

칼만필터를 활용한 수위자료 검보정 연구

Correction Of Hydologic Data Using Kalman Filter

김명현*, 박찬형**, 이제윤***

Myung Hyun Kim, Chan Hyeong Park, Jae Yun Lee

요 지

K-water(한국수자원공사)에서는 낙동강 수계내 레이더식 수위계를 15개를 설치 운영하고 있으며 부유물 및 이토발생의 우려가 없어 연차적으로 증설하고 있다. 레이더 수위계는 마이크로 웨이브파를 수면에 발사하여 반사된 전파 도달시간을 수위로 환산하는 방식의 기기로 표면이 얼어 있거나 수심이 낮을 경우 자료 불안정한 양상을 보이고 있어 수문학적으로 올바른 자료로 검보정이 필요하다.

본 연구에서는 칼만필터를 적용하여 송강수위국(임하댐 상류)의 자료를 검보정하고자 한다. 주위 관측소(청송 수위국) 1,2월 수위자료를 바탕으로 시스템모델을 선정하여 칼만필터에 적용하였으며 그 결과 동절기에 적합한 수위 변화로 검보정 할 수 있었다. 이처럼 수위 자료에 다양한 방법을 적용함으로써 수위계 장비의 한계 및 현장여건에 따른 문제를 보완하여 더 정확한 자료를 획득할 수 있었다. 하지만 본 연구에 사용된 시스템 모델을 전 기간에 사용할 수 없는 한계가 있었다.

핵심용어 : 수위 자료, 칼만필터, 레이더 수위계

1. 서론

K-water는 낙동강 수계내 기포식 4개, 레이더식 15개 부자식 51개 총 50개소의 수위관측소를 설치, 운영하고 있다. 레이더식 수위계는 마이크로 웨이브파를 수면에 발사하여 반사된 전파 도달시간을 수위로 환산하는 방식의 기기로 부유물 및 이토 발생의 우려가 없어 연차적으로 증설 중에 있으나 수면이 얼어 있거나 수심이 낮을 경우에는 데이터가 불안정한 양상을 보이므로 수문학적으로 올바른 검보정이 필요하다.

수위 자료의 취득 방식은 수위 관측소에서 취득한 자료를 실시간으로 위성 또는 CDMA로 실시간 전송되어 데이터베이스의 1분, 10분, 1시간 DB 테이블에 저장되고 있으며 각 시간대별 자료는 해당 시간의 수위를 저장하고 있다. 이는 1분 자료를 통한 자료의 단순 재생산 수준에 머무르고 있으며 원시자료로서의 의미가 있을 뿐 이 자료를 바로 쓰기에는 무리가 있으므로 자료 처리를 통해 자료의 신뢰도를 높일 필요가 있다.

2. 대상지점

본 연구의 대상지점은 임하댐 상류에 위치한 송강 수위 관측소로 경북 청송군 파천면 송강리에 위치하고 있다. 송강 수위관측소는 임하댐 배수위 영향 분석을 위한 목적으로 레이더식 수위계가 설치되어 운영되고 있다. 상류 고정정보의 영향으로 저·갈수기시 건천화가 되어 있으며 결빙 및 저수위로 인하여 레이더 수위계 오측이 지속적으로 발생하고 있다. 2011년 1월 1일부터 2011년 2월 9일까지의 10분, 1시간자료를 활용하여

* 정회원 · K-water 낙동강통합물관리센터 사원 · E-mail : tpc13th@kwater.or.kr

** 정회원 · K-water 안동권관리단 과장 · E-mail : netman@kwater.or.kr

*** 정회원 · K-water 낙동강통합물관리센터 사원 · E-mail : jeyun@kwater.or.kr

칼만필터를 활용한 수위 검보정 연구를 수행하였다.



그림 1. 송강수위 관측소 전경



그림 2. 송강 수위관측소 위치도

3. 기존 검보정 방법 적용

이상 수위 발생 시 검보정하는 방법에는 보간법에 의한 방법, 이동 평균에 의한 방법을 사용하고 있다. 보간법에 의한 방법은 이상 수위 발생 시 담당자의 경험 및 지식에 의하여 과대 오차를 제거하거나 선형 보간법에 의해 전후 수위와 적합하게 실시하는 방법으로 오측이 지속적으로 발생하여 양이 많을 경우 인력으로 처리하게엔 한계가 있다. 이동 평균에 의한 방법은 10분 자료를 바탕으로 1시간동안의 데이터를 평균하여 1시간자료를 생성하는 방법, 1시간 자료를 5시간 이동 평균으로 1시간자료를 생성하는 방법이다. 적용 결과 오차가 소폭 수정이 되나 대부분의 오차는 그대로 남아 있어 사용이 불가 하다.

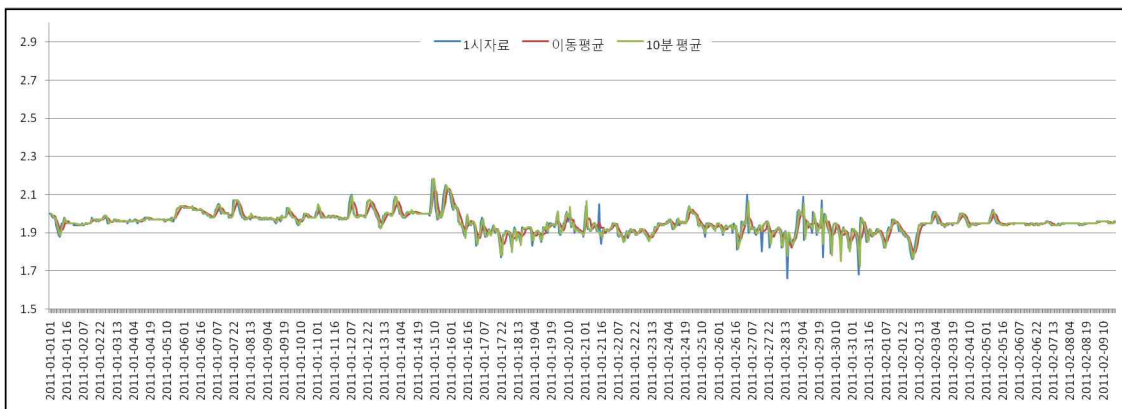


그림 3. 이동 평균법을 적용한 결과

4. 칼만 필터 적용

4.1 칼만필터 개요

칼만필터는 Kalman(1960)과 Kalman and Buch에 의해 처음으로 소개되었으며 상태공간모형으로도 알려져 있다. 상태공간모형은 분석하고자하는 시스템의 미래현상을 현재의 상태와 미래의 입력값을 이용해 설명할 수 있음을 모델링 하는 것이다. 즉, 불규칙적인 동적 시스템에 적용하여 필터링을 반복적으로 수행함으로써 최적의 상태를 예측하는 방법으로 측정값의 예측 오차로 예측값을 적절히 보정해서 최종 추정값을 보정한다. 컴퓨터 비전, 로봇 공학, 레이더 등의 여러 분야에 사용되며, 많은 경우에 매우 효율적인 성능을 보여 준다.

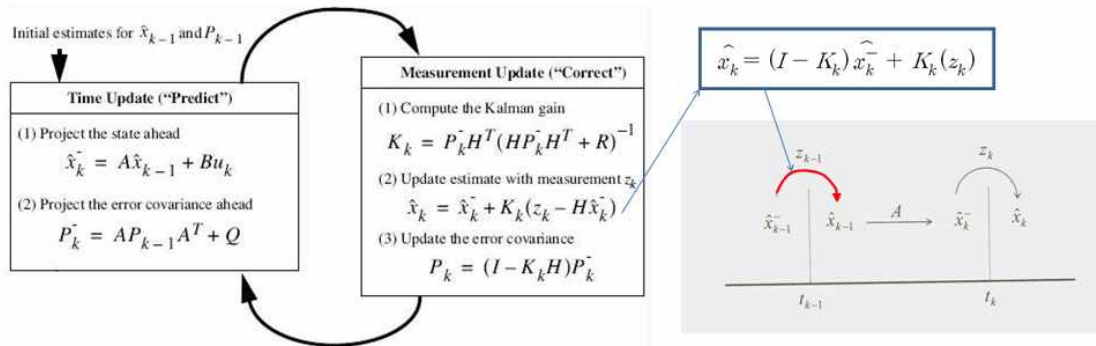


그림 4. 칼만필터 알고리즘

4.2 시스템 모델

시스템 모델은 해결하고자 하는 문제를 수학식으로 표현해 놓은 것을 말하며 시스템 모델이 실제 시스템과 가까울수록 필터의 성능이 좋아진다. 시스템 모델은 상태공간모델로 표현되며 상태공간모델은 시스템의 운동방정식을 상태변수 벡터에 대해 1차 차분(또는 미분) 방정식으로 표현한 모델이다.

본 연구에서는 시스템 모델을 선정하고자 K-water 조사기획처에서 발간한 「수위계 형식별 현장적용 연구보고서」(2008)에 따르면 레이더식 수위계보다 부자식 수위계가 더 안정적인 측정이 가능하다는 결과에 따라 송강 수위국 상류 5km에 위치한 청송 수위국을 참조 모델로 선택하였다. 청송 수위관측소는 임하댐 상류에 위치하며 부자식 수위계를 설치하여 운영하고 있으며 1,2월 강우는 2월 말을 제외하고 18mm가 내려 수위 변화에 영향을 미치지 않았다. 따라서 연구 적용기간동안 청송 수위국의 영향을 받지 않았으며 기저유출에 의하여 수위가 일정하다고 가정할 수 있다.

위의 결과로 시스템 모델의 매개 변수를 다음과 같이 선정하였다.

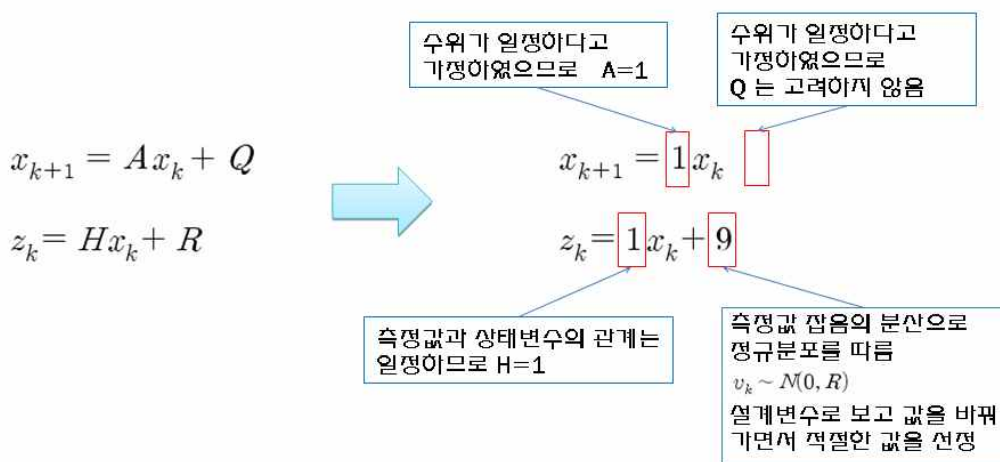


그림 4. 칼만필터 시스템모델 매개변수(A,H,Q,R) 선정

4.3 칼만필터 적용 결과

위와 같이 선정된 시스템 모델로 Matlab을 사용하여 칼만필터 알고리즘을 구현하였다. 초기값으로 $x_0 = 2$, $p_0 = 15$ 를 대입하여 적용하였으며 적용결과 원시자료와 비교하여 과대오차 및 과형이 제거되어 수문학적으로 적합한 수문곡선을 구할 수 있었다.

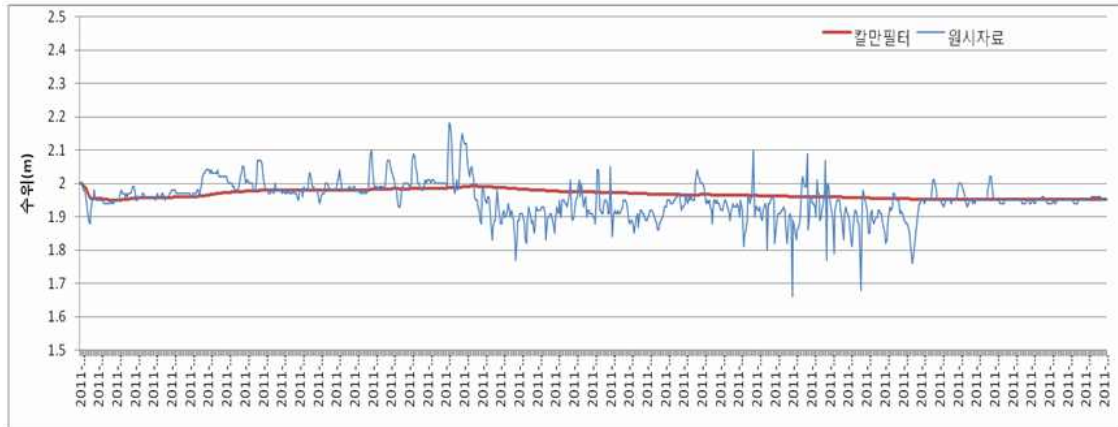


그림 4. 칼만필터 적용 결과

5. 결론

칼만필터를 이용하여 갈수기 및 동절기의 수위 자료를 검보정 할 수 있었으며 수위 관측 설비의 하드웨어적인 개선 외에 소프트웨어적인 개선을 통해 더 의미 있는 자료를 획득 할 수 있었다. 실제로 수위관측소 설치지점은 하천설계기준에 적합한 최적의 위치를 찾기가 쉽지 않으므로 일련의 과정을 통해 최선의 결과를 도출할 수 있는 노력이 필요하다. 하지만 본 연구는 갈수시 수위가 일정하다는 가정 하에 수행되었으므로 전 기간에 적용할 수 없는 한계가 있다. 향후 강우에 따른 수위 변화의 시스템모델 개발을 통해 전 기간에 적용할 수 있는 필터 개발이 중요하다.

참고 문헌

1. 한국수자원공사(2008), 수위계 형식별 현장적용 연구보고서, 한국수자원공사
2. 김성필 (2010). MATLAB활용 칼만필터의 이해, 아진.
3. 이병주(2010). 분포형 양상불 칼만필터링 기법을 연계한 추계학적 연속형 저류함수모형 개발, 박사논문, 세종대학교