

---

# 소형 발전기의 에너지 절약을 위한 전력관리 시스템 개발

전민호\* · 오창현\*\*

## Development of Power Management System for Efficient Energy Usage of Small Generator

Min-Ho Jeon\* · Chang-Hyun Oh\*\*

### 요 약

본 논문에서는 2대 이상의 소형 발전기를 사용하는 환경에서 부하의 전력 소비량을 이용하여 에너지를 절약하는 전력 관리 시스템을 제안하고 개발하였다. 고속의 하드웨어 플로팅 포인트 연산처리가 가능한 TI사의 TMS320C6713 DSP 칩을 사용하여 하드웨어를 구성하였으며, 시리얼 통신을 이용하여 모니터링 PC와 통신하게 하였다. 모니터링 PC에서 수동제어가 가능하도록 하였으며, DSP main board에서 CT/PT 센서로 수집한 데이터를 이용하여 자동적으로 발전기를 on/off 할 수 있도록 구현하였다. 실험 결과 본 논문에서 제안한 전력 관리 시스템이 이상 없이 동작하는 것을 확인할 수 있었으며, 부하의 전력사용량을 이용하여 에너지를 절약하는 알고리즘을 적용하였을 경우 소형 발전기 2대를 지속적으로 사용할 때 보다 더욱 오래 전력을 공급하는 것을 알 수 있었다.

### ABSTRACT

In this paper, an electricity management system, which saves energy by utilizing electricity consumption of load from an environment that uses at least two compact generators, is proposed and developed. A hardware is constructed by using TMS320C6713 DSP chip made by TI that is capable of high speed hardware floating point processing while serial communication is used for communication with a monitoring PC. Manual control is made possible from the monitoring PC and automatic on/off is enabled in the generator by using data collected by CT/PT sensor from the DSP mainboard. Test results confirm that the electricity management system proposed in this study functions without abnormality. The application of an algorithm that saves energy by using electricity consumption of load also allows for a longer supply of electricity compared to continuously using two compact generators.

### 키워드

엔진 제어, 모니터링, 소형 발전기, 에너지 절약, 전력 관리

### Key word

Engine Control, Monitoring, Small Generator, Energy saving, Power Management

---

\* 정회원 : 한국기술교육대학교 전기·전자·통신공학부  
\*\* 중신회원 : 한국기술교육대학교 전기·전자·통신공학부  
(교신저자, choh@koreatech.ac.kr)

접수일자 : 2012. 08. 14  
심사완료일자 : 2012. 09. 14

## I. 서 론

정보통신 기술 및 전자기기의 발전으로 정보 통신 산업의 적용이 1차 산업으로 확대되어 감에 따라 안정된 전원의 중요성은 더욱 강조되고 있으며, 특히 국내의 경우 하절기 전력 성수기에 전력 사용이 계약량을 초과하면 높은 전력 요금을 감당해야 하고 또한, 하절기 천재지변에 의한 빈번한 정전사고는 어류 양식이나 비닐 하우스 재배 등 고부가가치 1차 산업과 제조업에 막대한 경제적 손실을 초래하게 된다. 따라서 안정적이고 경제적인 전원 공급 시스템이 도입이 필요하며, 이를 위해 수소 연료전지기술, 태양광 발전, 풍력 발전, 바이오, 폐기물, 지열 등을 이용한 소형 발전 시스템에 대한 연구가 진행되고 있으며,

이러한 소형 발전 시스템은 업무용 빌딩, 공장, 병원, 공항, 선박 등에 효율적이고 안정적인 전력공급을 위해 사용되고 있다[1,2]. 이러한 소형 발전기들의 효율적인 관리를 위해 전력 관리 시스템을 사용하고 있으나, 대부분 국외에서 수입하여 사용하고 있다. 또한 소형 발전기의 에너지 생성량은 소규모(가정집, 간이식당 등)의 장소에 공급하는 전력량을 충족시킬 수 있으나, 업무용 빌딩, 공장, 병원, 공항, 선박 등과 같이 대규모의 장소에서는 2종 이상의 소형 발전기를 가동해야 하는 문제가 있으며, 전력 공급량에 따라 소형 발전기를 가동하지 않을 경우 전기 에너지의 낭비가 매우 심각하게 된다[3-5].

이와 같은 문제를 해결하기 위해 국내의 환경에 적합한 전력 관리 시스템 개발이 필요하다[6]. 본 논문에서는 전력의 사용량, 발전기에서 생성되는 전력의 위상과 주파수, 전압 등의 정보를 모니터링하고 부하들의 요구전력을 이용하여 발전기를 on/off하는 전력 관리 시스템을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 에너지 절약을 위한 DSP 내부의 프로그램 순서도와 이를 이용한 전력 관리 시스템을 구현하고 3장에서는 개발한 전력 관리 시스템을 실험을 통하여 평가한다. 그리고 마지막 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 소형 발전기의 에너지 절약을 위한 전력 관리 시스템 개발

2종 이상의 소형 발전기를 사용할 때 전력을 최소화하기 위해서는 부하가 사용하는 전력 사용량에 따라 소형 발전기를 작동시키거나 중지시켜야 한다. 그림 1은 본 논문을 통해 제안하는 부하의 전력 사용량을 이용한 소형 발전기의 순서도이다.

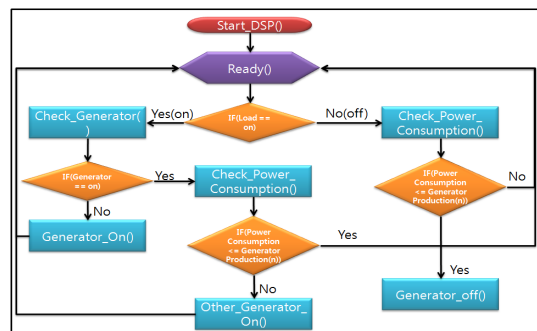


그림 1. 부하의 전력 사용량을 이용한 소형 발전기 제어를 위한 순서도

Fig. 1 Flowchart for control of small generator using power consumption of the load.

전력 관리 시스템이 작동되면 동기화 과정과 각종 내, 외부 입출력에 관련된 사항을 관장하는 Main DSP (digital signal processor) 보드, 내·외부의 입·출력 Low/High 신호를 DSP 내부에서 인식하도록 해주는 Data In/out 보드, 외부의 아날로그 신호를 DSP 보드에서 인식하게 변환시켜주는 A(analog)/D(digital) 컨버터 보드, 외부의 아날로그 신호를 제어하기 위해 DSP 보드에서 신호를 인식하게 해주는 D/A 컨버터 보드, 통합형 PMS(power management system) 관리 모니터링 시스템에 구성되는 통합 ARM 보드 시스템과 외부 장치들과 DSP 보드 간에 통신을 위한 시리얼 통신 보드, DPS 보드에 연결된 발전기 및 부하들의 초기화를 거친 뒤 대기모드로 연결된다.

대기모드인 전력 관리 시스템의 메인 DSP에 부하(Load)의 가동 신호가 입력되면 메인 DSP는 발전기를 확인하게 된다. 작동 중인 발전기가 없을 경우 전원관리 시스템에 연결된 발전기 중 최저 전력의 발전기를 가

동시하게 된다. 만약 발전기가 가동 중일 경우 부하들이 소모하는 전력량을 계산 후 부하들이 소모하는 전력량보다 발전기의 생성 전력량이 적을 경우 새로운 소형 발전기를 가동시키며, 소모하는 전력량보다 발전기의 생성량이 높을 경우 기존의 발전기를 가동시킨 상태로 대기한다.

1개 이상의 부하가 가동 중인 상태에서 부하의 종료 신호가 DSP로 입력될 경우 메인 DSP는 부하가 종료되었을 때의 전력 사용량을 계산 후 가동 중인 소형 발전기가 생성하는 전력량을 계산 한다. 만약 소형 발전기 1개의 전력 생성량으로 감당 할 수 있는 경우이며 2개 이상의 소형 발전기가 가동 중일 경우 부하의 소모 전력량을 감당할 수 있는 발전기를 제외한 다른 발전기의 가동을 중지하며, 모든 부하가 종료될 경우 소모 전력량이 0이 됨으로 모든 발전기의 가동은 중지된다.

그림 2는 소형 발전기의 에너지 절약을 위한 전력 관리 시스템의 핵심이 되는 DSP 시스템의 개략도이다.

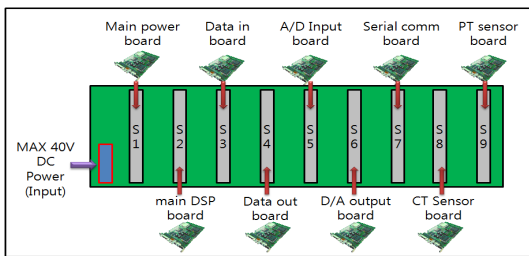


그림 2. DSP 시스템의 개략도  
Fig. 2 Schematic of DSP system

DSP에는 여러 가지 종류가 있으나, 그 중 가장 많이 사용하는 TI사의 TMS320C6713 이라는 고속의 하드웨어 플로팅 포인트 연산처리가 가능한 DSP 칩을 사용하였다. TI DSP보드의 처리능력은 1.3G 플로팅 포인트 계산을 처리 할 수 있으므로, 정밀한 전류나 전압을 고속 측정해서 고속의 싱크로나이징과 보호계전 처리가 필요한 분야에 적합하기 때문이다. 메인 DSP보드는 DSP의 메모리 맵을 기본으로 하여 프로그램 메모리와 시스템 메모리를 제어하고 전력관리시스템에 최적화된 시스템 버스를 제어한다. 메인 DSP보드와 연결된 각 보드는 해당 슬롯에 자신이 위치한 정보를 메인 DSP보드에 전송하며, 메인 DSP보드는 각 슬롯에 위치해 있는 보드에 개별의 ID를 요청하게 되고 각 보드는 ID와 기본 정

보를 제공한 후 메인 DSP보드는 취득한 정보를 이용하여 각 보드를 제어한다. A/D보드는 CT/PT 보드에서 제공하는 아날로그 신호를 컴퓨터나 프로세서가 처리할 수 있도록 변환시켜 주는 역할을 하며, D/A 보드는 컴퓨터나 프로세서가 생성한 데이터를 이용하여 CT(current transformer)/PT(potential transformer) 보드를 제어하기 위해 변환시키는 역할을 한다.

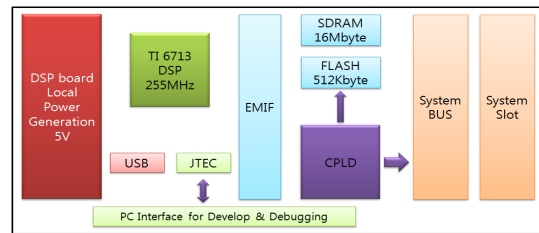


그림 3. 메인 DSP보드의 블록다이어그램  
Fig. 3 Block diagram of main DSP board

Data in 보드는 외부에서 입력되는 데이터들을 DSP 내부에서 인식하게 하는 보드이다. Data in 보드 내부에 CPLD(complex programmable logic device)를 이용하여 32bit의 low 또는 high상태를 인식할 수 있도록 회로가 설계되어 있으며, 외부 각 시스템의 동작 전위 레벨에 대응할 수 있도록 Photo TR과 P/C(power/ common) manage 회로로 구성된다.

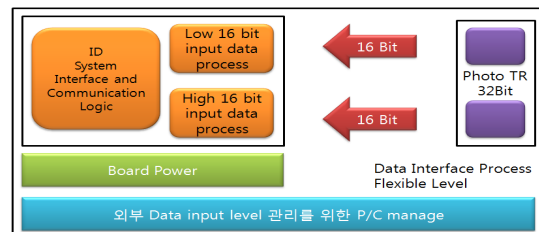


그림 4. Data in 보드의 블록다이어그램  
Fig. 4 Block diagram of data in board

외부의 2진(Low 또는 high)제어를 DSP 메인 보드에서 data out 보드를 이용하여 제어한다. CPLD를 이용하여 32bit의 low/high신호를 제어할 수 있도록 회로가 구현되었으며, 외부 각 시스템의 동작 전위레벨에 대응할 수 있도록 photo TR과 P/C 관리 회로로 구성되어 있다.

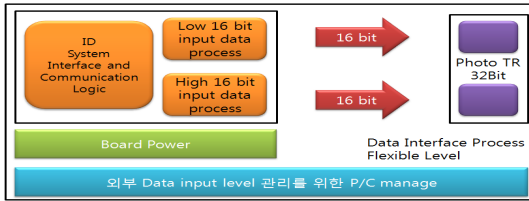


그림 5. Data out 보드의 블록다이어그램  
Fig. 5 Block diagram of data out board

또한 각 보드에서 생성한 데이터를 모니터링 시스템으로 보내 전력 관리를 실시하거나, 전력 관리 시스템의 명령을 각 보드에게 보내기 위해서 통신보드가 필요하다. 따라서 DSP 시스템 보드의 4채널로 구성된 RS232 통신보드는 CPLD를 이용하여 ST16C 554D를 제어하여 4 채널 시리얼 통신을 구현하였으며, 모니터링 시스템과 연결되어 전력 관리에 필요한 모든 기능들을 통신할 수 있도록 하였다.

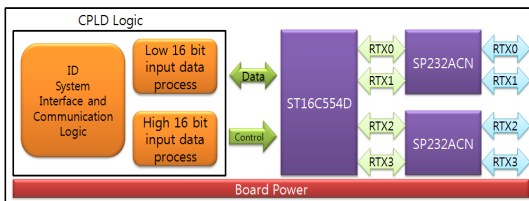


그림 6. Serial community board의 블록다이어그램  
Fig. 6 Block diagram of Serial community board

전력 라인에 흐르는 전류의 양을 측정하기 위해 CT 센서 보드를 이용하였다. CT 센서 내부의 홀 사이로 전기가 흐르는 전력선을 통과 시킬 때 WCS 내부 코일과 전력선의 전류 그리고 홀센서의 작용에 의하여 data out port로 전류의 양에 비례한 전압 값이 나오게 된다. 전압을 측정하기 위해 PT 센서를 이용하였으며, PT 센서 내부의 코일에 전기가 흐르는 라인을 통과시켜 발생하는 자장을 이용하여 계측용 전압을 생성시켜 흐르는 전기의 전압을 측정하게 된다. 이 전압은 OP-AMP를 거쳐 A/D 컨버터의 레퍼런스 전압에 맞게 4V로 증폭되어 VOLT\_SENSOR\_0 Port로 나가게 된다.

마지막으로 전력관리 시스템의 동작여부 및 실시간 데이터 체크를 위해 모니터링 시스템을 개발하였다. 모니터링 시스템은 DSP와 신뢰성 있는 통신을 위해 모니터링 시스템의 요청에 의한 DSP의 응답형식으로 구성

된다. 그림 6은 2종의 소형발전기 기반의 전력 관리 시스템의 모니터링 프로그램의 모습이다.

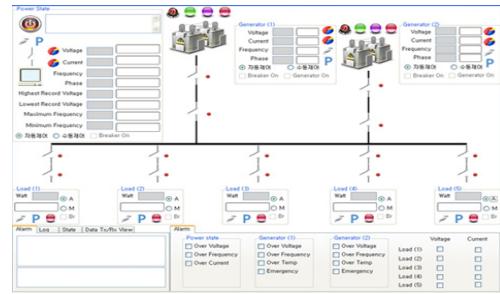


그림 7. 전력 관리 시스템의 모니터링 프로그램  
Fig. 7 Monitoring program of power management system

### III. 실험 및 평가

본 논문에서 개발한 소형 발전기의 에너지 절약을 위한 전력 관리 시스템을 평가하기 위해 그림 8과 같이 발전기 2대와 5개의 부하를 전력 관리 시스템에 연결하고 실험하였다.

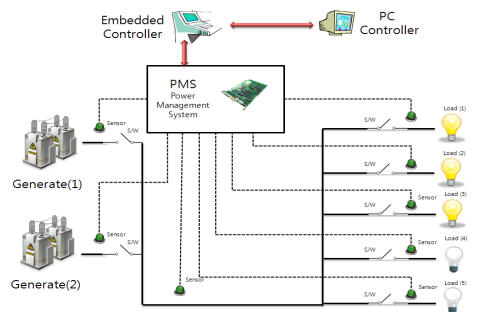


그림 8. 실험 환경 구성도  
Fig. 8 Experimental environment diagram

그림 9는 부하(1)에서 전력사용을 요청하고 발전기가 전력을 생성하여 부하(1)로 전력을 전송하고 있을 때를 보여주는 그림이다. 그림 7과 같은 대기상태에서 부하가 전력을 요청하고 있는 정보가 main DSP보드를 통해 모니터링 시스템으로 들어올 경우 부하의 스위치가 on되며 부하의 전력사용량을 이용한 에너지 절약 알고리즘에 의해 순차적으로 스위치가 연결된다.



그림 9. 발전기와 부하가 한 개씩 가동 중일 때  
Fig. 9 In case of a generator and a load operate

그림 10은 부하 한 개가 더 가동됐을 때의 상황을 나타낸 그림이다. 부하 하나가 더 가동된 상태에서 소비 전력을 체크 한 후 발전기 하나의 전력이 두 개의 부하를 충당할 수 있기 때문에 하나의 발전기에서 전력을 공급하게 된다.



그림 10. 발전기 한 대로 두 개의 부하에 전력 공급  
Fig. 10 Provide power to two loads with a generator

그림 11은 부하가 3개 가동됐을 때의 그림이다. 발전기 하나에서 부하 3개로 전력공급이 원활하지 않기 때문에 알고리즘에 의해 두 번째 발전기가 가동되는 것을 알 수 있다.



그림 11. 발전기 한 대의 전력 생성량이 부족한 경우  
Fig. 11 In case of a generator cannot produce enough power

부하의 전력을 on/off하며 다수의 실험을 한 결과 본 논문에서 개발한 내용과 이상 없이 동작하는 것을 확인하였다. 그림 12는 본 논문에서 제안한 에너지 절약을 위한 전력 관리 시스템과 기존의 소형 발전기를 이용한 전력 관리 시스템에서 에너지 소비량을 그래프로 표시한 그림이다. 소형 발전기의 연료를 가득채운 후 전력을 공급하는 시간을 측정하였다. 실험결과 기존의 소형 발전기를 이용한 전력관리 시스템은 지속적으로 발전기가 가동되기 때문에 4시간을 유지하는데 비해 본 논문에서 제안하는 부하의 전력사용량을 이용하는 에너지 절약 알고리즘을 사용했을 경우 보다 오랫동안 발전기를 사용할 수 있음을 확인하였다.

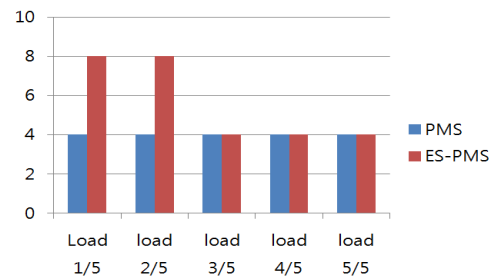


그림 12. 부하의 사용에 따른 발전기 사용 시간(지속적으로 사용)

Fig. 12 Using time of generators by power consumption of loads(continuous)

특히 지속적으로 부하가 사용되는 경우가 아닌 불규칙적으로 부하가 사용될 경우 그림 13과 같이 더욱 오랫동안 발전기를 사용할 수 있음을 확인하였다.

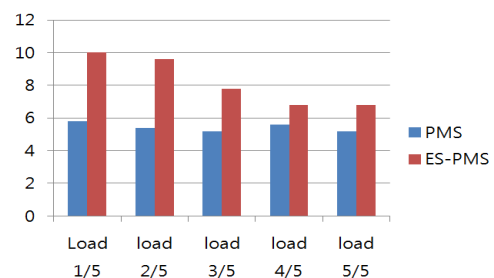


그림 13. 부하의 사용에 따른 발전기 사용 시간(임의적으로 사용)

Fig. 13 Using time of generators by power consumption of loads(Random)

IV. 결 론

본 논문에서는 2대 이상의 소형 발전기를 사용하는 환경에서 부하의 전력 소비량을 이용하여 에너지를 절약하는 전력 관리 시스템을 제안하고 개발하였다. 고속의 하드웨어 플로팅 포인트 연산처리가 가능한 TI사의 TMS320C6713 DSP 칩을 사용하여 하드웨어를 구성하였으며, 시리얼 통신을 이용하여 모니터링 PC와 통신을 하도록 하였다. 모니터링 PC에서 수동제어가 가능하도록 하였으며, DSP 메인보드에서 CT/PT 센서로 수집한 데이터를 이용하여 자동적으로 발전기를 on/off 할 수 있게 구현하였다. 그 결과 전력 관리 시스템의 에너지 절약 알고리즘을 이용하여 부하의 전력공급의 요청에 의해 동작하는 것을 확인할 수 있었으며, 제안한 알고리즘을 이용하였을 경우 소형 발전기 2대를 지속적으로 사용할 때 보다 더욱 오래 사용하는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 성낙환, “신재생에너지 의무할당제 영향과 기업의 대응,” *LG Business Insight*, pp.36-42, 2008. 10.
- [2] 산업자원부, “2020년까지 전력수급 계획 수립,” 동향자료, 2006
- [3] V.Ragunathan, A.Kansal, J.Hsu, J.Friedman, and M.Srivastava, “Design considerations for solar energy harvesting wireless embedded systems,” *Proceedings of the 4th International Symposium on Information Processing in Sensor Networks*, vol. 5, no. 64, 2005.
- [4] 허병문, 고종민, 김영일, 송재주, 류근호, “전력수요 관리를 위한 Demand Response 시스템 구현,” *한국정보과학회 2010 한국컴퓨터종합 학술발표논문집*, 제 27권 제 1호, pp.132-137, 2010.
- [5] J.Han and M.A. Piette, “Solutions for Summer Electric Power Shortages: Demand response and its applications in air conditioning and refrigerating systems,” *Air Conditioning and Electric power Machinery*, vol.29, pp.1-4, Jun. 2008.
- [6] 변해완, 백승도, 구분우, 허용호, 신복현, “부하밀집 지역 전력공급을 위한 허브변전소 개발,” *대한전기학회 하계학술대회 논문집*, pp.36-37, 2006.

저자소개



전민호(Min-Ho Jeon)

2009년 2월 : 극동대학교 계엄  
디지털컨텐츠학과 (공학사)  
2009년 8월~현재 : 한국기술교육  
대학교 전기·전자·통신  
공학부 (박사과정)

※관심분야: 무선통신, 무선센서네트워크, RFID/  
USN, 상황인지, M2M



오창현(Min-Ho Jeon)

1988년 2월 : 한국항공대학교  
항공통신공학과 (공학사)  
1990년 2월 : 한국항공대학교  
대학원항공통신정보공학과  
(공학석사)

1996년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과  
(공학박사)  
1990년 2월 ~ 1993년 8월: 한진전자(주) 기술연구소  
전임연구원  
1993년 10월 ~ 1999년 2월: 삼성전자(주) CDMA 개발팀  
전임연구원  
1999년 2월 ~ 현재: 한국기술교육대학교 정보기술  
공학부 교수  
2006년 8월 ~ 2007년 7월: 방문교수(University of  
Wisconsin-Madison)

※관심분야: 이동통신, 무선통신, Wireless Sensor N/W,  
CR