

# USN 기반의택내 분산 전력 관리 알고리즘 제안

조영록\* · 장민석\* · 이연식\* · 배석찬\* · 김원구\*\*

\*군산대학교 공과대학 컴퓨터정보공학과, \*\*전기공학과

## A Proposal of USN-based DER(Decentralized Energy Resources) Management Algorithm

YoungRok Cho\* · Minseok Jang\* · Yonsik Lee\* · SeokChan Bae\* · Weon-Goo Kim\*\*

\*Dept. of Computer Information Science, \*\*Dept. of Electrical Eng., Kunsan National University

E-mail : msjang@kunsan.ac.kr

### 요 약

에너지원의 고갈, 지구온난화 방지 및 탄소 배출량 감소라는 인류 절대적 과제에 대한 해결책 강구와 맞물리면서 스마트 그리드 시스템에 대한 요구가 절실히 요구되고 있는 실정이다. 이는 국내 외적으로 에너지 정책방향에 반영되고 있다. 이를 위해 요구되는 기술 중에는, 현재의 중앙 집중식, 단방향성 전력계통의 비효율성을 극복하기 위해 신재생에너지를 중심으로 하는 다양한 분산형 전원이 도입되어 소규모 발전시설로 생산한 전기를 계통과 효율적으로 연결, 전력 소비자에게 안정적으로 전달하는 시스템을 핵심 개념으로 하고 있다.

하지만 분산형 전원의 에너지원으로 주로 사용되는 풍력 및 태양광 발전은 기후 변화에 매우 민감하기 때문에 전기품질 문제를 야기할 수 있다.

본 논문에서는 분산형 전원 단위인택내 분산형 전원 시스템에 운용 가능한 신재생에너지원(풍력, 태양광)을 적용하고, 기후 데이터의 변화를 감지함으로써 문제 해결을 할 수 있는 시스템 관리 방법(알고리즘)을 제안한다.

### ABSTRACT

Needs for Smart Grid development are increasing all over the world as a solution to its problem according to depletion of energy resources, climatic and environmental rapidly change and growing demand for electrical power. Especially decentralized power is attracting world's attention. In this mood a new era for a unit scale of decentralized power environment is on its way in building. However there is a problem to have to be solved in the uniformity of power quality because the amount of power generated from renewable energy resources such as wind power and solar light is very sensitive to climate fluctuation. And thus this paper tries to suggest an energy management algorithm on basis of real time monitoring for meteorological data.

The proposed EMS model embodies the method for predicting the power generation by monitoring and analyzing the climatic data and controlling the efficient power distribution between the renewable energy and the existing power. The ultimate goal of this paper is to provide the technological basis for achieving zero-energy house.

### 키워드

Smart Grid, DER(Decentralized Energy Resources), Zero-Energy Home, Renewable Energy, Wind Power Generation, Solar Power Generation, USN, EMS(Energy Management System)

### 1. 서 론

택내 분산 전력 관리 알고리즘을 제안하기 위해서는 우선 발전량 예측의 오차 발생 원인에 대해 구체적으로 분석한 후 이를 바탕으로 관리 방법을 도출해야 한다.

### II. 전력 예측량 오차 발생 원인과 관련 데이터

첫째, 태양력 발전량에서 가장 중요한 변수는 발전계수이다. 보다 정확한 값을 산출하기 위해서는 최근 1년간의 일사량, 일조량, 실발전량을 반영하여야 한다. 이 기간은 계속 갱신되는 주기이므로 실시간으로 반영하여야 한다. 둘째, 기상청에서 제공하는 지역별 데이터는 같은 지역이더라도 편차가 발생할 수 있다. 따라서 기상청에서 제공하는 값과 실제 발전기에서 측정하는 값은 오차가 발생하게 된다. 셋째, 실제 발전기 주변의

기후 데이터에 근거한 발전량 예측량과 실제 발전량과 오차가 발생할 수 있다. 이는 발전기의 손실에서 비롯된다. 넷째, 최근 기후 데이터가 아닌 기상청에서 제공되는 실시간 예보 데이터를 통해 발전량을 예측할 경우 더 큰 오차를 발생시킬 수 있다. 이는 예보의 부정확성 때문이다. 따라서 과거 데이터와 예보 데이터를 고려해서 오차를 줄여야 한다.

표 1 관련 데이터 종류

구분	발전량 예측 관련													제어 관련		
실시간																
비실시간	○	○	○												○	
예보													○	○	○	
기상청 제공	○	○	○	○	○	○							○	○	○	
센서 수집							○	○	○							○
식1	○															
식2		○														
식3			○													
유형	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
Case1	-장기 평균 일사량															
Case2	-장기 평균 일조량															
Case3	-장기 평균 풍속															
Case4	-최근 평균 일사량															
Case5	-최근 평균 일조량															
Case6	-최근 평균 풍속															
Case7	-실시간 센서수집일사량+태양력 실발전량															
	-센서종류, 일사량센서 or 일사계 + 내부회로															
Case8	-실시간 센서수집 일조량 + 태양력 실발전량															
	-센서종류, 조도센서 or 조도계 + 내부회로															
Case9	-실시간센서수집풍속 + 풍력 실발전량															
	-센서종류, 풍속센서 or 풍속계 + 내부회로															
Case10	-기상청예보 날씨															
Case11	-기상청예보 날씨															
Case12	-기상청예보 풍속															
Case13	-발전유무 + 충전량 데이터															
	-회전센서 + 내부회로															
기타	-풍력발전기 특성데이터(비실시간)															

위에서 언급한 오차 원인에 따라 데이터를 발전량 예측에 관여하는 데이터와 제어에 관여하는 데이터로 대별될 수 있다. 이의 경우의 수는 아래와 같이 세분화할 수 있지만 분류 목적상 다른 조합도 가능하다. 이 중 실시간으로 센서를 통해 수집함으로써 오차를 줄이는 데 기여하는 데이터는 Case 7,8,9 범주에 속한다. 이를 수집하기 위해 필요한 센서 종류는 아래 표와 같다. 이 범주에 속하는 '실 발전량'은 경우에 따라 비실시간으로 축적된 데이터를 활용가능하다. 언급한 데이터 이외에도 터빈속도, 소비전력, 발전계수 등을 고려할 수 있으나 직접적으로 고려하는 대상에서 제외한다.

상기한 바와 같이 발전량 예측의 오차를 줄이기 위해서는 기후 정보(meteorological sensor data)의 실시간 모니터링을 기반으로 하는 발전량을 예측해야 한다.

II. 전력 관리 알고리즘 제안

본 장에서는 USN 모듈에서 수집한 데이터와

기상청[2]에서 제공하는 기후 데이터를 기반으로 풍력 및 태양력 발전량을 예측하는 알고리즘의 간략한 블록도를 제시하고자 한다. 기존 방식과 구별되는 특징은 기존에는 기후 예측을 기반으로 발전량을 예측하는데 반해 본 시스템에서는 발전량을 기반으로 예측한다는 것이다. 이와 같이 제안한 이유는 기후 데이터는 기본적으로 예측하기 힘들다는 특성을 가지고 있기 때문에 이를 바탕으로 발전량을 예측한다는 것은 요즘과 같이 환경변화가 심한 경우에는 그 예측오차의 편차가 심하기 때문이다. 따라서 본 제안에서는 발전량을 예측하는 계산식의 보정 계수를 실시간으로 조절하는 방법으로 예측치와 실측치와의 편차를 피드백 함으로써 예측치를 개선하고자 한다. 즉, 운용 시스템에 중점을 둔 예측을 하고자 한다.

알고리즘에 제공되는 기후 데이터는 크게 4가지 유형이다. '기상청 예보 데이터', '기상청 실시간 데이터', '실시간 센서 데이터', '기상청 평년 데이터' 등이 존재한다. 지금 세부적으로 각각의 데이터에 따른 발전량 예측 방법 및 관리 알고리즘에 대해 설명하겠다.

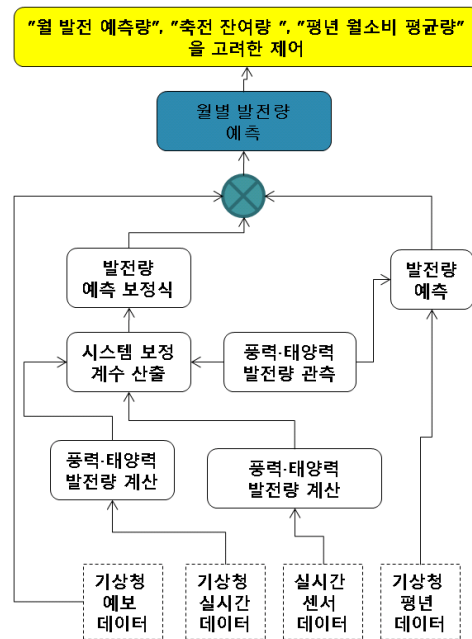


그림 1 발전량 예측에 따른 전력 관리 알고리즘

2.1 '기상청 예보 데이터'에 따른 발전량 예측방법

표 1의 Case 10,11,12에 속하는 기상청예보 날씨의 3시간마다 17개의 데이터(51시간=2일)를 제공한다. 이 데이터는 XML 데이터의 형태로 제공되기 때문에 관리 시스템에 이를 입력 처리하게 한다. 고려해야 할 점은 풍속 데이터와는 달리 태양 관련 데이터는 일조량 및 일사량의 단위가 아닌 '맑음(clearly)', '구름조금(little cloudy)', '구

름많음(mostly cloudy)', '비(rainy)', '눈(snowy)'의 5가지 종류를 제공하기 때문에 이를 일사량 및 일조량에 매핑시키는 방법이다. 날씨에 따라 지표면에 비치는 햇빛의 양이 달라지기 때문에 일사량이 아닌 일조량과 관계하기 때문에 예측 발전량은 다음과 같이 산출할 수 있다[1].

$$\begin{aligned}
 & \text{'발전량}_{sunfore}^{[w]} = \\
 & \text{'일조 예측시간}_{[h]} \times \text{'발전용량}(3,000_{[w/h]}) \times \text{'발전계수} = \\
 & \text{'최대 일조시간}_{[h]} \times \left( \sum_{i=1}^{17} (\text{날씨에 따른 일조지수})_i / 17 \right) \times \frac{51}{24} \\
 & \times 3,000 \times \text{발전계수} \tag{식1}
 \end{aligned}$$

여기서, sunfore는 예보 데이터(일조량)에 따른 발전량임을 의미한다.

최대 일조시간은 '일몰시각-일출시각'으로 구할 수 있으며, 날씨에 따른 일조지수는 각 날씨에 대해 다음 표 2와 같이 매핑하도록 설정한다. 여기서 '최대 일조시간'은 1일의 일조시간이므로 예보 시간(17\*3=51h)을 24시간으로 나눈 값을 곱한다. 발전계수는 기상청 실시간 데이터에 의해 산출된 값을 활용하기로 한다.

표 2 날씨대 일조지수 매핑표

예보날씨	clearly	little cloudy	mostly cloudy	rainy	snowy
일조지수	1	0.5	0.1	0	0

예측 발전량을 계산하는 방법은 다음과 같다.

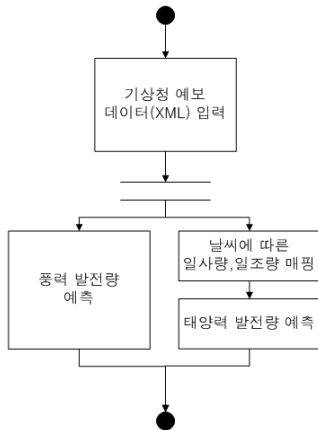


그림 2 기상청 예보에 따른 발전량 예측 방법

### 2.2 '기상청 실시간 데이터'에 따른 발전량 계산방법

기상청에서 실시간으로 기후 데이터를 제공하고 있다. 하지만 본 논문에서는 월 평균 데이터를 기반으로 하기 때문에 기상청에서 제공하는 최근 월평균 데이터를 고려하기로 한다. 1년 정보를 사용하기 때문에 최근 데이터는 기상청에서 제공하는 실시간 데이터를 사용한다고 할 수 있다. 이는 표 5.1의 Case 4,5,6에 해당되며, 기상청 웹사이트

의 연 월보 자료로써 제공된다. 이를 통해 계산하는 방법은 다음과 같다.

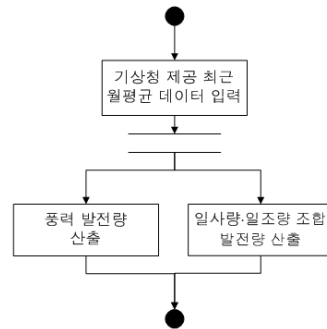


그림 3 기상청 실시간 데이터에 따른 발전량 예측방법

### 2.3 '실시간 센서 데이터'에 따른 발전량 예측방법

본 논문에서는 여러 가지 유형의 기후 데이터를 기반으로 발전량을 예측하지만 예측량과 실 발전량과의 오차를 줄이기 위해서는 실시간 데이터가 예측의 기반이 되어야 한다. Case 7,8,9가 실시간 데이터에 해당되며, 이를 수집하기 위해서 USN 기법을 활용할 것을 제안하며 관여하는 센서는 일사량 센서(혹은 일사계), 조도센서(혹은 조도계), 풍속센서(또는 풍속계)이다.

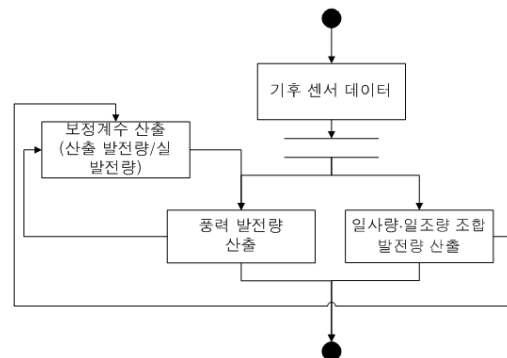


그림 4 실시간 센서 데이터에 따른 발전량 예측 방법

하지만 고려해야 할 점은 센서의 값에 따른 발전량 예측량이 실 발전량과는 역시 오차가 발생할 수 있다는 것이다. 이는 기계적인 특성에 기인한다. 따라서 여기서도 실 발전량에 기반한 보정계수를 산출해서 반영하여야 한다. 이때 보정계수는 식 1의 보정계수와는 달리 연간 총 발전량을 고려하지 않아도 된다. 그 때의 일간 혹은 월간 발전량과 같이 단기간의 발전량을 고려해도 된다. 그 이유는 실시간 데이터에 기반한 발전량 예측이기 때문에 그만큼 오차의 요인이 적게 작용하기 때문이다.

### 2.4 '기상청 평년 데이터'에 따른 발전량 예측방법

기상청에서 제공하는 평년 데이터에 기반한 발전량 예측 방법은 기존 식을 반영해서 산출한다.

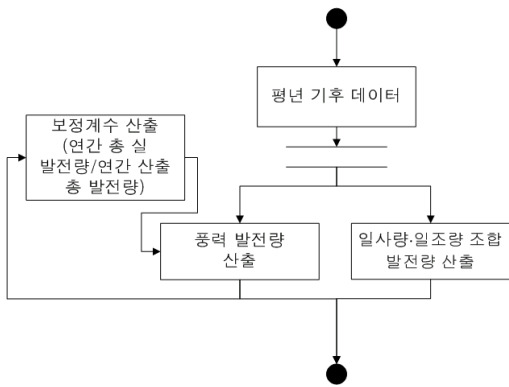


그림 5 평년 데이터에 따른 발전량 예측 방법

### III. 분산 전력 관리 알고리즘 제안

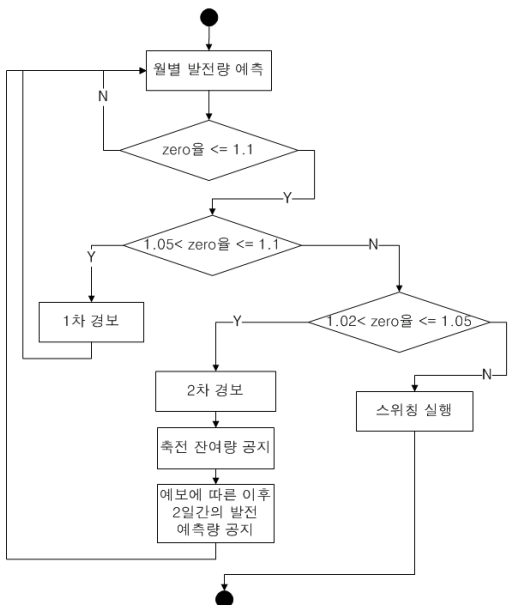


그림 6 전력 관리 알고리즘

본 장에서는 상기한 월별 발전량 예측량, 축전 잔여량, 평년 월소비 평균량을 기반으로 전력 시스템을 관리하는 방법에 대해서 언급한다. 전력계통의 경우 발전 설비는 피크타임 전력수요량의 10% 정도의 예비전력 수요를 감안하여 건설되듯이 분산 전력의 경우에도 이 수치를 활용해서 수요량의 10% 이상의 축전 잔여량이 존재하지 않은 경우, 본 논문의 용어를 인용하면 zero율이 1.1 이하로 떨어질 경우 이에 대한 경보를 주도록 한다.

1.1 이하로 떨어질 경우 1차 경보를 주고, 1.05 이하로 떨어질 경우 2차경보를 주며 축전 잔여량을 소비자에게 공지하며 예보량에 따른 전력 예측량을 공지함으로써 단기 예측을 하도록 한다. 만약 1.02 이하로 떨어질 경우 교류전력 시스템으

로 스위칭 되도록 조치함으로써 가정 전자 전기 제품의 안정성을 보장하도록 한다.

이상과 같이 본 논문에서는 스마트그리드 연구가 요구되는 현 시점에서 그 통신네트워크 기술 방식 중 USN 기술을 데이터 수집 및 제어에 적용하는 기후에 따른 태내 분산 전력 관리 시스템을 제안하였다.

현재로서는 USN 기술을 시스템의 기본 네트워크 인프라로 활용하기 위해 도입하고 있는 실정이다. 이와 달리 본 논문에서는 USN 기술을 센서 모듈로부터 기후 및 제어 데이터를 수집 제어하는데 활용하며 이 데이터를 기반으로 발전량을 예측하고 시스템을 제어하는 USN-기반의 분산 전력 관리 알고리즘을 제안하는데 활용한다는 점이 주된 차이점이다.

### V. 결 론

본 논문에서는 스마트그리드 연구가 요구되는 현 시점에서 그 통신네트워크 기술 방식 중 USN 기술을 데이터 수집 및 제어에 적용하는 기후에 따른 태내 분산 전력 관리 시스템을 제안하였다. 현재 스마트그리드 시스템에 적용하는 네트워크 기술로 전용선 방식, 전력선 통신 방식, 무선통신 방식 등이 고려되고 있지만 Zigbee 기반의 USN 무선통신 방식을 업계 다수의 업체에서 해당 기술을 적용하고 있으며, 향후 지속적으로 확대 구축될 것으로 기대되고 있다. 이는 배선 비용 절감, 시스템 구축기간 단축, 건물 구조변경에 유연성, 저전력 소비 등의 장점이 있기 때문이다. 실제로 AMI 시스템의 일부에 이동통신이나 USN을 채택한 곳이 전체의 92%에 달하는 점은 무선 기술의 필요성을 절감하고 있다는 반증이다[3,4]

향후 본 논문에서 제안한 방법을 실제 태내 분산 전원 시스템에 적용함으로써 효율성 검증 및 보다 효율적인 알고리즘의 보완을 연구 계획하고 있다.

### 감사의 글

본 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구 결과임(No. 2009-0074891).

### 참고문헌

- [1] 김현태, "월별일사량과 태양광발전량 예측 및 경제성 검토 연구", 연세대 공학대학원 석사학위 논문, 2006
- [2] 기상청, <http://kma.go.kr>
- [3] USN 기반 AMI 서비스 및 기술동향: 전력산업과 USN 산업의 융합기술, 전자통신동향분석, 제23권, 제5호, 2008년 10월
- [4] On World Inc., "WSN for AMI & Demand Response," Nov. 2007.