

녹색성장 LED 융합 기술 동향 분석

The Convergence Technology Analysis of Green Growth LED Illumination

IT 융합기술 동향 및 전망 특집

강태규 (T.G. Kang)	LED통신연구팀 팀장
박성희 (S.H. Park)	LED통신연구팀 선임연구원
장일순 (I.S. Jang)	LED통신연구팀 선임연구원
김인수 (I.S. Kim)	LED통신연구팀 선임연구원
한동원 (D.W. Han)	그린컴퓨팅연구부 부장

목 차

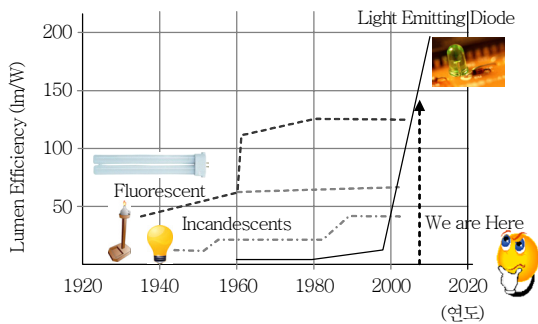
-
- I. LED 등장 배경
 - II. LED 융합 기술 개발 방향
 - III. 가시광 무선통신 기술
 - IV. LED 조명 제어 융합 기술
 - V. 결론

* 본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회, TTA, ETRI의 IT핵심기술개발사업의 일환으로 수행하고 있음.

LED는 빛을 내는 반도체이다. LED는 백열전등에 비하여 전기 절감 효과가 높고, 형광등에 비하여 수은을 사용하지 않아 친환경적이기 때문에 녹색성장의 대표주자 중 하나이다. 메모리 반도체와 전자통신 기기가 융합하여 지난 20년간 발전하여 왔듯이, 앞으로는 LED와 전자통신이 융합하여 새로운 형태의 융합 기술이 발전할 것이다. 현재 예상 가능한 LED 전자통신 융합 기술은 LED 조명과 동시에 통신을 할 수 있는 가시광 무선통신 기술과 감성 및 전기 절감을 실현할 수 있는 LED 조명 모듈간 유선 네트워크 기술이다. 본 고에서는 LED 조명과 녹색성장이 연계된 배경, 가시광 무선통신의 국내 및 국제 표준 동향, LED 조명 네트워크 기술을 설명한다. LED 융합 기술에 의하여 인간중심의 편리 시설을 제공하면서도 전기 절감 및 저탄소를 실현할 수 있다.

I. LED 등장 배경

인류 역사는 불의 발견으로 많은 발전을 하였다. 약 130년 전 전기를 빛으로 바꾸는 조명의 발명이 산업을 급속하게 발전시켰고, 하루 생활 시간을 넓히는 효과가 있었다. 조명은 지금까지 백열전구(incandescent), 형광등(fluorescent)이 널리 사용되어 왔다. 하지만, 최근에는 조명으로 사용하여온 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 LED 개발로 인하여 다양한 색상을 나타낼 수 있게 되었다. 이러한 기술은 (그림 1)과 같이 2009년 현재 급속히 발전하게 되었고, LED 조명 및 다양한 활용과 함께 널리 보급하기 시작하였다[2],[3]. 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.

기후와 환경의 변화에 대응하기 위하여 교토의정서를 1996년에 체결하였으며, 체결에 따른 이행의 의무를 실천할 시기를 맞이하고 있다. 이에 대한 국제 관련 활동은 다음과 같다.

- 교토의정서(Kyoto Protocol): CO₂ 배출금지(전력 절감 필요)

- RoHS: 무수은 조명(수은이 포함된 형광등 사용 억제)
- WEEE: 폐기물 회수(조명 통신 융합으로 폐기물 최소화)

LED는 수은을 함유하고 있는 형광등과 달리 수은을 함유하고 있지 않아서 친환경적이며, 5만 시간 이상의 긴 수명, 전기 효율이 나쁜 백열등에 비해 90% 전기 효율 향상 등의 장점을 갖고 있다.

이러한 LED 장점을 인식하고 미국, 일본, 유럽 등에서는 LED 조명을 권장 또는 대체하는 법안을 마련중에 있다. 우리나라의 지식경제부도 2015년 30%의 LED 조명으로 전환하고자 하는 1530 프로젝트를 추진하고 있다.

본 문서에서는 제 I장에서 LED 등장 배경을 기술적 관점과 녹색성장 관점에서 설명하고, 제 II장에서 LED 반도체와 전자통신 융합 기술 방향을 설명하고, 제 III장에서는 가시광 무선통신 기술의 조명 통신 융합 기술 개념과 국내의 표준을 설명하고, 제 IV장에서는 LED 조명 모듈간에 감성 조명의 실현 방법과 네트워크 기술에 대하여 설명한다.

II. LED 융합 기술 개발 방향

LED 반도체는 디지털 제어에 의한 신개념 조명을 창출할 수 있다. 특히, 전자통신 기술과 LED 조명이 융합하면 RGB 3 in 1 Full Color 감성 조명이 가능하고, LED 조명 모듈간 네트워크하여 무인지 전기 절감을 실현할 수 있으며, 조명과 통신을 융합하여 인간 중심의 무선통신 서비스를 제공할 수 있다.

1. LED의 특성

LED 반도체의 장점은 환경보호, 긴 수명, 전기고 효율, 제어가 우수하다는 점이다. 기존의 형광등 조명이 수은을 함유하고 있는 반면, LED 반도체는 수은을 함유하고 있지 않다. 형광등과 백열등의 약 수천 시간대 수명에서 LED 조명은 만 시간대 이상의

긴 수명을 갖는 장점을 갖는다[4]. LED 반도체 조명은 백열 전구에 비하여 약 90%의 전기 고효율을 갖는다. 특히, 기존의 조명이 아날로그 조명이라고 한다면, LED 반도체 조명은 디지털 조명이라고 할 수 있다. 메모리와 프로세서 반도체에서 지난 20년간 전자기기와 통신기기를 창출하여 왔듯이, 앞으로는 LED 반도체 조명의 디지털 제어 기술에 의해 조명과 디지털 제어를 융합한 신개념 제품들이 창출될 것이다.

LED 조명은 많은 장점을 갖고 있는 반면, 가격이 기존 조명에 비하여 높다는 단점을 갖는다. 높은 가격으로 인하여 LED 조명의 보급이 늦어지고 있다. 높은 가격의 문제점을 극복하기 위하여 루멘/와트의 효율을 향상시켜 단가를 낮추는 방법을 지속적으로 찾고 있다. 고효율뿐만 아니라 최근에는 감성조명 융합 기술, LED 제어 융합 기술, 조명통신 융합 기술인 가시광 무선통신 등의 고기능에 의해 높은 가격의 단점을 극복할 수 있다(그림 2) 참조).

LED 산업		
장점	단점	단점 극복 기술
환경보호: 무수은	높은 가격	루멘/와트 고효율
긴 수명: 약 5만 시간		감성조명 융합 기술
전기효율: 90% 향상		LED 제어 융합 기술
제어타입: 드라이버		조명통신 융합 기술

(그림 2) LED의 장단점과 극복 기술

2. LED 융합 기술 도출

LED 융합 기술은 LED 특성을 이용하고 전자통신 특성을 연계하여 조명 기본 기능에 추가 기능을 제공하는 기술이다. LED 융합 기술은 Full color 3 in 1 감성 조명, LED 모듈간 네트워킹에 의한 사무실 조명 전기 절감 시스템, LED 조명과 통신을 동시에 가능한 가시광 무선통신 시스템 등이 대표적이라 할 수 있다.

Full color 3 in 1 감성 조명은 3 in 1 칩, RGB 색상 제어, 감성 조명 기구로 구성된다. 3 in 1은 RGB

LED 조명이 하나의 칩으로 만든다. RGB 색상제어는 RGB 각각을 모듈레이션 기법으로 동시에 제어하여 다양한 색상을 창출한다. 감성 조명 기구는 조명의 기본 요소와 방열 기술, 색채 디자인, 심리 등을 고려하여 개발한다. 감성 조명 기술은 기존의 어둠을 밝히는 기능뿐만 아니라 우리의 마음도 밝히는 조명도 가능하게 한다.

LED 유선 네트워킹은 LED 모듈간 연결, LED 시스템간 연결 등으로 구분된다. LED 모듈간 네트워킹에 의한 사무실 조명 전기 절감 시스템은 LED 유선 네트워킹 기술에 의해 전기를 절감하는 시스템이다. 이 시스템은 전기를 절감을 하더라도, 전기 절감에 의한 불편함과 불쾌감을 주지 않는다.

가시광 무선통신 시스템은 LED 조명과 통신이 동시에 가능하다. 무선통신으로 인하여 조명의 기능이 상실되어서는 안된다. 조명 기능을 유지하면서 무선 통신이 되도록 하는 PHY 기술이 필요하다. LED 조명이 다양한 응용이 가능하듯이 가시광 무선통신도 LED 신호등 통신, LED 가로등 통신, LED 자동차간 통신, LED TV 통신도 가능하다.

Ⅲ. 가시광 무선통신 기술

가시광 무선통신은 LED 조명을 이용한 무선통신이다. 본 장에서는 가시광 무선통신 기술 개념, 국내외 표준화 동향, 가시광 무선통신의 응용 서비스를 설명한다.

1. 가시광 무선통신 기술 개념

가시광 무선통신 기술은 380~780nm에 속하는 가시광을 반송파로 사용하여 송수신 단말간의 정보 교환을 이루도록 하는 통신 기술이다. 가시광 대역을 사용하는 가시광 무선통신은 기존의 조명 인프라와 융합되어 사용할 수 있으며, 다양한 곳에서 사용되는 조명을 이용하여 다양한 응용 영역으로 확대할 수 있는 장점이 있다.

가시광 무선통신 기술은 디지털 조명과 통신을 융

합한 통신 기술이기 때문에 통신여부를 눈으로 확인할 수 있는 통신, 빛 색에 따른 선별통신, LOS 통신 보안을 보장해 주는 것이 특징이다. 디지털 조명은 반도체에 의해 빛을 발광하는 LED 조명을 말하며, 디지털로 제어할 수 있기 때문에 기존의 아날로그 조명에 비하여 기술 발전 속도가 높고, 다양한 멀티미디어 조명 및 통신 서비스를 제공할 수 있다. 가시광 무선통신 효과로서 빛을 사용하기 때문에 인체에 무해하며, 주파수 허가를 받을 필요가 없고, ISM과의 간섭도 없으며, 물리적으로 보안기능을 제공하고, 초정밀 측위에 사용할 수 있는 장점이 있다.

2. 국내의 표준 동향

가시광 무선통신 국내 표준은 TTA의 가시광통신 서비스 실무반에서 추진중이다. 2007년 5월에 TTA 멀티미디어 응용 PG 가시광통신서비스 실무반이 신설되었으며, 2007년 11월에 2008년도 35대 정보통신중점기술 표준화 VLC 로드맵이 완료되었으며, 현재 VLC 표준 로드맵이 완료된 상태이다. 국내 표준은 가시광 무선통신 PHY 기술, 가시광 무선통신 MAC 기술 및 가시광 무선통신 응용 프로토콜 기술의 세 가지 기술 분야에서 표준이 진행중이다.

가시광 무선통신 PHY 기술은 조명 가시광 통신을 위한 송신 모듈레이션하고 수신 디모듈레이션하는 기술이며, 대상 표준화 항목은 송신 PHY, 수신 PHY 및 LED 조명 인터페이스가 있다. 가시광 무선통신 MAC 기술은 가시광 무선통신 데이터 무결성을 위한 계층 2(layer 2) 프로토콜 기술이며, 대상 표준화 항목은 Infrastructure mode MAC과 Peer-to-Peer mode MAC이 있다. 가시광 무선통신 응용 프로토콜 기술은 가시광 무선통신에서 제공할 수 있는 자동차 안전, 초정밀 측위, M-to-M, 초고속 센서 등의 응용 서비스를 적용하기 위한 프로토콜 기술로 가시광 무선통신 자동차 안전 프로토콜, 가시광 무선통신 측위 프로토콜, 가시광 무선통신 M-to-M 프로토콜 및 가시광 무선통신 초고속 센서 프로토콜 등이 있다.

가시광 무선통신 국외 표준 동향으로 IEEE 802.15 VLC는 2008년 11월에 IG으로 시작하여, 2008년 3월에 SG이 되었으며, 2009년 1월에 TG되었다. WPAN 영역에서 LED 통신을 위한 PHY와 MAC 표준 규격을 2010년 1월까지 완료할 예정이다[5].

3. 가시광 무선통신의 응용 서비스

가시광 무선통신을 이용한 응용 서비스로는 ITS 안전 통신 서비스, 해상 통신 서비스, 실내 측위 서비스 등이 있다. ITS 안전 통신 서비스로는 자동차 간 통신, 신호등 자동차간 통신 및 가로등 지역 정보 제공 서비스 등이 있다[6]. 해상 통신 서비스는 등대와 선박간 통신, 선박간 통신 및 야간 충돌 방지 통신 등이 있다. 실내 측위 서비스는 실내 길 안내 서비스 및 청소용 로봇에 활용할 수 있다[7].

(그림 3)은 사용자의 휴대 단말기에 가시광 무선통신장치를 장착한 경우, 제공 가능한 응용서비스들에 대해 나타내었다. 사용자의 현재 위치 정보를 조명등으로부터, 인근 상점으로부터 상품정보를, 버스정류장으로부터 버스 운행 정보를 전달 받는 응용 서비스를 나타내었다. (그림 3)과 같이 가시광 무선통신을 이용하여 다양한 응용 서비스를 제공할 수 있으며, 특히 조명으로 활용하던 기존의 인프라를 사용함으로써 저탄소 녹색성장을 이루어 낼 수 있는 장점이 있다.



(그림 3) 각종 정보 응용 서비스

IV. LED 조명 제어 융합 기술

LED 조명 제어 융합 기술은 LED 조명을 전자 및 통신 기술과 융합하여 신개념의 고기능을 창출하는 기술이다. 본 장에서는 LED 조명 기술 현황, RGB LED 조명 제어 기술, LED 유선 네트워킹 기술을 설명한다.

1. LED 조명 기술 현황

LED 조명 기술은 LED 고효율을 위한 칩 개발 공정 기술, LED 조명 제어 기술, LED 조명 기기 기술 등으로 구분할 수 있다.

LED 고효율 칩 개발은 루멘/와트를 향상시키는 것으로서 전기 에너지를 빛 에너지로 전환 손실을 최소화하는 기술이다. 현재 1와트 당 약 80~100루멘이 칩 레벨에서 실현되어 가고 있다. 앞으로 지속적으로 기술 개발이 필요한 분야이다.

LED 제어 기술은 아직까지는 많은 연구가 진행되지 않았으며, 관련 제품도 많지 않다. LED 제어 기술은 현재 RGB LED 모듈레이션 제어 기술과 LED 모듈간 네트워킹 기술이 있다. 앞으로 융합 기술에 의한 새로운 연구개발 분야가 될 것이다[8],[9].

LED 조명 기기 기술은 LED 조명의 마지막 단계의 중요한 기술로서 조명 기구 인터페이스 표준, 안전성, 신뢰성 등의 기술이다. 앞으로 다양한 LED 조명 기술 개발이 필요한 분야이다.

• IEC LED 조명 기술 표준화

IEC는 ISO의 전기전자 부문을 담당하고 있는 국제표준기구이다. 그 중 TC34는 조명관련 기술의 표준화를 담당한다. IEC의 TC34C는 LED 조명과 관련하여 램프 및 기구, 제어 기술에 관한 표준화 작업을 추진중에 있다.

• ESTA 조명 제어 기술 표준화

ESTA의 Control Protocol WG에서는 조명 제어

와 관련한 프로토콜들의 표준화를 추진하여, ANSI 표준으로 작성하고 있다. WG에서는 LED 조명 제어에 필요한 디지털 멀티플렉싱 기술과 이를 활용한 네트워크 프로토콜을 이슈로 논의하고 있다.

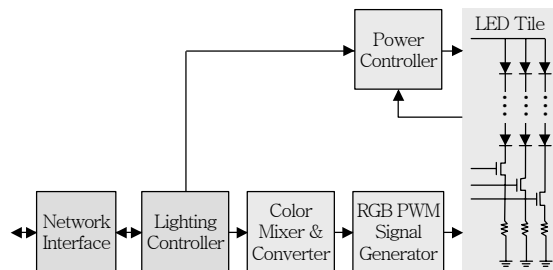
2. RGB LED 조명 제어 기술

LED 조명기기는 크게 기존의 백열전구, 할로겐 전구, 형광등 등의 백색 조명기기를 대체할 수 있는 백색 LED 조명기기와 RGB LED를 이용하여 총천연색의 표현이 가능한 RGB LED 조명기기로 나누어진다.

특히, RGB LED는 다양한 색상(hue)과 상관색온도(correlated color temperature)의 재현에 의해 인간의 생리, 심리, 감성에 적합한 색의 표현이 가능하여 경관조명, 건축조명, 병원조명(수술실, 병실 조명) 등에서 인간의 섬세한 감성에 미의식, 감정순화, 편안함, 감동 등을 유도하는 고기능성을 주는 조명으로 활용된다.

RGB LED를 이용하여 다양한 색상과 상관색온도를 표현하기 위해서는 기본적으로 RGB LED를 제어할 수 있는 3개 이상의 채널이 필요하며, 여기에 상관색온도와 연색성(color rendering)을 좋게 하기 위해서 cool white, warm white, amber 등의 LED를 추가하여 표현한다.

RGB LED 조명기기는 (그림 4)에서 보는 바와 같이 PWM 방식을 이용하여 색상 및 밝기(brightness)를 제어하고 있다. 이 PWM 방식은 업체별로 조금씩 다르게 구현되며, 각 업체별로 EMI와 플리커링(flickering)을 줄이기 위한 기술을 선보이고 있다.



(그림 4) RGB LED 조명 제어 구조

RGB LED 조명 제어 기술은 각 업체별로 방법이 다르기 때문에 단일화된 표준 방식이 없다. 또한, LED는 제조 공정에서 각 LED 마다 특성이 조금씩 다르게 나타나며, 제품화 되었을 때도 온도와 공급 전류에 민감하게 반응을 한다. 결국, 동일한 제어 기술을 사용하여도 다른 업체의 LED를 사용했을 때는 물론이고, 동일한 업체의 제품을 사용해도 색상이나 상관색온도 등은 다르게 나타나게 된다. RGB LED 조명 제어 기술이 정밀한 색표현을 위해서는 제어 및 드라이빙 방식에 대한 국내외 표준이 절실히 필요하다.

3. LED 유선 네트워크 기술

현재 조명을 제어하기 위하여 다양한 조명제어 유선 네트워크 기술들이 개발되고 쓰이고 있다. 단순히 하나의 스위치로 하나의 조명기구를 제어하는 형태에서 벗어나, 다수의 조명기구를 유기적으로 제어하기 위하여 네트워크 구조가 반드시 요구되기 때문이다. 각각의 네트워크 기술은 해당 조명의 용도와 성능이나 비용 등의 요소가 고려되어 선택되고 개발되어 왔으며, 지금 주목받고 있는 LED 조명에 적용하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다.

전통적으로 가장 먼저 사용된 방법은 하나의 회선을 사용하여 전압이나 전류를 제어하는 아날로그 방식의 기술이다. 아날로그 제어방식은 디머를 조절하여 조명의 밝기를 제어하는 방법으로 현재까지도 쓰이고 있다. 하지만 많은 조명이 집중 제어되어야 하는 환경에서는 적용하기가 번거롭고 많은 비용이 소모된다.

기존 아날로그 제어 프로토콜의 한계를 극복하기 위하여, 하나의 회선을 통하여 다채널의 신호를 전송하기 위한 방법들이 연구되었다. 다중채널 신호를 전송하기 위한 방법으로 아날로그 제어 방법을 확장하여 멀티플렉싱의 형태로 진화되었다. 아날로그 멀티플렉싱 프로토콜은 기존의 제어방법을 계승하였기 때문에 적용이 용이했으나, 간섭에 의해 깜빡임이 발생하는 등의 문제점을 가지고 있다.

현재 가장 많이 연구되는 것이 디지털 멀티플렉싱 방법이다. 특히 디지털신호는 LED와 같은 반도체 조명 기술에 적용하기에 좋은 특징을 가지므로 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 가장 대표적으로 사용되는 기술이 1990년에 표준화된 DMX 512 프로토콜이다. DMX 512는 USITT에 의하여 표준화된 디지털 멀티플렉싱 기법으로 전자적 간섭에 매우 강한 특징을 가지고 있다.

512개까지의 채널을 지원하는 DMX 512의 한계를 극복하기 위해 많은 제조사들이 이더넷을 언급하고 있다. 가장 효과적으로 채널 수를 늘리는 방법이 이더넷 상에 DMX 512의 신호를 탑재하는 형식이다. 이러한 시도로 ShowNet과 ArtNet이 개발되었다. ArtNet은 빠른 보급을 위하여 공개되어졌고, 사실상의 표준 프로토콜 중의 하나로 자리매김하였다. ArtNet과 같은 이더넷 베이스의 프로토콜은 DMX 512나 RDM을 대체하는 것이 아니고 함께 사용된다. 이더넷 프로토콜은 넓은 지역의 조명제어를 위하여 사용이 되고 지역적으로는 DMX 512나 RDM이 조명기구와 디머의 제어를 담당하게 된다.

LED 유선 네트워크 기술을 표준 프로토콜로 정의할 수 있도록 전략적으로 접근할 필요가 있다. 전세계적으로 기존의 조명시장은 LED나 OLED를 사용하는 반도체 조명 기술에 의해 빠르게 대체되고 있고, 이러한 조명제어 유선 네트워크 기술의 표준을 확보하기 위한 메이저 업체들의 행보가 더욱 빨라지고 있다. 전세계 큰 시장을 석권할 LED 조명제어를 위한 유선 네트워크 기술에 대한 원천 기술을 개발하고, 이를 지적재산권(IPR)에 따른 국제 표준을 제정해야 하는 중요한 시점에 있다.

V. 결론

LED 1530 프로젝트에 따라 LED 조명 인프라로 전환되는 시점에 있다. LED 조명은 우리에게 새롭게 아름다운 빛을 제공할 것이다. LED 조명과 전자통신 기술이 융합하여 우리 생활 환경을 개선시킬 것이다.

LED 융합 기술은 녹색성장, 저탄소, 저전력 등의 정책과 연계하여 발전시킬 수 있다. LED 융합 기술은 고기능의 신기술을 개발하되 탄소요구량을 최소화하여야 하고, 전기 소모량을 최소화하여야 한다.

LED 조명이 이제 보급이 확산단계에 있다. 보다 보급을 확산하기 위하여 LED 칩 제조 공정, LED 조명 제어 융합 기술, LED 조명 기기 기술 등이 보다 발전하여야 한다. 고효율과 고기능 측면에서 신뢰성을 갖는 기술을 확보하여야 한다. 제외국에 비하여 세계 Top 3의 LED 기술 강국이 되어야 한다. 이를 위하여 핵심 원천 기술 개발과 신개념 융합 기술 개발을 하여야 한다.

LED 조명과 통신을 융합한 가시광 무선통신 기술은 이제 막 시작단계에 있다. TTA 가시광통신 서비스 실무반 국내 표준과 IEEE 802.15.7 VLC 국제 표준도 첫 표준이 제정하는 단계에 있다. 가시광 무선통신의 국내외 표준은 제외국에 비하여 선도적 자세로 추진하고 있다.

LED 조명 제어 및 LED 모듈간 네트워킹 기술은 아직 국제 표준이 제정되어 있지 않고 있다. 이 분야는 아직 큰 시장이 아니다. 하지만, 앞으로 큰 시장을 이끌 원천 기술임에는 틀림 없다.

LED 조명은 우리에게 아름다운 디지털 빛을 주었다. LED 조명은 칩, 전자통신, 조명, 디자인, 심리 등 다양한 분야의 전문가들이 모여 워크숍을 하고 기술 협력을 하게 한 기술이다. 우리나라가 IT 강국

이 된 바와 같이 앞으로는 새로운 형태의 조명 융합 IT 강국이 되길 희망한다.

약어 정리

EMI	Electro Magnetic Interference
ESTA	Entertainment Services and Technology Association
FSO	Free Space Optic
IEC	International Electro technical Commission
IG	Interesting Group
ITS	Intelligent Transport System
LBS	Location Based Service
LD	Laser Diode
LED	Light Emitting Diode
LOS	Line of Sight
PAN	Personal Area Network
PD	Photo Diode
PWM	Pulse Width Modulation
RGB	Red, Green, Blue
RoHS	Restriction of Hazardous Substances Directive
SG	Study Group
TC	Technical Committee
TG	Task Group
ToR	Terms of Reference
USITT	United States Institute Theatre Technology
VLC	Visible Light Communications
VLCC	Visible Light Communication Consortium
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment Directive
WG	Working Group
WWRF	World Research Forum

● 용어해설 ●

LED(Light Emitting Diode): 수은을 함유하고 있는 형광등과 달리 수은을 함유하고 있지 않아서 친환경적이며, 5만 시간 이상의 긴 수명, 백열등에 비해 90% 전기 효율 향상 등의 장점을 갖고 있기 때문에 지식경제부는 1530 차세대 조명 프로젝트를 추진하고 있다.

VLC(Visible Light Communications): 가시광 무선통신은 LED의 빠른 깜박임을 이용한 모듈레이션 기술을 적용하여 통신하는 기술로서, IEEE 802.15 VLC SG, TTA 가시광통신서비스 실무반 등 표준을 추진하고 있고, LED 조명 인프라를 활용하여 광 ID, 광센서, 초정밀 실내 측위, M2M(Machine to Machine), 위치 방송 등의 신규 통신 서비스를 제공할 수 있다.

참고 문헌

- [1] 유영문, LED 기술의 발전전략, LED 융합기술 및 가시광 무선통신 워크숍, 2009. 6. 23.
- [2] 김용원, LED 광원 응용기술, LED 광원기술과 응용 워크숍, 2007. 5. 17., p.190.
- [3] LED 기술 및 부품/소재 기술 시장 편람(대신증권 리서치 센터), 산업자료센터, 2008. 8., p.89.

- [4] 황명근, LED 조명 산업 기술 동향, LED 조명산업과 통신산업 융합 가시광 무선통신 표준 기술 워크숍, 2008. 12. 18., pp.21-36.
- [5] Visible Light Communications: Tutorials, IEEE 802.15 VLC SG, 2008. 3. 17.
- [6] Tae-Gyu Kang, "A Vehicle Applications on Visible Light Communications," IEEE 802.15 VLC SG, 2008. 2.
- [7] 강태규, 가시광 무선통신 융합 기술, LED 융합 가시광 무선통신(VLC) 표준 기술 워크숍, 2008. 6. 25.
- [8] 강태규, "가시광 무선통신 표준 기술 동향," *TTA Journal*, No.113, 2009. 5., pp.85-90.
- [9] 정대광, "가시광 무선통신 미래서비스 개발," TTA 가시광 무선통신 워크숍, 2008. 12. 18., pp.83-90.