디지털사이니지/LED와 카메라 간의 통신을 위한 Image Sensor Communications의 기술 고려사항

장영민 IEEE 802.15.7r1 OWC TG 의장
국민대학교 교수

1. 머리말

2011년 11월, LED 조명을 송신기로 이용한 가시광통신 시스템인 IEEE 802.15.7이 완성되었지만 많은 기업이 본격적으로 상용화를 못하고 있는 실정이다. 즉 LED(Light Emitting Diode)를 이용한 정보 전달의 기능에 대한 연구가 활발해지고는 있으나, 가시광통신(VLC, Visible Light Communication)과 광 검출기(PD)를 사용한 데이터 전송에만 국한되어 있으며, 전용 단말기를 사용해야 하는 문제점이 있다. 광 검출기를 다루는 IEEE 802.15.7보다는 이미지센서(카메라), LED 및 디스플레이 기반의 IoT, D2D 및 M2M 상용화 서비스를 위해 2014년 11월 회의에서 적외선, 가시광 및 자외선 파장을 포함하는 OWC(Optical Wireless Communications)로 표준화하기 위한 프로젝트승인요구서(PAR)를 채택한데 이어 2014년 12월 IEEE 802 EC 최종 승인으로 IEEE 802.15.7r1 OWC TG에서 본격적인 표준화를 2015년 1월부터 시작하였다. OWC 기술은 조명에 사용되는 LED를 이용해 전송되는 가시광 통신 데이터를, 별도의 수신기 없이 많은 사람이 휴대하고 있는 스마트폰(또는 단말)의 카메라를 이용해 수신이 가능한 기술로써 가시광통신 기술, 디지털사이니지/LED와 카메라 간 통신 기술, 등대와 배 간의 통신 기술 및 실내 위치인식 기술의 활성화를 위해서 반드시 필요한 기술이다. IEEE 802.15.7r1 OWC TG는 주로 이미지 센서 통신 기술에 집중하고 추가적으로 저속 PD통신(Low Rate PD Communications) 및 고속 PD통신(High Rate PD Communications) 기반의 OWC 기술을 표준화할 계획이다. 그리고 2015년 9월 말 현재 Call for Proposal이 배포된 상태이며 이와 관련하여 IEEE 802.15.7r1 OWC TG 구성을 위한 간단한 역사와 이미지 센서 통신(Image Sensor Communications) 관련한 기술 고려사항을 알아보고자 한다.

Baseline Schedule of IEEE 802.15.7r1 OWC

2015		2016		2017	
January	CFA Issued	January	Hear CFP Proposals	January	Draft D2 & LB2
March	CFA Responses	March	Proposal mergers Hear merged proposal	March	LB2 Comment resolution
May	CFA Responses & TCD 논의	May	Draft baseline D0	May	Draft D3 & SB1
July	Finalize TCD	July	Commenet resolution	July	SB1 Comment resolution
September	Relese CFP	September	WG LB Draft D1 & LB1	September	Draft D4 & SB2
November	Hear Call For Intent	November	Start LB1 comment resolution	November	15.7r1 to sa for publication

CFA : Call for Application
TCD : Technical Consideration Document
CFP : Call for Proposals
LB : Letter Ballot
SA : Standards Association
SB : Sponsor Ballot

[그림 1] IEEE 802.15.7r1 OWC TG의 표준화 일정

[그림 2] 디지털 사이니지/LED와 카메라(이미지 센서) 간의 통신 서비스 예

2. IEEE 802.15.7r1 OWC 표준화 현황

IEEE 802.15.7 표준규격을 2011년 11월에 완성하였으나 기존의 스마트폰이나 스마트 디바이스를 기반으로 하는 VLC 시스템을 본격적으로 상용화하기에는 VLC 동글(dongle)을 사용해야 하는 문제점이 상당한 걸림돌이 되었다. 이를 해결하기 위해 2012년 5월부터 IEEE 802.15 IG-LED를 운영하였으며, 2014년 1월부터는 IEEE 802.15.7a Optical Cameras Communication(OCC) Study Group(SG)으로 발전되었다. OCC SG는 주로 광검출기를 다루는 IEEE 802.15.7과 달리 카메라(이미지 센서)를 이용하여 LED Screen, LED Display, LED Digital Signage 또는 LED 조명에서 발생하는 신호 및 패턴을 수신하는 시스템에 집중하여 표준화를 추진하고 있다. 관련하여 1만 나노미터(㎚)에서 190㎚ 파장을 포함하는 OWC로 표준화하기 위한 PAR를 2014년 11월 회의에서 결정하였고, 2015년 1월에 개최된 IEEE 802.15 인터림 회의부터 IEEE 802.15.7r1 OWC TG이 공식적으로 시작되

<표 1> 이미지 센서 통신과 타 기술 간의 비교

	블루투스 (Bluetooth)	와이파이 (WiFi)	가시광통신 (VLC)	이미지센서통신 (Image Sensor Communications)
간섭(Interference)	Yes	Yes	Yes	Less
보안성(Security)	High	High	Highest due to LOF	Highest due to LOF
링크 설정 (Link Setup)	Scan-and-Link	Scan-and-Link	LOS Link	Look-to-Link
프로토콜(Protocol)	IEEE 802.15.1	IEEE 802.11a and IEEE 802.11b	IEEE 802.15.7	IEEE 802.15.7r1
주파수 대역 (Frequency band)	2.4GHz	2.4, 3.6 and 5 GHz	Visible light (400-800THz)	Visible light, IR, UV.
데이터 전송 속도 (Data transfer rate)	800 Kbps	11 Mbps	PHY I: 11.67kbps-266.6 kbps PHY II: 1.25Mbps-96Mbps PHY III: 12Mbps-96Mbps	- Lower than VLC - Enhance by increasing the number of LEDs, camera's resolution
커버 범위 (Cover range)	30m	46m, up to 100m	Near	Can be extended using Zoom function (up to km)

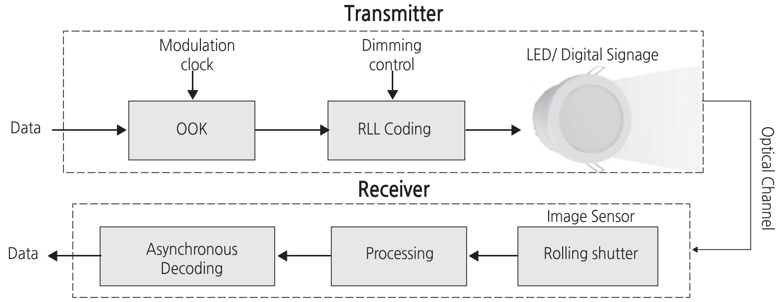
었다. 원래는 이미지 센서 기반의 Optical Camera Communication만을 Amendment를 위해 추진이 되었지만, 기존의 IEEE 802.15.7 VLC에서 가시광 주파수만 사용하고 규격 제목이 가시광만 이용하기에 IR과 UV도 사용 가능한 규격을 만들기 위해 IEEE 802 EC에서 Revision을 하도록 결정하였다. 다양한 IoT/D2D/M2M 시대를 대비하는 방향에서 제안된 프로젝트 802.15.7r1를 위해 PAR 및 CSD(Criteria for Standards Development)를 작성하는 과정에서 광무선 주파수 관련 제약사항을 VL 외에 IR 및 UV도 추가하였다.

이미지 센서 통신, 고속PD통신 및 저속PD통신 중 현재 상용화가 쉬운 이미지 센서 통신 기술은 데이터 수신을 위해 많은 사람이 사용하는 스마트 디바이스(스마트폰, 카메라 등)에 설치되어있는 카메라 내부의 이미지 센서를 사용하여 데이터 수신을 할 수 있는 영상처리 기반의 혁신적인 통신기술이다.

현재 사용되는 스마트폰 카메라의 프레임 속도는 일반 카메라의 비디오 프레임 속도와 같은 30fps(frames/sec) 속도로 작동하며 카메라는 Rolling shutter 또는 Global shutter로 동작한다. 비디오 모드로 설정하여 데이터를 수신할 때 현재 시판 중인 스마트폰은 고정된 양의 사진 프레임을 찍는데 초당 최대 30프레임을 찍을 수 있다. 물론 현재 상용으로 제공되는 160ftp도 사용이 가능하다. 렌즈는 자연적으로 LED 광원 사이의 Angle-of-Arrival(AOA)의 분리를 제공할 수 있기에 IEEE 802.15.7r1 OWC TG에서는 다양한 LBS 서비스를 위한 PHY 및 MAC 기능도 개정할 계획이다. 데이터 전송 시 Visual MIMO 개념의 변조된 LED를 사용하며 LED 조명뿐만 아니라 LED를 이용한 광고판, 스크린, 디지털사이니지 및 디스플레이를 이용해 빛이나 패턴을 낼 수 있는 것이면 이미지 센서 통신을 사용할 수 있다. 따라서 디지털사이니지 사업자 입장에서는 같은 광고판을 가지고 여러 가지 정보를 제공할 수 있으며 Display-to-Camera, Screen-to-camera와 같은 D2D 서비스를 제공할 수 있다는 장점이 있다.

<표 2> 송신기 및 응용 예시

Device	Applications/Use cases
Ceiling light/Lighting Source	IoT(M2M/D2D/Internet of Light(IoL)), LBS/Indoor Positioning
Flash light	Underwater Communication, IoT (M2M/D2D/IoL)
Car light	Vehicular Communication , Vehicular Positioning
Indirect light	Offline to Online Marketing/Public Information System, Vehicular Communication
Illuminated signage with diffused light	Offline to Online Marketing/Public Information System, IoT (M2M/D2D/IoL)
Illuminated signage with discrete LEDs	Offline to Online Marketing/Public Information System, IoT (M2M/D2D/IoL)
Digital signage(such as LCD)	Offline to Online Marketing/Public Information System, IoT(M2M/D2D/IoL)
Traffic light and Intelligent Traffic System(ITS)	Offline to Online Marketing/Public Information System, IoT(M2M/D2D/IoL), Vehicular Communication, Vehicular Positioning
Lighthouse	Offline to Online Marketing/Public Information System, Seaside Communication
LED Tag	LED based Tag application, Underwater Communication, Seaside Communication, Offline to Online Marketing/Public Information System
Display/Image patterns	LED based Tag application, Underwater Communication, Seaside Communication, Offline to Online Marketing/Public Information System



[그림 3] 이미지 센서 통신의 송수신 개념도

이미지 센서 통신에 대한 기술 고려사항을 정리하면 다음과 같다.

- eye safety and flicker
- support localization
- support image sensors of global shutter or sequential shutter
- dimming control
- power consumption control
- coexistence with ambient light
- coexistence with other lighting systems
- simultaneous communications with multiple transmitters
- simultaneous communications with multiple receivers
- data frame consistency
- nearly point image data source
- identification of modulated light sources
- low overhead repetitive transmission
- image sensor compatibility (different image sensing sampling rate, resolutions and frame rates)

<표 3> 고속PD통신과 이미지 센서 통신 간의 비교

	고속PD통신	이미지센서통신
수신기(Receiver)	PD	Image Sensor(Camera)
MIMO(Multi Input Multi Output)	Complex to Implement	Easy to Implement
다이버시티(Diversity)	Easy	difficult
프레임 샘플링(Frame Sampling)	No	Yes
신호대잡음비(SNR)	Low	High
간섭(Interference)	High	Low
디코딩 기술(Decoding technique)	Signal Processing from received photo current	Image Processing using gray level or color of pixels
관심 업체(Interested Company)	pureLiFi, Fraunhofer, Fudan University, Ozyegin University	Intel, Casio, Toshiba, China Telecom, Panasonic, Kookmin University, SNUST

또한, 저속PD통신 기술과 고속PD통신 기술 부분도 표준화할 예정이며, 상세한 기술 고려사항은 다음을 참고하면 좋겠다.

※ https://mentor.ieee.org/802.15/dcn/15/15-15-0492-05-007a-technical-considerations-document.docx

3. 맺음말

현재 Intel, Siemens, Fraunhofer, Ozyegin University, pureLiFi, ByteLight, Osram, Huawei, China Telecom, Panasonic, Toshiba, Casio 등 많은 업체, 연구소 및 대학에서 관심을 가지고 있으며, 스마트 디바이스 기반의 새로운 상용화 비즈니스 창출을 기대해 본다. 이를 위해서 광무선 통신에 대한 정부, 연구소 및 산업체의 창의적이고 혁신적인 연구 개발과 더불에 추가적인 이종망 간의 통합 개발이 있기를 바란다. 또한, IEEE 802.15.7r1의 이미지 센서 통신 기술 관련 핵심기술을 연구 개발하여야 하며 또한 국제적인 공조와 협력을 통해 국내에서 개발한 핵심 기술을 국제 표준화에 반영시켜 OWC 관련 국제화를 주도해야 할 것이다. 이를 위해 LED, 디스플레이, 디지털 사인이지, 카메라 모듈, 스마트 디바이스, 응용 소프트웨어 등과 같은 분야에서 연구개발을 추진하는 국내 산업체, 연구소 및 대학교들이 국제 표준화에도 주도적인 참여를 기대해 본다.

※ https://mentor.ieee.org/802.15/dcn/15/15-15-0580-04-007a-tg7r1-call-for-proposals-cfp.doc

기고를 하실 분은 2015년 10월 말까지 간단한 Call for Intent 자료를 제출해야만 2016년 1월에 본격적인 Proposal을 제출하고 발표할 수 있는 기회를 가지게 된다.