https://doi.org/10.7840/kics.2017.42.4.889

위치기반서비스 제공을 위한 휴대기기용 가시광통신 송수신기 구현

박 상 일◆

Implementation of Visible Light Communication Transceiver of Mobile Devices for Location-Based Services

Sangil Park◆

요 약

LED 조명을 활용한 통신인 가시광통신 기술은 IEEE 802.15.7 WG에 의해 정의되었고 활발한 연구가 진행 중이다. 가시광통신은 기존 RF 통신과의 간섭을 회피할 수 있는 장점 뿐 아니라, LOS(Line of Sight) 특성을 활용하여 정확한 측위를 통한 위치기반 서비스를 제공할 수 있어 사용자의 위치를 확인하고 추적하는데 매우 용이하다. 본 논문에서는 LED 조명을 이용한 위치측정에 휴대기기를 쉽게 적용할 수 있도록, UBS 인터페이스를 이용한 가시광통신 송수신기를 구현하였다. 인터넷 프로토콜을 통해 휴대기기의 이동성을 지원했으며 보행 중 조명과 스마트 기기의 높이인 1m 이상에서 10^{-3}dBm이하의 BER 성능을 보였다.

Key Words : VLC, IEEE 802.15.7, IoT, LED Communication, Location-Based Services

ABSTRACT

Visible light communication technology, which is a communication using LED lighting, is defined by IEEE 802.15.7 WG and active research is under way. Visible light communication is advantageous not only to avoid interference with existing RF communication but also to provide location based service through accurate positioning by utilizing LOS (Line of Sight) characteristic. Therefore, it is very easy and efficient to locate and track the user's location. In this paper, we implemented a visible light communication transceiver using USB interface for easy application to portable devices. It supports the mobility of mobile devices through internet protocol and showed BER performance of less than 10^{-3}dBm at over 1m, which is the height of lighting and smart device during walking.

Ⅰ. 서 론

LED는 백열등의 90% 이상의 절전 효과, 긴 수명, 편리한 제어성 및 저 탄소 배출 등의 장점을 갖는 차세대 조명기술로 부상하였다.[1] LED 조명의 가격 대비 효율성과 전력 대비 효율성이 기존의 조명인 백열등과 형광등에 비해 월등히 개선되었으며, LED 조명의 보급이 확대되고 있다.

LED 조명은 이러한 효율뿐만 아니라 OOK (On-Off Keying Modulation)을 통한 무선 통신 서비스를 제공할 수 있다. IEEE 802.15.7 표준에 의하면 실외 환경을 위해 정의된 PHY Ⅰ Layer에 최소 주파수로 On-Off Switching이 일어날 경우 사람의 눈으로 깜빡임을 인지하지 못하는 점을 이용하여 물리계층 규격을 제정하였다. 이를 통하여 Li-Fi와 같은 무선 통신 서비스뿐만 아니라 LOS특성을 이용한 위치정보 서비스, 긴급 재난 서비스 등의 다양한 응용이 가능할 것으로 예상된다.[2]

기존 측위 시스템의 경우 GPS와 같이 지하나 실내 상황에서는 정확한 정보를 획득할 수 없고, WSN(Wireless Sensor Network)이나 Wi-Fi와 같은 RF기반 측위는 AP의 추가적인 설치로 인해 비용이 드는 문제점이 있다.[3] 반면에, VLC(Visible Light Communication)의 경우 빛의 LOS 특성을 이용하여 실내 구획별 Cell ID를 부여하여 실내 측위가 가능하다. 따라서 PLC(Power Line Communication) 적용 및 LED 조명 VLC를 적용하여 사용할 경우 조명과

※ 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학 ICT 연구센터 육성지원사업의 결과로 수행되었음. (IITP-2017-R2718-16-0004)
◆ First Author : Seoul National University of Science and Technology Department of IT Media Engineering, sangilparkmail@gmail.com, 정회원
논문번호 : KICS2017-04-096, Received April 3, 2017; Revised April 7, 2017; Accepted April 8, 2017

동시에 무선 통신 서비스 제공 및 LOS 특성을 이용한 정밀한 실내 측위가 가능해 지므로 실내 기반 서비스를 제공할 수 있다[4].

하지만 스마트폰이나 노트북과 같은 휴대기기에 Photodiode와 같은 광수신장치가 포함되지 않아 IEEE 802.15.7 표준을 적용하여 실내 측위와 같은 어플리케이션 보급 등에 어려움이 있다. 이와 같은 문제점을 바탕으로 IEEE 802.15.7r1 Short-Range Optical Wireless Communication이 등장하였다. 카메라를 통해 광신호를 수신하여 가시광통신에 적용하는 방식이다. 하지만 이는 휴대기기의 카메라 점유 및 전력 소모가 크기 때문에 배터리가 작은 휴대기기의 경우 사용이 어려운 점이 있으며 카메라를 항상 조명에 향해야 하는 단점이 존재한다.

따라서 본 논문에서는 휴대기기에서 IP over Visible Light Communication을 제공하는 송수신기를 구현한다. 노트북, 스마트폰에 제공되는 USB Interface를 사용하며 휴대기기 Uplink의 전력 소모를 낮추기 위해 단일 LED를 사용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 구현하고자 하는 VLC 송수신기의 시스템 구조를 설명한다. Ⅲ장에서는 테스트베드 파라미터 정의, Ⅳ장에서 성능을 분석한다. 마지막으로 Ⅴ장에서 본 논문의 결론을 내린다.

Ⅱ. 시스템 구조

그림 1의 (a)와 같이 Collimate Lens를 장착한 3W급 LED와 LED를 구동하기 위한 BC547을 이용한 LED Driver로 이루어진 아날로그 전처리부를 구성하였다. 링크 계층 처리를 위한 Cortex-M0 MCU, 그리고 기기와 연결하기 위해 USB to serial을 위한 FS232로 디지털 처리부를 구성하였다.

그림 1의 (b)와 같이 Photodiode를 통해 광신호를 수신한다. 본 논문에서 제안하는 시스템에서는 Osram사의 SFH-213 Photodiode 소자와 TI OPA-380을 사용한 TIA부, 형광등과 같은 광원에 의한 노이즈 차단을 위한 Band Pass Filter, TI OPA-830 전압 증폭기로 구성된 아날로그 전처리부로 구성하였으며 디지털부는 송신부와 동일한 MCU, FS232로 구성된다.

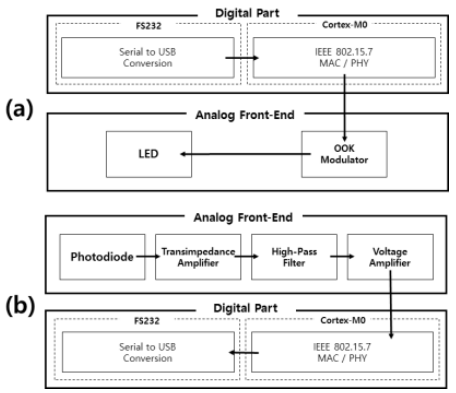

그림 1. VLC 송수신기의 구조. (a)송신수, (b)수신부.
Fig. 1. Structure of VLC transceiver (a)Transceiver, (b)Receiver.

Ⅲ. 테스트베드 구축

본 논문의 테스트베드에서는 IEEE 802.15.7의 일부분만 구현하여 실험을 수행하였다. 표 1과 같은 PHY/MAC의 일부와 Stateless IP generation을 이용한 IPv6 네트워크상에서의 각 인터페이스로의 Mobility를 변수로 두어 실험한다. 그림 2와 같은 실내에서 각 Cell의 거리는 2m로 하였고, 바닥과의 거리는 2.5m인 상황에서 실험하였다.

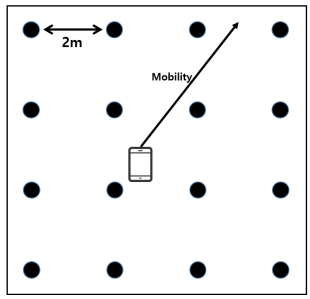

그림 2. 거리와 각도에 따른 BER 측정을 위한 테스트베드
Fig. 2. Testbed for BER test with distance and angle

표 1. IP over VLC 파라미터
Table 1. Parameters for IP over VLC Network

Parameters	Value
Pulse Modulation	OOK
Data Rate	200kbps
Angle from LED Light	0° ~ 20°
Distance	1 ~ 1.5 [m]
Mobile Node Tx Power	5 ~ 20 [mW]
Cell Address	0x0000 ~ 0x000F
IP Address	Stateless IPv6 Addressing
Routing	Static Routing
Protocol for Cell to Gateway	CSLIP

Ⅳ. 실험 결과

IEEE 802.15.7 PHY에 정의된 Superframe을 미리 고정하여 16개의 Cell을 기준으로 전송하였으며 MIPv6(Mobile IPv6)를 통해 이동성을 지원하였다. 또한 거리와 조명과의 각도 별 BER을 측정하여 USB 또는 휴대폰의 아날로그 오디오 인터페이스와 같이 전력공급이 제한적인 인터페이스로 20mW 이하의 전력을 소모하여 동작하여 다음 그림 3과 그림 4와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

위 결과를 통해 일반적인 건물 실내조명과 보행 중 휴대기기와의 거리인 1m 거리에서도 조명 입사각이 10도 이하의 각도일 경우 BER이 10^{-3}[dBm] 이하의 수준이기 때문에 위치기반서비스 제공에 큰 영향을 주지 않음을 확인할 수 있었다. 다만, 각도가 15° 이상 커질 경우 정상적인 통신이 어려웠다. 하지만 이는 Photodiode의 소자 특성에 의한 것으로, 각도 특성이 우수한 소자를 활용하거나 프레넬 렌즈 등으로 집광을 해 줄 경우 좀 더 넓은 각도를 지원할 수 있다.

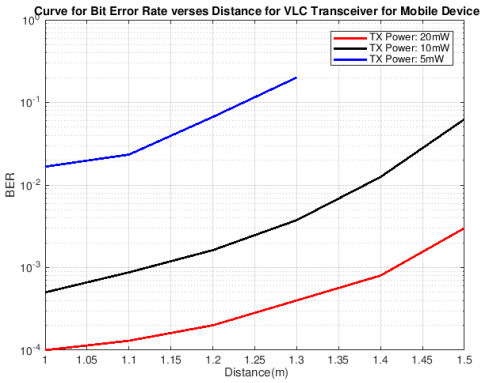

그림 3. 조명과의 거리 별 BER (입사각 @0°)
Fig. 3. BER by lightning distance. (Angle @0°)

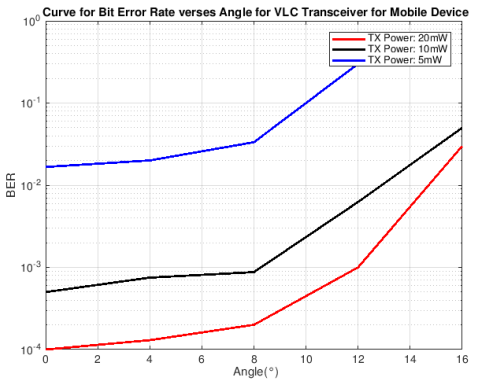

그림 4. 조명과의 각도 별 BER (거리 @1m)
Fig. 4. BER by angle with lighting (Distance @1m)

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 휴대기기를 통해 조명 Cell ID를 기준으로 정밀한 측위를 통해 실내 위치기반서비스를 제공할 수 있는 가시광통신 송수신기를 구현하였다. 조명의 경우 LED 조명을 활용한 가시광을 통해 데이터를 전송하였고, 휴대기기의 경우 소량의 전력만을 사용하여도 낮은 BER 성능을 획득하기 위하여 900nm 이상의 파장대역을 사용하는 IR 다이오드를 사용하였다. IEEE 802.15.7 PHY I의 최대 200kbps의 성능으로도 IPv6의 Mobility 지원을 통한 Cell과 Cell 간의 음영지역을 극복하여 통신을 구축할 수 있었으며 이를 기반으로 실내 네비게이션, 개인별 맞춤형 광고 등 각 다양한 응용 서비스에 활용할 수 있음을 확인할 수 있었다.

References

[1] G. H. Key and K. R. Sohn, “A study on the duplex wireless communications using LED Lighting,” *J. Korean Soc. Marine Eng.*, vol. 34, no. 6, pp. 852-857, Sept. 2010.

[2] M. S. Km and K. R. Sohn, “Performance investigation of visible light communication using super bright white LED and fresnel lens,” *J. Korean Soc. Marine Eng.*, vol. 39, no. 1, pp. 63-67, Jan. 2015.

[3] S. S. Song, Y. S. Kong, and J. W Park. “Investigation of visible light communication transceiver applicable to both of illumination and wireless communication,” *J. KICS*, vol. 37, no. 4, pp. 219-226. Apr. 2012.

[4] K. R. Sohn, “Implementation of CAN-based visible LED communication systems” *J. Korean Soc. Marine Eng.*, vol. 35, no. 1, pp. 102-107, Jan. 2011