

디지털 제어에 의한 플라이백 SMPS의 대기전력 절감

김기현, 서길수, 김형우, 김상철, *전의석, *김찬
한국전기연구원, *(주)모빌일렉트론

Standby power reduction of flyback SMPS depending on digital control

Ki-Hyun Kim, Kil-Soo Seo, Hyoung-Woo Kim, Sang-Choel Kim, *Eui-Seok Jeon, *Chan Kim
KERI, *Mobil Electron Co.,Ltd

Abstract - 홈 네트워크가 이슈화 되면서 많은 기능들을 내장한 홈 네트워크 제품이 개발되어지고 또한 판매되고 있다. 이러한 기능의 추가로 인하여 홈 네트워크 제품들의 소비전력 및 대기전력 또한 증가하고 있다. 본 고에서는 이러한 정보가전기기가 정상동작을 하지 않는 대기동작시의 전력소모량을 줄이기 위하여 기존에 많이 사용하였던 플라이백구조의 SMPS에 디지털 제어블럭 및 보조 SMPS를 이용하여 대기전력 소모량이 적은 디지털 제어 전원공급시스템을 구현해 보았다. 이 시스템은 통신기능을 지원하도록 설계함으로써 네트워크 모뎀과의 통신을 통해 외부에서의 원격제어 및 모니터링이 가능하다.

1. 서 론

최근 홈 네트워크가 사회적 이슈화 되면서 소비자들은 기능이 많은 홈 네트워크 제품을 원하게 되었고, 생산자 또한 새로운 기능들을 추가하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 홈 네트워크는 네트워크 기술의 발전 및 정보통신 기술의 고도화로 기술발전 더욱 가속화 시켰으며, 기존 네트워크 제품들에 많은 기능들이 추가되면서 그에 따른 소비전력 및 대기전력 또한 기능에 비례하여 증가해 나갔다.

가전 및 사무기기가 본래의 기능을 사용하지 않는 상태에서 단지 전원 에 연결되어 있는 것만으로 전력을 소모하는 것을 대기전력(standby power)이라고 하는데, 1990년대 이전에는 대다수의 가전기기들은 비 사용 시 플러그를 뽑는 것만으로 전력을 차단하는 것이 가능했으나, 리모콘기능이나 시간예약기능 등의 부수적인 기능들이 추가되면서 지속적인 전력소모를 하게 되는 것이다. 오늘날 대기전력의 중요성은 개별기기의 대기전력은 비록 미미하지만 단일 가정이나, 국가차원으로 확대하면 엄청난 전력이 무의미하게 소모되기 때문이다. 이러한 관점에서 OECD 국가군을 중심으로 대기전력을 줄이기 위한 기술적·정책적 노력이 1990년대 후반부터 시작되었다. IEA에서는 2010년까지 모든 기기의 대기전력을 1와트 이하를 목표로 삼았고 2005년까지는 50%달성을 권고하였다. 우리나라에서도 절전형 사무기기 및 가전기기 보급촉진에 관한 규정(산업자원부 고시 제 1998-136호) 및 대기전력 저감프로그램을 1999년 4월부터 시행하고 있다.

본고에서는 정보가전기기에 많이 사용되고 있는 플라이백(flyback) 구조의 SMPS(switching mode power supply)에 디지털 제어블럭 및 디지털 제어블럭의 전원공급을 위한 보조 SMPS를 추가하여 대기전력 상태에서의 전력 소모를 줄여 보았고 홈 네트워크용 전원공급장치로의 사용을 알아보았다.

2. 본 론

정보가전기기가 정상동작을 하지 않는 대기동작 상태에서의 전력소모량인 대기전력량을 줄이기 위하여 기존 플라이백 구조의 전원 공급장치에 디지털 제어블럭 및 디지털 블럭의 전원공급을 위한 보조 전원공급장치를 추가 함으로써 대기전력 절감 시스템을 구현하였다. 전력관리를 위해 추가된 디지털 제어블럭은 전체 시스템의 전력관리뿐 아니라 네트워크 모뎀과의 통신을 지원할 수 있도록 설계하였다. 이 기능을 이용하여 외부에서 원격으로 디지털 제어 전원공급시스템을 제어하거나, 그 전원공급시스템의 상태 등을 외부에서 모니터링 할 수 있게 된다.

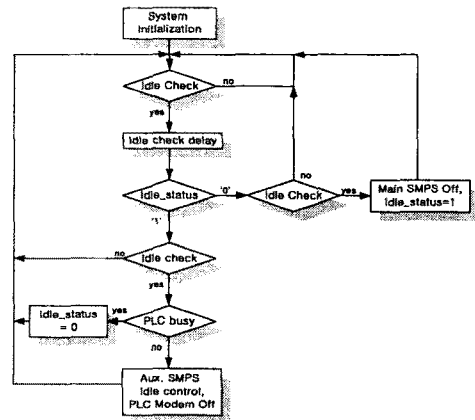
2.1 제어 알고리즘

디지털 제어 전원공급시스템에 사용된 제어 알고리즘은 전체 시스템을 5 가지 모드 상태로 구분하여 제어하도록 구성되었다. 시스템의 5가지 모드 상태는 Power on mode, Idle mode, Sleep mode, Deep sleep mode, Power off mode로 구분된다. 또한 주 전원공급장치(main SMPS)의 효율적인 제어를 위해 디지털 제어블럭의 전원공급은 상대적으로 전력소모량이 적은 보조 전원공급장치에서 맡아서 공급하도록 설계하였다.

시스템 전체의 전원이 차단된 상태를 Power off mode로 구분하고, 전원을 시스템에 인가하여 전원이 공급되는 상태를 Power on mode로 구분한다. 부하단의 전력소모량이 줄어들어 피드백 신호(feedback signal)가 일정

전압 이하로 떨어지면 스위칭 모드 전원공급장치(SMPS)는 전력공급량을 줄이기 위해 스위칭 간격이 늘리게 되는데 이상태를 Idle mode라 한다. Idle 상태가 일정시간동안 계속 유지되면 부하단의 상태가 정상동작을 하지 않는 대기동작 상태로 간주하여 주 전원공급장치의 전원공급을 차단하게 되는데 이를 Sleep mode로 구분한다. 이 상태에서는 네트워크 모뎀의 상태를 모니터링 하게 되는데, 일정시간 이후에 주 전원공급장치가 계속 Idle 상태 또는 Off 상태이고, 네트워크 모뎀이 동작을 하지 않는다면 네트워크 모뎀으로의 전원공급을 차단하게 되고, 보조전원공급장치로 Idle enable 신호를 보내게 된다. 이때의 시스템 상태를 Deep sleep mode로 구분한다.

그림 1의 디지털 블럭의 제어 알고리즘 순서도를 살펴보면 전원이 시스템에 최초로 공급되면 전체적인 시스템이 정상 동작을 하기위한 셋업타임 동안 Power on 상태를 유지하며 전체적인 시스템에 전원을 원활히 공급하게 된다. 셋업타임이 지난 후 디지털 블럭은 제어알고리즘에 따라 정상동작을 하게 되고, 정보가전기기의 전원공급을 담당하는 주 전원공급장치의 상태를 주기적으로 체크하게 된다. 만약 주 전원공급장치의 상태가 Idle 상태로 바뀐다면 디지털 블럭에서 그 상태를 인지하여 제어 알고리즘에 따라 전체적인 시스템의 전력관리를 하게 된다. 주 전원공급장치의 Idle 상태가 일정시간 계속 유지되면 디지털 블럭에서는 정보가전기기가 사용되지 않는 것으로 간주하고 주 전원공급장치의 Enable 단자에 신호를 보내어 주 전원공급장치로의 전원공급을 차단하게 된다. Sleep mode 상태가 다시 일정시간 유지된다면 디지털 블럭은 일정시간 이후에 시스템에 적용된 네트워크 모뎀의 상태를 체크 한 후 Deep sleep mode 상태여부를 판단하게 된다. 이 상태에서는 주 전원공급장치의 전원공급 뿐 아니라 네트워크 모뎀의 전원공급도 차단하게 되고, 보조 전원장치의 Idle enable 신호를 발생시키게 되는데 이때의 deep sleep mode에서 최대 절전모드 상태를 유지하게 다.

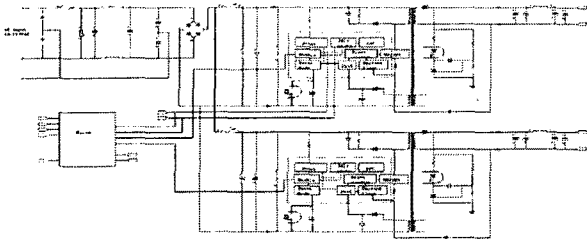


〈그림 1〉 제어 알고리즘 순서도

2.2 Schematic circuit

전체 시스템은 24W용 플라이백구조의 SMPS로 구성된 주 전원공급장치에 전체적인 시스템의 전력관리를 위한 디지털 제어 블럭 및 디지털 블럭의 전원공급을 위한 보조 전원공급장치가 추가된 구조이다. 디지털 제어신호에 의한 각 전원공급장치의 모드 전환을 원활히 하기 위해 각 전원공급장치 설계시 Enable 신호에 의해 전원공급이 차단되도록 하였으며, 디지털 블럭에서의 주 전원공급장치의 Idle 상태 여부판단은 컴퍼레이터로 구성된 체크블럭이 부하에서 넘어오는 피드백 신호(feedback signal)를 비교하여 판단하도록 하였다. 설계된 회로에서는 0.4V 이하로 신호가 떨어지면 Idle 상태로 간주하도록 설계되었다. 피드백 신호가 0.4V 이하로 떨어지면 디지털 블럭에서는 주 전원공급장치의 상태변화를 인지하여 전력관리를 하게 된다. 스키메틱 회로에는 빠져있지만 네트워크 모뎀이 추가된다면 네트워크 모뎀의 상태여부를 판단하여 sleep mode에서 다시 일정시간 후 네트워크

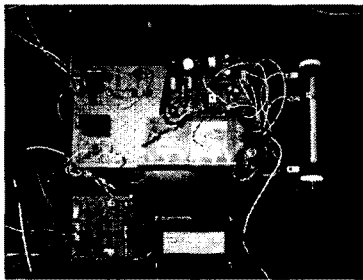
모뎀의 상태를 체크한 후 deep sleep mode로의 모드 전환을 할 수 있게 설계되었다. 그림 2는 디지털제어 전원공급시스템의 스키마틱 회로를 나타내고 있다.



<그림 2> Schematic circuit

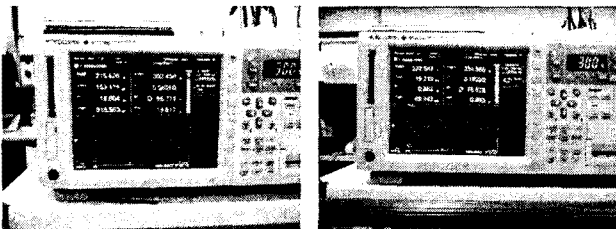
2.3 보드구현 및 측정결과

보드구현은 크게 24W급 주 전원공급장치와 3W급 보조 전원공급장치로 구성된 아나로그 블록과 Atmel Microcontroller로 구성된 디지털 제어블럭, 디지털 제어블럭의 디버깅을 위한 LCD 패널, 6개의 LED 및 100W 50Ω 저항을 이용하여 부하단을 구성하였다. 그림 3은 전체시스템이 Power on mode로 정상동작을 하는 모습을 나타낸 그림이다. 주 전원공급장치의 상태가 idle 상태로 변하면 체크블럭에서 그 상태를 인지하여 디지털 제어블럭으로 전달하게 되고, 그 신호에 의해 전력관리 시스템이 동작하게 된다.



<그림 3> Board 구현

그림 4는 전체시스템이 정상 동작일 때와 디지털 제어블럭에 의해 대기 모드 관리 상태에서의 전력소모량 변화를 측정한 그림이다. 전체 시스템은 정상동작일 때 약 18W의 전력소모를 보였고, 부하 시스템이 정상동작을 하지 않는 대기모드 동작시에 디지털 제어블럭에 의해 전원공급 시스템이 sleep mode로 전환되어 약 0.86W의 전력소모를 나타낼 수 있었다.



<그림 4> 전력소모 측정, Power On Mode(Left), Sleep Mode(Right)

<표1> 모드 별 전력소모량

Power	Mode	Power On	Sleep	비 고
Voltage		215.9V	232.6V	
Current		153.2mA	19.22mA	
Power Consumption		18.60W	0.862W	

3. 결 론

정보가전기기가 본래의 기능을 사용하지 않는 대기모드 상태일 때의 전력소모량을 줄이기 위하여 기존 전원공급장치 내에 디지털 제어블럭 및 보조 전원공급장치를 추가하여 대기전력 절감 시스템을 구현해 보았다. 디지털제어 전원공급시스템은 효율적인 전력관리를 위하여 5가지 모드로 구분하여 제어하게 된다. power on 모드인 정상동작일 때 약 18.6W의 전력소

모양을 보이던 시스템이 본래의 기능을 하지 않는 대기상태의 sleep mode 동작시에는 0.862W의 전력소모량을 보이는 것을 확인 할 수 있었다.

보드 구현에 사용된 3W급의 보조 전원공급장치를 디지털 블록만을 위한 100mW급 보조 전원공급장치로 바꾼다면 0.6W 이하로 전력소모량이 줄어들 것으로 예상된다. 또한 디지털 제어블럭의 통신기능을 네트워크 모뎀과의 통신에 이용한다면 에너지 절약형 홈 네트워크 전원공급장치로 사용될 수 있을 것이며, 외부에서 원격으로 디지털제어 전원공급시스템을 제어하거나, 모니터링을 할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 김남균, 서길수, 김상철, 김은동, "한국의 가정용 대기전력 소모현황 조사연구", 대한전기학회 논문지, 8호, pp 472-476, 2004. 8
 [2] 김기현, 김지홍, 김남균, 김상철, 서길수, 김은동, "저속 PLC 모뎀을 위한 대기전력 절감 모듈 개발", 대한전기학회 하계학술대회, 2004. 7
 [3] 서길수, 김남균, 김은동, "대기전력절감을 위한 OECD 국가들의 제도 및 정책(1)", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp 1383-1389, 2003. 7
 [4] 김남균, 서길수, 김은동, "대기전력절감을 위한 OECD 국가들의 제도 및 정책(2)", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp 1386-1389, 2003. 7
 [5] 한국전기연구원, "대기전력 소비형태조사 및 절전기술 표준화연구" 산업자원부 에너지기술 표준화사업 보고서, pp 117-123, 2004