

영상을 이용한 실시간 하천수 사용량 수집시스템 개발

Development of Realtime River Water Use Monitoring System by Image

김치영*, 원유승**, 차준호***, 김원****

Chi Young Kim·Yoo Seung Won·Jun Ho Cha·Won Kim

요 지

국토해양부는 수자원 상황을 효율적으로 모니터링하기 위하여 하천수 관리자, 하천수 사용자 및 일반 국민에게 하천유량, 사용량 및 기타 수문정보를 실시간으로 제공할 수 있는 모니터링 시스템을 시범 구축하였다. 향후 유역 물수지, 하천갈수상황을 분석할 수 있는 시스템을 추가하여 전국의 하천유량을 실시간으로 모니터링하고 관리하기 위하여 실시간 물관리시스템 구축을 추진 중에 있다. 구축된 실시간 물관리 시스템의 효율적 운영을 위해서는 하천 유량 등 수문정보와 더불어 하천 취수량 정보가 필수적이다.

본 연구에서는 실시간 물관리의 핵심자료인 하천수사용량을 실시간 수집할 수 있는 『영상을 이용한 실시간 하천수사용량 수집시스템』을 개발하였다. 개발된 시스템은 유량계 혹은 전력량계를 통해 표출되는 관련정보를 CCTV 카메라로 촬영하여 영상을 취득하고, 문자인식 알고리즘을 활용 수치로 변환하여 사용량을 제공해 주는 시스템이다. 관리자는 영상을 촬영한 후 문자로 인식된 사용량 주서버에 전송하여 저장하기 때문에 사용량과 함께 현장상황을 확인할 수 있다. 개발한 시스템은 다양한 형태의 유량계, 전력량계로 구성되어 있는 계측시설에 대해 적용이 용이하고, 기존 유량계 등을 그대로 활용하여 자료를 수집할 수 있기 때문에 저비용으로 하천수사용량 자료를 수집·관리할 수 있다.

현재 국토해양부에서는 「하천법」에 근거하여 용도별 일정규모이상의 하천수사용자에 대해 일사용량을 월별로 수집하고 있으나, 자발적인 선사용 후보고 체계로 객관성확보가 어렵고 실시간 물관리를 위한 자료로 활용이 곤란한 상황이다. 그러나, 본 시스템을 통해 하천수사용량을 수집할 경우 실시간으로 수치화된 사용량과 영상자료가 전송되어 서버에 저장할 수 있어 객관성을 확보하고 활용도를 높일 수 있는 장점이 있다.

본 시스템은 한강 홍수통제소 관할 허가지점에 3개소, 금강 관할 허가지점에 1개소에 시험적용하여 평가한 결과, 저비용으로 하천수 취수량을 효과적으로 수집할 수 있는 것으로 평가되었다.

핵심용어 : 하천수 사용량, 실시간 물관리, 영상 기술

1. 서론

국토해양부는 수자원 상황을 효율적으로 모니터링하기 위하여 하천수 관리자, 하천수 사용자 및 일반 국민에게 하천유량, 사용량 및 기타 수문정보를 실시간으로 제공할 수 있는 모니터링 시스템을 시범 구축하였다. 향후 유역 물수지, 하천갈수상황을 분석할 수 있는 시스템을 추가하여 전국의 하천유량을 실시간으로 모니터링하고 관리하기 위하여 실시간 물관리시스템 구축을 추진 중에 있다. 구축된 실시간 물관리 시스템의 효율적 운영을 위해서는 하천 유량 등 수문정보와 더불어 하천 취수량 정보가 필수적이다.

본 연구에서는 실시간 물관리의 핵심자료인 하천수사용량을 실시간 수집할 수 있는 『영상을 이용한 실시간 하천수사용량 수집시스템』을 개발하였다. 개발된 시스템은 유량계 혹은 전력량계를 통해 표출되는 관련정보를 CCTV 카메라로 촬영하여 영상을 취득하고, 문자인식 알고리즘을 활용 수치로 변환하여 사용량을 제공

* 정회원 · 유량조사사업단 · E-mail : cy_kim@kict.re.kr
** 정회원 · 한강홍수통제소 하천정보센터 · E-mail : yswon@mltm.go.kr
*** 정회원 · 한강홍수통제소 하천정보센터 · E-mail : jhcha@mltm.go.kr
**** 정회원 · 한국건설기술연구원 하천·해안연구실 · E-mail : wonkim@kict.re.kr

해 주는 시스템이다. 관리자는 영상을 촬영한 후 문자로 인식된 사용량 주서버에 전송하여 저장하기 때문에 사용량과 함께 현장상황을 확인할 수 있다. 개발한 시스템은 다양한 형태의 유량계, 전력량계로 구성되어 있는 계측시설에 대해 적용이 용이하고, 기존 유량계 등을 그대로 활용하여 자료를 수집할 수 있기 때문에 저비용으로 하천수사용량 자료를 수집·관리할 수 있다.

현재 국토해양부에서는 「하천법」에 근거하여 용도별 일정규모이상의 하천수사용자에 대해 일사용량을 월별로 수집하고 있으나, 자발적인 선사용 후보고 체계로 객관성확보가 어렵고 실시간 물관리를 위한 자료로 활용이 곤란한 상황이다. 그러나, 본 시스템을 통해 하천수사용량을 수집할 경우 실시간으로 수치화된 사용량과 영상자료가 전송되어 서버에 저장할 수 있어 객관성을 확보하고 활용도를 높일 수 있는 장점이 있다.

2. 영상처리 기술을 이용한 하천수 사용량 수집 시스템 개발

2.1 개요

본 연구에서 개발한 “영상처리 기술을 이용한 하천수 사용량 수집 시스템”은 유량계 혹은 전력량계의 사용량 표출면을 CCTV 카메라로 촬영하여 영상을 취득하고, 문자인식 알고리즘을 활용 사용량을 수치 인식하는 시스템이다. 본 시스템은 그림 1에서 볼 수 있는 것과 같이 인식된 사용량과 촬영된 영상을 동시에 센터 서버에 전송하여 저장하기 때문에 항시 육안으로 사용량을 확인할 수 있다. 본 시스템을 통하여 수집된 하천수 사용량 자료는 하천수 사용 실적관리시스템에서 수집된 자료와 함께 실시간 물관리 시스템 운영을 위한 기본자료로 활용된다.

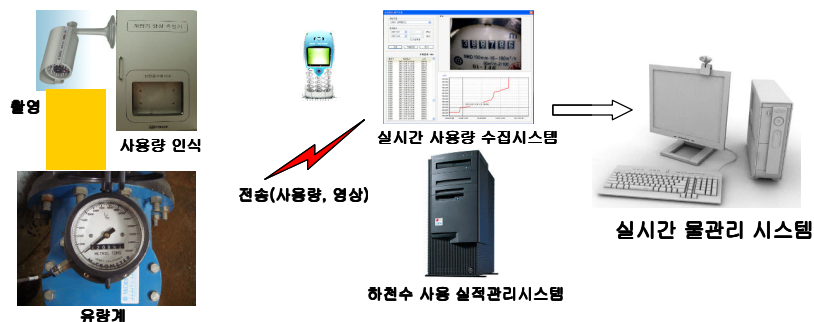


그림 1 영상처리 기술을 이용한 하천수 사용량 수집 시스템

2.2 측정원리

“영상처리 기술을 이용한 하천수 사용량 수집시스템”은 관유량계의 표출면을 영상으로 촬영하여 사용량을 인식하고, 사용량 수치값과 영상을 센터에 전송하는 시스템이다. 시스템의 측정원리는 아래와 같다.

① 정해진 시간에 유량계의 표출부 촬영(야간에는 LED 조명 활용)

② CCTV 카메라의 영상에서 유량계의 문자 영역의 캡처<그림 2의 (1) 참조>

③ 사전에 지정된 개별문자 문자영역 각 숫자의 경계로 지정<그림 2의 (2) 참조>

④ 사전에 지정된 숫자의 넓이, 높이 값을 이용하여 숫자 영역 지정(그림 2의 (3) 참조)

⑤ 지정된 영역을 캡처<그림 2의 (3)의 흰색 실선>

⑥ 학습에 이용한 숫자와 비교하여 오차율 평가<그림 2의 (4) 참조>



그림 2 측정 원리

- ⑦ 각 숫자의 경계 내에서 상하 좌우로 이동하여 ④ ~ ⑥의 과정 반복
- ⑧ 학습에 이용한 숫자와 비교하여 오차율이 가장 작은 값을 인식된 숫자로 확정
- ⑨ 확정된 숫자를 이용하여 하천수 사용량을 인식하고 수치와 모니터링 영상 센터 서버로 전송

2.3 시스템 구성

하천수 사용량 인식 장치는 그림 3에 보인바와 같이 유량계, 촬영부, 영상처리 및 제어부, 전송부 등 크게 4개 부분으로 구성되어 있다.

유량계는 일반적으로 터빈형, 전자기형, 초음파형이 있으며, 터빈형의 경우 가격이 저렴한 반면 디지털 표출장치를 포함하지 않는다. 반면 전자기형, 초음파형의 경우 디지털 표출장치를 포함하고 있어, 전송장치만을 추가할 경우 실시간 모니터링 시스템을 구성할 수 있다. 그러나 중·소규모의 취수장의 경우 비용문제로 대부분 터빈형을 사용하고 있는 실정이다. 따라서 터빈형의 경우 본 연구에서 개발한 시스템이 최적일 것으로 판단된다. 또한 디지털 표출 장치를 지니고 있는 유량계의 경우 디지털 신호를 처리하여 사용량을 실시간으로 모니터링 할 수 있다. 디지털 표출 장치를 지니고 있는 경우에도 본 연구에서 개발한 시스템을 활용할 경우 저렴한 비용으로 전송할 수 있고, 영상자료를 보관할 수 있기 때문에 사후 유량 검증 및 분쟁 발생시 근거 자료로 활용할 수 있는 장점을 지니고 있다.

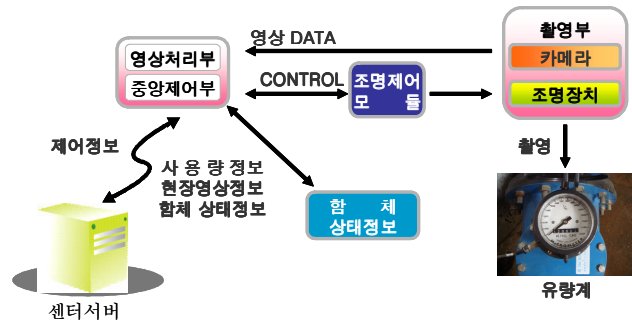


그림 3 시스템 구성

촬영부는 저비용의 CCTV용 카메라와 전력 소모가 작은 LED 조명으로 구성되어 있다. 비용절감을 위해 영상수위계용과 달리 Zoom 기능 등이 없는 카메라를 채택하였다. LED 조명은 제어부의 제어를 받아 조도가 낮은 경우 켜진다. 영상처리 및 제어부는 산업용 컴퓨터와 영상 인식 및 제어 프로그램으로 구성되어 있다. 영상인식부는 촬영된 영상을 캡처하여 사용량을 인식하는 기능을 담당하고, 제어부는 카메라, 조명, 합체상태, 전송을 제어한다. 전송부는 CDMA와 CDMA 제어 모듈로 구성되어 있다.

촬영부는 저비용의 CCTV용 카메라와 전력 소모가 작은 LED 조명으로 구성되어 있다. 비용절감을 위해 영상수위계용과 달리 Zoom 기능 등이 없는 카메라를 채택하였다. LED 조명은 제어부의 제어를 받아 조도가 낮은 경우 켜진다. 영상처리 및 제어부는 산업용 컴퓨터와 영상 인식 및 제어 프로그램으로 구성되어 있다. 영상인식부는 촬영된 영상을 캡처하여 사용량을 인식하는 기능을 담당하고, 제어부는 카메라, 조명, 합체상태, 전송을 제어한다. 전송부는 CDMA와 CDMA 제어 모듈로 구성되어 있다.

하천수 취수장에 설치되어 있는 유량계는 매우 다양한 형태를 띠고 있다. 따라서 본 연구에서 개발한 시스템 또한 매우 다양한 형태로 설치 가능하다. 그림 3은 일반적인 설치 형태를 나타낸 것이다. 관수로에 부착된 유량계 상단에 카메라와 조명을 배치하고 진동 방지를 위해 관수로에 인식 및 제어부와 전송부를 부착하는 형태이다.



그림 4 측정결과(사용량 및 사용량 표출면 영상)

2.4 측정 결과

“영상처리 기술을 이용한 하천수 사용량 수집 시스템”은 카메라로 사용량 표출면을 촬영하여 사용량을 인식하기 때문에 사용량 수치값 뿐만 아니라 사용량 표출면 영상을 동시에 보관할 수 있는 장점이 있다. 본 시스템에 의해 센터 서버에 전달되어 사용자에게 제공되는 결과는 그림 4에 보인바와 같이 사용량 값과 사용량 표출면의 영상이다.

3. 시험적용 결과분석

3.1 시험적용

본 연구에서 개발한 하천수 사용량 수집 시스템의 적용성을 분석하기 위해 한강유역에 중부화력발전소, 여주 백사 양수장, 일산 복합화력 행주 양수장, 금강 유역에 EN페이퍼에 시험적용하였다. 그림 5는 중부화력발전소 양수장에 설치한 시스템을 나타낸 것이다.



그림 5 유량계와 카메라 설치(중부화력)

한강 유역 중부 화력발전소는 터빈형 유량계로 사용량이 다이얼식 표시 형태이다. 따라서 다이얼식 표시형태에 맞춰 알고리즘을 구성하였다. 2007년 8월 21일 설치 이후 큰 문제점이 발생하지 않았지만 전송장치 운영에 있어 전파의 강도가 낮아 통신상 문제점이 다수 발생하는 것으로 평가되었다. 향후 전파 강도 확보를 위한 기지국 확보 등의 조치가 필요하다.

한강유역의 백사 양수장은 디지털 신호를 해석하여 LCD 화면에 문자형태로 유량값을 표출하는 형태이다. 이 시스템의 경우 디지털 신호를 해석해서 유량값을 추출할 수도 있겠으나 소요비용이 크고 일관된 적용을 위해 본 시스템을 적용하였다.

한강유역의 행주 양수장은 사용량 표출면이 세븐 세그먼트 형태이다. 백사 양수장과 마찬가지로 신호를 처리하여 수치값을 추출 전송할 수 있으나 시스템 형태별로 개발하는 경우 비용 소모가 크기 때문에 본 시스템을 적용하였다. 세븐 세그먼트 형태는 육안으로 보기에는 지속적으로 수치를 표시하고 있는 듯 보이나 각 수치 영역별로 점멸을 반복한다. 따라서 순간적으로 영상을 취득할 경우 일부 자리수에서 수치가 표시되지 않는 경우가 있어 수치인식을 하지 못하는 경우가 발생한다. 본 시스템에서는 영상을 수회 인식하여 각 자리수의 수치를 인식하고 이를 조합하여 사용량을 인식하는 알고리즘으로 수정하였다.

금강유역의 EN 페이퍼의 경우는 백사 양수장의 표출 형태와 유사하여 백사 양수장에 적용한 방식으로 적용하였다.

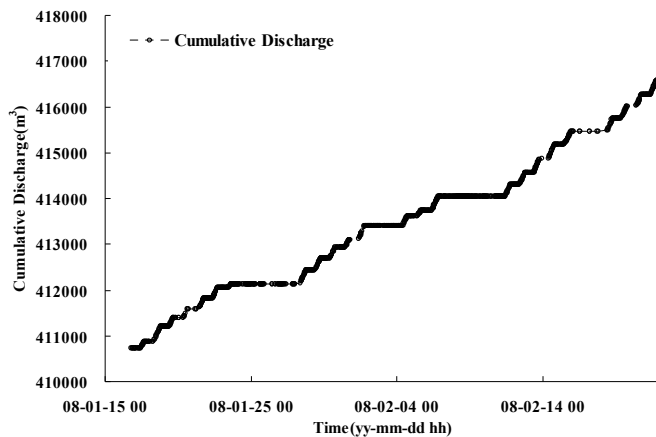


그림 6 하천수 사용량 측정 결과(중부화력발전소)

3.2 결과 분석

본 고에서는 2007년 8월 21일 이후 운영 중에 있는 중부 화력 발전소를 중심으로 운영결과를 분석하고자 한다. 중부 화력 발전소에서 측정된 결과의 한 예를 그림 6에 나타냈다.

(가) 측정 안정성

중부 화력 발전소에 설치된 유량계는 다이얼식이며, 빛 등 주변 여건이 측정에 장애로 작용하는 요소가 없다. 따라서 측정 자체에는 문제가 없으나 발전소 내부 지하 구조물에 유량계가 위치하고 있는 관계로 전파 신호 강도가 약해 전송에 다수 문제를 발생시키고 있다. 전송률을 조사한 결과 약 60% 내외의 전송률을 지니고 있다. 향후 기지국 설치 등 대책을 강구할 필요가 있다.

(나) 측정 정확성

수집된 자료의 경우 측정된 수치값과 촬영된 영상을 비교한 결과로 오차를 평가하였다. 영상을 이용하여 수치를 인식하는데 장애가 되는 요소가 거의 없기 때문에 인식률은 100%에 달했다. 더불어 본 시스템은 부득이한 사정으로 인식을 못하더라도 영상자료를 이용하여 사용량을 보완할 수 있는 장점이 있다.

(다) 효율성

본 시스템은 설치비를 제외하고 약 300만원대의 가격이기 때문에 저비용으로 하천수 사용량을 수집하고, 근거 영상을 확보할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 또한 전력량계, LCD 형태, 세븐 세그먼트 형태 등 육안으로 수치를 읽을 수 있는 장치에 모두 적용 가능하기 때문에 활용분야가 매우 크다고 할 수 있다.

3.3 문제점 및 개선 방안

본 연구에서 “영상처리 기술을 이용한 하천수 사용량 수집 시스템”을 개발하고 중부 화력 발전소 등 4개 지점에 적용하였다. 적용 결과 발생한 문제점은 다음과 같다.

먼저 중부 화력에 적용한 결과 본 시스템이 지하에 위치하고 있어, 무선 통신의 전파 강도를 확보하기 곤란하였다. 이로 인해 전송상 오류가 다수 발생하였다. 본 시스템의 개선을 위해 먼저 보조 기지국을 설치하거나, 30분 마다 1회씩 전송하고 있는 현행 전송 주기를 1일 2회 혹은 1회로 조정하는 방법이 있을 수 있겠다.

두 번째 문제점으로는 현장 상황이 매우 다양하다는 것이다. 유량계 종류도 매우 다양하고, 설치 환경 또한 지하 구조물에 위치하고 있는 경우, 건물 외부에 위치하고 있는 경우, 사무실에 위치한 경우 등 환경이 다양해 현장마다 설치 방법 및 인식 방법을 다양화해야 한다. 따라서 본 시스템 적용을 위해 형태별로 범주화해서 설치하는 것이 필요하다. 또한 다양한 현장 적용을 통해 현장별로 최적의 방법을 찾아 가야 한다. 세 번째 사무실에 위치한 LCD 모니터에서 발생한 문제로 사무실 조명에 의해 LCD 패널에 반사가 발생하는 문제이다. 이는 카메라에 필터를 적용하거나, 갓을 부착해서 개선 가능할 것이다. 마지막으로 행주 양수장에서 발생한 문제로 세븐 세그먼트가 순간적인 점멸을 반복하기 때문에 촬영시 전체 수치가 촬영되지 않는다. 이는 수 회 반복 촬영해서 수치를 조합하면 해결될 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서 유량계 및 전력량계를 영상으로 촬영하여 하천수 사용량을 실시간으로 수집할 수 있는 시스템을 개발했다. 본 시스템은 유량계 및 전력량계의 사용량 표출면을 촬영하고, 사용량 수치를 영상해석 기술을 이용하여 인식하는 원리는 지니고 있다. 개발한 시스템은 다양한 형태의 유량계, 전력량계로 구성되어 있는 사용량 수집 체계에 적용 가능한 특징을 지니고 있다. 본 방법은 기존 유량계 등을 그대로 활용하여 자료를 수집할 수 있기 때문에 저비용으로 하천수 사용량을 수집할 수 있다. 더불어 하천수 사용량 수치자료 뿐 아니라 영상자료가 동시에 전송되기 때문에 분쟁 등으로 인하여 사후에 사용량 확인이 필요한 경우 확인 및 근거 자료로 활용할 수 있다.

본 연구에서 개발한 시스템은 한강 홍수통제소 관할 지점에 3개, 금강 관할 지점에 1개 지점에 시험 적용한 결과 외부 조명 등에 의해 영상자료에 빛 반사가 발생하거나, 세븐 세그먼트처럼 순간적인 점멸이 발생하는 경우 수치인식에 문제가 발생하는 것으로 나타났다. 그리고 유량계가 지하에 위치한 경우 무선 전파의 신호 강도가 낮아 전송에 어려움이 발생하였다. 향후 알고리즘 수정, 설치 환경의 개선 등을 통하면 안정적이고, 정확한 하천수 사용량 자료를 취득할 수 있을 것으로 기대된다.

감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다(과제번호 2-1-3).

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2006). 실시간 물관리 시스템 구축 연구(1차) 보고서.
2. 건설교통부(2007). 실시간 물관리 시스템 구축 연구(2차) 보고서.
3. 건설교통부(2002). 하천운영시스템 개발 연구.
4. 과학기술부(2007). 지표수 조사기술 실용화-요약보고서.