

논문 2007-44SD-11-8

초절전형 PLC 2구 스위치 개발

(Ultra-Power-Saving 2 Ports PLC Wall Switch Development)

한 재 용*, 이 순 흠**

(Jae-yong Han and Sunheum Lee)

요 약

PLC 홈 네트워크용으로 보급되고 있는 스위치, 콘센트, 가스제어기 등의 단말기들은 일반적으로 부하가 연결되지 않은 상태에도 원격제어 또는 기기 간의 제어, 상태 감시 등을 위하여 항상 Wake-up 상태를 유지하고 있어야 한다. 이로 인하여 대기 시 불필요한 전력을 소비하는 문제점을 갖고 있다. 본 논문에서는 대기 시 소비 전력 및 동작 시 소비 전력을 최소화한 절전형 PLC 2구 스위치를 개발하였다. 대기 시 소비전력 최소화를 위해 Sleep Mode 전환 및 전력선 통신부와 제어부의 분리 등 회로를 개선을 하였으며 동작 시 소비전력 최소화를 위해 유지 제어방식에서 순간 제어방식으로 전환하였으며, 이로부터 스위치 수명 연장 및 고장률을 최소화할 수 있었다. 기존 스위치에 비해 대기 시 약 0.95[W] 절감, 동작 시 약 3.2[W] 절감으로 에너지 절감을 실현하였다.

Abstract

Generally, PLC (Power Line Communication) based home automation devices such as wall switch, wall socket, gas controller, etc, must maintain wake-up status at all time to control other electronic devices and monitor their on/off status whether they are in service or not. In order to reduce the unnecessary energy consumption during the standby mode, the new power-saving PLC 2 ports wall switch has been developed, separating PLC communication part and controller part and introducing sleep mode. In addition, to expand life cycle of PLC product and to reduce the rate of product failure in active mode, the instant controlling method in controlling process is adopted instead of the maintenance controlling method. In comparison to the earlier model, the new 2 ports PLC wall switch has reduced power by 0.95[W] less in standby mode and 3.2[W] less in active mode than the previous one.

Keywords : PLC, ZCP, Latch Relay, Sleep Mode, Power Saving

I. 서 론

최근 생활수준의 향상과 삶의 질에 대한 가치 개념의 변화로 가정 내에 다양한 전기 및 전자 제품의 사용이 증가함과 동시에 홈 네트워크 구축을 통한 보다 편리한 사용 환경을 마련하려는 추세이다. 이는 모든 전자기기들이 전원에 계속 연결되어 있어야 하는 것을 전제로 하여 대기 전력의 급증을 초래할 것이며 앞으로 20년간

매년 평균 1.3% 전력 소비의 증가요인이 될 것으로 전망되고 있다.

따라서 동작 상태의 전력 소비뿐만 아니라 대기 전력 증가를 막을 수 있는 방안이 요구된다^[1-3]. 그러나 전기 및 전자기기들의 플러그를 콘센트에서 뽑는 식의 운동으로는 한계가 있고 소극적인 방법에 지나지 않는다.

우리나라의 경우 “대기전력 1W 달성을 위한 로드맵”을 수립하여 “2010년까지 대한민국에서 유통되는 모든 전자제품의 대기전력을 1W이하로 한다.”는 기본목표를 정하여 단계별로 1단계(2005년~2007년) 자발적 1W 정책, 2단계 (2008년~2009년) 의무적 정책 전환 준비 및 일부제품 의무규정 적용, 3단계(2010년 이후) 의무적 1W 정책으로 단계별 추진계획을 가지고 시행하고 있다. 사업목표 달성 시 현행 대기전력의 무려 70%가

* 정희원, 순천향대학교 정보통신공학과,
플레넷 아이엔티 기술연구소
(Dept. of Information & Communication Eng.
Soonchunhyang University)

** 정희원, 순천향대학교 정보통신공학과(교신저자)
(Dept. of Information & Communication Eng.
Soonchunhyang University)

접수일자: 2007년5월21일, 수정완료일: 2007년10월8일

지 절감될 것으로 예상하고 있다^[4~6].

PLC 홈 네트워크용 단말기는 현재 의무적 규정 해당 기기는 아니지만 기존 일반 스위치와 비교 시 대기 시 및 동작 시 더 많은 전력을 소비하므로 이를 개선할 수 있는 절전형 PLC 2구 스위치 단말기 개발이 요구된다.

본 논문에서는 기존 PLC 2구 스위치(이하, PLC2S라 명함)의 요소별 소비전력을 측정 및 분석하여 개선된 절전형 PLC 2구 스위치(이하, PSPLC2S라 명함)를 개발하였다. 이번 연구 결과를 토대로 PLC 홈 네트워크용 단말기들에 점차적으로 확대 적용하고자 한다.

II. 하드웨어의 구현

본 논문에서는 기존 PLC 스위치보다 동작 전력 및 대기 전력 소비를 줄인 초절전형 PLC 2구 스위치를 설계하여 구현하였다.

기존의 두 개의 전원(+5, +12V)을 사용하는 전력선 통신 칩을 단일 전원(+5V)을 사용하는 칩으로 대체하여 소비 전력을 줄였다. 12V를 5V로 변환하는 정전압 IC 칩에서 발생하는 약 700mW의 전력 소비를 줄일 수 있어 소자의 발열이 줄어들었으며 수명도 연장할 수 있게 되었다. 전력선 통신을 위해서는 전원의 ZCP(Zero Cross Point) 검출 회로가 필수적인데 기존 시스템들은 그림 1(a)에서와 같이 변압기 1차측에서 검출하는 방식을 사용한다. 본 논문에서는 변압기 2차측에서 ZCP를 검출하도록 회로를 변경하여 약 0.3W의 소비 전력을 절감할 수 있게 했다. 1차측에서 검출하는 회로를 구성할 경우, 저항 용량을 0.25W 이상을 사용해야 하나, 2차측에서는 저항 용량이 0.1W 이상이면 사용 가능해져 발열을 크게 감소시킬 수 있었다. 1차측에서 검출하는 회로는 24시간 aging 시 주의 온도 21.5 도에서 약 52도의 발열이 측정되었으나 2차측에서 검출하는 회로에

서는 거의 발열이 되지 않는 것을 확인하였다. ZCP 검출 회로 위치 변경으로 소비전력의 절감 및 발열 감소 뿐만 아니라 공간 확보, PCB Art Work 편리 및 이격 거리 확보, 스위치의 수명연장 등 성능 개선 효과를 얻을 수 있었다.

또한, 본 논문에서는 동작 시 소비 전력을 최소화하기 위해 스위치 제어를 유지 제어 방식에서 순간 제어 방식으로 전환했다. 스위치 동작 시, PLC2S에서 사용하고 있는 하나의 ON/OFF 제어 신호단자의 레벨 값에 의해 제어되는 기존의 릴레이 대신 별도의 ON/OFF 제어 입력 단자가 있는 Latch 릴레이를 사용하여 전력 소비를 줄였다(그림 2). 기존 릴레이는 ON 상태를 유지하기 위해 계속적으로 제어신호 단자를 High 상태를 유지해야 하나, Latch 릴레이는 ON 제어 펄스를 받으면 기구적으로 접점이 닫힌 상태를 유지하여 제어 신호에 의한 전력소모를 줄이는 특징을 갖는다.

대기 전력 소비를 줄이기 위한 Sleep Mode를 적용하기 위해 전력선 통신부와 스위치 제어부를 하드웨어적으로 분리하여 전력선 통신부의 나머지 부분에 대해 Sleep Mode를 구현하였다(그림 3). Sleep Mode에서, 전력선으로 부터의 DATA 수신시, 리모콘 신호 수신시, 또는 수동 스위치 제어 신호 수신 시, Wake Up

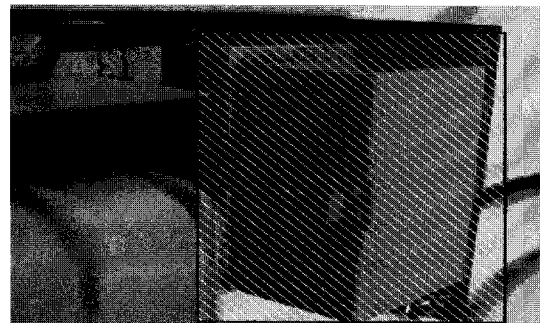


그림 2. 시제품에 Latch Relay 적용 사진
Fig. 2. Picture of Latch Relay.

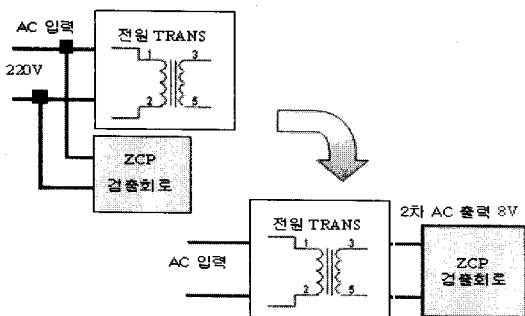


그림 1. ZCP 변경 전·후 회로도
Fig. 1. Circuit Diagram before/after ZCP modification.

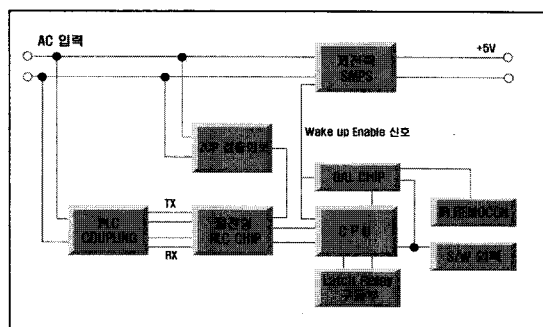


그림 3. 절전형 PLC 2구 스위치 회로 블록도
Fig. 3. Block Diagram (Power-saving 2 ports PLC wall switch).

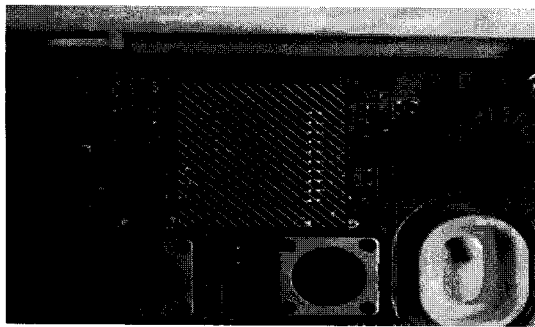


그림 4. 시제품에 GAL CHIP 적용 사진
Fig. 4. Picture of GAL CHIP on PCB.

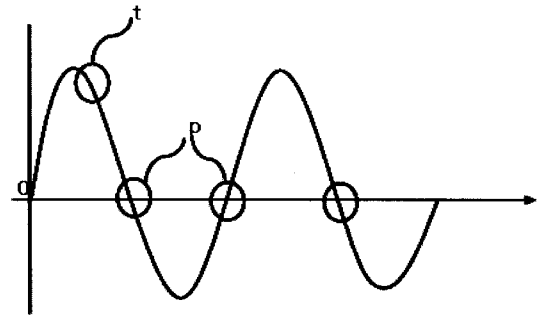


그림 5. ZCP(Zero Cross Point) 제어 그림
Fig. 5. ZCP (Zero Cross Point) Control Graph.

표 1. DEVICE에 따른 소비전력 측정 결과 표
Table 1. Power Consumption comparison after installation of GAL Chip.

DEVICE	ATF16V8B	ATF16V8BQL
CHIP 적용 전 소비전력	0.880[W]	0.880[W]
CHIP 적용 후 소비전력	1.299[W]	0.886[W]
소비전력 변화	▲0.419[W]	▲0.006[W]

Mode로 전환되며, 이 기능은 별도의 GAL 칩을 사용하여 구현하였다(그림 4). GAL 칩은 표 1에 보인 것처럼 소비전력이 낮은 ATF16V8B QL을 사용하였다.

실질적으로 PSPLC2S는 Wake Up Mode보다는 Sleep Mode에서 대부분 운용되므로 Sleep Mode 구현에 따라 약 0.183[W]의 소비전력을 절감할 수 있었다.

III. 소프트웨어의 구현

본 논문에서 개선된 하드웨어를 효과적으로 제어하여 PSPLC2S 운용 시 소비전력이 최소화되도록 하는 제어 프로그램을 구현하였다. Sleep Mode에서 DATA 수신시, 리모콘 신호 수신 시, 또는 수동 스위치 제어 신호 수신 시, Wake Up Mode로 전환을 요구하는 인터럽트 신호가 GAL ATF16V8B QL 칩에 의해 발생하며, 제어 프로그램은 이 신호를 감지하여 해당 서비스 동작이 수행되도록 프로그램되었다. Sleep Mode에서 Wake Up Mode 전환시간은 2 mS 이내로, Wake Up mode에서 Sleep Mode로의 전환시간은 최소 7초 이내로 동작되도록 제어된다.^[7] Sleep Mode에서는 Micom의 Power Down Mode를 적용하였으며 사용하지 않는 PORT에 대해서는 Low로 설정하여 소비전력을 최소화시켰다.

그림 5의 t 지점에서 릴레이가 구동되면 구동 시 접점 스파이크 발생 빈도가 높아 순간 전력소모 증가 및

릴레이가 용착 또는 마모되는 문제들이 발생한다. 구현된 ZCP 검출 및 제어 알고리즘은 전원의 정확한 주파수를 자동 계산하여 주파수에 따른 최적의 릴레이 구동시점을 찾아낸 후, 릴레이 구동 제어 신호를 출력한다.

따라서 본 논문에서는 정확히 p 지점에서 릴레이를 구동할 수 있어, 순간적으로 릴레이에 가해지는 부하를 줄임으로서 소비 전력 절감 및 부품의 수명 연장의 효과를 달성하였다. 또한 스위치 접전 상태를 기억할 수 있도록 EEPROM에 저장하는 제어 기능을 구현하여 정전 후 복구 시 스위치가 정상적으로 작동할 수 있도록 하였다.

IV. 시제품의 성능 시험

대기 시 및 동작 시 소비전력 측정 결과는 에너지 절감에 중요한 척도임으로 기존 제품과 비교하여 소비 전력 절감량을 비교 분석하였다. 대기 시 소비전력 측정 방법은 KS C IEC62301을 적용하여 측정 하였으며 소비 전력 측정을 위해 Power Source(Part Name : DVSS60-대영) 및 Power Analyzer(Part Name : WT-3000_YOKOGAWA) 장비를 이용하여 하였다. 그림 6는 시제품의 소비전력 측정 사진이며 표 2는 변경 전·후 소비전력 측정 결과 비교이다. 이 표에서 보는 바와 같이 대기 시 약 0.95[W] 소비전력 절감 및 동작 시 약 3.2[W] 소비전력 절감을 실현하였다^[8~9].

시제품의 성능 평가는 제품 상용화 추진에 중요한 척도가 된다. 시제품의 Sleep Mode 및 Wake Up Mode로의 전환 시간은 각각 5.57[S]~6.38[S], 1.72[mS]~1.76[mS]로 측정되었으며 앞에서 언급한 3 가지 종류의 Wake Up 신호 인가 시 Wake Up Mode로의 전환이 이상 없이 이루어지는 것을 확인하였다. Latch Relay 제어 시 ZCP Delay 시간 측정 결과 시료에 따라 차이

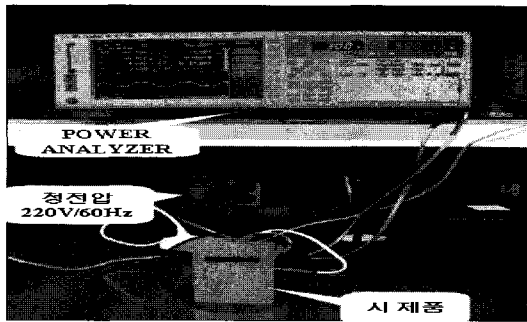


그림 6. 시제품 소비전력 측정 사진

Fig. 6. Picture of Power Consumption Measurement.

표 2. 변경 전·후 소비 전력 측정 결과 비교표

Table 2. Power consumption comparison after the modification.

구분	대기 시	2회로 동작 시
변경 전	1.608[W]	3.868[W]
변경 후	0.650[W]	0.669[W]
절감 전력	▼0.958[W]	▼3.199[W]

는 보이나 약 300[uS]~1.1[mS]로 비교적 양호한 성능을 보였으며, 시료 100대 중 50대를 발취하여 측정한 결과이다.

V. 결 론

정부의 차세대 핵심 성장 동력인 홈 네트워크가 활성화되면, 대내 네트워크용 제어 단말기에 대한 폭발적인 증가가 예상된다. 이런 단말기들은 항상 전원에 연결되어 있어야 하므로, 대기 시나 동작 시 전력 소모를 최소화하는 것이 필수적이다. 본 논문에서 개발한 홈 네트워크용 스위치 PSPLC2S는 기존 스위치 보다 동작 시 소비전력을 약 3.2 W, 대기 시 소비전력을 약 0.95 W를 절감시켜 에너지 절약을 실현하였다.

본 논문의 홈 네트워크용 스위치는 스위치 ON/OFF 제어 시를 제외하고는 보통 Sleep Mode에서 동작하므로 대기 시 전력 소비 절감은 매우 중요하다.

작년 수주 물량인 68,741대의 단말기에 본 논문에서 개발한 회로를 적용할 경우 대기 시 소비 전력은 연간 10억 이상의 절감 효과를 얻을 수 있을 것이다. 이번 연구 결과는 PLC 홈 네트워크용 단말기들에 추가 확대 적용할 수 있는 핵심기술로 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Study on a reduction scheme of standby power for home appliances, RIST 研究論文 第19 卷第2 號, 2005.
- [2] 에너지 관리공단 홈페이지 자료
- [3] Kim woo young, "An Implementation of Home Network Control Protocol(HnCP) and It's Application to an Intelligent Lighting System", 55p, 2005.
- [4] 산업자원부 고시 제198-136호 자료
- [5] KS C IEC62301(가정용 전기 기기의 대기 전력 측정방법)
- [6] 에너지 관리공단 홈페이지 자료
- [7] Kim woo young, "An Implementation of Home Network Control Protocol(HnCP) and It's Application to an Intelligent Lighting System", 55p, 2005.
- [8] 산업자원부 고시 제198-136호 자료
- [9] KS C IEC62301(가정용 전기 기기의 대기 전력 측정방법)

저 자 소 개



한 재 용(정회원)
 2003년 2월 순천향대학교
 정보통신공학과 졸업
 2007년 현재 순천향대학교
 정보통신공학과
 석사 과정
 2003년~현재 플레넷 INT
 기술연구소 책임연구원

<주관심분야 : 전력선 통신, 지능 제어, 홈 네트워
 크, 임베디드시스템>



이 순 흠(정회원)
 1989년 고려대학교
 전자공학과 (공학박사)
 1985년 고려대학교
 전자공학과 (공학석사)
 1983년 고려대학교
 전자공학과 (공학사)

1991년~현재 순천향대학교 정보통신공학과 교수
 <주관심분야 : 컴퓨터네트워크, VHDL, 홈 네트
 워크, 임베디드시스템, 멀티미디어 콘텐츠 개발>