

LED 조명을 이용한 유비쿼터스 가시광 무선통신 서비스

The Ubiquitous Service of Visible Light Communications LED Illumination

강태규* 이권형** 김대호*** 임상규****

◆ 목 차 ◆

- | | |
|------------------------|----------------------|
| I. 서론 | IV. LED 조명 유비쿼터스 서비스 |
| II. LED 조명의 등장 | V. 결론 |
| III. LED 조명과 통신의 융합 기술 | |

형광등 또는 백열등과 같이 전기에 의한 조명을 제공하였기 때문에 인류는 지난 백년동안 많은 생활의 변화가 있었다. 형광등과 백열등의 조명이 반도체 LED(Light Emitting Diode) 조명으로 교체되는 시점에 있다. LED는 백열등에 비하여 전기 절감 효과가 높고, 형광등에 비하여 수온을 사용하지 않아 친환경적이다. LED는 녹색성장의 대표주자이다. 또한, LED는 반도체이기 때문에 메모리 또는 프로세서 반도체처럼 응용 영역이 넓다. 특히, LED 조명과 통신을 동시에 할 수 있는 가시광 무선통신 융합 기술이 가능하게 되었다. 본 고에서는 조명과 통신의 전혀 다른 산업이 융합된 기술로 탄생하게 된 기술적 배경, 가시광 무선통신의 국내 및 국제 표준 동향, 조명은 우리가 있는 곳이면 어디나 있기 때문에 유비쿼터스 관점에서 조명 통신 융합에 의해 자동차 안전, 조명식별번호, 위치인식, M-to-M, 초고속센서, 저속광태그, 국부방송 등의 서비스를 설명한다.

조명 통신 융합에 의해 광ID, 광센서, 초정밀 실내 측위, M2M(Machine to Machine) 등의 신규 서비스가 등장할 것이다.

1. 서론

수십만년전 인류가 불을 발견하고 이를 이용하게 됨으로써 인류는 발전하여 왔다. 약 100년전에 형광등 또는 백열등과 같이 전기에 의한 조명을 제공하였기 때문에 인류는 지난 백년동안 많은 생활의 변화가 있었다.

형광등과 백열등의 조명이 반도체 LED(Light Emitting Diode) 조명으로 교체되는 시점에 있다. LED는 백열등에 비하여 전기 절감 효과가 높고, 형광등에 비하여 수온을 사용하지 않아 친환경적이다. 또한, LED는 반도체이기 때문에 메모리 또는 프로세서 반도체처럼 응용 영역이 넓다. 특히, LED 조명과 통신을 동시에 할 수 있는 가시광 무선통신 융합 기술이 가능하게 되었다.

조명은 사람이 있는 곳에는 어디나 있다. 과거의 조명은 우리에게 빛을 주는 기능만 있었지만, 가시광 무선통신 기술에 의해 우리가 있는 그 곳의 정보를 언제나 받아 볼 수 있는 유비쿼터스 서비스를 제공한다. 대표적 조명 유비쿼터스 서비스로서는 자동차 조명 안전 서비스, 조명 식별 서비스, 조명 위치 인식 서비스, M-to-M 서비스, 초고속 센서 서비스, 저속 광태그 서비스, 국부방송 서비스 등이 있다.

* ETRI LED통신연구팀장

** ETRI LED통신연구팀, KAIST

*** ETRI LED 통신연구팀

**** ETRI LED 통신연구팀

본 고에서는 제 2 장에서 LED 조명의 등장배경, 제 3장에서는 LED 조명과 통신의 융합기술의 개념과 원

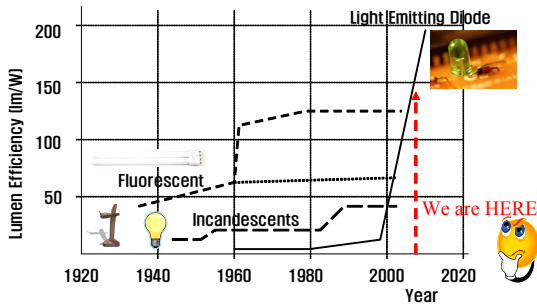
리를 설명하고, 제 4장에서는 가시광 무선통신 기술의 국내 표준 동향, 국제 표준 동향, 제 5장에서는 LED 조명 유비쿼터스 서비스에 대하여 설명한다.

2. LED 조명통신 융합

2.1 LED 조명의 등장 배경

인류 역사적으로 살피볼 때에, 불의 발견으로 많은 발전을 하였다. 약 100년전 전기를 빛으로 바꾸는 조명의 발명이 산업을 급속하게 발전시켰고, 하루 생활 시간을 넓히는 효과가 있었다.

조명은 지금까지 백열전구(Incandescent)와, 형광등(Fluorescent)이 널리 사용되어 왔다. 하지만, 최근에는 조명으로 사용하였던 백열전구와 형광등 대신에 LED 조명으로 바뀌어 가고 있다[1].



(그림 1) LED 조명 기술의 발전

LED 전기를 빛으로 바꾸는 효율(루멘/와트)이 백열전구보다 앞서고 형광등과 유사하게 됨과 동시에 RGB(Red, Green, Blue) LED 개발로 인하여 다양한 색상을 나타낼 수 있게 되었다. 이러한 기술은 그림 1와 같이 2009년 현재 급속히 발전하게 되었고, LED 조명 및 다양한 활용과 함께 널리 보급하기 시작하였다[3].

LED(Light Emitting Diode)는 수은을 함유하고 있는 형광등과 달리 수은을 함유하고 있지 않아서 친환경적이며, 5만 시간이상의 긴수명, 전기 효율이 나쁜 백열등에 비해 90% 전기 효율 향상 등의 장점을 갖고 있다.

우리나라 지식경제부는 1530 프로젝트를 수립하여

2015년 조명의 30%를 LED로 대체하는 계획을 갖고 있다. 이와 더불어 LED 발광 효율 향상 기술 및 LED 응용 융합 기술 등에 산업핵심 원천 기술을 개발하여 세계 TOP 3 LED 강국으로 박차를 가하고 있다.

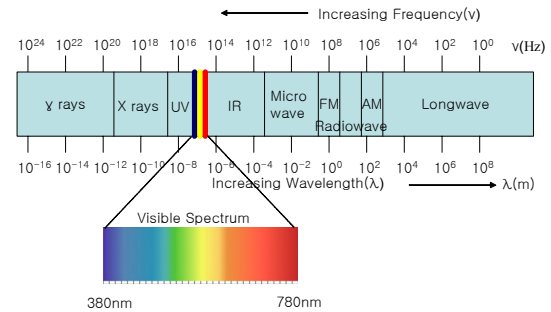
미국, 일본, 유럽 등에서도 LED 조명을 권장 또는 대체하는 법안을 마련 중에 있다.

3. LED 조명 통신 융합 기술

LED(Light Emitting Diode) 조명 통신 융합은 LED 조명과 동시에 통신을 할 수 있는 융합기술이다. 조명은 눈으로 볼 수 있는 가시광이므로 가시광 무선통신이라고도 한다.

3.1 가시광 대역 활용

가시광은 그림 2에서와 같이 780nm~380nm에서 378080nm의 파장(wavelength)에 해당된다. 가시광 무선통신에서 사용하는 파장을 주파수로 바꾼다면, 385THz에서 789THz(주파수 대역 = 빛의 속도(300,000,000m)/파장(380*1000))에 해당된다.



(그림 2) 가시광 무선통신 파장 대역

가청(오디오) 주파수 대역은 20Hz에서 20,000Hz에 해당되고, 적외선 파장을 사용하는 IrDA, 2.4Hz의 IEEE 802.11n, 802.15.1 Bluetooth, IEEE802.15.3c 60GHz, 802.15.4 Zigbee UWB 등이 있다.

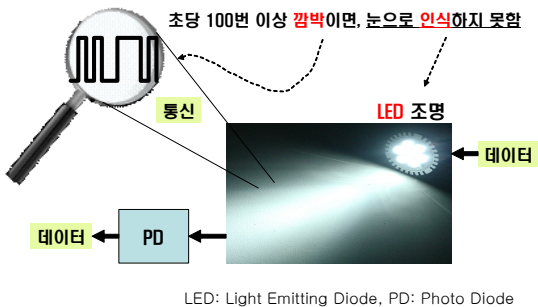
가시광 무선통신은 870850nm~900950nm를 사용하는 IrD적외선 통신과 A와 가장 유사한 파장을 사용하지만, 조명과 동시에 통신을 할 수 있다는 것이 특징이

며 장점이다.

3.2 LED 조명 통신 융합 원리

LED는 전기를 빛으로 바꾸는 성질을 이용하여 조명으로 활용한다. LED 조명 통신 융합 원리는 그림 3에서와 같이 LED와 PD의 깜박임 송수신을 기본 원리로 하여 조명 기능을 유지하면서 통신도 동시에 할 수 있는 것이다.

전기에서 빛으로 바꾸는 속도가 약 30 나노미터에서 250 나노미터에 달하는데, 이렇게 빠른 스위칭(On-Off)을 통신 모듈레이션이용하여 통신할 수 있다. 사람은 초당 100회 이상 깜박이면, 깜박임을 인식하지 못하고 계속적으로 켜진 것으로 인식한다. 통신에 의한 깜박임이 있지만, 인간은 계속적으로 켜진 것으로 인식되하기 때문에 조명의 기능도 유지된다.



(그림 3) 가시광 무선통신의 기술 개념

PD(Photo Diode)는 LED와 유사하게반대로 빛 에너지를 전기 에너지로 변환하는 기능을 갖고 있다. PD와 LED는 물리적 특성이 비슷하기 때문에, 최근에는 LED와 PD를 동시에 제공하는 제품도 있다.

가시광 무선통신기술은 그림 4에서와 같이 디지털 조명과 통신을 융합한 통신기술이기 때문에 통신여부를 눈으로 확인할 수 있다. 디지털 조명은 반도체에 의해 빛을 발광하는 LED(Light Emitting Diode) 조명을 말하며, 디지털로 제어할 수 있기 때문에 기존의 아날로그 조명에 비하여 기술 발전 속도가 높고, 다양한 멀티미디어 조명 및 통신 서비스를 제공할 수 있다.



(그림 4) LED 조명 통신 융합 개념

가시광 무선통신의 효과로서장점은 빛을 사용하기 때문에 인체에 무해하며, 주파수 허가를 받을 필요가 없고, ISM기준 RF(radio frequency)기반 통신과의 간섭도 없으며, 물리적으로 보안기능을 제공하고, 초정밀 측위에 사용할 수 있다.

LED 조명 인프라를 이용하여 통신 환경을 조성한다면, 조명 인프라를 공유하는 경제적 이득 효과가 발생하며, 실 생활 조명과 함께하는 통신 융합 멀티미디어 통신 서비스를 제공할 수 있다.

4. 가시광 무선통신 표준 동향

4.1 국내 표준 동향

TTA(한국통신기술협회)는 멀티미디어응용PG 산하에 가시광통신서비스 실무반(WG: 워킹그룹)을 2007년 5월 30일에 신설하였다. 가시광통신의 실효성 및 목표 설정을 명확하게 하기 위하여 응용 서비스 모델을 표준으로 제정하고, 서비스 모델 표준에 따른 무선 가시광 송신 기술과 수신 기술, 가시광 MAC 프로토콜 및 응용 프로토콜 표준 등을 제정할 예정이다. TTA 가시광 통신 응용 서비스 모델은 다음과 같이 목표로 정하고 표준 규격으로 개발하고 있다.

TTA에서는 다음과 같은 가시광 무선통신 응용 서비스 모델을 정하고 이를 만족하기 위한 표준 규격을 개발하고 있다.

- 가시광통신 3무(무허가, 무간섭, 무해) 주파수 서비스 모델

- 가시광통신 자동차 안전 서비스 모델
- 가시광통신 측위 서비스 모델
- 가시광통신 M-to-M 서비스 모델
- 가시광통신 초고속 센서 서비스 모델
- 가시광통신 WLAN 서비스 모델
- 가시광통신서비스 실무반은 표준 기술을 목표인 ToR(Terms of Reference)를 다음과 같이 설정하였다.
- 가시광통신 응용 서비스 모델
- 무선 가시광 송수신 기술
- 가시광통신서비스 프로토콜 기술
- 가시광통신 서비스 정합 기술

TTA 가시광통신서비스 실무반은 가시광 무선통신 멀티미디어 표준 기술 워크샵을 2007년 8월 30일, 2007년 12월 18일, 2008년 6월 25일에 TTA 에서 3차례 실시하였다. 워크샵에서는 국내/국제 표준 동향, MAC 프로토콜, WPAN과의 기능 비교, 네트워크 이동성, RFID, 자동차 안전 통신, 차세대 이동통신 단말 등의 관점에서 가시광 무선통신 기술을 발표하였다.

가시광 무선통신 기술이 TTA 2008년도 35대 정보통신중점기술 표준화 로드맵 차세대 이동통신 분야 표준 아이টে็ม으로 2007년에 처음으로 선정되었고, 2008년에도 선정되어 2009년 표준 로드맵 작업을 완료하였다.

2009년 가시광 무선통신 표준로드맵 기획 전담반은 표 1과 같이 2008년 표준 로드맵에 9개 항목에서 12개 항목으로 수정 변경하였다.

(표 1) 가시광 무선통신 표준화 항목 비교

2008년	2009년
송신 PHY	송신 PHY
수신 PHY	수신 PHY
LED 조명 인터페이스	LED 조명 인터페이스
Infrastructure mode MAC	Infrastructure mode MAC
Peer-to-peer mode MAC	Peer-to-peer mode MAC
가시광통신 자동차 안전 프로토콜	가시광통신 자동차 안전 프로토콜
가시광통신 측위 프로토콜	-
	가시광통신 조명 식별번호
	가시광통신 위치기반추적 서비스
가시광통신 M-to-M 프로토콜	가시광통신 M-to-M 프로토콜
가시광통신 초고속 센서 프로토콜	가시광통신 초고속 센서 프로토콜
-	가시광통신 지속 광 Tag 서비스
-	가시광통신 국부적제한 방송 서비스

가시광 무선통신 PHY 기술은 물리계층의 송수신 PHY와 LED 조명과 통신과의 인터페이스를 표준화한다. 가시광 무선통신 MAC 기술은 데이터 계층의 데이터 무결성 보장을 하는 것으로써 단대단 통신에 사용할 Peer-to-Peer MAC과 LAN 통신에 사용할 Infrastructure MAC으로 구분하여 표준화한다. 가시광 무선통신 응용 프로토콜 기술은 자동차 안전, 가시광 무선통신 위치기반 추적 서비스, 가시광 무선통신 조명 식별 번호, 광 태크 서비스, M-to-M, 초고속 센서 등을 표준화한다.

4.2. 국제 표준 동향

IEEE 802.15.7 VLC는 2008년 11월에 IG(Interesting Group)으로 시작하여, 2008년 3월에 SG(study group)이 되었으며, 2009년 1월에는 TG(Task Group)이 되었다.

IEEE 802.15.7 VLC의 표준 범위는WPAN 영역에서 LED 통신을 위한 PHY와 MAC 표준 규격을 제정한다[4].

IEEE 802.15.7 VLC 표준 규격의 활성화를 위하여 application, regulatory, functional requirement subcommittee 3개를 구성하였다.

Application subcommittee는 VLC에서 제공가능한 제공 가능한 서비스를 나열하고, 그 서비스들의 분류 및 정의를 할 예정이다. Regulatory subcommittee에서는 녹색성장(Green Growth)에 따른 규제, LED 상품규제, 주파수 규제, 세계 주요 국가의 규제 등을 기술하고, 가시광 무선통신 표준 제정에 문제가 없는 지와 요구 조건을 개발할 예정이다. Functional requirement subcommittee에서는 가시광 무선통신 기술 표준을 위한 기능적 요구사항을 기술할 예정이다.

일본에서는 VLCC(Visible Light Communication Consortium)을 일본 20개 기업과 대학을 중심으로 2003년 11월에 결성되었다. 유비쿼터스와 자동차 통신(ITS Intelligent Transport System)에 응용하는 것을 목표로 설정하고 있다.

WWRF(World Research Forum)는 2001년에 설립되었으며, 현재 140 멤버가로 구성되어 있다. 무선과 이동통신의 연구, 학문, 기술, 산업 등에 대한 미래 방향 및 전략을 수립하는 것을 목적으로 한다. 6개의 워킹 그룹(WG: Working Group)과 4개의 특별 그룹(Special

Interest Group)으로 구성되어 있다.

WG5는 Ultra Wideband, MIMO-OFDM, Short Range Optical Wireless Communication 이슈를 다루고 있다. 특히, WG5는 가시광 무선통신을 미래 기술로 인식하고 가시광 무선통신에 대한 백서(White Paper)를 작성완료 하였다.

5. LED 조명 유비쿼터스 서비스

5.1 자동차 안전 서비스

자동차는 언제 어디서나 사용하는 이동 도구로 사용된다. 자동차의 브레이크 등과 좌우측 사이드 등은 LED 등으로 교체되고 있는 시점에 있다.

운전자는 자동차 등은 저속 프로토콜을 갖고 있다. 자동차의 등(방향 지시등 일명 깜빡이와, 브레이크 등)을 이용하여 운전자간 의사 전달을 한다. 즉, 빨강간색 불이 켜지면, 속도를 줄이거나 정지를, 왼쪽의 노랑간색 불이 켜지면 왼쪽으로 회전, 하얀색 불이 켜지면, 후진한다는 등의 운전자간의 약속인 프로토콜이 정의되어 있다.

가시광 무선통신은 이에 더하여, 빨강간색 불의 정지 신호 외에 현재 속도에서 얼마나 빨리 정지할 것인지 등의 추가 정보를 뒤의 차에 전달할 수 있다. 이러한 정보는 자동차 안전운행에 도움을 준다. 이러한 자동차간 통신 외에 자동차와 신호등간의 통신도 가능하여 신호등의 도로 상태 정보, 신호등 점멸 예상 정보 등을 주고 받을 수 있다. 이는 자동차가 움직이는 곳 언제 어디서나 정보를 주고 받을 수 있는 미래형 유비쿼터스 서비스중의 하나이다.

5.2 조명식별번호 서비스

조명은 가정의 마루, 방, 부엌과, 사무실의 책상위, 휴게실, 회의실, 그리고 야외의 가로등, 신호등, 자동차 등등 어디나 있다. 이들 각 조명은 각기 상이한 위치에서 고유의 역할을 수행하고 있다. 이들 조명은 각각의 식별 번호를 부여할 수 있다.

가시광 통신 조명 식별 번호란 가시광 통신에서 필

수 요소인 조명에 사용부여할 고유 번호를 말하며, 각 조명의 위치를 곧바로 측위 서비스와 연계시킬 수 있다는 점에서 조명의 식별은 매우 중요하며 조명 식별 번호에 대한 표준화가 필수적인 요소이다.

가시광 통신 조명 식별 번호는 위치 기반 서비스의 필수적인 요소로서 조명 식별 번호를 이용한 다양한 서비스를 제공해 줄 수 있다는 측면에서 파급 효과가 크다고 볼 수 있다.

종래의 경쟁 기술인 GPS 시스템, RFID, Bluetooth, ZigBee 등과는 달리 조명의 각각의 위치 정보를 이용하게 되는 가시광 통신 시스템에서 조명 식별 번호의 공유화는 중요한 문제이며 전 세계적인 표준화는 시급한 문제라 할 수 있다.

건물 내부의 인프라들은 건물이 완성되기 전에 설치되어야 한다. 특히 LED 조명의 확산이 점점 가속화 된다고 볼 때, 조명 인프라가 보편화가 되기 전에 공통의 조명 식별 번호를 갖는 것은 중요한 일이다. 그러므로 조명 식별 번호의 표준화는 시급한 과제 중의 하나이다.

5.3 위치 인식 서비스

위치 인식 서비스는 실내외 LED 조명과 표시등, 보행자용 교통 신호등에 ID를 부여하고 가시광 무선통신을 이용하여 전송하면 단말기에 저장된 지도 상에 수신된 ID의 조명 위치를 표기함으로써 위치 및 지리, 길 찾기 정보를 알려주는 방식의 서비스이다.

LED 조명을 구성하는 LED Array의 개별 LED를 서로 다른 변조 기술 또는 데이터로 구동하도록 하고 Photonics Diode Array를 수광소자로 활용하면 mm 범위까지 정밀하게 측위할 수 있다.

조명에 의한 위치 인식 서비스가 실현되면, 우리는 언제 어디서나 정확한 위치를 알고 우리가 원하거나 행하고자 하는 것을 보다 쉽게 실현할 수 있다.

5.4 M-to-M Machine to machine 서비스

M-to-M 서비스는 가시광을 이용한 휴대 단말기 및 멀티미디어 기기 간의 Point-to-point 근거리 서비스이다.

LED를 사용하는 기기들이 점점 많이 등장하는 추세이다. 예를들면, TV와 노트북 모니터의 BLU(Back Light Unit)를 LED로 사용한다. 손전등, 내시경 등, 핸드폰, 라디오 표시등, 상품전시등, 빔프로젝터 등에 LED를 사용하고 있다. 각 기기는 각기 다른 정보를 갖고 있기 때문에 기기간 통신을 할 필요가 있으며, 사람의 개입이 없이 자동으로 통신하면, 사람에게 좀더 편리한 유비쿼터스 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

5.5 초고속 센서 서비스

LED 빛은 LOS(Line of Sight)의 특징을 갖는다. 통신에서의 LOS는 단점이었다. 하지만, 센서의 측면에서는 RF에 비하여 정확도를 보다 높게 하는 장점으로 바뀔 수 있다. LED 조명 하에 위치한 제품들의 ID를 가시광 무선통신을 이용하여 단말기에 전송하면 단말기에서는 수신된 ID와 일치하는 제품들의 정보를 보여주는 방식의 센서 서비스를 제공할 수 있다. 이는 백화점 및 대형 마트, 등에서 활용할 수 있다. 센서는 미래의 유비쿼터스 사회에 구현될 다양하고 편리한 서비스들을 사용자들에게 제공하기 위하여 근간이 되는 기술이므로 산업과 실생활 측면에서도 파급효과가 매우 크다.

5.6 저속 광 태그 서비스

저속 광 태그 서비스는 객체에 태그 정보를 실장하고 무선으로 그 정보를 수신하여 활용하는 서비스이다.

조명용 LED로 구현된 전시관용 조명과 교통 신호등을 이용하여 가시광 Tag-ID를 4.8 Kbps로 전송하여 상품 정보, 음식점 메뉴 정보, 보행자 위치 인식 및 네비게이션 정보를 전달할 수 있다. 또한, 창고 내 LED 조명 및 저속 광 태그 기술을 이용하여 물류의 위치를 인식할 수 있다.

5.7 국부 방송 서비스

국부 방송 서비스는 LED 조명 및 LED 전광판을 이용한 저속 (수십 kbps)의 단방향 정보 방송 중심의 서비스이다.

인터넷은 지역에 관계없이 정보 검색을 쉽게 할 수 있는 것이 장점인 반면, 주위 환경에 있는 지역 정보 또는 객체 정보에 대한 검색을 하기 어려운 단점이 있다. 국부 방송 서비스는 주위 환경에 적합한 정보를 국부적으로 방송할 수 있는 장점을 갖고 있다. 즉, 국부 방송 서비스는 우리가 있는 주위 환경에서의 원하는 정보는 언제 어디서나 얻을 수 있는 유비쿼터스 서비스이다.

5. 결론

LED 효율 개선 및 녹색성장의 시대적 상황에 따라 형광등과 백열등의 조명이 LED 조명으로 전환되는 시점에 있다. LED 조명은 국가적 기간 인프라로 부상할 수 있다. LED를 이용한 가시광 무선통신은 조명과 통신을 융합하는 중요한 기술로 정립될 것이다.

가시광 무선통신은 LED 조명 인프라를 사용하는 것이 특징이며, LED 조명이 다양한 곳에 사용되므로, 언제 어디서나 서비스를 제공할 수 있다. 특히, LED조명은 자동차 후미등, 전조등, 등대등, 선박 조명, 신호등, 가로등, 실내등 등에 널리 사용되고 있다.

LED 조명만 있으면, 조명뿐만 아니라 통신도 가능하므로, 자동차간 통신, 자동차와 신호등간의 교통 안전 정보 수신, 등대와 선박간 통신, 초고속 센서 서비스를 제공할 수 있다.

융합된 LED 가시광 무선통신 기술은 눈으로 확인하는 통신, 빛 색에 따른 선별통신, LOS(Line of Sight) 통신 보안을 보장해 주는 것이 특징이다. 조명 통신 융합에 의해 자동차 안전, 조명식별번호, 위치인식, M-to-M, 초고속 센서, 저속광태그, 국부방송 등의 유비쿼터스 서비스를 실현할 수 있다.

LED 조명의 급부상과 함께 새롭게 태동한 가시광 무선통신 기술은 해결하여야 할 과제는 많지만, 실현 가능성이 높고, 실현되었을 경우에 발생하는 융합 산업 효과가 매우 클 것이다. 융합에 의해 녹색성장의 저탄소 효과도 있다.

조명 통신 융합 기술인 가시광 무선통신은 이제 막 탄생한 기술이다. 이제 막 탄생한 만큼 LED 조명 통신 융합 기술은 앞으로 해결하여야 할 과제도 많이 있다.

LED표준이 거의 없다. LED 제품에 대한 표준도 이제 시작단계이다. LED을 이용한 가시광 무선통신 프로토콜 표준도 이제 막 시작했다. 표준 부재 외에도 기술적으로 해결해야 할 문제가 많이 있고, 이들 문제점들을 산학연의 LED 분야 전문가 및 전자통신 전문가들이 상호 협력하여 하나하나 해결해 가야 한다.

Acknowledgement

본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회, 정보통신연구진흥원, 한국전자통신연구원의 IT핵심기술개발사업의 일환으로 수행하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김용원, LED광원 응용기술, LED광원기술과 응용 워크숍 pp.190, 2007.5.17
- [2] LED 기술 및 부품/소재 기술 시장 편람(대신증권 리서치 센터), 산업자료센터 pp. 89, 2008.8
- [3] 황명근, LED 조명 산업 기술 동향, LED 조명산업과 통신산업 융합 가시광 무선통신 표준 기술 워크숍, 2008. 12.18, pp. 21~36
- [4] Visible Light Communications: Tutorials, IEEE 802.15 VLC SG, 2008.3.17
- [5] Tae-Gyu Kang, A vehicle applications on Visible Light Communications, IEEE 802.15 VLC SG, 2008.2
- [6] 강태규, 가시광 무선통신 융합 기술, LED 융합 가시광 무선통신(VLC) 표준 기술 워크숍, 2008.6.25
- [7] 강태규, 가시광 무선통신 표준 기술 동향, TTA Journal No. 113, pp. 85-90
- [8] 정대광, 가시광 무선통신 미래서비스 개발, 2008. 12.18, pp. 83-90
- [9] 강태규, LED조명과 가시광 무선통신의 융합 기술 동향 분석, 전자통신동향분석 제2 권 제5호, 2008. 10, pp. 32-39

◎ 저 자 소 개 ◎



강 태 규

1989 ~ 현재 한국전자통신연구원 LED통신연구팀 팀장
1996 정보처리기술사, 2001 이학박사
2006 ~ 현재 한국통신학회 종신회원
2007 ~ 현재 TTA 가시광통신서비스 실무반 의장
2009. 3 ~ IEEE 802.15.7 VLC Regulation Subcommittee 의장
관심분야: LED 가시광 무선통신, Green IT 융합기술, LED 감성 조명 통신
E-mail : tgkang@etri.re.kr



이 권 형

2000년 명지대학교 학사
2003년 한국정보통신대학교 석사
2005년 삼성전자 반도체총괄(메모리사업)
현재 KAIST 박사과정
현재 한국전자통신연구원 위촉연구원
관심분야: 가시광 무선통신, Chaotic UWB
E-mail : trabant@etri.re.kr



김 대 호

2000년 경북대학교 공학사
2002년 한국정보통신대학교 공학석사
2002년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원
관심분야: LED 가시광 무선통신, Green IT 융합기술, LED 감성 조명 통신
E-mail : dhkim7256@etri.re.kr



임 상 규

1995년 서강대학교 이학사
1997년 서강대학교 공학석사
2001년 서강대학교 공학박사
2001년~ 현재 한국전자통신연구원
선임연구원
관심분야: LED 가시광 무선통신, 초고속 광통신, LED 감성 조명
E-mail : skim@etri.re.kr