

GIS기반 실시간 도시용수 관리시스템 구현에 관한 연구

김성훈^{1*}, 김의명¹, 임용민¹
¹남서울대학교 GIS공학과

A Research on the Development of a GIS-based Real-time Urban Water Management System

Seong-Hoon Kim^{1*}, Eui-Myoung Kim¹ and Yong-Min Lim¹

¹Department of GIS Engineering, Namseoul University

요약 본 연구의 궁극적인 목적은 물의 효율적 공급과 관리를 위한 한 방안을 제시하는데 있다. 그 총체적 접근의 일환으로, 전체 물 순환 중 도시용수를 대상으로 각 사용테마(주거, 상업, 공업 등)별 수요예측모형을 개발하고 개발된 모델을 적용한 GIS기반 정보시스템 구현방안을 제시하는데 본 논문의 목적이 있다. 이를 위해 적절한 연구대상지의 평가 및 선정, 테마별 센서의 설치위치 및 종류 선정, 센서를 포함한 무선통신인프라 및 현장서버의 설치가 이루어졌다. 그리고 통신프로토콜과 실시간 데이터 모니터링시스템이 개발되었다. 다음으로 도시용수 및 관련시설 데이터의 GIS DB화 과정이 수행되었으며, 용수시설 및 실시간 모니터링된 유량 데이터를 활용할 GIS기반 관리시스템이 설계되고 구현 청사진이 제시된다.

Abstract The ultimate purpose of this research is to propose a method to improve water supply management efficiency. As an effort to solve this comprehensive problem, the purposes of this paper are summarized into the following two main subjects. One is the development of a series of demand forecasting models targeting for each theme of urban water such as residential, commercial, industrial water. The other is the suggestion on the development and utilization plan of a GIS-based information system where the developed models are incorporated. For these, a series of efforts were performed such as evaluating and choosing of the candidate field areas, selecting a proper sensor and an installation point for each theme. Installed are sensors, a wireless communication infrastructure, and a field data acquisition and management server. Developed are a protocol for the wireless communication and a real-time data monitoring system. Nextly, the urban water facility-related and other necessary data were handled to make those into a series of GIS-ready databases. Finally, a GIS-based management system was designed and a blueprint for the implementation is suggested.

Key Words : Water management, Industrial water, Demand forecasting, Modeling, GIS, Forecasting Administration

1. 서론

인류생존에 필요한 라이프라인 중 도시용수는 매우 중요한 환경 요소로 사회의 존립기반이자 경제적, 사회적 발전의 잠재적인 힘이 되는 소중한 자원이다[1]. 그렇기에 항상 충분한 공급량이 안전한 상태로 제공되어야 함에도 불구하고 물 부족현상은 전 세계적으로 확산되고 있는 추세이다. 국제연합 국제인구행동연구소(PAI : Population Action International)의 분석에 따르면, 1인당

연간 물 사용 가능량이 1,000m³ 미만은 물 기근국가, 1,000~1,700m³은 물 부족국가, 1,700m³ 이상은 물 풍요 국가로 분류되는데, 우리나라는 1993년부터 약 1,400m³를 유지하면서 물 부족국가로 분류되고 있으며, 우리나라의 미래 물 사용 가능량을 분석해본 결과 2025년에는 약 1,100m³~1,300m³ 정도를 유지하며 여전히 물 부족현상이 지속될 것이라고 전망하였다[2]. 이러한 물 부족 현상을 해결하기 위해서는 공급확대 또는 효율적인 물 수요 관리를 통해 용수공급의 효율성을 확보해야한다.

*교신저자 : 김성훈(gotit@nsu.ac.kr)

접수일 11년 10월 14일

수정일 11년 11월 09일

게재확정일 11년 11월 10일

따라서, 효율적인 관리시설 및 관리체계 등이 지속적으로 연구 및 개발되지 않는다면 다양한 원인으로 인해 향후 물 부족 현상 심화 및 수질 신뢰성 저하 등의 문제가 우려된다. 관련현황을 살펴본 결과, 공급확대뿐 아니라 공급관리 측면에서도 많은 개선필요사항이 있는 것으로 조사되었는데[3], 특히 첨단기법인 실시간 유량 센싱 데이터를 활용하여 테마별 도시용수의 수요패턴 분석 및 GIS연계 방안 마련 등에 관한 연구사례는 이제 막 시도되고 있는 현황이다. 이에 본 연구의 목적은 실시간 유량 데이터를 활용하여 상수, 하수, 주거용수, 상업용수, 공업용수 등의 수요처별 도시용수를 대상으로 용수 수요패턴을 분석하고 이를 적용한 도시용수 관리 모듈구현 방안을 제시하여 공간정보와 용수 수요패턴모형의 연결을 통한 용수 공급관리 효율화를 모색하는데 있다.

2. 연구동향 및 연구방법론

2.1 연구동향

도시용수관련 모니터링 기법, 물 수요 분석 및 추정관련 국내연구는 다양한 방법으로 접근되어 지속적인 연구가 진행되고 있다. 유승훈 등[4]은 서울시를 대상으로 한 자료조사를 기반으로 수요함수의 추정방법을 제안하고 수요의 가격 탄력성, 소득 탄력성, 가족 수 탄력성 등 정량적 정보를 도출하여 서울시 생활용수의 수요특징을 도출하였다. 한태환 등[5]은 광역상수도시스템의 시간단위 용수 수요예측을 위해 칼만 필터(Kalman Filter)기법을 적용한 수요예측모델 및 배수패턴해석 기법을 제안하였다. 또한 송수욱[6]은 미국에서 개발된 물 수요예측 모델인IWR-MAIN을 모태로 우리나라 실정에 맞는 공급 및 수요관리를 위한 도시용수 관리모델의 개발을 시도하였다. 김정훈 등[7]은 상수도 모니터링 기술개발의 우선순위를 분석하기 위해, 먼저 상수도 업무분장을 파악하고 센싱기술 중 개발의 우선순위가 높은 모니터링 항목을 도출하였으며, 정진석 등[8]은 상수도관리시스템에서 발생빈도가 높은 누수업무를 대상으로 센서정보와 온톨로지 기법을 적용하여 누수를 인식할 수 있는 실험을 시도하였다. 실무에서도 상수도 시설관리 체계의 불완전성 등으로 인한 상수관망관리의 근본적 문제를 해소하기 위한 시도의 일환으로써 유량, 수압 등의 실시간 모니터링을 통한 상수관망 수압 유지, 급배수 감시가 가능한 상수관망 유지관리시스템을 구축하여 운영관리하고 있다[9]. 국외연구 또한 관련연구의 선행이 이루어지고 있었는데, 이 중 GIS 도입에 대한 연구도 일부 진행되고 있었다.

Edwards 등[10]은 GIS의 토폴로지(Topology) 개념을 활용하여 기존 수리모델 속에서 시설속성 데이터의 정확도 향상에 관한 연구를 실시하였다. 이시키타 쇼이치 등[11]은 요코하마시의 효율적인 우수유출해석을 위해 필요한 데이터를 GIS를 활용하여 데이터베이스화함과 동시에 유출해석모델 데이터를 변환입력하여 수준높은 우수유출해석시스템을 구축하였다. 하타야마 요시카즈[12]는 상·하수도 각 개별적으로 가동하고 있었던 아키타시의 관로정보시스템을 관리업무의 효율화, 긴급 시 대응업무 강화 등의 통합형 시스템을 목표로 GIS기반의 통합형 관로정보시스템으로의 교체를 제안하였다. 미나미 하루다카[13]는 토요나카시의 지역정보화계획의 일환으로 GIS를 활용한 수도정보시스템의 구축을 위해 시설물 데이터와 지형 데이터의 DB화, 지반높이 및 정수압분포 표시, 관망해석, 타 시스템과의 데이터 연계 등을 제안하였다.

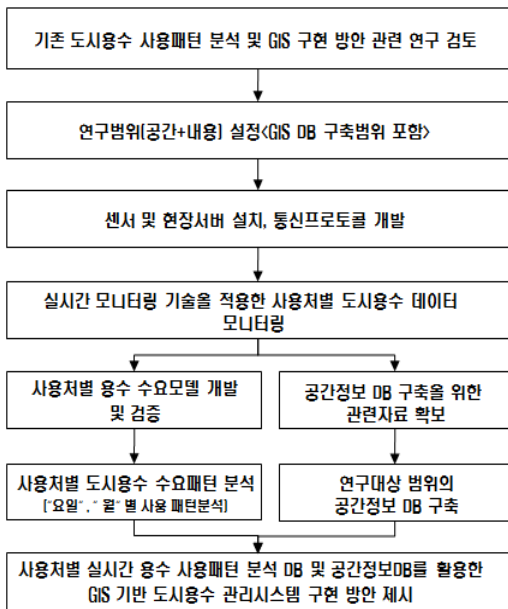
이러한 국·내외 연구동향 조사결과, 관련분야에서 수요예측 기법 등의 다양한 제시 및 시스템화 노력이 시도되고 있었으나, 실시간모니터링, GIS 등IT 분야와의 융·복합적인 개념을 도입한 연계방안에 관한 연구가 미비한 것을 알 수 있었다. 이에 대한 개선의 일환으로 실시간 모니터링 기술을 활용한 수요처별 도시용수 수요모형 개발, GIS와 연계, 시스템 모듈 구현방안 및 청사진 제시 등을 통한 수자원분야와 GIS 분야의 융·복합연구의 증진이 현시점에서 필요하다고 파악되었다.

2.2 연구방법론

본 연구는 수요처별 도시용수의 실시간 센싱데이터를 이용하여 도시용수 수요패턴을 분석하고 이를 시스템 모듈화한 GIS기반 도시용수 관리시스템을 개발을 지향한다. 이를 위해 수요처별 수요예측모형이 개발되고 관리대상 GIS DB를 구축하며 시스템 인터페이스를 설계한 후 도시용수 관리 모듈의 구현방안을 제시하는 절차가 수반된다(그림 1).

도시용수는 상수, 하수, 중수, 생활용수, 공업용수 등 다양한 수자원을 포함하는데 이러한 수자원의 수요패턴을 분석하고 데이터베이스(Database)화하여 정보시스템 구현을 목표로한 기존 연구사례를 검토한다. 이어서 공간 및 내용적 관점에서 연구범위를 설정하고 실시간 용수 취득에 적합한 모니터링 기술을 적용하여 연구대상 항목인 총상수 유입, 총하수 유출, 주거용수, 상업용수, 공업용수 수요분석을 대상으로 유량 데이터를 취득/관리하는 방식을 설계 및 구현한다. 이를 위해 센서 및 현장서버의 설치, 통신프로토콜의 개발과정이 선행되었다. 다음은 수요처별 실시간 용수 수요패턴 분석과정과 연구대상지역의 공간정보 DB구축과정으로 연구방향을 이원화하여 진

행한다. 용수 수요패턴 분석과정은 크게 모형개발 및 검증, 수요패턴분석의 두 단계로 구성된다. 모형개발을 위해서는 다항식을 선정하여 수요차별 실시간 모니터링된 데이터를 대입하여 회귀분석을 수행한다. 결과로 수요차별 수요모형들이 도출되면 일련의 검증과정을 거쳐 수요차별 수요모형이 최종 압축/선정된다. 수요차별 개발된 모형에 대해 각각 일별, 월별 등으로 수요량곡선을 도시하여 용수 수요패턴 분석이 실시된다. 공간정보 DB 구축 과정은 연구대상지역을 중심으로 지형도, 상·하수 관망도 등 공간정보 DB 구축에 필요한 관련자료를 확보한 후 수집된 자료들의 위상정립을 시작으로 자료처리과정을 통해 공간정보 DB를 구축한다. 이와 같은 단계를 거친 후 용수사용 DB 및 수요차별 모델, 연구대상범위의 공간정보 DB는 효율적 관리 및 다양한 공간적 분석을 위한 지리정보시스템(Geographic Information System : GIS) 내 구조화되며, 도시용수 관리모듈의 형태로 제시된다.

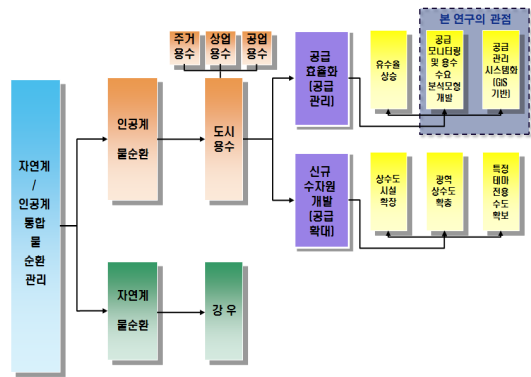


[그림 1] 연구방법론
[Fig. 1] Research Methodology

3. 연구범위

3.1 내용적 범위

그림 2는 물 순환 흐름도를 나타낸 것으로 크게 강우 중심의 자연계 물 순환과 도시용수 중심의 인공계 물 순환으로 분류된다. 본 연구의 범위는 도시용수로 국한된다.



[그림 2] 물 순환 분류도
[Fig. 2] Water Circulation Classification

도시용수의 수요확보를 위한 방안은 크게 공급효율화 (공급모니터링 및 공급관리시스템화 등을 통한 유수율 상승)와 신규수자원개발(상수도시설확장, 광역상수도 확충, 특정테마 전용수도 확보 등을 통한 공급확대)로 범위를 나눌 수 있는데 본 논문은 공급효율화를 위한 일단의 접근을 시도하기 위해 공급효율화 세부관리 항목 중 공급모니터링 및 용수 수요분석 모형개발과 GIS기반 공급관리시스템화를 중심으로 연구를 수행하였다.

3.2 공간적 범위

본 연구의 공간적 범위인 대전광역시 유성구 관평천 일대지역은 그림 3과 같이 도시지역과 농경지역이 조화롭게 혼합된 복합지역으로서 단지안으로 관평천이라는 소하천이 흐르고 있다.



[그림 3] 연구대상지역
[Fig. 3] Study Area

관평천은 금강수계 제1지류인 갑천의 금강합류점으로부터 3.2km 상류에 위치한 지방2급 하천인 금강 제2지류로서 유역면적이 10.85km², 유로연장이 5.45km이며 지류인 덕전천과 합류 후 중·하류지역을 거쳐 갑천으로 들어간다. 중류지역은 농경지, 하류지역인 대전시 테크노벨리 일대는 주거단지 및 상업·공업단지 등으로 구성되어 있다. 대전광역시 유성구 관평천 일대지역의 연구대상지역으로서 적합여부를 살펴보기 위해 표 1과 같이 GIS 소프트웨어를 통해 용도필지 분석을 수행하였다. 분석결과 용수 관리대상 부지가 전체의 약 78%에 해당되고 부지용도가 고루 분포되어 있어 연구대상지역으로 적절하다고 판단되었다.

[표 1] 연구대상지역 부지분포 분석
[Table 1] Regional Distribution Analysis of Study Area

용수 관리 대상 부지	면적/ 백분율 (km ² /%)	필지 개수 (필지)	필지 백분율 (%)
주거용수부지	0.87/19.9	81	19.7
상업용수부지	0.27/6.2	17	4.1
공업용수부지	1.59/36.3	61	14.8
공공용수 부지 (교육용수 포함)	1.37/31.3	162	39.3
기타부지	0.28/6.3	91	22.1
총 합	4.38/100	412	100

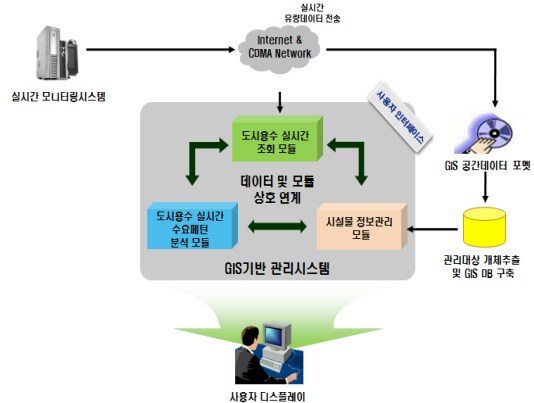
4. 도시용수 관리시스템 구현방안

그림 4에 도시된바와 같이 “도시용수 관리시스템”은 크게 두 개의 정보시스템으로 구성된다. 첫째는 “실시간 모니터링시스템”이고 둘째는 “GIS기반 관리시스템”이다. 이 두 시스템에서 수집 또는 활용되는 데이터는 모두 그림 4의 우편에 표현된 GIS DB를 통해 수집/입력/편집/관리된다.

첫째인 “실시간 모니터링시스템”은 실시간 용수 사용량 데이터의 수집이 주목적이며, 상수유입, 하수유출, 그리고 각 테마(주거, 상업, 공업)센서, 무선통신 인프라의 설치, 통신프로토콜의 개발, 모니터링 프로그램의 개발을 포함한다.

둘째인 “GIS기반 관리시스템”은 그림 4에 표현된바와 같이 1.“도시용수 실시간 조회” 모듈, 2.“시설물 정보관리” 모듈, 3.“도시용수 실시간 수요패턴분석” 모듈의 3부분으로 구성된다. 1.“도시용수 실시간 조회” 모듈은 실시간 모니터링시스템으로부터 인터넷과 CDMA 기술을 통

해 실시간 유량데이터를 전송받아 다양한 조회를 가능하게 하는 것을 목적으로 한다. 2.“시설물 정보관리” 모듈은 센서, 관로를 포함한 관련시설물의 정보 입력 및 관리를 목적으로 하며 데이터는 모두 Shape파일 포맷으로 변환하여 사용한다. 3.“실시간 도시용수 수요패턴분석” 모듈은 본 연구를 위해 개발된 수요분석 모형들을 프로그래밍화하여 각 테마별 용수 수요패턴 분석을 목적으로 한다. 상기 3 모듈은 도시용수 관리시스템 사용자 인터페이스를 통해 상호연형이 가능한 형태로 개발되며, GIS S/W를 기반으로 Visual Basic, C#, C++ 등 개발언어를 통해 구현 및 시뮬레이션된다[14]. 배경지도는 CAD 파일 형태의 지형도를 포함한 퓨전지도의 형태이며, 시설물 관리대상 개체 및 기타 관련정보는 모두 쌍방향질의가 가능한 GIS DB로 개발된다.



[그림 4] 도시용수 관리시스템 구성도
[Fig. 4] System Diagram of Urban Water Management System

4.1 실시간 모니터링시스템

“실시간 모니터링시스템”은 1.각 해당 수요처의 용수 사용량을 감지하는 센서, 2.현장서버, 3. 센싱된 데이터를 현장서버로 전송하기위한 통신프로토콜 및 통신시스템, 4. 현장서버에 개발 및 설치된 데이터 모니터링 및 관리 프로그램으로 구성된다. 현장 장비로부터 실시간 데이터를 취득 할 수 있는 인프라를 구축 한 후, 이를 기반으로 데이터 관리 및 다른 서버와의 통신 등의 역할을 수행한다. “실시간 모니터링시스템”의 주목적은 첫째, 사용이상의 실시간 감지, 둘째, “GIS기반 관리시스템”에 활용될 데이터의 제공이다. 시스템 구현기능 역시 목적에 부합한 최소항목으로 그 범위를 국한하고, 모니터링 세부 관리기능은 “GIS기반 관리시스템” 내에서 구현하는 것을 전제로 “실시간 모니터링시스템”을 구현하였다.

그림 5는 “실시간 모니터링시스템”의 메인화면으로서 연구대상지역의 래스터 영상지도 위에 센서 설치위치를 표현하고 각 센서 설치위치를 선택 시 단일 수요처별 데이터를 모니터링 할 수 있는 화면으로 전환된다. 그림 6은 도시용수 대상항목을 한번에 모니터링 할 수 있는 화면으로서 5분 및 1시간 단위로 계속된 정보를 확인할 수 있다. 모니터링 대상은 상수 급수량, 하수유출량, 교육용수 사용량, 공업용수 사용량, 상업용수 사용량, 주거용수 사용량, PH/전기전도도, 수온/채수전도, 용존산소/탁도, 유량/강우량 등 이다.



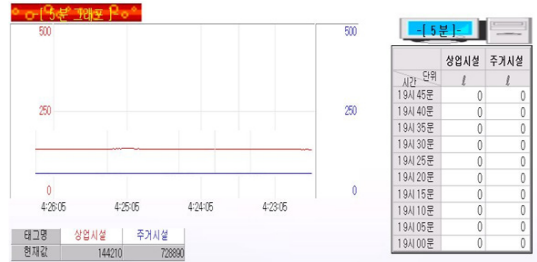
[그림 5] 실시간 모니터링시스템(Main)
[Fig. 5] Real-time Monitoring System(Main)



[그림 6] 전체 수요처별 모니터링
[Fig. 6] Monitoring Overall Demand

그림 7은 단일 항목 중 상업용수와 주거용수의 5분 단위 데이터를 모니터링 하는 화면으로 초단위로 그려지는 실시간 그래프와 이를 합산한 멀티트렌드 그래프도 함께 모니터링이 가능하다. 그림 8은 통신이상 모니터링 화면

으로서 유량센서로부터 통신이상이 발생할 경우 이벤트 팝업창으로 나타난다. 프로그램 상에서는 통신이상 기록이 시간단위로 생성 및 삭제되며 *.txt 형태의 로그형식으로 기록되어 도시용수 관리모듈 중 일부의 역할을 수행한다.



[그림 7] 단일 수요처별 모니터링(상업, 주거용수)
[Fig. 7] Monitoring a Single Demand

[알림 화면]					
레	경보날짜	경보시	태그	태그 설명	경보 내용
0	2011-05	23:24	Port_	인디게이터통신 5회	NEW 상태
0	2011-05	23:26	Port_	인디게이터통신 2회	NEW 상태

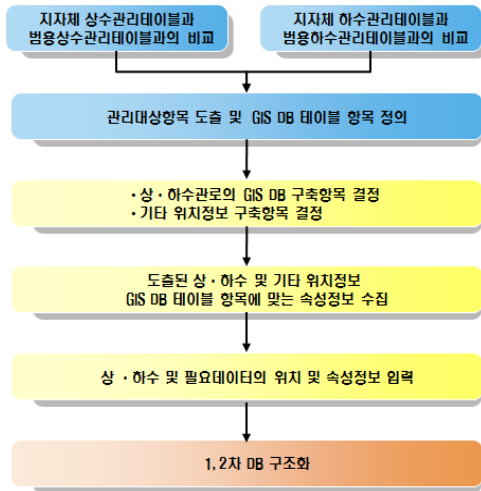
[그림 8] 통신이상 모니터링
[Fig. 8] Monitoring Communications Error

4.2 GIS 데이터베이스

도시의 물 순환 측면에서 관리의 대상은 강우량, 수위, 유량, 수압, 지하수위, 펌프장, 하수처리장, 빗물저류조 등의 다양한 항목이 있지만 본 연구에서는 도시용수 관점에서 접근하여 가장 비중높게 다루어지는 항목인 상수와 하수의 세부관리대상을 중심으로 데이터베이스 테이블을 설계하고 아래 그림 9와 같은 절차를 통해 도시용수 관리대상 시설물을 GIS DB화 하였다.

다수 지자체의 GIS기반 지하시설물관리시스템의 상·하수 테이블과 국토해양부에서 정의한 지하시설물관리범용프로그램 개발지침의 상·하수 테이블을 비교하여 관리대상항목을 정의한 뒤 GIS DB 테이블을 설계하였다. 설계된 GIS DB 테이블 항목을 기반으로 국토해양부 훈령 “도로기반시설물의 정보 및 시스템 유지관리 지침”의 준용규정을 참고하여 DB제작상 고려사항들을 살펴보고

고, 관련 속성정보를 수집하였다. 이어서 수집된 상·하수 관련정보의 1,2차 구조화작업을 수행하고 결과로 공간분석이 가능한 상·하수 GIS DB가 구축되었다. 상·하수 외 기타 필요한 공간정보도 상기와 동일한 절차를 통해 GIS DB화 되었다.

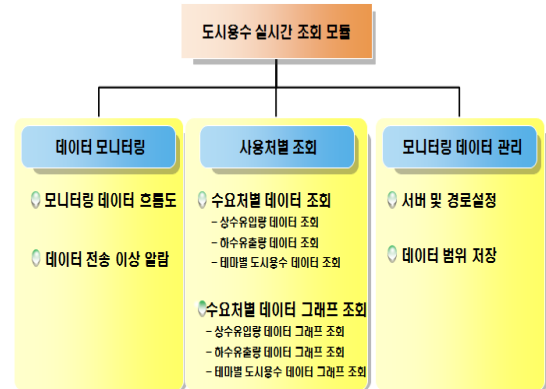


[그림 9] 도시용수 관리대상 시설물 GIS DB 구축절차
[Fig. 9] GIS DB Building Process of Urban Water Related Facilities

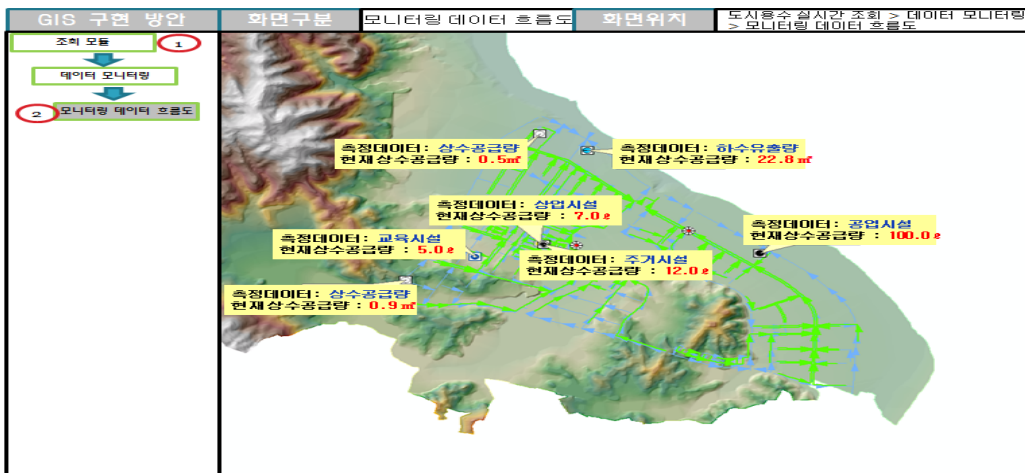
4.3 도시용수 테마별 데이터를 활용한 실시간 조회 모듈

본 연구에서 정의한 “도시용수 실시간 조회” 모듈은 “도시용수 모니터링시스템”으로부터 취득한 실시간 유량

정보를 공간정보와의 결합을 통해 가시화하여 모니터링 하고 실시간 조회를 통해 용수 수요 파악을 용이하게 할 수 있는 GIS 서비스를 목표로 한다. “도시용수 실시간 조회” 모듈의 세부기능은 그림 10에서 나타낸 것과 같이 크게 “데이터 모니터링”, “사용처별 조회”, “모니터링 데이터 관리”로 구성된다. “데이터 모니터링”의 하위기능인 “모니터링 데이터 흐름도”는 연구대상지역의 상수, 하수, 우수 등의 관망도를 기반으로 관망흐름을 실시간으로 표현한 화면으로서 시간대별 물의 유동량이나 회전주기를 파악할 때 활용된다. 그림 11은 “도시용수 실시간 조회” 모듈 구현방안의 내용 중 “모니터링 데이터 흐름도” 기능을 나타낸다.



[그림 10] “도시용수 실시간 조회” 모듈 기능개요도
[Fig. 10] Function Chart of Urban Water Real-time View



[그림 11] “모니터링 데이터 흐름도” 구현방안
[Fig. 11] Implementation Plan of Monitoring Data Flow

4.4 GIS DB를 활용한 시설물 정보관리 모듈

본 연구에서 정의한 “시설물 정보관리” 모듈은 수치지형자료를 기저로 도시용수를 구성하는 각종 시설물의 위치 및 특성을 위치자료와 특성자료의 연계에 의해 구축하고 분석함으로써 용수관리의 효율성을 높이기 위한 GIS 서비스를 목표로 한다. “시설물 정보관리” 모듈의 세부기능은 그림 12에서 나타낸 것과 같이 크게 “센서 관리”와 “시설물 관리”로 구성된다.



[그림 12] “시설물 정보관리” 모듈 기능개요도
 [Fig. 12] Function Chart of Facility Information Management

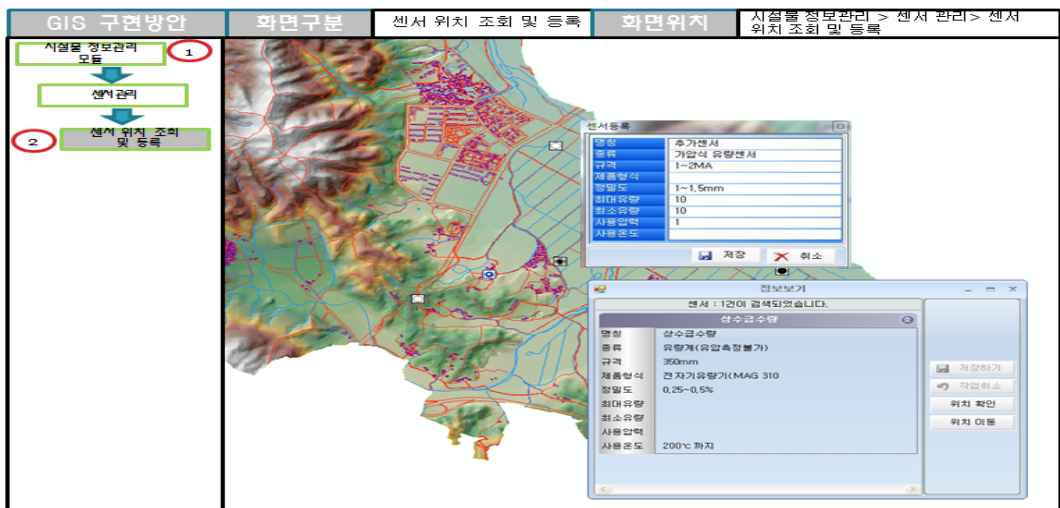
“센서 관리”의 하위기능인 “센서 위치 조회”는 연구대상지역의 유량센서를 대상으로 명칭, 종류, 규격, 제품형식, 정밀도, 최대·최소유량, 사용압력, 사용온도 등의 속성정보 파악 및 관리가 가능하며 센서의 위치를 공간정

보기반에서 파악할 수 있도록 구현한다. 또한 테마별 용수 사용분석의 정확도 향상 및 새로운 테마의 실시간 자료 취득을 위해 센서추가 및 제거를 위한 기능이 필요하다. 그림 13은 “시설물 정보관리” 모듈 구현방안의 내용 중 “센서 위치 조회 및 등록” 기능을 나타낸다.

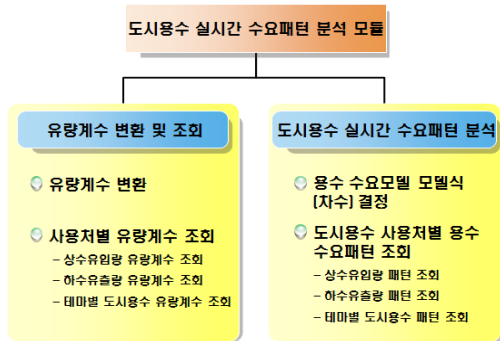
4.5 도시용수 실시간 수요패턴 분석 모듈

본 연구에서 정의한 “도시용수 실시간 수요패턴 분석” 모듈은 각 테마별 사용 데이터의 분석에 따른 수요 예측모형의 개발을 포함하며, 모형의 프로그램 알고리즘화와 공간정보기반의 수요패턴 가시화를 통해 도시용수 수요관련 다양한 의사결정지원도구의 역할이 가능한 GIS 서비스를 목표로 한다. “도시용수 실시간 수요패턴 분석” 모듈의 세부기능은 크게 “유량계수 변환 및 조회” 기능과 “도시용수 실시간 수요패턴 분석” 기능으로 분류되며, 그림 14는 “도시용수 실시간 수요패턴 분석” 모듈의 기능을 도식화한 내용이다. 그림 15,16,17은 각각, 주거용수, 상업용수, 공업용수의 월별 일평균수요패턴을 보여주며 프로그램적으로 수요예측모델과 연결된 화면 질의기능의 결과로 출력된다.

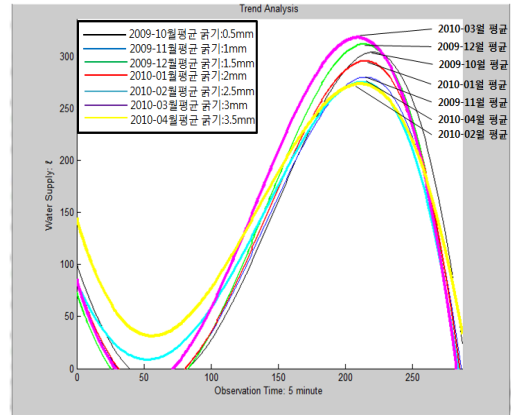
현 4.장에 표현된 각 모듈들(DB부분 제외)은 독립된 형태로 구성되어 도시용수 관리의 특정분야에 필요한 용도의 일부분으로 활용될 수도 있지만 본 연구에서 제안한 도시용수관리 모듈들은 그 특성상 통합된 형태로 존재할 때 활용도가 높다.



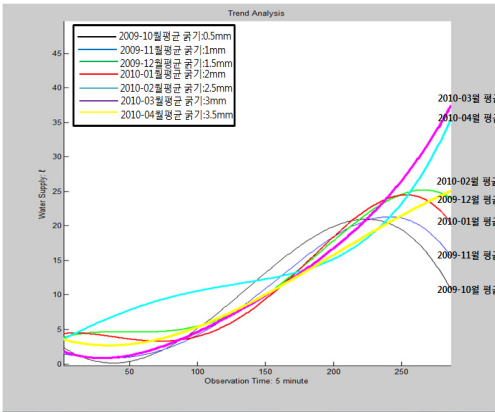
[그림 13] “센서 위치 조회 및 등록” 구현방안
 [Fig. 13] Implementation Plan of Sensor Location Lookup and Registration



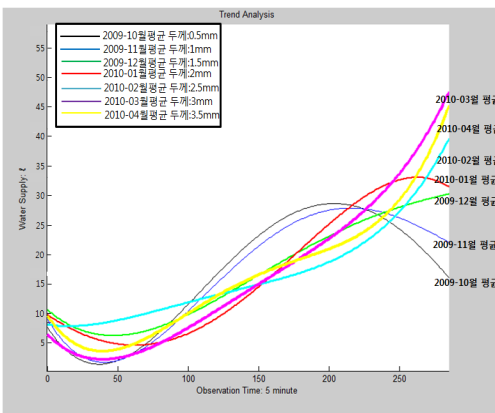
[그림 14] “도시용수 실시간 수요패턴 분석” 모듈 기능개요도
 [Fig. 14] Function Chart of Real-time Urban Water Demand Pattern Analysis



[그림 17] “월”별 공업용수 일평균 수요패턴
 [Fig. 17] Monthly Demand Patterns of Average Daily Demand for Industrial Water



[그림 15] “월”별 주거용수 일평균 수요패턴
 [Fig. 15] Monthly Demand Patterns of Average Daily Demand for Residential Water



[그림 16] “월”별 상업용수 일평균 수요패턴
 [Fig. 16] Monthly Demand Patterns of Average Daily Demand for Commercial Water

그림 18은 상기 설명된 “도시용수 관리시스템”의 하위 모듈들이 통합된 형태의 GIS기반 정보시스템의 구현 청사진을 표현한다. 연구대상지역의 공간적 특성을 가정용수, 상업용수, 공업용수단지의 관점에서 구분하여 권역설정을 하고 그에 따라 시설물 및 관심용수별 모니터링/조회/분석/관리가 가능하다. 또한 도시용수 테마별 유량센서로부터 주변 일정 반경 범위 안에 있는 공간정보와 용수 수요패턴 데이터의 조합으로 얻을 수 있는 패턴분석 정보를 통해 시·계열적인 용수 수요패턴을 추세선, 원형, 막대, 텍스트 등 다양한 그래픽 형태로 결과도출 및 활용이 가능하다.

5. 결론 및 향후연구 방향

본 연구에서는 실시간 데이터를 활용하여 용수사용 테마별 수요예측모형을 개발하고 기간에 따른 수요패턴을 분석하였다. 또한 GIS기반 도시용수 관리시스템을 통해 개발된 모형의 정보시스템화 및 다양한 기능들을 활용할 수 있는 연구도 병행되었다. 이러한 목적을 위해 연구대상지의 적절성 검토 및 확정, 테마별 적절센서의 선정 및 설치, 무선통신인프라의 도입, 통신프로토콜의 개발, 현장 모니터링시스템의 개발, 도시용수 관리시스템 서버 및 관련 프로그램의 개발이 수반되었다.

연구결과, 도시용수 수요예측모형 개발부분에서는 상수유입량과 하수유출량, 그리고 테마별 도시용수인 주거용수, 상업용수, 공업용수를 대상으로 사용패턴을 분석하였다. 패턴을 분석하기 위하여 시간과 유량 값으로 분석이 가능한 단순회귀모형을 채택하였고 보다 정확한 추세



[그림 18] 도시용수 관리시스템 구현 청사진
 [Fig. 18] Blueprint for Implementation of a Urban Water Management System

분석 식을 도출하기 위해 F-검정을 실시하여 사용처별로 적용 및 분석한 결과, 4차 및 5차 다항식의 선정이 대표성과 일반화에 유리하다는 결론이 도출되었다.

수요패턴 분석부문에서는 공업용수는 시간이라는 변수에 거의 영향을 받지 않는 일관성이 매우 높은 일평균 수요패턴을 보이고 있으나, 주거용수와 상업용수는 시간 변수에 다소간 영향을 받는 일평균 수요패턴을 보여주었다.

따라서 본 연구에서 개발된 공업용수 수요예측모형은 정확도가 높은 모형으로 동일유형 공업용수 대상으로 안정된 수요예측이 가능하다. 또한 본 연구에서 개발된 주거용수와 상업용수 수요예측모형은 공학적으로 의미있는 60% 이상의 정확도는 평균적으로 확보되었으나, 추가자료의 수집 및 분석에 의한 모형의 정확도 향상시도 및 예측정확도의 검증 연구가 필요하다. 즉, 본 연구는 실시간 도시용수 데이터의 활용시도란 관점에서 제한된 숫자의 센서에서 수집된 데이터만을 모형개발을 위해 사용할 수 있었으나, 향후 증가된 숫자의 센서로부터 데이터가 수집된다면 본 연구에서 개발된 모형의 정확도 향상에 큰 도움이 될 것이다.

본 연구결과는 특정 지자체 단위, 또는 수요처별 용수 수요량 예측, 도시용수의 수요패턴 결과를 사용할 수 있는 모든 분야에, 예측정확도 향상을 위한 실시간 모니터링 데이터의 활용 및 이를 아우르는 정보화 방법론의 제시라는 다소간 의미있는 디딤돌 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] Jin-Hyeok Park, "The latest status and characteristics of Korea Water Resources", K-water, 2008.
- [2] Ministry of Construction & Transportation, "Water Vision 2010", Ministry of Construction & Transportation, 2001.
- [3] Korea Institute of Construction Technology, "Optimization of Water Resources Planning Estimated demand for water system research and development", pp. 5-6, Korea Institute of Construction Technology, 1997.
- [4] Seung-Hoon Yoo, Kun-Oh Jung, Chang-Yong Yang, "Analysis on the Municipal Water Demand in Seoul Using the Microeconomic Household Data" Seoul Studies, Vol. 6, No. 1, pp. 1-16, 2005.
- [5] Tae-Hwan Han, Eui-Seok Nahm, "The Development of Model for the Prediction of Water Demand using Kalman Filter Adaptation Model in Large Distribution System", Journal of the KIIEE, Vol. 15, No. 2, pp. 38-48, 2001.
- [6] Su-Uk Song, "Urban water management research on practical models", Master Thesis of Keimyong University, 1997.
- [7] Jung-Hoon Kim, Mi-Sook Yi, Jay-Il Han, "A Study on the Priority Order Evaluation of the Water Supply Monitoring Technology Development for the Intelligent Underground Facility Management", Journal of GIS

Association of Korea, Vol. 16, No. 2, pp. 263-278, 2008.

- [8] Jin-Seok Jeong, Yong-Joo Lee, In-Sun Byun, Tae Hoon Kim, Yong-Hak Song, "Context-Awareness Scenario for Ubiquitous Environment : Case of Water Supply", Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System, Vol. 17, No. 2, pp. 47-53, 2009.
- [9] Greentech INC, "Water pipe network management system for optimum driving directions", pp. 141-154, ecofocus, 2010.
- [10] J. Edwards, E. Koval, B. Lendt and P. Ginther, "GIS and hydraulic model integration : Implementing cost-effective sustainable modeling solutions," Journal AWWA, VOL. 101, No.11, pp. 34-42, 2009.
- [11] IshikawaKita Shoichi, Shuhei Toyama, "Rain runoff using GIS analysis system," Journal JSWA, VOL. 10, pp. 1-4, 2004.
- [12] Yoshikazu Hatakeyama, "Integrated Information System on building water and sewage pipelines," Journal JSWA, VOL. 73, pp. 1-13, 2008.
- [13] Takayama Minami, "Case Construction and operation of water information system using GIS," Journal JSWA, VOL. 74, No.11, pp. 1-9, 2005.
- [14] Byeong-Mo Gang, "A Study on GIS-based Management System for Underground Facilities", Doctorate Thesis of Soonchunhyang University, 2004.

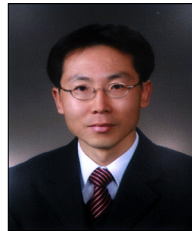
김 성 훈(Seong-Hoon Kim) [정회원]



- 1987년 6월 : 뉴욕주립대학교 토목공학전공(공학석사)
- 1993년 9월 : 뉴욕주립대학교 토목공학전공(공학박사)
- 1993년 1월 ~ 1999년 8월 : 삼성SDS
- 1999년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 GIS공학과 교수

<관심분야>
GIS, 시설물정보관리, GIS컨설팅

김 의 명(Eui-Myoung Kim) [정회원]



- 1994년 2월 : 경상대학교 대학원 도시공학과(공학석사)
- 2000년 8월 : 연세대학교 토목공학과(공학박사)
- 2005년 8월 ~ 2007년 2월 : (주) 한국공간정보통신 부장
- 2007년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 GIS공학과 교수

<관심분야>
디지털사진측량, GIS 소프트웨어개발, 3D GIS

임 용 민(Yong-Min Lim) [준회원]



- 2010년 2월 : 남서울대학교 지리정보공학과(공학사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 지리정보공학과(석사과정)

<관심분야>
GIS, 시설물정보관리