

가시광 무선 통신 기술 및 표준화

강 태 규

한국전자통신연구원
LED통신연구팀

I. 서 론

가시광 무선 통신 기술은 오랜 역사를 갖고 있지 않는다. 옛 봉화에 의한 빛 통신을 생각하면 아주 오랜 역사를 갖는다고 볼 수 있지만, 1999년 논문에서 소개된 것이 가시광 무선 통신의 시초라고 할 수도 있다. 가시광 무선 통신은 우리 일반인에게 갑작스럽게 실용화된 LED(Light Emitting Diode) 때문에 관심을 더욱 갖게 만드는 기술이다. 우리 주변의 LED 신호등, LED 전광판, LED 자동차 브레이크 등, LED 후레쉬, LED TV는 이제 낯설지 않다. LED의 사용 범위의 확대와 수요는 예측이 불가능할 정도로 급속하게 증가하고 있다. 가시광 무선 통신은 LED를 이용하는 것이기 때문에 LED가 있는 곳에서는 항상 무선 통신을 할 수 있다.

LED는 빛을 내는 반도체이다. 이 LED 빛을 제어하여 무선 통신을 할 수 있다. LED 가시광으로 무선 통신하는 것을 가시광 무선 통신(VLC: Visible Light Communications)이라고 한다. 가시광 무선 통신은 LED에 비하여 잘 알려지지 않은 새로운 기술이다. 가시광 무선 통신은 2007년 11월 IG(Interesting Group), 2008년 3월 SG(Study Group)^[1]에 이어 2009년 1월에 TG(Task Group)으로서 IEEE 802.15.7에서 국제 표준 규격화하고 있다. 가시광 무선 통신의 국내 표준은 2007년 5월 30일에 TTA 가시광 통신 서비스 실무반을 결성하였다.

가시광 무선 통신은 녹색 성장의 원천인 저탄소 LED(Light Emitting Diode)을 응용한 융합 기술이다. LED 조명은 백열 전구에 비하여 90 %의 전기 절감이 있어서 저탄소의 대명사가 되었다. 가시광 무선 통신은 조명과 동시에 무선 통신도 가능한 기술이다. 조명 기기를 생산하기 위하여 발생하는 탄소량과 무선 통신을 위하여 발생하는 탄소량이 요구되는데, 이를 하나로 제공하는 가시광 무선 통신은 생활의 편리성이 증대됨에도 불구하고 녹색성장 저탄소가 실현된다.

가시광 무선 통신 기술에 의한 서비스는 Machine-to-Machine 서비스, 신호등 통신 서비스^[2], 자동차간 통신 서비스, 정보 보안 통신 서비스 등을 제공할 수 있다.

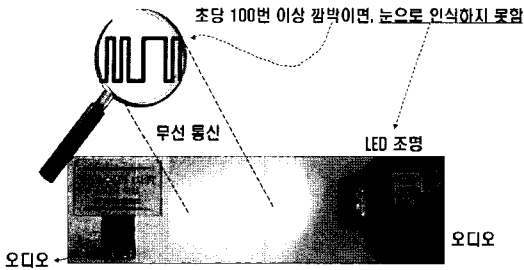
본 고에서는 가시광 무선 통신 기술을 제2장에서 설명하고, 제3장에서는 가시광 무선 통신의 국내의 표준 동향을, 제4장에서는 가시광 무선 통신의 발전 방향을 제시한다.

II. 가시광 무선 통신 기술

2-1 가시광 파장

가시광은 780 nm에서 380 nm의 파장(wavelength)에 해당된다. 가시광 무선 통신에서 사용하는 파장을 주파수로 바꾼다면, 385 THz에서 789 THz(주파수 대역=빛의 속도(300,000,000 m)/파장(380*1,000))에 해

본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회, 한국산업기술평가관리원, 한국정보통신기술협회, 한국전자통신연구원의 IT핵심기술개발사업의 일환으로 수행하고 있다.



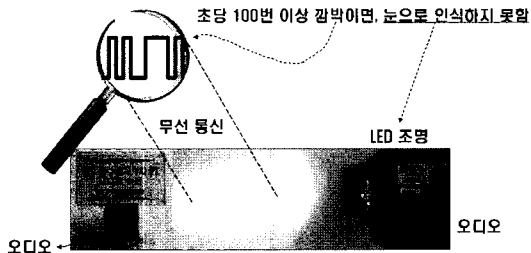
[그림 1] 가시광 무선 통신 파장 대역

당된다. 가청(오디오) 주파수 대역은 20 Hz에서 20,000 Hz에 해당되고, 적외선 파장을 사용하는 IrDA, 2.4 GHz의 IEEE 802.11n, 802.15.1 Blue-tooth, IEEE802.15.3c 60 GHz, 802.15.4 Zigbee UWB 등이 있다. 가시광 무선 통신은 870~900 nm를 사용하는 IrDA와 가장 유사한 파장을 사용하지만, 조명과 동시에 통신을 할 수 있다는 것이 특징이며 장점이다^[3].

가시광 파장은 지금까지 조명으로서의 역할만 수행하여 왔다. 가시광 무선 통신으로 인하여 조명뿐만 아니라 무선 통신으로서의 역할도 가능하게 되었다. 가시광 파장은 기존의 무선 통신 파장에 비하여 무선 통신을 위한 성능이 우수하다고 할 수 없다.

2-2 가시광 무선 통신 원리

LED는 전기를 빛으로 바꾼다. PD(Photo Diode)는 빛을 전기로 바꾼다. LED가 전기에서 빛으로 바꾸는 속도가 약 200 나노미터(10⁻⁹)이다. LED 조명 통



[그림 2] 가시광 무선 통신의 원리

신 융합 원리는 LED와 PD의 깜박임(On-Off 스위칭) 통신 모듈레이션을 이용하여 송수신한다. 사람은 초당 100 이상 깜박이면, 깜박임을 인식하지 못하고 계속적으로 켜진 것으로 인식한다. 통신에 의한 깜박임이 있지만, 계속적으로 켜진 것으로 인식되기 때문에 조명의 기능도 유지된다.

PD와 LED는 물리적 특성이 비슷하기 때문에, 최근에는 LED와 PD를 동시에 제공하는 제품도 있다.

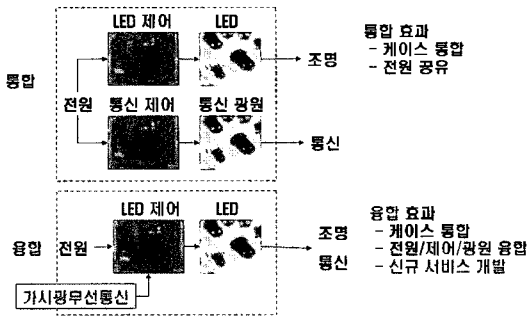
2-3 융합에 따른 녹색 성장 저탄소 효과

LED(Light Emitting Diode)는 성장기 기술이다^[6]. 가시광 무선 통신은 탄생기 기술이다. LED 디지털 조명은 디지털로 제어할 수 있기 때문에 기존의 아날로그 조명에 비하여 기술 발전 속도가 높고, 다양한 멀티미디어 조명 및 통신 서비스를 제공할 수 있다. LED 디지털 조명에서 한 걸음 발전하여 무선 통신도 가능하다. 조명과 통신을 융합한 조명 인프라 통신이 가능하며, 인체에 해롭지 않으며, 주파수 허가를 받을 필요가 없고, ISM과의 간섭도 없다. 가시광 무선 통신 융합한 서비스로서 M-to-M, ITS 안전 통신, 초정밀 측위, 빛 센서 통신 등이 가능하다^[4].

2000년대 중반 이후에 고유가의 에너지 위기와 지구 온난화에 의한 CO₂ 환경 규제가 본격화 되고 있다. 녹색 성장과 관련된 국제 관련 활동은 다음과 같다.

- 교토의정서(Kyoto Protocol): CO₂ 배출 금지(전력 절감 필요)
- RoHS(Restriction of Hazardous Substances Directive): 무수은 조명(수은이 포함된 형광등 사용 억제)
- WEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment Directive): 폐기물 회수(조명 통신 융합으로 폐기물 최소화)

LED(Light Emitting Diode)는 수은을 함유하고 있는 형광등과 달리 수은을 함유하고 있지 않아서 친환경적이며, 5만 시간 이상의 긴 수명, 전기 효율이



[그림 3] 조명 통신 융합의 저탄소 효과

나쁜 백열등에 비해 90 % 전기 효율 향상 등의 장점을 갖고 있다.

LED 응용 융합은 LED 전력 감소 및 사용 시간 증가에 따른 폐기물 감소뿐만 아니라, 융합에 의한 탄소량을 감축시킬 수 있다. 기존 기술에서 조명을 위한 탄소량과 통신을 위한 탄소량이 필요했다면, 가시광 무선 통신은 조명과 통신을 동시에 할 수 있기 때문에 약 50 %에 가까운 탄소량이 감소할 수 있다⁵⁾.

LED 조명 인프라를 이용하여 통신 환경을 조성한다면, 탄소량을 증가시키지 않고서도 조명 인프라를 공유하는 경제적 이득 효과가 발생하며, 탄소량 감소를 위해 생활의 불편함도 없이 실생활 조명과 함께 하는 통신 융합 서비스를 제공할 수 있다.

Ⅲ. 가시광 무선 통신 표준화

3-1 가시광 무선 통신 국내 표준 동향

가시광 무선 통신은 국내 TTA 가시광 통신 서비스실무반 및 국외 IEEE 802.15.7에서 표준 규격을 개발하고 있다. 가시광 통신 서비스 실무반(WG: 워킹그룹)은 TTA(한국통신기술협회) 멀티미디어응용 PG 산하에 2007년 5월 30일에 신설하였다⁷⁾. 가시광 통신 서비스 실무반은 2009년 현재까지 약 95건의 기고서를 발표하였고, 아래와 같은 5건의 표준 규격을 제정하였다.

1. 가시광 무선 통신 송신 물리계층 기본 구조
 2. 가시광 무선 통신 수신 물리계층의 기본 구조
 3. 가시광 무선 통신 조명 LED 인터페이스 기본 구조
 4. 가시광 무선 통신 조명의 위치 정보 제공 기본 구조
 5. 가시광 무선 통신 조명 식별 체계 기본 구조
- 가시광 무선 통신 표준 개발의 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 서비스 표준 등을 제정한다.

TTA는 2007년부터 가시광 무선 통신에 대한 표준 로드맵을 작성하고 있다⁷⁾. 국내외 환경 변화에 대응하기 위하여 표준 로드맵을 매년 수정 보완하고 있다. <표 1>은 3개년도의 중점 표준화 항목의 변경 비교표이다.

Ver.2008에서는 송신 PHY, 수신 PHY, LED 조명 인터페이스, Infrastructure mode MAC, Peer-to-peer mode MAC, 가시광 통신 자동차 안전 프로토콜, 가시광통신 측위 프로토콜, 가시광통신 M-to-M 프로토콜, 가시광 통신 초고속 센서 프로토콜 등 9개 항목을 선정하였다. Ver.2009에서는 3개 항목을 삭제하고, 4개 항목을 추가하여 PHY, LED 조명 인터페이스, MAC, 가시광통신 자동차 안전 프로토콜, 가시광 통신 조명 식별 번호, 가시광 통신 위치 기반 추적 서비스, 가시광 통신 M-to-M 프로토콜, 가시광 통신 초고속 센서 프로토콜, 가시광 통신 저속 광 Tag 서비스, 가시광 통신 국부적 제한 방송 서비스 등 10개 항목을 선정하였다⁸⁾. 2010년에는 응용 프로토콜을 응용 서비스 관점에서 추진하기로 하고 명칭 변경을 하였으며, 초고속 센서 대신에 I-to-M 서비스를 추가하였다.

3-2 가시광 무선 통신 국제 표준 동향

가시광 무선 통신 표준의 모체인 IEEE 802.15는

<표 1> TTA 가시광 무선 통신 중점 표준화 항목 년도별 비교

2008년	2009년	2010년
송신 PHY	가시광 무선 통신 PHY	가시광 무선 통신 PHY
수신 PHY		
LED 조명 인터페이스	LED 조명 인터페이스	가시광 무선 통신 LED 조명 인터페이스
Infrastructure mode MAC	가시광 무선 통신 MAC	가시광 무선 통신 MAC
Peer-to-peer mode MAC		
가시광 통신 자동차 안전 프로토콜	가시광 통신 자동차 안전	가시광 무선 통신 자동차 안전 서비스
가시광 통신 조명 식별번호	가시광 통신 조명 식별번호	가시광 무선 통신 조명 식별번호
가시광 통신 위치 기반 추적 서비스	가시광 통신 위치 기반 추적 서비스	가시광 통신 위치 기반 추적 서비스
가시광 통신 M-to-M 프로토콜	가시광 통신 M-to-M 프로토콜	가시광 통신 M-to-M 서비스
		가시광 통신 I-to-M 서비스
가시광 통신 초고속 센서 프로토콜	가시광 통신 초고속 센서 프로토콜	
가시광 통신 저속 광 Tag 서비스	가시광 통신 저속 광 Tag 서비스	가시광 통신 저속 광 Tag 서비스
가시광 통신 국부적 제한 방송 서비스	가시광 통신 국부적 제한 방송 서비스	가시광 통신 국부적 제한 방송 서비스

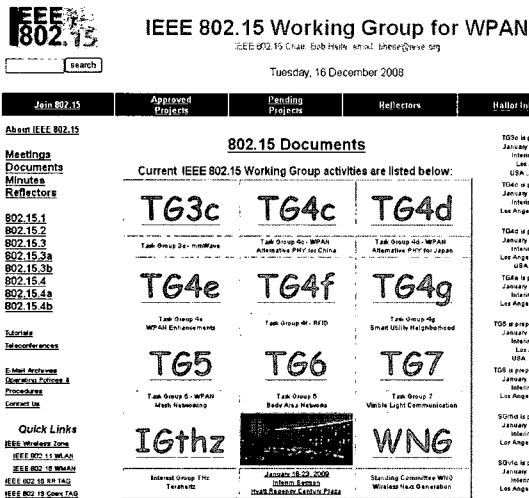
WPAN(Wireless Personal Area Network)에 대한 PHY와 MAC에 대한 표준을 추진한다. IEEE 802.15.1 블루투스 표준 규격 배출하였다. 현재 IEEE 802.15.7의 가시광 무선 통신 표준 규격을 개발하고 있다. IEEE 802.15 WPAN은 현재 BAN(Body Area Network), RFID

(Radio Frequency IDentification), 테라헤르츠, 스마트 그리드(SUN: Smart Utility Network) 등의 표준 규격 개발을 추진하고 있다.

IEEE 802.15.7 VLC는 WPAN 영역에서 LED 통신을 위한 PHY와 MAC 표준 규격을 제정한다. VLC는 2008년 11월에 IG(Interesting Group)으로 시작하여, 2008년 3월에 SG으로 승격되었다. 가시광 무선 통신(VLC) 표준 계획서 격인 PAR/5C 작업을 2008년 9월 회의에 완료하여 WG 및 EC 승인을 획득하고, 마지막 관문인 NesCom 승인을 받아 2009년 1월부터 TG(Task Group) IEEE 802.15.7로 활동하고 있다.

IEEE 802.15.7 VLC는 2009년 현재까지 약 110여 개의 기고서가 발표되었다. 표준 규격 개발을 신속하게 하기 위하여 다음과 같이 3개 서브커미티를 구성하였다.

- VLC Application subcommittee
- VLC Regulatory subcommittee
- VLC Technical Requirement subcommittee



[그림 4] IEEE 802.15 WPAN

<표 2> 가시광 무선 통신 국제 표준 개발 일정

	2009												2010											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TGCFA (Call for Applications)	>	>	>	>	>																			
Affirm Apps Matrix					^																			
Technical Consideration Eocument			>	>	>	>	^																	
Draft Contribution							>	>	^															
Draft Editing									>	>	>	>	^											
Technical editorial team in place							>	>	^															
Letter Ballot (#1)													>											
Recirculation														>										
Letter Ballot (#2)															>									
Draft ready for Sponsor Ballot																	>							
Sponsor Ballot																			>					
Sponsor Ballot Recirculation																					>			
WG/SEC approval																								
REVCOM approval																								>

VLC Application subcommittee는 가시광 무선 통신 기술에 의한 응용 서비스를 선정하고 이를 규격화하는 것을 목표로 한다. 응용 서비스를 위하여 인프라 구조의 단말, 고정 단말, 이동 단말, 이동성 단말, 자동차 단말 등으로 구분하는 것을 논의하고 있다. 응용 서비스를 단방향 응용 서비스와 양 방향 응용 서비스로 구분하고 있다.

VLC Regulatory subcommittee는 가시광 무선 통신 기술 규격을 작성하기 전에 규제와 법에 대한 문제가 있는 여부 등에 대한 규격을 작성하는 것을 목표로 한다. 가시광 무선 통신 규제 법안 문서는 LED가 녹색 성장의 규제와 법안과 관련성이 많이 있기 때문에 녹색 성장 규제와 법안에 대하여 기술할 예정이다. 또한, 가시광 사용에 대한 시력 안정성 문제, 스펙트럼 관계 분석, 각 나라의 규제 법안 등을 기술할 예정이다.

VLC Technical Requirement subcommittee는 가시광 무선 통신 규격을 만들기 위한 기술 요구 사항을 작

성하는 것을 목표로 한다. 기술 요구 사항은 성능, 인터페이스, 보안, 안전, 신뢰성, 가용성, 유지 보수성을 고려할 것이다. 가시광 무선 통신 기술 요구 사항은 채널 모델, 토폴로지, 광원 소스와 수신 특성, 전송 속도, 전송 거리, 보안, 파워 소모량, 규제 법안 연계 요구사항 등에 대하여 기술할 예정이다.

IEEE 802.15.7 가시광 무선 통신은 ETRI, 삼성전자 등 한국이 주도하고 유럽의 지멘스, 옥스퍼드 대학, 일본의 VLCC, NEC, 미국의 인텔, 보잉 등이 참여하고 있다. 국제 표준 규격 개발은 오랜 시간이 요구된다. 표준은 단기간에 실현하기 힘든 분야이다. 현재의 가시광 무선 통신 TTA 표준이나 IEEE 802.15.7 국제 표준의 개척을 위하여 많은 노력을 해 왔다. 또한, 앞으로도 꾸준한 희생이 필요하다. 가시광 무선 통신은 다양한 영역들과 융합할 수 있다. 가시광 무선 통신에 의해 다른 영역과 융합할 때는 각각 영역의 전문성에 맞는 포지셔닝을 명확하게 하여야 한다. 가시광 무선 통신을 이용한 새로운 융합 서비스

를 개척하기 위해서는 단기간에 쉽고 편한 접근 방법보다는 보다 깊이 있고 참신한 접근 방법의 연구가 진행하여야 한다.

IV. 맺음말

조명은 우리 모두가 갖고 있는 국가 인프라이다. 조명 체계가 LED로 바뀌고 있다. LED 1530 프로젝트에 따라 LED 조명 인프라로 전환되는 시점에 있다^[9]. 가시광 무선 통신은 LED 조명 인프라를 사용하는 것이 특징이다. LED 조명이 다양한 곳에 사용되므로, 다양한 응용 영역으로 확대할 수 있다. LED 조명은 자동차 후미등, 전조등, 등대등, 선박 조명, 신호등, 가로등, 실내등 등에 널리 사용되고 있다. LED 조명만 있으면, 조명뿐만 아니라 무선 통신도 가능하므로, 자동차간 통신, 자동차와 신호등 간의 교통 안전 정보 수신, 등대와 선박간 통신, 초고속 센서 서비스를 제공할 수 있다.

가시광 무선 통신은 인간 중심의 무선 통신 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 주변 환경의 변화에 부응하여 LED를 이용한 가시광 무선 통신은 조명과 통신을 융합하는 중요한 기술로 정립될 것이다. 융합된 LED 가시광 무선 통신 기술은 눈으로 확인하는 통신, 빛 색에 따른 선별통신, 빛의 직진 성질의 LOS(Line of Sight) 통신 보안을 보장해 주는 것이 특징이다. 조명 통신 융합에 의해 광ID, 광센서, 초정밀 실내 측위, M2M(Machine to Machine) 등의 신규 서비스를 개발할 수 있다.

가시광 무선 통신은 녹색 성장 저탄소를 실현하는 기술이다. 교토의정서, RoHS, WEEE 등의 규제외 수혜 기술로서 등장할 수 있다. 또한, 생활의 편리성을 제공하면서도 저탄소를 실현할 수 있다.

IEEE 802.15.7 VLC는 2009년 1월부터 본격적으로 표준이 개발되었다. 국제 표준 규격 개발 속도로 매우 빨라, 2009년 말 또는 2010년 초에는 규격 초안이

완성될 전망이다. TTA 가시광 무선 통신 표준 규격은 2008년에 5건 제정하였다. 2009년에도 약 5건 규격을 개발할 예정이다. IEEE 802.15.7 가시광 무선 통신은 ETRI, 삼성전자 등 한국이 주도하고 유럽의 지멘스, 옥스퍼드 대학, 일본의 VLCC, NEC, 미국의 인텔, 보잉 등이 참여하고 있다. 국제 표준 규격 개발은 오랜 시간이 요구되며 단기간에 실현하기 힘든 분야이다. 현재의 가시광 무선 통신 TTA 표준이나 IEEE 802.15.7 국제 표준의 개척을 위하여 많은 노력을 해 왔으며, 앞으로도 꾸준한 희생이 필요하다.

LED 조명 통신 융합 기술인 가시광 무선 통신은 이제 막 탄생한 기술이다. 이제 막 탄생한 만큼 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 등의 문제점들을 하나하나 해결해 가야 한다. 이제 막 탄생한 가시광 무선 통신 기술은 해결하여야 할 과제는 많지만, 성공 전망은 매우 높다. 특히, 융합에 의해 발생하는 저탄소 효과를 탄소 배출권 또는 거래와 연계한다면, 융합 기술은 더욱 발전할 수 있다.

가시광 무선 통신을 이용한 새로운 융합 서비스를 개척하기 위해서는 단기간에 쉽고 편한 접근 방법보다는 보다 깊이 있고 참신한 접근 방법의 연구가 진행하여야 한다.

참 고 문 헌

- [1] Visible Light Communications: Tutorials, IEEE 802.15 VLC SG, Mar. 2008.
- [2] Tae-Gyu Kang, "A vehicle applications on visible light communications", *IEEE 802.15 VLC SG*, Feb. 2008.
- [3] 강태규, 가시광 무선 통신 표준 기술 동향, *TTA Journal*, no. 113, pp. 85-90.
- [4] 정대광, 가시광 무선 통신 미래 서비스 개발, pp.

83-90, 2008년 12월.
[5] 강태규, LED조명과 가시광 무선 통신 융합기술 동향분석, 전자통신동향분석, 23(5)(통권 113호), pp. 32-39, 2008년 10월.
[6] 유영문, LED반도체 조명기술을 선도한다, 월간 전기, 2008년 3월.

[7] 강태규, 녹색성장 저탄소 가시광 무선 통신 국내외 표준 동향 분석, 한국통신학회지, 26(5), pp. 43-49, 2009년 5월.
[8] TTA 가시광 무선 통신 표준 로드맵, 2009년 1월.
[9] 장선호, 권영희, LED 산업동향 및 정책추진 방향, *IE SoC Magazine*, pp. 9-14, 2009년 7월.

≡ 필자소개 ≡

강 태 규



1996년: 정보처리기술사

1989년~현재: 한국전자통신연구원 (현, 책임연구원/LED통신연구팀 팀장)

2007년~현재: TTA 가시광통신서비스 (PG4021) 실무반 의장

2007년~현재: TTA 가시광 무선 통신 (VLC) 표준 로드맵 에디터

2009년~현재: MKE/KIAT 2009 지식경제 통합기술청사진 LED 조명응용소분과 위원, 광융합 소분과위원장

2009년 3월: IEEE 802.15.7 VLC Regulation Subcommittee 의장
[주 관심분야] 가시광 무선 통신, Green IT 융합기술, LED 감성 조명 통신 제어, LED 네트워크