

지식기반을 이용한 특수일의 수요예측

조 승 우* 황 갑 주
울산대 전기공학과

Load Forecasting for Special Days Using Knowledge Base

Sung-Woo Cho Kab-Ju Hwang
University of Ulsan

Abstract - A knowledge based forecasting system for special days has been developed for the economic and secure operation of electric power system. *If-then* production rules has been adopted in this system to be used in various environmental conditions. Graphic user interfaces enables a user to access easily to the system. The simulation based on the historical data have shown that the forecasting result was improved remarkably when compared to the results from the conventional statistical methods. The forecasting results can be used for power system operational planning to improve security and economy of the power system.

1. 서 론

수요예측에 널리 사용되는 실용적인 산법으로는 지수평활화법, 회귀분석법 등 통계적 산법들이 널리 쓰이고 있으며 [1-3], 최근에는 신경망과 인공지능기법 등이 도입되고 있다. [4-6] 종래의 통계적인 기법들은 수요의 변화가 일정한 정상일의 경우에는 좋은 예측결과를 주고 있으나 요일특성과 사회적인 요인 등이 복합적으로 작용하는 특수일에서는 그 패턴을 수식으로 모형화 하기 어려워 예측전문가의 경험에 의해 수작업으로 예측을 하고 있다. 최근 개발된 단기 수요예측 전문가시스템 LoFy[7]는 범용 추론엔진 RICE를 사용하여 추론시간이 많이 걸리는 단점이 있었다. 본 연구에서는 이런 점에 착안하여 예측전문가의 지식기반을 이용하여 연중 50[일]이 넘는 특수일을 효과적으로 예측하는 시스템을 개발하였다. 개발한 예측 시스템은 내부적으로는 C++ 언어를 바탕으로 한 추론 엔진을 가지며, 외부적으로는 사용자 환경이 뛰어난 비주얼 도구를 이용해서 지식기반과 사용자 인터페이스를 개발함으로써 신속한 추론과 편리한 사용자 환경을 구현하였다. 지식기반의 규칙들은 *if-then*의 생성 규칙에 AND, OR의 연결 연산자와 *then*의 편리성을 도모한 *ThenObj*라는 새로운 연산자를 개발하여 사용한다. 본 연구를 통하여 개발된 지식기반 예측시스템의 효용성을 평가하기 위하여 1991~1995년의 특수일들을 대상으로 사례 검토를 해 본 결과 만족한 예측결과를 얻을 수 있었다.

2. 특수일의 수요특성

특수일은 계절적인 영향이나 기상요인에 따라 변동하는 정상일과 달리 해당일 고유의 변동특성은 물론 해당일 전후의 요일에 의존하여 복합적인 변동특성을 나타낸다. 이는 하나의 특수일에 대해서도 여러 형태의 수요패턴이 존재함을 의미한다. 특수하게 예외적인 경우를 제외하고 일반적으로도 공통적인 특성을 도출해 내면 다음과 같다.

- (1) 신정, 설날, 추석과 같은 명절은 과거와 유사한 수요패턴을 가지며, 그 크기는 요일에 상관없이 정상일 수요에 비해 30~40[%]정도 감소한다.
- (2) 명절 전일 수요는 토요일과 유사하나 요일의 영향을 받으며, 정상일 수요보다 약 7[%]정도 감소한다.
- (3) 명절 다음날의 수요는 과거와 같은 요일의 수요패턴과 유사하며 정상일 수요보다 25[%]정도 감소한다.
- (4) 일반 국경일의 경우에는 그날이 토요일, 일요일 및 평일에 따라 수요패턴이 분류된다. 이때 수요특성은 과거 수요패턴과 유사하나 그 크기는 7~12[%]정도 감소된다.
- (5) 국경일 당일이 토요일이거나 다음날의 요일이 토, 일요일 일때, 모든 국경일에서 공통된 유사패턴을 가지며, 해당일의 계절적 조건(여름, 겨울)에 따라 오후7시부터 10시 사이의 수요가 영향을 받는다.
- (6) 국경일 다음날이 정상일 일때는 월요일 수요특성을 가지며 일반 정상일 수요보다 0시부터 8시까지 수요가 약간 감소한다. 또한 그 다음날이 토요일이거나 일요일때는 수요패턴은 지난주와 유사하지만 전체적으로 수요가 감소한다.
- (7) 국경일 하루전 수요는 정상일의 수요특성을 가진다.
- (8) 여름철 부근의 국경일은 과거와 유사한 수요패턴이지만 계절적인 영향(기상의 영향)을 받는다.
- (9) 과거에 비해 최근 들어 오후시간대의 수요가 약간 상승하는 경향이 있다.

3. 지식기반의 구성

지식기반은 과거 실적자료와 규칙으로 구성되어 있다. 실적 자료는 과거 8년간의 시간별 수요를 관계형 데이터베이스로

구축하였으며, 규칙은 *if-then*의 생성연산자로 표현된 텍스트 파일로 구축하여 사용자의 접근을 쉽게 하였다. 또한 *if-then* 연산자로 표현하기 어려운 복합적인 규칙을 정의하기 위하여 새로운 *ThenObj* 연산자를 생성하였다. 이 연산자는 결론부분을 확장해서 예측의 대상이 되는 부분을 표현할 수 있도록 구성하였다. 일례로 신정을 예측하기 위한 규칙을 나타내면 다음과 같다.

<i>If</i>	신정
<i>And</i>	월요일
<i>ThenObj</i>	작년
<i>ThenObj</i>	3전일
<i>ThenObj</i>	중일
<i>ThenObj</i>	36%감소
<i>ThenObj</i>	심야시간
<i>ThenObj</i>	5%감소
<i>ThenObj</i>	일급시
<i>ThenObj</i>	3%감소
<i>ThenObj</i>	여덟시
<i>Then</i>	2%감소

규칙을 표현할 때 자주 사용되는 용어인 감소, 증가, 요일, 시간대 등은 인터페이스 구성시 내부적으로 형성되지만, 상황에 따른 표현용어를 외부에서 정의할 수 있도록 별도의 용어 데이터파일을 구성하여 두었다.

4. 특수일의 예측과정

특수일은 기상요인에 따라 변동하는 평상일과 달리 해당일의 요일특성에 따라 수요의 패턴이 구별되어 진다. 이러한 점에서 입력변수로는 특수일 코드와 요일코드가 주어져, *if-then*의 연산자들에 의해 규칙으로 표현된다. 입력변수가 부여되면 추론엔진은 결론부분을 추론하여 실적자료와 연계하여 예측을 하게된다. 그 예측과정을 단계별로 열거하면 다음과 같다.

(1) 입력

- 특수일 코드(SCode) : 설날,추석 등 특수일을 나타내는 문자열
- 요일코드(SDay) : 일요일..토요일

(2) 추론 및 패턴생성

추론엔진은 입력변수에 대한 최적의 규칙을 찾아내고, 추론결과로부터 d일 t시각의 정규화된 수요패턴 P'(d,t)를 생성한다.

$$P(d,t) = \text{Search}(SCode, SDay) \quad (1)$$

$$P'(d,t) = P(d,t) / P(d,max) [pu] \quad (2)$$

(3) 기준수요 정의

생성된 패턴수요는 0과 1 사이의 정규화된 자료로서 수요 곡선의 형태만을 가진다. 이것을 실제 수요값[MW]으로 환산하기 위하여 최근 며칠간의 수요를 평균한 후 취한 최대값 P'(d,max)과 수요패턴 P'(d,t)를 이용하여 기준수요 P*(d,t)를 도출해 낸다. 이때 최대값 P'(d,max)는 요일에 따라 평상일(화-금), 일요일, 월요일 및 토요일로 분류하여 3 일간을 평균하여 구한다.

$$P*(d,t) = P'(d,max) * P'(d,t) \quad (3)$$

(4) 예측

정의한 기준수요에 추론결과를 적용하여 시간별 수정을 가함으로써 최종 예측결과가 얻어진다.

5. 인터페이스

지식기반으로 한 전문가 시스템에서 추론시간 뿐만 아니라 사용자 인터페이스 환경도 매우 중요하다. 본 연구에서는 추론엔진은 C++로 코딩하고, 사용자 인터페이스는 Visual OCX(Object linking & Embedding Controls)로 구현하여 시스템의 성능과 유지보수를 원활하게 하도록하였다. 그림 1은 소프트웨어 인터페이스, 그림 2는 사용자 인터페이스 화면을 나타낸 것이다.

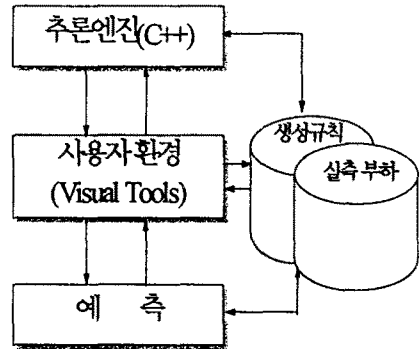


그림 1. 소프트웨어 인터페이스
Fig. 1. Software Interface

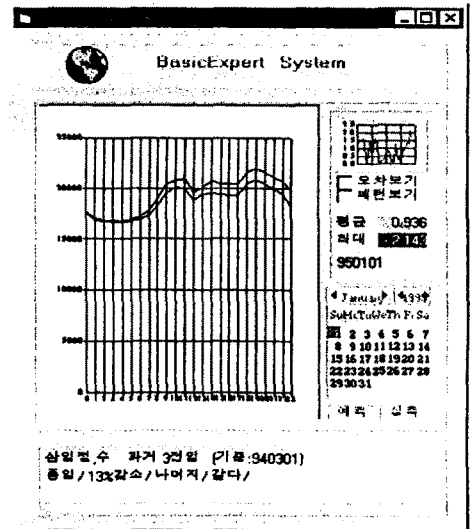


그림 2. 사용자 인터페이스
Fig. 2. User Interface

6. 사례연구

본 연구에서 개발한 지식기반형 특수일 예측시스템의 효용성을 검증하기 위하여 최근 5년간(1991년~1995년)의 특수일을 대상으로 예측정확도를 평가해 보았다. 평가에 도입된 예측오차율은

$$\text{예측오차율} = \frac{|\text{실적값} - \text{예측값}|}{\text{실적값}} \cdot 100[\%] \quad (4)$$

로 정의되며, 일평균 절대오차를 구하였다.

예측은 신정, 설날, 추석 등 명절의 당일과 전, 후일, 국경일을 대상으로 예측하여 정리하면 표 1과 같다. 표에서 여름철 가까이 있는 국경일들의 예측오차가 온도의 영향으로 다른 날에 비해 높은 것을 볼 수 있다. 또한 설날의 예측에서 91년도와 92년도의 오차가 다른 년도에 비해 상당히 높은 것은 행정적인 변화때문으로 기인한다.

표 1 특수일의 예측오차율[%]

Table 1 Forecasting errors for special days

연도	1991	1992	1993	1994	1995
특수일					
신정-1	1.8	0.9	0.8	1.8	1.2
신정	1.2	1.5	1.4	0.9	0.9
신정+1	3.5	1.2	1.1	1.5	2.1
설날-1	6.5	7.4	1.9	1.2	1.6
설날	7.5	4.9	0.7	1.1	1.1
설날+1	1.2	1.4	2.0	1.1	1.5
추석-1	2.2	5.1	2.1	1.2	2.1
추석	1.1	1.1	2.2	2.1	1.2
추석+1	1.8	1.3	1.5	1.7	1.0
삼일절	1.7	0.7	1.2	1.9	0.8
식목일	1.0	1.3	1.4	1.7	1.2
어린이날	2.0	1.0	1.0	0.9	1.0
석탄일	0.9	1.2	1.7	1.1	1.0
현충일	1.9	2.5	1.2	3.6	1.1
제헌절	2.8	1.7	1.2	1.3	1.2
개천절	1.5	1.5	5.4	0.8	1.0
성탄절	6.9	1.9	1.5	0.9	2.0
평균	2.7	2.2	1.7	1.5	1.3

7. 결론

본 연구를 통하여 전문가의 지식기반을 이용한 특수일의 수요예측 시스템을 개발하였다. 개발한 시스템의 확장된 if-then 생성규칙은 다양한 예측상황을 표현할 수 있으며, 비주일 도구를 이용한 그래픽 인터페이스로 사용자의 접근을 용이하게 하였다. 연중 50일 이상인 특수일은 독특한 경부하 수준을 나타내므로, 특수일 수요를 정확히 예측하는 것은 발전기 기동정지계획이나 예방정비계획에 중요하다. 사례검토 결과 종래의 통계적인 산법에 비해 획기적으로 개선된 예측 결과를 얻을 수 있었는데, 이러한 예측결과는 전력시스템 수급계획과 연계되어 안정운영과 경제운영에 크게 기여할 것으로 기대된다. 필자들은 하계기상감응 지식기반을 추가하기 위한 연구를 진행중에 있다.

참고문헌

- (1) IEEE Committee Report, "Load Forecasting Bibliography Phase I", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-99, pp. 53-58, 1980
- (2) W. R. Christiaanse, "Short Term Load Forecasting Using General Exponential Smoothing", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-90, No.2, March/April 1972, pp. 900-910
- (3) G. Gross, F. D. Galiana, "Short-Term Load Forecasting", Proc. of IEEE, Vol. 75, No. 12, pp. 1558-1573, Dec. 1987
- (4) S. Rahman, R. Bhatnagar, "An Expert System Based Algorithm for Short Term Load Forecast," IEEE Trans. on Power Systems, vol.3, no.2, pp. 392-399, May 1988
- (5) S. Rahman, "Formulation and Analysis of a Rule-Based short-Term Load Forecasting Algorithm", Proceeding of The IEEE, Vol. 78, pp. 805-816, 1990
- (6) J. A. Freeman, D.M. Skapura, "Neural Networks Algorithms, Application and Programming Techniques", IEEE, pp.291-339, 1991
- (7) "단기수요예측 전문가시스템 개발", 한국전력공사 계통운용처, 1995