

농업용수관리를 위한 지리정보시스템(GIS)의 활용방안에 관한 연구

이경훈¹⁾ · 오창주²⁾ · ○남길정³⁾

1. 서론

농어촌 용수는 우리나라의 물수요량 중 가장 큰 비중(60%)을 차지하고 있으나 전체 지역을 연계하여 종합적으로 관리되지 못하고 개별로 수동관리됨으로서 합리적이고 효율적인 관리가 미흡하여 가뭄과 홍수피해가 발생하고 있다. 또한 농촌지역의 이농현상으로 인한 인구감소로 인건비 상승과 물관리 요원의 확보가 곤란하므로 관리인력의 절감대책이 필요하다.

그래서, 용수의 절약, 관리비용의 절감, 수질의 보전, 안정적인 물의 공급 등이 가능한 정보처리 및 제어장치로 구성된 물관리 자동화시스템이 요구되었으며 우리나라에서는 처음으로 경기도 안성군 안죽 지구 시작으로 하여 여러 지구에서 시행되어왔다. 그러나, 지금까지의 물관리 자동화는 지형 정보 즉, 이용가능한 물의 양이나 토지이용 상태, 식생 분포상태와 자연조건인 재배작물, 기상자료 등 다양한 자료의 데이터베이스화가 부족한 상태로 진행되어 왔다.

그래서, 본 연구는 지리정보시스템(GIS)을 활용하여 데이터베이스를 구축함으로써 자료의 정확성 및 자료의 부족함을 보완하고자 연구한 것이다. 또, 지리정보시스템을 이용하여 구축된 자료를 OLE 형태인 Map Objects 라는 GIS 구성요소를 이용함으로써 논관개용수량을 구하는 프로그램 상에 지도화하며, 위상자료와 속성자료의 연결성을 통해 자료 확인의 편리함을 도모하고자 연구한 것이다. 이렇게 함으로써 좀더 과학적인 방법으로 농업용수물관리 자동화에 접근하고자 시도된 것이다.

2. 물관리 자동화 시스템

물관리시스템은 현지에서 인력으로 시설물을 조작하던 재래식 물관리 방법에서 탈피하여 농업용수를 취수원에서 간선 또는 지선 분기점까지 운반하는 과정을 전기, 기계, 전자, 통신 및 컴퓨터 기술을 이용하여 원격측정 및 원격감시하고 조절할 수 있는 시스템을 구축하여, 전지역의 수문, 수리현황을 중앙관리소에서 효과적으로 파악하고 관리할 수 있는 시스템이다.

물관리 시스템의 구성은 중앙관리소(본국), 현장관리소(지국), 그 사이를 접속하는 전송회선에 의하여 구성된 것이 일반적이다. 또한 지국에서 떨어진 장소에 있는 센서 및 기기류를 본국이라 칭하며 지국을 경유하여 중앙관리소와 정보전송을 한다. 위의 설명을 그림 1에서 잘 보여주고 있다.

중앙관리소에서는 용수간선의 분수문, 계수문에 대한 수위의 측정, 수문의 개도측정 및 펌프의 작동, 측정자료와 제어명령을 전달하는 원격소장치(RTU)와 통신설비로 연결하고, 카메라를 통하여 용수로의 수리현황을 감시하며, 댐의 현황도 전달 받아 전지구를 통제하고 관리하는 기능을 수행한다.

본 연구는 중앙관리소에서 이용하는 프로그램에 있어서 기존의 SCADA 프로그램과 달리 지리정보시스템을 이용하였다. 그러므로, 자료수집 및 입력하는 데 있어서 지도를 이용할 수 있었으며, 이에 지형적인 자료와 자연적인 자료에 더욱 정확성을 기하고자 하였다.

1) 전남대학교 토목공학과 부교수
2) 전남대학교 토목공학과 박사과정
3) 전남대학교 토목공학과 박사과정

2.1 제어방식

물관리 시스템에 사용되는 조작 형태는 조작 장소 및 수단의 편성에 따라 그림 2와 체계로 구성되어 있다.

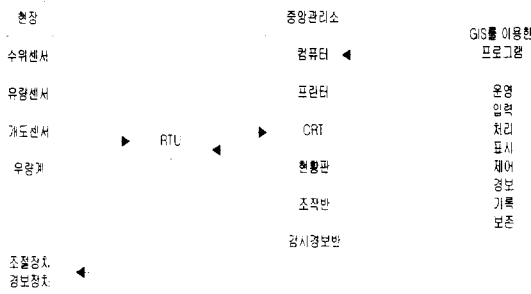


그림 1. 물관리 시스템의 기본구성

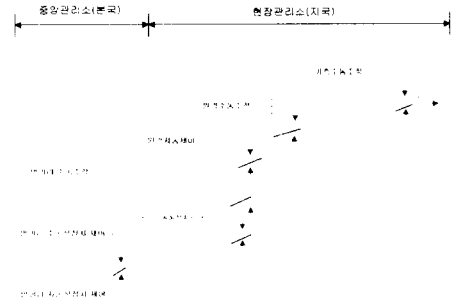


그림 2. 조작형태와 개념

2.2 용수로의 감시제어 방식

용수로 분수공은 간선수로에 흐르는 용수를 분수문의 개폐에 의하여 간선수로 또는 지선수로에 필요한 양만큼 분배하는 시설로서 공급자 주도형의 시설이다. 간선수로에는 안정된 분수의 확보를 위하여 제수문이 설치되어 있으며 제수문은 상류 또는 하류의 수위를 일정하게 유지하여 구간 저류량을 확보하는 시설이다. 아직까지 모든 간선·지선은 모두 개수로로 설계되어 있다.

분수공의 용수관리 시스템 시설개요는 그림 3에 나타나 있는 것과 같이, 간선수로의 수량과 수위변동에 따라 분비의 개도를 조절함으로써 분기수로에 필요한 수량을 분배한다.

3. 지리정보시스템의 활용

본 프로그램에서 필요한 대상지역의 자료를 구축하기 위해서 다음과 같은 과정을 거쳤다. 먼저, 그림 4와 같이 대상지역을 2개의 용수간선을 중심으로 8개의 용수지선으로 구성하였으며, 용수지선을 기준으로 8개의 지구로 나누었다. 그리고, 이 지역을 디지털지형함으로써 용수간선, 용수지선, 담, 배수로, 제수문, 분수문, TM/TC, 저수지, 도로, 하천, 중앙관리소 등 11개 레이어로 나눌 수 있었다. 각각의 레이어 대한 입력 자료는 표 1에 표시된 것과 같이 공간자료와 속성자료로 각각 구분하였으며, 그림 5는 ArcView의 Table, 그림 6는 ArcView의 View를 보여주고 있다.

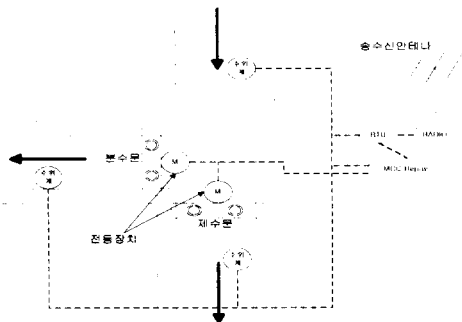


그림 3. 분수문 시설 개략도

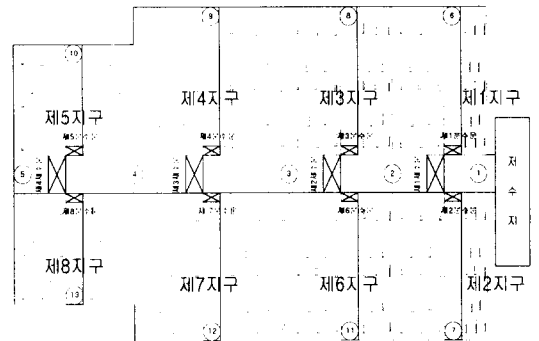


그림 4. 대상 지역(지구, 노드, 제수문, 분수문)

표1. 자료의 구성

레이어	수요량	용수간(지)선	노드	계(분)수문	답
입력자료	공간자료		길이		면적
	속성자료	날짜, 상대습도, 평균기온, 풍속, 일조시간, 강우량	시작점, 끝점, 수로명과 폭, 수위, 조도계수, 기울기, 지구, 계(분)수문	번호, 표고	용수간(지)선, 수로명, 수문높이, 수문폭, 상류수위, 하류수위, 개폐정도
결과자료	증발산량, 용수량	속도, 유량		유량	

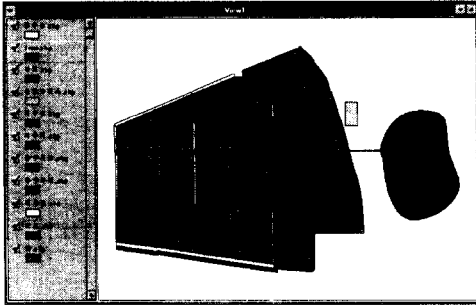


그림 5. ArcView의 Table

ID	Name	Value	Value	Value	Value
Polygon	9990411	17.00	48.00	11.60	3.2
Polygon	9990412	19.80	50.00	11.10	2.1
Polygon	9990413	19.00	42.00	19.90	2.0
Polygon	9990414	13.90	76.00	0.00	2.4
Polygon	9990415	18.90	80.00	1.40	2.4
Polygon	9990416	11.20	70.00	4.00	2.8
Polygon	9990417	13.60	68.00	4.10	2.2
Polygon	9990418	12.20	70.00	8.40	2.1
Polygon	9990419	19.50	70.00	10.10	1.9
Polygon	9990420	20.80	50.00	10.80	1.9
Polygon	9990421	2.40	40.00	1.70	2.4
Polygon	9990422	19.40	57.00	8.10	2.7
Polygon	9990423	19.00	50.00	3.10	2.0
Polygon	9990424	14.00	70.00	8.10	2.3
Polygon	9990425	14.20	61.00	11.10	2.6
Polygon	9990426	14.40	50.00	11.30	3.0
Polygon	9990427	11.70	57.00	10.90	4.1
Polygon	9990428	13.40	59.00	9.30	2.0
Polygon	9990429	14.50	47.00	9.90	2.3
Polygon	9990430	14.60	60.00	0.00	1.4
Polygon	9990431	18.70	50.00	10.70	2.1
Polygon	9990432	16.70	67.00	11.10	2.1
Polygon	9990433	15.00	50.00	11.40	1.8
Polygon	9990434	14.90	50.00	9.30	1.9
Polygon	9990435	11.80	66.00	3.40	1.7
Polygon	9990436	11.90	68.00	0.50	1.4
Polygon	9990437	18.80	68.00	10.80	2.5

그림 6. ArcView의 View

4. 논관개 용수량과 유량

본 절에서는 물관리 자동화를 위한 지리정보시스템의 데이터 베이스를 구축하는 데 있어서 가장 중요한 부분인 논에서 필요한 용수량과 용수로에서의 유량을 부프로그램을 이용하여 결과치를 구하고자 한다.

4.1 용수량의 구성요소

관개는 작물성장에 필요한 수분을 공급하기 위하여 토양에 물을 공급하는 목적 이외에도 한발 시 작물생산을 방지하고 작물성장에 최적한 환경을 유지하기 위하여 인위적으로 토양온도를 조절하여 주며 토양함분을 희석 및 감소시키고 또한 경지의 토양을 부드럽게 하여 이앙을 용이하게 한다. 이러한 목적을 위하여 용수계통을 통하여 인위적으로 공급되는 물의 양을 관개용수량이라 하며 그림 7 용수량의 구성요소에 나타난 것처럼 사용 목적에 따라 순용수량, 조용수량, 시설관리용수량 등으로 구분된다.

4.2 조용수량

순용수량에 용수원으로부터 경지까지 도수되어 오는 송중에 수로에서 손실되는 수량과 물을 배수관리하는 용수량을 더한 것을 조용수량이라 하며 그 산정은 다음 식에 의한다.

$$UD(\text{조용수량}) = D(\text{순용수량}) + SD(\text{시설관리용수량}) \tag{1}$$

SD : 시설관리용수량(=수로손실량+배수관리용수량+시설기능유지용수량)

4.3 순용수량(D)

경지안에서 소요되는 관개 용수량을 순용수량이라고 하며 그 산정은 다음과 같다.

$$D(\text{순용수량}) = ET_0(\text{증발산량}) + PL(\text{침투량}) - ER(\text{유효우량}) \tag{2}$$

그리고, 순용수량을 다시 못자리 준비 기간, 못자리 생육 기간, 이앙 기간, 성장 기간 등 기간별로 나누어 계산하였다.

(1) 못자리 용수량

못자리 정지기간에서부터 이앙하기 전까지 소요되는 수량을 못자리 용수량이라고 하며, 이는 다시 못자리 준비 기간과 생육 기간으로 나누어 구한다.

못자리 준비 기간의 용수량은 식 3, 못자리 생육 기간은 식 4와 같다.

$$D = PA + ET_o + PL - ER \tag{3}$$

$$D = ET_o + PL - ER \tag{4}$$

(2) 이앙 용수량

모내기 전의 논갈이에 필요한 용수와 씨레질하고 모를 심기까지에 필요한 용수량을 이앙 용수량이라고 한다.

$$D = PC + ET_o + PL - ER \tag{5}$$

(3) 성장

$$D = kc \times ET_o + PL - ER \tag{6}$$

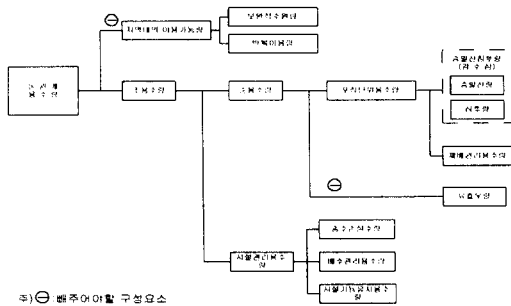


그림 7. 용수량의 구성요소

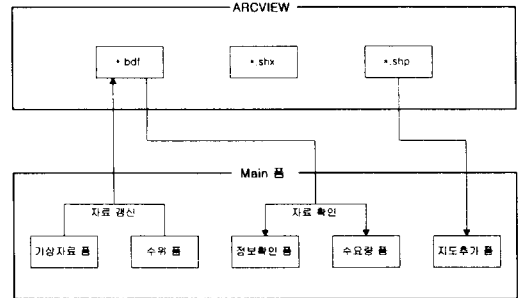


그림 8. 프로그램의 구성

5. 프로그램 실행

5.1 물관리 자동화 프로그램 구성

물관리자동화 프로그램은 그림 8에서 보는 것과 같이 Main 폼을 주축으로 하여 다섯 개의 폼으로 나누어진다. 여기에는 자료 확인을 위한 정보확인 폼과 수요량 폼, 자료 갱신을 위한 기상자료 폼과 수위 폼이 있으며, 지도추가를 위한 지도추가 폼으로 구성되어 있다.

Main 폼은 프로그램을 실행하였을 때 가장 먼저 나타나는 폼으로 그림 9에 수로관리 시스템이라고 쓰여진 폼을 말한 것으로 두 개의 크고 작은 Map과 한 개의 List View와 Combo Box로 구성되어 있다. 본 프로그램에서는 지도를 나타내거나 자료를 확인하고 갱신하는 데 Map Objects라는 GIS 콤포넌트를 이용하였다. Map Objects를 좀더 자세히 말하자면, 애플리케이션 개발자들이 애플리케이션에 Mapping 그리고 GIS 기능들을 추가할 수 있도록 하는 OLE(Object Linking and Embedding) 컨트롤(Control)과 프로그래밍이 가능한 OLE Automation Objects들로 구성되어 있는 것이다.

정보확인을 위한 폼을 살펴보면, 정보확인 폼은 하나의 객체를 선택하였을 경우 그에 대한 속성을 보여주는 곳이며, 수요량 폼은 계산을 통해 얻어진 결과치, 즉 평균, 다우년도, 올해의 일별, 월별, 시기별, 년별 용수량을 확인할 수 있는 폼이다.

자료갱신에 이용되는 폼인 기상자료 폼과 수위자료 폼은 실시간 또는 직접 입력시킨 자료가 데이터베이스에 저장되어 갱신되도록 하였다. 기상자료 폼은 평균기온, 평균상대습도, 일조시간, 풍속, 강우량 등을, 수위자료 폼은 수로와 수문으로 나누어 수로에는 수위를, 수문에는 상·하류 수위, 수문의 개폐정도 등을 입력하도록 하였다.

지도추가 폼은 지도를 추가시키는 레이어 부분과 Map의 바탕색 및 경계선 등의 색상을 임의적으로 선택할

수 있도록 한 바탕색 부분으로 나누었다.

5.2 프로그램 실행 및 결과

그림 9는 본 프로그램을 실행시킨 후, 지도추가 폼을 이용하여 담, 용수간선, 용수지선, 배수로, 제수문, 분수문, 저수지, 도로, 하천, TM/TC, 중앙관리소 등 11개의 레이어를 추가시켜 Main 폼의 큰 Map과 작은 Map 상에 나타나도록 하였다. 그리고, 정보확인 폼을 통하여 선택되어진 한 객체의 속성을 모니터 상으로 확인하고 있는 것을 보여주고 있는 것이다.

Main 폼에서 작은 Map은 큰 Map에서 본래의 지도 중 확대한 부분을 빨간 사각형으로 표시되도록 하여 관리 대상지구내에서 확대한 부분이 상에 나타나있는 레이어를 추가 또는 삭제시킬 수 기능을 갖도록 하였다. 이렇게 함으로써 어딘지를 찾기 편리하도록 하였다. 그리고, ListView는 Map 상에 추가된 레이어명과 Check Box가 표시되도록 하였으며, Check Box는 Map 지도추가 폼을 사용하지 않고서도 추가삭제 가능하도록 하였다. 또, 본 프로그램의 부프로그램을 통하여 입력된 기상자료를 이용하여 증발산량, 단위 용수량, 일별 용수량, 월별 용수량, 연별 용수량 등의 결과치를 얻을 수 있었으며, 수문과 수로에서는 수위자료를 이용하여 유량을 구할 수 있었으며, 이를 다시 데이터베이스 파일에 돌려줌으로써 자료가 갱신되도록 하였다. 그림 10와 그림 11은 보여주는 것이 기존의 자료를 갱신함으로써 얻어진 결과치를 ArcView의 Table 즉, 데이터베이스 파일과 수요량 폼을 통해서 각각 보여주고 있다.

본 프로그램에서의 경고 메시지는 용수간선이나 지선에서 수위가 위험 수위를 넘었을 경우 그림 12 경고 메시지가 나타나도록 함으로써 이에 대해 즉각 대처할 수 있도록 하였다. 이렇게 함으로써 수로의 안전성을 높이고자 하였다.

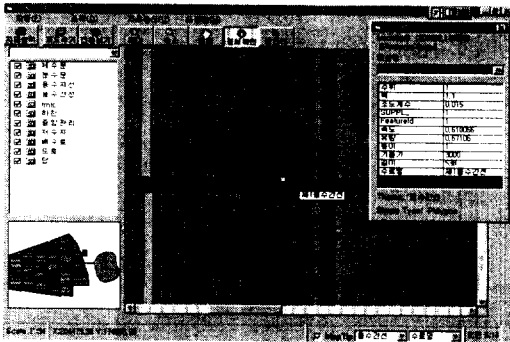


그림 9. 프로그램 실행

용수간선	용수지선	배수로	제수문	분수문	저수지
4.57	11.50	1150.57	1150.57	1150.57	1150.57
5.26	11.55	1155.85	2306.47	2306.47	2306.47
4.47	11.49	1149.77	3456.24	3456.24	3456.24
4.09	11.46	1146.90	4603.15	4603.15	4603.15
6.06	11.62	1162.06	5765.21	5765.21	5765.21
4.30	0.71	71.57	71.57	5836.79	5836.79
4.26	0.71	71.30	142.00	5909.09	5909.09
5.30	0.05	5.48	148.36	5913.58	5913.58
4.63	0.74	74.10	222.46	5987.68	5987.68
5.59	0.81	81.53	304.00	6069.21	6069.21
1.26	0.00	0.00	304.00	6069.21	6069.21
6.97	0.92	92.13	396.14	6161.35	6161.35
5.60	0.81	81.03	477.97	6243.19	6243.19
3.31	0.63	63.97	541.95	6307.17	6307.17
4.13	0.70	70.23	612.19	6377.40	6377.40
4.72	0.74	74.78	686.97	6452.19	6452.19
5.67	0.82	82.12	763.10	6534.32	6534.32
4.85	0.75	75.76	844.89	6610.10	6610.10
4.28	0.05	5.82	950.72	6615.93	6615.93
5.21	0.76	76.56	329.28	6634.50	6634.50
7.06	0.92	92.77	1022.05	6727.77	6727.77
5.57	0.81	81.32	1103.37	6806.59	6806.59
5.71	0.82	82.39	1185.77	6950.99	6950.99
4.76	0.06	6.33	1192.11	6957.33	6957.33
3.27	0.63	63.64	1255.76	7020.98	7020.98
6.99	0.82	82.25	1348.05	7113.27	7113.27
2.21	0.00	0.00	1348.05	7113.27	7113.27

그림 10. ARCVIEW에서의 수요량 결과치

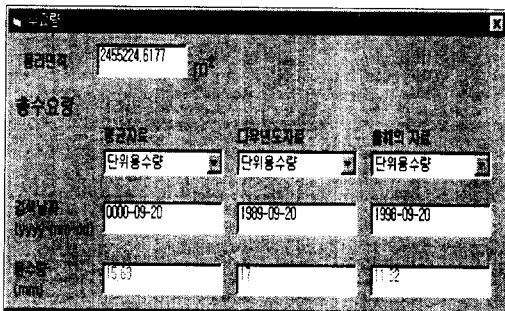


그림 11. 수요량폼에서의 결과치

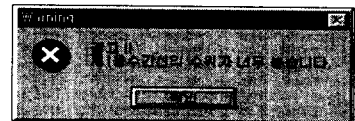


그림 12. 경고 메시지

6. 결론

본 연구는 물관리자동화에 지리정보시스템(GIS)을 이용하여 용수로의 상태, 수문 개폐 그리고 홍수시와 같은 비상시의 경우를 관리하는 데 더욱 편리하게 대처하기 위해서 연구가 시도되었다. 세부적인 결론 사항은 다음과 같다.

첫째, 관리 지구내의 지형정보로써 이용가능한 물의 양이나 식생 분포상태, 토양분포 등 다양한 자료를 지리정보시스템을 이용하여 데이터베이스화하고 재배작물, 기상자료 등 자연조건을 고려한 용수 수요량과 실제의 용수이용상황을 유량측정 및 조절기능을 확보하여 중앙관리소에서 종합적으로 파악하고 계획적으로 관리함으로써 용수의 손실을 줄일 수 있으며, 축적된 자료를 이용함으로써 용수수요변화를 예측할 수 있을 것으로 판단된다.

둘째, 지리정보시스템의 농경지 관리에 대해 사용된 데이터베이스는 표고분석도, 용도지역도, 토질 등급도, 토지피복상태 등의 지도를 이용하여 작성하였으며, 용수량을 구하기 위한 기상자료, 유량을 구하기 위한 수위 등 관리에 필요한 인자를 물관리자동화에 이용하는 것이 효과적이라 판단된다.

셋째, 수위, 유량 및 수문 개도의 측정센서를 이용한 TM/TC와 연관하여 지리정보시스템을 이용하면 실시간에 용수수급상황을 파악하고 필요한 용수를 상류부터 하류까지 적기에 공급할 수 있어 과도한 물 낭비나 물부족을 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

넷째, 본 연구에서는 지리정보시스템을 농업 용수관리에 적용하였으나 농어촌의 생활용수, 공업용수, 축산용수 등을 함께 적용하고 이와 아울러 산림이나 도로관리 등에도 확장적용하면 용수관리를 위한 지리정보시스템의 부가가치를 높일 수 있으리라 판단된다.

7. 참고문헌

1. 한국건설기술 연구원, 1997, "수자원 계획의 최적화 연구(Ⅰ)", 한국수자원공사.
2. 농어촌진흥공사, 1996, "농어촌용수의 자동관리시스템", 농어촌진흥공사.
3. 농어촌진흥공사, 1989, "소비수량 산정방법 실용화 연구", 농어촌진흥공사.
4. 농어촌진흥공사, "작물의 소비수량", 농어촌진흥공사.
5. 윤용남, 1987, "공업수문학", 청문각.
6. 송인성 외 1인, 1998, "지리정보분석기법", 문운당.
7. 캐드랜드(주), "Introduction to ArcView"
8. Environmental Systems Research Institute(ESRI), "Building Application with MapObjects"
9. Environmental Systems Research Institute(ESRI), "MapObjects Programmer's Reference"
10. Keith C. Clarke, 1997, "Getting Started with Geographic Information Systems", Prentice-Hall, Inc.