

# Ubiquitous Floater와 GIS를 활용한 도시하천 유속계측 시스템 개발

## Urban Stream Velocity Measurement System Utilizing Ubiquitous Floaters and GIS

이재웅\* / 지정원\*\*  
Yi, Jaeeung / Ji, Jungwon

### 요    지

최근 들어 기상이변 등의 영향으로 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 가뭄 및 홍수가 빈번하게 발생하고 있다. 가뭄과 홍수는 농촌지역에서도 피해를 발생시키지만, 특히 인구가 밀집되어 있는 도시지역에서 막대한 피해를 유발시킨다. 도시유역 소하천에서 가뭄과 홍수로 인한 피해를 경감시키기 위해서는 무엇보다도 지속적이고 신뢰성 있는 하천유황 자료의 획득이 시급하다. 그러나 현재 우리나라에서 수집되고 있는 유황자료는 자료의 수집이 대하천에 편중되어 있고, 관측소의 위치가 고정되어 있어 원하는 시점과 지점의 자료를 획득하기 힘든 단점이 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 언제 어디서나 쉽게 유황자료를 획득할 수 있는 관측 시스템의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 도시 소하천 지리정보시스템과 ubiquitous floater로부터 발생된 유황자료를 결합하여 PC에서 원거리에 위치한 도시 소하천 흐름의 상태를 정확하게 파악하고, 홍수, 갈수와 같은 하천흐름의 이상을 신속하고 정확하게 파악할 수 있는 도시 소하천 관리 시스템을 개발하였다.

핵심용어 : ubiquitous floater, GIS, 유속측정

### 1. 서 론

최근 들어 기상이변 등의 영향으로 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 가뭄 및 홍수가 빈번하게 발생하고 있다. 가뭄과 홍수는 농촌지역에서도 피해를 발생시키지만, 특히 인구가 밀집되어 있는 도시지역에서 막대한 피해를 유발시킨다. 도시 지역에서의 가뭄은 도시 소하천의 유량을 감소시켜 수질악화, 어류감소, 생태계 환경 악화 및 경관에 악영향을 미치게 되며, 도시하천에서 발생하는 홍수는 고밀집된 도시화의 특성상 해마다 막대한 인명과 재산피해를 발생시키고 있다.

물로 인한 재해를 완화시키기 위해서는 하천구조물과 시설물 등의 설계에 필요한 수문자료 수집과 이러한 수문자료들에 대한 합리적인 분석기술 등이 필수적이다. 최근에는 이러한 문제를 GIS와 ubiquitous와 같은 신기술을 이용하여 해결하려는 노력이 많아지고 있다. 이와 관련된 연구 동향을 살펴보면 Schmidt 등 (1987)과 Warwick 등(1991)은 HEC-1의 GIS 응용에 대해 연구하였고, Meyer 등(1993)은 GIS와 SWMM의 RUNOFF를 결합하여 실제유역에 적용하는 등 GIS와 기존 모형과의 연계에 대하여 많은 연구가 수행되었다. 이후 GIS를 이용한 강우·유출해석에도 활발한 연구가 진행되었는데 Jenson 등(1988)은 수치표고모델 (Digital Elevation Model : DEM)로부터 하천의 특성인자를 추출하는 방법에 대하여 연구하였고, 함창학 (1996)은 GIS를 활용하여 수문지형정보를 추출하였으며, 김경탁(1998)은 GIS를 사용하여 추출한 지형정보를 이용하여 유출모의에 대한 연구를 수행하였다. 또한 이창민(2006)은 ubiquitous 기법을 이용한 수압자료 획득 시스템을 개발하였다.

\* 정회원-아주대학교 환경건설교통시스템공학부 교수 E-mail : jeyi@ajou.ac.kr

\*\* 정회원-아주대학교 환경건설교통시스템공학부 E-mail : log52@hanmail.net

도시유역 소하천에서 가뭄과 홍수로 인한 피해를 경감시키기 위해서는 무엇보다도 지속적이고 신뢰성 있는 하천유황 자료의 획득이 시급하다. 현재 우리나라에서 하천유황 자료는 건설교통부, 행정자치부(지방자치단체), 한국수자원공사, 한국농촌공사 등에서 수집하고 있으나 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

첫째, 자료 수집이 대하천에 집중되어, 소하천의 유황자료를 획득하기 어렵다. 도시 지역은 대하천 뿐만 아니라 소하천에 인접하여 있는 경우가 많으므로 소하천의 유황정보 획득 및 분석도 필수적이다.

둘째, 소하천에 관측소가 존재하더라도 그 위치가 고정되어 있어 원하는 지점에서 자료를 획득하기 어렵다. 소하천은 물론 대하천에서도 대부분의 관측소는 위치가 고정되어 있다. 수공구조물의 설계 등의 목적으로 유황자료가 필요한 지점은 이러한 관측소로부터 떨어진 곳에 위치하는 경우가 대부분이다.

셋째, 원하는 시점의 자료를 획득하기 어렵다. 이제는 실시간으로 유황정보를 제공하는 지점이 많이 증가했으나, 아직 대부분의 지점에서 원하는 시점에 필요한 유황자료를 획득하는 것은 쉬운 일이 아니다.

따라서, 언제, 어디서, 누구나 자신의 개인용 컴퓨터 앞에서 원거리에 위치한 도시 소하천 흐름의 경로를 정확하게 파악하고, 시스템의 사용자가 수자원 분야에 대한 특별한 지식이 없더라도 쉽게 이용할 수 있는 시스템을 개발한다면, 홍수, 갈수와 같은 하천흐름의 이상 정보를 신속하고 정확하게 판단하는데 많은 도움이 될 것이다. 본 연구에서는 최근 널리 이용되고 있는 ‘유비쿼터스(ubiquitous)’ 개념과 이에 관련된 주변기술들을 도시 유출 수문자료 계측에 활용할 수 있는 방안을 제시하였다.

본 연구에서는 도시 소하천 지리정보시스템과 ubiquitous floater로부터 발생된 유황자료를 결합하여 언제(whenever), 어디서(wherever), 누구나(whoever), PC 앞에서 원거리에 위치한 도시 소하천 흐름의 상태를 정확하게 파악하고, 홍수, 갈수와 같은 하천흐름의 이상을 신속하고 정확하게 파악할 수 있는 도시 소하천 관리 시스템의 개발을 목표로 한다.

## 2. 수치지도 구축

### 2.1 Ubiquitous Floater의 활용

ubiquitous floater는 기존에 하천유속 측정을 위해 국내에서 자주 이용하고 있는 봉부자의 단점을 해결하기 위해, ubiquitous 관련 기술을 이용하여 보다 편리하고 신속하며 정확한 하천유속 자료를 획득하고자 (주)데이터파씨에스 부설연구소에서 개발한 것으로 크게 floater와 server로 구성되어 있다.

### 2.2 유역 수치지도 보정 및 주제도 추출

CAD 파일로 된 수치지도를 바탕으로 도시 소하천 관리시스템 구성에 필요한 주제도를 추출해야 하며, 본 연구에서 필요한 주제도는 유역의 토지이용 특성과 형상, 하천망을 명확히 나타낼 수 있어야 한다. 본 연구에서 필요한 주제도로 건물, 도로, 하천, 행정구역, 유역도를 선정하였다.

오류보정이 끝난 수치지도는 CAD 형식을 가지고 있으며, 많은 불필요한 layer를 제거했으나 아직도 파일 용량이 매우 크다. 그래서 대용량의 CAD 파일을 shape 형태의 파일로 변환시키는 작업을 수행하였다. shape 파일은 ESRI 사에서 개발한 지형공간 자료에 대한 기하학적 위치와 속성정보를 저장하고, 제공하는 비위상 구조의 GIS 자료 형식이다. shape 형식은 작은 용량으로 GIS 상에서 구현이 가능한 장점이 있고, ESRI의 ArcView와 ArcGIS가 시장에서 큰 비중을 차지하기 때문에 사용이 계속 증가하고 있다. 단점으로는 고가의 ArcGIS와 같은 특정 소프트웨어를 필요로 하기 때문에 다수의 일반 사용자들에게 보급하기에는 한계가 있고, 위상 자료를 포함하고 있지 않아 자료의 안전성에 문제가 발생할 여지가 있다는 점이다. 본 연구에서는 CAD 파일 형태인 수치지도가 용량이 매우 크기 때문에 shape 형태로 변환하여 파일의 용량을 감소시켰다. 그 이유는 용량이 크면 파일을 열고 닫는데 시간이 오래 소요되고, 수정 작업이 어려우며, 완성된 지도 파일의 배포도 용이하지 않기 때문이다.

### 2.3 Ubiquitous Floater와 GIS를 활용한 도시유출 관리 시스템 개발

도시하천유역의 물 관리와 관련하여 ubiquitous 기술을 응용할 수 있는 분야는 도시하천재해예보시스템, 홍수지역 관리시스템, 홍수시 고수위 경보시스템, 강우계측장비 관리시스템, 하천관리시스템, 하천유량정보 획득시스템, 유역특성 정보획득시스템 등을 우선 고려할 수 있다. 본 연구에서는 이 중에서 유역특성 정보획득시스템 구축에 관하여 고려하였다. 유역특성정보도 유역내 인문사회 정보, 지형정보, 기후정보, 토지이용정보, 하천유황정보, 각종 수질 관련정보 등 광범위한 정보를 모두 포함하지만, 이 중에서도 유속정보와 관련된 사항만 고려하였다.

근래에는 관측원의 오차를 없애고 적은 주기로 많은 자료를 획득하기 위한 자동화 방법으로 하천의 교량 등의 구조물에 유속센서 및 수위센서를 설치하여 하천의 유속 및 수위 값을 유·무선 통신을 이용하여 획득하기도 한다. 이 방법은 홍수 시 유선이 일정치 않고 유속이 측정한계를 넘는 경우가 발생하거나, 센서가 설치된 지점만의 자료를 획득하는 것으로서 측점의 수가 부족하여 하천 전체의 흐름에 대한 대표적인 정보라고 할 수 없고, 하천 전체로 확장하여 사용하기에는 경제적으로 무리가 있을 수 있다.

## 3. GUI 개발 및 현장 적용 실험

### 3.1 GUI 개발 및 시험유역 적용

#### 3.1.1 좌표 변환

ubiquitous floater를 이용한 도시하천 관리 시스템에서는 floater를 감지하는 감지기에 GPS가 장착되어 사용자의 컴퓨터에 좌표 정보를 전송하게 된다. 그러나 GPS는 WGS-84를 좌표계로 사용하기 때문에 수치지도의 제작에 사용되는 TM 좌표계와 일치하지 않으므로 좌표의 변환이 필요하다. 본 시스템에서는 GPS가 부착된 감지기에서 전송된 정보를 TM 좌표계로 변환하여 저장될 수 있도록 하였다.

#### 3.1.2 GUI 개발

shape 파일을 읽고 쓰기 위해서는 일반적으로 전용 도구가 필요하지만, 만약 전용 도구를 이용하여 시스템을 개발하였을 경우 사용하는데 있어 많은 제약이 따르게 되기 때문에 언제, 어디서, 누구나 사용 가능한 유형자료 관리 시스템을 개발하기 위해서는 전용 viewer를 직접 개발할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 PC에 접근이 가능한 사용자라면 누구나 쉽게 자료를 획득할 수 있도록, Microsoft사가 개발한 Visual C++ 6.0을 이용하여 GUI를 직접 구축하였다. Fig 1에 개발된 GUI를 실행한 모습을 제시하였다.

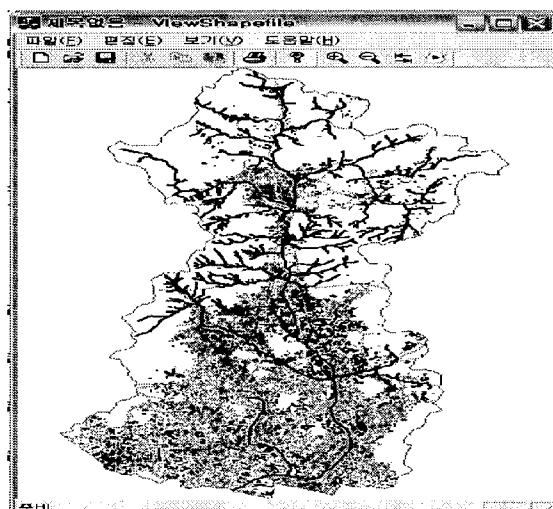


Fig. 1. GUI 실행화면

### 3.1.3 수심에 따른 단면적 산정식 유도

유속을 바탕으로 유량을 측정하기 위해서는 수심에 따른 단면적 산정식이 필요하다. 이미 구축된 단면 자료 중 현장 실험을 수행한 중랑천 이화교 하류 지점의 단면을 이용하여 수심에 따른 단면적 산정식을 유도하였다. 이 식은 사용자가 프로그램을 실행시킬 때 수심 자료를 직접 입력하면 이미 측정된 유속자료를 바탕으로 유량이 산정된다.

### 3.1.4 GUI의 주요 기능

- 이동 기능 : 본 시스템에서는 특별한 버튼을 누르지 않아도 기본적으로 pan 기능을 사용할 수 있다. 마우스 왼쪽 버튼을 누르고 이동하면 커서의 이동에 맞추어 처음 왼쪽 버튼을 누른 점에서부터 직선이 그려지는데 이 때 왼쪽 버튼을 떼면 그 위치만큼 전체 좌표가 이동하게 된다.
- 확대 및 축소 기능 : 메뉴 바에 있는 버튼이나 버튼을 누르게 되면 화면이 20% 확대 또는 축소된다.
- 초기화 기능 : 앞 그림에 파란색으로 표시된 버튼을 누르게 되면 초기 화면의 비율로 화면의 크기에 맞추어 다시 그려지게 된다.
- 유속측정 기능 : 화면 상단의 버튼을 누르면 저장된 데이터에 표시된 점의 좌표가 표시된다. floater의 ID와 유속 그리고 이동거리가 표시되고 floater가 감지된 지점의 위치로 자동으로 이동하여서 측정된 거리에 맞게 일정한 size로 확대된다. 전체화면으로 표시하게 될 경우 전체에서 어느 부분인지 구분하기는 쉬우나 정확한 지점을 보기 힘들고, 측정거리가 얼마나 되는지 정확히 알기 어렵다는 단점이 있기 때문에 측정된 거리 5배 정도의 거리로 자동 확대되는 기능을 추가하였다.
- 유량산정 기능 : 하천 단면 데이터를 이용하여 하천의 유량을 측정할 수 있는 알고리즘을 완성하였다. 단면형상 자료를 이용하여 수심에 따른 단면적 계산식을 유도하였고, 사용자가 프로그램을 실행시킬 때 직접 측정한 수심 자료를 입력하면 ubiquitous floater에 의해 측정된 값은 사용자의 컴퓨터로 전송되어 계산된 유속과 단면적을 이용하여 유량을 계산한 후 사용자에게 제시한다. 파일을 불러와서 화면에 표시하는 버튼을 누른 후 버튼을 누르면 m 단위의 수심을 입력할 수 있는 창이 나타난다. 수심을 입력하고 확인버튼을 누르면 현장계측 결과로 저장된 floater의 ID와 유속 사용자가 입력한 수심에 따른 유량, 그리고 총 이동거리가 표시된다.

## 3.2 현장 적용 실험(중랑천)

이미 탄천에서 수행된 예비 실험에서 ubiquitous floater와 봉부자 그리고 날개차식 유속계의 정밀도의 결과를 비교한 바 있으므로 중랑천에서 2006년 10월 26일 수행한 실험에서는 유량측정의 정밀도를 검증하기보다는 실제로 구축된 시스템이 정확하게 구동되는지를 검증하는 것에 그 목적을 두었다.

중랑천 실험에서는 감지기에 GPS를 장착하여 감지기에서 데이터를 전송할 때 floater가 감지된 시간과 floater의 ID와 함께 감지기의 위치 좌표를 CDMA로 전송하도록 하였다. GPS에서 측정된 위치 좌표는 WGS84 좌표계를 따르므로 수치지도에 적용할 수 있는 TM 좌표계로 전환한 후 지정한 폴더에 파일로 생성된다. 프로그램을 실행시킨 결과 값은 다음과 같다.

float1 - 유속 : 0.07 m/s, 이동거리 : 114.11m, 유량 : 1.56 m<sup>3</sup>/s  
float2 - 유속 : 0.09 m/s, 이동거리 : 114.02m, 유량 : 2.06 m<sup>3</sup>/s

실험 시의 수심은 동일하다고 가정하였기 때문에, 유량의 차이가 발생하는 것은 유속이 다르기 때문이다. 그러나 본 실험의 목적은 floater의 정밀성에 관한 실험이 아니라 구축된 시스템이 실질적으로 구동 가능한 것인지를 검증하기 위한 것이므로 이 정도의 차이는 큰 문제가 되지 않는다고 판단된다.

실험이 시행된 곳의 위치는 이화교와 이문철교 사이의 115m 구간이다. GPS에 의해 측정되어 프로그램으로 실행된 거리는 114m로 나왔고, 줄자로 동일한 거리를 측정하였을 때 결과는 약 120m 정도 되었다. 줄자의 오차를 생각한다면 실험 결과 측정된 위치 좌표는 상당히 정확하다고 판단된다.

#### 4. 결 론

이번 연구를 통해 개발된 ubiquitous floater 관리 시스템은 기존의 봉부자와 날개차식 유속계 관측의 단점을 보완할 수 있다고 판단된다. 기존의 날개차식 유속계는 사용자가 직접 실험 장소에 가지 않더라도 자동으로 측정된 값을 사용할 수 있다는 장점이 있지만, 특정 지점만의 유속을 측정 할 수 있으므로 동일 단면 내에서도 지형을 비롯한 여러 가지 영향에 의해 변화하는 유속을 정확히 측정하기 힘들고, 따라서 하천 전체의 흐름을 파악하기 힘들다는 단점이 있다. 그리고 봉부자는 언제나 하천을 따라 훌려 내려가는 유속을 측정 할 수 있기 때문에, 비교적 간편하다는 장점이 있지만 실험을 위해서 많은 인원이 동원되어야 하고, 수동으로 측정이 되기 때문에 실험자의 기능에 의존하여 정밀도가 결정되며, 봉부자의 수거를 위해 한정된 지역에서만 측정을 할 수 있고, 결정적으로 실험자의 안전 때문에 홍수시에는 관측이 용이하지 않다는 단점이 있다.

그러나 ubiquitous floater와 관리시스템을 병행하여 운영한다면 감지기가 설치된 유역에 홍수시 자동화된 설비를 통해 floater만 하천에 자동으로 띄워 보내면 관측자가 직접 현장에 가지 않고도 실험이 실행되고 있는 위치와 관측 자료를 사용자의 컴퓨터에서 직접 파악할 수 있다. 또한 감지기를 연속해서 설치할 경우 유속 측정 구간의 길이를 얼마든지 연장할 수 있을 뿐 아니라 길이가 연장됨에 따라 구간별 측정치의 정밀도도 떨어지지 않는다. 이외에도 GUI를 Visual C++로 개발하였기 때문에 향후 웹과 연결하여 데이터를 직접 전송받는 시스템이 구축될 경우 사용자의 컴퓨터에 고가의 프로그램이 따로 설치되어 있지 않더라도 실행파일만 다운받으면 누구나 쉽게 이용이 가능하다.

#### 감 사 의 글

본 연구결과는 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구비지원(과제번호 1-5 세세부과제)에 의해 수행되었습니다. 감사의 뜻을 표합니다.

#### 참 고 문 헌

1. 김경탁 (1998), GIS 적용에 따른 유출응답에 관한 연구, 박사학위논문, 인하대학교
2. 이창민 (2006), Ubiquitous를 이용한 수압 차로 획득 시스템의 개발, 석사학위논문, 부산대학교
3. 함창학 (1996), 지리정보시스템(GIS)을 이용한 수문지형정보 추출에 관한 기초적 연구, 박사학위논문, 충북대학교
4. Jenson, S.K., and Domingue, J. O., (1988), "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 54, No. 11, pp. 1593-1600.
5. Meyer, S.P., Salem, T.H., and Labadie, J.W. (1993), "Geographic Information Systems in Urban-Storm Water Management." Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 119, No. 2, pp. 206-228.
6. Schmidt, A.R., Weiss, L.S., and Oberg, K.A. (1987), "Geographic Estimation of Runoff-Model Parameter." Proc., Symp., Engrg. Hydro., ASCE, New York, N.Y., pp. 551-554.
7. Warwick, J.J., Haness, S.J., and Dickey, R.O. (1991), "Integration of an ARC/INFO GIS with HEC-1." Water Resour. Plng. Mgmt., and Urban Water Resour., Proc. of the 18th Conf., pp. 1029-1033.