

# 장시간 에너지 수확을 위한 저전력 전원관리모듈 설계

하형욱, 김성일, 김종국  
고려대학교 전기전자전파공학부  
e-mail : rectifier@nate.com

## Design Low-power Power Management Module for Long-term Energy Harvesting

Ha Hyoung-uk, Sung il Kim, Jong-Kook Kim  
School of Electrical Engineering, Korea University

### 요 약

친환경 에너지가 이슈가 되면서 버려지는 에너지를 유용하게 사용하는 에너지 수확기술에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히 밀도가 낮은 에너지를 수집하여 저장하는 장치에 대한 연구가 활발하다. 하지만 대부분의 전원관리 회로가 수동적인 회로로 이루어져 있어 여러 상황에 대처하기에는 부족함이 있다. 본 논문은 저전력 마이크로프로세서를 이용하여 계속적으로 배터리 대용의 대용량 캐패시터의 전압을 집짐, 관리하는 시스템을 제안하고자 한다. 이를 통하여 변화하는 환경에 맞추어 캐패시터의 전압 수준을 효과적으로 제어할 수 있을 것으로 예상된다.

### 1. 서론

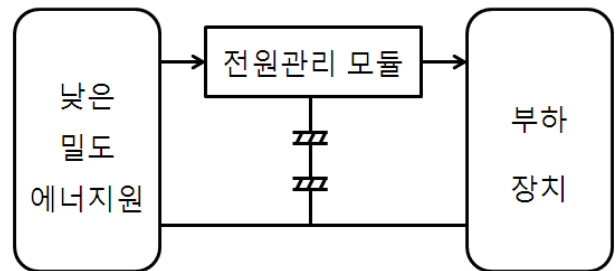
최근 에너지 고갈 문제에 대비해 효율적인 에너지 기술이 중요해지고 있다. 그 중에서도 버려지는 에너지를 다시 쓸 수 있는 에너지로 변환하는 ‘에너지 수확기술’은 근거리의 기계장치에 에너지를 효율적으로 공급할 수 있어 연구가 활발하게 진행되고 있다. 주변 환경에서 에너지를 얻어내는 에너지 수집기술이 얻어낼 수 있는 대부분의 에너지는 아주 낮은 밀도를 가지고 있기 때문에 높은 밀도의 매체에 따로 집적해야 할 필요가 있다. 이러한 에너지 수집에 이용되는 회로는 대부분 간단한 저항과 캐패시터, 트랜지스터로 이루어진 회로로 되어있다. [1] 하지만 이런 회로는 아주 적은 정해진 전류에서만 사용될 수 있어 상황변화에 따른 전류의 증가나 감소에 원치 않는 동작을 할 가능성이 높다. 전압의 불안정은 연결된 동작회로의 불안정으로 이어지기 때문에 변화에 대처를 하는 것은 매우 중요하다.

본 논문에서는 장시간 에너지 수집을 위한 저전력 범용 전원관리모듈을 제안한다. 제안한 전원관리모듈은 다양한 에너지원에 대응할 수 있고 에너지원의 상황의 변화에 대처할 수 있는 능동적인 전원관리를 목표로 한다. 또 추가적으로 안정적인 전원으로서 이용하기 위해 에너지를 저장하는 매체로 대용량 캐패시터를 이용하기로 한다.

### 2. 기초적인 구조

에너지 집적기술로 모을 수 있는 에너지의 종류는 다양하다. 기본적으로는 태양전지를 이용하지만 최근에는 압전 센서나 사용하지 않는 전파 등을 이용하기도 한다. [2] 각 에너지원이 낼 수 있는 전력은 차이가

심하므로 이에 맞춘 회로를 설계한다. 그리고 이러한 에너지 수집기술을 대용량 캐패시터에 적용하기 위하여 특수한 충/방전회로를 설계해야 할 것이다. 전체적인 구조는 그림 1 과 같다.



(그림 1) 예상되는 전원관리 모듈의 개념도

### 3. 전원관리 모듈에 대한 상세

전원관리 모듈은 크게 세 부분으로 나뉘어진다. 낮은 밀도 에너지원으로부터 대용량 캐패시터를 충전하는 충전회로와 부하 장치로 전류를 흘려주는 방전회로, 그리고 마이크로프로세서 내부에서 돌아가는 알고리즘이다.

#### 3.1. 충전회로에 대한 상세

먼저 충전회로에서는 직류-직류 전환기와 에너지원에서 오는 전류를 조절하는 회로와 여러 개의 캐패시터를 직렬로 연결할 때는 모든 캐패시터의 전압을 같

게 유지하는 밸런스를 맞추는 회로가 필요하다. [3][4][5] 직류-직류 전환기는 에너지원에서 나오는 불균일한 전압을 균일한 전압으로 바꿔주는 역할을 한다. 전류조절회로가 필요한 이유는 에너지원이 제공할 수 있는 전력은 한정되어있고 변할 수 있는데 이러한 상황에서 효율적으로 일정한 전압을 얻기 위해서는 전류를 조절해야 하기 때문이다. 그리고 밸런스 회로는 직렬로 연결한 커패시터의 전압이 균등하지 않게 된다면 급속하게 충전, 방전되는 커패시터는 수명이 빨리 줄어들어 다른 커패시터가 사용가능 하더라도 한 커패시터가 망가져서 전체 모듈을 쓰지 못할 가능성이 있기 때문이다. 마지막으로 충전이 완료되었을 때 커패시터를 충전회로에서 분리하는 회로가 필요하다.

### 3.2. 방전회로에 대한 상세

방전 시에 커패시터의 전압은 지속적으로 떨어진다. 하지만 부하회로에는 일정한 전압을 공급하므로 커패시터를 직접적으로 부하회로로 연결하지 않아야 한다. 그러기 위해서 여기서도 직류-직류 전환기가 필요하다. 그리고 모듈회로를 보호하기 위해 과전류를 보호하는 회로도 필요하다. 또한 커패시터의 특성에 따라 과방전을 방지하는 회로도 필요하다.

### 3.3. 마이크로 프로세서 알고리즘에 대한 상세

에너지원의 전력을 감시하면서 최대의 효율을 얻어 낼 수 있는 전류를 계산하여 조절한다. 그리고 직렬로 연결된 각각의 커패시터 전압을 측정하여 어떤 커패시터를 충전할 것인가를 결정하는 알고리즘을 추가해야 한다. 이 알고리즘을 추가함으로써 에너지원의 종류와 에너지원의 상태에 관계 없이 커패시터의 충전을 할 수 있다.

또한 마이크로프로세서는 한 번의 프로그램을 실행하고 대기모드로 들어간다. 다음 프로그램을 실행하는 간격은 일정하지 않고 커패시터 전압과 전압의 상승 또는 하강의 정도에 따라 정한다.

방전회로는 마이크로프로세서로 제어하지 않는다. 왜냐하면 방전회로는 과방전과 과전류방지 회로로 이루어져있는데 이 두 회로를 마이크로프로세서의 작동과 연계 시킨다면 마이크로프로세서가 대기상태에 있을 때 과방전과 과전류에 대처하지 못하고 전원관리 모듈 또는 커패시터를 파괴할 수 있다.

## 4. 결론

아직 제작하여 테스트하지 못하였지만 정상적으로 작동한다면 다양한 어플리케이션에 적용할 수 있을 것으로 보인다. 저장할 수 있는 전력에 따라서 시계나 무선키보드와 같은 휴대장치에 적용시켜 주변 환경에서 진동과 태양광, 전파 같은 에너지를 수집하여 별도의 배터리 없이 움직일 수 있을 것으로 생각된다.

현재 문제로 예상되는 부분은 전력의 공급이 없는 상태에서 지속적으로 마이크로프로세서가 작동하게 되어 커패시터의 전압이 마이크로프로세서가 필요한

전압보다 낮아지게 된다면 충전회로를 제어하는 마이크로프로세서의 대기모드가 꺼지게 되어 동작하지 않게 된다는 점이다. 보조적으로 배터리를 사용하게 된다면 문제가 해결될 것으로 보이지만 추가적으로 커패시터가 전압이 부족할 때만 움직이게 해야 하고, 이 보조전원마저도 끊어지게 된다면 마이크로프로세서가 꺼지게 된다는 문제가 여전히 존재한다.

하지만 마이크로프로세서가 충전회로를 끌 수는 없기 때문에 에너지원이 있는 환경에서는 보조전원 없이 작동 가능할 것으로 보이며 마이크로프로세서의 제어로 충전하는 커패시터는 기존의 수동적인 충전회로보다 다양한 에너지를 지원하며 효율적인 전원관리를 보여줄 것이다.

## 참고문헌

- [1] 강성목 외 3 인. “태양전지를 전원으로 사용하는 무선센서 노드를 위한 전원관리회로”. 『2009 대한전기학회 제 40 회 하계학술대회』, 2009. 07. p. 1925
- [2] 조성원 외 3 인. “정밀 튜닝기반의 고효율 에너지 하비스터”. 『한국소음진동공학회 학술발표논문집. Vol. 2008』, 2008, pp. 1-5
- [3] Akimura Tadatoshi. “최신 대용량 커패시터를 사용한 전원 회로 설계”. 『월간 전자기술』, 2010. 10, pp. 59-71.
- [4] Takahashi Hisashi. “전지+커패시터의 에너지 리사이클 장치 구조”, 『월간 전자기술』, 2010. 11, pp. 55- 62.
- [5] Phil Dewsbury. “슈퍼 커패시터를 사용한 설계”. 전자부품, 2008. 01, pp. 24-27.