

하이브리드 신경회로망을 이용한 한시간전 계통한계가격 예측

정상윤* 이정규* 박종배* 신종린* 김성수**
*건국대학교 **한국산업기술대학교

A Hybrid Neural Network Framework for Hour-Ahead System Marginal Price Forecasting

Sang-Yun Jeong* Jeong-Kyu Lee* Jong-Bae Park* Joong-Rin Shin* Sung-Soo Kim**
*Konkuk University **Korea Polytechnic University

Abstract - This paper presents an hour-ahead System Marginal Price (SMP) forecasting framework based on a neural network. Recently, the deregulation in power industries has impacted on the power system operational problems. The bidding strategy of market participants in energy market is highly dependent on the short-term price levels. Therefore, short-term SMP forecasting is a very important issue to market participants to maximize their profits, and to market operator who may wish to operate the electricity market in a stable sense. The proposed hybrid neural network is composed of tow parts. First part of this scheme is pattern classification to input data using Kohonen Self-Organizing Map (SOM) and the second part is SMP forecasting using back-propagation neural network that has three layers. This paper compares the forecasting results using classified input data and unclassified input data. The proposed technique is trained, validated and tested with historical date of Korea Power Exchange (KPX) in 2002.

1. 서 론

전력산업의 규모가 방대해짐에 따라 기존 독점체제에 대한 효율성 및 경제성 등의 문제가 제기되었고, 송·배전 및 정보통신 기술의 발달은 전력시장의 경쟁체제로의 전환을 가져왔다. 이에 발맞춰 영국, 칠레, 오스트레일리아, 북유럽국가와 미국 등의 국가들은 전력산업에 대한 구조개편을 추진, 완성하였다.[1][5] 더불어, 전력산업에서의 규제 철폐는 전력체통의 운영에 영향을 주었고, 새롭게 구성된 조직과 시장 구조에 알맞은 새로운 전력시장 모델이 개발되었다.[2]

기존 자연독점체제에서 경쟁시장으로의 변화는 그 동안 국가적 차원에서 분배하던 전력을 시장참여자가 입찰에 의해 사고팔게 되는 말 그대로의 시장이 성립된 것이다. 시장참여자는 보다 많은 수익을 얻기 위해 다양한 입찰 전략을 수립하게 된다. 입찰전략은 (날씨, 온도, 계절) 다양한 요소에 의해 영향을 받지만, 특히, 단가가격에 큰 영향을 받는다[6][7]. 그래서 단기 계통한계가격의 예측은 자신의 이익을 최대화 하려는 시장 참여자들에게 매우 중요한 관심사이다. 그리고 시장 운영자는 보다 안정적인 전력시장의 운영을 추구한다[7].

이와 같은 시류에 편승하여 우리나라도 2001년 4월 한국전력의 발전부분을 6개로 분할하여 경쟁을 도입하였고, 보다 효율적이고 적극적인 발전운영을 가져왔다.[1] 이러한 경쟁체제하에서 전력계통계획은 시장원리 도입에 따라 가격 신호를 바탕으로 수립되는데, 발전 확충계획, 송전망 확충계획, 배전계획 등은 단기간에 끝내고, 결정할 수 없기 때문에 장기적인 전망의 분석과 예측으로 결정된다. 그러나, 현물시장에서 시장 참여자들 사이의 전력거래는 대부분 단기 전력가격예측에 의해 결정된다. 시장 참여자들은 이익의 최대화를 추구하므로 보다 많은 이익을 얻을 수 있는 전략을 수립하기 위해 단기 계통한계가격의 예측을 필요로 하게 되었다. 그래서 지금까지 다양한 예측 알고리즘들이 개발되었는데, 주로 시계열기법과 인공지능을 이용한 기법들이 사용되었다[7].

본 논문에서는 신경회로망을 이용하여 당일 한시간전 계통한계가격을 예측하였다. 제안한 신경회로망은 두 부분으로 구성 되어 있는데, 첫 번째 부분은 코흐넨의 자기조직화 지도(Self-Organizing Map)를 이용하여 입력 데이터를 패턴별로 분류하는 부분이고, 두 번째 부분은 3개의 층(layer)을 가진 역전파신경회로망(back-propagation ANN)을 이용하여 패턴별로 분류된 입력자료를 이용하여 계통한계가격을 예측하는 부분이다. 본 논문에서는 전력거래소의 과거 계통한계가격과 수요 자료를 이용하였고, 새롭게 제안한 하이브리드 신경회로망을 사용하여 각 시간대별 계통한계가격을 예측하였다. 결과의 기존의 입력 데이터를 그대로 사용하여 예측한 결과와, 자기조직화 지도를 이용하여 입력 데이터를 패턴별로 분류하여 예측한 결과를 비교하였다.

2. 문제의 정식화

전력거래소에서 결정되어지는 계통한계가격(System Marginal Price)은 발전사업자가 제출한 입찰자료를 바탕으로 결정되어진다. 기본적으로 계통한계가격은 수요와 공급의 균형이 이루어지는 상태에서 마지막으로 투입한 한계 발전기의 가격으로 정해지게 된다. 계통한계가격을 예측하는데 필요한 주요 요소는 과거 수요, 과거 계통한계가격 등이 있는데, 이를 정식화하면,

$$SMP = f(MD_{past}, SMP_{past}) \quad (1)$$

여기서,

MD_{past} : 과거 수요

SMP_{past} : 과거 계통한계가격

본 논문에서는 전력거래소가 공개하는 과거의 계통한계가격과 계통 수요 자료만을 고려하여 하이브리드 신경회로망을 기반으로 계통한계가격을 예측하였다. 수요 및 계통한계가격 자료는 요일별 특성을 가지고 있기 때문에 이를 고려하기 위하여 동일요일에 대한 자료를 사용하였다.

3. 신경회로망

3.1 개요

인간 두뇌에 관한 탐구는 오래전부터 계속되어 왔다. 컴퓨터의 발달과 더불어 인간과 같이 계산하고 판단하며, 인식할 수 있는 컴퓨터를 통한 인공지능의 구현을 위하여 많은 노력이 경주되고 있다. 신경망 모델들은 최근에 여러 분야들에 널리 이용되기 시작했다[3].

3.2 코호넨 자기조직화 형성지도

코호넨 자기조직화 네트워크는 역전파 신경회로망과는 달리 일반적으로 계층적인 구조가 아니며 단 2개의 층으로 이루어져 있다. 첫 번째 층은 입력층이고 두 번째 층은 경쟁층인데 2차원의 격자로 되어있다. 이 뉴런들은 경쟁층에서 고밀도로 연결되어 있다[3][4].

$$w_{ij}(new) = w_{ij}(old) + \alpha[x_i - w_{ij}(old)] \quad (2)$$

여기서,

i : i 번째 입력뉴런 j : j 번째 출력뉴런
 α : 학습상수

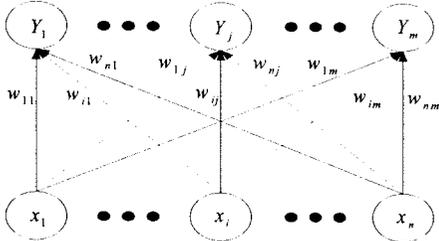


그림 1. 코호넨 자기형상지도의 구조

3.3 역전파 신경회로망

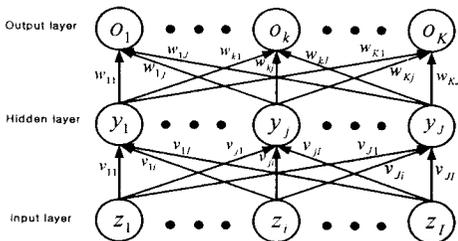


그림 2. 역전파 신경회로망의 구조

역전파 신경회로망 학습 알고리즘의 기본원리는 입력층의 각 유닛에 입력패턴을 주면, 이 신호는 각 유닛에서

변환되어 중간층에 전달되고 최후에 출력층에서 신호를 출력하게 된다. 이 출력값과 기댓값을 비교하여 차이를 줄여나가는 방향으로 연결강도를 조절하고, 상위층에서 역전파하여 하위층에서는 이를 근거로 다시 자기층의 연결강도를 조절해간다.[3]

4. 예측방법

본 논문에서 제안한 계통한계가격 예측 방법은 코호넨의 자기조직형상화 지도를 이용하여 입력자료 중 유사한 패턴을 찾아내어, 역전파 신경회로망의 입력자료로 사용함으로써 예측의 정확성을 높이는 방법이다.

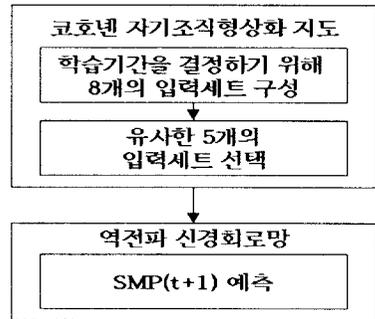


그림 3. 예측 순서도

5. 사례연구 및 고찰

제안한 알고리즘을 이용하여 2002년 3월부터 10월까지의 계통 한계가격을 예측하였으며, 예측 오차는 아래의 표(1)에 정리되어 있다.

표 1. 자기조직형상지도 사용전과 사용후 오차율

월	오차율(%)	
	패턴분류 전	패턴분류 후
3	5.41	5.38
4	3.99	3.93
5	13.26	11.96
6	7.20	7.06
7	8.42	8.44
8	8.82	10.14
9	16.91	13.55
10	15.04	9.59
평균	9.88	8.76

사용한 오차식은,

$$\%Error = \left| \frac{SMP_{act} - SMP_{fore}}{SMP_{act}} \right| \times 100 \quad (3)$$

SMP_{act} : 과거실제계통한계가격

SMP_{fore} : 예측한 계통한계가격

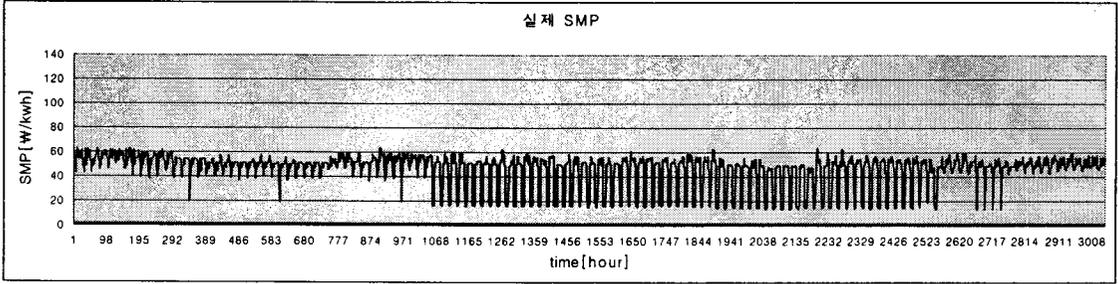


그림 4. 실제 계통한계가격

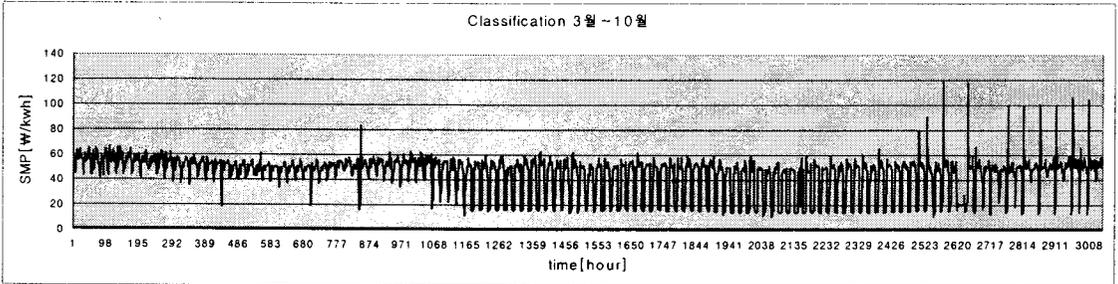


그림 5. 자기조직 형상화 지도를 사용한 계통한계가격 예측가격

표(1)을 보면 알 수 있듯이, 패턴의 분류 후 예측한 결과가 그렇지 않은 경우보다 오차가 줄어든 것을 볼 수 있다. 9월과 10월 부분에 예측한 값이 불안정한 부분이 있는 것을 제외하면 그림 (4)와 그림 (5)의 패턴이 유사한 한 것을 알 수 있다. 그리고 토요일, 공휴일, 월요일 그리고 휴일 다음날과 같은 특수일은 계통한계가격이 불안정하여 그 예측이 매우 어렵다. 특히, 혹서기나 혹한기 등의 평균적인 자료에서 볼 수 없는 특별한 상황이 많은 해의 자료를 사용했을 경우에는 예측이 불안정하게 되기 때문에 입력자료의 가공도 매우 중요하다.

6. 결 론

본 논문에서는 코호넨의 자기조직 형상화 지도를 이용하여 입력자료를 유사한 패턴별로 분류하고, 분류된 입력자료를 사용한 역전과 신경회로망으로 계통한계가격을 예측하였다. 기존의 역전과 신경회로망을 이용한 경우의 평균 오차율이 9.88%이고, 자기조직형상화 지도를 사용한 경우는 평균 오차율 8.76%의 결과를 얻을 수 있었다. 보다 정확한 계통한계가격 예측 정보는 시장참여자들의 이익극대화 전략 수립에 매우 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

향후 연구과제로서는 5월, 9월, 10월 등 상대적으로 오차가 큰 결과에 대한 분석 및 특수일의 계통한계가격 예측을 위한 알고리즘의 개발이 이루어져야 할 것이며, 계통한계가격의 실시간 활용을 위한 예측시간을 단축이 가능한 알고리즘의 개발이 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원 (R-2005-B-112) 주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

- [1] 하성관, 송경빈, 김재철, "전력 수요예측의 동향과 미래의 연구방향", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2003.
- [2] Jose J. Ruiz Monroy, Hiroyuki Kita, Eiichi Tanaka, Jun Hasegawa, "Price Forecasting in the Day-Ahead Electricity Market", UPEC2004. 39th International Volume 3, PP.1303, 2004.
- [3] 김대수, "신경망 이론과 응용 (I)", 하이테크정보사, PP. 169-183, 1992.
- [4] Laurene Fausett, "Fundamentals of Neural Networks", Prentice hall International Inc., PP.169-186, PP.289-300, 1994.
- [5] B.R. Szkuta, L.A. Sananbria, T.S. Dillon, "Electricity Prices Short-Term Forecasting Using Artificial Neural Networks", IEEE Transactions on Power Systems, Vol.14, No. 3, PP. 851-857, 1999.
- [6] Tomonobu Senjyu, Member, IEEE, Hitoshi Takara, Katsumi Uezato, and Toshihisa Funabashi, Senior Member, IEEE, "One-Hour-Ahead Load Forecasting Using Neural Network", IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 17, NO. 1, FEBRUARY, PP. 113-118, 2002.
- [7] 송병선, "러프집합 이론 기반의 신경회로망을 이용한 계통한계가격 예측", 석사학위논문, 건국대학교, 2004.