

실시간 물관리 기법

Real-time Water Management Technique

김 현 영*
Kim, Hyun-young

1. 서론

최근의 기상이변으로 인해 점차 수자원이 부족해져 효율적인 물관리가 중요시 되고, 영농형태가 다양화됨으로써 물이용 형태도 다양화되고 있다. 따라서 유지관리비를 절감하기 위해 수리 시설의 자동화가 요구되기 때문에 『실시간 물관리』 기법을 도입하여 효율적인 물관리가 이루어지도록 해야한다. 실시간 물관리는 문자대로 해석한다면 물관리를 실시간으로 한다는 단순한 의미일 수도 있으나, 기술적으로는 매우 복잡한 이론과 첨단 기술을 요하는 것이다. 본 소강좌에서는 실시간 물관리와 관련된 유사 용어를 살펴 보고 물관리의 종류에 따른 실시간 물관리 기법과 물관리를 위한 시스템의 구축 방법 및 국내 실시 현황과 향후 과제에 대해 고찰해 보고자 한다.

실시간 물관리와 유사한 용어로는 자동물관리, 집중물관리, TC/TM 물관리, 실시간 예측(Real-time forecasting), 물관리 시스템 등을 들 수 있다. 실시간 물관리란 현재 시점에서 관측된 수문, 기상, 유역상황, 포장 조건 등을 기초로, 미래 어느 시점(Lead time)에서의 물관리 변수를 예측한 다음 현재의 물관리 시스템을 최적으로 운영하도록 하는 것으로 정의할 수 있다. 따라서 현재 상황을 실시간으로 파악하기 위해서는 관련 자료의 자동 관측과 시설물의 자동

제어 장치가 필요하므로 자동 물관리와 같은 의미일 수도 있다. 또한 관측 및 제어를 중앙통제소에서 하느냐, 분산된 통제소에서 하느냐에 따라 집중 물관리가 될 수 있으며, 원격제어(Telecontrol : TC)와 원격관측(Tele-metering : TM) 시설이 필요하고, 유역, 수원공, 수로, 포장 등으로 구성된 하나의 시스템으로 구성되어 있어야 한다. 따라서 현재 관행의 물관리와의 차이점은 물관리 의사결정에 필요한 수문자료에 대한 예측(Forecasting)기능의 여부와 그 신뢰성에 있으므로 사실상 실시간 물관리는 앞에서 언급한 유사 용어를 모두 포함하는 것으로 볼 수 있다.

실제 추정(Prediction)과 예측(Forecasting)을 구별할 때 추정은 설계시 사용하기 위해 수문사상을 해석하는 것이고, 예측은 시설물의 조작을 위해 실시하는 것이므로 실시간 조작을 위해서는 예측이 필수적이고 Forecasting은 Real-time forecasting과 같은 의미로 보고 있다(Larry W. Mays et al, 1992 ; V.P. Singh, 1989).

2. 실시간 물관리 시스템

가. 시스템의 구성

실시간 물관리는 대상에 따라 홍수관리, 급수

* 농어촌진흥공사 조사설계처

관리, 수질관리로 구분할 수 있다. 어느 것이나 물관리를 위한 기본 시스템은 동일하게 구축하여야 하나 관측자료와 예측에 사용하는 모형 및 이의 출력(Output)과 시간간격이 상이하다. 예를 들어 홍수관리만 하더라도 예측변수로서 하천, 호소, 저수지가 있으며, 예측목적에는 계절적 홍수, 돌발 홍수, 댐파괴 홍수, 해일 등이 있고, 예측 시간도 유달시간에 따라 수시간에서 수주까지로 구분된다(Larry W. Mays et al, 1992).

관개급수관리의 경우에는 예측변수로서 포장으로 유입되는 지점에서 유량, 배수여부와 관개 필요수량을 결정하기 위한 토양수분, 작물생육 상태, 기상과 증발산량 등이 있고 예측목적으로서 관개용수의 절약, 포장에 대한 균일한 급수, 수확량의 증대 등을 들 수 있으며, 예측시간(Lead time)은 보통 1일 이상의 간격을 두고 있다(R.B. Wardlaw et al, 1997). 실시간 물관리 시스템을 갖추고자 할 때 위의 3가지 모두를 동시에 갖추는 것이 효율적이기는 하나 일반적으로 TM 장비와 컴퓨터 시스템이 고가인 관계와 예측모형의 구축 등이 어렵다는 이유 때문에 단계별로 홍수관리, 급수관리, 수질관리 등의 순서로 구축하게 된다.

실시간 물관리 시스템을 갖추는 단계로서는

- 1) 실시간 물관리 자료를 관측하고 송수신할 수 있는 Telemetry System을 갖추고,
- 2) 물관리 대상에 따라 적절한 예측모형을 개발하고,
- 3) 예측결과를 시행할 수 있는 Telecontrol System을 갖추는 것이다.

나. 물관리 자료의 가공

실시간 물관리 자료를 관측하고 가공하는 절차를 살펴보면 다음과 같다(WMO No.168, 1994).

- 1) 자료습득 단계
자료수집망의 설계, 자료수집, 자료수신

- 2) 자료가공 단계
자료수신, 자료저장 및 가공, 자료분석
- 3) 의사결정 단계
자료분석, 물관리 준비, 물관리 실시

다. 예측모형의 준비

물관리 시스템을 갖추기 위한 두 번째 단계인 예측모형의 개발과정은 다음과 같다(농업토목 핸드북, 1993).

- 1) 물관리 목적의 설정
- 2) 기초 원리(지배 방정식)의 검토
- 3) 현장 조건의 검토 및 정리(지형, 수문, 수로, 토양 등)
- 4) 모형의 구성 및 전산 프로그램의 개발
- 5) 모형의 매개변수의 보정과 검증

여기서 가장 중요한 것은 예측모형의 개발이며 예측과정에서 실시간 자료와의 오차를 보정하는 일이다. 어떤 모형을 개발할 것인가 하는 것과 이미 개발된 모형을 선정하여 사용할 것인가 하는 것이 실시간 물관리의 비용과 정확성을 결정짓는 주요인자이다. 새로히 예측모형을 개발한다는 것은 관개지구의 급수관리일 경우 현장조건이 매우 다양하므로 어쩔 수 없으나, 그 외 홍수관리나 수질관리 등은 기존의 개발된 모형을 가지고 현지조건에 맞는 매개변수만을 보정하여 사용하는 것이 경제적이다. 엄밀한 의미에서 모형의 선정과 개발의 구별은 모호한 것이며 단순히 모형을 선정하여 직접 이용하는 경우는 거의 없다. 모형의 선정과 개발시 고려할 사항을 기술하면 다음과 같다.

- 유역 및 관개시스템의 특성
- 물관리의 목적
- 인명·재산의 피해정도
- 실측자료의 유효성
- 원격관측망(Telemetry network)
- 자료관리 및 예측의 계산능력(컴퓨터)

- 비용
- 개인적인 선호도 및 친근성

예를 들어 실시간 홍수관리가 목적인 경우 모형의 선정은 일반적으로 유달시간에 따라 다음과 같이 한다(V.P. Singh, 1989).

- 유달시간이 3시간 이하일 경우 : 강우-유출(Rainfall-runoff) 모형과 강우예측(Rainfall forecasting) 모형을 겸용
- 유달시간이 3시간 이상이고 9시간 미만인 경우 : 강우-유출모형
- 유달시간이 9시간 이상인 경우 : 홍수추적(Flood routing) 모형

모형에 사용되는 기법으로서는 여러 가지가 있으나 물관리 목적에 따라 적절히 취사 선택하여 활용할 수 있다(WMO, 1994).

- 상관과 회귀(Correlation & regression) : 사용목적에 관계없이 광범위하게 사용
- 토양수분 지수 : AMC(Antecedent Moisture Condition), API(Antecedent Precipitation Index) 등이 있으며, 급수관리에 필요한 연속(Continuous)모형에서보다 홍수관리에 필요한 사상(Event) 모형에 적합하고 예측된 유출량은 표면유출 수문곡선만을 대표하게 됨
- 침투 수위 예측
- 저류량에 기초한 유량 예측
- 유출 감소구간의 예측(Recesson forecasting)
- 개념적 하천유량 모형(Conceptual stream-flow model)
- 홍수추적(Flood routing)
- 시계열 분석(Time-series analysis)
- 예측오차조정법(Forecasting-adjustment technique)
- 확률예측(Probability forecasting)

라. 예측모형의 오차 보정

물관리 예측모형을 사용하여 저수지 수위나 하천수위를 예측하였을 때 실측치와 오차가 발생한다. 이를 줄이기 위해서는 미리 예측오차를 추정하여 실제 물관리지 보정을 해주어야 한다. 오차보정 방법은 장래 예측 시간간격에 따라 과거 모형개발시 매개변수보정과 검정시 행하여 둔 오차를 Lead time에 적용하면 된다. 그러나 실시간 예측시 오차의 특성을 주의 깊게 관찰해야 하며 만약 과거 매개변수 보정시 행한 시계열 오차의 특성과 상이할 경우 다른 오차보정 대책을 강구해야 한다. 예를 들어 오차가 자기상관성이 있느냐 아니면 완전 임의성(Random)이냐에 따라 여러 가지 보정방법이 있다.

한편 오차의 원인에 따라서도 상이하며 다음 4가지 경우 각각 대처방법이 틀린 것을 발견할 수 있다.

- 물관리 지역을 대표하지 않은 오차
 - 예측 이전상태를 잘못 판단하여 생긴 오차
 - 매개변수 추정이 잘못되어 생긴 오차
 - 모형의 구조 자체가 불합리하여 생긴 오차
- 앞의 두 개는 현 상황을 정확히 대표할 수 있도록 자료관리를 철저히 하면 되고, 세번째 오차는 모형의 매개변수를 재검토할 필요가 있으며, 마지막 오차는 모형의 개발을 재시도해야 한다.

3. 실시간 물관리 실태

현재 우리나라는 실시간 물관리를 행하고 있는 곳이 그리 많지 않다. 실제 실시간 물관리를 필요로 하는 곳은 다목적 댐의 경우로서 홍수, 급수, 수질 등 앞에서 언급한 내용에 따라 우리나라 유역의 특성을 감안하여 예측모형을 갖추고 종합적으로 실시하는 곳은 거의 없으며, 단순 목적 즉, 홍수시 서차치 수위(Surcharge stage)를 최소로 하는 물관리 정도이다.

이에 반해 하구 담수호의 경우 금강에서는 1991년에 이미 부정류 모형을 기초로 홍수추적 모형을 개발하여 홍수위를 예측하고 이를 홍수 관리에 적용하고 있으며, 영산강의 경우에도 1992년 강우-유출모형과 홍수추적모형을 병용하여 사용중에 있다. 금강의 경우 공주지점에서 하구둑까지 유달시간이 약 11시간 정도이므로 홍수추적 모형만으로 충분하고, 영산강의 경우 나주 지점에서 유달 시간이 8시간 정도이기 때문에 강우-유출모형을 추가하였으며, 몽탄 취수장의 수질예측을 위해 COD Telemetry system을 갖추었으나 기기의 잦은 고장과 하천 전체에 대한 수질관리 예측 모형이 없기 때문에 잘 활용되지 않고 있는 실정이다.

4. 요약 및 결론

결론적으로 홍수피해를 최소화하고 효율적인 급수와 수질관리를 위해 실시하는 실시간 물관리는 예측 기능이 없이 실시하는 현재의 물관리와 근본적으로 상이하며, 실시간 예측을 위해서는 원격관측과 현지여건에 알맞는 예측 모형이 필수적이다. 이를 사업지구에 적용하기 위해서는 예측모형의 개선과 발전에 대해서도 연구가 필요하지만 원격관측 기술과 장비 및 자료의 송수신에 드는 비용을 절감할 수 있는 연구가 뒤따라야 할 것이다.

참고문헌

1. 한국 농공학회, 1998. 농업토목 핸드북.
2. Mays Larry W., Yeou-koung Tung, 1992. Operation of Surface Water Systems for Flood Control, Hydro-systems Engineering & Management, McGraw-Hill, Inc.
3. Singh, V. P., 1989. Real-time Flood Forecasting, Hydrologic Systems, Watershed Modeling, Prentice Hall.
4. Wardraw R. B., D. N. Moore, & J. M. Barns, 1997. An Assessment of the Potential of Optimization in Realtime Irrigation Management, Water : Economics, Management & Demend, E & FN Spon, ICID, UK.
5. WMO-No.118, 1994. Guide to Hydrologic Practices.