

영상처리기술을 이용한 영상수위계 개발

Development of the Image Stage Gauge using the Image Process Technique

김원*, 김치영**, 김동구***, 이찬주****
Won Kim, Chi Young Kim, Dong Gu Kim, Chan Joo Lee

요 지

하천 수위 측정을 위해서 우물통을 기본으로 하는 부자식, 초음파식, 기포식, 압력식, 레이다식 등 다양한 장비가 사용되고 있다. 이와 같은 장비는 모두 간접적인 방법으로 수위를 측정하기 때문에 기준값을 바탕으로 보정이 필요하며, 장비의 특성에 따라 여러 가지 장단점을 지니고 있다. 부자식의 경우 오래 전부터 사용되어 안정적으로 수위를 측정할 수 있는 것으로 평가되고는 있으나 우물통 막힘 등으로 인해 오측 혹은 결측이 발생하는 경우가 있다. 최근에 많이 사용되고 있는 센서식 장비의 경우에는 센서에 대한 정기적인 보정이 필요하며, 일부 장비의 경우 온도에 따라 측정값이 변화하는 단점이 있다. 수위 측정 방식은 접촉식과 비접촉식으로 나누어 볼 수 있다. 접촉식의 경우 물속에 센서가 위치하고 있기 때문에 홍수시 센서 유실 및 고장의 우려가 있으며, 잦은 고장의 원인이 되기도 한다. 비접촉 방식인 초음파나 레이다 수위계의 경우 온도에 따라 보정이 필요하거나 수면과의 거리에 커지면 오차가 커지는 경향을 지니고 있다. 또한 이와 같은 간접방식에 의한 수위측정 방법은 수위가 많이 변화하는 경우 실제 수위와 측정되는 수위가 일치하는지를 확인하는 것이 불가능한 단점도 있다.

본 연구에서는 최근에 많이 일반화되고 있는 영상처리기술을 이용하여 자동적으로 수위를 측정하는 장비인 영상수위계를 개발하였다. 또한 개발한 영상수위계를 하천 현장에 적용하여 정확성을 평가하고 그 특징을 분석하였다. 영상수위계는 카메라에 의해서 수위표를 촬영하여 직접 수위값으로 변환하는 원리를 사용하고 있어서 기존 수위측정 시설과는 달리 수위표를 직접 눈으로 확인할 수 있는 장점이 있다. 이로 인해 수위표를 육안으로 확인할 수 있기 때문에 측정된 수위를 검증할 수 있어 수위측정의 정확성을 한층 높일 수 있다. 그리고 수위표 영상과 더불어 수위표 주변의 전체 영상을 동시에 촬영하여 실시간으로 전송하기 때문에 홍수시 하천 상황에 대한 모니터링 목적으로 사용될 수 있다.

영상수위계는 우물통 등을 이용하는 기존 방법과 비교하여 구조물이 필요 없어 설치 비용이 저렴하고, 영상에 의한 하천 모니터링 기능을 자체적으로 가지고 있기 때문에 효율적이라고 할 수 있다.

핵심용어 : 영상수위계, 수위측정, 영상처리기술, 자동 수위측정

1. 서론

하천의 수위는 물의 양을 파악하기 위한 목적 뿐만 아니라 홍수예보, 제방 등 하천시설물 설계, 방재업무, 수질관리 등을 위해 매우 중요한 정보이다. 수위자료의 중요성은 오래전부터 인식되어 많은 수위 측정 장비가 개발되어 운영되고 있다. 현재 하천 수위 측정을 위해서는 우물통을 기본으로 하는 부자식, 초음파식, 기포식, 압력식, 레이다식 등 다양한 장비가 사용되고 있다. 이와 같은 장비는 모두 간접적인 방법으로 수위를 측정하기 때문에 기준값을 바탕으로 보정이 필요하며, 장비의 특성에 따라 여러 가지 장단점을 지니고 있다.

* 한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원-Email : wonkim@kict.re.kr
** 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원-Email : cy_kim@kict.re.kr
*** 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원-Email : kimdg@kict.re.kr
**** 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원-Email : c0gnitum@kict.re.kr

부자식의 경우 오래 전부터 사용되어 안정적으로 수위를 측정할 수 있으나 우물통 막힘 등으로 인해 오측이나 결측이 발생하는 경우가 있다. 최근에 많이 사용되고 있는 센서식 장비의 경우는 센서의 정기적인 보정이 필요하며, 일부 장비의 경우 온도에 따라 측정값이 변화하는 단점이 있다. 또한 대부분의 경우 물속에 센서가 위치하고 있기 때문에 홍수시 센서 유실 및 고장의 우려가 있으며, 잦은 고장의 원인이 되기도 한다. 이와 같은 간접방식에 의한 수위측정 방법은 수위가 많이 변화하는 경우 실제 수위와 측정되는 수위가 일치하는지를 확인하는 것이 불가능한 단점도 있다.

최근에는 모든 정보의 수집, 관리 등이 첨단기술에 의해 이루어지고 있다. 영상수위계는 기존 수위계의 단점을 보완하기 위해 영상처리(image processing) 기술을 이용하여 자동적으로 수위를 측정하는 장비이다.

2. 측정방법

2.1 측정원리

영상수위계는 카메라가 촬영한 영상을 분석하여 수면을 인식하고, 수위표의 수치와 비교하여 수위를 숫자로 변환하는 기본원리를 바탕으로 개발되었다. 영상수위계의 측정원리 및 절차는 다음과 같다.

- ① 카메라가 상하로 이동하면서 수위표를 촬영하여 수면 위치를 인식한다.
- ② 수면이 위치한 부분을 촬영한다.
- ③ 촬영된 영상을 이진화 영상으로 전환한다.
- ④ 이진화된 영상에서 수면의 위치를 인식한다.
- ⑤ 이진화된 영상에서 수위표 문자를 인식한다.
- ⑥ 수면의 위치를 수위값으로 전환한다.

이와 같은 과정은 카메라가 수위표를 촬영하는 즉시 이루어지기 때문에 바로 수위값으로 전환되어 사용자에게 전달된다. 필요한 경우 자동적으로 조명을 점멸하기 때문에 야간에도 수위를 측정할 수 있다. 또한 CDMA, 전용선 등을 통해 측정된 결과(수위값, 수위표 영상, 수위표 주위 전체 영상 등)를 실시간으로 전송한다. 영상수위계는 홍수시와 같이 수위가 일정하지 않고 변화가 심할 경우에는 사용자에게 의해 지정된 시간 동안 연속적으로 촬영하여 평균된 값을 수위로 측정하기 때문에 홍수에도 정확한 수위측정이 가능하다(그림 1과 그림 2 참조).

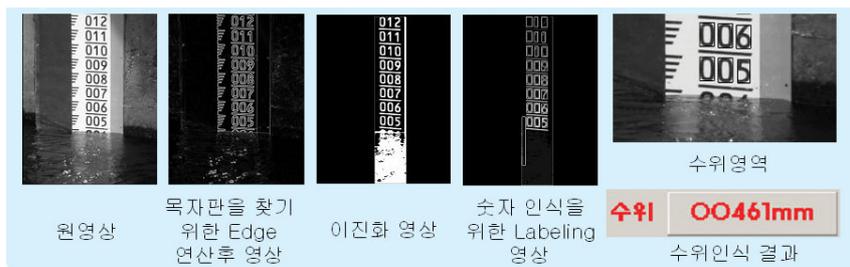


그림 1. 영상을 숫자로 인식하는 과정



그림 2. 상황에 따른 영상

2.2 측정 결과

영상수위계는 카메라로 영상을 촬영하여 수위를 측정하기 때문에 수위값 뿐만 아니라 수위표 영상을 동시에 측정하는 장점이 있다. 영상수위계에 의해 측정되어 사용자에게 실시간으로 전달되는 결과는 다음과 같다.

- ① 수위값 - 카메라가 촬영한 수위표의 영상을 바탕으로 인식된 현장 수위값
- ② 수위표 영상 - 수면이 위치하고 있는 수위표의 영상
- ③ 수위표 주위 영상 - 수위표가 위치하고 있는 주위 전체 영상

이와 같이 영상수위계는 수위값 뿐만 아니라 수면이 위치하고 있는 영상을 실시간으로 전송하기 때문에 눈으로 수위표를 확인하는 것과 동일한 효과를 얻을 수 있다. 또한 수위표 주위 전체 영상을 실시간으로 수위값과 동시에 전송하기 때문에 홍수시 등의 경우에 현장 모니터링의 목적으로도 사용될 수 있다(그림 3과 그림 4 참조).



그림 3 측정 결과 화면



그림 4 현장 모니터링 사진

2.3 시스템의 구성

영상수위계의 구성은 다음 그림 5와 같다.

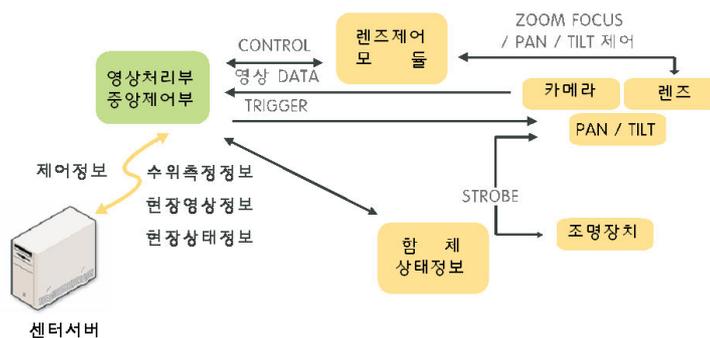


그림 5 영상 수위계의 구성

2.4 기존방법과 비교

영상수위계를 기존 방법과 비교하면 다음 표 1과 같다.

표 1 영상수위계와 기존방법 비교

영상 수위계	기존 수위계
-직접 측정방식 (수위표 직접 촬영)	-센서에 의한 간접측정 (우물통, 압력식 센서 등)
-수위표 눈으로 확인	-수위표 확인 불가
-단순한 수위표	-복잡한 계기
-비접촉 방식	-물과 직접접촉
-단순한 시설	-큰 구조물 필요
-영상으로 오류 실시간 확인	-오측 확인불가
-적은 고장	-잡은 센서 고장
-기온변화 무관	-기온에 민감(초음파 등)
-저비용(약 2천~3천만원)	-고비용(약 1~2억)
-현장상황 모니터링 가능	-현장모니터링 불가능

3. 영상수위계의 특징

영상수위계는 현장의 수위표를 직접 눈으로 확인할 수 있기 때문에 결측이나 오측을 크게 줄일 수 있으며, 과거에 촬영된 영상을 이용하여 측정된 수위정보의 정확도를 확인할 수 있는 장점도 있다. 영상수위계의 장점은 다음과 같이 정리될 수 있다.

- ① 정확성 - 영상수위계는 1mm 단위로 수위를 측정할 수 있으며, 눈으로 수위표를 직접 볼 수 있기 때문에 정확한 수위를 측정할 수 있다.
- ② 효율성 - 수위와 영상을 동시에 측정하기 때문에 효율적으로 수위를 측정할 수 있다.
- ③ 경제성 - 우물통과 같은 기존 방법에 비해 경제적이다.

4. 영상수위계 설치 및 측정

영상 수위계를 검증하기 위해 괴산 수전교 지점에 시험설치했다. 수전교 지점에는 교량을 따라 부자식(건교부 TM), 초음파, 레이더 수위계 등이 설치되어 있어 비교 측정 가능하다. 그림 6은 설치된 영상수위계용 목자판, 카메라, 제어함을 나타낸다.

영상 수위계를 9월에 설치하여 현재까지 운영하고 있으며, 운영 결과는 그림 7 ~ 그림 10에 부자식 수위계와 같이 제시하였다. 비교적 안정적으로 운영되고 있으며, TM 수위계와 비교했을 때 정확하게 측정되는 것으로 평가되었다. 낮은 수위에서 측정된 결과가 TM 관측 수위와 다른 원인은 무방류 상태에서 부자식 수위계가 0.08m 아래로 낮아지지 않는 것에서 기인한다.



그림 6 괴산댐 직하류에 설치된 영상수위계

5. 결론 및 향후 계획

본 연구에서 사진촬영을 통해 수위를 측정할 수 있는 영상수위계를 개발하였다. 영상수위계는 1mm 단위로 측정하고, 수위표를 직접 촬영하여 측정하기 때문에 정확성을 확보할 수 있으며, 육안에 의한 수위표 확인이 가능하기 때문에 측정결과를 확인할 수 있다. 괴산지점에 시험 적용하여 TM 수위계와 비교한 결과 수위를 정확하게 잘 측정하는 것으로 나타났다. 하천 전체 영상 촬영 사진을 통하여 하천 모니터링이 가능하여 기존 CCTV에 의한 하천모니터링을 대체할 수 있어 효율성을 높일 수 있다. 관측소 구조물 설치비가 절감되

기 때문에 수위관측소 설치비 비용을 획기적으로 낮출 수 있다. 이와 같은 장점을 이용할 경우 방재, 홍수관리, 물 관리, 수질 관리 등에 효과적으로 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

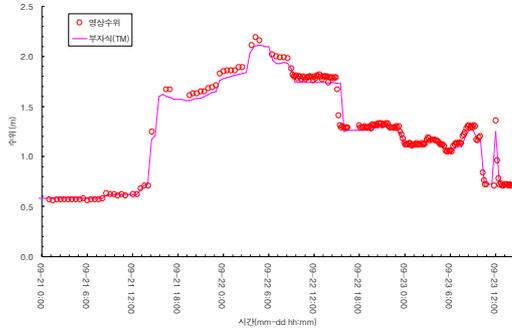


그림 7 측정결과 9월 홍수 사상

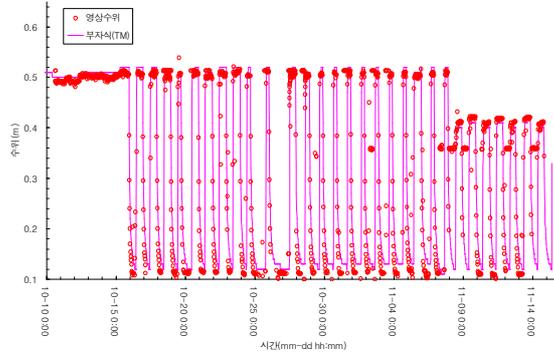


그림 8 측정결과(10월 ~ 11월)

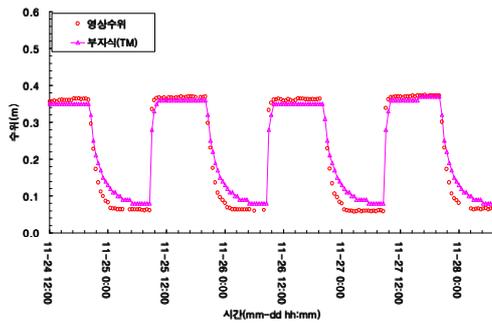


그림 9 측정결과(11월 저수위 사상)

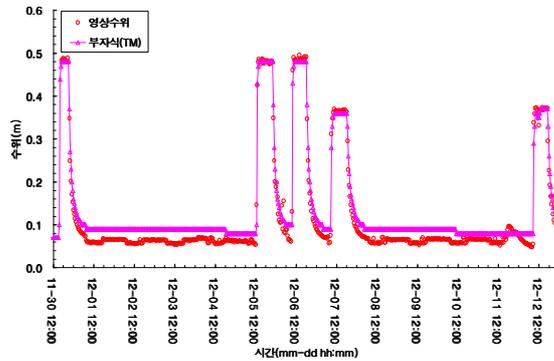


그림 10 12월 무방류 사상 등

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의지속적확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 2-1-2)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원(2006). 지표수 조사 시스템 적용에 관한 연구, 수자원의 지속적 확보기술 사업단 2차년도 요약보고서
2. S. E. Rantz and others(1984) Measurement and Computation of Streamflow Vol 1, Measurement of Stage and Discharge, GEOLOGICAL SURVEY WATER-SUPPLY PAPER 2175, USGS]
3. ISO 4373(1995), Measurement of liquid flow in open channels - Water-Level Measuring Devices, ISO