지능형 전력망 사용 빌딩을 위한 유전 알고리즘 기반의 전력제어 기법 설계

방재룡, 김현태, 안창욱
성균관대학교 컴퓨터공학과
e-mail:bjr1088@gmail.com, arkii@skku.edu, cwan@skku.edu

Genetic Algorithm based Power Control Method for Smart Grid Building

Jaeryong Bang, Hyun-Tae Kim, Chang Wook Ahn
Department of Computer Engineering Sungkyungkwan University

요 약

최근 지능형 전력망을 통한 전기요금의 실시간 측정이 가능해지면서 시간별 전력 사용량 및 이에 해당하는 비용 산출이 가능하게 되었다. 이에 따라 전기 요금 절감을 위해서는 매 시간 전력 소모를 체크하고 제한 전력 이상을 사용하지 않아야 한다. 본 논문은 지능형 전력망 사용 빌딩에 유전알고리즘을 이용하여 전력을 효율적으로 제어할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 각 시간대별 전력 소모량을 계산하여 제한 전력을 넘는 사용량은 다른 시간대로 분산하고 사용하지 못한 전력은 나머지 연산을 통하여 전력 소모량이 최소인 시간대에 분포시키는 나머지 연산을 적용하였다. 또한 실제 전기 사용량 데이터를 기반으로 제안기법이 시간대별 전력소모량의 편차를 해소하고, 기존 전력 사용 패턴에 비해 전력요금의 절감에 기여할 수 있음을 확인 하였다.

1. 서론

최근 지능형 전력망(Smart grid) 사업으로 실시간 전력량 측정이 가능해졌다. 이에 따라 전기 요금 체계가 월별 누진제에서 실시간 누진제로 변경되고 있다. 지능형 전력망이 전국적으로 적용된다면 이에 따른 새로운 전기 과금 정책에 맞춘 절약 대책의 수요가 증가할 것이다 [1].

본 논문에서는 여러 빌딩들을 사용하고 있는 공공기관 및 기업에서의 빌딩별 전력소모량을 체크하고, 각 빌딩별로 전력 소모의 시간대별 편차를 줄여 전력 요금을 감소시키는 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 본 논문에서는 유전 알고리즘을 이용하여 최적화된 전력소모를 위한 분포를 탐색한다. 즉, 총 필요 전력은 동일 하지만 사용 시간대를 분배하고 제한 전력을 넘지 않도록 하여 효율적으로 전력요금을 절감할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대한 소개를 하고, 3장에는 제안 알고리즘 소개, 4장에서는 실험 및 결과분석, 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 유전 알고리즘 (Genetic Algorithm)

유전 알고리즘은 다윈의 진화 이론을 적용한 알고리즘으로 자연선택, 변이, 유전 등의 원리를 차용하여 최적의 해를 찾는 알고리즘이다. 유전 알고리즘에서는 풀고자 하는 문제의 가능한 해들을 해집단 (population) 으로 설정하고, 이를 점진적으로 변형시켜 최적의 해를 찾아낸다. 여기서 각각의 해들 (individuals) 의 구조는 교배를 통해 후손을 만드는데, 다윈의 적자생존 원칙에 의해 적합도가 더 높은 유전자가 더 많은 유전정보를 남긴다. 또한, 일부 유전 정보만이 살아남아 다양성이 유지되지 않는 것을 방지하기 위해 돌연변이가 일어나 전체 해 집단의 다양성을 유지한다 [2].

2.2 지능형 전력망 (Smart grid)

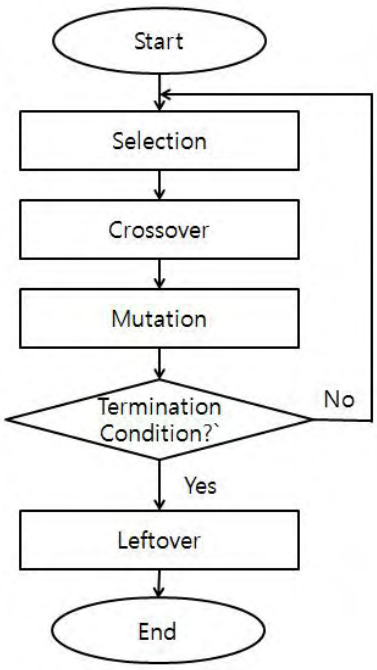
지능형 전력망은 기존 전력망에 정보통신 기술을 결합하여 공급자와 소비자가 상호작용함으로써 효율성을 높인 새로운 형태의 전력망이다 [3]. 지능형 전력망을 이용하면 필요한 만큼 전기를 생산하고 소비할 수 있다는 장점이 있다. 다시 말해, 전력 소비자는 실시간으로 전력 사용량을 측정할 수 있어 효율적 소비가 가능하다. 또한, 전력 생산자 측은 전력 사용 현황을 실시간으로 파악할 수 있어 탄력적인 전력 공급이 가능하다.

본 논문에서는 효율적인 전력 제어를 통한 전력 요금 절감을 위해 지능형 전력망과 유전 알고리즘을 활용한 새로운 형태의 알고리즘을 제안한다. 또한, 본 논문의 실험에 적용된 데이터는 Cornell 대학의 2014년 9월 1일부터 9월 10일까지의 빌딩 전력 소모를 시간대별로 평균값을 계산하여 사용하였다 [4].

3. 제안 알고리즘

3.1 알고리즘 구성

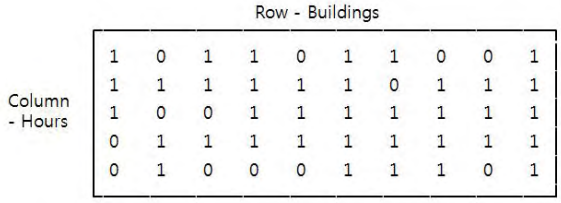
선택 단계에서 첫 해 집단을 이용하여 다른 해 집단을 만들고 교차 단계에서 다음 세대를 만든다. 돌연변이 연산을 시행 후 선택되지 않은 해들의 나머지 연산을 실행한다. 각각 해의 적합도를 평가하고, 이를 제한 세대동안 반복한다. 제한 세대가 지나면 프로그램을 종료한다. 적합도는 각 시간의 전력 소모량의 합을 구한 후 0시부터 23시까지 그 값을 더해주었다. 선택 연산에서는 유전자를 비교하여 적합도가 높은 해를 선택하였다. 교차 연산에서는 두 유전자를 균등 교차하여 다음 세대를 만들어 주었다. 그 후 돌연변이 연산으로 돌연변이 확률 보다 낮을 경우 개체의 선택을 반대로 하였다. 마지막으로 나머지 연산에서는 선택이 되지 않은 개체들을 제한전력이 넘지 않는 개체에 우선적으로 넣어주었다. 위 과정을 반복 후 제한 세대수에 도달하면 프로그램을 종료하였다. 제안 알고리즘은 그림 1과 같다.



(그림1) 제안 알고리즘 순서도

3.2 개인 개체의 인코딩

그림 2과 같이 각각 빌딩의 전력 소모량을 행으로, 시간을 열로 구성하여 전력을 소모하면 1, 소모하지 않으면 0으로 설정 하여 일차원 배열에 할당하였다. 이때 0은 해당 전력 소모가 해당 시간에 꺼진 상태를 의미하고, 1은 켜진 상태를 나타낸다. 각 시간대별로 제한 전력을 넘지 않게 개인 개체를 초기화 해주었다. 초기 해 집단은 500개의 해를 랜덤하게 발생시켜 구성하였다 [5].



(그림 2) 개인 개체의 인코딩 방법

3.3 선택 연산

선택연산은 한 세대에서 다음 세대로 전해지는 해의 후보가 되는 해들을 선택하는 연산이다. 대표적인 선택 연산에는 룰렛휠, 토너먼트, 순위기반 선택 등이 있다. 본 논문에서는 두 개의 유전자를 임의로 선택하여 적합도를 비교한 후 적합도가 높은 유전자를 선택하는 토너먼트 방식을 사용하였다 [6].

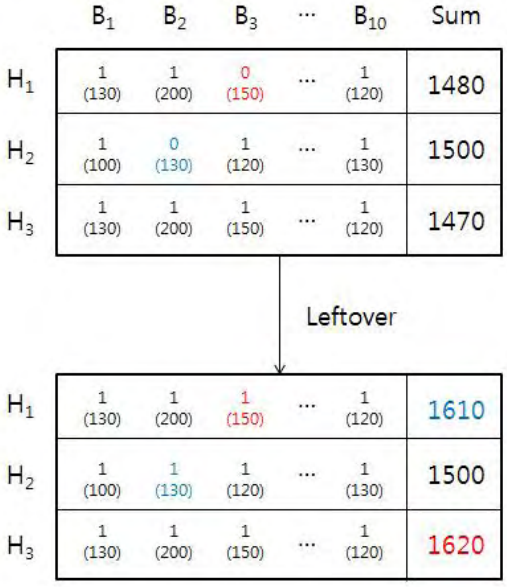
3.4 교차 및 변이 연산

유전 알고리즘에서 선택된 두 개인개체는 교차 연산을 통해 새로운 개인개체를 형성하게 된다. 대표적인 교차 연산에는 해를 두 개로 나누는 일점 교차, 다점 교차, 균등 교차 등이 있다. 본 논문에서는 균등 교차를 사용하였다. 균등 교차는 임계 확률 P_c을 설정한다. 가장 일반적인 임계 확률은 0.5이고, 본 논문에서도 이를 사용하였다. 두 부모해로부터 각각의 유전자 위치에 대하여 난수를 발생 시킨 다음, 이 값이 P_c 이상이면 첫 번째 부모해로부터 유전자를 복사해오고 P_c 미만일 경우, 두 번째 부모해로부터 유전자를 복사해온다. 변이 연산은 주어진 해의 유전인자의 값을 임의로 변경하여 다른 해로 변경하는 연산이다. 이는 전체 세대가 지역 최적해에 빠지는 것을 방지해 줄 수 있다. 변이 연산에서 변이 확률 P_m을 설정 후 각 유전자에 대하여 확률 계산을 하여 변이 확률 P_m보다 낮을 경우에는 각 개체의 선택을 반대로 하고 그 이상이 나올 경우에는 그대로 둔다. 본 논문에서는 변이 확률 P_m을 0.1로 하여 실험하였다.[6].

3.4 나머지 연산

선택, 교차, 변이 연산 시 각 시간대별로 제한 전력을 넘지 않게 선택을 하였기에 선택되지 않은 해가 있다. 나머지 연산의 경우, 각 개체에서 선택이 되지 않은 해를 전력 소모가 가장 적은 시간대에 넣어주고 모든 해가 선택이 될 때까지 반복한다. 그림 3은 제안기법에서 적용한 나머지 연산을 도시화 한 것이며 0과 1은 전력 사용에 대한 선택 여부이고, 괄호 안의 숫자는 소모 전력이다. 예를 들어 H_1에서 선택이 되지 않은 B_3의 경우 선택 여부를 선택으로 바꾸어주면서 소모 전력의 합이 가장 적은 H_3에 B_3의 소모 전력을 추가하였다. H_2에서 선택이 되지 않은

의 경우 선택 여부를 선택으로 바꾸어주면서 소모 전력이 가장 적은 H_1 시간대에 B_2의 소모 전력을 추가하였다.



(그림 3) 나머지 연산 방법

4. 실험 및 결과 분석

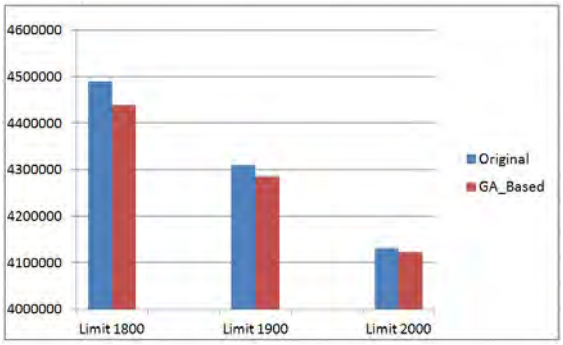
본 논문에서 수행된 실험데이터는 Cornell 대학의 2014년 9월 1일부터 9월 10일까지의 10개의 빌딩을 임의로 선택하여 사용하였으며 일정한 제한 전력을 설정하여 제안 기법에서 생성된 전력 사용량의 유용성을 검증하였다. 모든 실험 결과는 100번 반복 수행 한 후 평균 값을 사용하였다.

표 1은 실험을 위한 환경 변수를 나타내고 있다. 표 1에서 볼 수 있듯이 제한 전력을 1800, 1900, 2000으로 설정하여 요금을 계산하였으며 제한 전력을 초과 시 추가 사용 전력에만 누진세를 적용하였다. 또한 제한 전력 이하인 경우에는 일반적인 전기요금을 적용하였다. 전기요금은 한국의 교육기관용 고전압 요금을 적용 하였다 [7].

<표1> 실험 환경 변수

Data	Number
Number of Buildings	10
Hours	0 ~ 23
Power Limit	1800, 1900, 2000
Population	500
Generation	100

실험 결과 제한 전력이 낮을수록 절감되는 전기 요금 비율이 높아졌다. 즉, 전력 소모량이 많을수록 전기 요금을 더 절약할 수 있음을 확인하였다. 제안 기법을 사용한 전력 사용은 기존 전력 사용 데이터에 기반한 전력 요금 대비 시에 1.2%, 0.5%, 0.3% 절감되었다. 이는 제안기법을 이용한 전력제어로 전력소모의 편차를 줄여 나온 결과로 볼 수 있다. 본 논문에서는 임의의 10개의 빌딩으로 실험을 하였으나, 빌딩 수가 많고 제한 전력을 초과하는 전력 소모량이 많을수록 전력 요금이 더 많이 절약될 것으로 예상된다.



(그림4) 제안 기법을 이용한 전력 제어와 기존 전력 사용량 데이터 간의 전기요금 비교

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 지능형 전력망을 이용한 실시간 전력량계가 사용되는 상황에 적합한 유전 알고리즘을 이용한 전력 제어 기법을 제안하였다. 제안 알고리즘에서는 전력을 사용하는 빌딩의 수에 따른 전력 사용량을 개인개체로 설정하고 각 개체의 적합도는 시간 당 전력 소모량의 합으로 높은 값을 나타내는 개체가 높은 적합도를 갖는다. 100세대 동안 선택, 교차 변이 연산을 수행 한 후 나머지 연산을 통해 사용되지 않은 전력을 시간대를 분산시켜 전력 요금을 최소화 하였다. 이를 바탕으로 실제 전력 사용량 데이터를 이용한 실험을 통해 제안 기법을 이용하여 전력 요금을 기존에 비해서 절약 할 수 있음을 확인 하였다. 또한 제안 알고리즘을 이용하여 전력 제어 시 사용자와 전력 공급자 모두에게 전력요금 절감과 탄력적인 전력공급을 할 수 있는 환경을 만들어 줄 수 있을 것으로 예상된다.

본 논문의 결과는 지능형 전력망이 적용된 빌딩의 전력 제어 기술 확산에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 시간대별 전력 소모량의 편차를 해소할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 사용자의 편의는 고려하지 못하였다. 추가적으로 사용자의 편의까지 고려한 알고리즘 연구가 필요할 것으로 예상된다.

이 논문은 2012년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2012R1A2A2A01013735)

참고문헌

[1] 한국 스마트그리드 사업단 “스마트그리드 2030” (http://www.smartgrid.or.kr/09smart2-6-1.php), 2014

[2] John Holland "Adaptation in Natural and Artificial System", 1975

[3] "에너지 통계 연보(Yearbook of Energy Statistics), 지식경제부, 에너지경제연구원", ISSN 1226-606Xz, 2011

[4] Cornell University's Electric Power Usage (http://portal.emcs.cornell.edu/), 2014. 09

[5] 서유리, 윤소영, 장혜린, 반효경 "Power Scheduling of Smart Building Using Genetic Algorithms", 한국정보과학회 학술발표논문집, Vol.38 No.2B, 2011

[6] Ulrich Bodenhofer "Genetic Algorithms Theory and Applications" 3rd Ed. October, 2003.

[7] 한국전력공사 "전기요금약관" (http://cyber.kepco.co.kr/ckepco/front/jsp/CY/D/C/CYDCHP00401.jsp), 2014. 09