

# Ubiquitous Floater와 GIS를 이용한 도시 유출관리 시스템



이재응 >>

아주대학교 환경건설교통공학부 부교수  
jeyi@ajou.ac.kr



장복진 >>

(주)데이터피씨에스 부설연구소 과장  
bjjang@datapcs.co.kr

## 1. 서론

최근 들어 기상 이변 등의 영향으로 우리나라뿐만 아니라 전 세계에서 가뭄 및 홍수가 빈번하게 발생하고 있다. 가뭄과 홍수는 농촌 지역에서도 피해를 끼치지만, 특히 인구가 밀집되어 있는 도시 지역에서 막대한 피해를 유발시킨다. 도시 지역에서의 가뭄은 도시 소하천의 유량을 감소시켜 수질악화, 어류감소, 생태계 환경 악화 및 경관에 악영향을 미치게 되며, 도시하천에서 발생하는 홍수는 고 밀집된 도시화의 특성상 해마다 막대한 인명과 재산피해를 발생시키고 있다.

가뭄과 홍수를 근본적으로 막는다는 것은 매우 어려운 일이지만, 관련기관 및 연구자들의 지속적인 관심과 노력 여하에 따라 그 피해를 완화시킬 수는 있을 것이다. 물론 인한 재해를 완화시키기 위해서는 하천 구조물과 시설물 등의 설계에 필요한 수문자료 수집과 이러한 수문자료들에 대한 합리적인 분석기술 등이 필수적이다. 이들 중에서도 신뢰할 수 있는 각종 수문자료의 수집은 시급히 추진해야 할 과제 중의 하나이다.

세계적으로도 최근의 이상기후변화, 자연재해, 자원고갈, 오염물질 및 전염병 확산 등에 대한 전 지구적인 문제를 해결하기 위하여 미국, 일본 등 세계 58개국과 EC 및 43개 국제기구가 참여하는 지구관측그룹(GEO : Group on Earth Observations)이 출범하여 지구관측시스템(GEOSS: Global Earth System of Systems)을 구축하고 운영하기 위한 국가 간 협력 체제를 구축하였다. 여기서 지구관측시스템이란 지구의 기상, 기후, 육지, 해양 및 생태계 등에 대하여 포괄적으로 지속적인 관측을 수행하고 관측 자료를 분석 및 예측한 후, 유용한 최종 정보를 수요자에게 전달하는 시스템을 말한다. 지구정보시스템에 의한 사회적 편익은 다음과 같으며, 여기에서도 재해 피해의 감소와 통합 수자원 관리는 지구관측시스템의 가장 중요한 목적에 속한다.

- 자연적·인위적 재해 피해의 감소
- 인류건강과 복지에 영향을 미치는 환경인자들에 대한 대중의 이해
- 에너지 자원의 관리 향상
- 기후변동과 변화에 대한 이해, 평가, 예측, 완화, 적응
- 물 순환에 대한 향상된 이해를 바탕으로 하는 통합 수자원 관리
- 지속가능한 토지이용 및 관리
- 기상정보, 예보 및 경보 능력의 향상
- 지상, 연안 및 해양생태계의 관리와 보호 향상
- 생물다양성의 이해와 보존

도시유역 소하천에서 가뭄과 홍수로 인한 피해를 경감시키기 위해서는 무엇보다도 지속적이고 신뢰성 있는 하천유황 자료의 획득이 시급하다. 현재 우리나라

라에서 하천유황 자료는 건설교통부, 행정자치부(지방자치단체), 한국수자원공사, 농업기반공사 등에서 수집하고 있으나 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

첫째, 자료 수집이 대하천에 집중되어, 소하천의 유황자료를 획득하기 어렵다. 도시 지역은 대하천뿐만 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. 한 지점에서 획득한 자료를, 그 자료가 필요한 지점의 자료로 변환하기 위해서는 통계학적, 지형학적 분석을 수행해야 하지만, 이 과정에서 다양한 오차가 누적될 수 있다.

셋째, 원하는 시점에 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, 홍수, 갈수와 같은 하천흐름의 이상 정보를 신속하고 정확하게 파악할 수 있다면 많은 도움이 될 것이다. 본 고에서는 최근 널리 유행되고 있는 '유비쿼터스(ubiquitous)' 개념과 이에 관련된 주변기술들을 도시 유출 수문자료 계측에 활용할 수 있는 방안을 살펴보았다.

## 2. Ubiquitous 개념

최근 정보혁명에 뒤이어 우리사회를 변혁시키는 또 하나의 시대적 흐름으로서 ubiquitous 기술혁명이 급부상하고 있다. 이제는 ubiquitous라는 말이 아파트 광고에서도 사용될 만큼 우리사회에 이미 우

리도 모르게 스며들고 있으며 거의 모든 과학자와 기술자는 물론 일반인들까지도 ubiquitous라는 용어를 마치 과거의 '최신식' 또는 '최첨단'이라는 단어 대신에 사용하고 있는 듯하다.

ubiquitous라는 용어의 뿌리는 라틴어인 'ubique'로 '언제 어디서나 존재한다.'라는 의미로, 당초에는 '신은 언제, 어디에서나 존재한다.'는 의미로 사용되었다고 한다. ubiquitous 개념은 1988년 미국 제록스사 팰로알토연구소의 Mark Weiser가 최초로 제안하였는데, 그는 "가장 심오한 기술은 사라져 있는 기술로서, 매일의 일상에 동화되어 일상과 구별하기 어려운 기술이다."라고 주장하였다. 이는 사용자가 자신도 의식하지 못하는 상태에서 자연스럽게 이용할 수 있는 기술이라는 의미이다. 즉, 사용자가 알 필요가 없거나 알고 싶지 않은 것에 대해 알지 않아도, 시·공간적으로 적절하게 구성된 원하는 서비스를 받을 수 있다. 또한 사용자가 큰 노력을 기울이지 않아도 맞춤형 서비스가 제공되며, 사용자가 언제 어디에 있더라도 충분한 computing 자원이 제공될 수 있다.

제2차 세계대전 이후 computing 산업은 비약적인 발전을 거듭해왔다. 특히 1980년대 초까지 주로 대형 컴퓨터를 이용하였으나, 1990년대 초부터는 개인용 컴퓨터의 폭발적인 수요에 힘입어 소수의 특정 목적을 가진 사람들만이 이용할 수 있던 컴퓨터를 거의 모든 사람들이 이용할 수 있는 일종의 전산기구로 전환시키는 촉매제가 되었다. 많은 전문가들은 21세기는 개인용 컴퓨터의 뒤를 이어 한사람이 물리공간에 쏟아져 있는 수많은 컴퓨터를 자연스럽게 의식하지 않고 사용하게 되는 ubiquitous computing 사회가 도래할 것이라는 견해를 제시하고 있다(그림 1).

특히 ubiquitous computing이란 언제 어디서나 이용할 수 있는 컴퓨터 기술로서, 이는 어느 특정 전산기법을 의미하는 것이 아니라, 예를 들면 '평화로운 세상'과 같이 가상의 전산환경을 일컫는 용어라고 생각할 수 있다. 앞으로 ubiquitous computing의 응용분야는 산업의 모든 분야에 걸쳐 다양하게 발생할 것으로 예상된다.

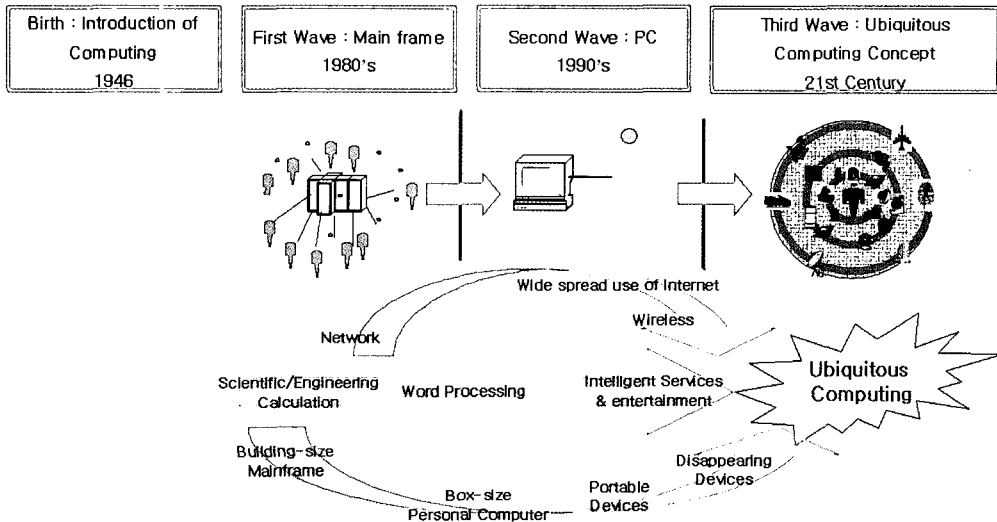


그림 1. computing 산업의 전개과정

### 3. Ubiquitous Floater의 개발

#### 3.1 도시하천유역에서의 ubiquitous 기술 이용

도시하천유역의 물 관리와 관련하여 ubiquitous 기술을 응용할 수 있는 분야는 도시하천해제예보시스템, 홍수지역 관리시스템, 홍수 시 고수위 경보시스템, 강우계측장비 관리시스템, 하천관리시스템, 하천 유량정보 획득시스템, 유역특성 정보획득시스템 등이 있다. 본 글에서는 이 중에서 유역특성 정보획득시스템에 대해서 고려하고, 유역특성정보도 유역 내 인문 사회 정보, 지형정보, 토지이용정보, 하천유황정보, 각종 수질 관련정보 등 광범위한 유역 내 정보를 모두 포함하지만, 유속정보와 관련된 사항만 고려한다.

일반적으로 하천의 유속을 계측하기 위해서는 유속계를 사용하여 계측함이 원칙이나, 그다지 높은 정확도를 필요로 하지 않는 경우에는 아직도 부자(floater)를 많이 사용하고 있는 형편이다. 그러나 부자의 사용은 획득된 자료의 수가 적기 때문에 발생하는 정확도의 신뢰성 문제, 표준화된 부자의 부재, 홍수를 비롯한 악천후 시 측정의 어려움, 야간의 유속 측정 어려움, 부자가 지정된 위치를 정확하게 통과하

는 시점 포착의 어려움, 두 사람 이상의 숙련된 측정 인원 필요 등의 어려움을 가지고 있다.

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 측정수가 부족하여 하천 전체의 흐름에 대한 대표적인 정보로 확장하여 사용하기에는 경제적으로 무리가 있다고 할 수 있다.

Ubiquitous 개념과 GIS를 활용한 하천유황 계측 시스템을 사용하면 이러한 어려움을 상당 부분 해소할 수 있을 것으로 판단된다. Ubiquitous 부자를 이용한 하천유황 계측시스템의 개념도를 그림 2에 제시하였다.

#### 3.2 Ubiquitous Floater

Ubiquitous floater는 기존에 하천유속 측정을 위해 국내에서 자주 이용하고 있는 봉부자를 대체하

Ubiquitous Urban Drainage Monitoring System

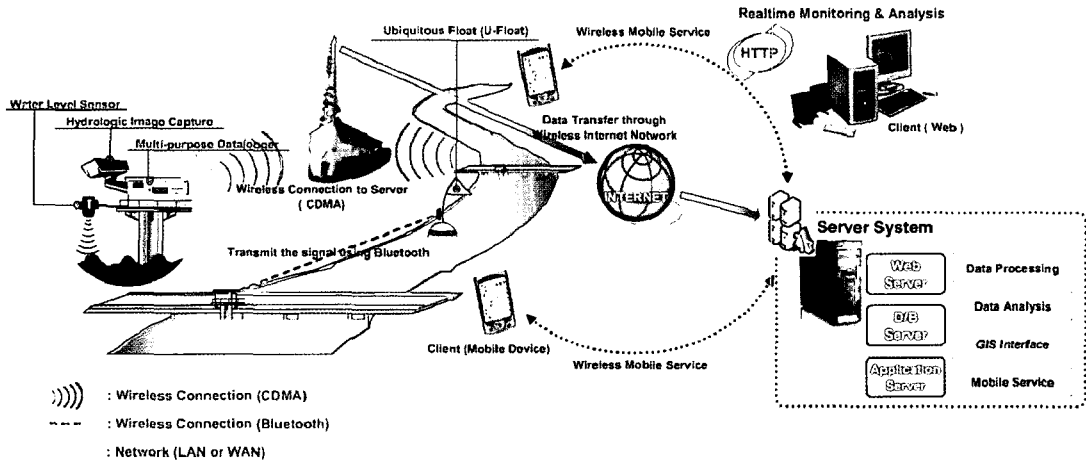
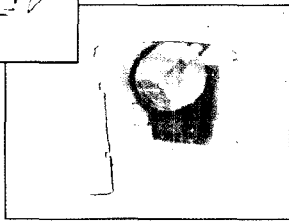
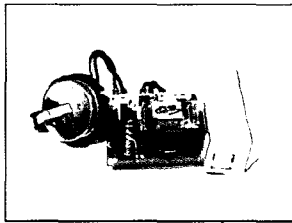
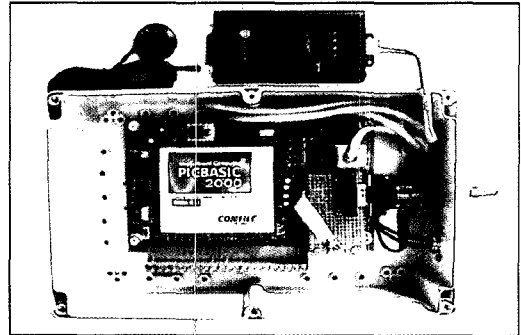


그림 2. Ubiquitous Floater를 이용한 하천유속 계측 시스템



(a) 블루투스 floater



(b) 블루투스 신호수신기

그림 3. Ubiquitous floater와 신호수신기

기 위해, 유비쿼터스 관련 기술을 이용하여 보다 편리하고 신속하며 정확한 하천유속 자료를 획득하고자 개발된 것이다. 전체적인 작동개념은 기존의 봉부자를 이용한 측정방법과 거의 유사하다. 블루투스 무선 통신이 가능한 부자를 기존의 봉부자 대신 하천에 투하하면, 부자는 블루투스 무선 신호를 발생시키면서 하천의 흐름을 따라 흘러가게 된다. 그리고 기존의 봉부자 계측인원을 대신하는 블루투스 신호 수신기를 2개 이상, 일정 간격으로 적절한 위치에 미리 설치한다. 수신기에 부착된 로거는 투하된 floater가 각 위

치의 수신기를 지나는 순간의 시간과 floater의 고유 ID를 기록한다. 따라서 두 수신기 사이의 거리를 알고 floater가 감지된 시간을 알 수 있으므로 두 지점간의 유속을 산정할 수 있게 된다. 또한, 두 수신기는 무선 인터넷이 가능하도록 CDMA 무선 통신모듈을 장착하여, floater의 각 ID와 그 감지 시간을 서버 컴퓨터로 자동 전송하고, 서버 컴퓨터는 위와 같은 계산을 수행하여 두 지점간의 평균 유속을 구한 뒤 GIS 상에 위치를 나타내게 된다. 또한 하천의 단면 자료가 주어지고 수위의 측정이 가능하다면 즉시 유량이

계산될 수 있다. Ubiquitous floater와 신호수신기를 그림 3에 제시하였다.

#### 4. GIS 시스템의 개발

GIS는 컴퓨터를 기반으로 한 지리정보의 효율적 생성과 저장 및 분석을 위한 시스템이다. 지리정보는 도형정보와 속성정보의 두 가지로 구분될 수 있다. 이 중 도형정보는 공간객체의 형상을 2차원의 공간좌표 X, Y 혹은 3차원 공간좌표 X, Y, Z로 표현하여 시각적인 판단의 근거를 제공하고, 속성정보는 도형정보와 같이 시각적인 형태를 갖지는 않으나 지리적 객체와 연관된 다양한 관련 정보를 나타낸다. 도형정보와 속성정보는 공간상에 존재하는 모든 객체에 의해 발생하는 정보이므로 통칭하여 공간정보라 부르는데 GIS 시스템에서는 공간정보의 구축이 시스템 구성의 핵심이다.

도시 소하천 유역으로 경기도 성남시를 통과하는 탄천 유역의 도형정보와 속성정보를 구축하고 이를 데스크탑 GIS Tool인 ESRI사의 Arcview GIS 3.2를 이용하여 탄천 GIS시스템을 완성하였다. 탄천 GIS시

스템은 탄천 분류와 여러 지류, 탄천 유역, 그리고 한강을 나타내는 도형정보와 각각의 도형정보와 부합되는 속성정보로 구성되어 있다. 시스템 구축을 위해 탄천 유역을 포괄하는 축척 1:25,000의 수치지도를 사용하였으며 그림 4에 탄천 GIS 시스템을 제시하였다.

GIS 시스템에서는 Avenue를 사용하여 Ubiquitous floater로부터 계측된 자료를 분석, 처리하기 위한 스크립트를 구성하였다. Avenue는 Arcview GIS의 매크로 언어로서 사용자가 원하는 기능을 쉽게 설정할 수 있고, 프로그램의 기능을 추가하거나 삭제하여 특정 업무에 맞는 활용 프로그램 개발을 용이하게 한다. 아래와 같은 세 가지 기능의 Avenue 스크립트를 개발한 후 이를 프로그램 상에서 실행하기 위하여 세 개의 아이콘을 생성하였다. 세 개의 아이콘이 처리되는 과정은 다음과 같다.

- (1) RUN : Ubiquitous floater에서 계측된 자료의 위치정보를 GIS 시스템 상에 정확히 나타낼 수 있도록 한다.
- (2) NUMBERING : 계측된 여러 자료들의 계측 순서를 정확히 체크하여 순서대로 일련의 번호를 부여하는 작업을 수행한다.

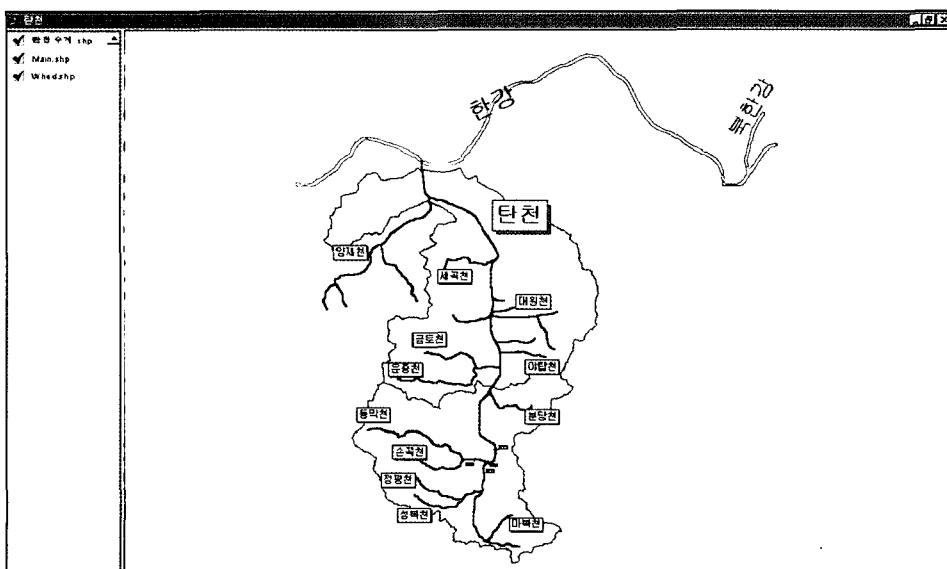


그림 4. 탄천 GIS 시스템

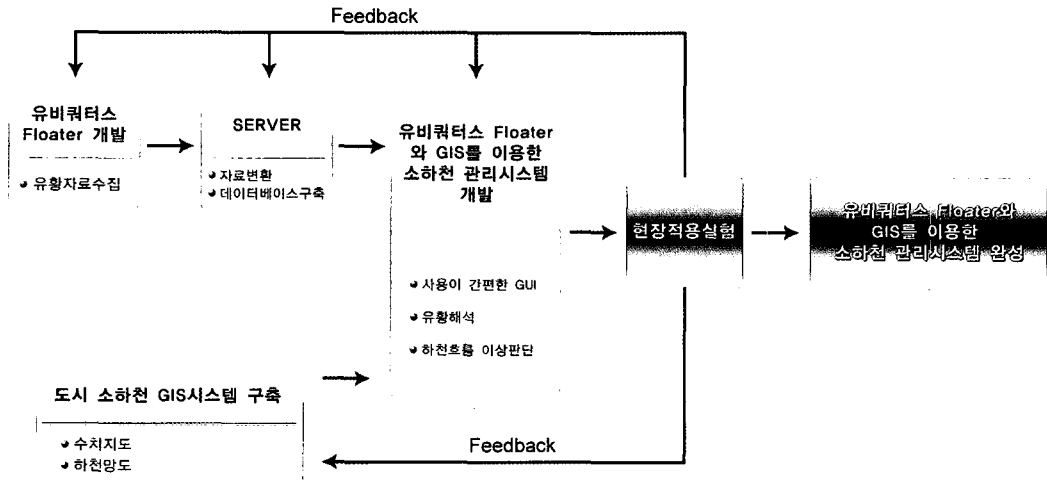


그림 5. Ubiquitous floater와 GIS를 이용한 소하천 관리시스템 개발 흐름도

(3) CHART : 계측된 하천 특성 값들을 한눈에 파악하여 이상 유무를 판단할 수 있는 그래프를 생성한다.

이상과 같은 Ubiquitous floater와 GIS를 이용한 소하천 관리시스템 개발 흐름도를 나타내면 다음 그림 5와 같다.

### 5. 결론

완성된 시스템은 기존의 하천유속 관측방법에 비하여 다음과 같은 효과를 기대할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

첫째, ubiquitous 관련 기술(Bluetooth, CDMA 및 Web & Mobile 등) 등 첨단화된 기술이 수공학 분야에 좀 더 활발히 적용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 Bluetooth 등이 급속히 발전하고 상용화됨에 따라 지속적으로 floater의 가격이 저렴해져 시간이 지날수록 경제적인 하천유황 모니터링이 가능해 질 것으로 예상된다.

둘째, 하천유황 자료의 정확도 및 신뢰도가 향상된다. 관측된 자료는 자동으로 CDMA 무선 인터넷 통신

을 이용하여 서버로 전송되므로 사람이 수동으로 입력하여 생기는 오류를 없앨 수 있다. ubiquitous floater의 신호 수신기의 경우 항상 GPS Time(표준시간)을 사용하기 때문에 기존의 관측자가 스톱워치를 이용하여 기록하는 방법보다 정확도를 향상시킬 수 있다.

셋째, ubiquitous floater는 편리성 및 경제성 측면에서 장점을 가지고 있다. 즉, 기존의 고정적인 현장 계측 시스템에 이동성을 부여하여 보다 효율적이고 안정적이며 경제적인 하천유황 모니터링이 가능해진다. 경제적인 근거리 무선통신(Bluetooth)과 광역통신망(CDMA) 통신을 이용하여 자료의 송수신이 가능하다. 또한, 하천 유량 자료를 획득하기 위한 인력의 수요를 최소 1인으로 줄일 수 있고, Bluetooth 신호감지를 통해 유속측정이 이루어지므로 야간에도 측정이 쉽게 이루어질 수 있다. 향후 관측된 수위값에 따라 자동으로 유비쿼터스가 투하되는 시스템을 개발하면 전 자동화된 무인 하천유황 모니터링 시스템으로 발전할 수 있을 것이다.

넷째, GIS의 이용으로 공학적 지식이 부족한 사람도 쉽게 하천의 흐름 상태를 파악할 수 있다. 자신의 PC에서 인터넷을 통해 실시간으로 원거리에 위치한 소하천 유역의 현장 정보를 획득하여 활용할 수 있을 것으로 기대된다.