

수력발전소의 단기 유입량 예측에 관한 연구

A Short-term Forecasting of the Dams for Hydro-Power Generation

임 주 일

한국전력 기술연구원

홍 상 은

"

김 광 인\*

"

1. 서 론

최근 전력생산에 소요되는 에너지의 종류가 다변화하고 수력이 차지하는 비중이 점차 줄어가고 있지만 발전원가를 낮추기 위하여 수력발전소를 최대한으로 이용하는 것은 예나 지금이나 매우 중요한 일이다.

수력발전소 운영에 있어서 댐의 유입량을 정도 높게 미리 예측할 수가 있다면 연결된 여러댐의 수문조작을 적절하게 행할 수 있고 따라서 수력에너지를 최대한 전기에너지로 변환 시킬 수가 있으며 인근 도시나 농촌에 대한 수자원의 안정적인공급과 하천 환경보전에 크게 이바지할 수 있을 것이다.

더우기 최근에는 기상위성이나 기상레이다가 발달하여감에 따라 강우 예측이 가능하게되고 또한 점차 정확하여짐에 따라 댐의 유입량 예측은 더욱 중요하게 되었다.

본 연구에서는 발전용 댐의 상류지점에 강우가 발생했을 때 ARMA 모델을 적용하여 단기유입량 예측을 개선하는 방안을 검토하였으며, 강우가 작은 경우 댐에 미치는 영향이 크지 않으므로 집중 강우가 발생하는 경우만을 검토의 대상으로 하였다.

2. 강우 - 유출 모형

어느 지역 어느 시기에 강우가 발생하게 되면 그중의 일부본은 대기중으로 증발하거나 지표면, 식물등에 흡수되고, 나머지는 지하수 성분으로 화하거나 하천에 유입하게 된다.

이러한, 강우에 따른 시간별 유량변화를 나타내는 강우 - 유출 모형은 단위도법, 저류함수법, 펌프 모델법, Kinematic wave 법등 수 많이 제안되어 있고 각각의 장단점을 가지고 있으나 강우 - 유출 시스템이 비 선형적이고 강우 및 유입량의 관측 오차가 매우 크기 때문에 실제로 적용하는데 있어서는 여러가지 문제점이 남아 있고

예측의 정도가 낮은 편이며 특히 이 모형들에 있어서 각 상수의 조정에는 앞으로도 상당한 기간의 노력 및 경험이 필요할 것이다.

본 연구에서는 비록 예측 기간이 짧긴 하지만 현재의 상황을 충분히 고려할 수가 있고 몇 단계 앞의 예측을 비교적 정도높게 수행할 수 있는 ARMA모형을 바탕으로 예측을 행하였다.

### 3. ARMA 모델에 의한 유입량 예측

#### 3.1. 모델의 정식화

ARMA (Autoregressive Moving Average)

방식에 의한 유입량 예측이란 현재 또는 미래의 유입량을 과거의 유입량 시계열과 강우 시계열의 상관 관계로부터 구하는 방식으로서 그 기본식은 다음과 같다. 즉

$$Y(t) = A(t, q^{-1})Y(t) + B(t, q^{-1})U(t) \quad (1)$$

여기에서

$Y(t)$  :  $t$  시간대의 유입량

$U(t)$  : " 강우량

$q^{-1}$  : 후진 연산자

식(3.1)을 벡터형태로 표시하면

$$Y(t) = \theta(t-1)^T \theta(t) \quad (2)$$

여기에서

$$\theta(t-1) = [Y(t-1), Y(t-2), \dots, Y(t-m), U(t), U(t-1), \dots, U(t-n)]$$

(3)

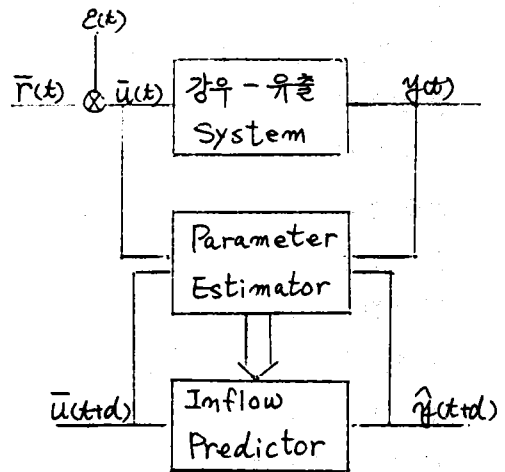
$$\theta(t) = [a_1(t), a_2(t), \dots, a_m(t), b_0(t), b_1(t), \dots, b_n(t)]$$

(4)

이 된다.

이 때 강우 - 유출 시스템이 비선형계이므로  $\theta(t)$  는 시간에 따라 그 값이 변동하게 되지만 강우에 의한 유출량을 지하수 성분, 표면 유출 성분 등으로 적절히 성분 분리를 할 경우 각 성분에서의  $\theta(t)$  의 시간에 따른 변화량은 대단히 작게 되어  $\theta(t)$  에 대한 선형시스템으로 생각할 수가 있으며, 따라서  $\theta(t)$  의 추정값  $\hat{\theta}(t)$  와 강우-유출 시계열 벡터  $\theta(t)$  에 의하여 미래의 유입량이 예측 가능하게 된다.

이의 관계를 그림으로 표시하면 그림 1과 같다.



$\varepsilon(t)$  :  $t$  시간대의 강우 측정 오차

$\bar{r}(t)$  :  $t$  시간대까지의 강우 측정량

$\bar{u}(t)$  : " 유효 강우량

$y(t)$  :  $t$  시간대의 유입량

$\hat{y}(t+d)$  :  $t+d$  시간대의 예측 유입량

그림 1. 유입량 예측 모형도

3.2. 적용 알고리즘

ARMA 모델의 파라메타의 추정 혹은 최적화 방법은 여러가지가 있지만 여기에서는  $\theta(t)$  가 시간. 강우량에 따라서 약간씩 변동이 가능하다는 관점에서 파라메타 적용 추정 알고리즘으로서 수렴속도가 빠른 최소자승 알고리즘을 사용 하였다.

일반적인 최소자승 알고리즘은 다음 식 예시와 같이 순차적으로 파라메타를 추정 한다.

$$\hat{\theta}(t) = \hat{\theta}(t-1) + P(t-d) \phi(t-d) [y(t) - \phi(t-d)^T \hat{\theta}(t-1)] / [1 + \phi(t-d)^T P(t-d-1) \phi(t-d)] \quad (5)$$

$$P(t-d) = P(t-d-1) - P(t-d-1) \phi(t-d) \cdot \phi(t-d)^T P(t-d-1) / [1 + \phi(t-d)^T P(t-d-1) \phi(t-d)] \quad (6)$$

여기에서  $P(-d) = P_0 > 0$  이다.

위의 방식에 의해 추정된 파라메타  $\hat{\theta}(t)$  와 유입량. 강우 시계열  $\theta(t)$ 로부터  $d$  시간대 이후의 유입량  $y(t+d)$  는 다음 식으로 예측이 가능하다.

$$\hat{y}(t+d) = \phi(t)^T \hat{\theta}(t) \quad (7)$$

이상과 같은 계산 과정을 그림으로 나타 내면 그림 2와 같다.

4. 적용 예

한반도의 중심부를 흐르는 최대의 강

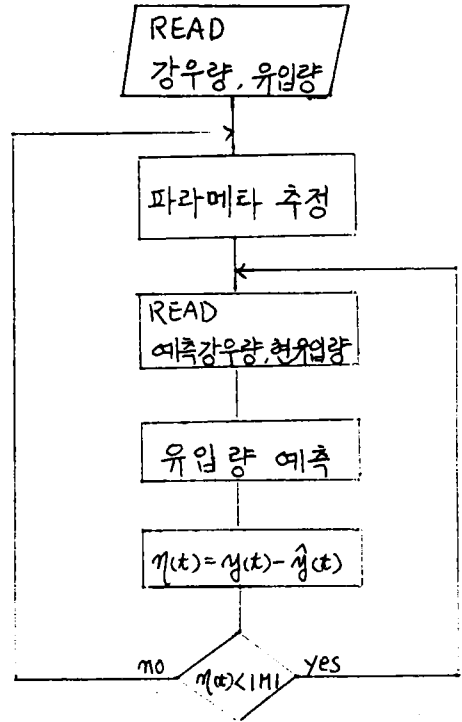


그림 2. 계산 흐름도

인 한강은 북한강, 남한강에 모두 7개의 대형 댐이 있는데 본 ARMA 모델에 의하여 확천댐과 춘천댐에 대하여 적용하여 보았다 현재 한전에서 주로 사용하고 있는 저류함 수법에 의한 유입량 예측의 경우 춘천댐에서는 큰 문제는 갖지 않지만 확천댐의 경우 대부분의 유역이 휴전선 이북에 위치한 관계로 평균 강우량의 측정이 곤란하고 따라서 유입량 예측이 전혀 불가능한 경우도 있었다. 그러나 본 연구에서 적용한 ARMA 모델의 경우에는 비록 예측오차는 크지만 실용에는 큰 문제가 없는 것으로 생각되며 춘천댐의 경우도 좀더 정도가 높은 예측결과를 얻을 수 있었다.

5. 결론

- 가. 강우시 수력발전소 댐 운영의 효율화를 위하여 ARMA 모델을 적용한 단기 유입량 예측 알고리즘을 제시하였다.
- 나. 본 연구 결과를 춘천 및 화천댐의 실제 데이터를 이용하여 적용한 결과 만족할만한 해를 얻을 수 있었다.
- 다. 앞으로 기상외성이나 기상 레이더 등의 강우 예측 및 관측 설비가 도입, 운영될 경우에 본 알고리즘을 적용한다면 보다 정도 높은 예측이 가능할 것으로 생각된다.

- (7) K.S. Sin and G.C. Goodwin and R.R. Bitmed, "An Adaptive d-step Ahead Prediction Based on Least Squares", IEEE Trans., Automat., Contr., Vol. AC-25, NO.6, Dec., 1980

6. 참고 문헌

- (1) 한전기술연구원 연구보고서, "수력발전소의 합리적 운영프로그램 개발", 1985. 5.
- (2) 한국전력: 댐 수문조작실태(각 댐 기록치), 1974 - 1985
- (3) 건설부: 충주 다목적댐 건설에 따른 한강홍수경보, 1983
- (4) 건설부: 충주 다목적댐 건설에 따른 한강홍수에 경보프로그램 개선 중간 보고서(2차), 1984
- (5) 김치홍: 강우-유출 시스템의 물리 구조를 고려한 홍수 예측에 관한 연구, 동경공업대학 대학원, 1983
- (6) G.C. Goodwin and K.S. sin "Adaptive Filtering Prediction and Control," PP81-157, Prentice-Hall, INC., 1984