

고희석* 이충식* 정형환** 이태기***

*경남대학교 **동아대학교 ***동의대학교

Short-term load forecasting using general exponential smoothing.

Hee-Soog Koh*, Chung-Sig Lee*, Hyong-Hwan Chong**, Tae-Gi Lee***.

*Kyeong-Nam Univ. **Dong-A Univ. ***Dong-Eui Univ.

(ABSTRACT)

A technique computing short-term load forecasting is essential for monitoring and controlling power system operation. This paper shows the use of general exponential smoothing to develop an adaptive forecasting system based on observed value of hourly demand. Forecasts of hourly load with lead times of one to twenty-four hours are computed at hourly intervals throughout the week. Standard error for lead times of one to twenty-four hour range from three to four percent average load. Studies are planned to investigate the use of weather influence to increase forecast accuracy.

1. 서론

단기전력부하 예측은 경제적 부하배분, 주파수제어 발전소 운용 계획을 결정하는 자료로 중요한 역할을 하고 있다.^{1) 2)}

전력부하예측 방법으로서 전력부하에 영향을 미친다고 생각되는 예측이 가능한 인자 (예를들면 온도, 습도, 조도) 등을 구하고 이들의 양과 전력부하와의 관계를 구해서 예측하는 방법과 과거의 전력부하 자료를 이용하여 적당한 예측 모델에 의해서 예측하는 방법이 있다.^{3) 4) 5) 6)}

본 연구에서는 과거 전력부하 자료를 사용한 예측 모델에 의해서 예측하였으며, 기술된 기법은 R.G.Brown에 의해 제시된 일반지수 평활법을 사용하였다.

이 기법에 의한 부하모델은 2년간 (1990-1991) 우리나라의 시간별 실부하 자료의 분석과 시뮬레이션에 바탕을 두고 있다.

2. 모델과 표현기법

2-1. 적정함수 모델과 계수추정

관측된 부하자료의 일반적인 모델 $X(t)$ 는 시간함수와 잡음요소의 선형결합으로 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$x(t) = a_1 f_1(t) + a_2 f_2(t) + \dots + a_n f_n(t) + e(t) \\ = \bar{a} \bar{f}(t) + e(t) \text{ ----- (1)}$$

여기서 \bar{a} 와 $\bar{f}(t)$ 는 $n \times 1$ 열 벡터이고 계수 \bar{a} 는 점진적으로 변화하지만 아주 느리게 변화하므로 최고 선제시간과 같거나 큰 시간대에서는 상수로 가정하였다.

이런 가정하에서 계수추정치 $\bar{a}(T)$ 와 적정함수로 부하 모델의 예측치가 계산된다.

$$\hat{x}(T+\tau) = \bar{a}(T) \bar{f}(t+\tau) \text{ ----- (2)}$$

이때 부하모델의 적정함수는 자료분석으로 결정하고 오차의 가중자승의 합이 최소 일때 계수추정치 $\bar{a}(T)$ 를 결정하였다.^{7) 8) 9)}

$$S_{E_0} = \sum_{j=0}^{T-1} [w x(t) - w \hat{x}(t)]^2 \text{ ----- (3)} \\ = \sum_{j=0}^{T-1} w^2 [x(T-j) - \bar{a}(T) \bar{f}(T-j)]^2$$

여기서 w 는 가중치이고 $w^2 = \beta^j$ 둔다. (단 $0 < \beta < 1$)

$$\frac{\partial S_{E_0}}{\partial \bar{a}(T)} \Bigg|_{\bar{a}(T)} = 0 \text{ 일때 계수추정치 } \bar{a}(T) \text{는 다음과 같이 된다.}$$

$$\bar{a}(T) = L \bar{a}(T-1) + \bar{h} [x(T) - \hat{x}(T-1)] \text{ ---- (4)}$$

여기서 L 는 부하모델이 선형함수이므로 $f(t) = L \bar{f}(t-1)$ 가 적정함수에 존재한다고 가정했을때 L 가 전이 매트릭스이다.

표 1 주파수와 평활상수에 대한 예측오차.
Table 1 The forecasting error for frequency and smoothing constant.

Model	harmonics	smoothing constants(β)			
		0.895	0.994	0.997	0.999
1	1, 2, 3, 4, 5, 7, 14, 28	169	160	168	172
2	1, 2, 3, 4, 6, 7, 14, 28	170	162	168	170
3	1, 2, 3, 4, 7, 8, 14, 28	173	158	164	168
4	1, 2, 3, 4, 7, 14, 28	170	164	168	173

표 1에서 오차가 제일 적은 model 1의 주파수와 평활상수 $\beta=0.994$ 로 부하예측을 하였다. 모델 1 주파수는 파워스펙트럼에서 분석한 특출한 주파수들이 포함되어 있고, 0.985 부터 0.997 까지의 범위내에서 평활상수 값을 사용하면 오차가 크게 변하지 않음을 알 수 있다. 평활상수 값이 0.985 보다 적을 때는 오차의 가중치가 너무 빨리 감소되므로 오차가 크게되고 평활상수 값이 0.999 보다 클 때는 상태 추정치가 거의 일정하게 되어 급속한 변화에 상태 추정이 되지 않으므로 큰 오차가 발생하였다.

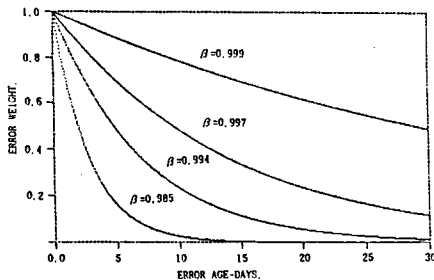


그림 4. 대표적인 지수 가중 함수.
Fig.4. Alternating exponential weighing function.

그림 4는 평활상수에 대한 지수가중함수의 표시이며 그림 4에서도 0.985 에서 0.997 범위의 평활상수에 대해서는 오차의 급속한 가중이 없으므로 시뮬레이션 결과와 일치한다.

3-2 부하예측

1991년 부하자료를 이용하여 일주일씩 매일 24시간의 선제시간을 가지고 부하예측을 하였다. 공휴일과 일요일 부하는 주간평균전력부하 보다 적어서 큰 오차가 발생되고 이 큰 오차는 다음 평일에 큰 오차를 유발하는 경향이 있어 이런 효과를 피하기 위하여 식(4)의 계수추정에서 관측오차의 효과를 나타내는 항을 삭제하고 다음과 같이 수정하여 예측하였다.

$$\bar{a}(T) = L' a(T-1) \text{-----} (8)$$

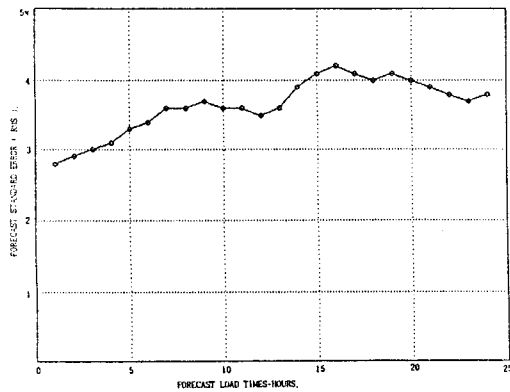


그림 5. 1991년 예측 시뮬레이션한 표준오차.
Fig.5. Standard error of simulated forecasts for 1991.

비교적 큰 오차가 나타날때 일시적으로 적은 β 값으로 전환하여 빠른 응답에 대응하고 새로운 시스템으로 전환하는 운전을 실행하지 못하였다. 그림 5는 24시간 선제 시간에 대한 표준오차를 나타낸 것으로 1일 동안에 경부하시와 침두부하시에 비교적 오차가 크게 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 시간별 과거 부하자료를 사용하여 1주일을 주기로운 1시간의 선제시간을 가지고 매시간 부하예측 시뮬레이션을 하였으며 1- 24시간의 선제시간에 대한 표준오차는 2.8 - 4.3 % 로 만족스러운 결과는 아니나 계절변화나 공휴일에 관계없이 매일 시간 부하 변화에 자동적으로 추정되기 때문에 운전하기가 편리한 점도 있다. 앞으로 예측정도를 높이기 위해서 예측 시뮬레이션 방법을 개선하고 기상 변화에 따른 온도보상을 예측 모델에 삽입 시키는 방법을 연구해야 할 과제이다.

Reference

- 1) 고희석, 이태기, "지수평활예의 장기 최대 전력 수요 예측에 관한 연구" 한국조명, 전기설비학회지 제6권 3호 pp43-48 1992, 6.
- 2) D.W.Bunn, E.D.Farmer "Comparative Models for Electrical Load Forecasting" John Wiley & Sons 1985 pp43-56.
- 3) K.L.S.Sharma, A.K.Mahalanabis "Recursive short-term load forecasting algorithm" PROC, IEE, vol 121 No1 1974 pp59-62.
- 4) Pradeep C, Gupta, Keigo Yamada "Adaptive short-term forecasting of hourly load using weather information" IEEE winter meeting New York, January 30- February 4

1972 pp2085-2094.

- 5) G.T.Heinimann etal "The relationship between summer weather and summer load a regression analysis" IEEE Trans, on power Apparatus and system, vol PAS-85 No 11 Nov1966 pp 1144-1154
- 6) George Cross "short-term load forecasting" proc IEEE vol 75. No 12 1987 pp 1558-1569.
- 7) Christiaanse W.R. "short-term load forecasting using general exponential smoothing" ibid 1971 PAS-90 pp900-910.
- 8) Montgomery, Johnson "Forecasting and time series analysis" pp75-122.
- 9) R.G.Brown "Smoothing forecasting and prediction of discrete time series" Prentice-Hall 1963 pp174-198.
- 10) Samuel D.Stearns, Don R.Hash "Digital signal analysis" Prentice-Hall 1990 pp59-96.