Z-Wave Mesh Network 방식을 이용한 홈네트워크용 통합 디밍스위치의 구현

황기현* · 설재훈**

Implementation of Integration Dimming Switch for Home Network Using Z-Wave Mesh Network

Gi-Hyun Hwang* · Jae Hoon Sul**

본 논문은 2011년도 동서대학교 학술연구조성비 지원과제의 연구결과와 2011년도 동서대학교
유비쿼터스 어플라이언스 지역혁신센터에서 지원받았음

요 약

본 논문에서 개발한 Z-Wave Mesh Network 방식을 이용한 홈네트워크 통합 디밍스위치는 현재 홈 네트워크 기술이 적용된 아파트를 대상으로 설치가 되고 있는 네트워크 방식의 스위치로써, 조명스위치 사용에 대한 시공자 설비의 편의성, 사용자의 조작 편의성 제공과 동작감지센서 및 광세기 검출센서를 이용한 조명의 효율적 제어를 통한 전력절감 효과가 기대되는 유무선 네트워크가 가능한 지능형 통합디밍 조명스위치이다. 본 논문에서 개발한 통합 디밍스위치의 유용성을 평가하기 위하여 실험시스템을 구현하였고, 부하성능 평가, 조명제어, 통신속도 면에서 우수한 성능을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed a home network integrated dimmer switch using Z-wave Mesh Network. The dimmer switch come with wired and wireless network-based intelligent lighting switch that can be installed in a apartments with home network technologies. This switch is ease to install and operate. Furthermore, it provide power saving through efficient control of light using motion detect sensor and light intensity sensor. In order to evaluate the performance of our developed home network integrated dimmer switch, we performed a load performance test and from our result, it showed excellent performance in terms of lighting control and communication speed.

키워드

Z-Wave, Mesh Network, 디밍스위치, 홈네트워크, 지능형

Key word

Z-Wave, Mesh Network, Dimming Switch, Home Network

* 정회원 : 동서대학교 컴퓨터정보공학부 (hwanggh@gdsu.dongseo.ac.kr)

** 정회원 : 아이리얼(주) 스마트볼라드 사업팀 (교신저자)

접수일자 : 2011. 01. 13

심사완료일자 : 2011. 02. 22

I. 서 론

현재 홈 네트워크 기술을 실제 시스템에 적용하면서 많은 시행착오를 겪어 오고 있다. 이는 기술적인 문제뿐만 아니라, 적용 디바이스의 네트워크 구성 방식에서도 많은 문제점을 가지고 있다[1-3]. 예로 초창기 홈 네트워크 시장의 중심에는 PLC(Power Line Communication) 방식이 홈 네트워크에 많이 적용되었으나, 현재 이를 적용하는 예는 드물어지고 있다[1]. 이러한 이유는 PLC 방식의 홈 네트워크가 기존의 유선 RS485 방식의 네트워크 방식에 비해 보안성 및 신뢰성이 떨어지는데 있었다. 또한 배선을 매설하는 비용보다도 네트워크 구성을 위해 디바이스에 PLC모듈을 장착하는 비용이 많이 소요되기 때문에 그 이유가 있다.

이러한 문제점은 기술적 또는 적용방식의 보완 등으로 진행되고 있으나 비용과 편리성이라는 문제에서 한계성을 드러내고 있다. 따라서 다시 설비비용과 모듈가격이 저렴하며, 신뢰성이 확보된 RS485방식으로 네트워크를 설치하고 있는 추세이다. 최근에는 이러한 유선 솔루션보다는 무선 솔루션을 적용하는 기술이 홈 네트워크 시장의 중심을 이루고 있다[4-8]. 그 대표적인 네트워크 방식으로 Zigbee가 선호되고 있으며, 많은 기업에서 이를 표준화하여 특히 홈 네트워크 시장에서 무선의 표준인 듯이 활용하고 있다.

홈 네트워크 시장에서 Zigbee는 상당한 호응을 받고 있는 무선 디바이스이다. 그러나 이 또한 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 최저 모듈가격의 한계와 Mesh Network 구성의 복잡성 및 자가 네트워크 치유 능력이 떨어지는 문제점 등이 있다. 먼저 모듈 가격의 한계성으로 네트워크 구성을 위한 프로토콜 알고리즘이 복잡하여 Flash 메모리의 크기가 커야 하기 때문에 모듈 단가 하락에 한계가 있다. 그리고 Star와 Mesh Network를 지원하나 Mesh Network는 복잡한 구조뿐만 아니라 노드가 상실되면 이를 자가 치유하는 복원기능이 약하다. 이로 새로운 네트워크 구성 또는 새로운 노드에 대한 인식이 불가능한 경우가 빈번히 발생하는 문제점으로 대두되고 있는 것이 현실이다. 따라서, 본 논문에서는 Z-Wave Mesh Network 방식을 적용한 통합 디밍스위치를 개발하였고, 실험시스템을 구성하여 그 우수성을 증명하였다.

II. 통합 디밍스위치

2.1. 전체 시스템이 구조

유무선 네트워크가 가능한 지능형 통합 디밍스위치에 대한 전체 구성도는 그림 1에 나타내었다. 그림 1에서 보는 것처럼, 기존 제품에서의 네트워크 문제점과 조작상의 애로사항을 해결하는 하드웨어 기술과 동체감지센서 및 광세기 감지센서를 이용한 전력절감 효과를 기대하는 하드웨어 기술을 융합하여 회로를 설계하고 제작하였다. 본 연구에서는 최대 8구까지 조명기기(형광등, 백열등) 디밍 제어가 가능하도록 개발하였다. 그리고 형광등의 디밍제어인 경우 디밍안정기를 제어하기 위한 디밍 신호변환 장치를 지능형 통합 디밍스위치에 내장하는 기술을 적용하여 설비에 부가적인 장치 및 비용이 발생하지 않도록 구현하였다. 홈 게이트웨이와 기존 네트워크 방식인 RS485 네트워크 구성도 가능하며, 신축 건물뿐만 아니라 기축 건물의 경우에도 제품 설치에 추가 배선설비 없이 홈 네트워크가 가능하도록 Z-Wave 모듈을 조명 스위치에 내장하여 무선 RF Mesh Network를 통해 조명스위치 제어 및 모니터링이 가능하도록 하였다. 그리고 사용자 편의를 위한 리모컨을 IR방식 또는 RF방식으로도 채택하여 편리성을 제공하였다.

2.2. 통합 디밍스위치의 특징

본 연구에서 개발한 통합 디밍스위치의 구성은 그림 2에 나타내었고, 그 기능을 살펴보면 다음과 같다.

- (a) LIGHT1 ~ LIGHT8 버튼: 소점등 및 디밍제어를 하고자 하는 조명 선택 버튼
- (b) 버튼선택 LED: 조명 선택버튼을 눌렀을 때 선택된 조명을 확인하기 위한 LED
- (c) LIGHT ON/OFF 상태 LED: 현재 소점등 또는 디밍 제어된 조명의 상태를 확인해 주는 LED
- (d) MODE1 ~ MODE4 버튼: 미리 설정한 조명모드를 실행하는 버튼, 무드 기능
- (e) MODE SET LED: 선택한 MODE를 확인해 주는 LED
- (f) 일괄 소점등 버튼: 일괄 소등 또는 점등시 사용하는 기능 버튼
- (g) 디밍 조절 볼륨과 조명 ON/OFF 버튼: 각 조명별 디밍제어 및 소점등 기능 수행 버튼
- (h) VOLUME LEVEL LED: 각 조명의 디밍 Level을 확인하는 LED

그림 1. 전체 시스템 구성도
Fig. 1. Configuration of System

그림 2. 통합 디밍스위치 구성도
Fig. 2. Configuration of integration dimming switch

2.3. 통합 디밍스위치의 동작 기능

통합 디밍스위치를 구동하기 위한 전체 흐름도는 그림 3에 나타내었다. 그림 3에서 보는 것처럼, 포트 초기화, 변수 및 인터럽트 초기화한 후에 현재 조명 상태를 제어하게 된다. 선택된 조명 상태표시, 위상제어신호 및 PWM 제어신호를 이용하여 조명의 밝기 조절을 할 수 있다.

그림 3. 통합 디밍스위치 구동 흐름도

Fig. 3. Flowchart of driving for integration dimming switch

2.4. Touch LCD 리모컨 화면 구성

그림 4는 Touch LCD 리모컨 화면 구성을 나타내었다. 그림 4에서 보는 것처럼, Touch LCD 화면은 전등 제어 ON/OFF버튼 8개, 전등 밝기 조절 버튼 UP/DOWN, 모드 설정 버튼으로 구성하였다.

그림 4. Touch LCD 리모컨 화면 구성

Fig. 4. Configuration of Touch LCD remote button

III. Z-Wave Mesh Network 구성

Z-Wave Master Module과 Slave node의 통신 혹은 Slave node간의 통신은 RF media로 서로 정보를 송수신하여 각각의 Slave node를 제어하거나 상태 정보를 얻을 수 있다. 통신 방식은 Master나 Controller가 상태 정보 요청 및 제어 신호를 송신하면 각 Slave node들이 이에 반응하여 동작하고 상태를 전송한다. Z-Wave 특성상 Master나 Controller에서 직접 제어할 수 없는 거리에 있는 Slave 들은 중간에 있는 다른 Slave들이 라우터의 기능을 한다. 각각의 전송은 ack와 route ack를 사용하여 송수신 하며 신뢰도를 높이도록 만들어진 프로토콜은 물리계층(RF 계층), MAC계층, 전송계층, 라우팅 계층, 어플리케이션 계층으로 총 5단계 계층으로 나누어진다. 그림 5는 Z-Wave의 계층구조를 나타내었다.

그림 5. Z-Wave 계층적 구조

Fig. 5. Structure of Z-Wave

- (a) 물리계층 : 물리 계층은 RF MEDIA으로 이루어져있으며, 전송방식은 Manchester 코드와 NRZ 코드를 사용하고 있으며, 변조 방식은 FSK 방식을 사용한다.
- (b) 맥 계층 : Z-Wave Mac layer는 RF 구성되며 데이터 흐름은 Manchester 코드로 되어있고 헤드, 시작 프레임(SOF), 데이터와 마지막프레임(EOF) 구조로 되어있으며 프레임 데이터는 프레임의 부분이며 이것은 전송계층으로 넘겨주게 된다.
- (c) 전송계층 : Z-Wave 전송 레이어는 두 노드 사이의 추가 재전송, 체크섬 체크와 응답들의 프레임 전송에 관한 것을 컨트롤한다.
- (d) 라우팅계층 : Z-Wave 라우팅 레이어는 한 노드에서 다른 노드로 프레임들의 라우팅을 컨트롤 한다.
- (e) 응용계층 : Z-Wave 어플리케이션 레이어는 Z-Wave 네트워크에서 디코딩과 명령 실행의 책임을 가진다.

(a)

(b)

(c)

그림 6. Z-Wave 통신 테스트 구성도
Fig. 6. Configuration of Z-Wave communication

그림 7. 센서노드 추가 및 성능 평가 결과
(a) 통합스위치 Node ID 001 등록 화면 (b) 조도감지센서 Node가 등록된 화면 (c) 조도감지 센서가 통합 디밍스위치 Network에 등록되고 있는 통신 패킷

Fig. 7. Adding of sensor node and the results of performance (a) Integration switch(Node ID 00) (b) illuminance sensor node (c) Communication packets

4.2. 센서 노드 추가 테스트

그림 7은 센서노드 추가 및 그 성능을 평가한 결과를 나타내었다. 그림 7에서 보는 것처럼, 통합 디밍스위치(Node ID 001)에 조도감지센서, 인체감지센서 추가 및 통신 데이터 모니터링한 결과이다. 그림 7(a)는 통합 디밍스위치에 삽입되어 있는 Node ID 001의 모니터링 화면을 나타내었고, 그림 7(b)는 조도감지 센서(Node ID 002)가 추가된 화면을 보였고, 그림 7(c)는 조도감지 센서가 통합 디밍스위치 상에 등록되어 있는 통신 패킷을 보였다.

4.3. 통합 디밍스위치 동작 및 파형출력

통합 디밍스위치의 동작 및 파형을 출력하기 위해서 그림 8과 같이 실제 시스템을 구성하였다. 그림 8에서 보는 것처럼, 통합 디밍스위치의 성능을 평가하기 위하여 측정장비를 구축하여 실험을 실시하였다.

그림 8. 통합 디밍스위치 테스트 장치
Fig. 8. The equipment of integration dimming switch

그림 9는 조도센서 시리얼 출력 테스트를 보였다. 그림 9에서 보는 것처럼, 조도센서량을 시리얼 통신을 통해 통합 디밍스위치로 전송되고 있음을 알 수 있다. 실험 결과 조도센서량이 시리얼을 통해서 통합 디밍스위치로 우수한 송신상태를 나타내었다.

그림 10과 그림 11은 통합 디밍스위치 60% PWM출력 및 통합 디밍스위치 일반포트 출력 상태를 나타내었다. 그림 10에서 보는 것처럼, PWM 출력으로 전등의 밝기를 제어할 수 있는 것을 알 수 있다.

그림 9. 조도센서 시리얼 출력 테스트
Fig. 9. The evaluation of illuminance sensor

그림 10. 통합디밍 스위치 60% PWM 출력
Fig. 10. PWM output of 60% for integration dimming switch

그림 11. 통합 디밍스위치 일반포트 출력
Fig. 11. The output of general port for integration dimming switch

무선 Network(Z-wave)통신 속도 성능 결과는 그림 12에 나타내었다. Z-Wave 통신 속도 시험 순서는 다음과 같다.

- ① 통합 디밍스위치와 조도센서, 모션감지 센서간 Z-wave 통신을 하도록 설정한다.
- ② 모션감지 센서를 이용하여, 일정시간 동안 인체가 감지되지 않으면, 통합 디밍스위치에 연결된 전등이 모두 OFF되는지 확인하고, 이때 통신 프로토콜이 정상적으로 송/수신 되는지 확인한다.
- ③ 조도 센서를 이용하여, 외부의 조도량에 따라 디밍용 통합 스위치에 연결된 전등의 디밍이 조절 되는지 확인하고, 이때 통신 프로토콜이 정상적으로 송/수신 되는지 확인한다.
- ④ 통신속도가 최소 9600bps인지 확인한다.

그림 12. 무선 Network(Z-wave)통신 속도 성능 결과
(a) 모션감지 센서와 통합 디밍스위치간 Z-Wave 통신 프로토콜 확인 (b) 통합 디밍스위치 노드 ID 01, 모션감지 센서 노드 ID 02번간 통신

Fig. 12. The results of performance for wireless network communication (a) Z-Wave communication protocol (b) Communication of Integration dimming switch

4.4. 통합 디밍스위치 성능평가

통합 디밍스위치의 성능을 평가하기 위해서 300W용 백열등(60W*5EA, 병렬연결)과 MULTI METER(모델명: FLUKE 289) 등을 연결하여 그림 13과 같이 측정설비를 구축하였다. 통합 디밍스위치의 출력 회로당 300W의 부하(백열등)를 연결하여, 해당 버튼으로 ON/OFF 하였고, 300W 부하 ON시 전류량을 확인하여, 변화량 측정 그 결

과를 표 1에 요약하였다. 표 1에서 표는 것처럼, 8개 출력 회로 스위치에 대해서 1.45[A] ~ 1.47[A] 정도를 우수한 성능을 나타내었다.

그림 13. 통합 디밍스위치의 부하성능 테스트 장치
Fig. 13. The equipment of load performance for integration dimming switch

표 1. 통합 디밍스위치 부하성능 테스트 결과
Table 1. The results of load performance for integration dimming switch

출력 회로 번호	측정 전류값[A]	성능평가 결과
1	1.4558A	적합
2	1.4733A	적합
3	1.4553A	적합
4	1.4403A	적합
5	1.4612A	적합
6	1.4555A	적합
7	1.4393A	적합
8	1.4598A	적합

그림 14는 디밍 조명제어에 대한 성능을 평가하기 위한 측정설비 장치를 나타내었다. 그림 14에서 보는 것처럼, 디밍 조명제어 수는 8개, 36W 형광등 6구, 60W 백열등 2구로 구성되어 있다. 통합 디밍스위치를 조작하여, 형광등 및 백열등의 밝기(디밍)를 조절한다. 그림 14(b)는 50% 디밍 조절 했을 때의 성능을 보였다.

그림 14. 디밍 조명제어 성능평가 측정설비
(a) 시스템 구성 (b) 50%디밍 조절
Fig. 14. The measuring equipment of performance for dimming lighting control (a) Configuration (b) 50% dimming

그림 15는 유선 Network(RS485) 통신 속도 성능평가를 위한 시스템 구성을 보였다. 네트워크 통신 속도 115,200[bps]이고, Oscilloscope (DPO 4104/Tektronix), 팬티엄급 노트북(W203/삼성) 및 RS-485 컨버터로 구성된다. 시험방법은 통합 디밍스위치의 RS-485 통신 포트와 PC에 연결된 RS-485 컨버터와 연결시킨다. 그리고 RS-485 통신으로 연결된 상태에서 115,200bps의 속도로 제어 프로토콜을 전송하여, 통합 디밍스위치의 동작 상태를 파악한다.

그림 15. 유선 Network 통신 속도 성능평가 장치
Fig. 15. The equipment of performance for wire network communication

그림 16(a)는 통신 에뮬레이터를 이용한 통신 데이터 전송(115,200[bps])한 결과를 보였고, 본 연구에서 개발한 통합 디밍스위치 데이터 수신 파형(115,200[bps])을 그림 16(b)에 나타내었다. 그림에서 보는 것처럼, Scope Channel1은 MAX485 수신파형을 보였고, Scope Channel2는 데이터 정상 수신 확인 Interrupt 발생을 나타낸다.

(a)

(b)

그림 16. 유선 Network 통신 속도 성능평가 결과
(a) 통신 에뮬레이터를 이용한 통신 데이터 전송
(b) 통합 디밍 스위치 데이터 수신

Fig. 16. The results of performance for wire network communication (a) Transmission of communication data (b) Receive data of Integration dimming switch

V. 결론

본 논문에서는 Z-Wave Mesh Network 방식을 이용한 통합 디밍스위치를 개발하였다. 통합 디밍스위치는 조명스위치 사용에 대한 사용자 설비의 편의성, 사용자의 조작 편의성 제공과 동체감지센서 및 광세기 검출센서를 이용한 조명의 효율적 제어를 통한 전력절감 효과가 기대되고 유무선 네트워크가 가능한 지능형 조명스위치이다.

통합 디밍스위치의 기능은 디지털 볼륨 엔코더를 이용한 PWM 출력 프로그램, 형광등, 백열등 제어 알고리즘, 위상 제어 알고리즘, 센서 입력을 이용한 전력 절감 알고리즘 및 Z-wave 연동 프로그램을 내장하고 있다.

개발한 통합 디밍스위치의 유용성을 평가하기 위해 실험장치를 구성하였고, 그 성능을 테스트 하였다. Z-Wave통신 테스트 센서 및 노드 추가 테스트에서 우수한 성능을 보였고, 통합 디밍스위치 동작 및 파형출력에 대해서는 통합 디밍스위치에서 원하는 PWM 주기를 생성하는 성능을 평가하였다.

통합 디밍스위치 성능평가에서는 부하성능 평가, 디밍 조명제어 성능평가 및 유선 Network 통신 속도 성능평가를 해본 결과 만족스러운 성능을 나타냄을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 동서대학교 학술연구조성비 지원과제의 연구결과와 2011년도 동서대학교 유비쿼터스 어플라이언스 지역혁신센터 지원에 의하여 이루어진 연구로서 관계부처에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 이정욱, “u-홈 네트워크”, 진한 M&B 출판사, 2006
- [2] 김건우, 김도우, 이준호, 한종욱 “홈네트워크 접근 제어를 위한 서비스 흐름 제어”, 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회, PP. 737-740, 2006
- [3] 이윤경, 주홍일, 박지혜, 한종욱, “홈네트워크에서 인증서버를 이용한 사용자 인증 메커니즘”, 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회, PP. 787-790, 2005
- [4] 이윤경, 이덕규, 한종욱, “홈네트워크 환경에서 공개키 기반의 홈디바이스 인증”, 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회, pp.811-814, 2007
- [5] 황진범, 한종욱, “홈네트워크에 적합한 접근제어 방식에 대한 고찰”, 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회, pp.323-327, 2005
- [6] 이영환, 이상무, 조평동, “홈네트워크 구축을 위한 배선 설계 연구”, 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회, pp.789-792, 2003
- [7] 황재우, 박호현, “신뢰모델기반의 Zigbee 네트워크 구성 및 신뢰성 측정”, 한국해양정보통신학회논문지, v.14, no.5, pp.1284-1294, 2010
- [8] 김세영, 김대진, “홈오토메이션 시스템 구축을 위한 임베디드 서버 및 Zigbee 센서보드 개발”, 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회 A, pp.886-889, 2008

저자소개

황기현(Gi-Hyun, Hwang)

1996년 부산대학교 전기공학과 석사 졸업.
2000년 부산대학교 전기공학과 박사 졸업.

2003년 동서대학교 컴퓨터정보공학부 교수
※주관심분야: RFID, 임베디드, 영상처리

설재훈(Jae Hoon, Sul)

1996년 동아대학교 전자공학과 석사 졸업.
2000년 동아대학교 전자공학과 박사 졸업.

2010년 아이리얼(주) 부설연구소 연구소장
※주관심분야: 마이크로프로세서, 홈네트워크