

전력선통신을 이용한 홈 네트워크 시스템 구현

Implementation of the Home Network System by use of the Power Line Communication

김 선 형* 이 두 성**
(Sun-Hyung Kim) (Doo-Sung Lee)

요 약

본 논문에서는 태양광 전력 시스템을 이용해서 홈 네트워크 시스템을 구성하는 방안으로 정전시 제한된 전력을 효율적으로 사용하는 방법을 연구하였다. 그리고 기존의 홈 네트워크 시스템의 단말기가 하나의 고유 기능만을 갖기 때문에 생산 단가가 높고 다른 기능으로의 변환이 어려운 문제점이 있으므로, 단말기가 하나의 기능을 갖는 것이 아니라 다른 기능으로의 변환이 쉽고 생산 단가를 낮출 수 있도록 모듈화하고 PLC를 사용하여 설비 단가도 낮출 수 있는 홈 네트워크 시스템을 제안하였다. 실험적으로 시제품 형태의 조명 제어 단말기를 구현하였으며, 이를 통해 모듈화된조명제어 시스템의 성능을 시험하였으며, 상품가능성을 입증하였다.

Abstract

In this paper, we propose a method for the efficient power use in power outage. The cost is high and conversion into the other function is difficult since the terminal used in conventional home network system has a dedicated function. This method is based on home network system employed with photovoltaic system. Throughout the modularization of the terminal, the variable function and cost reduction can be achieved. Additionally the unit cost can be reduced by using the power line communication. The prototype of light-control terminal has been implemented. The experimental results with the terminal show the performance of light-control system and the possibility of the commercialization can be achieved.

Key words : Home network system, photovoltaic system, modularization of the terminal, power line communication

I. 서 론

홈 네트워크 시스템을 구성하기 위해서는 중앙에서 단말기들을 감시하는 중앙 감시 장치와 센서를 통해서 현재 상태를 감시 장치로 보내주는 단말기로 구성된다[1,2]. 하지만 각 단말기들은 한 번 생산되면 한가지의 고유한 감시 기능 및 동작 기능만을

갖게 되고 다른 기능으로 전환하기 위해서는 다른 기능을 갖는 단말기로 교체해야 한다. 이러한 문제점은 필요한 각각의 단말기를 종류별로 생산해야 하기 때문에 생산 단가를 높이는 원인이 되고 호환성 있는 운용이 어려운 단점이 있다[3-5].

본 논문에서는 이러한 단말기의 생산성 저하 및 호환성의 문제점을 해결하기 위해 단말기를 생산할

† 본 논문은 2009학년도 서일대학 학술연구비에 의해 연구되었음.

* 주저자 : 순천향대학교 정보통신공학과

** 공저자 및 교신저자 : 서일대학 컴퓨터전자과

† 논문접수일 : 2011년 1월 31일

† 논문심사일 : 2011년 2월 23일

† 게재확정일 : 2011년 2월 25일

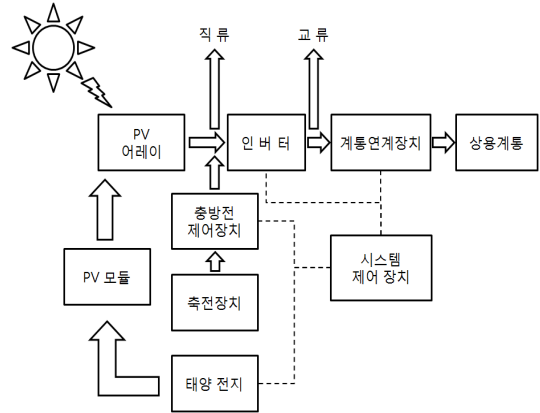
때 센서부와 제어부를 모듈화하여 따로 생산 후 연결하는 방식의 시스템을 설계하였다. 또한 제안된 시스템에서는 전력선을 통신 매체로 전력선의 교류 전원 사인 파형에 디지털 정보를 실어서 전송하는 통신 방식인 PLC(Power Line Communication, 전력선 통신) 방식을 사용하였다[6-9]. 전력선 통신의 장점은 기존의 전력선을 활용하기 때문에 구축 비용이 절감되며 설치기간이 짧아 새로운 통신망을 구축하는 것보다 비용측면에서 효율적이다[9].

시스템 운영 전력은 태양광 발전을 이용한 전원을 사용함으로써 정전 시 제한된 전력을 감시하여 불필요한 전력을 차단함으로써 효율적인 홈 네트워크 시스템의 구현을 목적으로 연구하였다.

II. 시스템의 설계

본 논문에서 제안한 시스템은 <그림 1>과 같이 홈 네트워크 시스템의 전원은 태양광 발전 시스템의 전원을 사용하고, 홈 네트워크 시스템은 중앙 감시 장치와 단말기로 구성되며, 중앙 감시 장치는 각 단말기에서 보내는 정보를 바탕으로 상황을 판단하고 각 단말기를 제어하는 역할을 수행한다. 또한 정전 시 태양광 발전 시스템의 제한된 전력을 감시한다. 단말기는 센서를 통해 들어오는 여러 가지 환경 정보를 중앙 감시 장치로 전송하고, 중앙 감시 장치로부터 제어명령을 받아서 필요한 동작을 수행한다.

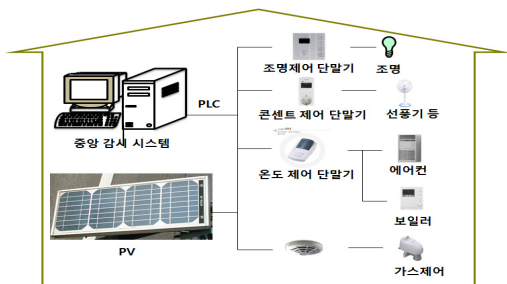
<그림 2>와 같이 구성한 태양광 발전 시스템에서 생성된 전력을 홈 네트워크 시스템의 전원으로 사용하였다.



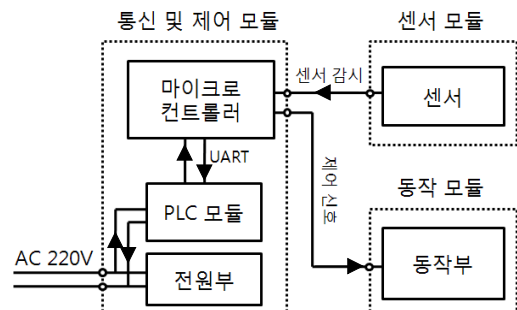
<그림 2> 태양광 발전 시스템의 기본구성
<Fig. 2> Basic structure of the photovoltaic system

프로토타입의 태양광 전력 시스템 구성에 사용된 태양 전지는 STC사의 Monocrystalline module 100W를 사용하고, 컨버터는 EPRC-ST-MT-10을, 충전기는DC24MF를 사용하였으며, 인버터는 PI-300을 사용하여 구성하였다.

단말기는 <그림 3>과 같이 통신 및 제어 모듈과 센서 모듈, 동작 모듈로 나누어진다. 기본적으로 통신 및 제어 모듈은 공통적으로 사용하며, 센서 모듈과 동작 모듈은 옵션으로 교체할 수 있는 구조를 가지고 있다. 단말기의 통신 및 제어 모듈의 마이크로 컨트롤러는 ATmega128을 사용하고 전력선 통신을 위해서는 플레넷사에서 생산한 PSM20H-02 모델을 사용하였다. PSM20H-02 모델의 특징은 Physical Layer 및 MAC Layer, Network Layer가 내장되어 있어 별도의 프로토콜 없이 전력망 구성이 가능하다.



<그림 1> 홈 네트워크 시스템 구성도
<Fig. 1> Configuration of home network system



<그림 3> 단말기의 블록도
<Fig. 3> Block diagram of terminal

또한 전력선 통신에 필요한 필터와 증폭부가 내장되어 있어서 외부의 AC coupling 회로만으로 전력선 통신이 가능하다. 사용한 PLC 모듈의 통신 프로토콜 패킷 포맷은 다음과 같다.

- STX : 패킷의 시작, 1byte, 0x02
- LEN : 패킷의 길이, 1byte, STX~ETX
- MSG : 전송 데이터, 2byte
- ETX : 패킷의 끝, 1byte, 0x03

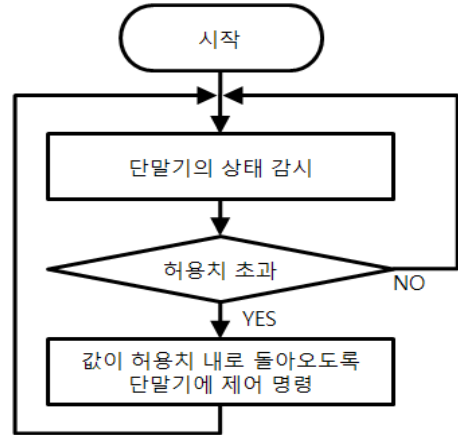
MSG에서 1 byte는 ASCII 데이터용으로, 1 byte는 체크섬용으로 사용된다. 체크 방식은 STX, LEN, MSG의 데이터 1 byte 까지를 배타적 OR한 값을 갖는다. 수신측에서는 수신한 패킷 데이터의 STX, LEN, MSG의 데이터 1 byte 까지를 배타적 OR함으로써 그 결과로 에러 여부를 판별하는 통신 방식이다. 즉, 0이면 에러가 없음을 나타내며, 1이면 에러 상태이므로 재전송토록 한다.

센서 모듈은 온도 센서, 습도 센서, 조도 센서, 가스 센서, 인체 감지 센서 등을 필요에 따라 바꿔 설치할 수 있게끔 설계하였다. 또한 동작 모듈 역시 사용 목적에 따라 릴레이, 모터 등으로 바꿀 수 있도록 설계하였다.

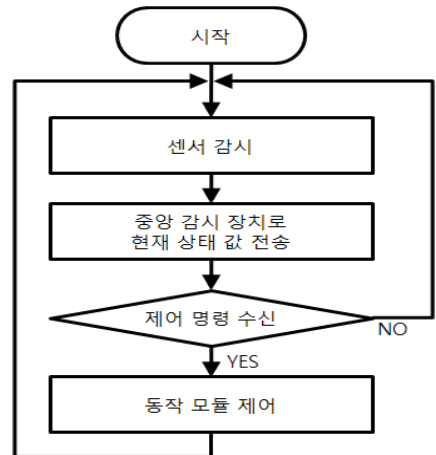
III. 소프트웨어 설계

중앙 감시 장치는 PC에서 동작하는 프로그램으로 설계하였다. <그림 4>는 중앙 감시 장치의 개략적인 흐름도를 나타낸다. 중앙 감시 장치는 각각의 단말기에서 수신 받은 데이터를 분석하여 각각의 단말기 상태를 확인하고, 사용자가 사전 설정한 한계치와 비교한 후 현재 상태 값이 한계치를 초과할 경우 각 단말기에 따라 미리 정해진 동작 중 하나를 수행하도록 명령하고 지속적으로 모니터링 하여 현재 상태 값이 한계치보다 작아질 경우 단말기의 동작을 멈추도록 한다.

또한 위험 요소를 감지하는 단말기의 경우에는 미리 설정된 한계치를 초과할 경우 경고 시스템을 통하여 경보를 발생하고 위험 요소를 제거하기 위



<그림 4> 중앙 감시 장치 흐름도
<Fig. 4> Flow chart of center monitoring terminal



<그림 5> 단말기의 흐름도
<Fig. 5> Flow chart of terminal

한 동작을 수행하며 위험 요소가 제거되었을 경우 경보를 해제하는 동작을 한다. 또한 단말기에서 일정 시간 데이터가 수신되지 않을 경우에는 단말기에 이상이 생긴 것으로 보고 사용자에게 단말기의 이상을 알려 신속한 조치가 가능하도록 한다.

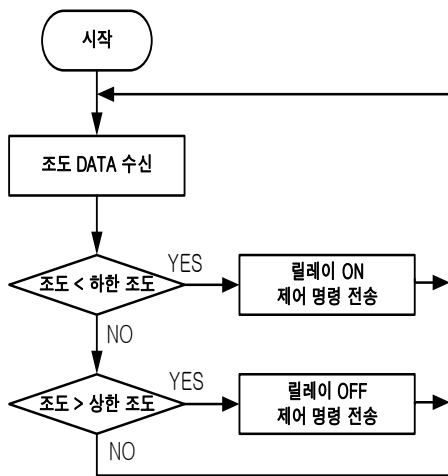
<그림 5>는 단말기의 개략적인 흐름도를 나타내고 있다. 제어 모듈은 현재의 상태를 획득하기 위해 센서 모듈을 모니터링 하여 현재 상태 값을 주기적으로 중앙 감시 장치로 전송한다. 또한 중앙 감시 장치로부터 오는 제어 명령을 수신하여 제어가 필요할 시에 동작 모듈을 구동하여 필요한 동작을 수

행한다. 단말기의 상태를 획득하고 동작시키기 위해서 센서와 동작 모듈은 각 단말기의 목적에 맞게 선택되도록 한다.

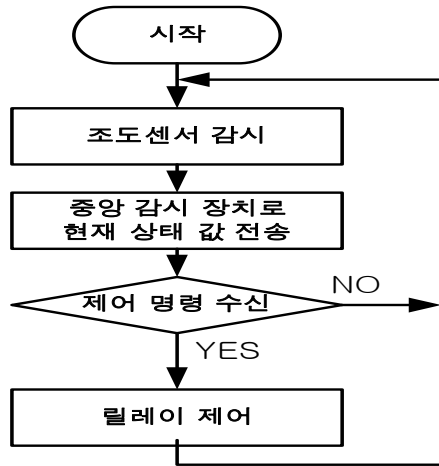
본 논문에서는 실험적으로 조도 센서에 대한 동작을 실험을 통해서 구현하고, 그 동작 성능을 확인하였다. 다음의 <그림 6>과 <그림 7>은 실제 조도 센서 동작에 따른 흐름도를 나타낸 것이다.

조명을 동작시키기 위한 단말기에는 조도를 측정할 수 있는 조도 센서와 릴레이로 된 동작 모듈을 선택해야 한다. 이 경우 단말기는 주기적으로 중앙 감시 장치에 조도 값을 전송하고 중앙 감시 장치에서는 단말기로부터 수신되는 조도 값을 모니터링하다가 현재 조도가 미리 정해진 하한 조도보다 낮아질 경우 단말기에 조명을 켜라는 명령을 전송한다. 단말기에서는 이 제어 명령을 받게 되면 동작 모듈의 릴레이에 전원 연결 신호를 주어 조명을 동작시킨다.

또한 조도가 미리 정해놓은 조명이 켜진 상태에서 주위가 밝아져 현재 조도가 상한 조도보다 높아지면 중앙 감시 장치는 단말기에 조명을 끄라는 명령을 전송한다. 이때 상한과 하한의 조도 값을 설정한 이유는 약간의 미세한 변화나 센서의 오차에 의해 조명이 작동하는 것을 미연에 방지하기 위함



<그림 6> 구현한 중앙 감시 장치 흐름도
<Fig. 6> Flow chart of realized center monitoring terminal

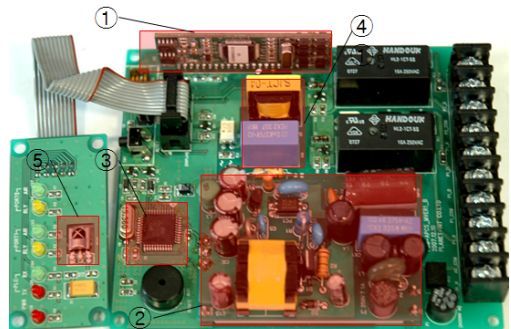


<그림 7> 구현한 단말기의 동작흐름도
<Fig. 7> Flow chart of realized terminal

이다. 본 논문에서는 조도의 상한과 하한을 조도 기준의 최고값과 최저값으로 설정함으로써 항상 기준 조도를 유지할 수 있도록 하였으며, 기타 다른 센서들도 이와 동일한 방법으로 구현할 수 있다.

IV. 구현한 단말기 실험

본 논문에서는 조명 제어용 단말기와 온도 제어용 단말기를 개발하여 실험하였다. 구현한 온도 제어용 단말기는 <그림 8>과 같이 센서 모듈은 조도 센서로 Photo 센서를 사용하였고, 그림에 나타난 것과 같이 크게 ① 전력선 통신 모듈, ② 전원부, ③



<그림 8> 구현한 조명 제어용 단말기
<Fig. 8> Realized terminal for illumination control

〈표 1〉 거실의 조도 기준과 적정 실내 온도
 〈Table 1〉 Illumination standard of living room

| 거실의 적정 조도 | |
|------------|-------------------|
| 단란, 오락 | 300 - 400 - 600 |
| 독서, 전화, 화장 | 600 - 1000 - 1500 |
| 수예, 재봉 | 150 - 200 - 300 |
| 전반 | 60 - 100 - 150 |
| 적정 실내 온도 | |
| 여름철 | 26 - 28 ℃ |
| 겨울철 | 18 - 20 ℃ |

마이크로 컨트롤러, ④ 전력선 커플링부, ⑤ 조도 센서로 구성된다. 온도 제어용 단말기의 경우에는 조도 센서 대신 온도 센서를 사용한 온도 센서 모듈을 만들어 구성하였다.

구현한 조명 제어용 단말기의 동작은 조도에 따라 조명 동작을 ON/OFF로 수행한다. 조도의 판단 기준은 조도 센서의 전압 값을 lux 단위로 변환하여 표 1과 같이 주택의 거실 전반의 적정 조도인 60 ~ 150 lux를 기준으로 삼았다. <표 1>은 한국 산업표준의 “조도 기준”을 참조하였다[10]. 즉 60 lux 이하의 조도에서 조명이 켜지고 150 lux 이상의 조도에서 조명이 꺼지도록 설정하고 조명 아래 단말기와 조도계를 같이 두고 실내 밝기에 따라 적정 조도를 유지할 수 있도록 조명이 작동하는지 실험하였다.

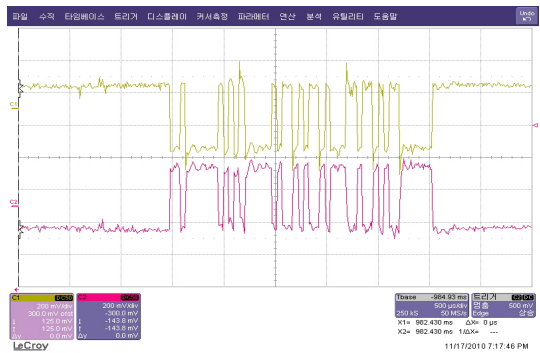
또한 온도 제어용 단말기도 조명 제어용 단말기의 동작과 같은 방식으로 전기난로의 전원을 On/Off 하여 온도를 일정 범위 안에서 유지할 수 있도록 작동하는지 실험하였다. 온도의 범위는 겨울철 적정 실내 온도인 18~20 ℃을 기준으로 삼았다. 실험 결과 <표 2>와 같이 실내 밝기와 조명 상태, 실내 온도와 전기난로의 상태에 따라 적정 조도와 온도를 유지할 수 있도록 조명과 전기난로가 동작하는 것을 확인할 수 있었다.

이를 오실로스코프로 측정한 송수신 데이터 파형을 <그림 9>와 <그림 10>에 나타내었다.

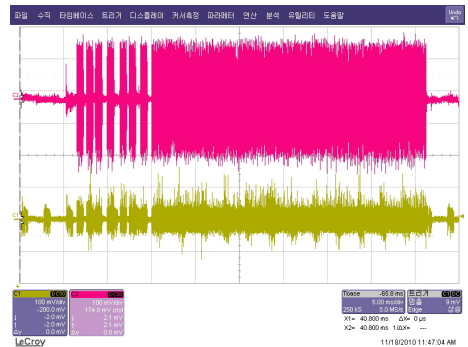
<그림 9>는 마이크로 컨트롤러와 PLC간의 송, 수신 데이터를, 그림 10은 PLC 간의 송, 수신 데이터를 측정된 결과이다.

〈표 2〉 실험 결과
 〈Table 2〉 Test result

| | 시험 조건 | | | 조명 상태 변화 |
|----------|-------|-----|------------|--------------|
| | 시작 | 종료 | 시작시 조명 상태 | |
| 조도 (lux) | 30 | 100 | OFF | 시작과 함께 ON |
| | | | ON | 변화 없음 |
| | 100 | 200 | OFF | 변화 없음 |
| | | | ON | 150lux에서 OFF |
| | 200 | 100 | OFF | 변화 없음 |
| | | | ON | 시작과 함께 OFF |
| 온도 (℃) | 100 | 30 | OFF | 60lux에서 ON |
| | | | ON | 변화 없음 |
| | 15 | 19 | OFF | 시작과 함께 ON |
| | | | ON | 변화 없음 |
| | 19 | 25 | OFF | 변화 없음 |
| | | | ON | 20℃에서 OFF |
| 25 | 19 | OFF | 변화 없음 | |
| | | ON | 시작과 함께 OFF | |
| 19 | 15 | OFF | 18℃에서 ON | |
| | | ON | 변화 없음 | |



〈그림 9〉 마이크로 컨트롤러와 PLC간의 송, 수신 데이터
 〈Fig. 9〉 Tx, Rx data between microcontroller and PLC



〈그림 10〉 PLC간 송, 수신 데이터
 〈Fig. 10〉 Tx, Rx data between PLCs

<표 3> 입력 전압 변동에 따른 송수신 데이터 시험 결과
<Table 3> Tx, Rx data come from the input voltage regulation 표 9

| 시료 | 시험 조건 | | 송출 전압 | 수신 레벨 | 판 정 |
|----|-------|-------------|----------------------------|------------------------|-----|
| | f[Hz] | 공급전압 (Vrms) | [Vp_p] [기준 : 5.0 ± 0.2] | [dB] [기준 : 85dB 초과] | |
| #1 | 50 | 88 | 5.06 | 88 | 적합 |
| | | 220 | 5.06 | 88 | 적합 |
| | | 264 | 5.08 | 87 | 적합 |
| | 60 | 88 | 5.13 | 88 | 적합 |
| | | 220 | 5.13 | 88 | 적합 |
| | | 264 | 5.13 | 88 | 적합 |
| #2 | 50 | 88 | 5.09 | 90 | 적합 |
| | | 220 | 5.09 | 90 | 적합 |
| | | 264 | 5.13 | 90 | 적합 |
| | 60 | 88 | 5.03 | 90 | 적합 |
| | | 220 | 5.18 | 90 | 적합 |
| | | 264 | 5.02 | 90 | 적합 |

입력 전압 변동에 따른 송출 전압 및 수신 레벨이 다를 경우 전력선 통신 성능이 불규칙적으로 변화됨으로 중요한 전력선 통신 성능 시험 항목인 입력 전압 변동에 따른 송수신 시험 결과를 <표 3>에 나타내었다. 시험 방법은 POWER SOURCE를 이용하여 입력 전압을 88V에서 264V의 범위에서 가변하고 이때 50Hz 또는 60Hz로 주파수를 변경한다. 단말기를 수동으로 제어하면 전력선 신호가 송출된다. 송출되는 전력선 신호를 커플러를 사용하여 오실로스코프로 측정한다. 수신레벨 검증은 TEST BED에서 신호 감쇄를 설정 후 중앙 감시 장치에서 보낸 송신 패킷을 단말기가 수신하여 동작되는 것으로 이루어진다. TEST BED는 정확한 시험을 위해 외부에서 들어오는 노이즈를 차단하고 신호의 감쇄를 주는 장치이다. <표 3>의 시험결과에서 보는 바와 같이 입력 전압의 변동에 따라 송출 전압 및 수신 레벨의 변화가 거의 없어 안정된 통신 성능을 보임을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서 제안한 시스템은 기존의 홈 네트워크 시스템이 각 단말기들은 한 번 생산되면 한가지

의 고유한 감시 기능 및 동작 기능만을 갖게 되고 다른 기능으로 전환하기 위해서는 다른 기능을 갖는 단말기로 교체해야 하는 단점을 보완하기 위하여 단말기를 생산할 때 센서부와 제어부를 모듈화하여 따로 생산 후 연결하는 방식으로 기능변환이 용이하도록 구성하였다. 제안된 시스템은 생산 단가를 절감하고, 다른 기능으로의 변환이나 업그레이드가 용이한 단말기를 제작할 수 있는 장점이 있으며, 전력선 통신 방식을 사용함으로써, 추가로 통신 선로를 설치하지 않아도 되므로, 저비용으로 홈 네트워크 환경을 구성할 수 있다. 또한 태양광 전원을 사용한 홈 네트워크 시스템의 구성 시 제한된 전력을 감시하여 불필요한 전력을 차단함으로써 홈 네트워크 시스템의 구현이 가능함을 실험적으로 입증하였다. 향후 여러 센서 기능의 모듈을 추가함으로써 다양한 형태의 홈 네트워크 구성이 가능한 시스템 개발에 도움이 될 것으로 사료되며, 추후 필드 시험을 통해 제품을 상용화 할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] R. E. Grinter, W. K. Edwards, M. W. Newman and N. Ducheneaut, "The work to make a home network work," ECSCW 2005, 18-22 pp.469~488. September 2005,
- [2] 차진만, 이영래, 박연식, "임베디드 시스템을 활용한 무선 센서 노드 설계," 한국해양정보통신학회논문지, 제13권, 제3호, pp.623~628, 2009. 3.
- [3] 김명환, 차진만, 이상욱, 성길영, 박연식, "RF 모듈-칩(Module-Chip)을 이용한 홈 네트워크 모듈 설계," 한국해양정보통신학회논문지, 제13권, 제2호, pp.431~436, 2009. 2.
- [4] 김태훈, "RFID를 이용한 지능형 홈네트워크 시스템 설계," 송실대학교 석사 학위논문, 2009. 8.
- [5] 김동욱, "실시간 지능형 홈 네트워크 서비스 제어 시스템 설계," 경성대학교 석사 학위 논문, 2009. 8.
- [6] 조성락, 백부근, 이지은, 이동곤, 배병덕, "전력선 통신의 실선시험 및 신호특성 분석," 한국정보통신학회논문지, 제47권, 제1호, pp.93~98, 2010. 2.

- [7] 한재용, 이순흠, “유무선 통신 방식을 지원하는 홈 네트워크 게이트웨이 개발,” 전자공학회논문지, 제45권, 제12호, pp.114~119, 2008. 12.
- [8] 한재용, “전력선 통신을 이용한 에어컨 피크 전력 제어 시스템 구현,” 순천향대학교 석사 학위 논문, 2008. 8.
- [9] 권달원, “전력선통신 기술을 이용한 항공등화 개별 제어 및 감시 시스템 연구,” 한국항공대학교 석사 학위 논문, 2010. 2.
- [10] “조도 기준,” 한국산업표준 KS A 3011, 1998. 7.

저자소개



김 선 형 (Kim, Sun-Hyung)

1989년 3월 ~ 현 재 : 순천향대학교 정보통신과 교수
1988년 2월 : 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
1981년 2월 : 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1979년 2월 : 성균관대학교 전자공학과(공학사)



이 두 성 (Lee, Doo-Sung)

1983년 9월 ~ 현 재 : 서일대학 컴퓨터전자과 교수
2001년 2월 : 성균관대학교 대학원 전기전자 및 컴퓨터공학과(공학박사)
1981년 2월 : 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1979년 2월 : 성균관대학교 전자공학과(공학사)