

설마천 시험유역의 실시간 우량-수위 관측시스템

정성원¹⁾, 이종국²⁾, 김동필³⁾, 조현우⁴⁾

1. 서론

수문자료는 상당한 투자와 노력을 필요로 하지만 이에 대한 인식과 노력의 부족으로 양질의 수문자료는 절대적으로 부족한 실정입니다. 각종 수문 관련 연구와 설계 등에 많은 어려움을 겪고 있습니다. 이를 극복하기 위한 다양한 노력 중에 하나가 설마천 시험유역의 운영이며, 설마천 시험유역은 장기간의 운영을 통해 고품질의 다양한 수리·수문자료를 확보하는 것을 주요 목표로 하고 있습니다. 설마천 시험유역은 1995년부터 한국건설기술연구원에서 운영하고 있는 시험유역으로 임진강 제1지류인 설마천의 중상류 유역입니다. 설마천 시험유역의 운영을 통해 수문관측기술의 축적, 관측 기종별 비교검토, 고품질 수문자료의 생성, 산지 소하천의 유출특성 분석 등을 수행하고 있습니다.

설마천 시험유역에는 우량관측소 6개소, 수위관측소 2개소 및 기상관측소 1개소가 설치되어 운영되고 있습니다. 그 동안의 운영 경험을 살려 2001년에는 기존의 관측지점에 자료를 무선 인터넷으로 전송하는 관측장비를 추가로 설치하여 실시간으로 확인할 수 있는 우량-수위 관측시스템을 구축하였습니다. 이는 PCS 이동통신을 근간으로 하는 무선 인터넷을 이용한 실시간 모니터링 시스템입니다. 본 논문에서는 설마천 시험유역의 실시간 우량 및 수위 관측시스템의 구축과 활용성과를 소개하고자 합니다.

2. 유역 개요

설마천 시험유역은 경기도 파주시 적성면 설마리의 설마천 중류부에 위치한 영국군 전적비교를 출구로 하는 설마천 중상류 유역으로 유역면적 8.5km², 유로연장 5.8km, 유로경사 2.3%입니다. 설마천은 전형적인 급경사 산지 사행하천이며, 하천형태는 수지상에 직각상이 결합된 형태를 보입니다. 그림 1은 유역도와 수문관측소를 나타내고 있으며, 표 1은 수위관측소를 기준으로 한 소유역별 지형특성인자를 나타내고 있습니다. 시험유역의 지질학적 형상은 작은 절리가 많이 발달되어 있고, 염리의 절리로 작용하는 지질구조상 초기 강우시에는 하천의 수위에 큰 변화를 보이지 않다가 파쇄대를 채우고 난 이후에 하천의 수위가 급격히 증가하는 양상을 보입니다.

설마천 시험유역에는 6개 우량관측소, 2개 수위관측소 및 1개 기상관측소가 설치되어 운영되고 있습니다. 일상적인 관측기기의 유지관리와 수문기상관측 및 관측자료의 검토 등 일련의 수문관측 및 자료처리 과정을 통해 고품질의 지점우량(6지점), 수위(2지점), 유량측정성과(2지점), 수질(2지점, 5종), 기상자료(1지점, 11종), 유역평균우량(2개소) 및 유량(2개소) 자료를 10분 단위로 생성하고 있습니다. 시험유역의 운영을 통해 확보된 관측자료와 강우-유출자료는 각종 수문 관련 연구에 활용될 수 있도록 한국건설기술연구원에서 운영하는 수문 D/B에 등록되어 있으며, 홈페이지를 통해 신청하면 바로 일반에게 제공되고 있습니다.

1) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원 (E-mail: swjung@kict.re.kr)
2) (주)데이터피씨에스 대표이사 (E-mail: jklee@datapcs.co.kr)
3) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원 (E-mail: dpkim@kict.re.kr)
4) (주)데이터피씨에스 대리 (E-mail: tigris@datapcs.co.kr)

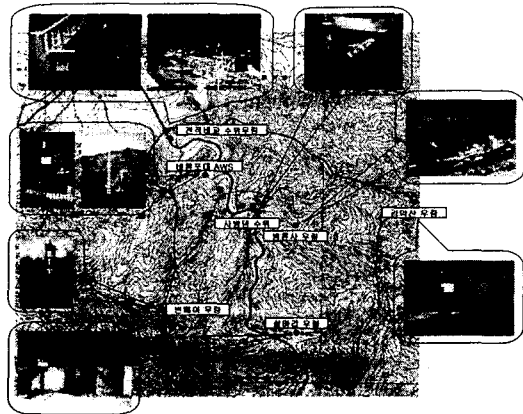


그림 1. 설마천 시험구역 유역도

표 1. 설마천 시험구역의 지형특성인자

구분 \ 소구역	사방댐	전적비교	하구	비고
유역면적	5.08	8.50	18.5	A=km ²
본류 유로연장	3.10	5.80	11.3	L=km
본지류 유로연장	5.76	8.80	-	L'=km
유역의 중심장	1.55	3.61	-	km
유역 평균폭	1.64	1.47	1.64	A/L=km
형상계수	0.53	0.25	0.15	A/L ²
하천밀도	6.53	9.11	-	L ² /A
유역 평균경사	19	20	-	%
유로경사	2.6	2.3	-	%

3. 시스템 구성

3.1 시스템 개요

설마천 시험구역의 실시간 우량-수위 관측시스템은 PCS 이동통신을 근간으로 하는 무선 인터넷을 이용한 실시간 모니터링 시스템이다. 관측시스템은 우량 및 수위 센서의 자료를 데이터로거 (TCP-RT200)에 저장하고, 저장된 데이터는 관리자가 정한 주기마다 무선 인터넷망을 이용하여 서버컴퓨터에 TCP/IP 프로토콜을 사용하여 전송하게 된다. 또한 현장 시스템의 제어(샘플링 주기, 전송 주기, 시스템 리셋, 서버컴퓨터 IP주소 설정 등)가 필요한 경우 관리자가 현장 시스템에 접속하여 제어할 수 있도록 양방향 통신이 가능하게 설계되어 있다. 서버컴퓨터로 전송된 자료는 D/B 구축과 인터넷 서비스는 물론, 개인 휴대폰으로 자료 확인이 가능하도록 단문서비스(SMS)와 무선 인터넷서비스(WAP)도 제공하게 된다. 이와 같은 시스템의 개념은 그림 2와 같다.

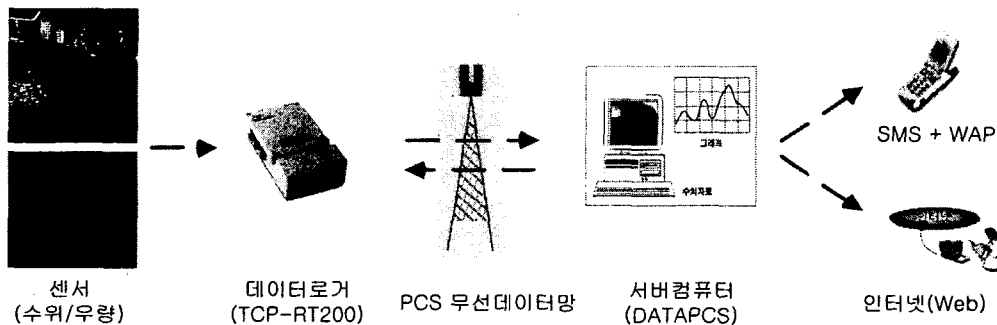


그림 2. 설마천 실시간 수위/우량 관측 시스템의 개념도

3.2 시스템 구성

설마천 시험구역의 실시간 우량-수위 관측시스템은 크게 센서와 데이터 로거 및 서버컴퓨터로 구성된다. 센서는 관측목적에 따라 초음파 수위센서와 전도식 강우센서가 사용되었다. 데이터로거

(TCP-RT200)는 각각의 센서들로부터 획득한 자료를 저장하고 무선 CDMA 모뎀을 내장하고 있어 서버컴퓨터로 실시간 자료전송 기능을 수행하며, 양방향 통신을 이용하여 시스템에 원격 접속하여 제어할 수 있다.

서버컴퓨터는 실시간 우량-수위 관측시스템의 자료 송·수신, DB 생성, Web 서비스 및 시스템 제어기능을 수행하며, 동시에 여러 지점의 자료를 수신할 수 있다. 현장에 설치된 실시간 관측시스템의 하드웨어 사양은 표 2와 같다.

표 2. 실시간 우량-수위 관측시스템의 구성

구 분	세 부 항 목	기 능
센 서	초음파 수위센서 (SLM1000, 0-12m) 전도식 강우센서(0.5mm)	우량 및 수위 자료 획득
실시간 데이터로거	TCP-RT200	센서에서 획득된 자료 저장 서버컴퓨터로 전송
서버용 컴퓨터	서버컴퓨터용 소프트웨어	시스템 제어 및 관리, DB 구축, 인터넷 서비스, mobile 서비스

3.3 실시간 자료 획득 및 시스템 운영

실시간 데이터로거(TCP-RT200)의 우량자료는 강우가 발생할 때마다 pulse 수를 감지하여 기록하고, 수위센서는 RS232 방식의 디지털 신호로 측정한다. 실제로 저장되는 설마천 시험구역의 자료는 통상 10분 간격으로 측정되고 실시간 time stamp와 함께 저장되도록 설계되어 있다. 측정 간격은 관리자가 언제라도 10분 이외의 임의의 간격으로 변경하여 샘플링을 수행할 수 있다.

하드웨어버퍼와 소프트웨어버퍼에 저장된 측정치는 정해진 샘플링 간격에 따라서 저장버퍼에 순차적으로 쌓이고 현재 관측값은 TCP-RT200의 LCD 패널이나 원격접속을 통하여 그 값을 확인할 수 있다. 보통 실시간 자료전송은 매 시간당 수행되기 때문에 통신사정을 고려하더라도 원활한 실시간 관측을 수행할 수 있다. 이러한 실시간 현장자료의 전송은 019PCS 무선망을 이용한 통신 방법으로 데이터피씨에스의 서버컴퓨터로 전송된다. 그리고 TCP-RT200의 실시간 클럭은 (주)데이터피씨에스의 특허출원기술로서 동시 다지점 실시간 측정시간 동기화기술을 사용하여 모든 측정치가 언제나 한국표준시에 정확히 일치하도록 자동 조정되며 정확한 시각에 계측 및 자료전송이 수행되므로 자료측정 품질을 대폭 향상시킬 수 있다.

그림 3은 윈도우 OS상에서 설마천의 모든 관측을 동시에 수행하는 수신 프로그램을 보여주고 있다. 설마천 실시간 우량-수위 관측시스템은 현장의 시스템에서 019PCS 무선망을 이용하여 중간 중계소 없이 수신서버까지 직접 자료가 전달되기 때문에 전화선이나 전용선 또는 기존 RF무선방식의 실시간 통신시스템에서 중계전송에 따르는 여러 문제점을 배제할 수 있다. 또한 인터넷의 특성상 현장에서 측정된 자료가 어느 곳으로도 즉시 전달될 수 있으며, 전송된 자료는 그림 4와 같이 자동 데이터베이스 구축 및 처리를 거쳐서 인터넷을 통하여 그 결과를 즉시 확인할 수 있다.

또한 설마천 실시간 우량-수위 관측시스템은 현장의 조회가 필요한 경우나 시스템의 작동상태를 점검할 필요가 있는 경우, 관리자가 필요에 따라 수시로 관측시스템에 접근하여 문제점을 살펴볼 수 있도록 양방향 통신이 항상 가능하다.

양방향 통신은 PCS 무선데이터 통신기능 중 MTOM(Mobile To Mobile) 통신과 SMS(Short Message Service)를 이용하여 사용자는 원하는 시각에 관측시스템으로 접근하여 현재의 관측치와 시스템의 상황을 파악하는 것이 가능하다. TCP-RT200을 이용하는 실시간 관측시스템의 통신단말기는 019PCS 이동통신 단말기로 모든 단말기에 고유의 전화번호가 부여되어 있다. 따라서 이동

통신에서 제공되는 다양한 통신서비스를 모두 이용할 수 있다. MTOM 통신은 컴퓨터와 연결된 통신모뎀을 통하여 주어진 전화번호로 모뎀접속을 하면 로그인 과정을 거쳐 시스템의 명령모드를 수행하여 즉시 현장 측정자료들을 확인할 수 있으며, 옵션 등의 기능을 이용하여 샘플링 주기, 전송 주기 및 기타 IP주소 변경 등을 할 수 있도록 되어 있다.

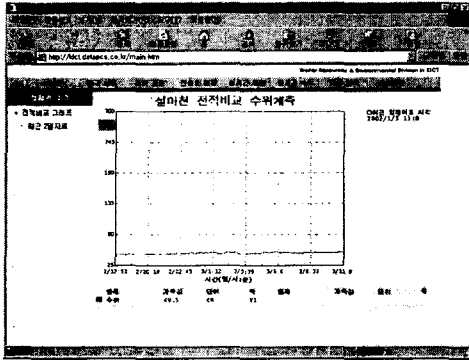


그림 3. 인터넷을 통한 자료정보 제공의 예

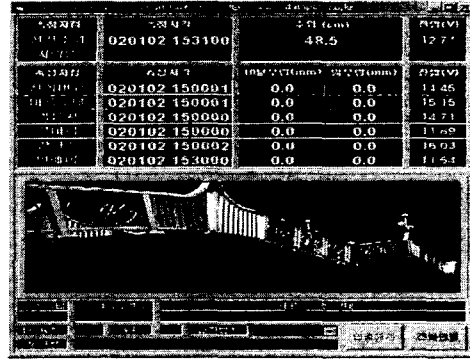


그림 4. 서버에서 가동중인 수신프로그램

SMS를 이용하는 기능은 사용자가 서버나 모뎀 그리고 인터넷이 불가능한 장소에서 현재의 관측값을 알고자 할 때 이용할 수 있는 기능이다. 구체적인 예를 들면 현재의 관측값을 알고자 할 때 휴대폰의 메시지를 그림 5와 같이 현장의 PCS 번호로 약속된 명령메시지를 송신하면 최근 관측자료를 자동으로 수신하여 확인할 수 있다.

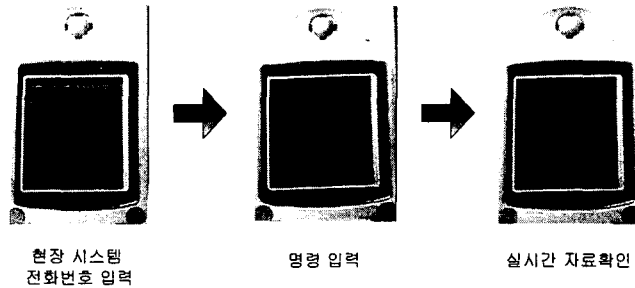


그림 5. SMS 기능의 실시간 원격조회기능의 예

MTOM 통신과 SMS 기능은 실시간 관측시스템의 관리자가 현재 상황을 즉시 파악할 필요가 있는 경우에 매우 편리한 기능으로 기타 무선통신방법, 즉 RF데이터통신, 위성통신 등에서는 불가능했던 방법으로 실시간 관측시스템의 장기적인 유지보수와 운영을 효과적으로 수행하는데 중요한 역할을 할 수 있는 기능이다.

새로운 이동통신 서비스인 WAP(Wireless Application Protocol) 서비스 기능은 무선 인터넷 단말기종의 성능에 따라 차이가 있을 수도 있지만 수많은 사용자가 동시에 무선으로 인터넷망에 접속할 수 있다는 장점을 이용하여 실시간 관측자료의 유용성을 획기적으로 제고한 기능이다. 즉 서버컴퓨터가 수신한 각종 자료를 WAP 서버를 이용하여 휴대폰으로 제공하기 때문에 언제 어디서든지 동시 다발적으로 실시간 관측자료의 조회 및 검색이 가능하게 되었다. 즉 설마천 현장에서 측정된 우량과 수위 관측자료는 현장에서 측정을 수행하는 연구원들뿐만 아니라 외부에 출장중인

모든 팀원과 자료에 관심이 있는 일반 사용자까지도 무선 인터넷을 통해 확인할 수 있으며 구체적인 방법은 다음과 같다.

휴대폰에서 인터넷에 접속한 후 북마크 등과 같은 웹페이지 검색창에 <http://m.datapcs.co.kr>의 URL을 입력하고 실시간 모니터링 서비스에 접속하여 현장시스템에서 측정된 실시간 자료를 즉시 확인할 수 있다. 그림 6은 이러한 과정을 실제로 도시한 것이며, 그림 7은 동시다발적으로 여러 명의 사용자가 설마천의 자료를 확인하는 모식도이다.

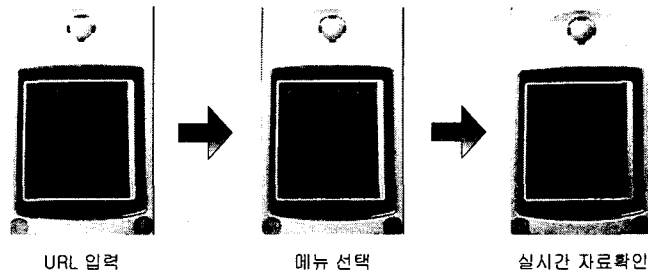


그림 6. 인터넷 무선단말기를 이용한 관측자료 조회

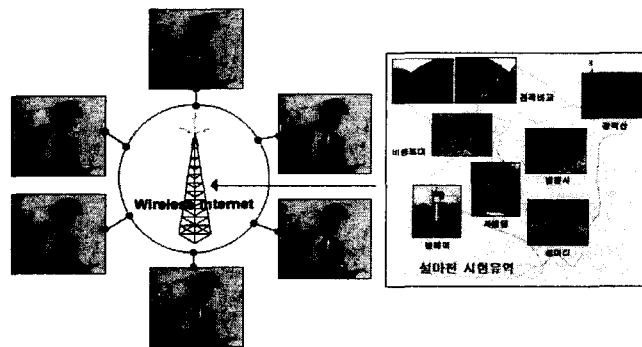
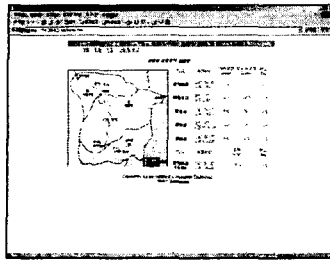


그림 7. WAP을 이용한 실시간 인터넷 조회

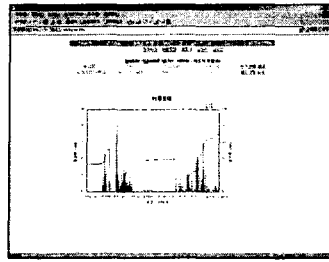
4. 설마천 홈페이지의 구성

1995년에 설마천 시험유역이 설치되어 그 동안 운영되어 오면서 적지 않은 수문자료가 축적되어 왔다. 올해에는 축적된 자료의 활용도를 높이기 위해 기존 자료를 모두 정리하였으며, 한국건설기술연구원에서 운영중인 수문 D/B에 자료를 등록하였다. 또한 지난 5월 시험유역에 실시간 관측기기를 설치함에 따라 우량 및 수위 자료를 실시간으로 제공하는 홈페이지(<http://kict.datapcs.co.kr>)를 구축하여 운영하여 왔다. 이 홈페이지에는 실시간 자료의 제공뿐만 아니라 연구사업, 유역 개요, 관측소 현황을 소개하는 메뉴를 포함하고 있으며, 게시판과 자료실 기능을 가지고 있다.

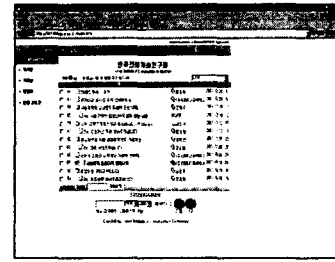
그림 8은 설마천 시험유역의 홈페이지의 주요 메뉴 화면을 나타낸 것으로 실시간으로 PCS를 통해 전송되는 우량과 수위 자료를 인터넷으로 바로 확인이 가능하므로 강우-유출 현황을 신속히 파악할 수 있다는 장점이 있다. 또한 홈페이지의 자료실에 본 연구의 주요 결과와 주요 호우사상에 대한 기본적인 분석들을 등록하여 일반인이 활용할 수 있도록 하였으며, 게시판을 통해 자료의 요청과 제공이 이루어지고 있다.



(1) 실시간 수문자료 현황



(2) 실시간 우량 도시



(3) 게시판

그림 8. 설마천 시험유역 홈페이지 주요 화면

5. 활용성과

설마천 시험유역에 실시간 우량-수위 관측시스템을 구축하여 운영한 결과, 수문관측 및 자료처리 과정에서 기존의 시스템과 달리 다음과 같은 장점을 얻을 수 있었다.

- 1) 우량 및 수위 관측 결과를 신속하게 언제 어디서든 파악할 수 있으므로 계측기기의 정상 작동 여부에 대한 신속한 판단과 용이한 유지관리가 가능해짐에 따라 자료의 결측 및 이상치를 최소화하여 자료의 정도를 대폭 향상
- 2) 현장의 강우-유출 현황을 신속히 파악함으로써 유량측정에 대한 신속한 대비를 통한 최대 및 최소 관측수위를 거의 포괄하는 유량측정성과의 확보
- 3) 인터넷과 핸드폰을 통한 실시간 자료 공개를 통한 자료의 원활한 공유 및 제공 체계 구축
- 4) 수문자료의 쌍방향 공유를 통한 수문자료의 정도 향상 및 활용도 제고

6. 결론

설마천 시험유역에 설치되어 운영되는 기존의 우량 및 수위 관측기기에 더해 2001년 4월 실시간 우량-수위 관측시스템을 구축하여 운영하였다. 운영 결과, 강우 및 유출 현황을 신속히 언제 어디서든 확인할 수 있게 됨에 따라 관측기기의 이상작동 여부를 신속하게 판단할 수 있어 보다 충실한 관측기기 유지관리가 가능하였으며, 이를 통해 자료 결측을 최소화할 수 있었다. 그리고 현장의 강우-유출 현황을 언제 어디서나 신속히 파악할 수 있게 됨에 따라 신속히 유량측정을 대비할 수 있어 최고수위와 최저수위에 가까운 유량측정성과를 확보함에 따라 유량 자료의 정도를 높일 수 있었다. 또한 실시간 관측장비로부터 전송되는 우량 및 수위 자료를 인터넷과 핸드폰을 통해 제공함으로써 설마천 시험유역의 강우-유출 현황의 신속한 파악뿐만 아니라 원시자료의 실시간 공개, 기존자료의 공개를 통해 설마천 시험유역의 각종 수문자료에 대한 자료 수요자와 공급자 간의 쌍방향 의사소통 구조가 이루어짐으로써 수문자료의 질을 높일 수 있는 기반으로 활용가능성을 보였으며, 또한 자료의 활용성을 높일 수 있었다.

참 고 문 헌

- 한국건설기술연구원(2001), 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구, 건기연 20001-083.
 (주)데이터피씨에스(2001), 특허 제0288738호, “자연환경 감시장치 및 방법”, 대한민국 특허청.