



머신러닝알고리즘을 이용한 신재생에너지 예측최적화 모델링 구현 및 검증에 관한 연구

Implementation of Prediction and Optimization modeling Using Machine Learning Algorithm for Renewable Energy

저자
(Authors) 장봉규, 이성제
Bong-Gyu Jang, Sung-Jae Lee

출처
(Source) [대한전자공학회 학술대회](#) , 2018.6, 1477-1480(4 pages)

발행처
(Publisher) [대한전자공학회](#)
The Institute of Electronics and Information Engineers

URL <http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07516087>

APA Style 장봉규, 이성제 (2018). 머신러닝알고리즘을 이용한 신재생에너지 예측최적화 모델링 구현 및 검증에 관한 연구. 대한전자공학회 학술대회, 1477-1480

이용정보
(Accessed) 하나고등학교
123.214.18.***
2020/03/19 09:07 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

머신러닝알고리즘을 이용한 신재생에너지 예측최적화 모델링 구현 및 검증에 관한 연구

장봉규*, 이성재**
*POSCO ICT 제어시스템 연구그룹
** POSCO ICT 제어시스템 연구그룹
e-mail : bgjang11@poscoict.com

(Implementation of Prediction and Optimization modeling Using Machine
Learning Algorithm for Renewable Energy)

Bong-Gyu Jang*, Sung-Jae Lee**
*Research Group of Control-System, POSCO ICT
**Research Group of Control-System, POSCO ICT

요 약

최근 전력난 및 대체전력 부족 문제에 대하여 정부는 심각하게 고민하고 있으며, 전기자동차의 상용화를 앞두고 이산화탄소 배출의 저감 및 효율적인 에너지 사용이 중요시 되고 있다. 또한, IT 기술의 발달과 함께 독점적인 전력공급에서 수요자가 참여하는 양방향 커뮤니케이션의 스마트 그리드의 개념이 도입되었다. 본 연구에서는 스마트 그리드 시스템에서 신재생 에너지부분을 담당하는 태양광 발전과 풍력 발전 데이터 예측과 운영 최적화 알고리즘을 모델을 제시하였다. 신 재생 에너지 분야의 에너지관리시스템(EMS, Energy Management System)에 적용하여 경제급전에 최적화된 설비운영 계획을 시뮬레이션하고 예측된 전력량에 따라 발전기(Generator)와 에너지저장장치(ESS), 전력거래 등의 운영변수들에 개입하여 예상전력량을 만족하면서 최적의 경제급전계획을 도출하고 이익을 최대화 할 수 있음을 밝혔다

Keywords : 머신러닝, 예측, 최적화, 에너지

I. 서 론

스마트 그리드의 주요한 목적 중 하나인 에너지 절감 및 효율적인 사용은 경쟁적인 전력시장에서 소비자의 능동적이고 자발적인 수요반응(Demand Response)의 활성화를 통해 이루어진다. 수요반응은 전력 가격의 변화나 특정시간에서 전력 공급이 부족 또는 최대 수요를 제어하거나 높은 도매가격에 전기사용의 감소를 유도하기 위하여 인센티브 지급에 반응하고, 최종소비자가 전기 사용에 변화를 만드는 것을 말한다[1]

II. 본 론

본 연구는 신 재생 에너지 분야의 에너지관리시스템(EMS, Energy Management System)에서 경제급전을 하기 위해 전력예측을 통해 최적화된 설비운영 계획을 결정하는 EMS Advanced Layer에 적용하여 시뮬레이션 하였다.

아래 <그림1>은 EMS 에서 경제급전 예측/최적화 알고리즘이 담당하고 있는 부분을 보여주는 전체 구조도 이다.

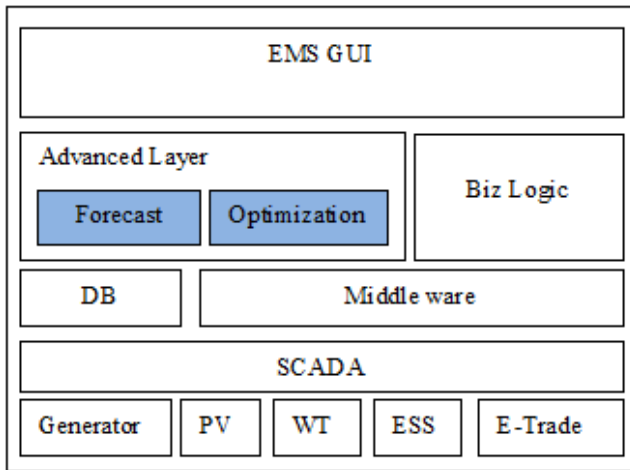


그림 1. EMS 구조도

1. 예측 모델링

신 재생에너지의 발전량은 기상 파라미터 값과 직결된다. 그러므로 정확한 기상 파라미터 예측이 우선 요구된다. 기상 파라미터 예측 값의 Post-Processing에 의한 성능 개선 알고리즘을 구현하였다. 발전량 예측을 위해서는 기상 파라미터들이 Numerical Weather Prediction에 의해 예측이 선행 되어야 한다. 이 선행 예측은 EKF(Extended Kalman Filter)를 사용하여 선 예측을 수행하고 이 예측 값과 측정값 사이의 bias 값을 post-processing에 의해 예측하여 보다 정밀하게 보정을 한다.

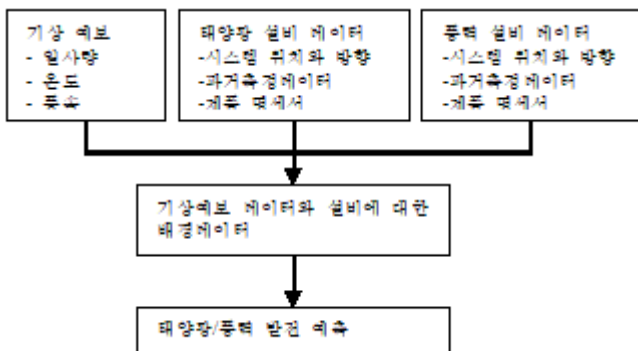


그림 2. 신재생 에너지 발전량 예측 개요

NWP는 유용한 기상 예보 방법이지만 시스템 특성상 다양한 원인에 의하여 에러가 일어나는 것이 자연스럽다. 그래서 이 기상 예보 값의 에러를 줄이기 위한 노력은 다양하다. 그 중에서 우리가 다루려고 하는 기법은 후처리 기법 (Post-Processing) 이다. 후처리 기법에서는 과거의 관측 값과 예측 값 간의 관계를 분석해서 그 차이 값의 패턴을 알아낸 후 그 패턴을 다시 예측 값에 대입하여 보

다 정밀한 예측 값을 얻을 수 있다

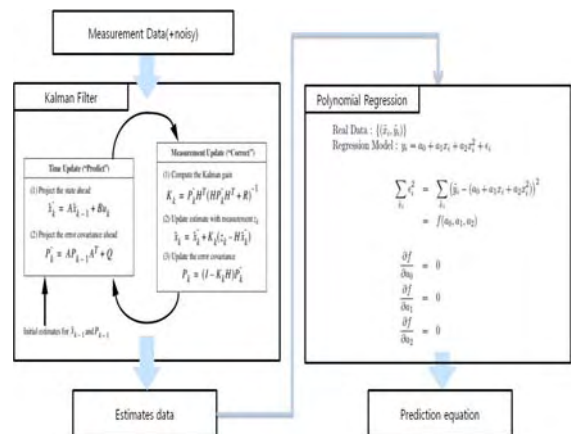
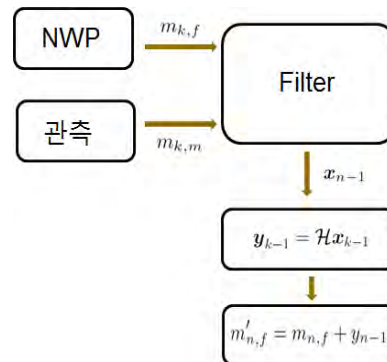


그림 3. Post-Processing 다이어그램

위 그림3 에서 k는 시간을 나타내는데 단위는 날(day)이다. f는 forecast 를 나타내고 m 은 관측 값을 표시 하므로 m_k, f 는 NWP 에 의한 값으로서 k번째 날의 예측 값을 말한다. m_k, m 은 k 날의 실제 관측 값을 의미한다. $k=1,2, n$ 이고 제안 기법에서는 $n=30$ 에서 60 정도가 되어야 한다. 예를 들어 n 이 30이라면 우리는 그전 30일 또는 60일의 데이터들이 필요하고 k가 29일 때의 x 값을 구하여 $k=30$ 인 날의 오차의 보정 값으로 사용한다.

또한 칼만필터를 통한 데이터 오류에 대한 보정을 통해 좀더 정확한 예측을 하도록 전처리를 하였다

2. 최적화 모델링

최적화 모델링은 발전기와 에너지저장장치의 최적화된 발전계획에 대한 해답을 얻기 위한 목적으로 고안된 방법론이다. 본 방법론은 최적화 프로세스와 최적화를 하기 위한 수학적 모델링 방법으로 구성되어있다. 최적화 모델링은 인덱스, 미지수(구하고자 하는 해), 목적식, 제약식, 상수로 구성하였으며 이들의 관계를 방정식으로 표현하여

수학적으로 최적화 모델을 구성하였다. 최적화 모델은 1차 연립방정식으로 고안되었으며 이 연립방정식의 해를 구하면 최적화 결과를 얻을 수 있다

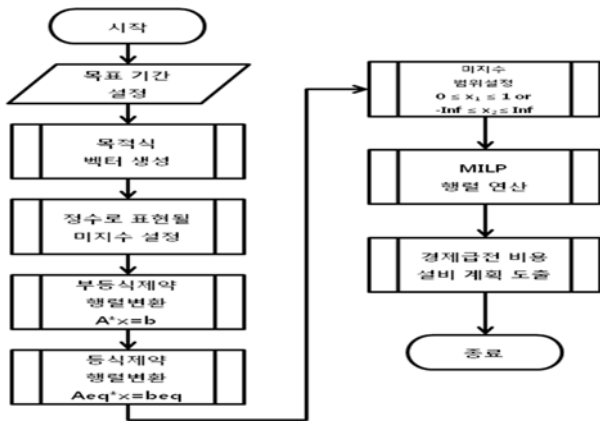


그림 4. 최적화 모델링 프로세스

본 연구에서 기존에 없던 최적화 방법론에 대한 프로세스를 수립하였다. 혼합정수 선형계획법을 사용하여 최적화 문제를 수학적 모델로 변환한다. 변환된 수학적 모델은 연산을 하기 위해 다시 $Ax=b$ 형태의 행렬로 변환시킨다. 그리고 행렬로 변환된 모델을 연산하여 설비의 운용 스케줄을 얻을 수 있다. 마지막으로 연산을 통해 얻어진 결과는 통계적 방법으로 유효한지 검증하고 실제 설비에 반영하게 된다. 최적화 모델링을 통해 구한 목적식은 구하고자 하는 해를 방정식으로 표현하면 <식1> 과 같다.

<식1>

$$A_1x+B_2x+C_3x+D_4x+E_5x+F_6x+G_7x+H_8x+I_9x-J_{10}x=y$$

즉, 인덱스, 미지수, 상수를 대입하여 전력 수요량을 만족시키면서 비용을 최소화하는 최적화 알고리즘을 나타내면 <식2>와 같다.

<식2>

$$\begin{aligned} \text{Minimize} = & \sum_u \sum_t (TurnOn_{u,t} \times startUpCost_u) + \sum_u \sum_t (TurnOff_{u,t} \times shutDownCost_u) \\ & + \sum_u \sum_t (IsUse_{u,t} \times omCost_t) + \sum_u \sum_t (IsDisCharge_{b,t} \times isdischargeCost_t) \\ & + \sum_u \sum_t (IsCharge_{b,t} \times ischargeCost_t) + \sum_u \sum_t (Production_{u,t} \times fuelCost_t) \\ & + \sum_b \sum_t (disCharge_{b,t} \times dischargeCost_t) + \sum_b \sum_t (Charge_{b,t} \times chargeCost_t) \\ & + \sum_t (PurchasePower_t \times purchaseCost_t) - \sum_t (SalesPower_t \times salesCost_t) \end{aligned}$$

III. 구현 및 결과

구현은 기상데이터와 발전기들의 특성이 저장되어있는 데이터베이스를 구축하고 예측과 최적화 연산은 MATLAB을 사용하여 프로그래밍하였다.

예측과 최적화 결과에 따른 발전계획으로 경제급전을 했을 시 비용이 줄어든 것이 일시적으로 우연이 아님을 증명하기 위해 통계적으로 Significant difference가 있는지 검증하였다. 통계적 검증을 하기 위해 30개 이상의 표본을 만들었다. 표본은 향후 30일간의 예측된 순 수요전력에 대한 30일간의 최적화 결과를 도출하여 경제급전과 일반급전 두 집단간의 독립표본 t-검정을 실시 하였다

	경제급전	일반급전
평균	855045.8	1013549
분산	8.8E+09	9.44E+09
관측수	30	29
가설 평균차	0	
자유도	57	
t 통계량	-6.37209	
P(T<=t) 단측 검정	1.76E-08	
t 기각치 단측 검정	1.672029	
P(T<=t) 양측 검정	3.51E-08	
t 기각치 양측 검정	2.002465	

그림 5. 결과 검증 통계

본 연구에서 제안하는 프로세스는 필요 전력 양에 따라 단순히 발전기를 가동하는 것이 아니라 현장 별로 발전에 소모되는 제반 비용들을 측정하고 발전기 개수, 배터리 개수 와 시간구간을 유동적으로 적용하여 각 현장 별로 맞춤형 알고리즘을 생성 할 수 있는 특징이 있다. 또한 최소의 비용으로 수요전력을 공급할 수 있는 최적의 해법을 얻음으로써 전력공급에 소모되는 비용을 획기적으로 절감 할 수 있다. 그리고 본 방법론이 적용한 에너지제어시스템은 기존 시스템 보다 한층 더 진보되고 신뢰성 있는 시스템으로 인정 받을 것이다

REFERENCES

- [1] Albadi, M. H. and El-Saadany, E. F., 스마트 그리드 환경의 전력소매시장을 위한 최적의 실시간 가격결정 모형에 대한 연구 113 “Demand response in electricity markets: an overview,” IEEE Power Engineering Society General Meeting, pp. 1-5, 2007.
- [2] Farugui, A., Harris, D., and Hledik, R., “Unlocking the €53 billion savings from Smart meters in the EU: How increasing the adoption of dynamic tariffs could make or break the EU’s smart grid investment,” Energy Policy, 2010.
- [3] Lijesen, M. G., “The real-time price elasticity of electricity,” Energy Economics, pp. 249-258, 2007.
- [4] Wang, J., Kennedy S., and Kirtley J., “A New Wholesale Bidding Mechanism for Enhanced Demand Response in Smart Grids,” Innovative Smart Grid Technologies, pp. 1-8, 2010.
- [5] Yusta, J. M., Ramirez-Rosado, I. J., Dominguez-Navarro, J. A., and Perez-Vidal, J. M., “Optimal electricity price calculation model for retailers in a deregulated market,” Electrical Power and Energy Systems, Vol. 27, pp. 437-447, 2005
- [6] G. Galanis, P. Louka, P. Katsafados, I. Pytharoulis, and G. Kallos, “Applications of kalman filters based on non-linear functions to numerical weather predictions,” in *Annales geophysicae*, vol. 24, no. 10. Copernicus GmbH, 2006, pp. 2451-2460.
- [7] P. Louka, G. Galanis, N. Siebert, G. Kariniotakis, P. Katsafados, I. Pytharoulis, and G. Kallos, “Improvements in wind speed forecasts for wind power prediction purposes using kalman filtering,” *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 96, no. 12, pp. 2348-2362, 2008.
- [8] S. Pelland, G. Galanis, and G. Kallos, “Solar and photovoltaic forecasting through post-processing of the global environmental multiscale numerical weather prediction model,” *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 21, no. 3, pp. 284-296, 2013.
- [9] E. Lorenz, T. Scheidsteger, J. Hurka, D. Heinemann, and C. Kurz, “Regional pv power prediction for improved grid integration,” *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 19, no. 7, pp. 757-771, 2011.