

http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.4.47

JIIBC 2013-4-7

USN기반 참여형 조명에너지 관리시스템

Management System of USN-based Collaborative Lighting Energy

김삼택*

Sam-Taek Kim

요약 현재 조명의 효율화 및 제어시스템 개선을 통해 에너지절감을 추진한다는 계획을 수립하고 조명자체의 고 효율화와 조명제어시스템의 성능 향상을 통해 에너지 절감을 추구하는 노력이 한층 강화될 것으로 보인다. 조명시스템에서 LED를 광원으로 사용할 경우 기존 대비 약 50% 이상의 고효율 조명 구현이 가능하다.

본 논문은 LED 디지털 조명을 제어하기 위해 USN을 활용해 유무선 통신을 지원하는 스마트 디머 와 스마트 스위치를 적용한 LEMS(Lighting Energy Management System)를 개발했다. 이 시스템은 유/무선 네트워킹 장치 및 시스템 S/W를 통해 실내외 조명 및 경관 조명을 포함한 특수 목적 등을 효율적이고 신뢰성 있게 제어 한다.

본 시스템은 LED조명의 Digital System Lighting을 통한 USN 원격통합제어기능 및 에너지 효율성을 증대하여 실내외의 조명에너지 사용량을 최소화 하고, 웹 또는 스위치를 통해 조명 에너지 사용량을 사용자가 측정하여 조명 사용량을 피드백 할 수 있게 하는 참여형 시스템이다.

Abstract Nowadays, Advanced country have devised a plan energy-saving through lighting effectiveness and increasing performance of lighting control system. If it uses the LED as a source of light then conserve electricity by 50%.

This paper implement LEMS(Lighting Energy Management System) that applicate and Smart Dimmer and Smart Switch that control the digital LED light, support wired-wireless communication using USN(Ubiquitous Sensor Network). This system of validity and reliability control special purpose lamp including indoor and outdoor lighting and landscape lighting effectively.

It minimize the use of indoor and outdoor lighting energy by USN remote integral control function of Digital System Lighting of LED and increase effectiveness of energy and is a collaborative system that can feedback the use of electricity by measurement itself through Web and Switch.

Key Words : LEMS, USN, ZigBee, LED Dimmer, LEIS, LCS

1. 서론

현대의 조명시스템은 단지 스위치로 빛을 전등하는 것 이상을 실현하며 현재의 빛은 공간의 편안함을 추구

함과 동시에 에너지 절약까지 도모하여 주변의 조도에 따른 조절, 물체 감지, 이를 이용한 재작동이 가능한 조명이 필요하다. 우리나라를 비롯한 미국, 일본 등 선진국들은 정책적으로 조명의 효율화 및 향상을 통해 에너지 절

*정희원, 우송대학교 컴퓨터정보학과
접수일자 : 2013년 7월 12일, 수정완료 : 2013년 8월 12일
게재확정일자 : 2013년 8월 16일

Received: 12 July, 2013 / Revised: 12 August, 2013

Accepted: 16 August, 2013

*Corresponding Author: e-mail stkim@wsu.ac.kr

Dept. of Information Science & Engineering, Woosong University, Korea

감을 추구하는 노력이 한층 강화될 것으로 보인다. LED를 광원으로 사용할 경우 기존 대비 약 50% 이상의 고효율 조명 구현 가능하고, 조명 시장에서는 조명자체의 고효율화와 조명제어시스템 향상을 통해 에너지절감을 추구하고, 기본적으로 HAVC, 조명, 가전 등에 IT 기술접목을 통해 에너지 절감을 하고 있으나, 이러한 에너지 절감의 경우 플러그 부하에 의해 상쇄되고 있다. 또한, 조명제어 및 관리기술의 한계점으로 유선으로 인한 시설비 과다, 운영의 어려움, 에너지가 낭비되고 있어 조명기에 무선네트워크 기능이 탑재된 스마트 조명시스템 필요하며, 신 광원기술이 미래 시장을 주도 할 것이며 이를 위해서는 복합적인 기능을 수행하는 통신 소프트웨어 및 관리 소프트웨어가 필요한 상태이다. [1]-[2]

본 논문은 LED 디지털 조명을 제어하기 위해 유무선 통신을 지원하는 USN 기반의 지그비와 음·복합화한 조명제어 기술을 활용한 스마트 디머(dimmer)와 스마트스위치로 구성된 LEMS(Lighting Energy Management System)를 개발했다. 이 시스템은 유/무선 네트워킹 장치 및 시스템 S/W를 통해 실내의 조명 및 경관 조명을 포함한 특수 목적 등을 효율적이고, 신뢰성 있게 제어 한다.

II. USN 기반 조명 제어 시스템

1. LEMS 설계

앞으로 미래시장 주도는 신광원 기술인 LED(Light Emitting Diode, 발광 다이오드), PLS(Plasma Lighting System, 초고주파 방전광원시스템), CNT(탄소나노튜브) 등이 주도권 확보를 놓고 경쟁할 것으로 예상된다.[1]-[2]

본 논문에서 개발한 조명제어시스템인 LEMS는 LED 디지털 조명을 제어하기 위한 유무선 통신을 지원하는 Smart Dimmer 와 Smart Switch의 개발을 통해 실내외 조명 및 경관조명을 포함한 특수 목적 등을 효율적이고, 신뢰성 높게 제어하기 위한 유/무선 네트워킹 장치 및 시스템 S/W 기술이 적용 되었다.

본 시스템은 LED조명의 Digital System Lighting을 통한 USN 원격통합제어기능 및 에너지 효율성을 증대하여 실내외의 조명에너지 사용량을 최소화 하고, Web 또는 Switch를 통해 조명 에너지 사용량을 사용자가 측정하여 조명 사용량을 피드백 할 수 있게 하는 참여형 시스템으로 위 그림 1에서와 같이 유무선 PWM LED Dimmer(25W,50W,100W), 유무선 Control Switch,

Lighting Energy Meter Converter, Lighting Energy Management S/W로 구성된다.[3]

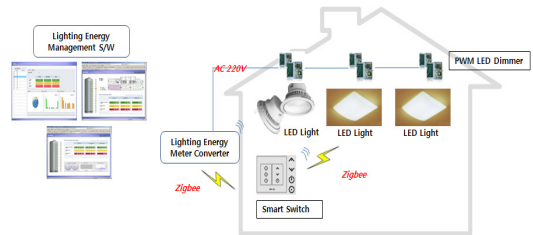


그림 1. LEMS 시스템 개념도

Fig. 1. The conceptual diagram of LEMS

LEMS 는 USN 기반의 센서 네트워크를 통해 들어오는 조명 센싱 정보를 감지하고 수집하여 미들웨어 서버에 저장하고 이를 가공 서버에서 일정하게 가공한 후 데이터베이스에 저장하고, 조명제어 정보를 운용자에게 실시간으로 제공하는 시스템으로 정의 할 수 있다. 조명제어 정보 수집체계의 구성에서 가장 중요한 요소는 조명 상태에 대한 정확한 정보의 감지와 전달에 있다. 이를 위해, 조명제어 정보감지 및 감지된 자료의 전송을 위해 센서는 CDMA, ZigBee, Ethernet, DMX512등 백분망 연동을 통한 시스템 제어 프로토콜을 통해 관계 서버 및 연동 클라이언트간의 필요한 정보를 제공하며 정보 수집은 실시간으로 수행 하며 정보 전송주기는 30sec.~1min.이다.

또한 IEEE802.15.4, IEEE802.3등의 표준화된 통신 프로토콜 및 시스템을 적용한 통신망연동을 위한 하드웨어 시스템을 설계 했다.[4]

기존의 조명제어 시스템의 정보제공 방식으로 가장 많이 활용되었던 것은 조명제어 모니터링 시스템이었다.

본 논문에서는 다음 그림 2에서와 같이 기존의 모니터링 시스템 이외에 모바일 기기, 스마트폰 등을 활용하여 조명제어 운용 담당자 및 특정사용자에게 조명제어 정보를 실시간으로 제공할 수 있다.[4]-[6]

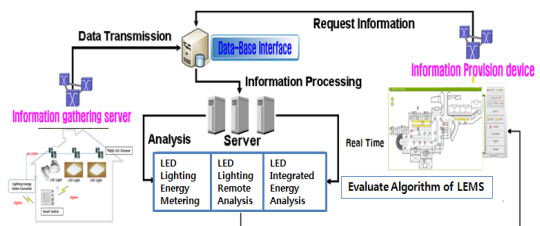


그림 2. USN 기반 LEMS 처리도

Fig. 2. The processing diagram of LEMS in USN-based

(1) 미들웨어 서버

미들웨어 서버의 주된 역할은 USN에서 수집된 데이터를 최종적으로 데이터베이스에 저장시켜 축적시키며, 부가적으로 모니터링 클라이언트로 축적된 데이터를 제공하는 역할을 수행한다. 이를 위해 수집된 데이터를 표준화된 구조의 데이터베이스로 축적시키기 위한 미들웨어 어플리케이션이 설치되며, 데이터베이스의 물리적 데이터 저장장치로인 스토리지로 구성된다. 이러한 미들웨어 서버의 전체 구성은 그림 3과 같다.[6]

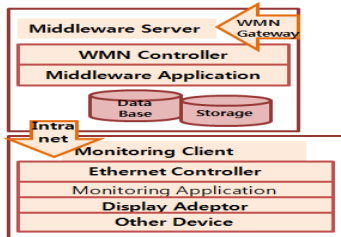


그림 3. 미들웨어 서버시스템 구성도
Fig. 3 Middle-ware server system configuration

(2) 실시간 조명제어 데이터 모니터링 클라이언트

본 논문에서 구현한 조명등의 전력량 모니터링 클라이언트의 구성도는 그림 4와 같다. 센서 네트워크에서 이더넷망을 통하여 미들웨어 서버로 전송되면 미들웨어 어플리케이션을 통하여 데이터베이스로 전력량 데이터가 축적된다. 모니터링 시스템은 운영 방법상 크게 PC 어플리케이션과 웹 기반의 모니터링 인터페이스 어플리케이션으로 구분된다.[2]-[4]

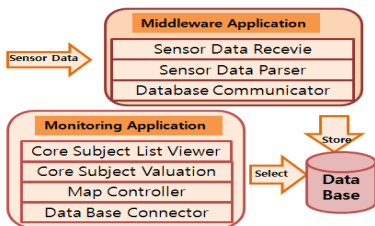


그림 4. 전력량 모니터링 클라이언트의 구성도
Fig. 4. Configuration of wattage monitoring client

(3) 소프트웨어 구성

전력량 모니터링 시스템의 소프트웨어 구성은 그림 5와 같이 조명제어 데이터 검색, 데이터 디스플레이 모듈, 데이터조회 모듈로 구성하였다. USN 기반의 전력제어

시스템으로부터 수신되는 전력량 센서 데이터는 미들웨어 어플리케이션을 통해 데이터를 수신 및 가공하여 데이터베이스로 저장한다.[2]-[3]

저장된 조명 제어 데이터는 IEEE802.15.4, IEEE802.3 등의 표준화된 통신 프로토콜 및 시스템에 적용하여 LED 조명등을 제어하게 된다. [7]-[10]

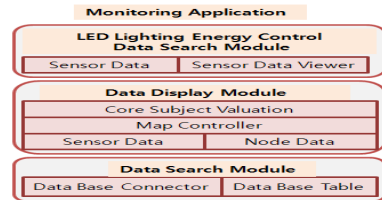


그림 5. 전력량 모니터링 어플리케이션 소프트웨어 구성도
Fig. 5. Configuration of wattage Monitoring Application S/W

2. LEMS 구현

(1) 유무선 PWM LED Dimmer 개발

25W급, 50W급 유무선 PWM LED Dimmer는 SMPS 부, 통신부, Micro Controller 부, PWM LED Driving 부로 구성된다. 기존 유선방식의 제어를 RF방식과 연동하여, 결선의 편의성과 제어의 신뢰성을 확보하여 개발하였다.

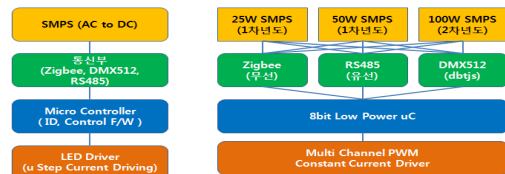


그림 6. LED Dimmer 블록 다이어그램
Fig. 6. The block diagram of LED Dimmer

LED 빛의 양을 조절하기 위해서는 전력을 제어하기 위한 방법이 필요하다. LED는 DC로 구현 되므로, DC전력을 PWM(Pulse Width Modulation)을 통해 조정한다. LED 디밍의 핵심기술은 PWM시의 돌입 전류 및 돌입 전압을 정격대비 2% 내로 유지하는 것이다. 돌입 전류의 리플 값이 크면, LED의 수명에 영향을 주며 조명의 출력이 불안정해 진다. 본 논문은 마이크로 컨트롤러의 PWM 신호를 입력받아 드라이빙시에는 CCR(Constant Current Regulation)방식으로 Current/Voltage 리플을 최소화 하는 기술로 개발 했다.

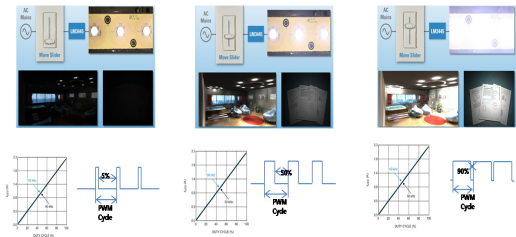


그림 7. PWM 디밍 방법
Fig. 7. PWM Dimming Method

(2) 유무선 Control switch 개발

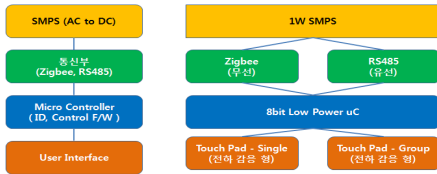


그림 8. 유무선 Control Switch블록 다이어그램
Fig. 8. The block diagram of wire-wireless Control Switch

유선통신을 지원하고 무선(Zigbee) 방식의 마스터 역할을 하는 스위치는 AC 220V 전력을 사용하며, 1W 미만의 전력을 소비하여야 한다. 통신방식은 기존의 유선방식의 RS485 인터페이스를 포함하며, 무선을 지원한다. 지그비는 저 전력 근거리 통신의 표준 규격이며, 50m 이내의 통신 신뢰성을 보장 하므로 실내의 저 대역폭 통신에 적합하다. 지그비 네트워크의 핵심은 메시 네트워크를 구성하는 것이다. 메시 네트워크를 자체적으로 구성하여, 전송 신뢰를 높일 수 있는 네트워크 알고리즘을 구현했다. 지그비는 쌍방향 통신이 가능하므로, 에너지미터와 연동하여, 실시간 에너지 정보를 스위치상에 표시하여, 사용자가 에너지를 절감할 수 있게 한다. 전화 감응형 터치 방식의 사용자 인터페이스를 구현하여, 사용의 편리성과 효율성을 지원한다.

(3) Lighting Energy Meter Converter 개발

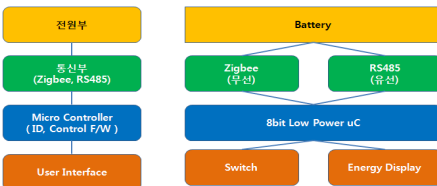


그림 9. Lighting Energy Meter Converter 블록 다이어그램
Fig. 9. The block diagram of Lighting Energy Meter Converter

LED Light는 에너지를 소비하는 장치중의 하나다. 본 시스템은 실내의 에너지의 사용량을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 Lighting Energy Meter Converter이다. Smart-Grid형 AMI 시스템이 최근 많이 개발되어 있다. 디지털 방식으로 에너지를 측정할 수 있는 디지털 AMI와 연결 하여, 원격지의 웹 모니터링 환경 및 LED 컨트롤 스위치-DALI에 실시간 전력 사용 정보를 전송하고, 사용자가 시각화된 정보를 바탕으로 에너지를 절감할 수 있게 한다. 용량은 8kW의 전력량까지 측정 가능한 디지털 적산 전력계를 사용하며, 디지털 펄스 출력을 입력으로 받아, 소모된 전력을 모니터링 한다. 빛 에너지 뿐만 아니라 실내의 전력 분기함 내에 설치하여, 동력계통, 조명 계통, 공조계통 등의 분기별 전력의 사용량 또한 측정 가능하게 한다. 인터넷에 연동가능하게 하는 이더넷 접속 인터페이스와 스위치와 연동하기 위한 지그비 인터페이스를 구현했다.[11]

(4) Lighting Energy Management S/W 개발

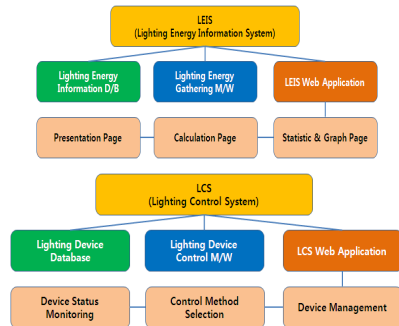


그림 10. Lighting Energy Management System 블록 다이어그램
Fig. 10. The block diagram of Lighting Energy Management System

LEIS(Lighting Energy Information System)는 조명의 사용에너지 정보를 사용자에게 시각화 하여 보여주는 시스템으로 빛 에너지 모니터링 정보를 바탕으로 한 빛 에너지 D/B 및 LEIS 웹 응용으로 구성된다. LEIS 웹 응용은 에너지 정보를 전력사용량으로 변환 하여, 사용요금 및 CO2 발생량으로 변환하여 출력하며, 일간/월간/년간 통계를 제공 한다.

LCS(Lighting Control System)는 원격지에서 실내의 LED 빛을 제어하기 위한 응용 시스템으로 장치 등록 정보(ID, Position)를 바탕으로 실내조명의 On/Off, 디밍 레

벨을 조정할 수 있게 한다. LCS는 웹 기반의 응용이므로 웹 브라우저에 접속할 수 있는 PC 및 스마트 폰 상에서 접속 가능하게 한다. 또한 에너지를 최적화 하여 제어할 수 있는 최적제어, 시나리오 제어를 제공한다.

III. 성능 및 검증

1. Dimmer 성능 검증 및 평가

100W급 유무선 PWM LED 디머 성능 검증은 25W, 50W의 동일한 플랫폼에서 LED 디밍 부분의 확장 및 SMPS의 고출력, 고 효율화를 통한 100W급 유무선 PWM LED 디머를 개발했고 시험적으로 실내의 샘플 구간을 선정 하여, 컨버터의 출력 용량에 적합한 LED 조명을 선택하여, 설치 후 에이징 평가를 수행 하였다. 기존 유선을 기반으로 한 프로토콜에 지그비와 연동을 하였을 때, 기존의 프로토콜을 지그비 데이터 패킷에 포함 시켜야 하며, 지그비 ID를 추가적으로 설정해야 한다. 따라서 본 개발에 있어서, 설치의 표준 방법론을 고안하여, 구축 시에 고려 해야 할 임무 및 설치 운영 시방, 테스트 방법론을 완성하였다. 다음 표로 성능을 검증하고 평가하여 목표치에 도달 하였다.

표 1. 성능 지표 및 목표

Table 1. Performance indicators and objectives

성능 지표	단 위	성능 목표
1. 돌입 전압	V	정격*1.2(max)
2. 돌입 전류	A	정격*1.2(max)
3. 드라이버 온도	℃	50 (max)
4. 대기 전력량	W	0.7 (max)
5. 전력 효율	λ	0.9 (min)
6. 전력 소모량	W	1 (max)
7. 통신 전송 오차율	%	0.5(max) at 50m
8. 전력 측정 오차	%	0.01(max)
9. 제어 응답 속도	Sec	0.2(max)
10. RF 정격출력	mW/Mhz	50(min)@2.4Ghz

2. USN 세싱 데이터 처리 성능 평가

구현한 LEMS의 성능 평가를 위해 그림 11과 같이 시스템을 구축하였다. 미들웨어에서 복합 이벤트 처리엔진은 기존 전력제어 센싱 정보 검출 알고리즘을 시뮬레이션을 통해 비교 분석 한다. 또한 UUA, UNS를 통해 응용

을 구현한다.[7]-[8]

미들웨어에서의 복합 이벤트 검출 성능 평가에 사용된 시스템은 인텔 듀어 코어 2.4GHz 프로세서와 2기가 바이트의 메모리를 가지고 있으며 운영체제는 페도라 리눅스 9를 사용하였다. 복합 이벤트 처리를 위한 모듈은 NS2 시뮬레이터를 이용하여 구현하였다.[9]

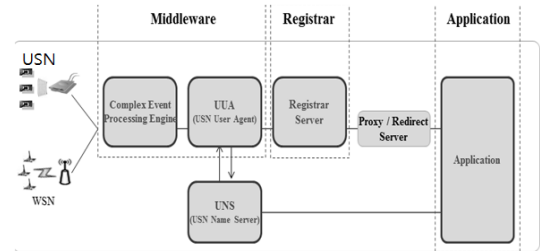


그림 11. 성능 평가를 위한 시스템 구성도

Fig. 11. System configuration for performance evaluation

측정된 센서 데이터가 최종적으로 화면에 아이콘별로 표시되는 시간을 측정하여 전력제어 센싱 데이터 처리 지연 시간을 측정 하였다. 다음 그림은 센싱 데이터의 처리 흐름도 이다.

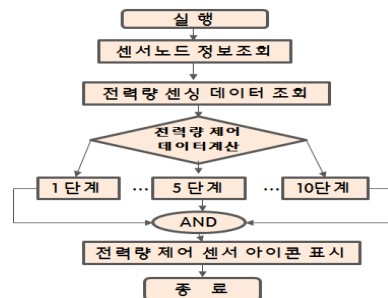


그림 12. 센싱 데이터 처리 흐름도

Fig. 12. Flow chart of sensing data gathering

다음 그림 13과 같이 조명등 전력 제어 관련 센싱 데이터를 측정한 조명 제어엔진 종류는 유무선 PWM LED Dimmer, 유무선 Control switch, Lighting Energy Meter Converter, Lighting Energy Management S/W로 자체 검증 시나리오를 통해 평균 전력제어 결과 센싱 데이터 출력 지연 시간을 측정하였다. 각 조명 엔진별로 35번의 실험값을 구하고 평균치를 산출 하였다. 조명제어 엔진 별 센싱 데이터 처리의 성능의 목표치 4.2ms 에는 문제 없음을 알 수 있다.

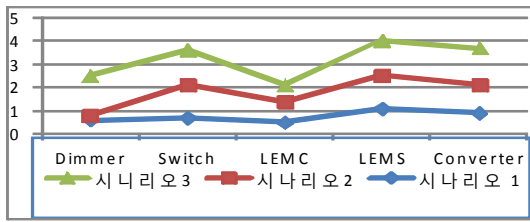


그림 13. 조명 제어 엔진별 센싱데이터 처리 지연시간(msec)
 Fig. 13. The measuring results of delay time for sensing data by lightning control engine

V. 결론

본 논문에서는 LED 디지털 조명을 제어하기 위해 무선 통신을 지원하는 USN 기반의 지그비와 융·복합화한 조명제어 기술을 활용한 스마트 디머 와 스마트 스위치로 구성된 LEMS를 개발했다. 5가지 조명 제어엔진의 성능과 평균 전력제어 결과 센싱 데이터 출력 지연 시간을 측정하였고, 성능이 목표한 측정치 안에 수렴 되어 성능에 이상이 없음이 확인 되었다.

본 LEMS 시스템을 적용하여 조명을 사용하는 공간 (주로 지하주차장)에서 조명 전력절감 기술과 조명관리 통합 관제를 기반으로 조명에너지 소비를 70~85%를 절감을 시킬 수 있다. 또한 조명에 소비되는 에너지 사용정보를 실시간으로 시각화 된 정보로 제공하여 관리자가 능동적으로 조명에너지를 절감하도록 유도하는 녹색조명제어 시스템이며, 국가 조명에너지 소비절감 및 탄소배출량 절감을 실현하였다.

References

[1] The theory and working of DSM(KEPCO), pp. 212, Nov. 2002.11
 [2] Korea Energy Management Cooperation(KEMCO) DSM
 [3] Choi Sung Su, "Study on Very High-Rate Power Line Communications for Smart Grid," pp. 1255~1260, KDI, 2011
 [4] S. Agarwal, S. Krishnamurthy, R. H. Katz, and S. K. Dao, "Distributed power control in ad hoc wireless networks", in Proc, IEEE PIMRC, ,

pp.56-66, 2001.
 [5] Eun-Sun Jung, NITIN H. VAIDYA, "A Power Control MAC Protocol for Ad Hoc Networks", Springer Science Business Media Wireless Network pp.55-66, 2005.
 [6] Min-Ho Kim, Nam-Gil Lee "Implementation of Electricity Power Management System for Industries based on USN", The Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication Vol.12, No.4, pp.103-109, Apr. 2012.
 [7] Sanchez Lopez, T., D. Kim, "A Context Middleware Based on Sensor and RFID Information," Pervasive Computing and Communications Workshops, 2007. PerCom Workshops'07. Fifth Annual IEEE International Conferenceon, pp. 331-336, March. 2007.
 [8] Chun-Kwan Park, "Mobile IP Router in Ad Hoc Network", The Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication Vol.11, No.6, pp.169-175, Dec. 2011.
 [9] Junyoung Heo, "Qos-guaranteed Routing for Wirelsss Sensor Networks", The Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication Vol.11, No.6, pp.23-29, Dec. 2011.
 [10] Seung-Hwan Park, Hyeong-Mo Park, Chang-Bok Kim, "Design and Implementation of Low-Power RFID System Using Infrared Ray Sensor" Journal of the Korea Institute of Information Technology, Vol.9, No.7, pp.41-48, April 2011.
 [11] Lee, Seung-Dae, Jung, Yong-Chae, Chang-Bok Kim, "Spatial Reuse based on Power Control Algorithm Ad hoc Network" Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.11, No.1, pp.119-124, 2010.

저자 소개

김 삼 택(정회원)



- 1985년 : 한남대학교 전자계산학과 학사 졸업
- 1987년 : 중앙대학교 전자계산학과 석사 졸업.
- 2005년 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사학위
- 1995년 3월 ~ 2007년 8월 : 우송정보대학 컴퓨터정보계열 교수.

• 2007년 9월 ~ 현재 : 우송대학교 컴퓨터정보학과 교수
<주관심분야: 유/무선 네트워크, VoIP, 모바일 컴퓨팅, USN>