

GIS를 이용한 지하수개발 설계지원 시스템¹⁾

김만규*

The Support System for Groundwater Development Design using GIS

Man-Kyu KIM*

요 약

이 연구는 지하수개발사업 기초설계에 앞서, 타당성분석을 지원하는 GIS 기반의 지하수 사업 기초설계지원 시스템을 개발함이 목적이다. 시스템 환경은 Server/ Client 환경으로 구축함으로써 지하수관련 자료를 효율적이고, 과학적으로 관리·분석할 수 있도록 개발하였다. 이를 위하여 GIS S/W ArcView3.2, RDBMS ORACLE, Spatial DataBase Engine인 ArcSDE 그리고, 지하수모의조작 프로그램으로는 WHPA와 AQTESOLV 등을 사용했으며, 그래픽 사용자 프로그램(GUI) 개발언어는 ArcView 전용언어인 Scripts를 이용하였다.

개발된 시스템을 이용하면, 신규개발 예정관정에 대하여 WHPA를 이용한 모의양수 결과물을 GIS로 가져오고, 기설관정 영향반경과의 중첩 여부, 오염원 등과 비교하여 지하수관정개발사업의 허가여부를 판단할 수 있다. 아울러, 신설관정의 적정 지하수취수량을 판단함으로써 지하수관정 개발사업 및 기초설계를 지원하는 기능을 갖도록 하였다. 이 시스템의 산출물을 이용하여 쉽고 빠르게 도면 및 보고서를 작성할 수 있도록 하였고, 인터/인트라넷을 이용하여 DB를 공유하는 2-Tier 시스템으로서 개발하였다. 이에 따라, 농림부와 농업기반공사 등 지하수 관련 부처들이 전사적으로 지하수관련 자료를 공유할 수 있으며, 자료의 정확성과 신뢰성 그리고 최신정보를 공유할 수 있게 될 것이다.

주요어 : 지하수개발 타당성분석, GIS 기반 전사적 지하수자료 공유체계

1) 이 연구는 농특세 과제의 하나인 '농업생산기반정비사업 타당성 분석 및 최적설계지원 프로그램 개발'용역(연구기간:1998.6-2001.5)의 일환으로 이루어졌습니다. 본 연구에 도움을 주신 농어촌연구원 불관리실, 지하수지하공연구실, 기반정비연구실 그리고 (주) 사이버정보기술과 (주) 캐드랜드에 깊은 감사를 드립니다. 아울러, 공주대학교 특성화사업단 GIS실습실 대학원생들에게 고마운 마음을 전합니다.

* 공주대학교 인문사회과학대학 지리학과 교수

* Professor Dr. rcr. nat., Department of Geography, Kongju National University, Korea

ABSTRACT : This study develops a GIS-based system which examines the adequacy of the Groundwater development project before the actual designing of the project. A system environment is constructed in order to efficiently and scientifically manage and analyze data related to Groundwater through a Server/Client environment. For this, programs such as GIS S/W ArcView3.2, RDBMS ORACLE, ArcSDE (Spatial DataBase Engine) are used. WHPA and AQTESOLV are employed as a underground water simulation program and Scripts, a language for ArcView, is used to develop graphic user interface (GUI).

Using the system developed here, we can transfer simulation results obtained by WHPA regarding Groundwater levels in new development projects into GIS. We can also judge whether a Groundwater development project should be permitted through examining overlaps of the effects of the development and comparing with other pollutants. At the same time, the system has a feature of supporting Groundwater development and basic designing through judging the proper amount of Groundwater in a new project. It is also possible to easily and quickly prepare charts and reports using the outputs of the system. Since a two-tiered system which shares DB using inter- and intranets is developed, all the departments in the ministry of agriculture and forest and the agriculture base corporation can share accurate, reliable and latest information related to Groundwater.

Keywords : adequacy analysis of Groundwater development, total information sharing enterprise GIS system related to Groundwater data base

1. 연구 배경 및 목적

이 연구는 '농업생산기반 정비사업 타당성 분석 틀 개발'을 위한 농림부 농특세 과제 결과물 중 하나이다. 농업생산기반정비사업은 농어촌정비사업의 일환으로 농수산업 생산기반을 조성·확충하기 위한 사업이다(농어촌정비법, 2000). 그 구체적인 사업내용으로는 농어촌지역의 농업용수 등을 개발하는 농어촌용수개발사업, 경지정리, 배수개선, 수리시설 개보수 등의 농업생산기반개발사업, 농수산업을 주

목적으로 하는 간척·매립·개간 등의 농지확대개발사업, 농업주산단지조성 및 영농시설확충사업, 기타 농지의 개발 또는 이용을 위하여 필요한 사업이 있다. 이러한 농업생산기반정비사업들 중 지하수관련업무는 지상에서의 생산기반정비사업과 다른 특색이 있다. 이는 크게 두 가지 관점에서 설명된다. 첫째, 기초설계에 앞서 눈에 보이지 않는 지하공간의 정보와 자료를 이용하여 지하수 수질/수량 모의조작(Groundwater/matter flow simulation)을 통해서 원하는 수량의 양질의 지하수가 확보될 수 있는가? 라는 질문의 가부에

따라 사업착수의 타당성을 판단해야 한다. 즉, 지하수는 눈에 보이지 않는 지하 공간에 대한 몇 가지 지점과 단면에 대한 정보만을 가지고 사업착수의 타당성을 판단해야 하는 문제를 늘 가지고 있는 것이다. 둘째로는 원하는 수량의 양질의 지하수가 확보된다 하더라도, 1997년 개정된 지하수 관련법에 따라 착공하고자 하는 지하수 생산관정 주변에 기설관정이 있는 지?, 그리고 기설관정이 있다면, 계획 지하수 생산량이 이러한 주변기설관정에 영향을 미치는지? 등이 우선 판단되어야 한다(그림 15 참조)²⁾. 지하수(영향)조사를 통해 신규사업 예정관정이 기설관정에 영향을 미치는 것으로 판단되면 개정된 지하수법에 의해 기초설계³⁾착수 자체가 무의미하게 된다. 우리나라에서의 지하수 관정 개발사업의 시행순서를 설명하면 다음과 같다. 우선 사업지구가 선정되고, 지역 주민 내지 관정이용자 측은 사업시행 인가를 득한 후에 공사계약을 체결하고, 지하수(영향)조사를 거쳐 지하수 관정을 개발하면서 수원공시설(수중펌프, 전기시설, 압상관) 및 송수관(수조 및 배수관시설) 등 지하수 이용 부대시설을 만들고 사업준공 검사를 득하게 되어 있다(농림부, 2001). 이를 사업시행 체계도로 도시한 것이 그림 1이다.

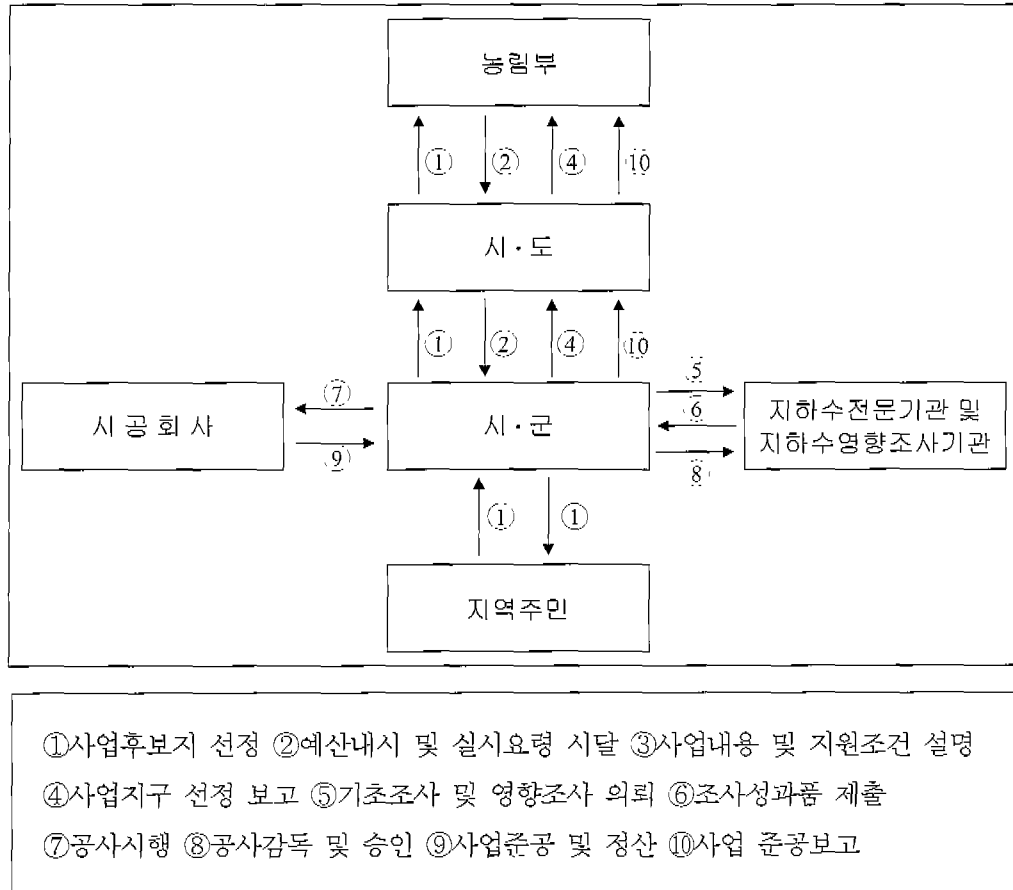
그런데, 신설 예정관정의 지하수(영향)조사 모의조작(Simulation) 소프트웨어의

산출물인 지하수 취수 영향반경 폴리곤들의 지구좌표계에서의 각각의 위치, 사업 후보지구의 다양한 지하수 관련자료(지형, 지질, 토양 상황, 오염원의 분포 위치와 내용, 기설관정 소유, 관리자 및 허가 취수량 등)들이 일목요연하게 파악되고 중첩 분석할 수 있는 지리정보시스템(GIS)이 지하수 관련 실무와 연구에 큰 도움을 줄 수 있음에도 불구하고, 적당한 GIS활용 시스템이 그다지 많이 개발되어 사용되어 오지는 않은 듯 하다. 이에, 우리나라에서도, 본 논문에서 발표하는 이러한 신규사업 예정지하수관정의 영향력이 주변 기설관정 또는 오염원과 어떠한 관계를 갖는지 공간적으로 인식하는데 도움을 줄 수 있는 시스템 개발의 필요성이 있어 왔다. 아울러 이러한 각종 지하수 관련 자료와 정보들이 저장되고 실시간으로 활용될 수 있는 시스템이 지하수 개발 실무자 및 연구관리자 뿐만 아니라 민원인을 위한 지자체의 해당 실과 쪽에서도 그 필요성이 증대되어 왔다.

본 연구의 목적은, 지하수사업 고유의 특수성에 따른 이러한 두 가지 명제에 대한 답변을 지리정보시스템(GIS)⁴⁾을 이용하여 신속하고 합리적으로 획득하기 위한 시스템을 개발하고, 본 연구를 통해 제작된 시스템의 산출물은 「농업생산기반정비사업 타당성분석 및 최적설계지원 프로그램⁵⁾」과 연동되어 농업생산기반정비사

2) 그림 15의 경우, 신설관정의 지하수 취수 영향반경이 기설관정의 그 것과 겹치지 않으므로, 오염원이 존재하지 않은 경우이거나, 오염원이 존재할 때 적절한 대수층의 보호조치 선시행 조건으로 지하수 개발허가가 날 수 있다.

3) 본 논문에서 사용하는 지하수관정 개발사업에 있어서의 '기초설계'란 용어는 그림 1에서 ⑤번과 ⑥번 단계에서 이루어지는 실계를 일컫는 말이다. 이는 지하수관정을 개발하기 위한 '실시·시공설계'에 앞서 대략적인 지하수(영향)조사 자료를 가지고 예상 취수 가능량 산정과 이에 따른 소요 기지제와 재원을 산출하기 위한 설계를 말한다. 즉, 이는 학술용어는 아니고, 지하수 개발사업 실무관행에서 일컫는 용어이다.



[그림 1] 지하수관정 개발사업업무 흐름도

업 중 지하수관련사업의 타당성분석 자료 하수 관련 자료를 체계적으로 유지보수관
 로 활용될 수 있도록 하며, 시스템을 Server 리하고 전사적으로 활용할 수 있도록 하
 /Client 환경으로 구축함으로써 농업용 지 는 시스템을 개발하는 것이다.

- 4) 실세계와 동일한 위상관계를 제공하고, 자료에 대한 다양한 분석 및 통계기능을 제공함으로써, 각종 의사결정의 보조도구로써 다양하게 활용되고 있는 도구이다.
- 5) 농업생산기반정비사업 대상지구의 기본적인 제원을 입력하면 농업생산기반시설과 용지매수, 보상 및 부대시설에 대한 기초설계 및 사업비를 산정하는 프로그램으로 본 연구과제는 이의 위탁연구과제이다.

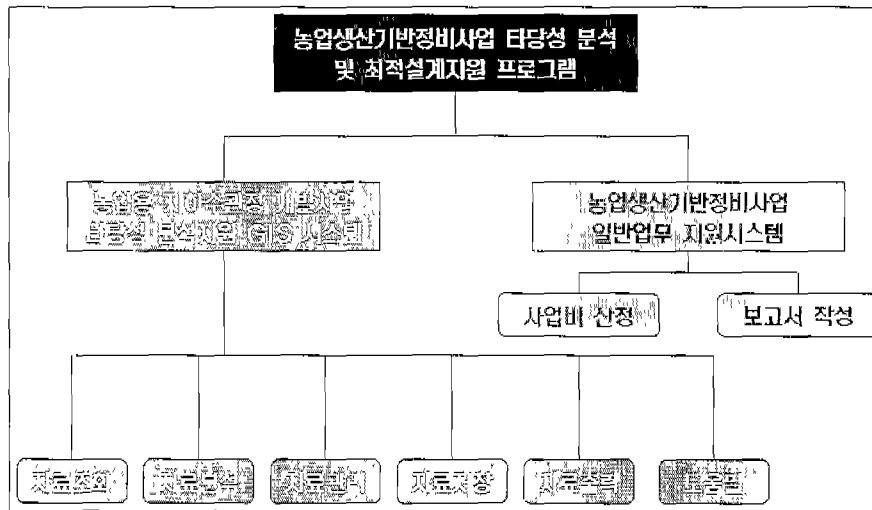
2. 시스템의 구성과 설계

2.1 '농업생산기반정비사업 타당성분석 및 최적설계지원 프로그램 개발' 연구과제의 내용

'농업생산기반정비사업 타당성분석 및 최적설계지원 프로그램 개발' 농특세 프로젝트는 '농업용 지하수관정 개발사업 타당성분석지원 GIS시스템'과 '농업생산기반정비사업 일반업무 지원시스템'의 두 가지로 구성되었다(그림 2).

및 검색을 가능하게 하는 것이 제 1의 목적이라 하겠다. 나아가서, 신규 사업 계획 도면의 관정 위치를 GIS에 손쉽게 입력시키고, 지하수 취수량 및 영향반경, 오염원 으로부터의 오염물질 유입가능성 여부 등을 시뮬레이션할 수 있는 기능을 포함하도록 하였다. 이러한 기능들은 상용 GIS 소프트웨어인 ArcView를 이용하여 간단명료하고 편리한 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 구축하여 구현하였다.

한편, 앞서 소개한 이 농특세 과제의 주된 부분인 '농업생산기반정비사업 일반업무 지원시스템'은 농업생산기반정비사



[그림 2] 이 과제의 전체 시스템 구성도

본 논문의 주제인 '농업용 지하수관정 개발사업 타당성분석지원 GIS시스템 - GIS를 이용한 지하수개발 설계지원시스템'에서는 각종 사업현장도면 및 기존 도면자료(기설관정 위치, 오염원 위치, 지형, 토양, 지질정보)의 DataBase화와 전자적 시스템 구현을 통한 신속한 자료수집






업 중 지하수관련 사업이 발생하였을 경우, 본 논문에서 다루는 '농업용 지하수관정 개발사업 타당성분석지원 GIS시스템'의 산출물인 관정정보, 취수 영향반경정보, 각종 도면자료 등을 호출하여 사업비 산정 및 보고서를 작성하는데 활용된다.

2.2 GIS를 이용한 지하수개발 설계지원 시스템⁶⁾ 설계 및 개발 내용

‘GIS를 이용한 지하수개발 설계지원시스템’의 구체적인 설계 및 개발 내용 중, 주메뉴는 ‘파일’, ‘편집’, ‘창(View)’, ‘주제도’, ‘데이터관리’, ‘도면관리’, ‘도구’, ‘환경설정’, ‘외부프로그램’, ‘그래픽’, ‘윈도우’, ‘도움말’ 등 총 12개의 풀다운 메뉴로 구성되어 있다(그림 3). 이 시스템은 ArcView3.2 Scripts를 사용하여 개발된 결과, 프로그램의 메뉴구성은 ArcView3.2의 메뉴구성(그림 3에서 백색의 박스 들)을 수용하였지만, 여기에 더하여 앞서 기술한 본 연구의 목적을 위하여, 새로운 메뉴를 추가하는 형식으로 개발되었다. 그림 3에서 음영이 가미된 부분이 본 연구에서 새롭게 개발된 기능이다.

한편, 그림 3에서 ArcView3.2의 기본 메뉴인 관계로 음영이 아닌 백색 박스 내에 도시된 기능이라 할지라도, 사용자가 사용하기 편리하도록 개선하여 제작하였다. 즉, ArcView3.2의 화면 확대·축소, 주제도 불러오기 등의 기본적인 기능에 대해서도, 여러 개의 창을 동시에 동일한 범위로 확대·축소·이동할 수 있는 기능, 여러 개의 창에 동일한 주제도를 추가하고, 제거할 수 있는 기능 등을 개발 사용자 편의성을 증대시키고자 노력하였다.

그림 4는 프로그램의 버튼과 툴에서 추

가로 개발된 내용을 나타내고 있다. 그림 4에 도시한 바와 같이, 버튼에서 추가된 기능은 5개로서, 은 창(window)에 디스플레이된 화면을 갱신할 때, 은 인덱스도엽 주제도를 가지고 해당 연구 내지 사업지구의 선택된 도엽을 선택하거나 해제할 때, 은 각각 지형도, 토양도, 지질도 창의 범례를 보이거나 감추는 기능을 수행할 때 사용하도록 하였다. 툴에서 ArcView의 기본 기능에 더하여서 추가된 기능은 2개이다(그림 4). 은 주제도 들을 호출할 때, 도엽인덱스를 통해 사용할 도엽 들을 쉽게 선택할 수 있도록 해주는 툴 이며, 은 창에서 임의의 지점을 선택하였을 경우, 그 선택한 지점의 TM좌표를 알 수 있으며, 그 지점에 대하여 Label을 붙일 수 있도록 하는 툴 이다.

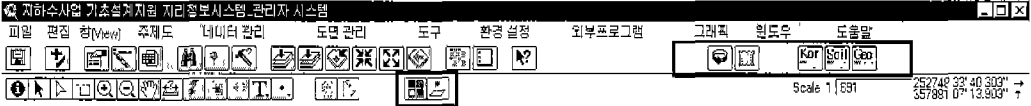
본 연구에서 개발한 특색 있는 기능들 가운데, 대표적인 것으로서는, 그림 3에서의 데이터관리 메뉴에 속한 ‘관정 편집도구모음’(그림 5), ‘오염원 편집도구모음’(그림 6), ‘(지하수 취수) 영향반경 편집도구모음’(그림 7)을 들 수 있다. 이들은 관정에 대한 상세한 자료와 정보, 그 관정에 관한 취수 영향반경, 영향권 내의 각종 오염원 자료와 정보를 손쉽게 검색하고 편집과 갱신을 할 수 있는 도구들을 제공하고 개발하였다.

6) ‘GIS를 이용한 지하수개발 설계지원시스템’을 앞 절에서 소개할 때, ‘지하수관정 개발사업 타당성분석지원 GIS시스템’이라 하였는 데, 두 가지 이름은 본 논문에서 다루는 시스템을 인권의 것들로서, 필자는 전자의 명칭을 선호하며, 농림부는 후자의 명칭에 대하여 용역을 발주한 관계로 앞 절의 그림 2에서 그 명칭을 사용하였습니다. 독자의 혼선이 발생하지 않기 바랍니다.

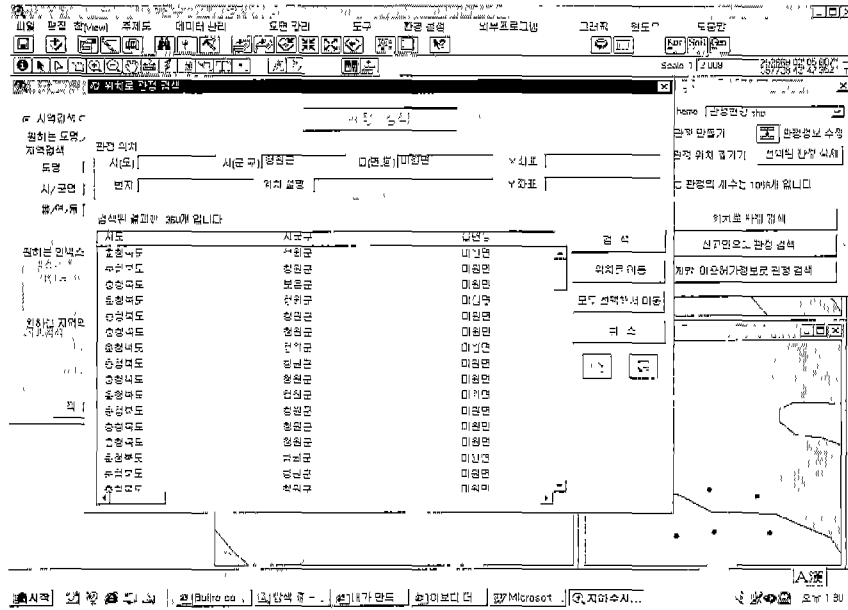
GIS를 이용한 지하수개발 설계지원 시스템

파일	편집	뷰(View)	주제도	데이터 관리	그래픽
열기	주제도 불러오기	지형도 보기	플러그인	인쇄설정 불러오기	지형도 불러오기
모든 열리기	주제도 복사하기	도량도 보기	Start Editing	인쇄설정 불러오기	도량도 불러오기
식별 옵션 저장	주제도 지우기	지형도 보기	Save Edits	인쇄설정 불러오기	지형도 불러오기
프로젝트 저장	Undo Graphic Edit	주제도 추가	Save Edits As	인쇄설정 불러오기	도량도 불러오기
다시저장으로 프로젝트 저장	Cut Graphics	Add Database Theme	Convert to Shapefile	인쇄설정 불러오기	도량도 불러오기
아키텍처도	Copy Graphic	Geocode Addresses	Convert to 3D Shapefile	인쇄설정 불러오기	도량도 불러오기
프린트	Delete Graphics	Add Esri Theme	Convert Grid to Tin	인쇄설정 불러오기	지형도 불러오기
프린트 인쇄 설정	Combine Graphic	새 주제도 생성	Convert to Grid	인쇄설정 불러오기	도량도 불러오기
이미지 내보내기	Union Graphics	New 3D Theme	Save Data Set	인쇄설정 불러오기	지형도 불러오기 #
보고서용 이미지	Subtract Graphics	Themes On	공간 편집	인쇄설정 불러오기	도량도 불러오기 #
데이터 주소 편집	Intersect Graphics	Theme: Off	필드 추가	인쇄설정 불러오기	지형도 불러오기 #
데이터 주소 가져오기	다어 보기	Layout	필드 제거	인쇄설정 불러오기	도량도 불러오기 #
데이터 주소 내보내기	모든 그래픽 선택	3D Scene	오버랩된 지우기	인쇄설정 불러오기	지형도 불러오기 #
늘리기		주제도의 저장	Convert Overlapping Fields	인쇄설정 불러오기	
		필드 선택하기	레이아웃 보기	인쇄설정 불러오기	
		가내	필드 이름	인쇄설정 불러오기	
		속소	필드 속성	인쇄설정 불러오기	
		주제도 전체보기	필드 이름 변경	인쇄설정 불러오기	
		선택적해 나가기	필드 삭제	인쇄설정 불러오기	
		이진화인 보기	필드 추가	인쇄설정 불러오기	
		찾기	필드 이름	인쇄설정 불러오기	
		Locate Address	필드 이름	인쇄설정 불러오기	
		다시 그리기	필드 이름	인쇄설정 불러오기	
			필드 이름	인쇄설정 불러오기	

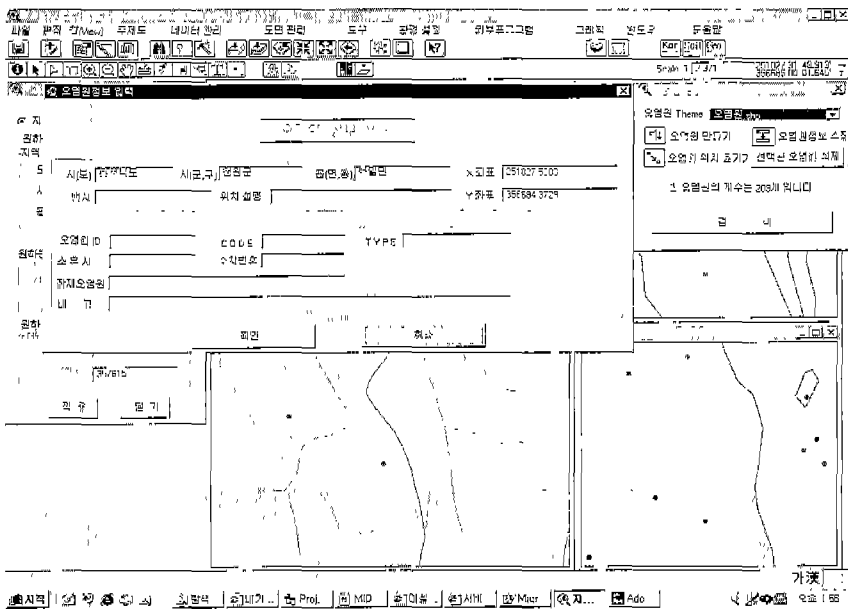
[그림 3] 'GIS를 이용한 지하수개발 설계지원시스템' 풀다운 메뉴 구성도



[그림 4] 시스템의 버튼과 툴에 추가된 내용

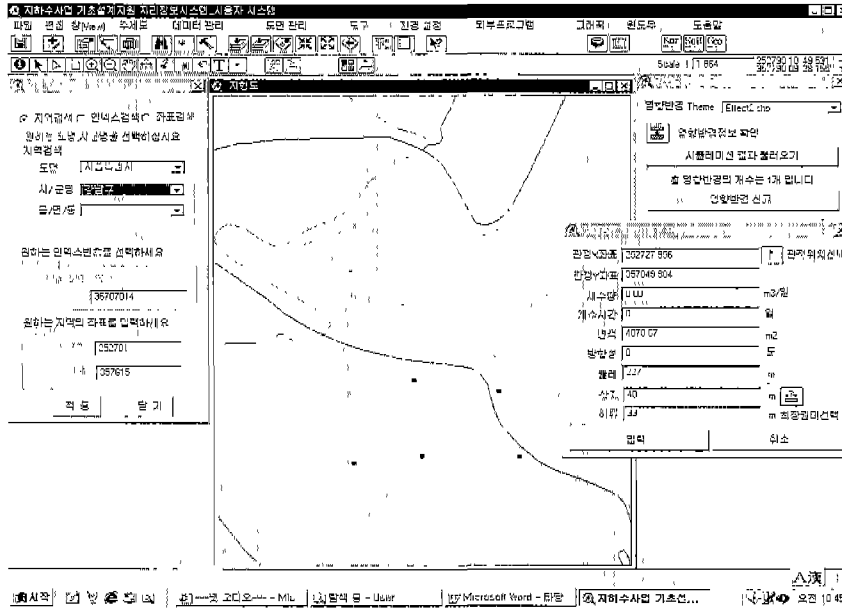


[그림 5] 관정 편집도구모음과 연구지역(행정구역단위 또는 선택 도면들)내의 관정검색·선택 창(Window)



[그림 6] 오염원편집도구모음 박스와 오염원정보입력 창(window)

GIS를 이용한 지하수개발 설계지원 시스템



[그림 7] 지하수 취수 영향반경 편집도구모음과 속성정보 입력 창(window)

그림 3에 도시한 이 시스템을 통해 개발된, 메뉴 가운데 중요한 것을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 ‘환경설정’ 메뉴에서는 데이터베이스 서버와 SDE를 통해서 연결되는 기능을 수행하는데, 이는 이 사용자 클라이언트 시스템 구동과 동시에 서버와 연결을 하지 않은 경우에 대비하여 각 원하는 계정(기설관정, 신설관정, 각 주제도 계정) 별로 연결을 시켜줄 수 있도록 하였다.

‘위치검색’, ‘도면출력’ 그리고 ‘보고서 출력(그림 17 참조)’ 기능을 하위메뉴로 지닌 것이 ‘도구’메뉴 이다(그림 8). 이 가운데, ‘위치검색’ 메뉴는 ‘지역(명) 검색’, ‘인덱스 검색’ 그리고 ‘좌표 검색’이란 3가지 방법을 가지고 원하는 연구지역 내지 사업예정지구의 도면을 호출하는 메뉴이다.

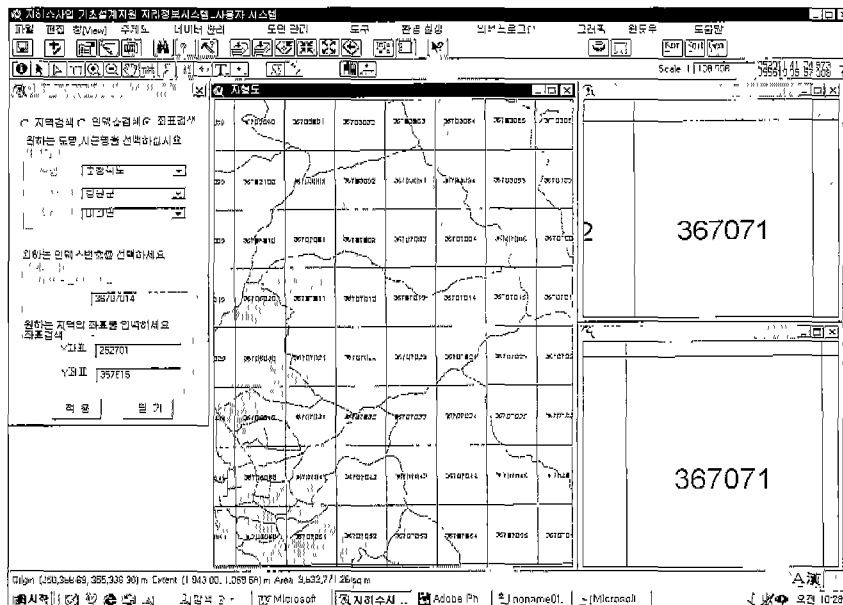
‘도면관리’ 메뉴의 하위메뉴인 ‘지형도·토양도·지질도 불러오기’ 메뉴는 ‘도구’메뉴에서 ‘위치검색’ 메뉴와 같은 기능을 수행하는 메뉴라 할 수 있는데, ‘도구’메뉴의 ‘위치검색’ 메뉴가 사용하기에 더욱 편리할 것으로 판단된다. 이 메뉴의 주된 개발 목적은 관리자와 사용자가 각 주제도를 삭제하거나 내용을 갱신할 수 있는 기능을 부여한 것이다.

‘창(View)’메뉴는 ‘지형도 보기’, ‘토양도 보기’ 그리고 ‘지질도 보기’란 신규개발 메뉴와 ‘주제도 추가’ 등 ArcView의 기본적인 메뉴로서 구성하였다. 호출된 각 Viewer의 도면 위에서 마우스 오른쪽 버튼을 누르면 도면 인덱스 보기/감추기 등의 팝업메뉴가 나타나도록 하여, 사용자의 화면이 원하는 대로 최적화되어 사용하도록 배려하였다.

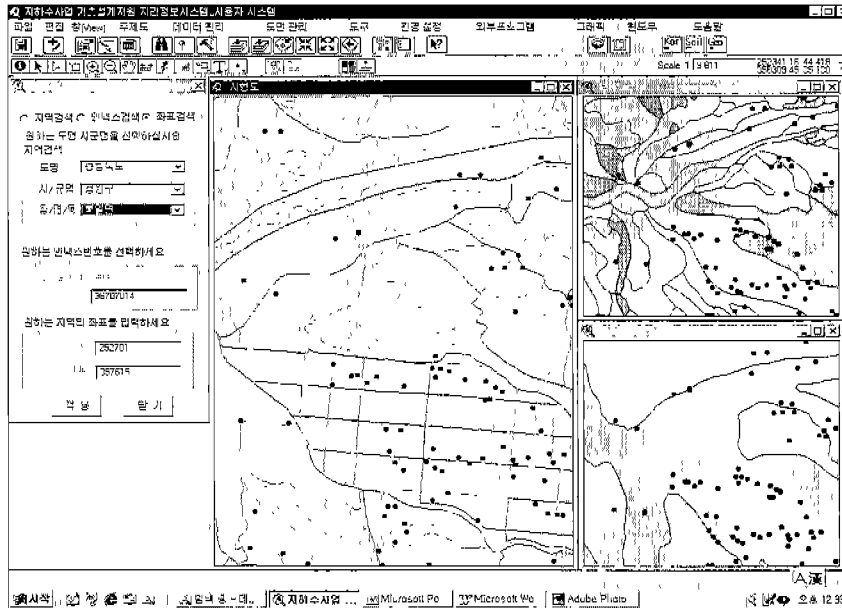
‘데이터 관리’ 메뉴는 이 시스템에서 가장 중요한 메뉴 중의 하나이다. 이 메뉴는 그림 3에 도시된 바대로, ‘신설관정’, ‘신설오염원’, ‘신(지하수 취수)영향반경’, ‘기설관정 불러오기’, ‘오염원 불러오기’ 및 이러한 각 지리객체의 ‘지우기’와 ‘(수정)편집’, 그리고 이 지리객체들에 대한 ‘주제도 만들기’와 ‘주제도 내보내기’ 메뉴 및 클라이언트에서 관리자에게 신규 자료와 정보를 신고하는 메뉴, 관리자시스템에서의 데이터서버로의 자료갱신 메뉴 등으로 구성되었다. 그림 9는 서버로부터 기설관정 주제도가 성공적으로 호출되어 지형도·토양도·지질도 창에 기설관정들이 포인트 레이어로서 디스플레이된 모습을 나타내고 있다. 이 때, 기설관정 주제도는 사용중인 관정과 폐공으로 분류

되어 창에 나타나며 사용자는 각 관정의 속성정보를 검색할 수 있는 동시에 연구지역 내지 사업예정지구 내의 각 지하수 관정 및 오염원의 갯수와 각각의 속성정보내용 등을 통계처리할 수 있는 기능을 시스템이 지니고 있다(그림 5 참조).

아울러 이 시스템의 핵심 기능인 신설예정관정의 지하수(영향)조사 단계에서의 지하수 취수 WHPA 모의조작 결과물인 신설관정과 지하수 취수 영향반경 그래프에 대한 GIS 자료로서의 속성정보 입력 메뉴인 ‘영향반경 통계내기’란 명칭의 하위메뉴(그림 7 참조)도 ‘데이터 관리’ 메뉴가 거느리고 있다.



[그림 8] ‘지도 선택’ 기능 중 ‘Index검색’ 기능을 통한 연구대상지역 지도 (map) 선택 예



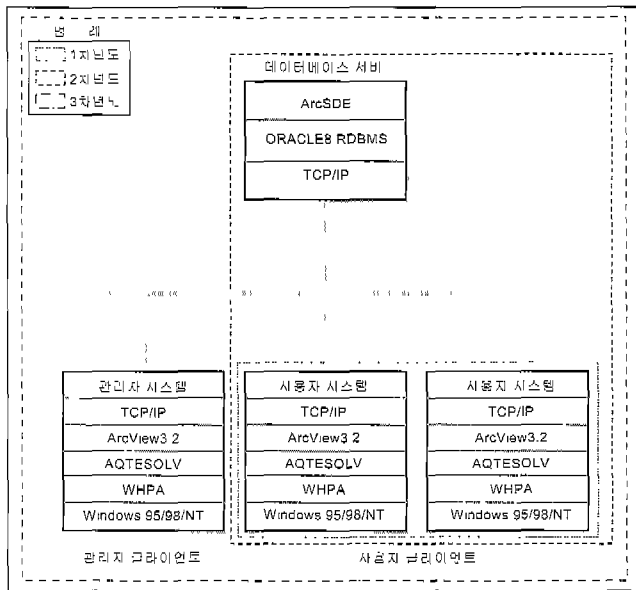
[그림 9] 각 Viewer(지형도, 토양도, 지질도) 창에 관정(사용공, 폐공)주제도를 호출한 모습

3. 개발 환경

지리정보체계(GIS)의 도형정보와 속성 정보에 대한 공간분석 및 속성정보처리를 위하여 상용 GIS 소프트웨어인 미국 ESRI사의 Desktop GIS인 ArcView3.2를 사용하였다. ArcView3.2의 확장 프로그램(extension)인 Database Access, Database Access Patch, 3D Analyst, Cad Reader, JPEG(JIFF) Image Support 와 Dialog Designer도 이 시스템에서 사용하고 있다. 한편, 지하수사업과 관련된 지도(지형도, 지질도, 토양도, 잠재오염원, 시설관정도)에 대한 전자수치지도화 및 속자료 DB구축은 ArcInfo를 가지고 작업하였다. 시스템의 그래픽 사용자 편의 프로그램(GUI)

은 ArcView3.2 매크로언어인 Avenue Scripts가 이용되었다. RDBMS로는 널리 사용되고 있는 미국 ORACLE사의 ORACLE을 사용하였으며, Spatial D/B Engine인 ESRI사의 ArcSDE8.0.1을 채택하여 GIS S/W와 RDBMS와의 사이에서 지리 좌표정보와 속성데이터를 저장하고 검색하는 프로세스를 빠르고 쉽게 할 수 있도록 하였다(그림 10). OS는 각 사용처에서 본 연구의 결과물을 쉽게 설치하여 사용할 수 있도록 WINDOWS NT 4.0을 사용하였으며, WINDOWS 95/98과도 호환되도록 하였다.

지하수 모의조작 프로그램으로는 일반적으로 지하수 실무 부서와 업계에서 널리 사용되고 있는 AQTESOLV for windows 와 WHPA를 사용하였다.



[그림 10] 시스템 개발환경 요약도

AQTESOLV for Windows는 현장탐사로부터 얻어진 대수층의 특질과 특성을 분석하는 사용하기에 편리한 Tool이다. 현장 탐사로부터 얻어진 Data를 변환, 입력한 후 대수층의 여러 형태를 시각적 Curve Matching 방법과 자동 Curve Matching 방법을 통해 분석을 할 수 있다. 시각적 Curve Matching 방법은 곡선형태나 그래프를 이용하여 대수층을 분석하는 전통적인 방법이며, 자동 Curve Matching 방법은 Test결과에 대하여 상세한 통계적 사정과 객관적인 분석을 통하여 분석의 질을 극대화할 수 있는, 다소 복잡한 기법이다. AQTESOLV for Windows는 얻어진 분석결과를 요약 정리하여 효과적이고도 시각적인 보고서를 작성하는 기능을 여러 가지 Option을 통하여 구현할 수 있도록 되어 있다.

AQTESOLV for Windows를 통해 얻어진

자료는 지하수 모의조작용 WHPA 프로그램에 입력되어 지하수모의조작을 수행하게 된다. WHPA Program은 Well-Head Protection Area (WHPA) project를 통해 미국에서 개발된 비교적 간단한 2D 지하수분석 모델이다 (Blandford, 1993). 이 모델은 연구 지역의 지하수 환경과 상황을 묘사하기 위해 각각의 독립된 4개의 모듈로 구성되어 있다. 또한 각각의 모듈은 분석적인 Solution을 포함하고 있으며, 이것은 이차원적으로 모사된 지질 대수층과 지하수 유출량과 유압을 산출하는데 이용된다. 본 연구에서는

WHPA의 모든 계산 결과가 GIS와 오라클에 등록 저장되도록 시스템이 구성되어 있다(그림 7, 그림 13-16 참조).

본 연구과제는 3년(1998.6-2001.5)에 걸쳐 이루어져 왔는데, 지하수사업 관련 자료를 효율적으로 관리하고 전사적으로 활용할 수 있도록 하기 위하여 시스템을 2-Tier 구조의 Server/Client 환경으로 구축하는 것을 최종 목표로 하였다(그림 10). 1차년도에는 단독클라이언트 환경으로 로컬 컴퓨터에 존재하는 데이터를 가지고 작업할 수 있는 시스템을 개발하였고, 2차년도에는 농업기반공사의 인터/인트라넷(Inter/Intranet)을 이용하는 시스템으로 구성하였다. 1차년도의 client 단독 시스템 개발 연구성과를 기반으로 농어촌지형정보체계(RGIS)의 자료와 각 국가기관에서 농업기반공사로 입수된 지질도와 토양도를 활용할 수 있도록, RDBMS인 오라클

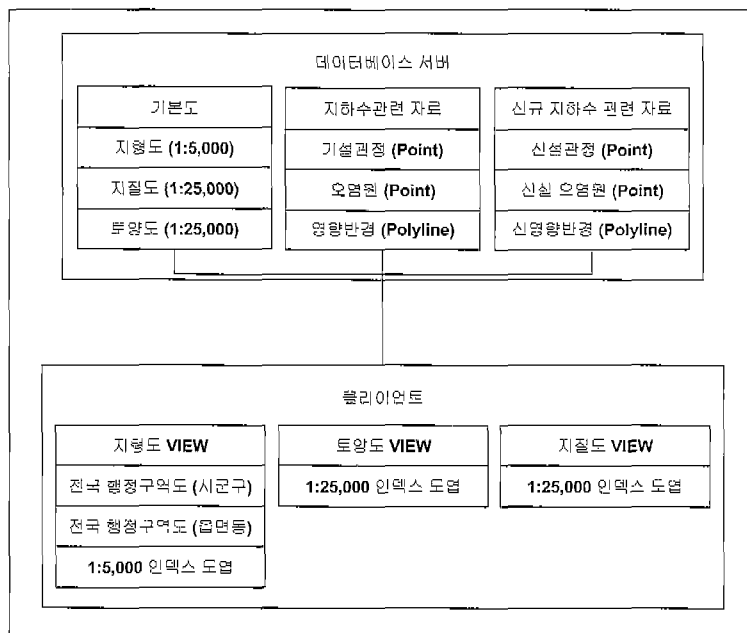
을 활용하는 SDE(Spatial Database Engine) Sever-Client 환경의 시스템으로 구축하였다. 2차년도에 제작된 시스템에서는 관리자와 사용자가 동일한 인터페이스를 사용하여 정보를 관리하게 되어 있었다. 3차년도에는 2차년도에 제작된 인터/인트라넷(Inter/Intranet) 환경에서의 Server/Client 구조를 효율적으로 운영할 수 있도록 관리자와 사용자 인터페이스로 분리 개발하였다. 3차년도에는 관리자와 사용자의 인터페이스를 분리하여 관리자에게는 시스템을 통해 제공될 모든 데이터에 대한 수정, 편집 및 검색 기능을 제공하는 인터페이스를 제작하고, 사용자에게는 신설관정, 영향반경, 폐공, 오염원 등 지하수사업 기초설계에 필요한 제한된 영역에 대하여 수정·편집하고 새롭게 신고하는 인터페이스를 제작하였다.

4. 데이터베이스 구축 내용

본 연구에서 데이터의 저장형태는 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째는 서버의 RDBMS인 Oracle에 저장되는 데이터이고, 두번째는 각 클라이언트에 저장되는 데이터이다(그림 11). 서버의 RDBMS는 기본도(NGIS 수치지형도, 지질도, 토양도), 지하수관련자료, 신규 지하수관련자료 라는 세 개의 테이블로 구성되어 있다. 지하수관련자료에는 관정·오염원·영향반경이 저장되어 있으며, 기본도에는 지형도·지질도·토양도 관련 데이터가 저장되어 있다. 지하수관련자료는 RDBMS에 저장되어 공유됨으로써 최신성과 신뢰성을 유지할 수 있으며, 기본도는 지역에 따라 선택적으로 호출하여 사용할 수 있다.

신규 지하수관련자료 테이블은 각 클라이언트에서 신규 지하수사업에 의해 발생한 신설관정과 영향반경, 새롭게 등록된 오염원, 기존 지하수관련정보의 수정사항이 있을 경우 등록할 수 있는 저장공간이다. 각 테이블은 각각의 계정과 암호를 사용하여 접근할 수 있다.

각 클라이언트에 저장되어 관리되는 데이터에는 지형도상에 사용되는 전국 시·군·구 행정구역도, 전국 읍·면·동 행

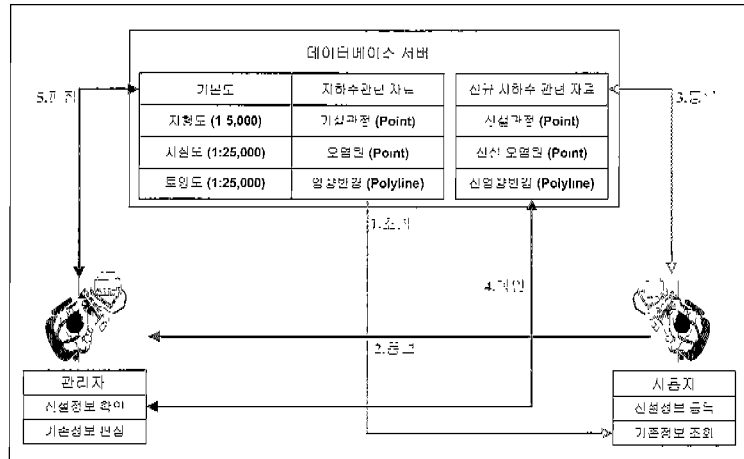


[그림 11] 서버와 클라이언트(사용자시스템)의 데이터파일 구성도

정구역도, 1:5,000 인덱스 도엽과 토양도·지질도 창에 사용되는 1:25,000 인덱스 도엽이 있다. 지형도의 1:5,000, 토양도와 지질도의 1:25,000 도엽체계는 NGIS(국가지리정보체계)의 도엽체계를 따른 것이다. 행정구역도와 인덱스 도엽은 변동주기가 대체로 길고, 모든 지역에서 공통으로 필요로 하는 자료이기 때문에 각 클라이언트에 저장하였다. 이를 통하여 데이터의 호출 시간을 절약하도록 하였다.

5. 개발 System의 지하수사업 타당성 분석 및 기초설계 지원 활용

이 연구에서는 앞서의 데이터베이스 구조를 바탕으로 그림 12와 같은 업무흐름을 처리하는 시스템으로 구축하였다. 이 시스템은 크게 데이터베이스 서버(관리자용), 클라이언트(사용자용)로 나누어져 있으며, 인터/인트라넷을 통해 상호 연결되어 있다. 데이터베이스 서버는 지형도, 토양도, 지질도 데이터를 위한 저장공간과 기설관정, 오염원, 영향반경의 지하수관련 자료를 저장하는 공간, 사용자가 신고하는 정보인 신설관정, 신오염원 등의 신규 지하수관련자료를 저장하는 공간이란, 3개의 저장공간으로 구성되어 있다. 사용자

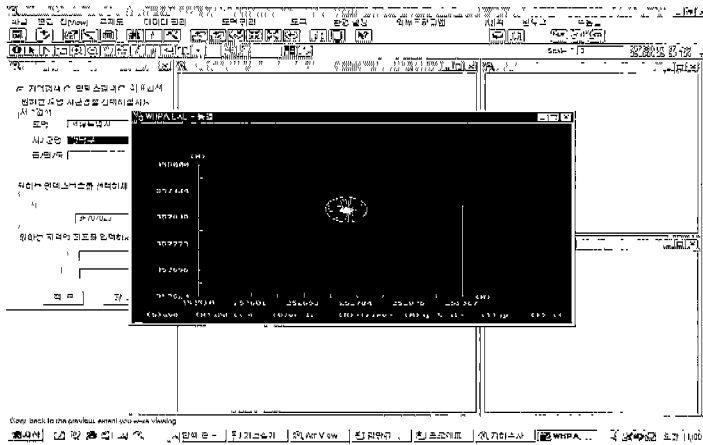


[그림 12] 시스템 이용 업무흐름도

는 신규 지하수관련자료 저장공간에 대하여서만, 읽기 쓰기 권한이 주어지며, 기본도와 지하수관련자료를 위한 공간은 관리자만이 읽고 쓸 수 있다. 사용자는 지하수관련자료 저장공간으로부터 기설관정 및 오염원, 지형도, 지질도 등의 데이터를 선택적으로 호출할 수 있으며, 검색할 수 있다. 신설관정이 새롭게 발생하였을 경우에는 신설관정과 기설관정 사이의 상호간섭 여부등을 WHPA를 통해 모의조작을 한다. WHPA 프로그램은 외부프로그램 메뉴의 하위메뉴에서 찾을 수 있다. WHPA를 사용하여 실행한 시뮬레이션결과는 WHPA에서 바로 디스플레이하여서 확인할 수도 있다(그림 13). 하지만, 이 WHPA 프로그램에서는 관정 주변의 지형, 지질, 토양, 오염원 등과의 상호관계를 알아볼 수 없다.

시뮬레이션 결과물을 본 연구의 결과물인 GIS 시스템으로 호출하여 시뮬레이션결과와 관정 주변의 다양한 요소들과의 상관관계를 살펴볼 수 있도록 하기 위해서

GIS를 이용한 지하수개발 설계지원 시스템



[그림 13] WHPA에서 시뮬레이션 한 결과의 디스플레이 화면

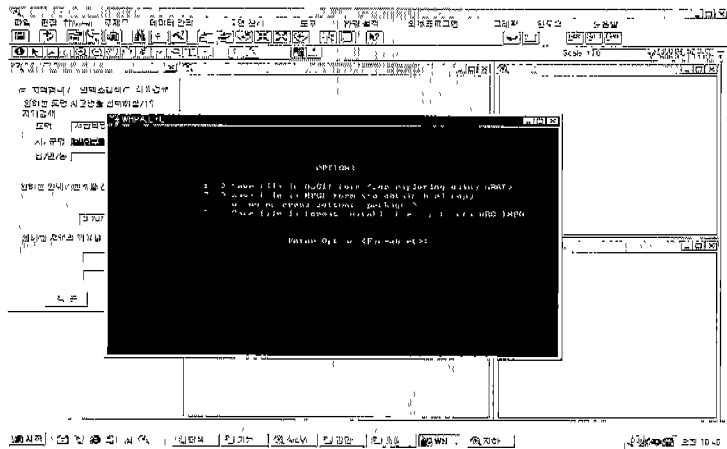
는, 우선 시뮬레이션 도형자료 결과물 그래픽을 GIS 자료로서 저장하여야 한다.

WHPA에서는 시뮬레이션 결과물을 저장할 때, GIS ArcInfo Coverage 디렉토리 생성을 위한 Generate 옵션용 Ascii화일 포맷 저장 옵션이 있다(그림 14).

Ascii형태로 저장되는 이 WHPA 시뮬레이션 결과물은 이 시스템의 '시뮬레이션 불러오기' 기능을 사용하여 GIS 시스템으로 Import 한다. '시뮬레이션 불러오기'를 실행한 후 앞에서 저장한 Ascii파일을 선택하면, 파일에 들어있는 도형정보의 좌표 값을 해석하여 이 ArcView GIS 시스템에서 그림 15과 같은 shapefile 도형정보로서 디스플레이 및 저장이 가능하게 된다. 이에 따라, 사용자는 서버로부터 시뮬레이션 결과물과 비교하고자 하는 정보

들, 지형 및 지질, 토양, 시설관정의 영향반경, 오염원 등의 정보를 선택적으로 호출한 후, 시뮬레이션 결과물과의 관계를 공간적으로 살펴볼 수 있게 된다(그림 15). 그러나, Ascii형태로 저장되어 이 시스템에서 호출된 WHPA 시뮬레이션 결과물은 여전히 아무런 해당 지하수 관정과 관련된 속성정보를 가지고 있지 않다. 이러한 각종 지

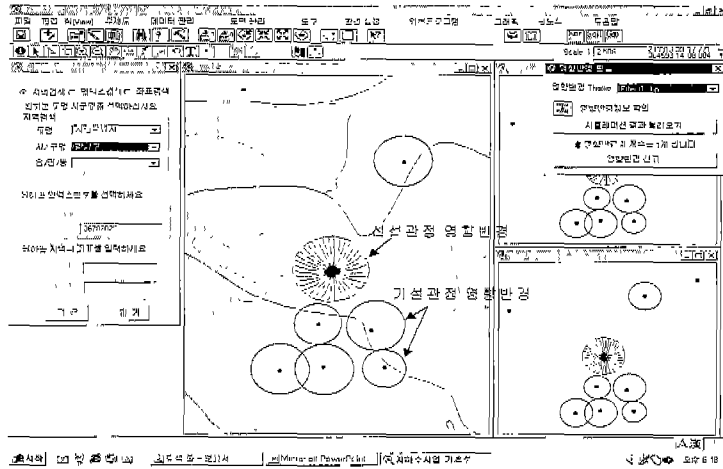
하수 관정 관련 속성정보는 이 시스템에서의 '시뮬레이션 결과 통계내기와 속성 정보 입력 윈도우'를 이용하여 관련 속성 정보로서 입력되어진다(그림 16). 그런데, 신설관정의 영향반경과 시설관정의 영향 반경이 겹쳐 신설관정이 시설관정에 심각한 영향을 준다고 판단될 경우에는, 신설 관정의 개발 허가를 불허하거나 취수량을



[그림 14] WHPA에서의 시뮬레이션결과물 저장데이터포맷 선택옵션 화면

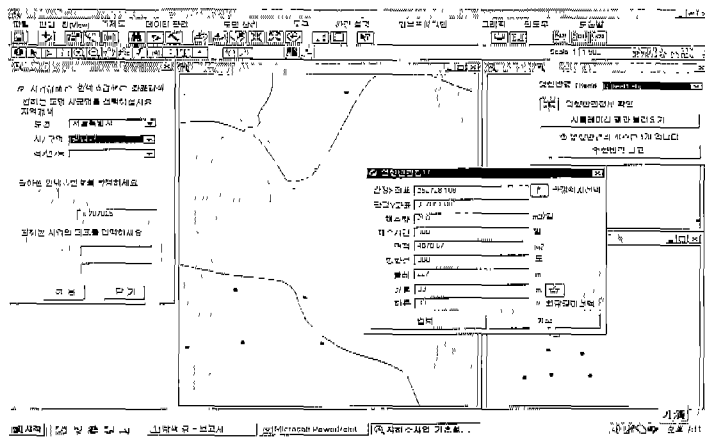
제한할 수 있다(지하수법 제 7조, 1999⁷⁾). 신설관정의 개발이 기설관정이나 하천 등에 영향을 미치지 않거나 오염원 등의 영향을 받지 않는다고 판단되면, "농업생산기반정비사업 일반업무 지원시스템"으로 사업비를 산정 하는 등 종합적인 타당성 판단을 한다. 다양한 판단기준을 통해 신설관정에 대한 사업 타당성이 있다고 판단되면, 기초설계와 실시

관리자는 신규 지하수관련자료 등록번호를 관리자에게 통보한다.



[그림 15] WHPA시뮬레이션 결과물의 GIS로의 반입과 GIS 시스템 안에서의 관정인접 지하수관련자료(상황) 비교분석 사례도

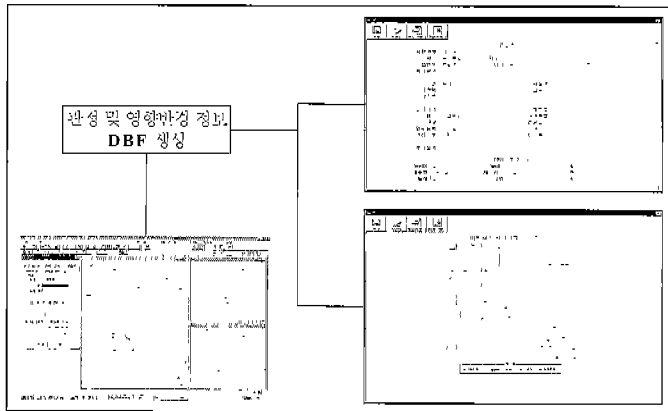
호를 이용하여 신규 지하수관련자료에 저장되어 있는 정보를 확인한다. 그리고 확인된 정보를 지하수관련자료에 업데이트 시킨다. 업데이트된 정보는 일반사용자에게 실시간으로 다시 제공되어진다(그림 12 참조).



[그림 16] WHPA 시뮬레이션 결과물의 GIS 통계내기와 속성정보입력 틀

또한 본 '농업용 지하수관정 개발사업 타당성분석지원 GIS시스템'에서 생성된 관정 및 영향반경의 속성정보 그리고 도면자료는 시스템 자체의 보고서 작성기능을 사용하여 간단한 도면 및 보고서를 작성할 수 있을 뿐만 아니라, DBF 포맷으로 저장되어, '농업생산기반정비사업 일반업무 지원시스템(개발 중)'과 연동되도록 구성되어 쉽고

7) 지하수법 제7조 (지하수개발·이용의 허가) 개정 99.3.31
지하수의 채취로 인하여 인근지역의 수원의 고갈 또는 지반의 침하를 가져올 우려가 있거나 주변시설물의 안전을 해할 우려가 있는 경우 시장·군수는 허가를 하지 아니하거나 취수량을 제한할 수 있다.



[그림 17] 보고서 작성 사례

빠르게 보고서를 작성할 수 있다(그림 17). 그림 17의 오른쪽 상하단의 표와 도면은 각각 객체(Object)로서 상기 '일반업무 지원 시스템'에서 받아들여지게 된다.

이러한 지하수 개발사업의 타당성과 개발허가 여부를 판단하는 일련의 과정을 편리하고 과학적으로 처리해 주는 이 시스템은 농업생산기반정비사업 중 지하수 관련사업의 기초설계 수행 시 자료의 정확성을 기할 수 있도록 도움을 주며, 업무의 편리성을 가져올 것이다. 아울러, 합리적인 의사결정 및 행정행위를 유도함으로써 지하수 관련 민원인의 이해와 협조를 도모하면서 대주민 서비스의 질을 향상시켜 줄 것으로 기대된다.

6. 기대효과 및 결론

본 전사적 시스템은 지리정보(위치정보와 속성정보)를 갖도록 GIS를 모체로 하여 구축되었으며, 자료의 형태는 서로 다

른 GIS 소프트웨어에서 불러들일 수 있는 파일형태인 Shapefile 형태로 저장된다. 따라서 차후 개발되거나 현재 개발이 진행중인 GIS 응용체계를 이용하는 시스템들과 자료를 공유하고 연동될 수 있는 확장성을 가지며, 자료의 수집·편집·분석 등을 용이하게 도와줌으로써 업무의 효율성과 의사 및 정책결정의 합리성을 증대시킬 수 있을 것이다. 이러한 기대효과를 정리하여보면 다음과 같다.

첫째, 신규사업 예정관정의 WHPA를 이용한 모의 양수시물레이션 결과물을 불러와 기설관정의 영향반경, 하천, 지형, 지질 등과 비교하여 지하수관정개발사업의 허가여부를 판단하고, 신설관정의 취수 영향반경이 기설관정의 영향권과 겹치지 않는 한도 내에서의 적정 지하수 취수량을 결정함으로써, 지하수 관정개발사업을 합리적이며 합법적으로 수행하는 일을 지원할 수 있게 되었다.

둘째, 본 연구를 통해 개발된 시스템의 산출물인 관정 및 영향반경의 속성정보 그리고 도면자료는 시스템 자체의 보고서 작성기능을 사용하여 간단히 관련 업무 보고서를 작성할 수 있을 뿐만 아니라, DBF 포맷으로 저장되어, '농업생산기반정비사업 일반업무 지원시스템'과 연동되도록 구성되어, 다양한 보고서를 빠르게 작성할 수 있게 되었다.

셋째, GIS를 이용하므로 모든 속성들이 위치정보를 갖는다. 따라서 관정, 오염원,

영향반경 등의 지하수관련 자료들의 공간적인 관리가 가능하여 서로의 위상관계를 살펴볼 수 있도록 도와준다. 이는 사업 예정지구의 제반 지형, 지질, 토양 정보 뿐 아니라 각종 사회·경제·인문·지리적 객체들의 상호관계도 파악할 수 있도록 도와 줄 것이다.

넷째, Enterprise GIS로서 개발 하였으므로 GIS의 일반적 용이성에 해당하는 공간도형 및 속성자료의 수집, 편집, 분석을 빠르게 할 수 있도록 도와준다. 따라서, 지하수 보존관리·개발·인허가 업무에 있어서, 기 시행 사업에서 파악된 기존 지하수관련 자료들이 종이도면첩으로 창고에 방치되거나 분실되는 일없이, 이 시스템을 통하여 즉각적이며 효율적으로 재사용 될 수 있을 것이다.

다섯째, 본 시스템에서 활용되는 지하수사업 관련자료들은 다른 GIS 소프트웨어에서 불러들일 수 있는 파일형태인 Shapefile 형태로 ORACLE등과 같은 데이터베이스에 저장되어 관리되므로 다른 시스템들에서도 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

여섯째, 본 연구에서 활용되는 지하수사업 관련 자료들은 ORACLE 데이터베이스에 저장되어 관리자와 각 부서, 각 지부 등에서 업데이트시키며 관리되기 때문에 자료의 높은 신뢰도와 실효성 그리고 최신성을 유지할 수 있다.

결론적으로, 본 연구의 산출물인 시스템은 1일 정도의 교육만으로도 이용이 가능한 그래픽 사용자 인터페이스로 구현되어 GIS 사용자 전문교육을 받지 않은 실무자들이 쉽게 데이터베이스에 지하수 사

업관련 도형정보와 속성정보를 입력하고, 검색하며 분석할 수 있게 하였으므로, 지하수 사업 실무자 중 특수 교육을 받은 자에 한해서 이루어지던 데이터베이스에서의 자료 획득과 GIS에서의 자료 입력, 분석 업무가 일반실무자들도 가능하게 도와줄 것으로 기대된다. 아울러, 본 연구의 결과물은 농업기반공사 지하수사업처에서 기획하고 있는 '지하수정보종합관리시스템' 구축 시, 표본 시스템으로 활용될 수 있을 것이다.

아울러, 기존 지하수사업 도면, 사업관련 자료와 정보의 GIS처리 및 대용량 데이터베이스 내로의 체계적 저장 등, 지금까지 각 실무 부서에서 진행할 수 없었던 지하수사업 관련 수많은 도면과 자료를 관리하는 체계로서의 기능이 구현되게 시스템을 연구개발하였으므로, 차후 관련 지하수사업을 위하여 기존 자료가 쉽게 이용될 수 있는 길을 열어줄 것이다. 한편, 현재 90만여 개로 추산되는 농업용 지하수관정(KBS, 2001)의 효율적 관리와 유지보수 업무생산성을 향상시킴으로써, GIS기반의 본 시스템을 사용하여 지하수 자원 관리는 물론 가뭄대책 수립 시에도 유용하게 사용될 것이다.

향후에는 보다 다양한 지하수 모의조작 S/W Package와 본 시스템과의 자료교환을 위한 미들웨어들의 개발이 요구되며, 지하수연구와 개발보존을 위해 추가적으로 개발하는 GIS 시스템들도 컴포넌트화 되어 이 시스템으로 도입되어질 필요가 있다. 나아가서, 농림부의 지하수 관련업무를 처리하기 위해 개발된 이 시스템은 기존 건설교통부의 '지하수 정보관리시스템

(NGWIS, National Ground-Water Information system)(건설교통부, 한국수자원공사, 1997) 과도 용이하게 호환될 수 있도록 데이터의 표준화와 시스템의 선진화에 대한 연구가 지속되어야 할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 1) 건설교통부, 한국수자원공사, 1997, 지하수정보관리시스템보고서(제1편) p. 3, pp. 72-73.
- 2) 국무총리실 수질개선기획단, 물관리업무자료, 1999, p. 5p, pp. 35-40.
- 3) 김채승, 윤찬진 편저, 2000, 지리정보체계, 대영사. p. 49, pp. 377-608.
- 4) 농림부, 2001, 농림사업시행지침서 제4권, pp. 1929-1933.
- 5) 농어촌정비법, 2000, 제2조(정의), 시행일. 7.29.
- 6) 지하수법, 99.3.31, 제7조(지하수개발·이용의 허가), 일부개정.
- 7) 한정상, 1998, 지하수환경과 오염, 박영사, p. 2.
- 8) 한정상, 1999, 한찬, 3차원 지하수모델과 응용, 박영사, 머리말.
- 9) ESRI Support. <http://gis.esri.com/arcscripts/scripts.cfm>
- 10) KBS, 2001년 6월 10일 9시 뉴스
- 11) T. Neil Blandford, Peter S. Huyakorn and Yu-shu Wu, 1993, WHPA.DOC in WHPA Software, Hydrogeologic, Inc., Herndon, Virginia & U.S. Environmental Protection Agency Office of Groundwater Protection Washington, D.C.