

## 압력센서식 수위계측 시스템의 개발과 GIS에의 적용

### A Development of Pressure Sensor Type and the Application for the GIS

박 찬 원\*      박 희 석\*\*      남 현 식\*\*\*  
Park, Chan-Won    Park, Hee-Suk    Nam, Hyun-Shik

#### Abstract

This paper presents a development of the Data Logger System to transmit the outcome of the waterlevel measuring instrument using the pressure sensor by means of the CDMA network. In order to set up the real time monitoring the waterlevel measurement system, we have designed the waterlevel sensor, communication terminal and repeater, and data logger.

Furthermore, its application for the GIS(Geographical Information System) with management server system and software solutions have also been developed to minimize the property damages from the flood disaster which occurs every year in the river.

키워드 : 압력센서, 수위계측, GIS

Keywords : Pressure sensor, waterlevel measuring, GIS

#### 1. 서론

자연자원이 절실히 필요로 되는 오늘날에 모든 생명의 근원인 물의 가치는 더할 나위 없이 중요하다. 하지만 때때로 지리적인 특성상 매년 반복되는 장마에 의한 엄청난 양의 폭우와 홍수로 인해 물에 의한 피해(가뭄, 홍수, 폭우)는 우리에게 있어서 인명/재산피해와 같은 엄청난 손실을 가져다준다. 여기에 더하여 현 추세에 장마는 국지성 집중호우여서 지역에 따라 다르며 예측이 힘들어 그 피해 또한 엄청나다. 현재 이러한 재해(수해)방지를 위해 정부차원에서 하천관리를 행정단위가 아닌 유역중심으로 바꾸고 있으며, 침수지역 및 수해

지역은 침수경보시스템 및 수위계측 시스템을 사용하여 수해로 인한 피해를 최소화하고자 하고 있다. 하지만 이러한 제품들은 지역적 특성에 따른 대기압 또는 온도보정 등에 따른 데이터의 정확성, 배터리 동작에 따른 수명, 실시간 통신의 어려움, 물속에 설치된 후의 유지보수 등에 있어, 설치 후 수년간의 동작을 보장 할 수 없다.

더 나은 수해방지를 위해선 정확한 유량측정 장비와 유량 데이터의 체계적인 관리가 요구되는데, 본 연구에서 제안한 수위 계측시스템은 실시간으로 정확도 및 정밀도가 높은 수위계측이 가능하면서도 중저가의 시스템 개발을 목적으로 한다. 또한, 단순히 수위 계측값만을 사용자에게 전달하는 것이 아니라 관리 서버를 두어 수위관련 데이터들을 DB화하여 언제 어디서든 사용자가 원하는 정보를 얻을 수 있게 하였다. 여기에 GIS(지리정보시

\* 강원대학교 전기공학과 교수, 공학박사

\*\* (주)TGW 연구원

\*\*\* 강원대학교 전기공학과 석사과정

스텝)와 연계하여 실시간 모니터링, 예상 강우량, 피해규모 등, 매년 발생하는 갈수기, 홍수기 때의 하천유역의 수위정보를 GIS 시스템을 통해 재해관리가 열악한 오지에서도 가능도록 하였다.

## 2. 전체 시스템

무선원격 수위계측시스템은 그림1과 같이 고정밀 수위계측용 센서모듈과 무선통신을 이용하여 계측 자료를 전송하는 통신단말기, 전송자료를 수집하여 상용망을 이용해서 송수신하는 데이터 수집기와 실시간으로 수집된 자료를 데이터베이스화하여 관리하는 관리서버로 구성된다. 사용자는 이렇게 수집된 데이터를 GIS 유역관리 시스템을 이용하여 실시간 정보를 확인하고 다양한 목적에 활용이 가능하다. 무선원격 수위계측시스템은 아래의 구성품으로 이루어진다.



그림 1 전체 시스템 구성도

### 2.1 수위계측센서

수위계측센서는 고정밀도의 압력센서를 이용하여 수위를 계측한다. 따라서 수위계측센서는 계측하고자 하는 지점의 수중 혹은 동일한 조건을 구현할 수 있는 장소에 설치되어야 하며, 일반적으로는 아래 그림 3과 같이, 금속관 내에 설치된다. 금속관은 수위계측센서의 측정 위치를 고정 시켜주며, 외부의 충격에 대한 보호를 겸한다. 금속관이 매설되는 장소는, 사니질 혹은 이와 유사한 지질구조를 가진 곳으로서, 측정하고자 하는 지점의 수위를 충분히 반영할 수 있어야 한다.

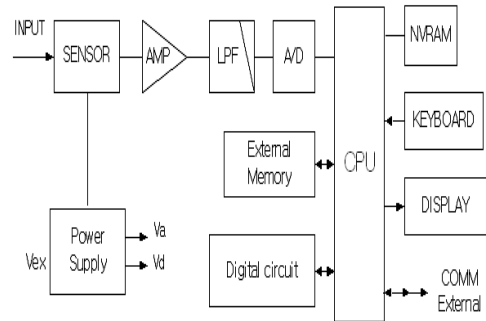


그림2 수위센서모듈의 신호처리회로

그림 2는 스트레인지어지방식의 압력센서를 이용한 수위계측모듈의 아날로그 시그널컨디셔닝부와 디지털 신호처리부의 회로 구성도이다. 설정주기 시간에 따라 계측을 하고, 측정된 데이터를 수집장치로 전송하게 된다. 전송된 데이터는 유실 방지를 위해 내장 메모리에 저장되며 장기간 유효성을 가진다.

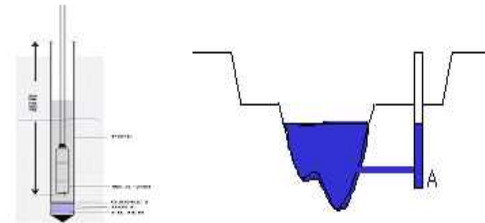


그림 3 고정밀 수위계측용 센서 설치도

이 센서는 12bit 분해능을 가지며 mm단위 측정이 가능하고 유효 측정 수압은 200m이며 -30~80°C에서 온도보상이 유효하게 동작하도록 설계하였다. 또한 수위계측센서에서 가장 유념해야할 압력은, 고도에 따른 대기압의 차이가 함께 적용되므로, 수위계측센서에는 고도에 따른 기압차를 자동으로 보정해 주는 특수회로와 케이블을 적용하였다. 따라서 수위계측센서는 금속관이 아니더라도, 측정위치를 고정시킬 수 있는 구조물이 있는 곳이면 어느 곳이나 쉽게 장착하여 사용 할 수 있도록 하였다.

### 2.2 통신단말기

통신단말기는 자체 설계한 디지털무선통신 프로토콜을 사용하는 무선통신기기로써 수위계측센서에서 측정된 자료를 통신 중계기 또는 데이터수집기로 전송하는 장치이다. 동작은 측정주기마다 CPU가 수위센서의 값을 읽어 RTC(Real Time

Clock)의 시간값과 결합하여 저장하며 이 데이터가 일정량이상 모이면 데이터 수집기로 송신한다. 그림 4은 통신단말기의 내부 구성 블록도이다.

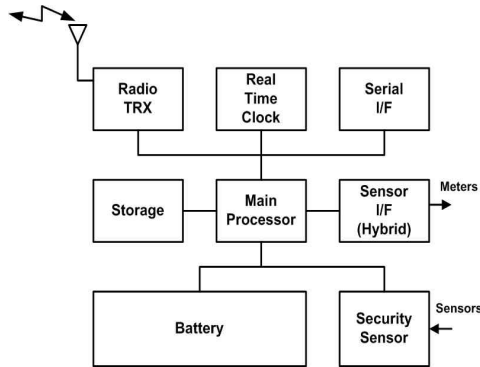


그림 4 통신단말기 블록도

### 2.3 통신 중계기

통신 중계기는 통신단말기에서 전송된 자료를 데이터 수집기로 재전송하며 통신단말기와 데이터 수집기 간의 통신이 거리, 차폐 등의 이유로 원활하지 않을 경우에 이를 보완하기 위하여 사용하며 주파수 등 기본 성능은 통신단말기와 동일하다.

### 2.4 데이터 수집기

데이터 수집기는 통신단말기 또는 통신중계기로부터 수신한 계측자료를 수집/저장하고, 정해진 시간 혹은 사용자가 전송을 요청시 무선망을 이용하여 관리 서버로 전송하는 장치이다. 최대 255대와 데이터 송수신과 여러 설정 조정이 가능하며 통신단말기에서 데이터 수신하면 RTC와 결합하여 SRAM에 저장한다. 256KB SRAM을 내장하여 관리서버와 연결이 불가능한 상황에서 최대 1달 정도 데이터 저장 관리가 가능하도록 설계하였다. 현장에서 LCD와 Serial통신을 통해 상태 확인 및 조정이 가능하며 낙뢰 등을 대비 Surge protection 회로와 5V 공급하기 위한 변압회로를 내장한다. 4.2GHz 무선통신과 CDMA 통신을 하기 위해 별도의 2채널 비동기 송수신기를 사용하였다. 전송 데이터는 그림 5와 같은 순서에 의해 전달이 된다. CDMA Call을 하여 관리서버와 연결하고 해당 데이터 수집기의 Address와 현재 Status, Data를 결합하여 전송한다. 이를 통해 관리서버는 해당 데이터 수집기의 정상 동작여부를 파악하고 비정상 Frame 수신시 재송신하며 반복 오류가 발생하면 사용자에게 알리게 된다.

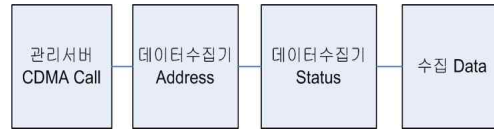


그림 5 데이터 전송 블록도

통신망은 유선인터넷망을 사용시 유선을 측정지점까지 연결해야하나 설치 지점이 다리 위나 산속일 경우 연결이 어려우므로 국내 전체를 커버하는 CDMA/PCS 상용 무선 통신망을 이용한다. CDMA망은 설치비용이 저렴하고, 망 설치가 잘 되어 있어 설치 지점에 대한 공간적인 제약이 거의 없으나 망 사용료가 고가라는 단점이 있다. 이는 데이터 전송주기를 조정하여 최소화할 수 있다. 통신요금을 최소화하기 위해서는 통신단말기와 마찬가지로 국내 강우량은 특정 계절에 비율이 높으므로 수위 변화가 거의 없는 경우는 전송을 1일 1~2회만 실시하고 장마나 강우시에도 수위 변화는 30분이상의 측정주기 값이 의미가 있으므로 이를 고려해 전송한다. 하지만 사용자가 이를 조절할 수 있고 망 연결을 유지하여 실시간 데이터 전송도 가능하다.

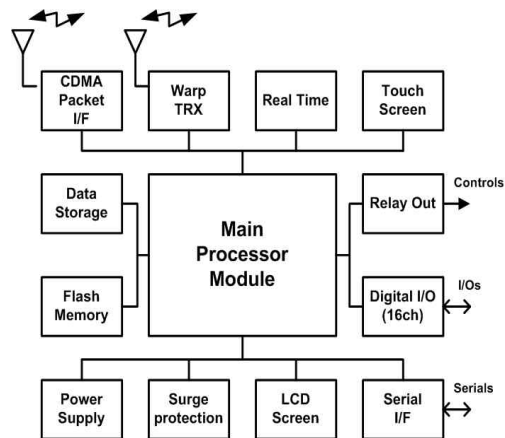


그림 6 데이터 수집기 블록도

### 2.5 관리서버

사용자의 지정 장소에 설치되어 인터넷을 통해 데이터 수집기가 송신한 계측자료를 수신하고 수신 자료는 데이터베이스에 저장하여 사용자의 관리가 가능하다. 사용자는 별도의 클라이언트 소프트웨어를 통하여 서버에 접속, 저장된 자료를 해당 목적에 활용할 수 있다. 또한 관리서버는 자료수집기로부터 전송되는 수위계측센서의 계측자료를 데

이터베이스화 하여 저장, 관리하며, 사용자의 클라이언트 S/W 접속과 요청에 따라, 저장된 자료에 대한 검색을 서비스하는 것을 기본기능으로 하였다. 이 자료를 GIS(지리 정보시스템)와 연결하여 해당 하천의 유량을 파악한다.

그림 7 관리자의 수위계측 자료 검색화면의 예

그림 7은 검색조건에 관계된 관리서버의 DB화된 데이터들을 출력한 것으로 수위정보를 년/월별간의 형식으로 알려준 것이고, 그림 8은 특정기간동안의 수위변화량을 그래프로 표현한 것이다. 여기서 관리자는 보안등급에 따라, 자료의 저장과 삭제 등 필요한 관리업무를 수행할 수 있으며, 클라이언트는 관리자에게 부여받은 권한을 활용할 수 있다.

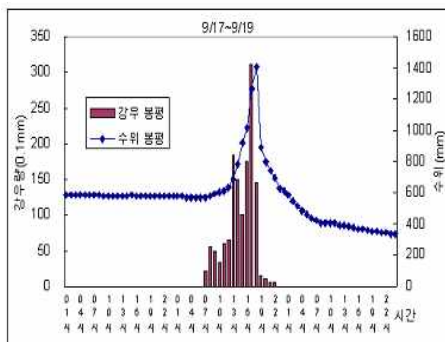


그림 8 사용자의 수위변화추이 그래프 작성 예

## 2.6 GIS 기반 수계별 유역관리 시스템

GIS(지리 정보시스템)을 이용하여 해당 하천의 유량을 파악한다. 방법은 GIS에는 해당 하천의 하천구조는 실제 측량으로 기록되어 있고 한 지점의 수위를 측량하면 하천 유량의 단면적을 알 수 있으므로 이를 시간으로 적분하면 해당 하천의 시간

당 유량을 구할 수 있다. 이런 정보를 통해 여러 하천을 통과하여 큰 강으로 모일 때 예상되는 유량을 산정할 수 있으며 이를 통해 제방의 크기나 댐의 유입예상량 등을 산정하는 것이 가능하도록 하였다. 그리고 DB화된 데이터들을 바탕으로 년/월별간 수위표현, 강수량의 따른 피해지역 예상, 피해정도예상, 현재수위 모니터링 등의 기능을 실시간으로 관찰할 수 있다.

## 3. GIS에의 적용

GIS 관련 프로그램을 이용하여 GIS 기반의 지형도 및 주제도와 연계, 활용도를 극대화 시킬 수 있으며, 관련 GIS 정보와 주제도 작성 및 부가기능은 사용자의 요구에 따라 추가 될 수 있다. GIS를 이용한 기본적인 지리검색 기능을 통하여 수위계측기가 설치된 지점을 붉은색 Dot로 표시하였으며 원하는 구역의 수위를 알아보려고 할 시에는 해당 하천을 선정하고 원하는 서비스(수위정보, 현재수위 모니터링, 지점별 수위비교, 하천유역 속성보기, 수위에 따른 침수예상도, 강우량에 따른 피해량, 환경설정)를 검색하면 된다.

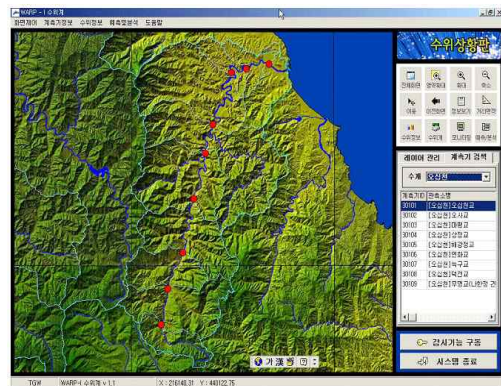


그림 9 GIS를 이용한 수위상황판

오른쪽 프레임에는 검색서비스에 해당하는 목록을 아이콘화 하여 찾기 쉽도록 하였으며 관리서버의 DB화된 데이터들을 바탕으로 GIS의 기능을 추가하여 지리적 상세검색이 가능토록 하였다.

### 3.1 속성보기

해당 수위계측기가 설치된 하천유역의 속성을 보는 기능으로 GIS의 지리검색을 통하여 해당 하천의 수위계측기 정보, 개략단면도, 수위그래프, 사진 정보 등의 정보를 실시간으로 알려준다.

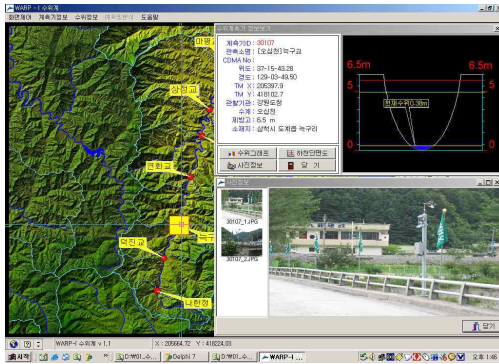


그림 10 수위계측 시스템의 속성기능

그림 10는 하천유역 여러 곳 가운데 한곳의 지리적 정보를 보여주는 것으로 수위계를 설치한 지역의 사진과 검색 시점에서의 해당수위를 제방의 크기를 기준으로 그래프로 표현한 것이다.

### 3.2 현재수위 모니터링

실시간으로 하천유역의 현재수위를 하천 개략단면도 상에 보여주는 기능으로 일정 주기(분)마다 유역별 실시간 모니터링 창으로 출력된다. 경계수위와 안전수위 및 위험수위는 제방의 높이를 기준으로 서로 다른 색을 기준으로 표현하였다.

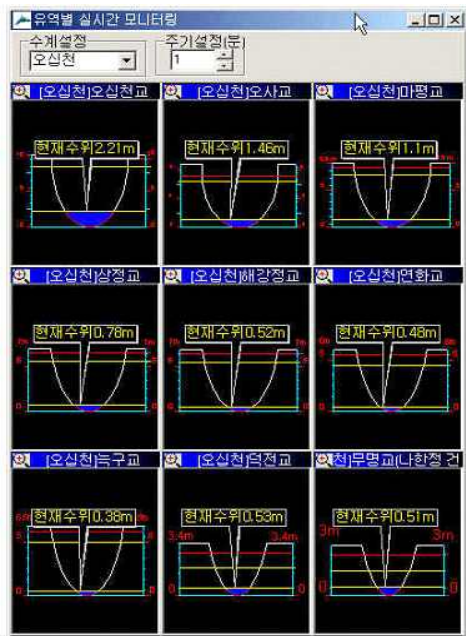


그림 11 수위계측 시스템의 모니터링

수계를 선택하고 주기(화면갱신주기)를 설정하면 해당수계의 개략 하천 단면도상에 현재수위가 표시되며 설정된 주기마다 화면을 갱신해준다. 그림 11는 1분 간격으로 해당 하천의 여러 유역의 수위 및 상황선을 실시간으로 모니터링 할 수 있게 표현한 것이다.

### 3.3 환경설정도

감시기능 및 하천개략단면도에 사용되는 경계수위 및 위험수위 값을 설정하는 것으로 경계수위 및 위험수위 값을 입력하면 각각의 해당 수위계측기의 경계수위와 위험수위 값이 설정된다. 환경설정도에서 설정된 값들은 나중에 홍수기나 폭우시에 앞으로의 침수지역이나 피해량을 예상하는데 중요한 데이터가 된다.



그림 12 수위계측 시스템의 환경설정

### 3.4 수위에 따른 침수예상도

환경설정기능에서 설정한 경계수위 및 위험수위 값을 바탕으로 폭우나 홍수기에 하천 유역의 수위를 측정하여 설정수위에 근사하면 예상침수지역을 지리적으로 표현해 주며, 해당 지역의 침수면적이나 주요시설물에 대한 정보를 알려준다.

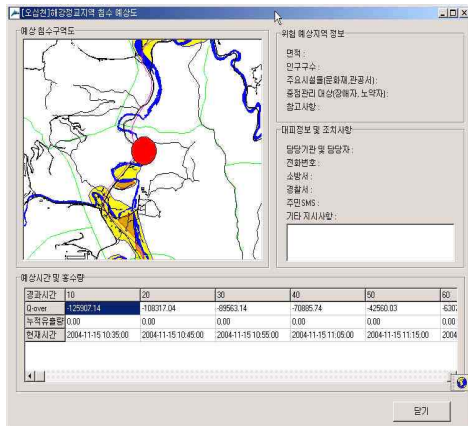


그림 13 수위계측 시스템의 침수예상도

예상침수지역은 몇 시간에 걸친 측정값과 경과시간에 따른 해당 하천유역의 누적유출량을 바탕으로 산출되고, 산출된 값을 기준으로 하천유역의 침수정도 나타내는데 침수정도에 따라 침수지역의 색을 다르게 표시하였다.

### 3.5 피해량 예측도

지속적인 비로 하천수위가 높아졌을 경우 시간에 따른 강우량으로 앞으로의 수위 정보와 그 피해량을 그래프를 통해서 예측해 볼 수 있다. 그림 14은 하천유역 9곳의 피해량을 현재시간에서의 강우량을 바탕으로 시간이 경과함에 따라 예상변화량을 보여준다.

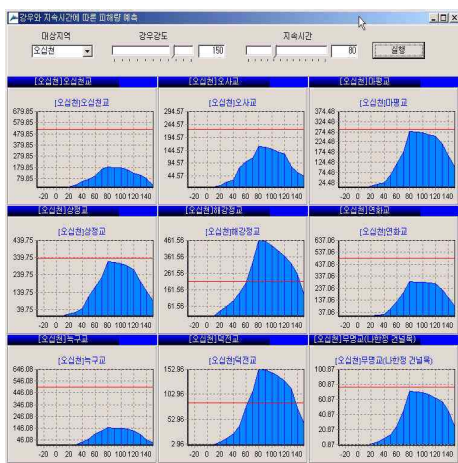


그림 14. 강우와 지속시간에 따른 피해량 예측

## 4. 결론

본 연구에서는 고정밀 수위계측센서를 개발하여 센서모듈로부터 설치지점의 수위 및 수온을 측정하여 내장된 기억장치에 저장하고 자료중계기와 자료수집기를 이용하여 저장된 데이터를 무선통신망을 통해 관리서버가 관리하도록 시스템을 설계하였다. 관리서버에 전송된 데이터들은 서버에 DB화 되며 사용자들이 쉽게 정보를 얻을 수 있도록 하였다. 또한 수위계측 시스템을 GIS와 연계하여 지리정보 및 여러 가지 기능을 재해관리가 열악한 하천유역에 적용하여 유량 및 수위변화를 실시간 모니터링 할 수 있게 하였다. 여기서 관리서버에 수집된 DB들을 바탕으로 현재의 강수량 및 수위에 따른 앞으로의 침수지역 및 피해규모를 예측할 수 있어 해당지역의 인명/재산 피해를 최소화시킬 수 있다. 추가적으로 무선통신망과 관리서버의 DB는 다른 수자원 관리시스템과 연계되어 보다 나은 행정업무를 관리하는데 활용될 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Gilbert Held, "Data communications networking devices", Wiley, 1992.
- [2] 김재균, "영상통신시스템", 영지문화사, 2000.
- [3] TIA, "Mobile Station-Base Station compatibility standard for dual-mode wideband spread spectrum cellular system", Datasheet, 1993.
- [4] J.G. Webster, "The Measurement instrumentation and sensors handbook", CRC press, 1999.
- [5] AMD, "AM188ER", Datasheet, 2002.