

도플러 및 적외선 센서 융합기반 주차장환경 LED등 연속디밍 제어 기술에 대한 연구

황현석*, 정순호**, 노정규***, 신호진****©

A Study on LED Light Dimming Control Technology using doppler and IR sensor

Hyunsuk Hwang*, Soonho Jung**, Jungkyu Rho***, Hojin Shin****©

요 약

조명은 현재 인류에서는 없어서는 안 될 유효사용 기술 중 하나이다. 이러한 조명은 태양광에 의한 주광조명(晝光照明)과 인공광원을 통해 생성되는 인공조명(人孔照明)이 있으며, 본 논문에서는 전기에너지를 통해 생성되어지는 인공조명의 제어기술과 효율적인 운영방안에 대한 연구를 진행하였다. 일차적으로 인체를 감지하기 위하여 Doppler Sensor를 사용하여 인체를 감지하고 이에 대한 감지신호를 기반으로 하여 LED조명의 연속디밍 컨트롤 하여 효율적인 에너지 관리를 하기 위한 기술이다. 이와 같이 본 논문에서는 전기적인 에너지원을 기초로 하여 LED 조명에 대한 연속 디밍 기법과 도플러 및 적외선센서 융합 기법을 제안하고자 한다.

Key Words : LED Light, Doppler Sensor, PIR Sensor, Seamless Dimming, Smart Device Application

ABSTRACT

Illumination is an effective technique that must be in the mankind today. These lights, there is artificial light that is created by using an artificial light source daylight illumination by sunlight, in this paper, it is created using the electrical energy it is a paper on the study of technology management scheme and efficient control technology of artificial light.

I. 서 론

최근 에너지의 효율적인 운영을 목적으로 기존의 조명에 대한 센서와의 연계를 통한 시스템들이 개발되고 있는 추세로 조명에 관련된 연구는 센서 및 LED 소자의 개발 등에 연구가 집중되어 진행되어 왔다. 이처럼 센서와 LED소자 등에 대한 연구는 많이 개발되어졌으나, 사용자 편의에 맞추어 손쉽게 제어하는 방법에 대한 연구는 미흡한 상황이다. 또한, 일반적으로 인체를 감지하여 센서 정보를 기반으로 조명의 ON/OFF 기술이 많이 발달하였지만, 사용자의 환경 변화 감지 및 사용자 임의의 제어가 불가능하다는 단점이 있다. 센서의 정보와 사용자의 요구조건을 기반으로 하여 조명의 밝기를 제어하고 다양한 기기와의 통신을 통하여 사용자기반

의 제어가 가능하도록 하는 효율적인 시스템을 연구하였다. 따라서 본 논문에서는 설치가 확대되고 있는 센서기반 조명 시스템의 다양한 문제점을 보완하고 효율적인 운영을 하기 위한 제어 시스템에 대한 연구와 더불어 상기한 효율적인 운영시스템과 같은 조명제어 시스템의 초창기 융합 기술이 가지는 다양한 한계점을 극복할 수 있는 새로운 아이디어를 기반으로 하는 조명제어 시스템 기술을 제시하고자 한다. 본 논문의 순서는 다음과 같이 구성하였다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 센서융합기반 LED 연속디밍 제어기술에 대해 설명하고, 3장에서는 센서융합기반 LED 연속디밍 제어기술을 구현하고, 4장에서는 실험 결과 및 분석에 대하여 기술한다. 5장에서 마지막으로 결론을 내리고 본 논문의 끝을 맺는다.

※ 본 연구의 일부는 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학연협력 기술개발사업 C0149549의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

*서일대학 전기과

**서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 방송통신융합프로그램

***서경대학교 컴퓨터과학과

****©(주)에이디이엔지

접수일자 : 2014년 8월 19일, 수정완료일자 : 2014년 8월 27일, 최종게재확정일자 : 2014년 9월 3일

II. 센서 융합기반 LED 연속디밍 제어 기술

일반적인 LED 형광등은 Power Supply Module과 Sensor Module, Dimmer로 각각 구성되어 개별적인 역할을 수행하며, 각각의 기능을 수행하기 위하여 전기적인 결선이 반드시 필요하다. 하지만 본 논문에서 연구하고자 하는 내용은 일반적인 LED 형광등의 Power Supply module 회로 내에 Sensor와 Dimmer의 기능을 부여하고 추가적으로 각각 통신이 가능하도록 통신모듈을 추가하였으며, 일체형 LED 형광등과 안정기는 그림 1과 같다.



그림 1. 실험에 사용된 LED 형광등과 안정기

일차적으로 본 시스템의 구성은 Host PC에서 관리 및 제어 가능한 시스템으로 구성되어 있다. 호스트 PC에서는 App S/W를 통하여 LED 조명의 점등 및 전력의 사용량에 대한 모니터링이 가능하도록 하며, 조명의 디밍 제어가 가능하도록 한다. 일반적인 조명은 교류전원을 이용하여 60Hz의 주기를 3000kHz로 주파수 제어를 통하여 사용한다. 반면 LED 조명은 교류전원을 직접적으로 사용하는 것이 아니라 DC Converter를 통하여 DC 제어를 한다. 본 조명은 LED 모듈 각 한 개당 전력 사용량에 의해 교류전원을 DC로 Converting한 후 LED 모듈의 수량에 맞게 회로를 구성한다.

안정기 내부에는 일반적인 AC-DC의 변환기술을 포함하며, MCU보드를 내장하고 Sensor도 포함되도록 구성한다. 또한 각각의 ID를 포함하는 통신모듈을 내장하여 각각의 조명을 제어하고 상태정보를 전송하고자 한다. 이러한 구성을 통한 장점은 회로가 매우 간단하며, 소형 경량화가 용이하다.

센서는 적외선 센서 모듈을 사용하였다. MCU와 연계되기 위해서 적외선 센서의 모듈은 인체를 감지하였을 경우 전압의 형태 및 파형을 통하여 MCU에게 신호를 전달할 수 있는 모듈을 고려하다. 다음 그림과 같은 적외선 모듈을 적용하였다.

본 실험에서 사용된 적외선 센서는 5V DC의 입력을 받아 동작한다. 인체가 감지되었을 경우 3Vdc의 출력신호를 발생

시킨다. 이러한 신호를 기반으로 하여 MCU보드에서 하나의 포트에 인체가 감지되었을 경우 조명을 제어할수 있도록 하였다. 위 실험에서 사용된 적외선 센서는 10cm ~ 3M의 근거리에서의 인체가 감지가가능하다. 적외선 센서의 회로도는 그림 2와 같다.

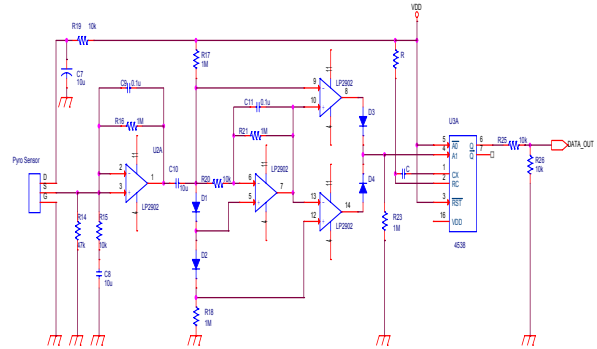


그림 2. 적외선 센서의 회로

본 회로에서는 적외선을 감지할 수 있는 전자기에 신호가 입력되면 미소량의 전압이 발생하게 된다. 이러한 미소량의 전압을 op-amp를 통하여 노이즈 신호와 실제 인체를 감지한 신호를 분리하고 증폭하여 출력신호로 사용할수 있도록 구성된다. 적외선 센서의 동작 원리는 다음 그림 3과 같다.

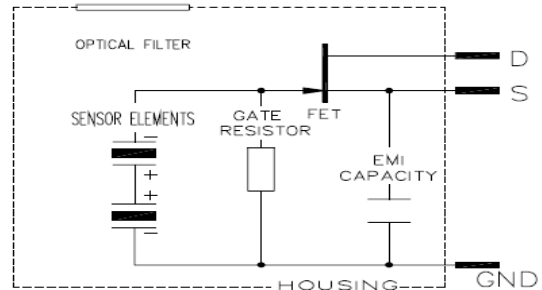


그림 3. LHI874/878의 전하 발생과정

Optical Filter에서 발생하는 적외선을 fresnel lens가 집광시켜주어 IR필터가 적외선 영역만 통과하여 적외선을 센서가 받아 전류를 흐르게 하여, Source에 흐르는 전압이 두 개의 센서로 인해 증폭된 출력된 파형이 된다.

마이크로파 센서는 현재 IT융합 분야에 적용되는 여러 가지 센서 중에서도 가장 각광 받는 센서이며, 이러한 센서에 수신 신호를 감지하여 움직이는 인체 및 사물에 대하여 동작 인지도가 향상되어 있는 센서이다.

마이크로파 센서는 변조과정을 거쳐 447.725MHz의 송신기를 통하여 센서 출력 정보에 대해 메인컨트롤러와 통신을 할 수 있도록 신호를 전압을 이용하여 출력한다. 447.725MHz의 송신기가 내장된 센서에 대한 특성을 파악하여 메인컨트롤러와 융합하여 조명제어 시스템을 구축하고자 한다.

표 1. 마이크로파 도플러 센서 및 메인컨트롤러 기술

구분	마이크로파 도플러 센서 무선 호출 송신기	메인컨트롤러
감지 기술	1. 무선 감지 인체 검출 2. 감지 신호를 컨트롤러로 전송	1. 센서의 정보 제어 2. 호출 정보 인터페이스
통신 기술	1. 센서 모드 동작 2. 센서와 메인컨트롤러간의 무선 통신	1. 마이크로파 도플러 센서와 무선 통신망간의 인터페이스

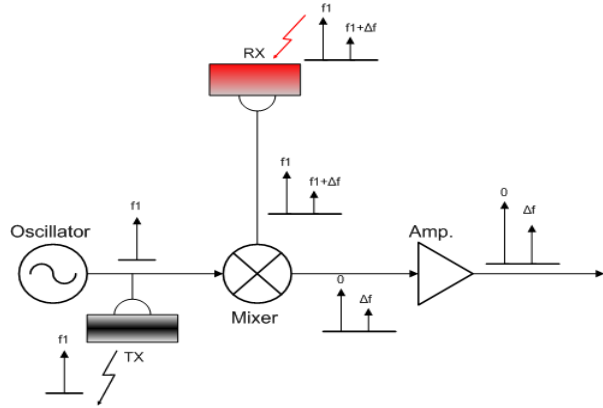


그림 4. 마이크로파 도플러 센서의 기본 블록도

그림 4와 같이 오실레이터에 발생한 기본 주파수 f_1 은 송신안테나를 통하여 출력이 되고, 이 신호가 움직이는 물체에 부딪히면 이 신호의 주파수는 도플러 효과에 의해 주파수 변화가 발생하게 된다. 이렇게 변화된 신호를 검출하려면 되돌아오는 신호($f_1+\Delta f$)를 전송신호의 샘플과 믹서에서 합쳐지게 하여 물체로 보내는 기본 신호(f_1)과 물체로부터 되돌아오는 신호 ($f_1+\Delta f$)간의 변화의 크기를 그에 비례하는 출력 전압으로 나타낼 수 있다.

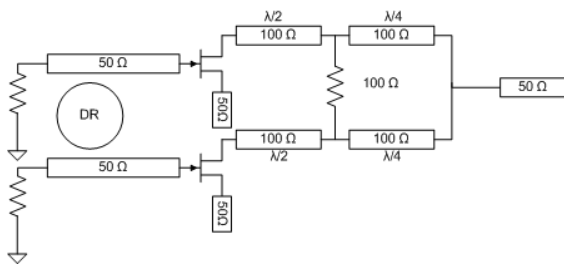


그림 5. 유전체 공진기 발진기

이때 사용되는 오실레이터는 그림 4와 같은 Push-Push 유전체 공진기 발진기 (Push-Push Dielectric Resonator Oscillator : DRO)를 사용한다. 그 이유로는 X-밴드에서 크기와 위상잡음면에서 DRO가 가장 많이 사용이 되고, 그 중에서도 Push-Push 유전체 공진기 발진기는 위상 잡음특성이 매우 좋기 때문이다. 그리고 믹서는 상용화된 쇼트키 다이오드를 사용하여 간단히 구현한다. 하지만 이와 같이 구성된 마이크로파 도플러 센서의 경우 아무리 위상 잡음이 좋은

오실레이터를 사용하여도 송·수신 안테나가 같은 공간에 있어 누설전력에 의해 수신감도가 나빠지게 된다. 따라서 이와 같은 문제점을 없애기 위해서는 송·수신 안테나간의 이격거리를 충분히 확보를 해야 한다.

조명의 상태 및 운영방법을 위한 조명제어에 대한 알고리즘은 조명의 상태정보 및 Application의 기능 수행이 가능한지의 판단여부를 표현하고 운영모드를 관리자가 설정하여 자동 또는 수동으로 조명을 제어할 수 있도록 기능을 부여하도록 하였다. 이러한 흐름에 맞추어 위에서 기술한 전자기기들의 각각의 역할을 수행하고 제어신호를 입출력 받아 다음 그림과 같은 순서에 따라 동작을 수행한다.

Ⅲ. 센서 융합기반 LED 연속디밍 제어 기술 구현

본 장에서는 일체형 조명을 제어하기 위한 다른 IT기술을 융합함으로써 다양한 기기와 호환이 가능한 것을 확인하고자 하였다. 일차적으로 Touch Screen을 통하여 화면의 해당 부분을 손으로 만지는 것만으로 조명을 제어할수 있으며, 현재 5000만 대한민국의 인구의 대다수가 사용하고 있는 스마트 디바이스를 이용한 조명제어 기술에 대한 내용을 적용하고 구현하고자 한다. 블루투스 모듈과 마이크로 컨트롤러를 이용하여 조명의 제어기술에 대한 내용을 기술하고자 한다. 편리한 원격 조명 제어를 위하여 Smart Device를 이용한 응용기술을 구현하였다. 블루투스 통신을 통하여 LED 조명간 구현된 Zigbee 통신모듈의 코디네이터로 신호를 전송하면 그룹화된 조명이 제어가 가능하도록 구현하였다. 블루투스 통신은 어플리케이션을 통하여 제어가 가능하며, 50M이내에서 조명을 끄고 켤 수 있도록 구현하였다.

본 논문에서는 전자제어방식을 통한 방식으로 릴레이 기계식 스위치가 아닌 트라이악 전자스위치를 사용하여 끄고 켤 때 소음이 없으며 0전압에서 위상이 바뀌는 순간 ON 또는 OFF동작을 반영하므로 전기적으로 안정되도록 구성하였다. 제어기는 전자식을 이용하여 1W 이하의 적은 대기전력만 사용하고, 스마트폰에서도 최소의 기능만 사용하므로 배터리 낭비가 거의 없는 장점을 지니는 통신방식이다. 이러한 제어기술을 이용하여 LED 조명 제어기술을 적용한 이유는 유비쿼터스 시대에 도래한 현재에 손쉬운 터치기술과 개인이 휴대하고 있는 스마트폰을 통하여 응용하였다. 이러한 기능은 최소 비용으로 필수적인 조명을 원격으로 끄고 켤 수 있도록 하기 위한 기술이며, 다른 호환기기와 연동되어 다양한 기술로 발전이 가능할 것으로 사료된다. 제어방법은 스마트폰과 시리얼 블루투스를 페어링 한후 블루투스로 수신되는 3가지 명령으로 부하를 ON 또는 OFF, 또는 조명의 상태를 회신한다.

- (ASCII 'N' 수신시 Lamp On 후 'N'을 응답)

- (ASCII 'F' 수신시 Lamp Off 후 'F'를 응답)
- (ASCII 'T' 수신시 Lamp 상태 Check후 'N'또는 'F'를 응답)

소스 측 전원 차단 후 재 투입 시 조명은 점퍼설정조합에 따라 유지하게 된다. 만약 스마트 디바이스에서 신호의 처리가 진행되지 않을 경우 블루투스에서는 어떠한 신호도 방출하지 않도록 한다. PC 또는 자체 LCD 및 버튼으로 블루투스의 네임, 접속암호(PIN번호)를 설정하여 관리자만의 기능으로 구성이 가능하도록 하였다.

IV. 실험 및 결과 분석

본 장에서는 조명의 디밍제어를 위한 PWM 제어 신호를 LED 조명의 출력파형에 인가하여 실제 조명에 인가되어지는 전압의 형태를 가변하여 디밍을 제어하는 실험을 진행하였다. 안정기 회로는 AC전원을 인가받아 DC의 전원으로 LED 조명을 구동시킨다. 이때, DC전원으로 인가되는 전원의 파형이 5Vdc일 경우 PWM제어를 통하여 실제 구동되어지는 DC전원을 가변함으로써, LED의 디밍을 제어할 수 있다.

본 실험에서는 안정기의 DC출력전원을 파악하고 출력전원의 값을 가변하여 디밍제어가 가능한지 여부를 판단하고자 하였다. 일차적으로 출력이 5Vdc일 경우를 가정하여 MCU를 통하여 PWM 제어를 진행하였다. 실험에 사용된 MCU 모듈은 그림 6과 같다.

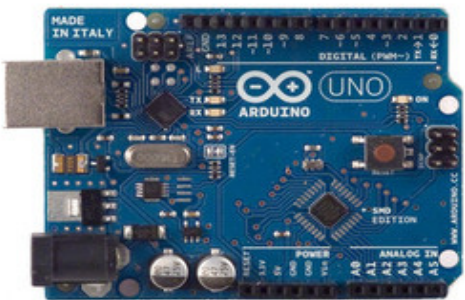


그림 6. 실험에 사용된 Arduino kit

MCU의 레지스트 설정등 기타 시간소요를 줄이기 위하여 Arduino 모듈을 사용하였으며, 이를 이용하여 PWM 제어 및 센서제어에 필요한 시간을 최소화 하였다. 실험에 사용되기에 앞서 통신 모듈과 인터페이스 쉴드를 통하여 통신이 가능하도록 구성하였으며, MCU의 주전원은 Battery를 이용하여 실험을 진행하였다. 256의 값이 100%의 PWM 신호로 가정하였으며, 변수 k의 값이 50일 때 밝아지고, 256일 때 점차 어두워지는 형식의 파형을 실험하였다. 주파수는 1kHz의 신호를 이용하여 실험을 진행하였으며, 출력에 대한 파형은 다음 그림과 같다.

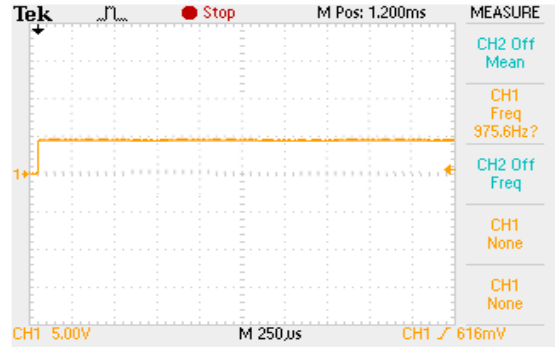


그림 7. 디밍 100% 일때의 PWM 파형

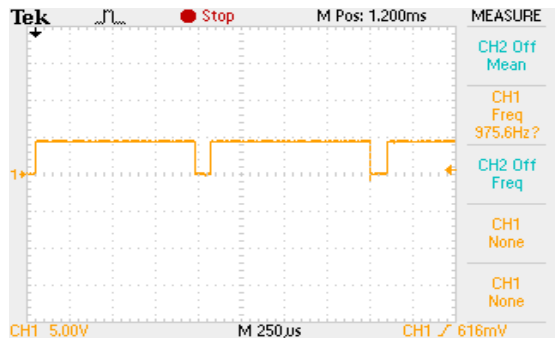


그림 8. 디밍 90% PWM 파형

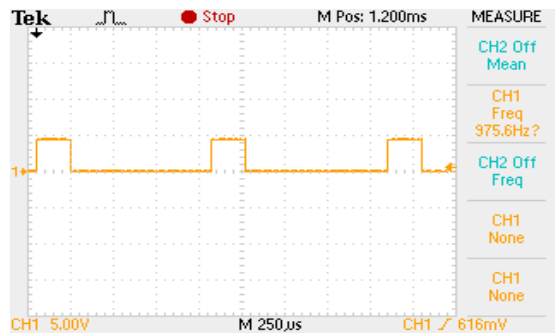


그림 9. 디밍 25%의 PWM 파형

디밍 100%일경우의 파형은 5Vdc의 직류성분만으로 포함된 신호를 발생하며, 25%의 경우 1Vdc의 직류로 LED의 디밍을 조절한다.

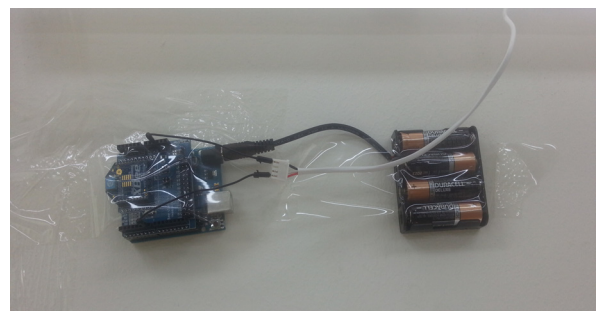


그림 10. LED 조명과 연결된 디밍제어 실험

실제 실험을 통하여 LED 조명의 밝기가 변화하는 사진은 다음실험 사진을 통하여 확인할 수 있다.

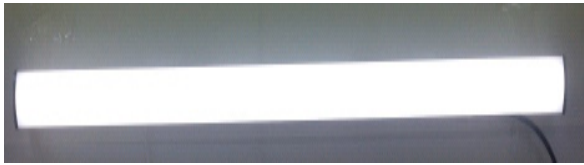


그림 11. 디밍 100%의 LED 조명

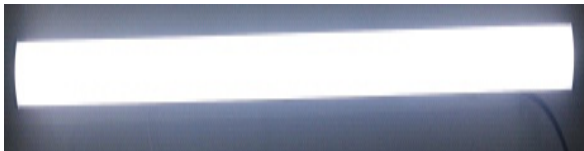


그림 12. 디밍 25%의 LED 조명

PWM 신호의 주파수는 1kHz의 주파수를 이용하여 5Vdc의 신호를 입력하여 주전원의 Main LED 드라이버의 출력을 제어하도록 구성하였다.

출력 드라이브는 실제 구성되어 있는 LED 드라이버의 출력에 비례하여 사용된다. 연속적인 디밍을 위해서 PWM파형은 100%의 직류에서 1Khz의 주파수로 점차 전압레벨이 낮아지게 하여 출력 LED의 밝기를 제어하도록 하였다.

실제 100%에서 25%의 파형까지 변화과정은 육안으로는 판단하기 어려우나 오실로스코프의 측정장비를 통하여 전압의 차이를 통한 밝기 제어가 가능한 것을 확인하였다.

본 실험을 통하여 PWM 제어를 통하여 LED 조명의 디밍 제어가 가능한 것을 확인하였으며, 실제 통신상태에 따른 표현 및 센서의 감지형태를 통하여 조명의 제어가 가능하다는 것을 확인하였다.

V. 결론

조명을 통하여 LED 조명의 보급형태 및 융합기술이 다양하게 개발되어 지고 있는 실정이지만 통신기술과의 이미지 센서를 이용한 기술개발을 통해서 IT기술과의 융합을 통한 조명제어기술에 대한 연구를 수행하였으며, 각각의 전자기기들간의 역할 및 프로그램, 기타 다양한 경험을 하였다. 실내의 조명을 제어하는 다양한 방법에 대한 연구를 진행하였으며, 미처 생각하지 못한 다양한 제어를 통하여 조금더 손쉬운 제어로 발전이 가능할 것으로 사료된다. 또한 조명원의 VLC 및 기타 기술을 이용하여 발전이 진행되어 사용자 위치 인식 및 상태정보등에 대한 연구도 진행될 것으로 사료된다.

본론으로 넘어가 일체형 조명제어 기술에 대한 연구는 통합보드 제작 및 실험을 통하여 신뢰성을 검증받기 위한 테스트 및 시뮬레이션을 통하여 본 논문에서 기술한 내용이 작은 밑거름이 되었으면 한다.

위와 같이 본 논문에서는 최종 목적인 사용자 지향적 LED 융합 조명제어기술에 대한 성능을 도출하였으며, 이 연구 결과는 사용자의 다양한 제어방식을 기반으로 하여 부하를 제어하는 다양한 기술에 대한 연구에 참고자료가 되었으면 한다.

참 고 문 헌

- [1] 홍길동, 김철수, 박혜인, “고속이동체 인터넷 위성무선연동 시스템 개발”, 통신위성우주산업연구회논문지, 제 2권 1호, pp. 102-109, 2007.
- [2] Mary Kim, John Park, Peter Wu, and Jing Li, “An efficient transmission scheme for satellite systems,” IEEE Communications Letters, vol. 12, no. 12, pp. 1-8, 2008.
- [3] 홍길동, 김철수, 2007. 10, 유럽의 이동통신네트워크 커버리지 현황, 정보통신정책연구원, pp. 180.
- [4] S. Lin and D. J. Costello Jr., Error control coding : fundamentals and applications, 2nd ed., Pearson Prentice Hall, 2004, pp.743-748.

저자

황 현 석(Hyunsuk Hwang)

정희원



- 1995년 : 성균관대학교 전기공학과 학사
- 1997년 : 성균관대학교 전기공학과 석사
- 2007년 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 박사

· 1997년 ~ 2004년 : 한국산업기술평가원 선임연구원

· 2009년 ~ 현재 : 서일대학 전기과 교수

<관심분야> : USN, 통신부품, 센서 및 액추에이터

정 순 호(Soonho Jung)

정희원



- 1991년 : 성균관대학교 전기공학과 학사졸업
- 1994년 ~ 2000년: LG반도체 ASIC Design 연구원
- 2000년 ~ 2007년 : 승전상사 응용기술 팀 연구원/마케팅

· 2008년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 박사과정

<관심분야> : USN, 모니터링시스템, LED통신, 유무선 홈 네트워크, 방송통신융합요소기술, 유무선통신기술, LSI 설계

노 정 규(Jungkyu Rho)

정회원



- 1991년 : 서울대학교 계산통계학과 학사 졸업
- 1993년 : 서울대학교 전산학과 석사 졸업
- 1999년 : 서울대학교 전산학과 박사 졸업

· 2002년 ~ 현재 : 서경대학교 컴퓨터과 학과 교수

<관심분야> : 분산처리, 방송/통신 데이터 처리 기술

신 호 진(Hojin Shin)

정회원



- 1991년 : 성균관대학교 전기공학과 학사 졸업
- 1994년 ~ 1995년 : 삼성중공업
- 1999년 : 성균관대학교 대학원 전기공학과 석사 졸업
- 2006년 : 성균관대학교 대학원 전기전자 및 컴퓨터공학과 박사 졸업

· 2007년 ~ 2008년 : 성균관대학교 Post Doc.

· 2009년 ~ 2013년 : 한신대학교 정보통신학과 조교수

· 2013년 ~ 현재 : (주)에이디이엔지 연구소장

<관심분야> : 무선랜, 모바일통신, 유비쿼터스 센서 네트워크