

---

# 가시광 통신의 커버리지 확장을 위한 릴레이 모듈 구현

이상권\* · 이종성\* · 오창현\*

\*한국기술교육대학교

## Implementation of a Relay Module for Coverage Extension in Visible Light Communication

Sang-Gwon Lee\* · Jong-Sung Lee\* · Chang-Heon Oh\*

\*Korea University of Technology and Education(KOREATECH)

E-mail : tkdrnjs507@koreatech.ac.kr

### 요 약

가시광 통신은 빛을 사용한 통신방식이며, RF 통신에 비해 단일 공간 내 보안성을 보장하는 장점이 있다. 하지만 빛의 가시선을 벗어난 영역의 경우 통신단절 현상이 발생한다. 이에 본 논문에서는 가시광 통신의 커버리지 확장과 통신단절 현상을 극복하기 위해 릴레이 모듈을 제안한다. 제안하는 릴레이 모듈은 target ID를 포함한 데이터 패킷을 인접한 가시광 모듈을 통해 순차적으로 전달함으로써 데이터를 송수신한다. 데이터 전송 실험을 통해 전송범위의 확장과 가시선을 벗어난 영역에서의 데이터 수신을 확인하였다.

### ABSTRACT

Visible light communication is a communication method using light, and it has advantage of ensuring security in a single space as compared with RF communication. However, in the area outside the visible line of the light, communication disconnection occurs. Therefore, this paper proposes a relay module to overcome the coverage extension and communication disconnection phenomenon of visible light communication. The proposed relay module transmits and receives data of visible light communication by sequentially transmitting data packets including target ID through adjacent visible light module. Through experimentation of data transmission, we confirmed the extension of the transmission range and the data reception in the area outside the line of sight.

### 키워드

Visible Light Communication, Relay Communication, Two Way Communication, Coverage Expansion, Line of Sight

## I. 서 론

최근 LED를 이용한 가시광 통신(Visible Light Communication)은 실내조명 기능과 무선 통신 기능이 동시에 사용가능하여 학계 및 산업계에서 주목받고 있다 [1]. 가시광 통신이란 사람의 눈에 인식되는 380~780 [nm] 파장의 가시광을 이용한 통신으로, LED(Light Emitting Diode) 조명의 점멸과 CdS(황화 카드뮴) cell을 이용한 송수신을 기본 원리로 한다 [2]. 또한 빛을 통신수단으로 사용하기 때문에 인체 무해, 무선 주파수의 비 허가권 사용, ISM(Industrial Scientific Medical) 대역과의 물리적 보안 기능, 초정밀 측위 등의 장점이 있다 [3]. 특히 LED는 전기 신호를 빛으로 변환하는 속

도가 30~250 [ns] 이하로, 고속의 On-Off 스위칭 특성을 통신 변조에 활용할 수 있어 가시광 통신에 매우 유리하다 [4],[5]. 하지만 가시광을 통신 매개로 사용할 경우 짧은 주파수 파장 길이를 갖기 때문에 주파수 자체의 직진성은 우수하지만, 불투명 장애물에 가려질 경우 통신단절 문제를 발생시킨다.

이에 본 논문에서는 가시광 통신환경에서 불투명 장애물로 인한 통신단절 현상을 해결하기 위하여 커버리지 확장이 가능한 릴레이 모듈을 제안한다.

## II. 관련 연구

가시광 통신에서 릴레이 모듈은 통신 커버리지 확장과 가시선을 벗어난 영역에서 통신하기 위해 다양한 방식으로 사용된다.

릴레이 모듈의 연구에서는 실내 LED 조명등을 중계기로 활용하여 장애물 너머로 광신호를 송수신할 수 있는 방법을 제안한다. 해당 방식의 경우 LED 조명등을 구성하는 LED 배열(array)의 중간에 광 검출기를 설치하고 광신호를 수신하여 원신호로 복구한다. 이후 LED 배열을 구동함으로써 실내 전 구간에서 광신호를 수신할 수 있도록 한다 [6]. 또한 중앙 마이크로 컨트롤러를 사용한 중계기 방식이 있다. 중계기는 2세트의 송신기 및 수신기 회로와 서브모터로 구성된다. 사용자는 서브모터를 컨트롤하여 원하는 방향으로 통신 링크를 이룰 수 있다. 중계기는 송신부에서 전송한 광신호를 데이터로 변환하여 USB포트로 사용자에게 전달한다 [7].

## III. 가시광 릴레이 모듈

가시광 통신의 경우, 릴레이 모듈과 같은 중간 매개체가 없을 경우 통신이 불가능하다 [3]. 본 논문에서 제안하는 가시광 릴레이 통신모듈의 시나리오는 그림 1과 같다. 장애물이 있는 환경에서 통신을 위해 2개 이상의 인접한 모듈과 가시광 통신 링크를 구성하고, 서로 데이터 패킷을 송수신한다. 예를 들어 그림 1의 A 모듈에서 Y 디바이스로 데이터를 송신할 경우 B, C, D 릴레이 모듈을 통해 순차적으로 데이터를 전송하는 방식이다.

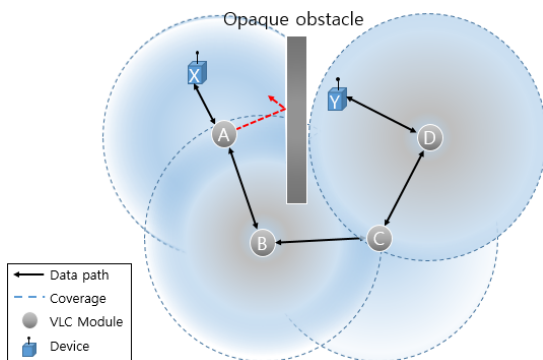


그림 1. 가시광 릴레이 모듈 시나리오

그림 2는 가시광 릴레이 모듈의 데이터 패킷 구조이다. 가시광 통신 모듈 각각에 고유 ID number를 부여하여, target ID로 지정할 수 있게 한다. 데이터 패킷 전송 시, Start bit는 데이터 요청 패킷과 응답 패킷을 구분 짓기 위해 사용된다. 데이터 수신 모듈 ID(Target ID)와 요청 모듈 ID(Start ID)를 포함한 패킷을 전송함으로써 패킷

이동 경로가 설정된다. Request는 요청 데이터 정보 bit이며, 요청 응답 데이터는 reply data에 포함하여 전송한다. Stop bit를 통해 데이터 패킷 종류를 구분한다.



그림 2. 가시광 릴레이 모듈 데이터 패킷 구조

## IV. 가시광 릴레이 모듈 실험 및 결과

제안하는 가시광 릴레이 모듈 실험 구성은 그림 3과 같다. 모듈 1과 모듈 3사이 불투명 장애물을 설치하여 릴레이를 통해 데이터가 전송되도록 환경을 구성하였다. 또한 실제 실험에서는 외부 광원 간섭을 방지하기 위해 실내조명 밝기를 최소화하였다. 각 모듈은 데이터 확인용 CLCD와 1[W] LED, CdS cell 2개를 구성하며 MCU로는 아두이노 Uno를 사용하였다.

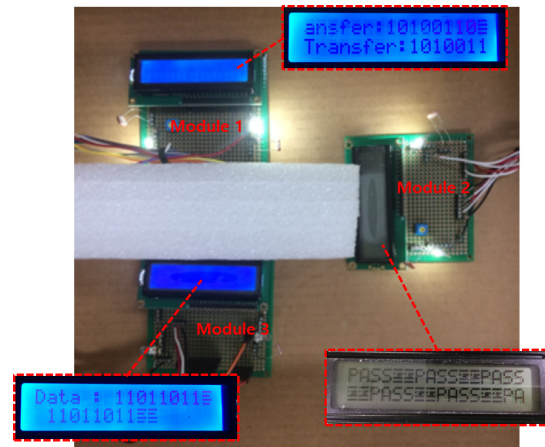


그림 3. 릴레이 모듈 실험 구성 및 결과

Module 1은 '10100110' 바이너리 데이터를 광신호 형태로 발산한다. 그리고 module 1 커버리지에 있는 Module 2는 바이너리 데이터를 수신한다. module 2는 전송된 신호의 target ID를 확인하며, 데이터를 표기할지, 인근 모듈로 전송할지를 선택한다. 자신이 해당 target 모듈이 아닌 경우 다시 전송한다는 의미로 CLCD에 PASS를 표시한다. Module 2로부터 출력되는 광신호는 module 2의 커버리지에 존재하는 다른 모듈이 수신하게 되며, 동일한 동작을 통해 module 3의 CLCD에 module 1과 module 3 간에 데이터가 수

신되었음을 보여준다.

## V. 결 론

본 논문에서는 가시광 통신 커버리지 확장 및 통신단절 문제를 개선하기 위해 가시광 릴레이 모듈을 제안하였다. 제안한 방식은 target ID를 포함한 데이터 패킷을 인접한 릴레이 모듈로 전송하여 target 목적지로 전달하고 데이터 전송을 확인하기 위해 양방향 가시광 통신이 가능한 릴레이 모듈을 제작하여 CLCD로 결과를 출력하였다. 출력 결과 전송한 데이터를 target 모듈이 수신함으로써 통신단절 문제를 해결할 수 있음을 확인하였다.

## 참고문헌

- [1] H. Elgala, R. Mesleh and H. Haas, "Indoor Optical Wireless Communication: potential and state-of-the-art," *IEEE Communications Magazine*, vol. 49, no. 9, pp. 56-62, Sep. 2011.
- [2] D. Giustiniano, Z. O. Tippenhauer and S. Mangold, "Low-complexity Visible Networking with LED-to-LED communication," *IFIP Wireless Days*, pp. 1-8, Jan. 2012.
- [3] 조상호, 한상규, 노정욱, 홍성수, 장병준, "조명용 LED의 스위칭 구동 회로로 변조되는 가시광 통신 시스템 구현," *한국전자파학회지*, 제21권, 제8호, pp. 905-910, 2010. 08.
- [4] N. Fujimoto and H. Mochizuki, "447 Mbit/s visible light transmission based on OOK -NRZ modulation using a single commercially available visible LED and a practical LED driver With a pre-emphasis circuit," *National Fiber Optic Engineers Conference*, pp. 1-3, Mar. 2013.
- [5] 계광현, 손경락, "가시광 LED를 이용한 양방향 무선통신 시스템 연구," *한국마린엔지니어링학회지*, 제34권, 제6호, pp. 852-857, 2010. 09.
- [6] 이성호 "LED 조명등을 이용한 가시광통신 중계기," *한국센서학회지*, 제25권, 제3호, pp. 189-195, 2016. 05.
- [7] P. Cherntanomwong and P. Namonta, "The repeater system for visible light communication," *7th Annual International Conference on Information Technology and Electrical Engineering*, pp. 1-6, Oct. 2015.