

LED 조명과 가시광 무선통신의 융합 기술 동향 분석

The Convergence Technology of LED Illumination and Visible Light
Communications

IT 융합 기술의 미래 전망 특집

강태규 (T.G. Kang)	융합기술기획팀 책임연구원
김태완 (T.W. Kim)	융합기술기획팀 팀장
정명애 (M.A. Chung)	융합기술미래기술연구부 부장
손승원 (S.W. Sohn)	융합기술연구부문 소장

목 차

-
- I . LED 조명통신 융합 개념
 - II . LED 조명과 통신 환경의 변화
 - III . 가시광 무선통신 시장 전망
 - IV . 가시광 무선통신 표준기술
개발 동향 분석
 - V . 결론

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT핵심기술개발사업의 일환으로 수행하고 있다.

반도체 LED가 조명 인프라를 바꾸는 신성장 기술로 급부상하고 있다. LED는 백열전 등에 비하여 전기 절감 효과가 높고, 형광등에 비하여 수은을 사용하지 않아 친환경적이다. 통신 및 조명 환경 변화에 부응한 기술로서, LED 조명과 동시에 통신을 할 수 있는 가시광 무선통신 융합 기술이 등장하였다. 본 고에서는 조명과 통신의 전혀 다른 산업이 융합된 기술로 탄생하게 된 기술적 배경, 가시광 무선통신의 국내 및 국제 표준 동향, LED 조명통신 융합 기술에 의한 융합 서비스를 설명한다. 가시광 무선통신 기술은 눈으로 확인하는 통신, 빛 색에 따른 선별통신, LOS 통신 보안을 보장해주는 것이 특징이다. 또한, 조명통신 융합에 의해 광 ID, 광센서, 초정밀 실내 측위, M2M 등의 신규 융합 서비스도 제공할 수 있다.

I. LED 조명통신 융합 개념

LED 조명통신 융합은 LED 조명과 동시에 통신을 할 수 있는 융합기술이다. 조명은 눈으로 볼 수 있는 가시광이므로 가시광 무선통신이라고도 한다.

가시광 무선통신기술은 (그림 1)에서와 같이 디지털 조명과 통신을 융합한 통신기술이기 때문에 통신여부를 눈으로 확인할 수 있다. 디지털 조명은 반도체에 의해 빛을 발광하는 LED 조명을 말하며, 디지털로 제어할 수 있기 때문에 기존의 아날로그 조명에 비하여 기술 발전속도가 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 있다.

본 문서에서는 제 I장에서 LED 조명통신 융합 개념을 설명하고, 제 II장에서 LED 조명 기술의 발전, WPAN 통신환경, 에너지 환경 문제를 기술하고, 제 III장에서는 LED 시장 및 가시광 무선통신 기술 시장, 융합 기술 시장 전망 등에 대하여 분석하고, 제 IV장에서는 가시광 무선통신 기술의 국내 표준 동향, 국제 표준 동향, 융합 서비스 전망에 대하여 분석한다.

1. LED의 장점 활용

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.

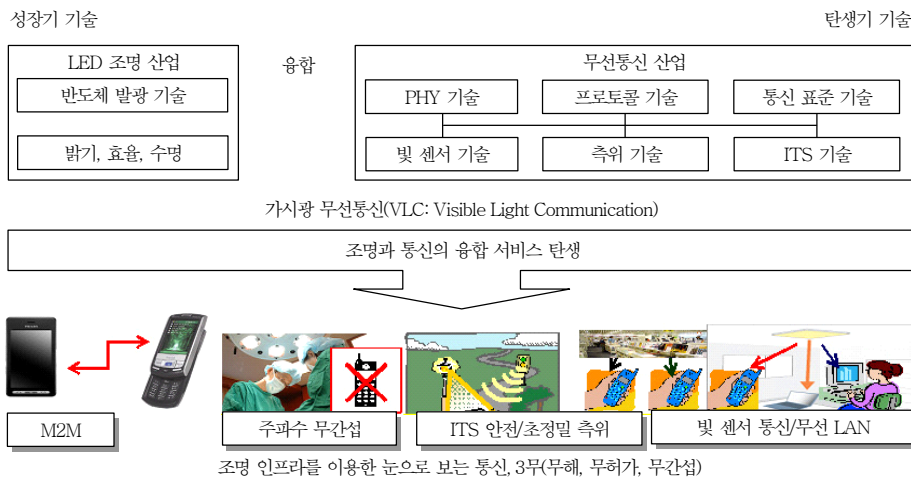
이러한 LED 장점을 인식하고 미국, 일본, 유럽 등에서는 LED 조명을 권장 또는 대체하는 법안을 마련중에 있다. 우리나라의 지식경제부도 2015년 30%의 LED 조명으로 전환하고자 하는 1530 프로젝트를 추진하고 있다.

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

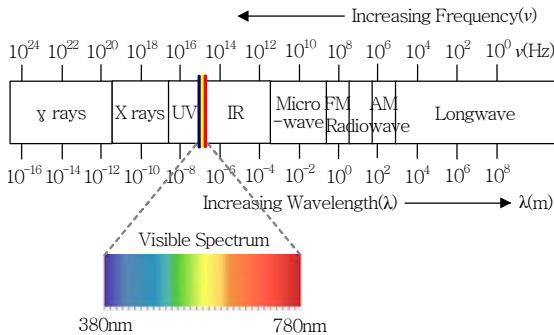
2. 가시광 대역 활용

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

가청(오디오) 주파수 대역은 20Hz에서 20,000Hz에 해당되고, 적외선 파장을 사용하는 IrDA, 2.4Hz



(그림 1) LED 조명통신 융합 개념



(그림 2) 가시광 무선통신 파장 대역

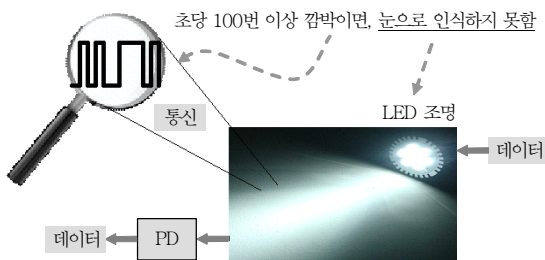
의 IEEE 802.11n, 802.15.1 Bluetooth, IEEE 802.15.3c 60GHz, 802.15.4 ZigBee UWB 등이 있다.

가시광 무선통신은 870~900nm를 사용하는 IrDA와 가장 유사한 파장을 사용하지만, 조명과 동시에 통신을 할 수 있다는 것이 특징이며 장점이다.

3. LED 조명통신 융합 원리

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

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



(그림 3) 가시광 무선통신의 기술 개념

PD는 LED와 유사하게 빛 에너지를 전기 에너지로 변환하는 기능을 갖고 있다. PD와 LED는 물리적 특성이 비슷하기 때문에, 최근에는 LED와 PD를 동시에 제공하는 제품도 있다.

II. LED 조명과 통신 환경의 변화

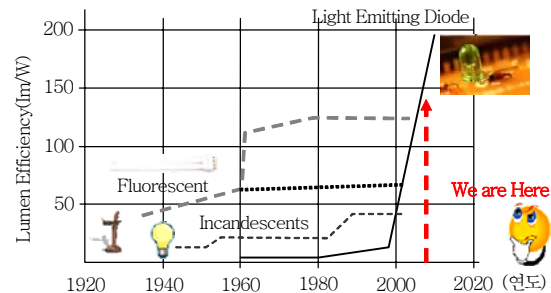
1. LED 조명 기술의 급성장

인류 역사적으로 살펴볼 때, 불의 발견으로 많은 발전을 하였다. 약 100년 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 바뀌어가고 있다[1].

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 4)와 같이 2008년 현재 급속히 발전하게 되었고, LED 조명 및 다양한 활용과 함께 널리 보급되기 시작하였다[2].

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.



(그림 4) LED 조명 기술의 발전

2. WPAN 통신 필요성 증가

유무선 음성 통신 및 인터넷 서비스가 일반화되면서 (그림 5)와 같이 위치 안내, 위치 방송, 부가 방송 등 보다 향상된 정보통신을 위하여 근거리 무선 통신(WPAN) 기술이 다양하게 개발되고 있다. 근거리 무선통신인 IrDA, IEEE 802.11x, IEEE 802.15x Bluetooth, ZigBee UWB, 60GHz 등에 대하여 국제 표준이 진행되고 있다.

가시광 무선통신은 WPAN의 한 기술로 IEEE 802.15 VLC SG에서 국제 표준은 시작 단계에 있다. 가시광 무선통신은 LED 조명을 인프라를 이용하기 때문에 WPAN 다른 기술보다는 보다 인간 중심의 서비스를 개발할 수 있다.

가시광 무선통신은 유선 광통신과 무선 광통신과의 기능을 비교함으로써 보다 명확하게 이해할 수 있다.

유선 광통신은 광 섬유 내부에 광을 송신하고 수신함으로써 빛의 속도로 통신할 수 있는 기술이다. 유선 광통신은 1,500nm 파장대를 사용하며, FTTH, 광전달망, 광가입자망, PON, WDM 등의 기술들로 발전하였다.

무선 광통신 기술은 LD를 이용하여 무선으로 통신하는 기술로서 건물간 무선통신, FSO, IR 통신 등이 있다. 이는 주파수의 특성상 장거리 고속 무선통신이 가능하며, 가시광통신 파장 780nm에서 유선 광통신 파장 1,300nm까지의 파장을 사용한다.

가시광 무선통신은 사용하는 파장 측면에서 유선 광통신과 무선 광통신과 차이가 있다. 유선 광통신

과 무선 광통신은 통신 성능 측면에서 보다 우수하지만, 보이지 않는 파장대를 사용함으로써 조명과 함께 사용할 수 없다는 특징을 갖고 있다. 가시광 무선통신은 통신 성능 측면에서는 성능이 다소 떨어지지만 조명 인프라를 이용할 수 있는 무선통신이라는 점이 특징이다.

3. 에너지 위기 및 CO₂ 환경 규제 대두

2000년대 중반 이후에 고유가의 에너지 위기와 지구 온난화에 의한 CO₂ 환경 규제가 본격화되고 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: 폐기물회수(조명 통신 융합으로 폐기물 최소화)

LED는 전력을 절감하고, 수은을 함유하고 있지 않으며, 폐기물 처리가 상대적으로 자유롭기 때문에 LED 사용을 권장하고 있다.

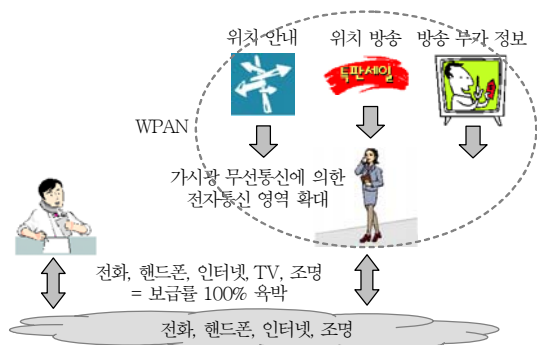
Ⅲ. 가시광 무선통신 시장 전망

1. LED 시장 전망

전세계 LED 시장은 2007년 약 50억 달러 규모이며, 2012년 300억 달러의 시장을 예상하고 있다.

국가별 점유율을 살펴보면, 조명 분야는 필립스 16%, 오스람 15%, GE 12% 등 세계시장의 43%를 점유하고 있으며, LED 분야는 니치아를 비롯한 일본은 30.9%, 한국은 4.7%의 시장점유율을 가짐으로써 조명분야에 비하여 LED 분야는 일본과 한국의 시장 점유율이 높은 편이다.

휴대폰, 노트북, 모니터, TV, 자동차, 신호등, 일반조명 등에 LED가 사용되고 있다. 휴대폰, 디스플레이 BLU, 일반 조명이 많이 사용하는 분야이다[3].



(그림 5) 통신 환경의 변화

2. 가시광 무선통신 시장 전망

가시광 무선통신은 LED를 사용하는 곳에서는 어디서나 통신을 할 수 있다. LED 디스플레이인 경우에는 영상 화면 및 음성의 시청 이외에 부가 통신 정보를 받을 수 있으며, 휴대폰인 경우에는 휴대폰간 통신이 가능하고, 휴대폰과 조명, 휴대폰과 디스플레이간 통신이 가능하다. 이러한 기술적 가능성을 갖고 다음과 같이 시장 규모를 산정할 수 있다.

- (전등+ 디스플레이+ 자동차+ 신호등) 수×가격×가시광 무선통신 설치율(%)
- 단말기 수×가시광 무선통신 설치율(%)×설치비

3. LED 통신 융합 시장 효과

LED 통신의 기본 기능 이외에 융합에 의한 신산업인 LBS, 광 ID, 광센서, 신호등, 전광판, 가로등 등에 대한 설치비용, 운용비용 등의 신규 시장이 등장할 것이다.

LED 통신 융합 IPR 표준을 추진함으로써, 중국의 LED 저가격에 의한 시장 잠식을 막을 수 있을 것이다.

IV. 가시광 무선통신 표준기술 개발 동향 분석

1. 국내 표준 동향 분석

가. TTA 가시광 무선통신 서비스 실무반

TTA(한국통신기술협회)는 멀티미디어응용 PG 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 가시광통신 응용 서비스 모델은 다

음과 같이 목표로 정하고 표준 규격으로 개발하고 있다.

- 가시광통신 3무(무허가, 무간섭, 무해) 주파수 서비스 모델
- 가시광통신 자동차 안전 서비스 모델
- 가시광통신 측위 서비스 모델
- 가시광통신 M2M 서비스 모델
- 가시광통신 초고속 센서 서비스 모델
- 가시광통신 WLAN 서비스 모델

가시광통신 서비스 실무반은 표준 기술 목표인 ToR를 다음과 같이 설정하였다.

- 가시광통신 응용 서비스 모델
- 무선 가시광 송수신 기술
- 가시광통신 서비스 프로토콜 기술
- 가시광통신 서비스 정합 기술

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

나. TTA 가시광 무선통신 표준 로드맵 추진 현황

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

2009년 가시광 무선통신 표준로드맵기획전담반은 <표 1>과 같이 2008년 표준 로드맵에 9개 항목에서 12개 항목으로 수정 변경하였다.

가시광 무선통신 PHY 기술은 물리계층의 송수신 PHY와 LED 조명과 통신과의 인터페이스를 표준화 한다. 가시광 무선통신 MAC 기술은 데이터 계

〈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 M2M 프로토콜	가시광통신 M2M 프로토콜
가시광통신 초고속 센서 프로토콜	가시광통신 초고속 센서 프로토콜
-	가시광통신 저속 광 태그 서비스
-	가시광통신 국부적제한 방송 서비스

층의 데이터 무결성 보장을 하는 것으로써 단대단 통신에 사용할 Peer-to-peer MAC과 LAN 통신에 사용할 Infrastructure MAC으로 구분하여 표준화 한다. 가시광 무선통신 응용 프로토콜 기술은 자동차 안전, 가시광 무선통신 위치기반추적 서비스, 가시광 무선통신 조명 식별번호, 광 태그 서비스, M2M, 초고속 센서 등을 표준화 한다.

2. 국제 표준 동향 분석

가. IEEE 802.15 VLC SG

IEEE 802.15 VLC SG은 2008년 11월에 IG으로 시작하여, 2008년 3월에 SG으로 승격되었다. WPAN 영역에서 LED 통신을 위한 PHY와 MAC 표준 규격을 제정한다[4].

나. VLCC

일본에서는 VLCC을 일본 20개 기업과 대학을 중심으로 2003년 11월에 결성하였다. 유비쿼터스와 자동차 통신(ITS Intelligent Transport System)에 응용하는 것을 목표로 설정하고 있다.

다. WWRF SG5

WWRF는 2001년에 설립되었으며, 현재 140 멤버가 구성되어 있다. 무선과 이동 통신의 연구, 학문, 기술, 산업 등에 대한 미래 방향 및 전략을 수립하는 것을 목적으로 한다. 6개의 워킹그룹(WG)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 작성중에 있다.

라. ITU-T SG16

ITU-T SG16은 H.323, H.324, H.248 등 멀티미디어 프로토콜을 개발한 연구그룹으로 차세대 멀티미디어 프로토콜인 H.325 표준을 개발하고 있다. 차세대 멀티미디어 프로토콜은 기존의 음성 전화와 화상 전화는 기본으로 제공하고, 가시광 무선통신과 같은 차세대 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다.

3. 융합 기술 서비스 전망

가시광 무선통신은 LED 조명 인프라를 사용하는 것이 특징이며, LED 조명이 다양한 곳에 사용되므로, 다양한 응용 영역으로 확대할 수 있다. LED 조명은 자동차 후미등, 전조등, 등대등, 선박조명, 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[5]-[8].

가시광통신 서비스 모델을 표준 프로토콜로 정의할 수 있도록 전략적으로 접근할 필요가 있다. 가시광 무선통신 기술과 시장이 아직은 미미하지만, 메모리 반도체 시장 이상의 큰 시장이 있다는 예측보고서가 연이어 나오고 있다. 전세계 큰 시장을 석권할 가시광 무선통신에 대한 원천 기술을 개발하고,

이를 지적재산권(IPR)에 따른 국제 표준을 제정할 수 있는 중요한 시점에 있다.

을 경우에 발생하는 융합 신산업 효과가 매우 클 것이다.

V. 결론

LED 1530 프로젝트에 따라 LED 조명 인프라로 전환되는 시점에 있다. LED를 이용한 가시광 무선 통신은 조명과 통신을 융합하는 중요한 기술로 정립 될 것이다.

융합된 LED 가시광 무선통신 기술은 눈으로 확인하는 통신, 빛 색에 따른 선별통신, LOS 통신 보안을 보장해 주는 것이 특징이다. 조명 통신 융합에 의해 광 ID, 광센서, 초정밀 실내 측위, M2M 등의 신규 서비스를 개발할 수 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. 주변 광 간섭에 의한 통신 장애, LED 표준 부재에 의한 수평적 융합의 어려움, LED 드라이버와 통신 드라이버의 목적 부적합, 조명 인프라에 결부한 사회적 개발 체계 부족, LED 통신인 가시광 무선통신 표준의 미완성 등의 문제점들을 하나하나 해결해 가야 한다.

새롭게 태동한 가시광 무선통신 기술은 해결하여야 할 과제는 많지만, 실현 가능성이 높고, 실현되었

약어 정리

FSO	Free Space Optic
IG	Interesting Group
ITS	Intelligent Transport System
LBS	Location Based Service
LD	Laser Diode
LED	Light Emitting Diode
LOS	Line of Sight
M2M	Machine to Machine
PAN	Personal Area Network
PD	Photo Diode
RGB	Red, Green, Blue
RoHS	Restriction of Hazardous Substances Directive
SG	Study Group
ToR	Terms of Reference
VLC	Visible Light Communications
VLCC	Visible Light Communication Consortium
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment Directive
WG	Working Group
WPAN	Wireless Personal Area Network
WWRF	Wireless 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 가시광통신 서비스 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] 김용원, LED 광원 응용기술, LED 광원기술과 응용 워크숍, 2007. 5. 17., p.190.
- [2] 황명근, LED 조명 산업 기술 동향, LED 조명산업과 통신 산업 융합 가시광 무선통신 표준 기술 워크숍, 2007. 12. 18., pp.21-36.
- [3] LED 기술 및 부품/소재 기술 시장 편람(대신증권 리서치센터), 산업자료센터 2008. 8., p.89.
- [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, 2007. 10., pp.85-90.

[8] 정대광, 가시광 무선통신 미래서비스 개발, LED 조명산업

과 통신산업융합 가시광 무선통신표기술워크숍, 2007. 12. 18., pp.83-90.