

# 大氣狀態를 고려한 短期負荷豫測에 관한 研究

論 文  
31~5~3

## A Study of Short-term Load Forecasting in Consideration of the Weather Conditions

金 俊 鉉\* · 黃 甲 珠\*\*  
(June-Hyun Kim, · Kap-Ju Hwang)

### Abstract

This paper describes a combined algorithm for short-term load forecasting. One of the specific features of this algorithm is that the base, weather sensitive and residual components are predicted respectively.

The base load is represented by the exponential smoothing approach and residual load is represented by the Box-Jenkins methodology. The weather sensitive load models are developed according to the information of temperature and discomfort index.

This method was applied to Korea Electric Company and results for test periods up to three years are given.

### 1. 緒 論

良質의 전력공급을 위해서는 보다 확실한 給電計劃이 필요하며, 그 절차는 i) 系統負荷를 豫測하여 ii) 豫測負荷에 준하는 發電機의 기동 및 정지를 포함한 並列運轉臺數를 결정(unit commitment)한 다음, iii) 이들 發電機의 負荷分擔을 결정하는 순서로 이루어진다. 따라서 精度높은 短期負荷豫測은 電力系統의 經濟的 운용과 發電設備의 유지보수 및 安定된 전력공급의 礎石이라 할 수 있다.

그런데 電力負荷는 예측일의 溫度, 濕度, 光度 등 氣象要因과 季節, 曜日, 景氣變動 등의 社會的인 要因에 의해 변화된다. 또한 豫測手段도 전기공급자의 여건이나 豫測週期에 따라 각각 고려해야 할 사항이 多樣함으로 精度가 높으면서도 安定된 결정적인 豫測技法을 찾기가 어렵다. 그러나 주어진 系統과 이용할 수 있는

데이터를 바탕으로 했을 때의 許容精度 및 電算化 등 실제 적용면에서 最良의 豫測技法은 생각될 수 있다.

短期負荷豫測에 관한 最近의 論文<sup>(1)</sup>들은 모델링의 관점에서 대체로 두가지로 나눌 수가 있는데, 그 하나는 負荷變動要因들의 因果關係를 분석하여 이것으로 부터 解析의 또는 統計的인 예측모델을 세우는 방법이고<sup>(2)</sup>,<sup>(3)</sup>, 다른 하나는 負荷變動自體에 관심을 두고 시스템 動特性을 數式化하여 이것을 外插한 예측모델을 세우는 방법이다.<sup>(4)</sup>,<sup>(6)</sup>

본 論文에서는 負荷曲線이 서로 다른 需用家群의 서로 다른 要因으로 결정됨을 착안하여 負荷를 基準, 大氣, 殘差의 세가지 成分으로 나눈 다음 필요한 豫測週期에 따라 적절히 혼합시키므로써 柔軟性を 높였다. 日間負荷豫測을 위한 基準成分은 特性이 비슷한 과거 데이터를 이용하여 Brown의 指數平滑法에 의해 예측하였으며, 이때 負荷變動傾向도 함께 예측하여 고려하였다. 大氣成分은 冬季에는 溫度, 夏季에는 濕度の 영향까지 고려된 不快指數와의 相關關係로 부터 回歸模型式을 算出하였다.<sup>(7)</sup> 時間負荷豫測은 日間負荷의 實績値와 豫測値의 殘差 時系列을 이용하여 Box & Jen-

\* 正 會 員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 教授

\*\* 正 會 員 : 漢陽大 大學院 電氣工學科

接受日字 : 1982年 1月 7日

kings의 ARMA(p, q) 과정에 의해 識別하고 自己相關의 信賴性을 檢定하는 반복과정으로 모델링하였다.<sup>(8)</sup>

提案한 알고리즘의 效用性을 立證하기 위하여 1979~1981년 사이의 우리나라 부하를 대상으로 諸量들을 算定하고 그 결과를 提示하였다.

### 2. 基準負荷 모델

短期負荷豫測을 일반적으로 다음의 非線型 函數로 표현할 수 있다.

$$A_t = f(p^t, q^t, t, \epsilon_t) \quad (1)$$

단,  $A_t$  = 短期豫測 電力負荷

$p^t$  = 과거 實測 電力負荷  $\{p_r; -\infty < r \leq t-1\}$

$q^t$  = 과거 實測 外生變數  $\{q_r; -\infty < r \leq t-1\}$

$\epsilon_t$  = 末實測 確率의 外亂負荷

$t$  = 豫測週期 index

그러므로 研究의 軸점은 식 (1)의  $f(\cdot)$ 를 여하히 모델링 하는가로 요약된다. 따라서 本論文에서는  $f(\cdot)$ 를 基準( $X_t$ ), 大氣( $Y_t$ ), 殘差( $Z_t$ )의 세가지 成分으로 나누어 별도의 알고리즘을 도입한 다음 豫測週期(5分~24時間)에 따라 이들 세가지 成分을 混合하여 예측치를 修正하므로써 모델의 柔軟性과 正確性을 높여도록 하였다.

일반적으로 24시간을 週기로 그 변동폭이 完만한 基準負荷成分은

$$X_t = b + \epsilon_t \quad (2)$$

단,  $b$  = 期待負荷

$\epsilon_t$  = 平均 0, 分散  $\sigma_t^2$ 인 確率成分

의 과정으로 표현할 수 있다. 本 研究에서는 식 (2)의 豫測을 위하여 單純하면서도 計算效率이 높고 豫測值의 修正이 용이한 時系列分析法인 R.G. Brown氏의 指數平滑法을 도입하였다.<sup>(9)</sup> 週期  $t$ 에서 예측할 負荷를  $\hat{b}(t)$ 라 할때  $t-1$ 에서의 實測과 豫測의 誤差  $e(t) = X_t - \hat{b}(t-1)$ 에 일정한 分率의 修正을 가하면

$$\hat{b}(t) = \hat{b}(t-1) + \alpha [X_t - \hat{b}(t-1)] \quad (3)$$

식 (3)을 간단히 표현하기 위하여  $\hat{b}(t) \equiv S_t$ 라 두면

$$S_t = S_{t-1} + \alpha (X_t - S_{t-1}) \quad (4)$$

또는

$$S_t = \alpha X_t + (1-\alpha) S_{t-1} \quad (5)$$

식 (3)이 1次指數平滑系의 基本式이며 平滑係數  $\alpha$ 는 과거 데이터의 豫測誤差에 대한 加重值로 작용하게 되어  $\alpha$ 의 결정이 중요하다. 그런데 基準負荷豫測은 特性이 비슷한 과거의 데이터를 이용하므로 等價平滑係數<sup>(6)</sup>와 같은 理論的인 값은 오히려 誤差가 커지므로 임의의  $\alpha$ 에 대해 과거 데이터를 시뮬레이션하여 自乘誤差를 최소화 하는 값을 정하여 入力하였다. 또한 模型式

(5)는 일정한 비율로 增加되거나 減少되는 變動分에 대하여 豫測誤差가 발생하게 된다. 이점을 감안하기 위하여 負荷變動의 傾向  $B_t$ 도 함께 예측하였으며, 당초의 豫測值를 補償한 修正豫測值  $X_t$ 는

$$B_t = \alpha (S_t - S_{t-1}) + (1-\alpha) B_{t-1} \quad (6)$$

$$X_t = S_t + \left( \frac{1-\alpha}{\alpha} \right) B_t \quad (7)$$

로 更新된다.

### 3. 大氣負荷 모델

電力負荷에 영향을 주는 大氣要因은 溫度, 濕度, 光度, 風速등 여러가지가 있다. 이러한 大氣條件들은 모두 고려하는 것이 바람직하나 그 영향력을 糾明하기가 어려우므로 보통 자료수집이 용이한 溫度만을 택하고 있다.<sup>(9)</sup> 우리나라의 경우 그동안 日間 最大電力負荷가 冬季에 발생되던 것이 1981년에 처음으로 夏季에 발생하였으며, 夏季의 最大冷房負荷가 1,000(MW)에 달하고 있다. 또한 우리나라와 같이 夏季가 高溫多濕한 氣象에서는 夏季冷房負荷가 溫度뿐만 아니라 相對濕度와의 函數인 不快指數가 더 相關됨을 밝혀내고<sup>(7)</sup> 夏季에는 不快指數(DI)를, 冬季에는 溫度(T)를 大氣變數로 하여 模型式을 算出하였다.

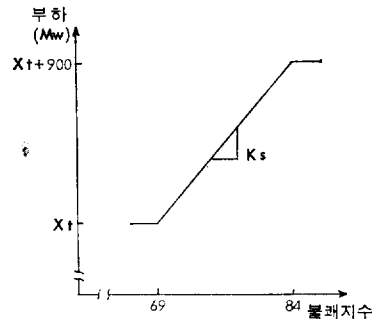


그림 1. 夏季 不快指數-負荷數 모델(1979년)  
Fig. 1. Discomfort index-load model in summer

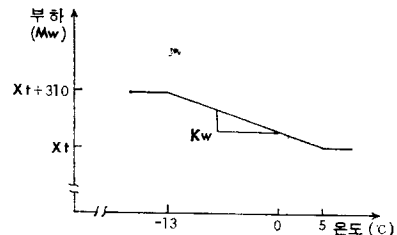


그림 2. 冬季 溫度-負荷數 모델(1980년)  
Fig. 2. Temperature-load model in winter

표 1. 大氣-負荷 모델

Table 1. Weather sensitive load models

구분	1979년	1980년	1981년	모델	식	제약
夏季	Ks	59.80	61.75	65.80	Yt=Ks·(DI-69)	69≤DI≤84
	Yt max	900	930	990		11≤Time≤23
冬季	Kw	16.08	17.15	18.30	Yt=Kw·(5-T)	-13≤T≤5
	Yt max	290	310	330		11≤Time≤23

$$Y_t = K \cdot F_t \quad (8)$$

단, K=大氣-負荷 係數

F<sub>t</sub>=大氣變數의 변화량

식 (8)에서 夏季의 說明變數로 사용될 不快指數는 매년도 7,8월의 平日 15시 현재 實測된 乾球溫度 및 濕球溫度로 다음 換算式에 의해 算出하였다.

$$DI = 0.72 \cdot (\text{乾球溫度}(^{\circ}\text{C}) + \text{濕球溫度}(^{\circ}\text{C})) + 40.6 \quad (9)$$

그림 1과 2는 식 (8)을 모델링하기 위한 大氣-負荷의 관계를 線型回歸分析에 의해 구한 代表性인 曲線이며 표 1은 事例研究에 적용된 우리나라 系統의 연도별 係數들을 산출한 값이다. 그런데 본 大氣負荷모델은 특정시간의 大氣變數로 導出한 것이므로 相關이 적은 時間帶에서는 오히려 豫測誤差를 증가시키게 된다. 따라서 시간별 誤差의 標準偏差를 구하여 大氣負荷모델의 적용이 效果的인 時間帶(午前 11시~午後 11시)에만 적용되도록 하였다.

4. 殘差負荷 모델

時間負荷豫測을 위하여 日間負荷중 基準成分의 實績과 豫測의 殘差 時系列 {z<sub>t</sub>}를 平均 0, 分散 σ<sub>z</sub><sup>2</sup>인 確率變數의 線型結合으로 표현할 수 있다.

$$z_t = \mu + \phi_0 \epsilon_t + \phi_1 \epsilon_{t-1} + \phi_2 \epsilon_{t-2} + \dots$$

$$\text{또는 } z_t = \mu + \sum_{j=0}^{\infty} \phi_j \epsilon_{t-j} \quad (10)$$

식 (10)에서 μ는 {z<sub>t</sub>}의 平均레벨이고 φ<sub>j</sub>는 移動平均 파라미터의 加重值이다. 식 (10)을 B<sup>j</sup>ε<sub>t</sub>=ε<sub>t-j</sub>인 推移演算子 B를 이용하여 간단히 표현하면

$$z_t = \mu + \phi(B)\epsilon_t \quad (11)$$

단, φ(B)=φ<sub>0</sub>B<sup>0</sup>+φ<sub>1</sub>B<sup>1</sup>+φ<sub>2</sub>B<sup>2</sup>+...

식 (11)의 線型필터로부터 여러 가지 時系列모델을 誘導할 수 있으며 이러한 모델을 Box-Jenkins 모델이라 부른다.<sup>(8)</sup> 식 (11)을 동일한 時系列상의 具現 z<sub>t-1</sub>, z<sub>t-2</sub>, ..., z<sub>t-p</sub>의 自己回歸過程을 표현한 AR(p)모델은

$$\phi_p(B)z_t = \xi + \epsilon_t \quad (12)$$

단, φ<sub>p</sub>(B)=1-φ<sub>1</sub>B<sup>1</sup>-φ<sub>2</sub>B<sup>2</sup>-...-φ<sub>p</sub>B<sup>p</sup>

식 (12)의 적용을 용이하게 하기 위하여 모든 t에서 ε<sub>t</sub>=ε<sub>t</sub>-μ로 두면

$$\phi_p(B)\epsilon_t = \epsilon_t \quad (13)$$

$$\mu = \xi / (1 - \sum_{j=1}^p \phi_j) \quad (14)$$

식 (11)에서 q次的 移動平均過程을 표현한 MA(q) 모델은

$$z_t = \mu + \theta_q(B)\epsilon_t \quad (15)$$

단, θ<sub>q</sub>(B)=1-θ<sub>1</sub>B<sup>1</sup>-θ<sub>2</sub>B<sup>2</sup>-...-θ<sub>q</sub>B<sup>q</sup>

식 (12)와 식 (15)를 결합한 과정이 ARMA(p, q) 모델이며

$$z_t = \xi + \sum_{j=1}^p \phi_j z_{t-j} - \sum_{i=1}^q \theta_i \epsilon_{t-i} + \epsilon_t \quad (16)$$

$$\text{또는 } \phi_p(B)z_t = \xi + \theta_q(B)\epsilon_t \quad (17)$$

식 (17)이 殘差成分을 예측하는 模型式으로 그림 3의 흐름도에서 보여주는 바와 같이 모델의 識別과 파라미터의 算定 및 모델의 適合與否를 診斷하는 세단계로 反復되며 프로그래밍은 다음의 단계로 이루어진다.

1) 殘差 時系列 {z<sub>t</sub>}, t=1, 2, ..., n의 平均  $\bar{z}$ 와 分散 S<sub>z</sub><sup>2</sup>의 算定

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n z_t \quad (18)$$

$$S_z^2 = c_0 \quad (19)$$

2) 自己共分散函數 c<sub>k</sub>와 自己相關函數 γ<sub>k</sub>의 算定

$$c_k = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (z_t - \bar{z})(z_{t+k} - \bar{z}) \quad (20)$$

$$\gamma_k = c_k / c_0 \quad (21)$$

단, k=0, 1, 2, ..., K

K=自己共分散函數의 최대 뒤집

3) p元 연립방정식에 의한 自己回歸파라미터 φ의 算定

$$A\phi = Z \quad (22)$$

단, A<sub>ij</sub>=c(q+i-j)

$$z_i = c(q+i)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, p$$

4) 移動平均파라미터  $\theta$ 의 算定

(1) 修正 共分散系列  $c_j'$

$$c_j' = \begin{cases} \sum_{i=0}^p \sum_{k=0}^p \phi_{i0} \phi_{k0} c(j+i-k) & p > 0 \quad (\phi_0 = -1) \\ c_j & p = 0 \end{cases} \quad (23)$$

단,  $j = 0, 1, 2, \dots, q$

(2) Newton-Rapson법에 의한 收斂

$$\tau^{i+1} = \tau^i - (T^i)^{-1} f_i \quad (24)$$

단,  $f = (f_0, f_1, \dots, f_q)$ ,  $f_j = \sum_{i=0}^{q-j} \tau_i \tau_{i+j} - c_j'$

$$T = \begin{pmatrix} \tau_0 & \tau_1 & \dots & \tau_{q-2} & \tau_{q-1} & \tau_q \\ \tau_1 & \tau_2 & \dots & \tau_{q-1} & \tau_q & 0 \\ \tau_2 & \tau_3 & \dots & \tau_q & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tau_q & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$+ \begin{pmatrix} \tau_0 & \tau_1 & \tau_2 & \dots & \tau_q \\ 0 & \tau_0 & \tau_1 & \dots & \tau_{q-1} \\ 0 & 0 & \tau_0 & \dots & \tau_{q-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \tau_0 \end{pmatrix} \quad (25)$$

단, 초기치  $\tau_0 = \sqrt{c_0'}$ ,  $\tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_q = 0$

(3) 만약  $|f_j| < \epsilon, j = 0, 1, \dots, q$ 가 만족되지 않으면 식 (24)로, 만족되면

$$\theta_j = -\tau_j / \tau_0$$

$$\theta_0 = \begin{cases} \bar{z}(1 - \sum_{i=1}^p \phi_i) & p > 0 \\ \bar{z} & p = 0 \end{cases} \quad (27)$$

$$\sigma_a^2 = \begin{cases} \tau_0^2 & q > 0 \\ c_0 - \sum_{i=1}^p \phi_i c_i & q = 0 \end{cases} \quad (28)$$

5) 適合性 診斷

식 (18)~(28)의 단계에 의해 구해진 모델의 適合與否를 檢定하기 위하여 殘差時系列의 自己共分散  $r_k$ 를 이용한  $\chi^2$ 檢定法을 導入하였다.

$$Q = n \sum_{k=1}^K r_k^2 \quad (29)$$

식 (29)는 自由度  $\nu = K - p - q$ 를 가진  $\chi^2$ 分布의 近似式으로  $Q$ 가 임의의  $\chi^2_{\nu, \beta}$  條件을 만족할 때까지  $p, q$ 를 증가시켜 파라미터들은 修正算定토록 하였다.

그림 3은 前述한 모델에 의한 日間 및 時間負荷豫測의 전체적인 흐름을 보여준다.

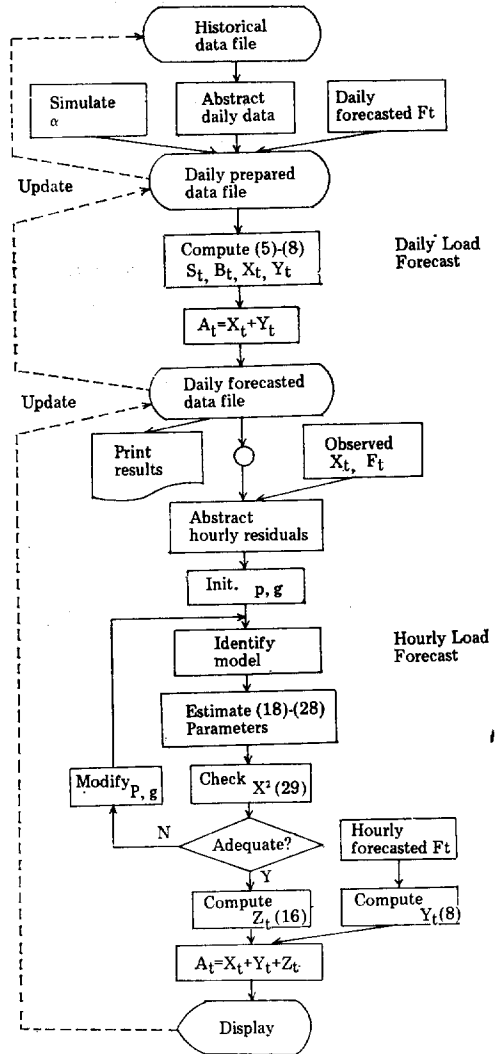


그림 3. 負荷豫測 흐름도

Fig. 3. Flow chart for load forecasting

5. 事例研究

實系統 적용을 시도코자 1979년~1981.의 우리나라 電力負荷를 대상으로 提案한 모델의 効用性을 評價하였다.

基準負荷는 平日(火~金), 月曜日, 土曜日, 公休日, 奇數番 日曜日, 偶數番 日曜日の 여섯가지 패턴으로 나누어 特性이 비슷한 과거데이터를 抽出하여 日間負荷를 예측토록 하였으며, 이때 豫測誤差가 10%이상인 날은 特異日로 간주하여 과거데이터에서 除去하였다.

指數平滑係數  $\alpha$ 는 시물레이션 결과 과거데이터의 引用週期에 따라 0.5~0.7로 주어졌다. 殘差負荷의 適合性 診斷은  $p=2, q=0$ 에서 출발하여 식 (29)의  $Q$ 를 구한 다음  $Q$ 가  $\chi^2_{p, 0.05}$ 이내에 들때까지  $p$ 와  $q$ 를 交替하여 증가시켜 48次까지 증가시켰으며 약 80%의 時間豫測值는 ARMA(2, 0)에서 만족되었다.

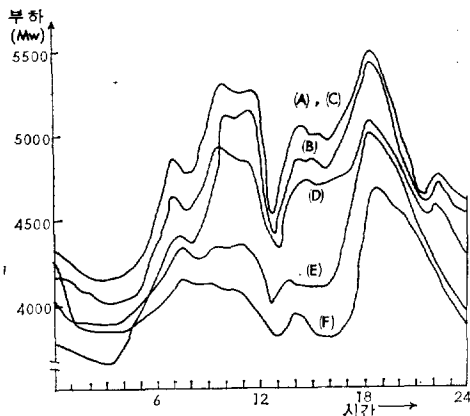
그림 4가 大氣負荷成分이 없는 1981년 秋季의 대표적인 日間負荷曲線의 패턴과 패턴별  $\alpha$ 의 값을 나타낸 것이다. 그림 5는 1981년 夏季 電力需要가 가장 컸던 날로 기록된 7월 25일의 不快指數와 日間負荷曲線을 나타낸 것으로 基準負荷만을 예측한 경우에 비하여 精度가 훨씬 개선되었음을 알 수 있다. 표 2가 패턴별 豫測誤差와 標準偏差를 보여 주며 그림 6은 시간별 豫測誤差, 그림 7은 월별 豫測誤差를 나타낸 것이다. 단

$$E = 100 \cdot (\text{豫測值} - \text{實績值}) / \text{實績值} \quad (30)$$

$$|\bar{E}| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |E_i| \quad (31)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2} \quad (32)$$

提示한 圖表에서 알 수 있는바와 같이 不規則 外生要因이 큰 公休日이나 日曜日이 평일에 비하여 誤差가 크며, 氣象要因이 큰 夏季가 冬季보다 비교적 誤差가 큼을 알 수 있다. 본 研究의 殘差負荷모델을 온-라인 리얼타임으로 운용되는 先行給電의 入力프로그램으로 5分前 예측에 적용시킨 결과 日間 百分率平均誤差가 약 0.72(%)로 나타났다.



(A) 평일( $\alpha=0.5$ ) (D) 공休日( $\alpha=0.7$ )  
 (B) 월요일( $\alpha=0.6$ ) (E) 偶數番 日曜日( $\alpha=0.7$ )  
 (C) 토요일( $\alpha=0.6$ ) (F) 奇數番 日曜日( $\alpha=0.7$ )

그림 4. 基準負荷豫測을 위한 日間負荷曲線패턴  
 Fig. 4. Patterns of daily load curves for base load forecasting

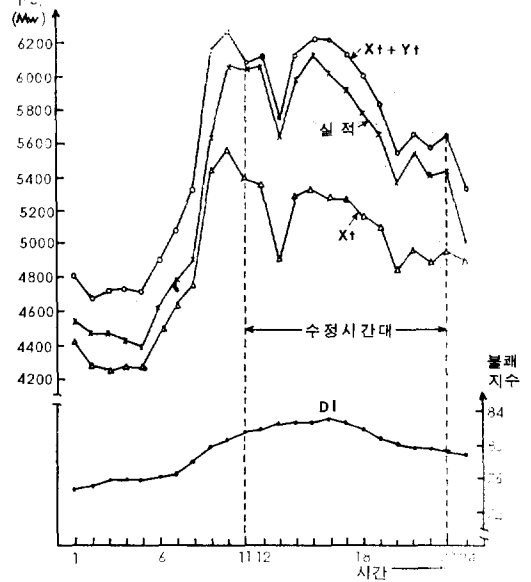


그림 5. 大氣變數에 의한 日間負荷豫測의 修正 (1981. 7. 25)  
 Fig. 5. Effect of modification by weather variable for daily load forecasting

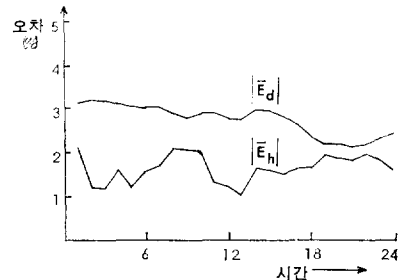


그림 6. 시간별 平均豫測誤差  
 Fig. 6. Mean absolute error during the day

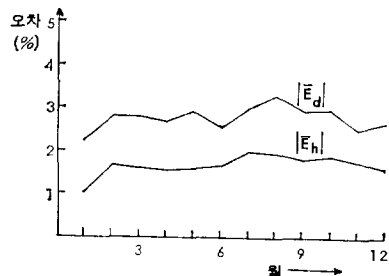


그림 7. 월별 平均豫測誤差  
 Fig. 7. Mean absolute error in the different months

표 2. 패턴별 豫測誤差와 標準偏差

Table 2. Forecast error and standard deviation of load curve patterns

년도	패턴 구분	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	평균
'79	Ed	3.13	3.98	2.30	3.07	2.18	2.75	3.04
	Sd	2.01	4.81	2.52	2.33	2.39	3.43	2.61
	Eh	1.66	2.00	1.39	1.91	2.40	1.83	1.74
	Sh	3.47	3.58	2.40	3.30	2.60	2.81	3.22
	n	197	51	50	17	23	27	
'80	Ed	2.43	3.17	2.57	4.10	3.30	4.01	2.80
	Sd	2.37	3.91	3.06	6.70	4.82	5.52	3.25
	Eh	1.56	1.88	1.57	2.23	2.51	1.89	1.72
	Sh	2.64	3.10	2.58	4.72	3.93	2.99	2.89
	n	198	51	51	14	24	28	
'81	Ed	2.26	2.35	2.48	4.00	3.13	3.12	2.52
	Sd	2.97	3.57	2.82	7.29	4.18	4.17	3.44
	Eh	1.43	1.44	1.49	2.65	1.77	1.81	1.56
	Sh	2.60	2.37	2.36	4.53	3.01	2.85	2.69
	n	195	51	47	20	24	28	

단, Ed : 日間豫測 %誤差,  
Eh : 時間豫測 %誤差,  
n : 豫測對象 日數

Sd : 日間豫測 標準偏差  
Sh : 時間豫測 標準偏差

## 6. 結 論

電力系統의 短期負荷豫測을 위한 混合모델을 提案하고 최근 3년간의 우리나라 電力負荷에 대하여 그 効用性을 評價 및 結果를 提示하였다. 본 研究과정에서 導出된 몇가지 論議點을 기술하면,

(1) 時系列에 나타나는 因果의 影響을 分離하여 解析하므로써 豫測精度를 높일 수 있다.

(2) 不規則 外生要因이 큰 公休日이나 特殊日은 種類別로 구분하여 별도의 모델을 도입하므로써 豫測精度를 높일 수 있을 것이다. 實用上으로는 種類別 加重值를 人爲的으로 입력하므로써 効用性을 높일 수도 있다.

(3) 본 研究의 大氣-負荷모델은 서울지역의 특정시간에 대한 散布圖로 부터 구한 것이므로 相關分析의 精度를 높이기 위하여 地域別, 時間別로 구할 필요가 있다. 하드웨어적으로는 氣象條件을 遠隔測定하는 新에너지 管理시스템(Energy Management System)의 채용에 의해 온-라인에 의한 相關分析 및 豫測이 가능해진다.

(4) 大氣負荷중 光度를 說明變數로 하는 晝間負荷가

약 3(%)정도 존재함을 밝혀냈으나 본 論文에서는 다루지 못했다. 추후 重回歸分析등에 의해 고려되어져야 할 課題이다.

끝으로 相關 資料수집에 도움을 준 韓國電力公社 系統運用部に 감사드리며, 본 研究는 漢陽大學校 校內研究費로 이룩하였음을 밝힌다.

## 參 考 文 獻

- [1] Power systems engineering committee; "Load forecast bibliography", IEEE, PAS-99, No. 1, Jan./Feb. 1980.
- [2] W.R. Christiaan; "Short-term load forecasting using general exponential smoothing", IEEE, PAS-90, No. 2, Mar./Apr. 1971.
- [3] P.C. Gupta, K.Y. Yamada; "Adaptive short-term forecasting of hourly loads using weather information", IEEE, PAS-91, Sep./Oct. 1972.
- [4] J. Toyota, M. Chen, Y. Inoue; "An application of state estimation to short-term load forecasting", IEEE, PAS-89, Sep./Oct. 1970.

- [5] 梁興錫, 朴永文, 朴俊瀨; “電力系統 負荷豫測에 관한 研究”, 大韓電氣學會誌, vol. 29, No. 4, Apr. 1980.
- [6] R.G. Brown; “Smoothing, forecasting and prediction of discrete time series”, Prantice-Hall, N.J., 1962.
- [7] 韓國電力(株); “夏季冷房 電力需要特性分析”, 經營情報資料 V-5, 韓國電力(株) 調査部, Oct. 1980.
- [8] G.E.P. Box., G.M. Jenkins; “Time series analysis, forecasting and control”, Holden Day, 1970.
- [9] R.L. Sullivan; “Power system planning”, McGraw-Hill Book Co., New York, 1977.
- [10] G.E.P. Box., D.A. Pierce; “Distribution of residual autocorrelation in autoregressive-integrated moving average time series models”, Jour. Amer. Stat. Assoc., vol. 65, No. 332, Dec. 1970.