

# 가시 광을 이용한 병원 내 데이터보안통신 시스템 연구

김민철\*, 서태원\*\*

\*고려대학교 정보보호학과

\*\*고려대학교 컴퓨터학과

e-mail: betamc@korea.ac.kr, suhtw@korea.ac.kr

## A Study on Secure Data Communication System for Hospital using Visible Light

Minchul Kim\*, and Taeweon Suh\*\*

\*Graduate School of Information Security, Korea University

\*\*Dept of Computer Science and Engineering, Korea University

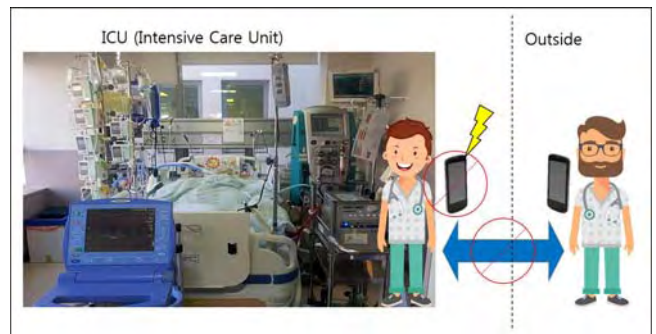
### 요 약

병원에서는 업무를 효율적으로 수행하기 위해 통신장비는 꼭 필요한 장비이다. 하지만 병원 내에서 스마트폰을 비롯한 여러 전자기기의 사용이 제한된 구역이 존재한다. 이는 라디오주파수를 사용하는 디바이스와 전자파를 발산하는 디바이스로 구분되어 함께 통제된다. 이를 위해 본 논문에서는 라디오주파수를 사용하지 않는 가시 광을 이용한 통신방법을 제안하며, 이를 위한 하드웨어를 제시한다. 가시광 통신의 1 kbit/s의 전송속도를 가지는 송신측과 수신측을 디자인했으며 이를 운용하기 위한 보안 인코딩 방식을 제안한다.

### 1. 서론

스마트폰의 발달은 편리한 정보 생활을 가능케 하고 있다. 스마트폰 사용자들은 몇 번의 터치로 전화나 문자 등의 기본적인 기능부터 일정관리와 업무활동, 게임이나 서칭 등의 확장된 기능을 제공한다. 이는 개인 사용자에 국한되어있지 않다. 보다는 큰 센터나 기구에서도 스마트폰이 연락의 통로로 사용되며 병원 또한 예외는 아니다. 일례로 응급실에서 '콜'이라는 용어를 들 수 있다. 예전에는 의사들의 호출에는 삐삐를 사용하였으나, 최근에는 핸드폰으로 연락을 주고받는다. 자연스럽게 호출보다 전화를 넣는다는 '콜'이라는 단어를 쓰고 있다. 그러나 2017년 의료기관 내 중환자실에서 스마트폰을 비롯한 전자기기 사용을 제한하는 법안이 발의[1]되는 등 여전히 병원 내 스마트폰 사용은 논란이 있다. 개인이 소지한 전자기기에 의해 발생하는 전자파가 인공호흡기나 초음파기기와 같이 생명에 즉결된 장치에 오작동을 일으킬 수 있기 때문이다. 이러한 논란은 우리나라뿐 아니라 세계 전반에 걸쳐 가지고 있는 문제이다. 병원에서 의사나 간호사, 스태프들이

업무를 수행하는 데 연락의 통로로 핸드폰의 사용이 필수불가결하여 규제 기준이 불분명하다. Aviv[2]의 연구에 따르면 중환자실에서 무선통신기기 허용에 대해 그 기준선을 말하고 있다. 이렇듯 중환자실과 같은 특수한 구역에서 통신은 규제가 심한 편이다. 반면 Guy[3]의 연구에 따르면 핸드폰을 사용한 협력 근무에 있어 얻게 되는 이득이 핸드폰에 발생하는 전자파로 인해 피해를 입는 것보다 더 많다. 하지만 전자파가 의료 장비에 피해를 주지 않는다는 것을 의미하는 것은 아니다. 의료기기법 제 2조에 따른 의료기기의 전자파안전에 관한 공통기준 규격[4]을 보면 허용기준과 측정방법이 기술되어 있다.



(그림 1) 중환자실 내 통신 규제

이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2019-0-00533, 컴퓨터 프로세서의 구조적 보안 취약점 검증 및 공격 탐지 대응)

우리의 연구는 중환자실과 같은 특수한 환경 내에서 다른 기기에 영향을 미치지 않는 통신 기기를 만드는 것이 목적이다. 우리가 제안하는 디바이스는 법의 규제 하에 있는 라디오주파수를 사용하지 않으며, 사용하는 전자파 또한 의료기기법 내에 해당한다. 이를 대신하여 이용하는 방법은 가시광 통신으로 이 방법은 LED의 다이오드 특성을 이용한다. LED가 빠른 속도로 점멸하는 것을 이용하여 사람의 눈에는 깜빡임이 느껴지지 않는 조명인 동시에, 센서를 이용해 데이터를 수신 받는다.

본 논문에서는 의료기관 내 금지된 주파수 사용을 피하면서도 동시에 정보의 민감성을 고려한 보안까지 제시한다. 가시광 통신을 사용할 수 있는 송신기를 디자인하고, 보안 인코딩을 통해 데이터 통신을 하는 것을 목표로 한다. 2 장에서는 가시광 통신을 이용하여 실내외 통신의 방식과 활용에 대해 기술하였고 3장에서는 송신 측 디자인 방법과 가시광 통신에 접목되는 보안 통신 기법의 특징에 대해 기술하였다. 4장에서는 수신 측으로 데이터 수신율에 대한 평가가 기술되어 있으며 5장에는 결론으로 이루어져 있다.

**2. 관련연구**

**2.1.가시광 통신을 이용한 실내 통신 환경**

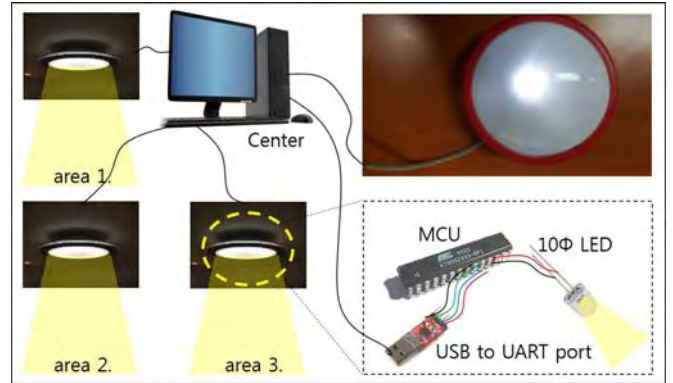
김민철[5]은 박물관에서 실내 통신과 감시시스템을 구축하기 위해 가시광 통신을 이용하였다. 이 연구에서는 스탠다드에서 말한 PHY I을 사용하여 박물관 상황을 디자인 하였다. 바닥의 센서를 이용하여 사람의 모션을 감지한다. 센서값을 통해 작품에 위해를 가하는 행위를 감지하고 센터에 알림을 주는 시스템을 개발하였다. 또한, 가시광 통신으로 작품의 정보까지 수신 받을 수 있게 디자인 하였다.

**2.2.병원에 적용된 가시광 통신 관련 연구**

Wenbo.D[6]는 실내 병원 어플리케이션을 위해 전력선통신과 가시광통신을 이용한 시스템을 디자인 하였다. 모듈레이션 방식으로 직교 주파수 분할(OFDM)을 이용하여 데이터통신을 하였다. 하지만 전력선통신과 가시광통신으로 디자인 하게 되면 시스템을 구축하는데 비용이 많이 필요하다. 우리의 시스템은 이와 비교 하였을 때 구축비용이 저렴하며 보안을 제공한다.

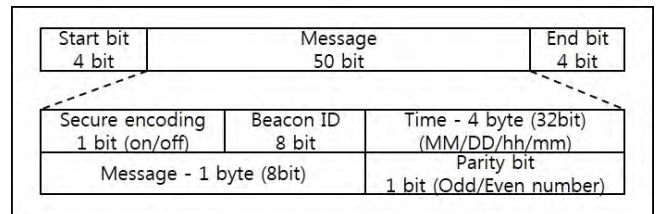
**3. 가시 광 데이터 통신 송신부분**

데이터 통신 송신부분은 (그림 2)와 같이 구성되어 있다. 송신부분은 스타(star)형 구조로 센터에서 데이터를 일괄처리 할 수 있는 구조이며 브로드캐스트 방식으로 데이터를 전송한다. 조명으로 사용된 LED는 10파이 LED를 사용하였고, 마이크로컨트롤러(MCU)는 ATMEGA328P이며 UART통신으로 센터에서 마이크로컨트롤러를 이용하여 데이터를 송신한다.



(그림 2) Star형 통신시스템 토폴로지와 송신기 구조

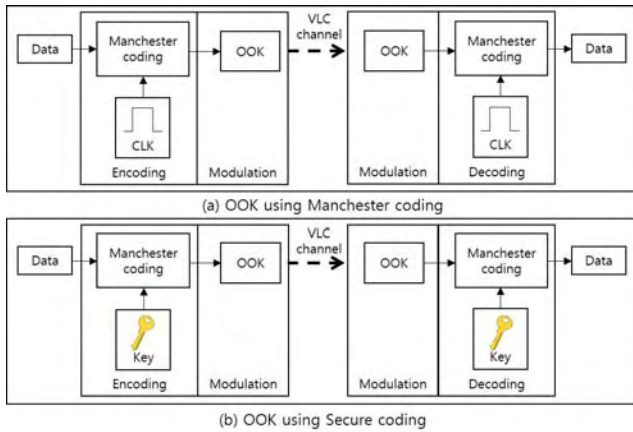
송신 측에서는 데이터를 인코딩 할 때 (그림 3)과 같이 데이터 패킷 정보를 보낸다. 시작을 알리는 스타트 비트 4비트를 이용해 데이터 시작점을 알리며, 메시지의 사이즈는 50비트로 이루어져있다. 종료되는 4비트로 이 비트를 받은 후 수신 측에서는 메시지 수신을 완료한다. 메시지는 보안을 제공할 경우 보안 인코딩을 이용해 암호화한다. (그림 3)의 보안 인코딩은 한 비트로 사용할 때는 ‘1’ 아닐 경우 ‘0’을 보낸다. Beacon ID는 조명의 고유 ID로 어디에서 수신을 받았는지 알 수 있게 디자인 했으며, 언제 수신을 받았는지 시간에 대한 값을 보낸다. 이후 패리티 비트 한 비트로 보낸 메시지가 이상이 없는 지 판단한다.



(그림 3) 데이터 패킷 정보

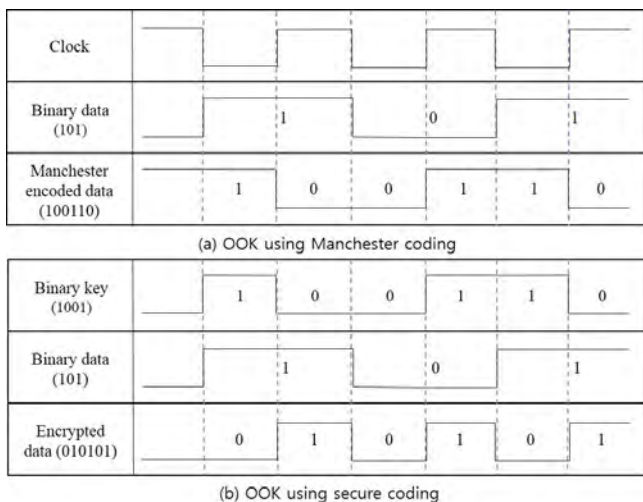
보안 인코딩이 ‘1’일 때 송신 측에서는 데이터를 암호화해서 보내며, 이에 대한 하드웨어 구조는 (그림 4)와 같다. (그림 4)의 (a)는 보안 인코딩이 ‘0’일

때 작동하는 것으로 기존의 가시 광 통신 스탠다드 [7]에 명시된 PHY I의 맨체스터코딩을 이용한 On-off keying (OOK) 방식이다. 맨체스터코딩은 데이터의 전송 속도에 두 배 빠른 클럭과 XOR연산하여 보내는 방식으로, 데이터 '0'일 때 '10', 데이터 '1'일 때 '01'로 보낸다. 이와 같은 방식을 사용할 경우 모든 데이터에 대해 절반의 시간만큼 켜져 있는 것을 의미한다. 이와 같은 원리로 우리가 개발한 방식은 맨체스터코딩과 같은 데이터전송 속도를 제공하지만 추가적으로 보안을 제공한다.



(그림 4) 송신기에서 사용한 맨체스터코딩과 보안코딩

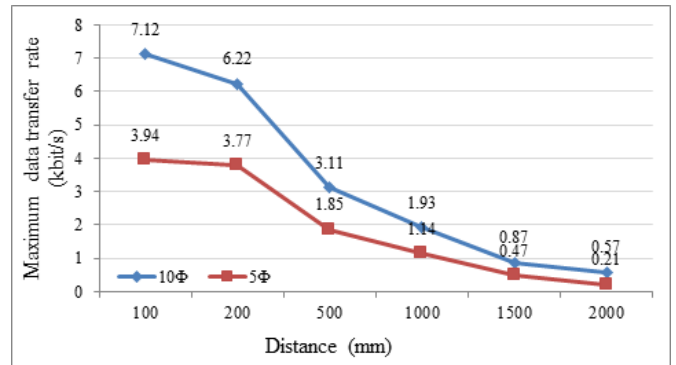
(그림 5)는 (그림 4)의 출력에 대한 데이터출력 파형이다. (그림 5)에서 맨체스터코딩과 보안코딩을 비교해보면, 동일한 데이터 사이즈이며 출력된 속도도 동일한 것을 알 수 있다. 차이점은 맨체스터코딩은 클럭과 XOR연산을 하며, 보안 인코딩은 키와 XOR연산을 한다. 키값은 배부된 수신기의 ID를 이용한 것으로 난수가 저장되어 있고 추후 수정이 가능하다.



(그림 5) 맨체스터코딩과 개발한 보안코딩 비교

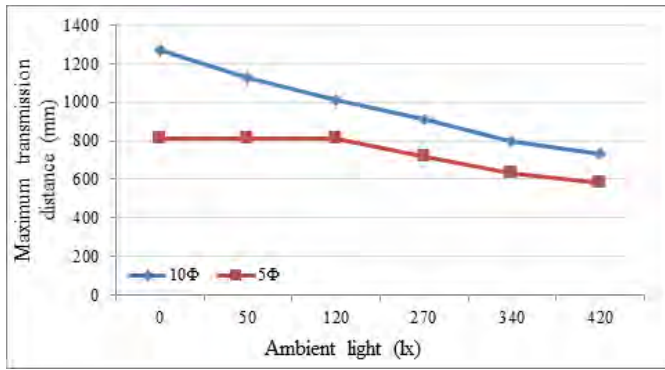
#### 4.데이터통신 수신부분

수신 센서는 LLS05-a를 사용하였고, 마이크로컨트롤러는 송신측과 마찬가지로 ATMEGA328P를 사용하였다. 데이터통신을 위해 송신 측 소스로 사용한 LED는 5파이 LED와 10파이 LED를 사용하였으며, 외부 빛을 조절하기 위해 조도계로 값을 측정하면서 조명기기를 이용하였다. (그림 6)은 거리에 따른 최대 데이터 전송속도에 대한 실험 결과로 10파이 LED의 경우 100 mm 거리에서는 최대 7.12 kbit/s의 전송률을 보였고, 이후 거리가 멀어짐에 따라 최대로 보낼 수 있는 속도가 감소하였다. 사람이 손에 들고 생활할 수 있는 반경은 조명으로부터 대략 1 미터 떨어진 환경이므로 이를 기준으로 삼았으며 대략 1 kbit/s의 전송속도를 가진 디바이스로 설정하였다.



(그림 6) 거리에 따른 최대 데이터 전송 속도

두 번째 실험은 첫 번째 실험의 기준이 되는 1 kbit/s 속도로 데이터 전송하는 환경에서 주변의 빛에 영향을 받는지를 측정하는 실험이다. x축은 주변 빛의 밝기로 0 럭스 환경은 송신기만 조명으로 사용하였을 때를 측정한 것이다. 10파이 LED를 이용해서 데이터통신을 할 때, 최대 전송 가능 거리는 1.3 미터까지 데이터를 전송할 수 있었으며 5파이는 0.8 미터까지 데이터를 전송할 수 있었다. 5파이의 경우 주변의 밝기가 120 럭스까지는 동일한 결과값을 얻을 수 있었다. 그 원인은 5파이 LED가 미치는 범위의 한계로 볼 수 있다. 120럭스 이상의 밝기에서는 주변의 밝기에 따라 리니어하게 감소하였다. 10파이의 경우 주변 빛의 밝기에 따라 0 럭스부터 리니어하게 감소하였다.



(그림 7) 주변 빛에 따른 1 kbit/s의 수신가능 거리

### 5. 결론

의료기관 내 가시광 통신을 이용한 시스템은 기존과 다른 방식의 시스템을 사용하지만, 운영이 쉽고 비용이 저렴하다는 장점이 있다. 또한 빛을 사용한 통신이기 때문에 조명으로 기능을 수행할 수 있다.

개발한 가시광 통신 시스템은 1 kbit/s의 데이터 전송속도를 가지며, 이는 맨체스터코딩과 같은 전송속도를 제공하고 있다. 이에 더해 이 시스템은 추가적인 보안까지 제공하여, 환자의 상태나 의료기관내 직원들이 다루는 민감한 정보를 안전하게 다룰 수 있다. 라디오주파수를 사용하지 않기 때문에 병원뿐 아니라 인구밀집 지역에서 사용할 수 있다는 특이성도 가지고 있다. 이를 바탕으로 가시광 통신을 확장하여 의료기관 외 관공서나 회사, 가정까지 접목할 수 있을 것으로 전망한다.

### 참고문헌

- [1] 박진규, "전자파로 의료장비 오작동 우려" 병원내 스마트폰 사용 제한 추진," in *라포르시안*, 2017. <http://www.raportian.com/news/articleView.htm?idxno=104202>
- [2] A.Gladman and S.Lapinsky, "Wireless technology in the ICU: boon or ban?," vol. 11, no. 5, p. 165, 2007.
- [3] G. Martin, A. Khajuria, S. Arora, D. King, H. Ashrafian, and A. J. J. o. t. A. M. I. A. Darzi, "The impact of mobile technology on teamwork and communication in hospitals: a systematic review," vol. 26, no. 4, pp. 339-355, 2019.
- [4] 의료기기의 전자파안전에 관한 공통기준규격, 식품의약품안전처고시 제2017-45호, 2017.5.24. 제 2조
- [5] M. Kim and T. Suh, "A Low-Cost Surveillance and Information System for Museum Using Visible Light Communication," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 19, no. 4, pp. 1533-1541, 15 Feb.15, 2019.
- [6] W. Ding *et al.*, "A hybrid power line and visible light communication system for indoor hospital applications," vol. 68, pp. 170-178, 2015
- [7] IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks--Part 15.7: Short-Range Wireless Optical Communication Using Visible Light," in *IEEE Std 802.15.7-2011*, vol., no., pp.1-309, 6 Sept. 2011.