

지하수 모니터링을 위한 GeoSensor 기반의 이동식 보조관측망 프로토타입 시스템 및 사용자 인터페이스 구현

김경종*, 정세훈*, 심춘보**

Implementation of User Interface and GeoSensor based Traveling Type Sub-Observation Prototype System for Monitoring of Groundwater

Kyung-Jong Kim*, Se-Hoon Jung*, Chun-Bo Sim**

요약

지표수에 비해 지하수 자원은 비교적 오염률이 낮은 편이지만 관리의 미흡으로 인한 복구의 어려움이 매우 크다. 국가에서는 지하수 보조관측망을 이용하여 지하수 자원을 효율적으로 관리 및 모니터링한다. 본 논문에서는 지하수 자원 관리의 업무 효율성 증대와 실시간 모니터링을 위해 수온, 수위, 전기전도도(E.C.) 등의 무선 센서 노드와 GPS(Global Positioning System)가 내장된 이동식 보조관측망 프로토타입 시스템과 지하수 정보 사용자 GUI(Graphic User Interface)로 이루어진 GeoSensor 기반의 지하수 무선 자동측정시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 자체 전력을 위해 태양광을 이용하고 있으며, 무선 센서 노드로부터 수집된 다양한 지하수 정보는 CDMA(Code Division Multiple Access) 모듈을 이용하여 무선 송수신한다. 아울러 사용자의 편의성을 도모하기 위해 사용자 GUI는 GIS(Geographic Information System) 맵에 수집된 지하수 정보를 가시화한다. 제안한 시스템의 성능평가를 위해 제작된 보조관측망을 통해 수집된 센싱 정보를 이용하여 수행하였으며, 타 연구와의 정성평가를 제안하는 시스템의 우수성을 입증하였다.

▶ Keyword : 지하수 모니터링, 이동식 보조관측망 프로토타입, GeoSensor, GIS

Abstract

Although underground water resource has relatively less pollution rate compared with surface water, its recovery faces many difficulties due to poor management. Our country monitors

• 제1저자 : 김경종 • 교신저자 : 심춘보

• 투고일 : 2011. 08. 11, 심사일 : 2011. 10. 05, 게재확정일 : 2011. 10. 17.

* 순천대학교 멀티미디어공학과 석사(Dept. of Multimedia Engineering, Sunchon University)

** 순천대학교 멀티미디어공학과 부교수(Dept. of Multimedia Engineering, Sunchon University)

※ 본 연구는 2008년도 순천대학교 산학협력기부설연구소 설치사업에 의해 수행된 결과물임을 밝힙니다

underground water to manage it effectively through auxiliary observation network for underground water. In this paper, we suggest water-well auto measure system based on Geosensor for business efficiency increase of water-well management and realtime monitoring. In this system is consist of user GUI(Graphic User Interface) composed with water-well information and movement sub-observation network prototype system composed with GPS(Global Positioning System) and wireless sensor node such as water temperature, water level, electrical conductivity. In this system is using the light of the sun for self-power, variety water-well information collected wireless sensor node was a wireless transmitting/receiving a using CDMA(Code Division Multiple Access) module. Also, for promote with user ease, user GUI express that water-well collected in GIS(Geographic Information System) map. For performance evaluation of the proposed system, we perform experiment using sensing information through designed sub-observation network. And we was proved superiority of the proposed system through qualitative evaluation with other paper.

▶ Keyword : Groundwater Monitoring, Traveling Type Sub-Observation Prototype, GeoSensor, GIS

I. 서 론

지하수는 지표수에 비해 오염이 적은 편이다. 그러나 오염이 발생되었을 때에는 많은 비용과 정확도의 어려움의 문제를 갖게 된다. 보조관측망은 이를 조사하여 수량과 수질에 대하여 정기적인 모니터링과 적절한 예방조치를 할 수 있도록 도와준다. 수자원의 안전한 이용과 보전관리를 위해 우리나라에서는 국가 수자원관리종합정보 시스템을 구축하여 수자원 정보를 체계적으로 수집, 종합 및 관리하고 관련정보를 제공한다[1-2]. 또한 국가지하수정보센터에서는 지하수의 수량, 수질 정보를 종합적으로 평가 및 분석하는 지하수 정보 인프라 구축을 필요로 하고 있고, 국가 부처들과의 통합 서비스를 요구한다[3-5]. 아울러 각 지방자치단체에서 운영하는 지하수 보조관측망은 지역 내 주요 대상 지점에 설치된 국가 지하수 관측망과 연계 운영되며 지하수의 수심 및 수질 변동에 관한 정기적인 감시 관측을 한다.

지하수 보조관측망은 주요 관측 대상지점에 관측정을 설치하여 지하수심 특성자료를 취득한다. 이는 지하수의 수량 및 수질 변화로 오염의 원인을 파악하기도 한다. 오염요인으로는 최근 구제역 발생으로 인한 가축 매몰지에서의 침출수 유출, 농약의 다량 사용, 관정의 불법 굴착 및 폐공으로 인한 중금속 물질 유입 등이 있다. 관정은 지하수를 사용하기위해 지하수 암반층까지 굴착되어 끌어올리게 된다. 그리고 지하수가 지하로부터 공급되기 때문에 지하수 정보를 담고 있다. 이는 관정에 보조관측망이 설치되는 이유이기도 하고, 지속적으로 정보를 제공 해 줄 수 있으며 폐공 시 까지 운용된다[6-7].

관정에서는 사후관리의 미흡으로 지하수 오염의 원인으로 지속적으로 되었기 때문에 폐공처리와 보조관측망 관리의 효율적인 방법을 필요로 하게 된다[8-9].

본 논문에서는 지하수 자원 관리의 업무 효율성 증대와 실시간 모니터링을 위해 수온, 수위, 전기전도도(EC) 등의 무선 센서 노드와 GPS가 내장된 이동식 보조관측망 프로토타입 시스템과 지하수 정보 사용자 GUI로 이루어진 GeoSensor 기반의 지하수 무선 자동측정시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 관정에 설치되는 보조관측망을 이동식 보조관측망의 개발하여 기존의 관정에 설치함으로써 개공부터 폐공까지 활용하고 다른 관정에 재사용할 수 있다. 아울러 불법 시공된 관정에 이동식 보조관측망을 설치하여 쉽게 관리할 수 있다. 보조관측망은 원격지에서 수집되는 데이터와 GIS기술을 바탕으로 GeoSensor가 기반 되었기 때문에 폐공 및 신설 관정을 지리 정보 상에서 관리함으로써 효율적인 관리 업무를 지원할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템과의 관련된 기존 연구에 대해서 기술하고 3장에서는 본 연구에서 제안하는 시스템의 구체적인 세부 모듈 및 설계 부분에 대해서 기술한다. 그리고 4장에서는 시스템 구현 및 성능평가에 대해서 분석하고, 5장에서는 결론 및 향후 연구를 기술한다.

II. 관련 연구

최근 물 부족 현상으로 인한 세계 곳곳에서 수자원의 부족함이 수자원 관리에 대한 관심을 발생시키고 있다. 국내외에

서는 수자원 관리에 대한 많은 연구가 이루어지고 있으며 다양한 관측 센서의 조합으로 지형공간정보의 응용 접근과 분석을 하고 있다[6-8]. 본 논문에서는 관련연구로 아래 3가지의 연구를 언급한다.

[10]의 연구에서는 지하수 관측망의 관측 자료를 통합 관리하는 국가 지하수 정보센터(National Groundwater Information Management and Service Center ,GIMS)를 구축하였다. 국가 지하수 정보센터에서는 지하수 자원을 관리하기 위한 다양한 서비스를 제공하고 있으며, 국토해양부가 지하수 자원 정보화 및 일반인에게 지하수 관련 다양한 정보를 제공하기 위해 개발하였다. 아울러 지하수와 관련된 각종 조사, 관측 자료와 지하수 보전 및 관리에 필요한 자료를 효율적으로 수집 하여 지하수 정보체계를 구축 운영하였다. 또한 국내의 지하수 관련 법령, 정책, 소식, 전문자료를 제공하고 있다.

[11]의 연구에서는 한국 농어촌 공사에서 생성되는 지하수 주제도정보, 시설정보, 관측정보를 기반으로 온라인 서비스를 제공하는 시스템을 개발하였다. 농촌지역 지하수의 기존 자료 수집, 이용현황, 수질 및 수리현황조사와 기타 세부조사를 실시하여 지하수를 최적 관리할 수 있는 시스템을 구축함으로써 지하수 관리대책 방안을 강구하였고 지하수 모니터링으로 지속적 감시 관리를 하여 농촌지역 지하수의 난개발과 수질 오염을 사전 예방하는 방안도 모색되었다.

[12]의 연구는 환경부와 국립환경과학원에서 개발 및 운영하는 토양지하수 정보시스템이다. 토양지하수정보의 전산화를 통한 체계적 정보관리 체계구축, 지하수 관련 업무의 효율성을 증진시키기 위한 요구사항을 인식하고 토양과 지하수의 오염 통합 관리를 위한 연계분석시스템을 지향하였다. 그리고 토양·지하수 오염원 정보 조회를 제공하고, GIS지리정보로 측정망 위치를 조회할 수 있도록 제안하였다.

III. 본 론

1. 개요

제안하는 시스템은 그림 1과 같이 GIS데이터의 구축 및 센싱 데이터 획득 모듈, 관정관리 시스템 서버, 관정 관리 서비스의 세 요소로 구성된다. 관정관리를 위한 GIS데이터는 GIS의 구조화를 통하여 지리정보 데이터를 도형화 하여 속성별 레이어를 나누어 저장한다. 이 과정에서는 실제로 수집된 인공위성 이 과정에서는 실제로 수집된 인공위성 사진, 실측

도, 지도 자료를 필요로 한다. 수집된 자료로 도면을 도로, 철도, 하천, 건물 등 지리속성에 따라 점, 선, 면 원으로 각각 실체크기를 축소시켜 파일로 데이터를 작성한다. 그리고 저장된 지리 데이터에 텍스트로 속성 정보를 입력하여 지리에 해당하는 속성 데이터를 동일한 이름의 파일로 저장시켜 필요한 레이어를 선택하여 불러올 수 있도록 한다. 관정의 센싱 데이터 획득 모듈은 지하수 계측 하드웨어 모듈을 이용해 관정이 설치된 곳에 센서를 이용하여 계측한 뒤 이 데이터 값을 CDMA 무선통신 모듈을 통해 수은, 수심, 전기전도도(E.C.) 데이터를 관정마다의 부여된 주소 값과 함께 서버로 전송한다. 관정 관리 서버는 지하수 계측 하드웨어 모듈에서 수집 및 전송된 데이터를 실시간을 받아 데이터를 파싱하여 데이터베이스 스키마에 맞게 데이터베이스화 하는 작업을 수행한다. 관정 관리 서비스에 해당하는 클라이언트 모듈은 관정 관리자와 지하수 사용자에게 종합 정보 서비스를 제공한다. 이는 관정 관리자에게는 개공 작업을 하고 초기 관정의 속성을 입력하는 기능을 가지고 있고, 지하수 사용자는 데이터베이스에 입력된 데이터와 수집된 데이터를 웹, 모바일 서비스로 관정과 지하수 상태 정보를 제공한다.

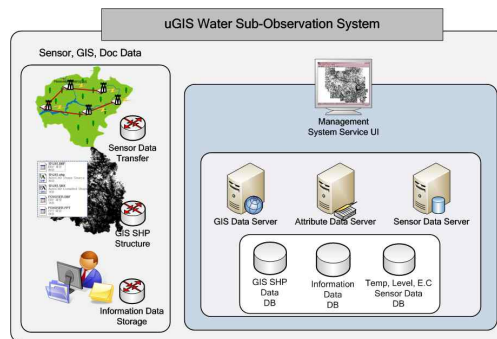


그림 1. GeoSensor 기반의 지하수 모니터링 시스템의 전체 구조도

Fig. 1. Overall Architecture of GeoSensor based Groundwater Monitoring System

2. 이동식 보조관측망 프로토타입 시스템(H/W)

그림 2의 이동식 보조관측망 프로토타입의 구조도는 개공 및 폐공을 관리하기 위해 u-GIS 기반의 GeoSensor를 지원하도록 구성하고 있다. 관정의 형태 및 폐공 후 재사용성을 위해 이동식 패널을 사용하여 시스템의 효율성을 높이도록 설계한다. 이동식 보조관측망은 관정에 설치된 보조관측망에서 지하수의 정보를 실시간으로 수집하여 전송하는 역할을 한다. 보조관측망 하드웨어 모듈은 태양광 모듈(Solar Cell), 제어보드(Control Board), 배터리(Battery), 지하수 측정 센서(수위, 수온, 전기전도도(E.C.))로 구성된다. 제어보드에서

는 데이터의 수집, 처리, 출력, 그리고 송수신의 기능을 수행한다. 저전력 및 고성능을 위해 Atmega128-16AI CPU를 사용한다. CPU에서는 전반적인 데이터 처리, 통신 제어 및 데이터 전송, 시간 관리 및 시스템 설정(Configuration) 기능을 수행하도록 되어 있으며, RS485 통신 모듈을 이용하고 있는 지하수 측정센서 MK-15CTD에서는 수온, 수심, 전기전도도(E.C.) 등과 같은 센서값을 얻어 전송한다. 처리된 데이터를 원격지의 서버로 전송하기 위해 RS-232모듈을 이용하여 무선통신 CDMA모듈(RCU890)에 데이터를 전송하여 준다. CDMA모듈에서는 TCP프로토콜을 이용하여 원격지의 TCP소켓서버에 수신을 한다. 수신한 데이터는 LCD Display로 상황을 알려주며 현재 상태를 점검할 수 있다. Time Module은 DS1302 IC(Trickle Charge Timekeeping Chip)를 사용하는데 이는 최적 시간 표현을 한다. 태양열(Solar Cell) BP340U는 상시적인 전력 공급을 위해 주간에는 태양열 발전을 이용한 전력 공급하며, 배터리 충전 컨트롤러 HRSi-12v에서 전력을 배터리에 충전한다. 야간에는 주간에 충전된 전력을 보조관측망 모듈로 전환하여 사용하게 된다.

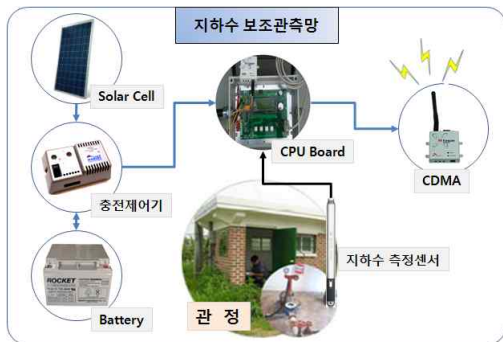


그림 2. 이동식 보조관측망 프로토타입의 구조도
Fig. 2. Structure of Traveling Type Sub-Observation Prototype

그림 3은 이동식 보조관측망 프로토타입 시스템의 H/W 설계도이다.

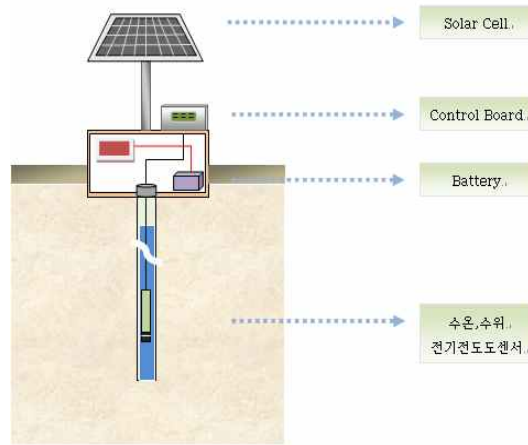


그림 3. 보조관측망 H/W 설계
Fig. 3. Design of Sub-Observation HW

그림 4는 제어 보드(Control Board)의 외형 설계도이다. 제어 보드는 패널의 상단에 위치하며 관정 관리자에게 보조관측망의 상태유무를 LCD로 보여주기 때문에 투명한 Fibrox로 설계한다.

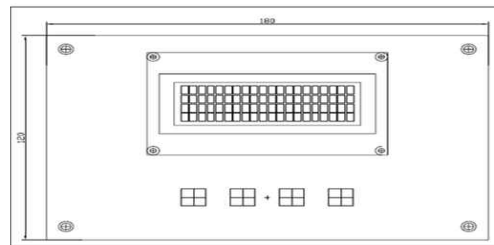


그림 4. 제어보드 설계도
Fig. 4. Blueprint of Control Board

3. 서버 모듈 동작 알고리즘

제안하는 이동식 보조관측망에서는 서버에 접속요청을 하여 데이터를 전송한다. 전송된 데이터가 전송 시점에 서버가 데이터를 수신 받아 저장하도록 해야 한다. 실시간 데이터를 서비스하기 위해서는 정상적으로 받아 처리하는 신뢰성 있는 제어를 필요로 한다. 데이터의 수신을 통하여 보조관측망에 이상이 있는지 유무를 판단하고, 통신상태 불량 및 정상적인 데이터베이스 로직에 대한 처리 방법은 그림 5와 같다.

```

.....
////////// SocketConnection //////////

IF TCPConnectionON
    ConnectionAccept.
    getConnectionClientInformation
    IF Datareceive
        Databaselnsert
    ELSE WaitingDatareceive

    IF ClientEndConnection
        correspond stop
        Socketclose
    ELSE continue
        WaitDatareceive

ELSE end

////////// Databaselnsert //////////

IF Datareceive
    dbConnection
    opendirrowset
    IF insertdatabaserowset
        row+1
    ELSE end
        closedatasource
ELSE end
.....
    
```

그림 5. 센서 데이터 처리 슈도코드
Fig. 5. Sensor Data Processing Pseudo Code

4. GIS 구조화

그림 6은 GIS 구조화 설계 작업하는 과정이다. 지형도, 실측지도, 인공위성 사진 등을 이용하여 Autodesk Map를 이용하여 지형도를 point, arc, line의 모양을 이용하여 제작한 뒤 dxf파일을 생성한다. 생성된 dxf파일을 ArcView에서 읽어 들여 데이터베이스 속성정보인 .dbf포맷 파일, 도형형태의 데이터를 담고 있는 .shp포맷 파일, 헤더파일에 속하는 .shx포맷 파일의 세 가지 파일형태로 저장된다. 다음의 GIS 기본 포맷 파일로 Shapefile은 표 1에서와 같이 각 기능을 가진 파일 포맷으로 나뉘어 사용된다.

표 1. Shapefile 포맷의 구성
Table 1. Construct of Shapefile Format

파일유형	기능
.shp	지리 현상의 기하학 정보를 저장하는 파일
.shx	지리 현상의 기하학 정보의 인덱스를 저장하는 파일
.dbf	지리 현상의 속성 정보를 제공하는 dBASE 파일. Feature table로서 표현



그림 6. GIS 구조화 설계(Shapefile 설계)
Fig. 6. Design of GIS Structure(Shapefile Design)

5. 데이터베이스 스키마 설계

본 논문에서 제안하는 시스템에 사용되는 데이터베이스는 총 15개의 테이블로 구성되어 있다. 그림 7은 시스템 데이터베이스 스키마이다. 시스템 사용을 위한 WELL_SYSTEM 테이블은 사용자가 처음 시스템에 접근하면 사용하게 되는 테이블이다. 여기에 관리 사용자를 위한 WELL_USER 테이블은 N 대 1관계를 가지고 있어 사용자의 다중 접속이 가능하다. GIS지리데이터를 위한 CONTOUR 테이블과 N 대 1관계를 가지고 있어 레이어별 속성정보를 가진 3개의 테이블을 통해 레이어별 지리정보를 보여 지게 하였다. 그리고 시군구 지하수 행정 처리인 두레박시스템에 정보를 공유할 수 있도록 DUREBAK 테이블에 1대 N관계로 정보를 저장한다. WELL_INFO 테이블에는 보조관측망이 설치된 관정의 시공 및 폐공 그리고 지하수 이용자와 관정 소유자, 용도 및 배수 능력 등의 이력정보를 가지고 있다. 소유자 USERINFO 테이블, 지하수 사용자 OWNER_INFO 테이블에는 사용자, 소유자에 대한 개인정보를 포함하고 있다.

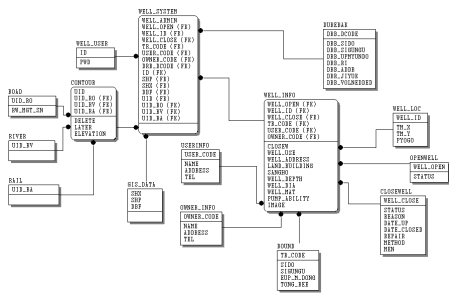


그림 7. 데이터베이스 개체-관계 다이어그램
Fig. 7. Entity-Relationship Diagram for Database

IV. 구현 결과 및 성능 평가

1. 구현 및 성능평가 환경

제안하는 시스템의 구현 및 성능평가 환경은 Windows XP Pro(SP3)에서 구동하였으며, MS Visual C++ 2005(MFC) 개발 툴을 이용하였다. GIS 구축을 위해서는 Autodesk Map 2004와 GeoMania Easy Map을 사용하였으며, Oracle 10g DBMS를 사용하고 있다.

2. 구현 결과

그림 8은 본 논문에서는 제안하는 이동식 보조관측망 프로토타입 시스템 하드웨어의 외형이다. 시스템은 개폐식구조로써 외부에는 고정 프레임위의 태양광 패널과, Fibox에는 제어보드가 위치하고 있다. 개폐식으로 이뤄진 내부에는 배터리와 충전 컨트롤러, 센서커넥터 그리고 센서로 이루어져 있다. 낮에는 태양열에서 받은 에너지를 전력으로 사용하고 야간에는 배터리에 충전된 에너지를 전력으로 사용하여 상시적인 동작이 가능하다.



그림 8. 이동식 보조관측망 계측기 외형
Fig. 8. Appearance of Traveling Sub-Observation Measuring Instrument

그림 9는 하드웨어 패널의 외부에 위치한 데이터 수집 및 전송 역할을 담당하고 있는 제어보드이다. RS-485통신을 통해 센서에서 실시간으로 들어오는 센서값을 날짜와 시간 하드웨어 식별자(ID)와 수온, 수심, 전기전도도(E.C.)의 정보를 약 78초마다 한번 씩 무선통신으로 서버 측에 전송한다. 제어보드와 RS-232통신을 하는 CDMA 무선전송 모듈은 12V의 전원을 배터리에서 상시로 공급받는다. 전원이 중단될 시에는 CDMA모듈 내부에 있는 보조 충전지를 통해 하드웨어 모듈의 이상을 알리도록 설계되어 있다.



그림 9. 제어보드와 LCD Display
Fig. 9. Control Board and LCD Display

그림 10은 제어보드 상에 부착된 CDMA 무선전송 모듈이다. 12V의 전원을 상시로 공급받으며, 전원이 중단될 시에는 CDMA모듈 내부에 있는 보조 충전지를 통해 본 하드웨어 모듈의 이상을 알린다. 이 알림을 통해 관리의 편의성을 제공한다.



그림 10. CDMA 무선통신 모듈
Fig. 10. CDMA Wireless Communication Module

그림 11은 서버의 데이터 처리 모듈이다. 무선통신 모듈에서 수집된 데이터를 서버 측에서 수신 받아 수온(Temp), 수심(Level), 전기전도도(E.C.), 충전 배터리 잔여량 등의 데

이터를 분석한다. 분석된 데이터를 각각의 속성에 따라 문자열을 파싱하여 수치상으로 나타내고 데이터베이스에 저장한다. 저장된 값을 실시간 차트에서 그래프로 표현함으로써 시간대별 데이터 수치를 쉽게 비교해볼 수 있다. 아울러 데이터베이스에 정상적으로 저장되었음을 리스트 항목에서 실시간으로 갱신시켜 보여준다. 그림 11의 하단의 Socket Start 버튼을 누르면 보조관측망 하드웨어로부터 통신을 시작하기 위해 접속 대기 상태에 들어간다. 보조관측망에서 접속 요청을 받아들이게 되면 데이터가 날아와 분류된 데이터를 데이터베이스에 저장한다. Socket Start 버튼을 비활성화 시키면 접속된 전체 보조관측망 하드웨어 클라이언트의 소켓을 닫게 되고 서버의 서비스를 종료시킨다.

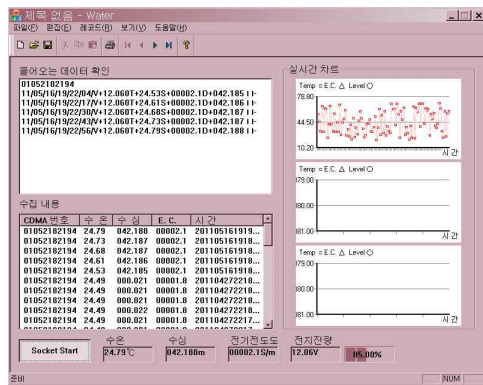


그림 11. 서버 데이터 처리 모듈
Fig. 11. Server Data Processing Module

그림 12는 GIS 맵을 이용한 사용자 클라이언트 화면이다. 사용자 클라이언트는 Visual C++ MFC와 GIS 엔진을 기반으로 구현된 사용자 GUI이다. 정보입력, 정보출력, 정보검색, GIS 맵 검색, GIS 맵 조작 기능으로 구성되어있다. 레이어 별로 선택적으로 맵을 구성하여 볼 수 있고 지명이 구분되어 있어 쉽게 관정의 위치를 찾을 수 있다.

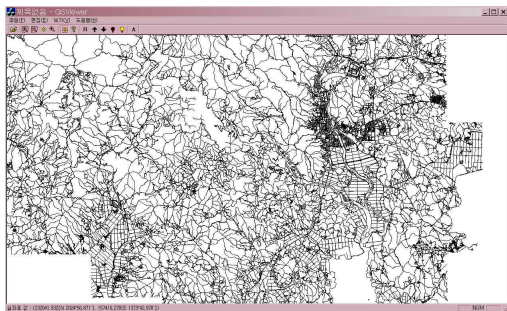


그림 12. GIS 맵을 이용하는 사용자 클라이언트
Fig. 12. User Client using GIS Map

그림 13은 관리자 클라이언트에 위성사진을 맵핑한 화면이다. 관정의 속성정보를 통해 검색할 수 있으며, 검색조건에는 지하수의 용도, 관정의 상태 유무, 지역에 따른 검색 등이 있다. 아울러 검색된 결과는 리스트 형식으로 볼 수 있다. 리스트에서 결과들 중에 하나를 선택하면 설치된 관정의 위치를 확인할 수 있다. 클라이언트 맵의 레이어를 조작하는 메뉴를 제공하여 지형도에 따라 선택해 사용자가 필요한 맵만을 설정해서 볼 수 있다.

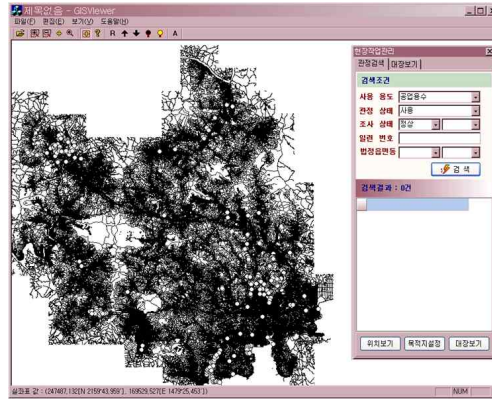


그림 13. 등고선 지도와 지형도를 이용한 관리자 클라이언트
Fig. 13. Administrator Client using Contour Line Map and Topographic Map

그림 14는 보조관측망 하드웨어에서 수집되어 센싱 정보들을 그래프로 수치화하여 상태 변화 추이를 한 눈에 확인할 수 있다.



그림 14. 보조관측망 계측 수치데이터 분석
Fig. 14. Sub-Observation Measuring Figure Data Analysis

3. 성능 평가 및 분석

기존 연구와의 정량적인 성능평가가 쉽지 않아 본 논문에서는 자체적으로 정량 평가를 수행한다. 이를 위해 이동형 보조관측망에서 측정된 지하수 계측 센서에서 수집된 데이터를 제어보드에서 서버로 전송한 약 1000건의 데이터를 이용하여 분석한다. 성능 평가 환경은 13:00시~17:00시에 전지의 방전상태에서 수심 70cm의 수조로 일정량의 물을 받아놓은 가상의 관정을 구축한다. 평가 항목은 정확한 데이터 값과 오차의 범위, 데이터의 변화값에 따른 응답특성 및 누전의 검출 등이다.

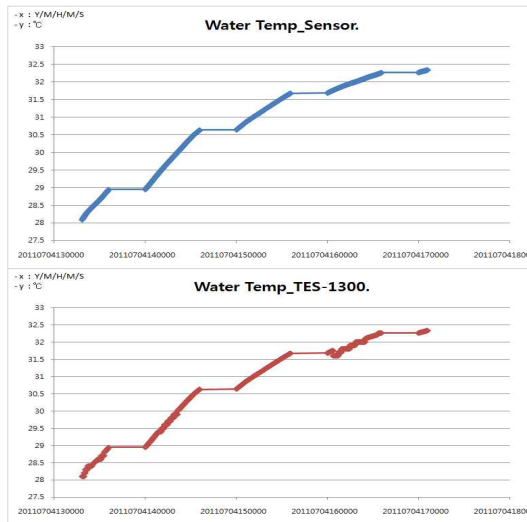


그림 15. 보조관측망에서 측정된 수온 데이터
(상) 수온 센서, (하) 수온측정기 TES-1300
Fig. 15. Water Temperature of Data Measuring in Sub-Observation (UP), Water Instrument in TES-1300(DOWN)

그림 15는 지하수 온도 값을 측정된 결과이다. 공기 중 온도 값의 변화를 1분에 7~8회의 데이터를 수신 받아 측정된 결과이다. 수온계를 통한 실제 수온과 동일한 반응 수치를 나타내고 있다.

그림 16은 지하수 수심 값의 변화를 나타낸 것이다. 16시경 42.9~43.1내외의 수심 변화 오류를 일으켰다.

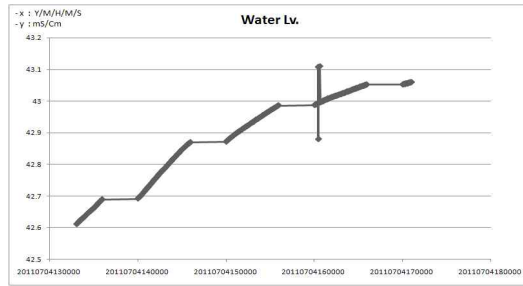


그림 16. 보조관측망에서 측정된 수심 데이터
Fig. 16. Depth of water Data Measuring in Sub-Observation

그림 17은 가상관정의 환경 변화 없이 4시간의 측정시간 동안 전기전도도(E.C.) 값을 측정된 것이다. 지하수의 이온량을 측정해 전기 흐름의 높낮이에 따라 수질을 분석할 수 있다. 15시경 92Sm/Cm의 작은 전기저항 오류가 발생했다. 이외의 큰 등락폭은 없었다.

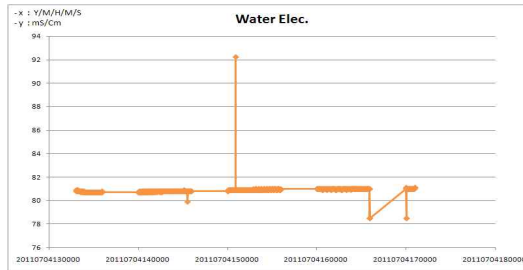


그림 17. 보조관측망에서 측정된 전기전도도(E.C.) 데이터
Fig. 17. Specific Electrical Conductance Data Measuring in Sub-Observation

그림 18은 보조관측망에서 측정되는 전류량 데이터를 나타내고 있다. 전류량은 12v충전기(최소 6.8v, 최대 13.32v)를 8.6v의 방전 상태에서 충전을 하고 있다. 태양열의 충전과 센서와 보드에서 방전 후 손실에 관한 남은 잔류량을 체크한다.

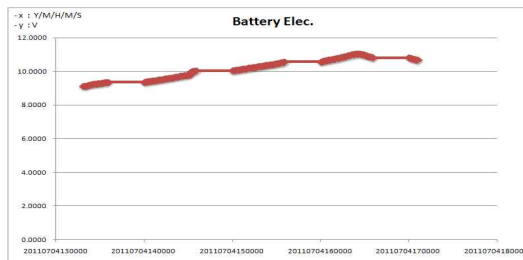


그림 18. 측정된 전류량 데이터
Fig. 18. Current Capacity Data Measuring

표 2 타 연구와의 비교
Table 2. Comparison with Other Study

	[9]	[10]	[11]	[12]	제안하는 연구
GIS 지원	O	O	O	O	O
레이어 분할	X	수치형 레이어만 조작 제공	부분적으로 몇 가지 레이어만 제공	O	O
이동식 보조 관측망	X	고정식	X	고정식	O
관리자 클라이언트	X	X	X	O	O
실시간 데이터 모니터링	최신 관측 자료 아님	수시 데이터 모니터링	X	O	O

표 2는 기존의 지하수 관측망, 해수 관측망과 수질 관측망 같은 타 연구들과 본 논문에서 제안하는 시스템과의 정성적인 비교를 수행한 결과이다. 다른 연구에서도 GIS 맵을 사용하고 있지만 레이어 조작의 제한을 가지고 있고 보조관측망 계측기가 고정식이어서 자유로운 이동에는 매우 부적합하다. 아울러 관리자 클라이언트 지원 및 하드웨어로부터 전송받은 지하수 측정 데이터의 실시간 지원 측면에서도 차이를 보이고 있다.

V. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 지하수 자원 관리의 업무 효율성 증대와 실시간 모니터링을 위해 수온, 수위, 전기전도도(E.C.) 등의 무선 센서 노드와 GPS가 내장된 이동식 보조관측망 프로토타입 시스템과 지하수 정보 사용자 GUI로 이루어진 GeoSensor 기반의 지하수 무선 자동측정시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 자체 전력을 위해 태양광을 이용하고 있으며, 무선 센서 노드로부터 수집된 다양한 지하수 정보는 CDMA 모듈을 이용하여 무선 송수신할 수 있다. 아울러 사용자의 편의성을 도모하기 위해 사용자 GUI는 GIS 맵에 수집된 지하수 정보를 가시화하였다. 제안한 시스템의 성능평가를 위해 제작된 보조관측망을 통해 수집된 센싱 정보를 이용하여 수행하였으며, 타 연구와의 정성평가를 제안하는 시스템의 우수성을 입증하였다. 또한 이동성을 지원하는

GeoSensor 보조관측망은 보조관측망의 유지 보수비용을 감축시키는 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

향후 연구로는 제안된 시스템의 사용자 접근성을 향상시키기 위해 모바일 기반의 스마트폰용 사용자 인터페이스를 구현하는 것이며, 또한 그리드 컴퓨팅 환경에서 구동되어 다양한 업무 효율성을 제고시킬 수 있도록 시스템을 확장하는 것이다.

참고문헌

- [1] V. Olaru, O. Ivan, "Integrated System for Underground Water Management", Automation Quality and Testing Robotics IEEE International Conference, pp. 1-5, 2010.
- [2] Skolubovich, Yu.L., Voitov, Ye.L., Skolubovich, A.Yu, "Solution to the problem of production of drinking water from underground sources of ecologically unfavourable regions" Strategic Technology International Forum, pp. 315-317, 2007.
- [3] J. C. Kim, K. C. Choi, "u-GIS National Land Information Providing System", Korea Spatial Information System Society Journals, Vol. 11 No. 1, pp. 1-8, 2009.
- [4] S. M. Lee, J. M. Seo, "A Research of Spatial Metadata Model for Underground water Management System", Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 12, No. 4, pp. 229-237, 2007.
- [5] Wu-nian Yang, Min Zhang, Feng Liang, Xiaoxia Yang, "Deformation Prediction and 3D Visualization Model for Rock Mass of High Underground Water Mining Area", Advanced Computer Theory and Engineering 3rd International Conference, pp. 412-416, 2010.
- [6] Wang Wei-guang, "Spatial Informations of Underground Water Level Based on Applied Geostatistics", Wireless Communications, Networking and Mobile Computing International Conference on, pp. 5339-5342, 2007.

[7] Daniele Trinchero, Riccardo Stefanelli, Luca Cisoni, Abdullah Kadri, Adnan Abu-Dayya, Mazen Hasna, Tamer Khattab, "Innovative Ad-hoc Wireless Sensor Networks to Significantly Reduce Leakages in Underground Water Infrastructures", Kaleidoscope: Beyond the Internet? - Innovations for Future Networks and Services 2010 ITU-T, pp. 1-4, 2011.

[8] Damien Dhont, Alain Doumit and Janine Somma, Pascal Luxey, "3-D Geologic Modeling from Remote Surface Information: Application to Underground Water Resources in Lebanon", Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 2172-2174, 2005.

[9] Peter Folger, "Geospatial Information and Geographic Information Systems (GIS): Current Issues and Future Challenges", Peter Folger Specialist in Energy and Natural Resources Policy, pp. 1-26, 2009.

[10] National Groundwater Information Management and Service Center, "<http://www.gims.go.kr/>"

[11] Rural Groundwater Net, "<http://www.groundwater.or.kr/>"

[12] SGIS, "<http://sgis.nier.go.kr/>"

저자 소개



김 경 종
 2009년 : 순천대학교 멀티미디어공학과 공학사.
 2011년 : 순천대학교 멀티미디어공학과 공학석사.
 관심분야 : 멀티미디어정보검색, 유비쿼터스 컴퓨팅
 Email : kkj0201@nate.com



정 세 훈
 2010년 : 순천대학교 멀티미디어공학과 공학사.
 2012년 : 순천대학교 멀티미디어공학과 공학석사.
 2012년 - : 순천대학교 멀티미디어공학과 박사과정
 관심분야 : 이동 데이터베이스, 상황인식 시스템
 Email : iam1710@hanmail.net



심 춘 보
 1996년 : 전북대학교 컴퓨터공학과 공학사.
 1998년 : 전북대학교 컴퓨터공학과 공학석사.
 2003년 : 전북대학교 컴퓨터공학과 공학박사.
 2005년 : 순천대학교 멀티미디어공학과 부교수.
 관심분야 : 멀티미디어 DB/IR, 유비쿼터스 컴퓨팅, RFID/USN
 Email : cbkim@sunchon.ac.kr