 필요한 인원을 기준으로 하는 인원기준, 투자된 건설비용을 기준으로 하는 자산기준을 총칭하는 말이며, 세부적인 유지관리비 계산과정은 생략한다.

라. 다기준 분석기법에 의한 노선대안의 평가

(1) 다기준 분석기법 도입의 필요성

상수도 계획은 하나 이상의 대안이 고려될 경우 사회·경제·기술·안정성측면에서 대안별 평가를 통해 최적의 대안이 선정될 수 있다. 그러나 거의 대부분의 경우에 어떤 하나의 대안이 사회·경제·기술·안정성의 모든 측면을 동시에 최고로 만족시키기는 어렵다. 즉, 고려된 다수의 대안들 중에는 관로의 건설비 및 유지관리비가 적어 경제성은 우수하나 관내유속이 높아 수리적 안정성이 떨어지는 대안이 있을 수 있으며, 반대로 수리적 안정성은 높으나 경제성이 낮은 대안이 있을 수 있다. 또한 경제성과 수리적 안정성이 높은 대안이 있더라도 토지수용이나 시공상의 난이성을 내포하고 있을 수도 있다.

여러 종류의 다기준 의사결정(Multicriterion decision-making ; MCDM)방법은 상수도 관로노선 선정 문제와 같이 다수기준(Multiple criteria)이나 서로 상충하는 다수목적(Multiple objectives)을 포함한 문제들의 해답을 구하는데 활용될 수 있다. 일단 각 기준에 대한 측정치가 대안별로 산출되면 그 다음에 의사결정자가 추구하는 목적이 반영되어 최적의 대안을 선정하게 된다.

MCA(Multi-Criteria Analysis)는 Roy와 Nijkamp(1977)에 의하여 개발된 기법으로 판단기준과 정책대안이 많을 때 손쉽게 활용할 수 있는 방법이다. MCA의 평가는 정책적으로, 혹은, 특정한 방법을 활용하여 설정된 대안 평가기준의 가중치와 각 대안의 영향행렬을 활용하여 수행한다. MCA는 다음의 네가지 단계를 수행함으로써 최적의 대안을 찾아낸다.

- 공조일치집합(Concordance Sets)과 공조불일치집합(Discordance Sets)을 구분한다.
- 공조일치지수(Concordance Index)행렬과 공조불일치지수(Discordance Index)행렬을 구한다.
- 공조일치우위지수(Concordance Dominant Index)나 공조불일치우위지수(Discordance Dominant Index)를 구한다.
- 총 순위행렬을 구하여 비열위대안 또는 우수대안을 선정한다.

MCA의 한계는 기준들의 가중치를 외부에서 독립적으로 결정해서 도입해야 하는 것이다. 이러한 점을 보완하기 위해 합리적인 가중치 결정기법으로서 AHP기법을 적용하였다.

(2) 상수도 계획에서 MCA기법의 적용

광역상수도 노선으로서 하나 이상의 대안이 고려될 경우 수리적안정성·경제성·사회기술적 적용성의 측면에서 대안별 평가를 통해 최적의 대안이 선정될 수 있다. 그러나 거의 대부분의 경우에 어떤 하나의 대안이 이들 기준들의 모든 측면을 동시에 최고로 만족시키기는 어렵다. 따라서 이들 상수도 계획에 사용되는 다수의 목적들을 Satty가 제안한 대안별의 계층적 구조로 표시(그림 4.9)하여 MCA기법을 적용하여야 한다.

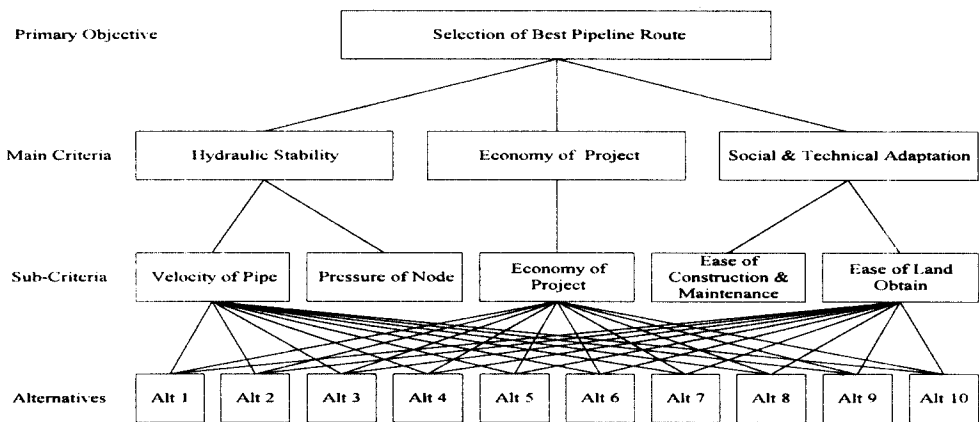


그림 4.9 상수도 노선대안 선정을 위한 계층구조

4.3.2 상수도 관리시스템

상수도 관리시스템으로서의 GIS의 활용은 지하매설물의 효율적 관리의 측면과 기존시설의 이력관리를 통한 상수도 시설 개량계획 및 유사시의 응급복구 상황에 대처할 수 있다는 이점으로 인해 국내외의 활발한 응용사례들이 있다. 먼저 국외의 현황을 살펴보면 미국 Colorado주 Denver시의 관망관리 시스템, 미국 LA시의 WFGIS(Water Facilities Geographic Information System), 미국 Albuquerque시의 상하수도시스템, 영국 Thames Water Utilities사의 GIS 등 많은 사례들이 발표되고 있으며, 국내에서는 한국수자원공사의 일산상수도 도형정보 시스템, 수도종합관리시스템 및 광주광역시의 도시종합시스템, 대구광역시의 상수도 종합관리시스템 등 많은 사례들이 있다. 여기서는 이 중 3개의 시스템 개괄적 현황에 대해 설명하고자 한다.

가. Thames Water Utilities사의 GIS

초기의 지리정보시스템은 주로 100,000km 이상 되는 지하시설물에 대한 자산관리 용으로 이용되었으며 1980년 후반부터 상하수도 시설에 대한 자료를 취득하고 관리하기 위해 IBM의 GeoPG를 이용한 응용프로그램 개발에 착수하였다.

(1) 시스템 개발 목적

사내 전 부서에서 정보를 이용할 수 있도록 사용자의 데이터베이스 접근이 용이하여야 하며, 의사결정 시스템을 위한 기존의 관계형 데이터베이스와 타 시스템을 연계한 통합시스템 구축에 목표를 두었다.

(2) 데이터베이스 구축

- 기본도 : National Mapping Agency의 Ordnance Survey로부터 도심지역은 1/1,250 축척을 가지며 그외 지역은 1/2,500으로 구축된 데이터를 구입하여 Ordnance Survey와 지속적으로 갱신하여 관리하고 있다.
- 상수시설 : 1993년초에 약 32,000km의 관로에 대한 데이터베이스를 구축하

였으며 일부 구축된 데이터는 개발시스템에 맞도록 변환작업을 통해 구축되었다.

- 하수처리 시설 : 다른기관에서 관리되어 오던 시스템의 데이터 항목 및 존재여부가 각기 다르기 때문에 시스템을 통합하기 위해 공통적인 기본데이터는 현지에 직접 나가 조사를 통해 자료를 수집하였다.
- 토지관련 데이터 : Thames사가 소유, 임대 및 임차한 토지에 대한 지적 정보를 지리정보와 결합하였다.

(3) 개발환경

하드웨어는 IBM Mainframe에 DB2 데이터베이스 프로그램으로 데이터를 관리하며 GIS 프로그램은 IBM의 시설물관리 GeoGPG를 이용하여 프로그램화 하였다.

(4) 운영중인 Application

- 상수시설 시스템(Water Distribution System)
- 하수시스템(Sewer System)
- 토지평가관리시스템(Land Asset Management System)

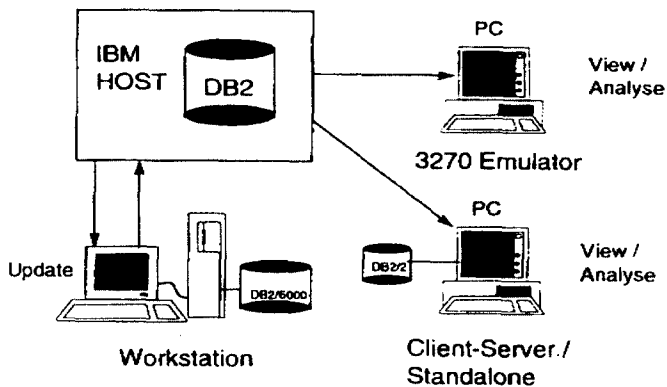


그림 4.10 Thames Water Utilities사의 시스템 구성

나. 한국수자원공사의 수도종합 관리시스템

광역상수도의 시설 및 공업용수도시설에 대한 효율적 관리를 위한 GIS의 응용사례로는 한국수자원공사 거제사무소 지역을 대상으로 1997년 수도종합관리시스템을 구축하였으며 1998년에는 수도권광역상수도에 대한 시스템 구축을 진행중에 있다. 이는 대상지역의 광역상수도의 제원과 지리정보 데이터베이스를 구축하고 수도사고의 대응, 관로의 노후도 평가를 위한 자료의 입력 및 조회, 관망해석프로그램과의 연계 실행 등 응용업무를 개발하여 GIS를 이용한 수도시설의 관련분야로의 확장가능성을 확인한 바 있다. 향후 2001년까지 전국의 광역상수도 시설의 GIS 데이터베이스를 구축함과 동시에 지속적으로 다양한 관련업무를 효율적으로 수행할 수 있도록 수도종합관리시스템을 개발할 계획을 가지고 있다. 수도종합관리시스템의 개념적 구성도는 그림 4.11과 같다.

(1) 시스템 개발 목적

- 수도관로 및 시설물에 관한 조사 및 탐사자료를 비롯한 수도관련 각종자료를 체계적이고 과학적으로 정비
- 시설 개·대체 등 투자 의사결정의 합리성확보와 시설관리의 체계화 실현
- 수도공급의 안정성 확보를 위한 사전 예방적 관리체계 구축

(2) 데이터베이스 구축

수도종합관리시스템을 이용하여 관리되는 주요 시설물은 다음과 같은 데이터베이스를 구축하여 이를 GIS 프로그램과 연계한다.

- 한국수자원공사 시설 레이어
 - 사무소 및 사업장
 - 수도관로, 각종 변실, Station 위치
 - 댐, 터널, 취수원, 정수 및 가압시설
 - 유량계 및 관압계

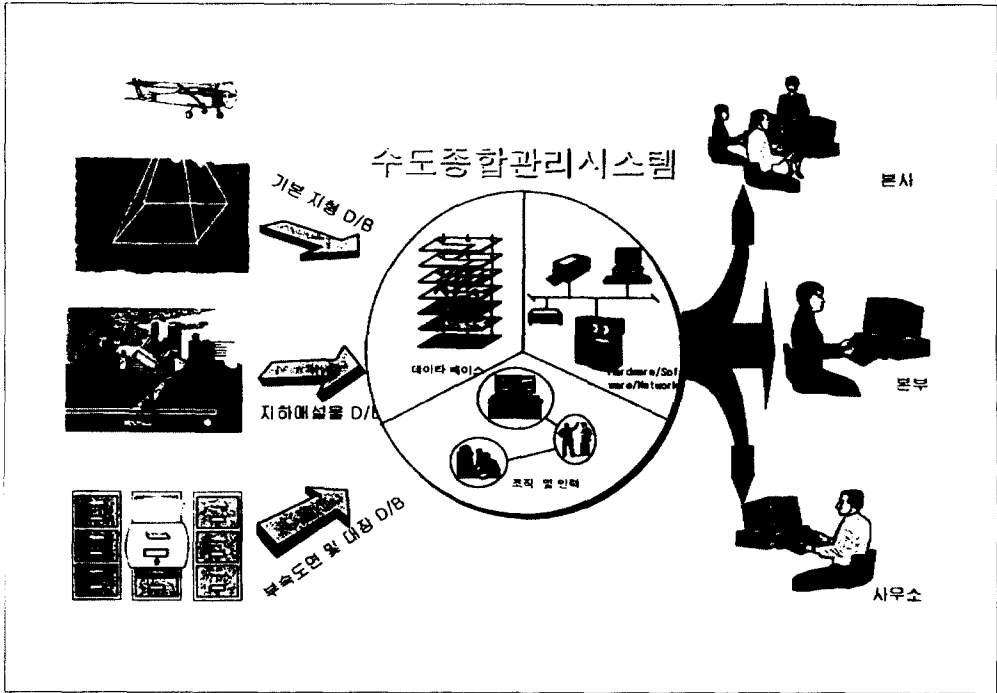


그림 4.11 수도종합관리시스템의 구성도

- 부대시설 및 종횡단면도
- 지형도 및 지적 레이어
 - 지형평면 : 하천, 도로 · 지형 : 등고선, 점높이 · 지적 및 경계
- 타기관 시설물 레이어
 - 교통시설, 가로등 시설 · 지자체 시설 (상수관로, 하수관로 등)
 - 통신/전기시설 (통신선로, 전기선로)

(3) 개발환경

- 서버(Server) : 기술업무용 SUN1000 / UNIX(Solaris x.x)
- DBMS : Oracle 7.2
- 클라이언트(Client) : Windows 95
- 개발도구 : Visual Basic 5.0 (기업용 버전)

(4) 운영중인 Application

- 수도현황 관리
 - 관로시설 : 관로현황, 밸브실 현황, Station No. 및 종횡단면도, 터널관리, 타 기관시설관리
 - 취수, 정수, 가압 및 기타시설 : 건축물 및 구조물, 기계/전기설비, 펌프모터, 구내배관 및 설비
- 운영현황 관리
 - 용수댐 수문현황 : 용수댐 현황조회, 용수댐 수문현황 조회
 - 가동실적 관리 : 용수공급, 펌프모터가동, 계량기검침내역 조회, 전력사용내역조회
 - 연차별 유지보수계획
 - 예비자재 재고현황 조회
- 응용업무
 - 관망해석 : 기존의 개발된 관로시스템내 정상류 해석 프로그램(SAPID 2.0)과의 연계
 - 노후관 평가 : 기존의 개발된 노후관 평가 의사결정시스템과의 연계
 - 관로사고 대응
 - 도면관리 : 준공도면
- 통계분석 관리

· 수도시설 현황	· 용수공급현황	· 유수율 현황
· 펌프가동 현황	· 전력 원단위 현황	· 유지보수 현황

(5) 향후 개발계획

현재 GIS데이터베이스는 거제사무소를 대상으로 구축하였으나 향후 전국의 사무소를 대상으로 확대 구축할 예정이다. 해당지역의 관로정보와 지리정보는 각 사무소별 상이한 특징을 가지므로 시스템은 해당 사무소별로 운영하도록 되어 있으며 수도종합관리시스템에서 사용되는 속성정보의 처리, 분석 및 수도사고시 신속한 대응을 위하여 현장성과 신속성을 갖는 원격감시 및 제어시스템으로서 SCADA와 통합관리되는 방향으로 구축되어야 할 것이다. 광역상수도의 관리를 위한 자료간의 통합과 이를 바탕으로 하는 네트워크의 결합은 전문화된 조직이나 단체를 중심으로

제공될 수 있으며 업무의 효율성과 유연성을 극대화 할 수 있을 것으로 판단된다.

다. 광주광역시의 도시종합시스템

광주광역시의 도시종합시스템은 컴퓨터를 이용한 종합적인 자료관리로 현재의 상황분석과 미래예측에 대한 정확한 정보를 제공함으로써 정보화 사회에 대응한 지방자치 역량의 강화 및 행정체제 합리화에 목표를 두고 시작하였으며, 상수도 관망 관리 분야에서는 이물질 발생요인의 제거를 통한 깨끗한 물 공급, 단수 및 누수에 대한 신속한 조치 및 방지대책 수립등의 효과를 거둘 것으로 기대된다. 도시종합시스템의 구성개념도는 그림 4.12와 같다.

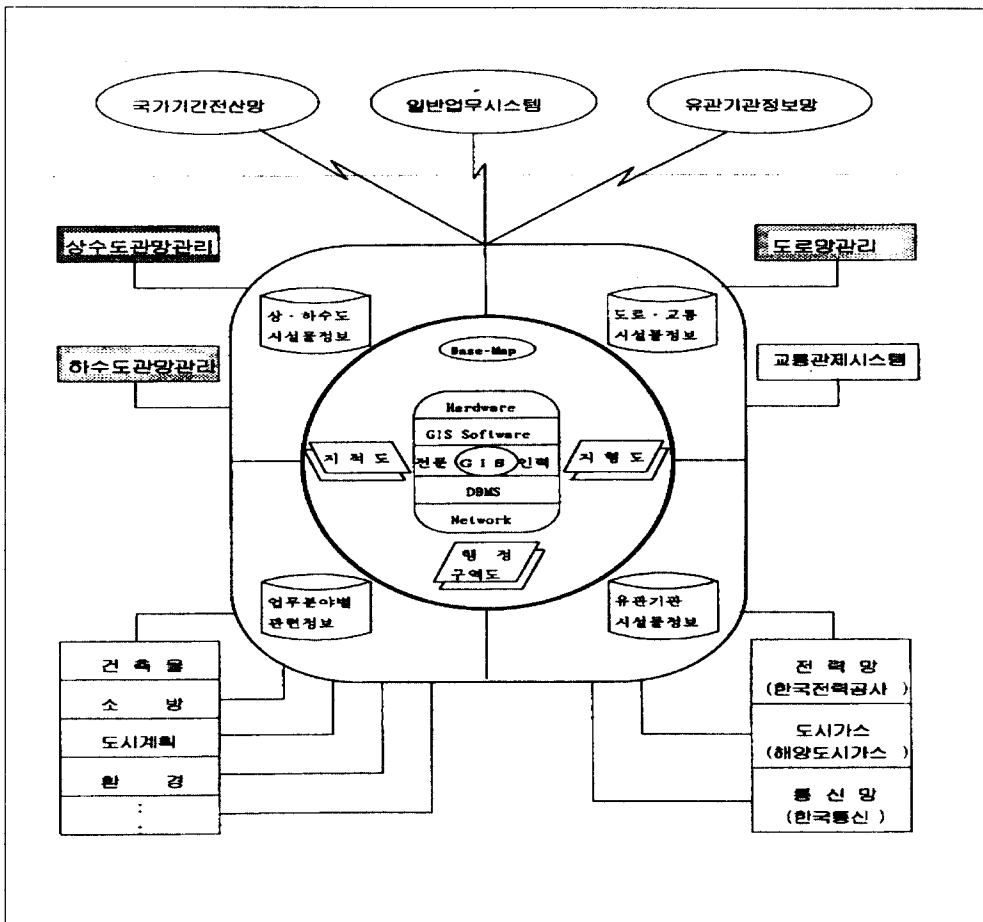


그림 4.12 도시종합시스템 구성 개념도

(1) 시스템 개발 목적

지방화, 정보화 사회에 대비한 능동적 과학적 도시행정체계 구축을 목표로 첨단 의 컴퓨터 응용기술인 GIS를 이용하여 상하수도, 도로, 전기, 가스, 통신망 등의 각종 지하시설물과 지역내 주택, 교통, 소방, 환경분야 등 도시행정 수행에 필요한 제 반자료를 지형과 연계 입체적, 계량적으로 관리 활용할 수 있는 「도시종합시스템」을 구축함에 있어 기본지형정보 및 상수도 관망 위주의 지상·지하 시설물의 데이터베이스화 작업과 최적의 전산시스템 구축모형 발굴을 목적으로 하였다.

(2) 데이터베이스 구축

- 항공사진 촬영 및 지형도를 제작
- 상하수도 시설물 조사 및 도면, 대장 작성
- 지형도 및 상하수도 관망도, 기타 관련자료 데이터베이스 구축

(3) 개발환경

하드웨어는 데이터베이스 서버(Server), 워크스테이션, Digitizing Tablet등으로 구성되며 GIS 프로그램으로는 ARC/INFO를 사용하고 있다.

(4) 운영중인 Application

- 지도제작 및 출력 : 여러부서에서 필요한 지도를 제작해서 도면으로 출력
- 시설물 관리 : 지도상에 있는 시설물 표기물과 여기에 연결된 속성자료를 출력·생성한다
- 검색 및 출력 : 기본 GIS 기능과 MENU형태로 운영되는 응용프로그램으로서 밸브류, 소화전, 배수관 및 급수전을 속성자료로 검색하여 그 결과를 지도상에 표기한다.
- 누수자료 관리 : 누수에 대한 신고 또는 모든 관련자료를 누수기호로 지도상에 표기하여 관리한다.

4.4 결론

지금까지 언급한 바와 같이 GIS는 상·하수도 관로계획뿐만 아니라 하천, 댐저수지의 수질관리 및 각종 용수관리 등 그 용용의 폭이 점차 확대되어 가고 있다. 그러나 수자원의 이용과 개발을 위한 GIS의 활용을 위해서는 아직까지 기본적인 여건의 조성에서 부터 실질적인 자료의 구축에 이르기까지 아직도 많은 문제들이 산재해 있는 것도 사실이다. GIS는 수자원 계획 및 관리에 필요한 정보를 효율적으로 저장하고 분석할 수 있는 도구로서 장차 그 기반과 필요한 재원이 확보되어 소프트웨어 및 하드웨어가 갖추어지고 전문인력이 배출되면 점차적으로 해결이 가능할 것으로 생각된다.

이와 더불어 상수도 계획의 근간이 되는 관로 노선 결정 문제에서는 유전자 알고리즘을 이용하여 컴퓨터내에서 임의로 노선대안을 선정, 비교, 평가하여 우수한 대안을 선별하고 열등한 대안을 도태시키는 방식으로 반복적 처리를 통한 최적의 관로노선 선정을 위한 시도가 계속되고 있으며, 의사결정의 문제에서도 퍼지이론을 이용하여 각 기준값(Criteria)의 불확실성의 정도를 해석하여 이를 의사결정에 반영시키도록 하는 연구도 진행중에 있다. 또한 상수도 관리분야에서는 시설물 관리차원을 넘어선 상수관로의 기능평가와 관로상태의 진단 및 평가 등과 더불어 경제성을 고려한 관로의 교체 및 갱생 시기와 방법의 결정, 노후관의 예측모델의 개발 과 실용화 가능성이 GIS의 도입과 더불어 크게 높아질 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

1. 박홍국, 전기정 (1996), "의사결정 지원 시스템." 경문사.
2. 성노성 (1997), "유전자알고리즘을 이용한 광역상수도 최적 관로노선 선정." 석사학위논문, 충북대학교.
3. 시스템공학연구소 (1994), "수질정보종합 관리시스템 개발: GIS 및 원격탐사기법을 이용한 환경정보추출 및 수질관리응용 시스템개발(2차년도)." 한국과학기술연구원, 환경처, 과학기술처.
4. 시스템공학연구소 (1995), "GIS 단기강좌." pp. 75-97.

5. 유복모, 이규석, (1993), "지면을 기초로 한 상수도 정보체계 구축 및 활용." The 4th GIS Workshop, pp. 340-342.
6. 이용운, 김주환, 최두용 (1997), "도·송수로 노선의 평가를 위한 퍼지 의사결정 지원 시스템." 대한환경공학회지, 제19권, 제6호, pp. 731-744.
7. 한국건설기술연구원 (1995), "수도관 개량을 위한 의사결정시스템 개발." 한국수자원공사.
8. 한국수자원공사 (1992), "일산 상수도 도형정보 시스템 구축 보고서."
9. 한국수자원공사 (1993), "관로시스템내 해석프로그램, SAPID 2.0 사용자 지침서."
10. 한국수자원공사 (1994), "상수도 계획을 위한 의사결정지원시스템연구 - 관로계획을 중심으로(1차년도)."
11. 한국수자원공사 (1995), "상수도 계획을 위한 의사결정지원시스템연구 - 관로계획을 중심으로(2차년도)."
12. 한국수자원공사 (1996), "상수도 계획을 위한 의사결정지원시스템연구 - 관로계획을 중심으로(3차년도)."
13. 한국수자원공사 (1997), "수도종합관리시스템 - 업무분석 및 개략 설계서."
14. 캐드랜드 (1992), "Introduce to PC ARC/INFO 3.4D Plus."
15. 캐드랜드 (1994), "Arcview."
16. 캐드랜드 (1994), "Introduction to Workstation ARC/INFO 7.0." ESRI, ARC/INFO user Manual.
17. Centrell, C.J., Nloesing and E.H. Burgess (1992), " Intergration of a Water Distribution Management System with a Geographic Information System for Newport, Kenturky." 1991 Annual Conference Proceedings, Urban & Regional Information System Association, vol.4, pp. 109-119.
18. Cyert, R.M. and Welsch. (1970), "Management Decision Malery : selected Readings(e'ds.)." L.A. Penguin, Harmondsworth.
19. Diekmann, J., Huang, P., Bessler, M., Kyburz, P., Rawlings, T. and Streifel, A. (1989), "Preliminary Report of the Pipeline Study."
20. Duker, Kenneth J. (1987), "Geographic Information Systems and Computer-Aided Mapping." J. APA, 53(3), pp. 383-390.

21. Goulter, I. (1992), "System Analysis in Water Distribution Network Design : From Theory to Practice." J. Water Resour. Plng. and Mgmt, ASCT, 188(3), pp. 238-248.
22. Hasegawa, K. (1991), "Utilization of Computer Mapping System in Water Work." Proc. AM/FM Int'l '91 Conf., Vol.4, pp. 43-54.
23. HopKins, Lewis E. (1977), "Methods for Generating Land Suitability Maps : A Comparative Evaluation." J. Amer. Inst. of Planners, 43(4), pp. 386-400.
24. Huang, P., Diekmann, J. and Fenis, s. (1995), "Pipeline Planning System." J. of Computiag in Civil Engrg., 9(2), pp. 134-140.
25. Karmeli, P., Gadish, Y. and Meyers, S. (1968), " Design of Optimal Water Distribution Network." J. pipeline Div., ASCE, 94(1), pp. 1-9.
26. McHarg, Ian (1969), "Design with Nature." Garden City, N.Y. : Doubleday, The Natural History Press.
27. Nijkamp, P. (1977), "Theory and Application of Environmental Economies." Studies in Applied Resional Science and Urban Economies, Vol.1, North-Holland.
28. Pazavi, AmirH, (1995), "ArcView Developer's Guide." Onward Press.
29. Saaty, Tomas L. (1980), "The Analysis Hierarchy Process." McGraw-Hill Book Company, New York.
30. Schaake, J. and Lai, D. (1969), "Linear Programming and Dynamic Programming Application of Water Distribution Network Design." Rep. 116, MIT Press, Cambridge, Mass.
31. Simon, H.A.(1957), "Models of Man." Wiley, New York.
32. Tomlin, C. Dana (1990), "Geographic Information Systems and Catographic Modelling." Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
33. Tourland, T.C., (1991), "Atalanta Water Breau's AM/FM/GIS." Proc. AM/FM Intel'l '91 Conf., vol. 14, pp. 523-534.
34. Walski, T. (1958), "Analysis of Water Distribution Systems." Van Nostrand, Reinhold Co., New York, N. Y.

35. Yoeli, P. (1965), " Analytical hill shading." *Surveying and Mapping*, 25, pp. 573-579.