

# Ubiquitous Floater를 이용한 도시 배수 관리 시스템

## Urban Runoff Management System Using Ubiquitous Floater

이재응\* / 최창원\*\*  
Yi, Jaeeung / Choi, Changwon

### 요 지

최근 이상기후현상으로 인한 가뭄과 홍수의 빈번한 발생으로 인해 인명 및 재산피해가 증대되고 있다. 특히 도시지역에서의 홍수 피해가 심각한 상황이다. 도시지역에서는 불투수 면적의 증가로 우수 유출량의 대부분을 배수관망에 의존하고 있다. 그럼에도 불구하고 현재 배수관거에 대한 관리의 미흡한 실정으로 노후되거나 부실한 배수관을 통해 토양으로 누수되거나, 관로 내에 누적된 퇴적물로 인한 관경의 축소 등으로 인해 우수가 원활하게 배제되지 못하고 지체되면서 인근지역의 침수피해를 증가시키고 있다. 이러한 피해를 경감시키기 위해서 지속적이고 신뢰성 있는 배수관 내 유황자료의 획득이 시급한 상황이다. 그러나 현재 수집되고 있는 도시지역의 배수 자료는 하천유황자료에 편중되어있으며, 배수관망 자료는 배수관망 내 유황자료의 획득이 어렵고, 배수관망 내에서 흐름의 경로 파악이 불가능하다는 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 도시 배수관망에 대한 지리정보시스템의 자료와 ubiquitous floater로부터 획득한 유황자료를 결합하여 도시 배수 관리 시스템을 구축하는 것에 목적을 두었다. 도시 배수 관리 시스템에서는 bluetooth 무선통신 기술을 이용한 ubiquitous floater를 사용하여 배수관망 내의 유속과 흐름 경로를 측정하고, 측정된 실시간 수문자료는 CDMA 무선통신모듈을 이용하여 server 컴퓨터에 전송된다. 수집된 자료는 대상유역의 지리정보시스템의 자료와 결합하여 도시 배수 관리 시스템으로 구축된다. 도시 배수 관리 시스템은 관리자가 배수관의 특성을 파악하고 문제발생시 신속하게 조치할 수 있게 도움을 줄 수 있으며, 전문적인 지식이 없는 누구나(whoever), 언제(whenever), 어디서(whenever)든 PC 앞에서 원거리에 위치한 도시 배수관망 내의 흐름 경로를 파악하고 관망 내 흐름의 현황을 파악할 수 있다.

**핵심용어** : 도시 배수 관리 시스템, ubiquitous, bluetooth, CDMA

## 1. 서론

최근 이상기후현상으로 인한 가뭄과 홍수의 빈번한 발생으로 인해 인명 및 재산피해가 증대되고 있다. 특히 도시지역에서의 홍수 피해가 심각한 상황이다. 도시지역에서는 불투수 면적의 증가로 우수유출량의 대부분을 배수관망에 의존하고 있다. 그럼에도 불구하고 현재 우리나라의 하수 관리는 하수처리사업에 편중되어 있어서 배수관거에 대한 관리의 미흡한 실정이다. 이로 인해 노후되거나 부실한 배수관을 통해 토양으로 누수되거나, 관로 내에 누적된 퇴적물로 인한 관경의 축소 등으로 인해 우수가 원활하게 배제되지 못하고 지체되면서 인근지역의 침수피해를 증가시키고 있다. 이러한 피해를 경감시키기 위해서 지속적이고 신뢰성 있는 배수관 내 유황자료의 획득이 시급한 상황이다.

최근 GIS와 ubiquitous와 같은 신기술을 이용하여 수문자료를 분석하려는 연구가 다양하게 진행되고 있다. 국내에서는 김치영 등(2007)은 전자부자와 GPS를 이용하여 유량을 측정하였고, 이재응, 지정원(2007)은 GIS와 ubiquitous floater를 도시하천유역에 적용하여 유속을 측정하였다.

\* 아주대학교 공과대학 건설교통공학과 부교수

Associate Prof., Dept. of Civil & Transportation Engrg., Ajou Univ., Suwon 422-749, Korea (jeyi@ajou.ac.kr)

\*\* 아주대학교 대학원 건설교통공학과 석사과정

Research Assistant, Dept. of Civil & Transportation Engrg., Ajou Univ., Suwon 442-749, Korea (itsme99@ajou.ac.kr)

본 연구에서는 도시 내배수 시스템에 대한 지리정보시스템의 자료와 ubiquitous floater로부터 획득한 유험자료를 결합하여 언제(whenever), 어디서(wherever), 누구나(whoever), PC 앞에서 원거리에 위치한 도시 배수관망 내의 흐름 경로를 정확하게 파악하고 관망 내 흐름의 이상을 신속하고 정확하게 파악할 수 있는 도시 내배수 관리 시스템의 개발을 목표로 하였다.

## 2. 도시 내배수 관리시스템

### 2.1 도시 내배수 관리시스템의 개발 개요

내배수 관망의 유험자료를 얻기 위해서 도시 내배수 시스템의 GIS를 구축하고 내배수 관망을 따라 이동하는 ubiquitous Floater로부터 획득한 자료를 GIS상에 구현할 수 있는 시스템을 개발하여 사용자가 쉽게 접근할 수 있도록 서비스 하는데 목적을 두었다.

### 2.2 ubiquitous floater

본 연구에 사용하는 ubiquitous floater는 이재웅, 지정원(2007)에 의해 도시 소하천 관리 시스템 개발 연구에 사용했던 floater를 수정 보완하여 사용하였다. floater와 수신기를 소하천 유역에서 사용할 경우 floater와 수신기 사이에 전파를 가로막는 장애물이 없기 때문에 floater와 수신기 사이의 거리만을 고려하여 floater의 bluetooth 칩을 최적화하고 수신기를 설치했다. 그렇지만 내배수 시스템 내에서 floater를 사용할 경우 수신기의 유지 보수 및 관리를 위해 수신기의 설치 지점이 맨홀 설치 부로 한정되어있고, floater가 관망을 통해 이동하는 동안은 관 벽에 의해 신호가 차단되는 등의 제약조건이 존재 하여 기존의 장비와 방법을 그대로 사용할 수 없을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 수차례의 현장 적용 실험을 통해 내배수 시스템에 사용할 수 있도록 floater를 수정 제작하고, 수신기의 설치방식을 다양하게 변화하여 연구를 실시하였다.

### 2.3 시험 소배수 구역의 선정

ubiquitous floater와 도시 내배수 관리 시스템의 적용성을 시험하고 floater의 성능을 수정 보완하기 위한 실험을 수행하기 적절한 시험 소배수 구역을 선정하였다. 현재 지하에 매설된 구조물에 대한 GIS 자료를 여러 분야에서 사용하고 있지만 원시자료를 그대로 획득하여 연구에 사용기는 어려운 상황이다. 또 일정강도 이상의 집중호우 발생시 짧은 시간 안에 실험을 실시해야 우수한 자료를 얻을 수 있다. 위와 같은 연구의 특성을 고려하여 자료의 획득과 자료의 변형이 용이하고 접근성이 우수한 시험구역(그림 1)을 선정하여 연구를 수행하였다. 시험 소배수 구역은 첫째, 배수관망이 복잡하지 않고 직선형인 지역, 둘째, floater의 투입과 수거가 비교적 용이한 지역, 셋째, 맨홀의 위치가 receiver의 설치 및 관리가 용이한 지역을 중심으로 소배수 구역을 선정하였다. 그리고 불투수 면적 비율이 높아 유출 시간이 짧은 도시 지역의 특성상, 일정한 강도이상의 강우 강도를 가지는 집중 호우 발생시 단시간 내에 현장실험을 실시하여야 하기 때문에 접근성이 높은 지역을 선정하는 것을 시험구역 선정에 가장 우선순위에 두었다.

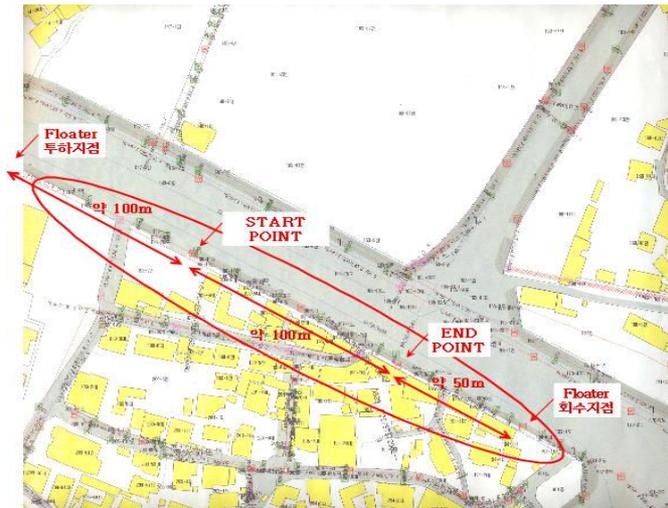


그림 1. 시험 소배수 구역

## 3. 현장 적용 실험

### 3.1 기존 floater를 사용한 실험

실험 전 수차례의 답사 결과 시험 소배수 구역에서는 상당한 강도의 강우가 발생하지 않을 경우 배수관 내 유량 및 유속은 그다지 증가하지 않음을 알 수 있었고, 시험 구역의 내배수 관망을 조사해본 결과 관로 곳곳에 토사가 퇴적되어 있어서 높은 강도의 강우가 발생하지 않을 경우 퇴적물로 인해 floater가 흘러가기 어려운 상황이었다. 따라서 충분한 강도의 강우가 발생하는 시간에 맞춰 실험을 실시하는 것으로 계획했으나 실험을 실시한 구역에서의 2007년 강우 형태가 전형적인 국지성 집중호우의 양상을 띠고 있었기 때문에, 시험 시간을 정확히 맞추는 데에 어려움이 있었다.

기존의 floater를 사용하여 현장 적용성을 검사하기 위한 실험은 실험 당일 정오경에 가장 많은 강우가 발생했지만, 실험 장소에서 실험 장비를 설치한 시각은 16시 경이었다. 따라서 충분한 강도의 강우가 발생하지 못한 시점에서 실험을 실시하게 되었다. 기존 floater를 사용한 실험을 통해 기존의 floater의 문제점인 누수 문제와 비중이 무거운 점 등을 파악하여 기존 floater를 내배수 관망에 적용할 수 있도록 보완하였다. 또한 receiver의 설치 위치로 인해 floater의 신호를 잘 잡아내지 못하는 문제점 등도 보완하여 본 실험에 적용할 수 있었다.

### 3.2 보완된 floater를 사용한 실험

기존의 floater를 사용하여 실시한 적용성 실험을 바탕으로 floater를 보완하여 2007년 9월 18일 추가 실험을 실시하였다. 보완된 floater를 이용한 실험은 2007년 9월 18일 오전 10시~12시 사이에 실시하였다. 표 1과 같이 실험 당일 오전 9시 경에는 시간 강우 11mm 정도의 강한 강도의 강우가 내렸으나 실험을 실시한 오전 10시 이후에는 시간 강우 8mm 11시 이후에는 약 4mm 정도로 다소 줄어든 상태에서 실험을 진행하였다.

표 1. 수원시 권선구 강우관측소 9월 18일 시간 강우량 자료

9월 18일 강우량 (일강우량 31.5) 단위:mm								
관측시간	06	07	08	09	10	11	12	13
시간강우량	0	4.5	11.0	6.0	5.0	4.5	0.5	

적용성 검토를 위한 실험을 통해서 얻어진 결과를 바탕으로 기존의 floater를 보완하여 그림 4와 같은 floater를 제작하였다. 새로운 floater는 기존의 큰 floater에서와는 달리 bluetooth 칩(가로, 세로 각각 2cm)과 소형의 배터리 부분(지름 2.5cm)이 같이 붙어있는 형태이다. 기존의 floater에 비해 중량 면에서도 상당히 경량화 되었다. 앞의 실험에 토사가 쌓인 배수관 속을 지나기 위해서는 크기나 무게도 중요하지만 부력도 중요한 요소로 작용한다고 판단되어 floater 칩을 500ml 생수통에 넣어서 본 실험에 사용하였다.



그림 2. 기존의 floater



그림 3. 수정된 floater

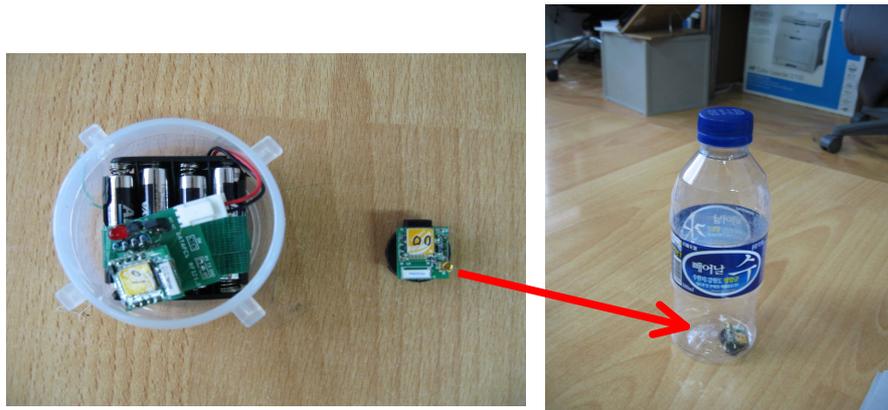


그림 4. 보완된 floater

본 실험에서는 floater 투하지점에서 10분의 시간동안 4개의 floater를 투하하였다. 투하한 floater 모두 회수지점까지 통과하였고, 4개의 floater 중 2개의 floater가 receiver에 감지되어 표 2와 같이 유속을 측정할 수 있었다.

표 2. 유속 측정 결과

	Start point 통과 시각	End point 통과 시각	걸린 시간	유속
float 01	10:49:01	11:07:12	18분 11초	0.092 m/s
float 02	10:50:58	10:58:53	7분 55초	0.21 m/s

### 3.3 결과

본 실험에서는 4개의 floater를 투하하여 2개의 floater에서 발생한 자료를 얻을 수 있었다. 표 2에 나타난 것과 같이 <float 01>의 경우 두 개의 receiver 설치 구간을 통과하는데 18분 11초가 소요되었고, <float 02>의 경우 동일한 구간을 통과하는데 7분 55초의 시간이 소요되었다. 그러나 표에 나타난 바와 같이 <float 01>이 start point를 먼저 통과했음에도 불구하고 end point를 <float 02>보다 늦게 통과한 것으로 보아 관측 지점 사이에서 토사 등의 퇴적물에 의해 상당시간 정지되어있었던 것으로 판단된다. 따라서 시험 소배수지역의 9월 18일 11시 경 배수관망내 유속은 0.21m/s 인 것으로 추정된다. 본 실험에서는 유속계 등의 검증된 계측기를 통한 유속 측정 과정이 없었기 때문에 실제 관망내 유속을 알 수 없었다. 이후 추가적으로 실시하는 실험에서 유속계와 floater를 이용한 두 가지 유속측정을 동시에 실시할 경우 floater로 측정한 유속에 대한 보정 계수를 구할 수 있을 것으로 판단된다.

보완된 floater의 경우 기존의 floater보다 내배수 시스템에 적합하도록 상당히 개선된 상태이지만 이후 실험을 통해서 더 우수한 결과를 얻을 수 있는 용기의 형태를 결정할 필요가 있다. 또, 이후 실험에서는 일정한 간격으로 많은 수의 floater를 투하한다면 좀 더 양호한 관측 결과를 얻을 수 있을 것으로 보인다. 또, 본 실험은 이전의 실험 때보다 강우 발생으로부터 실험 시작까지의 시간이 짧았음에도 불구하고 당일 최대 강우강도에서는 실험을 실시하지 못하였다. 이후 현장에 receiver를 장기적으로 설치하고 원거리에서 원격으로 floater를 투하하는 시스템이 갖추어진다면, 각 강우에 따른 우수한 수준의 내배수관망의 유황자료를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

## 4. GUI의 개발

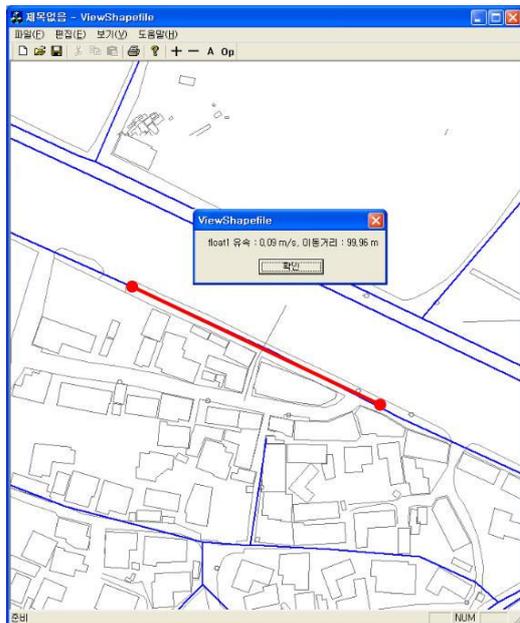


그림 5. 유속의 측정

본 연구에 필요한 GUI는 도시하천 관리 시스템의 개발 (이재웅, 지정원 ;2007)에서 사용한 GUI와 유사한 논리가 적용된다고 판단하여 기존의 GUI의 기능을 수정 보완하여 사용하였다. 기존의 GUI에서는 하천단면 자료를 입력하여 사용하였으나 본 연구에서는 지하에 매설되어있는 관의 단면 형상과 수심을 통해 배수관내의 유량을 측정할 수 있는 알고리즘을 작성하여 적용하였다.

본 실험 결과는 GUI를 통해 그림 5와 같은 형태로 측정 한 유속을 보여주고, 관경과 수심을 입력하면 그림 6과 같은 유량을 산정하여 나타내준다.



그림 6. 계산된 유량

## 5. 결론

본 연구에서는 ubiquitous floater를 내배수 관망에 투하하여 배수관망내의 유속, 흐름경로 등의 유황을 측정하였다. floater로 측정된 자료는 receiver를 통해 서버로 전송되고, 연산과정을 통해 유속, 유량, 측정 위치 등의 정보를 GUI를 통해 원거리에 위치한 사용자가 쉽게 확인 할 수 있는 내배수 관리시스템을 개발 하였다. 이번 연구를 통해 개발된 Ubiquitous Floater를 이용한 도시 내배수 관리시스템은 지금까지 측정할 수 없었던 내배수관망에 대한 실시간 상황을 누구나, 언제, 어디서나 파악하고 관리 할 수 있도록 도움을 줄 수 있는 결과물이라 생각된다. 기존의 배수관망 관리에서 내배수관의 문제가 발생하여도 조기에 파악하지 못하고 배수관이 노후하여 누수가 발생하거나 누적된 토사로 인해서 집중호우 발생시 침수피해가 발생한 후에나 문제를 파악 할 수 있었던데 비해 본 연구에서는 ubiquitous floater를 이용하여 배수관망의 유황을 실시간 파악함으로써 배수관 내의 이상이 발생할 경우 피해가 발생하기 이전에 미리 조치할 수 있다는 점에서 내배수 시스템 관리에 유용하게 사용될 수 있다.

그러나 현재의 시스템에서는 내배수 관망의 관경이나 매설 심도와 같은 자료를 직접 입력 해야하고, 관망에 대한 지표면으로부터 수표면까지의 깊이를 직접측정한 후 입력하여야 유량을 구할 수 있는 번거로움이 있다. 이를 해결 하기 위해서 각 receiver에서 수면까지의 거리 혹은 수심을 측정할 수 있도록 하는 기능을 추가하고, 관망의 속성정보를 찾아 스스로 연산 할 수 있는 연산기능이 추가된다면 더욱 완성도 높은 시스템이 구축될 것이라 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한구건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03-산학연C03-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

## 참고 문헌

1. 김치영, 김원, 김동구, 이찬주 (2007). “전자부자 개발.” 2007년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회. pp.508-512.
2. 이재웅, 지정원 (2007). “Ubiquitous Floater와 GIS를 활용한 도시하천 유속계측 시스템 개발.” 2007년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회. pp.214-218.