
이종 네트워크 환경에서의 LED 조명 제어 기법을 이용한 빌딩 시스템의 설계

공인엽* · 제갈한민**

Design of Building System with LED Lighting Control in Heterogeneous Networks

In-Yeup Kong* · Han-Min Jaegal**

요 약

DMX512 프로토콜은 LED 조명을 제어하는 대표적인 프로토콜로서, 간단하면서도 여러 분야에서 사용되고 있다. 이를 이용한 LED 제어 시스템의 경우 유선으로 연결함으로써, 많은 케이블이 필요하다는 한계를 가지고 있다. 무대 조명과 같이 복잡한 시스템의 경우, 유선 연결을 사용하여 구현하거나 유지 보수를 하기가 매우 어려우므로 무선으로 LED 조명을 개별로 제어할 수 있는 시스템이 필요하다. 이에 본 논문에서는 다수의 LED 조명에 대한 구성과 이동성을 용이하도록 하기 위해, 센서 기능이 내장된 LED 조명을 기존의 WLAN 환경에 연동하기 위해 필요한 WLAN-ZigBee 변환기를 구현하고 이를 통해 컬러 LED를 제어하는 시스템을 제안한다. 그리고 실험을 통해 이종 네트워크가 혼용된 환경에서 이 시스템의 처리 성능을 평가하였다.

ABSTRACT

DMX512 protocol is a typical protocol which controls LED lighting system. It has a strong feature and can be used to a lot of lighting system. But LED control system with cable has a few problem because they have a lot of control cables. It is very difficult to set up the complex lighting. Furthermore if it is set up it is not easy to keep and recover the system from the out of order. So it is required Wireless Lighting Control System. This paper describes the proposal, design, and implementation of a novel method which can provide versatile light effects with the increased capability of the mobility and the number of universes for Wireless Lighting system. And then we implement experiment environment to control indoor lighting system controlled by ZigBee and WLAN converter not having complicating control line. Data frames are transferred to DMX512 device by encapsulation and decapsulation to control color LED. In the same time give the method to solve the data bottleneck problem which can be comes out because of speed difference between Heterogeneous network and measure performance of control system.

키워드

DMX512, 이종 네트워크, LED, 지그비, 무선 조명 시스템

Key word

DMX512, Heterogeneous network, LED, Zigbee, Wireless lighting system

* 정회원: 금오공과대학교 전자공학부 (교신저자, iykong@kumoh.ac.kr) 접수일자 : 2011. 04. 21

** 준회원: 금오공과대학교 전자공학과 대학원

심사완료일자 : 2011. 05. 02

I. 서 론

DMX는 Digital Multiplex의 약자로 한 쌍의 꼬임 선을 이용하여 디지털 제어신호를 전달하는 통신 방식이다. USITT (US Institute for Theatre Technology)에서 1986년 조광 제어를 위하여 DMX 프로토콜을 개발하였으며 1990년에 개정이 이루어졌다. 이후 DMX를 향상시킨 DMX512 프로토콜이 제조자들에 의해 공식적으로 채택되기 시작하였으며 무대 조명, 극장 조명의 연출을 위한 제어 방법으로 이용되고 있다[1].

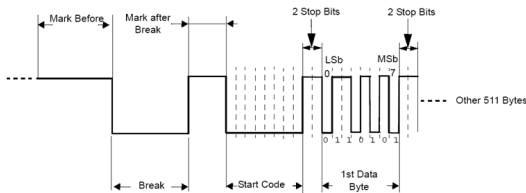


그림 1. DMX512 프로토콜
Fig. 1. DMX512 protocol

하지만 유선으로 LED를 제어하는 시스템은 몇 가지 문제점을 갖는다. 먼저 설치비용 문제이다. 유선 환경에서 동작하는 시스템은 제어하는 LED의 수에 비례하여 많은 제어 선들이 필요하게 되고 이를 설치하기 위한 시간과 인력 비용이 발생하게 된다. 특히 넓은 지역의 조명을 제어하는 시스템의 경우 그 비용이 매우 커지게 된다.

두 번째는 많은 유지/보수비용이다. 유선 시스템의 특성상 환경에 따라 회선의 불량이나 접지의 불량이 발생할 수 있다. 이러한 불량 회선을 점검하고 해결하기 위해서는 많은 비용이 소모된다. 마지막으로 설치 지역의 제약성이다. 유선 환경의 시스템은 넓은 지역의 조명을 제어하는 것이 어렵다. 신호선의 특성상 신호가 도달 할 수 있는 최대거리가 존재하기 때문에 넓은 지역을 한 번에 제어하기 위해서는 추가적인 장비나 비용이 요구된다. 이러한 단점을 해결하기 위하여 무선 환경에서 조명을 제어할 수 있는 기법들이 연구되고 있다.

본 논문에서는 복잡한 제어 선으로 구성되는 유선 실내조명 환경 대신 지그비와 무선 랜 컨버터를 이용하여

컬러 LED 조명 환경을 구성하고 무선으로 이를 제어한다. 데이터를 전달하는 과정에서 이중 네트워크간의 속도 차에 의해 발생하는 데이터 과부하 현상을 방지하기 위한 기법을 제시하고 제어 데이터의 송수신 파형을 측정한다.

II. 관련 연구

먼저 이중 무선 네트워크에서의 여러 가지 고려 사항을 분석하기 위하여 이중 네트워크 간의 트래픽 연동시 필요한 주제들을 다루는 논문들을 분석하였다. 이중 네트워크간의 연동을 위한 고려 사항으로는 무선 장비간의 게이트웨이 기술이 요구되며, 이 때 핸드오버, 저전력성, 전송 성능, 주파수 간섭 등이 연구 대상이다. 이와 같이 무선 네트워크 게이트웨이와 관련된 연구[2]-[8]의 경우, 주로 이동성이 있는 무선 단말기를 고려한 것인데, 본 논문에서는 고정된 위치에 설치된 LED 조명을 사용하므로 이에 대해 고려하지 않는다. 주파수 간섭에 관한 문제[9]-[11]도 LED 조명을 이용한 가시광 통신에서는 주파수 충돌 문제가 없고 WLAN과 ZigBee 간의 주파수 문제는 미리 주파수 채널을 조절하여 빌딩 시스템을 구성하여서 해결하였다.

다음으로 DMX512와 관련하여 LED 조명을 무선으로 제어하고자 하는 연구 분야에서는 다음의 2편의 논문이 대표적이다. 관련 논문[12]은 DMX프로토콜과 802.11b 무선랜 기반 프로토콜 스택간의 프로토콜 변환 방법을 제안하고 개발된 WDMX 제어를 검증하기 위하여 상업용 DMX 장비와 연계시험을 실시하여 최대 9,999 슬레이브를 초당 30번 refresh 할 수 있는 다양한 조명효과의 가능성을 보여주었다. 한편 또 다른 논문[13]에서는 ZigBee를 이용하여 Z-DMX512 프로토콜을 정의하고 이를 이용한 조명 제어 시스템을 설계하였다.

그러나 두 논문 모두 단일 무선 네트워크 환경에서의 LED 조명 무선 제어만을 고려하였다. 본 논문에서는 LED 조명의 발열 등을 체크하기 위한 센서를 내장하고 여러 조명들을 네트워크화하기 위하여 ZigBee 모듈을 포함한 LED 조명을 사용하고자 한다. 그런데 이를 기존 빌딩 시스템에 적용하기 위해서는 기존에 구축된

WLAN 네트워크 환경에 융합되어야 하므로 WLAN과 ZigBee 네트워크로 구성되는 복합 무선 네트워크 환경에서 빌딩 시스템의 조명을 각각 제어할 수 있는 모델이 요구된다.

III. 무선 실내조명 시스템

3.1. 응용환경

인텔리전트 빌딩(Intelligent Building)이란 고도의 정보통신기능이나 사무실을 쾌적하게 하는 자동제어시스템을 갖춘 첨단정보 빌딩으로서 건축, 통신, 오피스 자동화, 빌딩 자동화 등의 4가지 시스템을 유기적으로 통합하여 첨단서비스기능을 제공함으로써, 경제성, 효율성, 쾌적성, 기능성, 신뢰성, 유연성, 안전성을 추구한 지식생산의 장소에 적합한 빌딩을 말한다. 구체적으로는 방범, 전기, 배전, 조명, 냉난방, 화재방지, 출입통제, 엘리베이터 운영 등이 통신망으로 엮어진 빌딩 자동화시스템에 의해 통일적으로 통제된다. 또, 건물 내의 컴퓨터와 사설 교환망 및 랜(LAN)을 유기적으로 연결하여 문서처리, 회계 관리, 연구개발, 정보은행 구축 등 사무를 자동화하고, 위성통신·CATV·음성회의 등의 정보통신이 이루어진다.

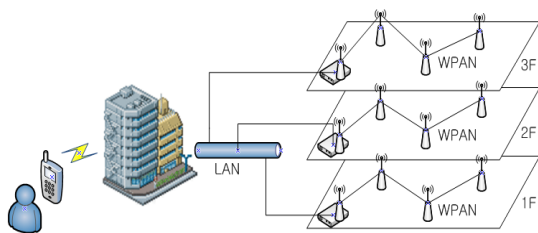


그림 2. 인텔리전트 빌딩 시스템
Fig. 2 Intelligent Building System

3.2. 무선 실내조명 시스템의 구성

그림 3은 무선 실내조명 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 WLAN 통신을 위한 장비를 가지고 외부에서 유입되는 조명 데이터를 TCP/IP 프로토콜 패킷으로 전송한다. 전송된 패킷은 지그비 스택에 도착하여 데이터 영역만이 분류되어 MAC frame의 Payload 부분

으로 구성되어 최종 DMX512 송신기에 전송된다. 전송된 데이터는 RS485 신호로 변환되어 데이터에 기록된 DMX512 수신기 주소로 전달되고 데이터에 따른 PWM(Pulse Width Modulation) 파형을 각 LED에 출력한다.

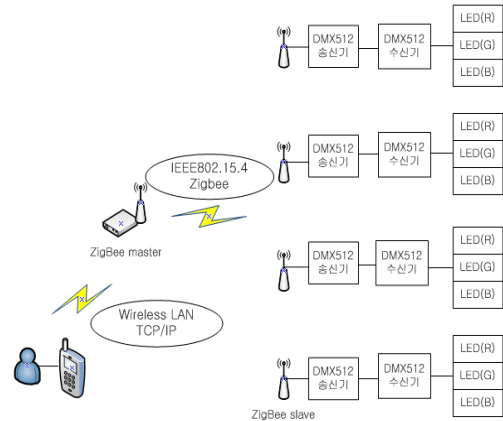


그림 3. 무선 실내조명 시스템
Fig. 3 Wireless Lighting System

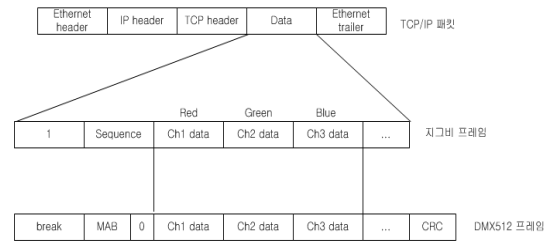


그림 4 프로토콜 변환
Fig. 4 Protocol translation

3.3. 프로토콜 변환

그림 4는 DMX512 프로토콜 변환을 보여준다. 프로토콜 변환은 데이터를 받아 무선 랜 장비에서 TCP/IP 패킷을 만들고(Encapsulation) 보내진 데이터는 다시 추출되어(Decapsulation) 컨트롤러에 의해서 다시 데이터 신호로 생성되어진다. 이는 DMX512의 모든 채널의 신호를 포함하고 있다. 지그비에 의해서 수신되어진 데이터는 컨트롤러에 의해서 다시 DMX512 프로토콜 프레임으로 구성되며 RS485신호로 변환된다.

3.4. 구현 및 결과 분석

3.4.1 하드웨어 구조

그림 5는 구현한 무선 조명 시스템의 하드웨어의 구조이다. 모든 마이크로프로세서는 Atmel사의 ATmega128을 사용하였으며 무선 랜 장비는 솔내 시스템사의 CSH-80, 지그비 모듈은 Digi사의 Xbee pro를 사용하였다.

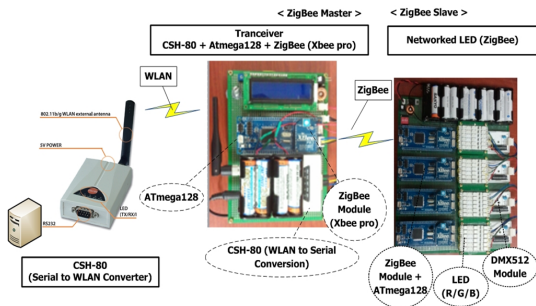


그림 5. 하드웨어 구조
Fig. 5. Hardware structure

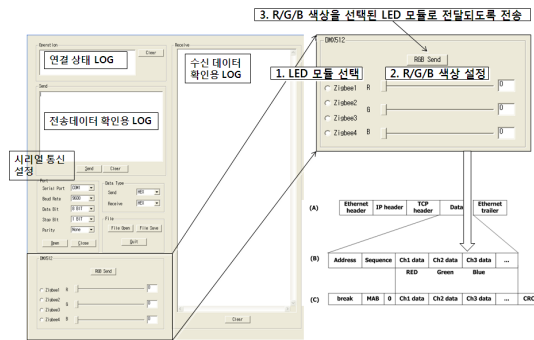


그림 6. 무선 실내조명 시스템 제어용 PC 소프트웨어 구조
Fig. 6. Software structure of PC Controlling Wireless Lighting System

3.4.2 제어용 소프트웨어 구조

그림 6은 제어용 PC 소프트웨어의 구조이다. 윈도우즈 기반 MFC로 제작되었으며 원하는 DMX512의 데이터채널에 데이터를 설정한다. 시리얼 무선 랜 컨버터를 이용하기 위해 시리얼 통신 설정 부분을 두었으며 데이터를 전송할 때 마다 데이터의 내용을 확인할 수 있는 수신 데이터 확인용 LOG를 두었다.

3.4.3 결과분석

다음은 DMX512 지그비 프레임의 파형이다.

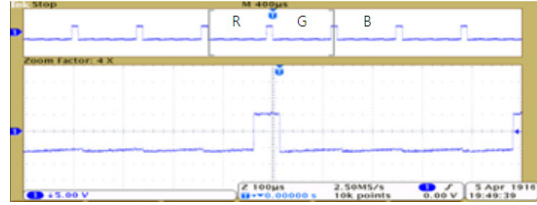


그림 7. R=0,G=0,B=0 지그비 프레임 파형
Fig. 7. R=0,G=0,B=0 wave form of Zigbee frame

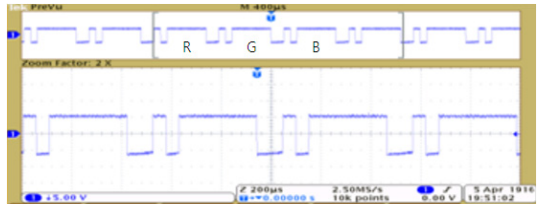


그림 8. R=255,G=255,B=255 지그비 프레임 파형
Fig. 8. R=255,G=255,B=255 wave form of Zigbee frame

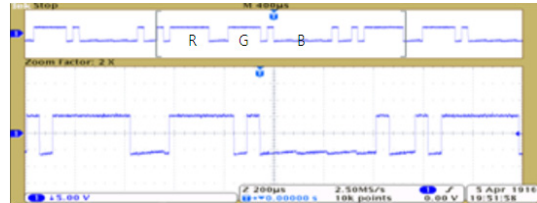


그림 9. R=255,G=255,B=0 지그비 프레임 파형
Fig 9. R=255,G=255,B=0 wave form of Zigbee frame

그림 10은 DMX512 프레임의 파형이다.

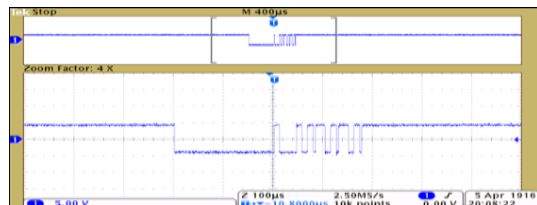


그림 10. R=255,G=255,B=255 DMX512 프레임 파형
Fig 10. R=0,G=0,B=0 wave form of DMX512 frame

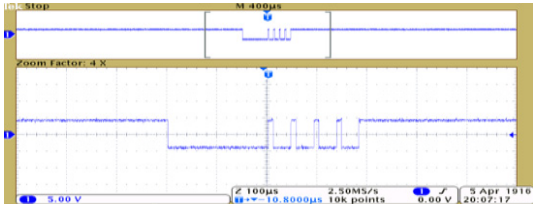


그림 11. R=0,G=0,B=0 DMX512 프레임 파형
Fig. 11. R=0,G=0,B=0 wave form of DMX512 frame

다음으로 데이터 프레임의 전송률을 분석하기 위하여 그림 12와 같이 데이터 흐름에 따라 기호를 정의하였다.

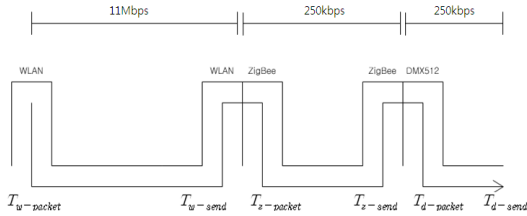


그림 12. 데이터 흐름도
Fig.12. Data Flow

- T_{w-send} : 현재 무선 랜 장비에서 현재 패킷 보내는 시간
- $T_{w-N.send}$: 다음 무선 랜 장비에서 다음 패킷 보내는 시간
- $T_{z-packet}$: ZigBee 모듈 에서 프레임 decapsulation + encapsulation 시간
- T_{z-send} : ZigBee 모듈 에서 프레임 보내는 시간
- $T_{d-packet}$: DMX512 송신기에서 프레임 decapsulation + encapsulation 시간
- T_{d-send} : DMX512 송신기에서 프레임을 내보내는 시간

$$T_{z-packet} + T_{z-send} < T_{w-N.packet} + T_{w-N.send} \quad (1)$$

(1)의 조건을 만족시킬 때 데이터는 프로토콜의 속도에 의한 병목현상 없이 정상적으로 동작할 수 있다.

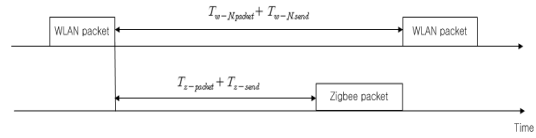


그림 13. 데이터 전송 타이밍
Fig. 13. Data transmission timing

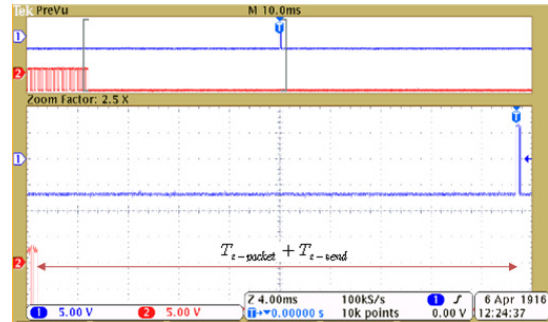


그림 14. $T_{z-packet} + T_{z-send}$ 의 파형측정
Fig. 14. $T_{z-packet} + T_{z-send}$ wave

그림 14에서 보는 바와 같이 실험의 결과에 의하면 $T_{z-packet} + T_{z-send}$ 의 시간은 대략 3.8ms임을 알 수 있다. 그러므로 $T_{w-N.packet} + T_{w-N.send}$ 의 시간은 최소 3.8ms 이상이어야 한다.

DMX512 프로토콜에서 하나의 프레임은 11bit 수를 가지는 512개의 데이터 채널과 11비트 수를 가지는 1개의 스타트 코드를 가지므로 5643bit로 구성된다. 그러므로 고정된 속도 250Kbps에서 1개의 프레임이 전송되는 시간 T는

$$T[s] = \frac{5643[bit]*1[s]}{250.000[bit]} \quad (2)$$

$$T[s] = 22ms \quad (3)$$

따라서 DMX512 프로토콜에서 1초 동안 안정적으로 보낼 수 있는 프레임 수 F는

$$F(T + (T_{w-N.packet} + T_{w-N.send})) + (F-1)(T_{w-N.packet} + T_{w-N.send}) = 1 \quad (4)$$

$F= 33.9$ 프레임

이러한 결과에 따르면 초당 30프레임 이상의 동영상과 같이 대용량 멀티미디어 정보 전달을 지원할 수 있을을 도출할 수 있다.

V. 결 론

일반적인 유선 DMX512 시스템의 문제점으로 되고 있는 제어선의 복잡성과 번거로운 유지 보수성을 해결하기 위해서 무선 DMX512가 사용될 필요성이 있다. 본 논문에서는 하나의 네트워크를 이용한 시스템이 아닌 이종의 네트워크를 혼합하는 이종무선 네트워크 조명 시스템을 테스트베드로 구축하고 DMX512 프로토콜 변환을 통하여 무선 환경에서 더욱 확장성 있는 방법을 제시하였다. 동시에 이종무선 네트워크의 데이터 전송 속도 차이에 의한 데이터 병목현상을 해결하는 방법을 제시하고 증명하였다.

향후 이종의 네트워크 프로토콜을 판별하는 알고리즘의 개발 및 효과적인 무선 DMX512 조명 시스템을 위한 ISM 주파수대역의 중첩문제 해결하는 연구가 요구된다.

참고문헌

[1] 한수빈, 박석인, 송유진, 정학근, 정봉만, 김규덕, "최근의 LED구동 IC의 종류 및 특성", 한국조명전기설비학회 추계학술대회논문집, 2008.

[2] 이봉주, 김원익, 송평중, 신연승, "이종무선 네트워크 환경에서 네트워크 간 핸드오버를 위한 전력 효율적 무선 네트워크 탐지 기법", 한국통신학회논문지, 제31권, 2호, pp.128-137, 2006.

[3] 천승만, 박종태, "이 기종 무선 네트워크에서 멀티캐스팅 터널링을 이용한 고속 이동성 관리 방법", 전자공학회논문지, 제47권 TC편, 제 12호, pp.69-77, 2010.

[4] 김태용, 강경란, 조영중, "이종 네트워크 간 에너지 효율적인 핸드오버를 지원하는 모바일 P2P 메시지 플랫폼", 한국정보과학회 논문지, 제 15권, pp.724-739, 2009.

[5] Quan Le-Trung, Frank Eliassen, Paal E.Engelstad, Telenor R&I, Tor Skeie, Simula "Internetworking Wireless Sensor Networks with the Internet", SWISNET project, Master Thesis topic Ref.no."2009.Spring.Master.01" 2009.

[6] Tiago Camilo, Jorge Sa Silva, Fernando Boavida, "Some Notes and Proposals on the use of IP-Based Approaches in Wireless Sensor Networks", Ubiquitous Computing and Communication Journal, 2007.

[7] Shu Lei, Wu Xiaoling, Xu Hui, Yang Jie, Jinsung Cho, Sungyoung Lee "Connecting Heterogeneous Sensor Networks with IP Based Wire/Wireless Networks", The Fourth IEEE Workshop on Software Technologies for Future Embedded and Ubiquitous Systems, and the Second International Workshop on Collaborative Computing, Integration, and Assurance (SEUS-WCCIA'06), pp.127-132, 2006.

[8] Reen-Cheng Wang, Ruay-Shiung Chang, Han-Chieh Chao "Internetworking Between ZigBee/802.15.4 and IPv6/802.3 Network" SIGCOMM Data Communication 2007

[9] K.Shuaib, M.Boulmalf, F.Sallabi, A.Lakas, "Co-existence of ZigBee and WLAN, A Performance Study", IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks, , 2006.

[10] Guang Yang, Yu Yu, "ZigBee networks performance under WLAN 802.11b/g interference", ISWPC 4th International Symposium on Wireless Pervasive Computing, 2009.

[11] Soo Young Shin, Hong Seong Park, Sunghyun Choi, Wook Hyun Kwon "Packet Error Rate Analysis of ZigBee Under WLAN and Bluetooth Interferences", IEEE Transactions on Wireless communications, VOL.6, No.8, 2007.

[12] 손수국, 한영석, "LED 조명장치를 위한 새로운 WDMX 제어기의 구현", Journal of the Korean Institute of Illumination and Electrical Installation Engineers, 2008.

[13] 서복일, 김재인, 황부현, "DMX512 프로토콜을 이용한 LED 무선 제어 시스템 설계", 한국컴퓨터종합학술대회 발표논문집, Vol. 37, No. 1(B), 2010.

저자소개



공인엽(In-Yeup Kong)

컴퓨터공학 공학석사
컴퓨터공학 공학박사 (IPv6)
인제대학교 PostDoc
금오공과대학교 전임강사

※ 관심분야 : RFID/USN, VLC, IPv6, Embedded Systems.



제갈한민(Han-Min Jaegal)

금오공과대학교
전자공학 공학학사/공학석사
(LED & WLAN)

※ 관심분야 : LED, Microcontroller, Networks