

# 스마트 그리드에서 기기별 전력 요구량에 기반한 전력 사용 스케줄 기법<sup>1)</sup>

이 정 훈, 김 혜 진  
제주대학교 전산통계학과  
e-mail: {jhlee, hjkim82}@jejunu.ac.kr

## Power consumption scheduling scheme based on the per-appliance power requirement on the smart grid

Junghoon Lee, Hye-Jin Kim  
Dept of Computer Science and Statistics, Jeju National University

### 요 약

본 논문에서는 스마트 그리드 시스템에서 사용자의 전력 사용 요구를 받아 이를 효율적으로 스케줄링하는 시스템을 설계하고 그 프로토타입을 구현한다. 각 기기들이 시작가능시간, 종료시한, 시간대별 사용량 변화를 명세하는 프로파일 등을 스케줄러에 넘겨주면 스케줄러는 각 작업의 시작가능시간과 여유시간 내에서 작업들을 배치한 후 리키시브하게 서치 스페이스를 확장하여 가장 최소의 단위시간당 최대 전력 요구량을 갖는 스케줄을 찾아낸다. 비선점형 작업의 특성에 의해 스페이스 확장의 복잡도를 크게 줄일 수 있으며 최소비용 소비 스케줄 등 다양한 목표를 위해 변경될 수 있다. 구현된 시스템은 주어진 작업 집합에 대해 최대 전력 요구량을 30 % 감소시키는 스케줄을 생성한다.

### 1. 서론

스마트 그리드는 기존의 전력망에 컴퓨터 네트워크 기술을 접목시켜 전력사용을 효율화하고 생산자와 소비자간 다양한 양방향 서비스를 제공하는 플랫폼으로 차세대 녹색기술의 핵심 중 하나로 기대되고 있다 [1]. 이 스마트 그리드에서 수요반응 (Demand Response) 기술은 주변환경, 즉 전력의 보급 가격, 피크 시간대 분포 등에 의해 소비자의 전력 사용을 관리하여 전력사용의 지역적 전역적 최적화를 목적으로 하고 있다.

소비자 기기의 전력 사용은 사용시작 시간부터 종료시간까지 일정한 전력을 요구하는 것이 아니라 사용시간의 경과에 따라 전력요구량이 변화하기 때문에 프로파일로 명세화할 수 있다 [2]. 장치 사용에 있어서 시작 가능 시간과 종료시한 및 사용 패턴이 명세되는데 사용 패턴에는 선점형과 비선점형이 있다. 선점형 장치 사용은 전기 자동차나 다양한 배터리를 충전하는 과정과 같이 전력사용이 연속적이지 않아도 되는 경우이다. 비선점형 장치 사용은 세탁기나 믹서기와 같이 한번 작업이 시작되면 종료할 때까지 중단없이 계속되어야 하는 경우이다.

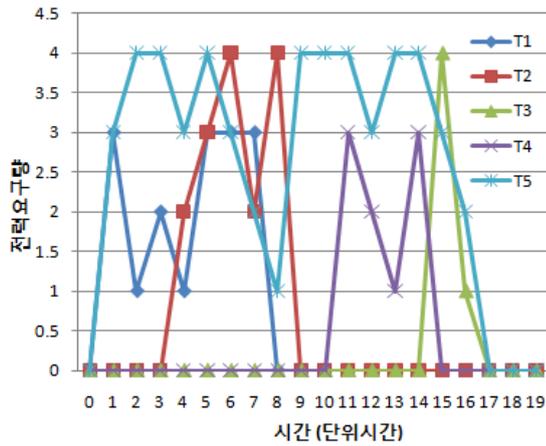
수요 반응 서비스는 이런 프로파일을 기반으로 전력 사용 스케줄을 결정하여야 하며 시간대별 최대 소비량의 최소

화, 비용의 최소화 등 다양한 목적을 갖는다 [3]. 이러한 스케줄 문제는 bin-packing 문제로 귀착되어 단위시간의 구간을  $m$ , 사용할 기기의 수를  $n$ 이라고 할 때 최악의 경우  $O(2^{mn})$ 의 복잡도를 갖는다 [4]. 따라서 휴리스틱이나 병렬 처리에 의해 그 속도를 개선하여야 하며 이는 기본적으로 시작 가능시간과 종료시한 내에서 기기를 구동하도록 하는데, 특히 비선점형 작업의 경우는 작업 시작시간이 결정되면 종료시까지 연속적으로 작업이 수행되도록 하여 서치 스페이스를 대폭 감소시킬 수 있다.

### 2. 전력 소비 스케줄 계산

(그림 1)은 5개의 기기의 전력사용에 대한 프로파일을 보이고 있다. 본 논문에서는 각 기기들이 비선점형으로, 즉 한번 사용이 시작되면 작업이 종료될 때까지 사용된다고 가정한다. 이는 일차적으로 전역 소비 스케줄에 대한 서치 스페이스 크기를 감소시켜 수행시간의 단축을 기할 수 있다. 태스크 1은 시간 1부터 수행이 가능하며 시간 19 이내에 종료되어야 한다. 또, 작업시작 후 7단위시간 후에 종료된다. 다른 작업들도 이와 같이 명세화되어 있으며 만약 시작가능 시간에 바로 기기의 사용이 시작된다면 최대 사용량은 10 단위전력이 된다. 스케줄의 목적은 여러 가지가 있을 수 있으며 본 논문에서는 최대 사용량을 최소화하고자 한다. 이는 각 가정 혹은 빌딩에서 독립적으로 스케줄이 수행될 때 전역적인 조정이 어려워 최대사용량을 줄이는 것이 전역적인 부하 균배에 도움을 주기 때문이다.

1) 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-(C1090-1011-0009))



(그림 1) 각 기기별 전력요구량 변화

(그림 2)는 이러한 스케줄링 목적을 기반으로 스케줄러를 구현한 것을 보이고 있다. 비선점형 작업은 시작 가능시간부터 여유시간, 즉 종료시간-수행시간까지 범위에서 작업이 시작될 수 있으며 각 작업이 위치할 수 있는 조합이 서치 스페이스가 된다. (그림 1)에서 주어진 작업들은 start, tou (time of use), deadline 등으로 명세화되어 작업 시작 시간을 리커시브하게 하나씩 배치하고 이의 시간별 최대 사용량을 계산한다. 이 과정에 의해 가장 최소의 값을 갖는 스케줄이 선택된다.

```
// Utility routines for power compensation schedule
void CopyProfile(int row, int start) {
    int i, len = task[row].tou;
    for (i=0; i<len; i++)
        SpaceTab[row][i+start] = task[row].prof[i];
    return;
}

void ProcessLine() {
    int res;
    res = GetMaxPowerReq(SpaceTab);
    if (res < localMin) {
        localMin = res;
        StoreTab();
    }
}

// main routine Recursive allocation
void AllocateSmart(int r) {
    int i;
    if ( r == numTask) {
        ProcessLine();
        return;
    }
    for (i=task[r].start; i+task[r].tou <= Slot; i++) {
        ClearLine(r);
        CopyProfile(r, i);
        AllocateSmart(r+1);
    }
}
}
```

(그림 2) 전력소비 스케줄 코드

### 3. 수행 결과 및 결론

(그림 3)은 이상에서 구현된 스케줄러에 의해 산출된 작업 스케줄로서 최대 사용량이 7 이내로 한정됨을 보이고 있다. 따라서 시작 가능시간에 바로 시작하는 경우에 비해 30 %의 최대 사용량 감소를 가져올 수 있다. 비선점형 작업의 경우 서치 스페이스의 탐색 노드 수가 현저히 감소하여 대기 작업이 5 이상인 경우도 지연없이 바로 스케줄을 산출할 수 있을 뿐 아니라 새로운 작업의 도착에 의한 재스케줄도 효율적으로 수행될 수 있다.

시간	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1	0	3	1	2	1	3	3	3	0	0
T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	3	4	4	3	4	3	2	1	4
합	0	6	5	6	4	7	6	5	1	4

시간	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	0	0	0	2	2	4	2	4	0	0
T3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1
T4	0	0	0	0	0	0	3	2	1	3
T5	4	4	3	4	4	3	2	0	0	0
합	4	4	3	6	6	7	7	6	5	4

(그림 3) 전력소비 스케줄 결과

본 논문에서는 스마트 그리드 시스템에서 사용자의 전력 사용 요구에 따라 효율적으로 스케줄링하는 기법을 설계하고 구현하였다. 우선적으로 비선점형 작업들의 집합에 대해 서치 스페이스를 탐색하여 단위시간대별 최대 사용량을 최소화하는 스케줄을 발견하도록 하였으며 주어진 작업 집합에 대해 30 % 감소된 최대 사용량을 갖도록 하였다. 본 논문에서 개발된 플랫폼을 기반으로 소비자 비용을 최소화하는 스케줄의 작성, 많은 수의 로컬 스케줄러들을 조정하여 전역적으로 전력 소비에 있어서 주어진 효율화 목표를 달성하는 스케줄링 기법들을 실험하고 개발할 수 있다.

#### 참고문헌

- [1] C. W. Gellings, The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response. The Fairmont Press (2009)
- [2] A. Ipakchi, F. Albuyeh, "Grid of the future," IEEE Power & Energy Magazine, 2009, pp.52-62
- [3] T. Facchinetti, E. Bibi, M. Bertogna, "Reducing the peak power through real-time scheduling techniques in cyber-physical energy systems," Workshop on Energy Aware Design and Analysis of Cyber Physical Systems, 2010.
- [4] O. Derin, A. Ferrante, "Scheduling energy consumption with local renewable micro-generation and dynamic electricity prices," GREEMED 2010.