

논문 2012-50-6-21

LED 통신 기반 멀티 홉 오디오 데이터 전송네트워크시스템

(LED Communication based Multi-hop Audio Data Transmission Network System)

조 승 완*, 리 데 덩**, 안 병 구***

(Seung Wan Jo, Le The Dung, and Beongku An[©])

요 약

본 논문에서는 LED 통신 기반 멀티 홉 오디오 데이터 전송네트워크 시스템을 제안개발 한다. 제안된 시스템의 주요한 기여도 및 특징은 다음과 같다. 첫째, 본 연구의 기여도는 LED 통신 기반으로 멀티 홉을 경유하여 오디오 데이터를 장거리 전송이 가능한 전송네트워크시스템을 개발하는 것이다. 둘째, 개발된 시스템의 특징은 전송부에서 오디오 데이터는 S/PDIF 포맷으로 인코딩 되어 보통의 LED로 통해 전송된다. 릴레이에서는 디지털 오디오 신호를 포토다이오드로 데이터를 수신 받아 에러체크 및 증폭을 하여 수신부로 전송한다. 수신부에서는 포토다이오드로부터 받은 인코딩된 오디오 데이터를 디코딩 및 증폭을 하여 아날로그 오디오 신호로 컨버팅을 한다. 제안된 시스템의 성능평가는 형광등이 켜져 있는 실험실에서 진행되었다. 성능평가 결과 제안된 시스템이 홉 간 거리가 긴 멀티 홉 네트워크 환경에서 고음질의 오디오 신호를 효과적으로 전송할 수 있었다. 반면에 사용된 다양한 LED들의 색깔에 따라서 오디오 데이터의 전송 음질에 차이가 있음을 확인 하였다.

Abstract

In this paper, we propose a LED communication based multi-hop audio data transmission network system. The main contribution and features of the proposed system are as follows. First, the contribution of this research is to develop the LED communication based multi-hop transmission network system which can transmit audio data signal with long distance via multi-hops. Second, the developed system has the following features: In transmitter, audio data is transmitted after encoding with S/PDIF format via a general LED. The relay receives digital audio signal by using photo diode and then transmits the signal to receiver after error checking and amplifying. The receiver receives the encoded audio data via photo diode and then converts to analog audio signal by using decoding and amplifying. The performance evaluation of the proposed system is conducted in the laboratory with fluorescent light source. The results of the performance evaluation confirm that the system can provide high quality audio transmission from transmitter to receiver via multi-hop relays in a long distance while we can see there are differences in the transmitted audio quality according to the used LED colors.

Keywords: LED communication, VLC, Audio transmission, Multi-hop networks

I. 서 론

* 학생회원, *** 평생회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

(Dept. of Computer & information Communication Engineering, Hongik University)

** 학생회원, 홍익대학교 대학원 전자전산공학과
(Dept. of Electronics & Computer Eng., in Graduate School, Hongik University)

※ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2012046780)

© Corresponding Author(E-mail: beongku@hongik.ac.kr)
접수일자 2013년2월15일, 수정완료일 2013년5월15일

최근에 LED(light emitting diode)는 미래의 에너지 절약 조명 소스로서 각광을 받고 있다^[1]. LED는 긴 수명, 작은 크기와 저 전력 소모 등과 같은 특징을 가지고 있다. 따라서 LED는 큰 사이즈의 칼라 디스플레이들^[2], 교통조명 등에 많이 사용되고 있을 뿐만 아니라, 점진적으로 전통적인 조명 시스템들이 LED 조명으로 대체되고 있다. LED의 또 하나의 중요한 응용은 LED를 조명과 신호전송을 위한 소자로서 통신에 함께 사용하기

위한 연구가 최근에 활발하게 진행되고 있다. LED 통신, 즉 가시광 통신 (visible light communication: VLC) 기반 시스템은 기존에 RF(radio frequency) 기술에 의해서 사용되었던 짧은 거리, 실내 무선통신 서비스 등에 효과적으로 적용 가능하다^[3]. 유비쿼터스 기술에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데 주파수 할당 규제가 있는 RF 무선통신에 비해 국제적 규제가 없는 가시광 통신 기술은 보안성 또한 보장되어 미래 첨단 기술로 주목을 받고 있다. 가시광 통신은 380nm에서 780nm의 파장(wavelength)을 갖는다. 이 파장을 주파수로 바꾸면 385 THz에서 789THz에 해당한다. 가청 주파수 대역은 20Hz에서 20,000Hz, Zigbee와 Bluetooth는 2.4 GHz, IEEE 802.15-3C는 60GHz에 해당하므로 가시광 통신의 주파수는 기존의 무선 통신의 주파수와 상당한 차이가 있음을 알 수 있다. 특히, 조명과 동시에 통신을 할 수 있다는 점이 특징이며 장점이라 할 수 있다^[4~7].

현재 무선 네트워크는 RF 기술에 의해서 거의 독점되고 있다. 그러나 가시광 통신 기반 네트워크 송수신 시스템들^[3, 8]은 기존의 RF에 비해서 대역폭, 보안, 에너지 절약 등의 장점을 가지고 있기 때문에 조만간에 가시광 통신 기반 송수신 시스템이 기존의 RF시스템들을 대체할 것으로 내다보고 있다. 본 논문에서는 LED를 이용한 가시광 통신기반 멀티 홉 오디오 전송 네트워크시스템을 설계하고 시스템의 성능을 평가한다.

본 논문은 다음처럼 구성되어 있다. II장에서는 본 연구진들이 그동안 진행해 온 LED 통신에 대한 선행 연구들에 대해 설명한다. III장에서는 본 논문에서 제안된 시스템의 기본개념, 신호포맷, 시스템의 구조 및 동작원리에 대해서 설명하고, IV장에서 제안하는 시스템의 성능평가를 실시한다. 그리고 V장에서는 결론을 내고 논문을 마무리한다.

II. 선행 연구

본 연구진들은 LED 기반 통신에 대하여 지속적인 연구를 진행해 왔다. 그동안 진행된 선행연구들을 요약 정리하면 다음과 같다.

첫 번째 선행연구에서는 LED 통신기반 PC-PC 전송 시스템을 개발하였다^[8]. LED를 이용한 송신부 회로구성 및 PD(photodiode)와 OP-Amp를 이용한 수신부 회로를 구성하였다. 송·수신부 양 끝단에 컴퓨터를 연결한 다음 텍스트 전송프로그램을 이용하여 텍스트를 전

송하였다. 이때 보드 레이트(baud rate), LED 색깔, 전송거리 등 다양한 변화를 주면서 실험을 진행하였다. 실험결과 색깔마다 다른 것을 확인하였다. 그리고 그 특징은 밝은 색의 LED가 빠른 속도의 텍스트 전송에 효율적 이었다. 그리고 어두운 색인 RED의 경우 전송 속도가 성능이 좋지 못했다. 이를 통해 LED의 수신감도는 전송하는 LED의 색깔이 밝을수록 감도가 뛰어나다는 것을 알 수 있었다. 거리에 따른 수신감도 측정에서는 거리가 멀어짐에 따라 수신감도가 떨어지는 것을 알 수 있었다. 따라서 거리가 가까울수록 수신감도가 좋다. 이를 통해 논문에서 설계한 시스템은 속도라는 변수에서는 성능이 좋았으나 거리라는 변수에서는 성능이 좋지 않은 것을 확인하였다. 즉, 첫 번째 선행연구^[8]는 본 연구진이 구현한 첫 번째 LED 통신기반의 한 홉(one hop) 통신 시스템이라는데 그 의미가 있다. 하지만 송수신 거리가 멀어질수록 효율적인 전송이 이루어지지 않았다.

두 번째 선행연구에서는 LED 통신기반 멀티 홉 무선 전송네트워크시스템을 설계 구현하였다^[9]. 설계된 시스템은 LED를 이용한 송신부 회로, PD와 OP-Amp를 이용한 수신부 회로 및 멀티 홉 지원을 위해서 PD, OP-Amp 및 LED로 구성된 릴레이로 시스템이 구성된다. 송·수신부 양 끝단에 컴퓨터를 연결하고, 중간 노드로서 두 개의 릴레이를 송·수신 컴퓨터 사이에 연결한다. 그리고 텍스트 전송프로그램을 이용하여 텍스트를 연속적으로 전송하였다. 이때 보드 레이트, 전송거리 등 다양한 변화를 주면서 실험을 진행하였다. 두 번째 선행연구^[9]는 LED 통신 기반 멀티 홉 텍스트 전송 시스템을 구현 했다는데 그 의미가 있다. 하지만 일정 속도 이상의 보드 레이트와 각 홉사이의 일정거리 이상에서는 전송이 효과적으로 이루어지지 않았다.

III. 제안된 시스템

1. 제안된 시스템의 기본개념

본 논문의 목적은 지금까지 진행된 선행연구들을 바탕으로 하여 멀티 홉으로 오디오 신호를 장거리 전송할 수 있는 LED 통신 기반의 전송네트워크 시스템을 개발하는 것이다. 개발된 시스템의 가장 큰 특징은 LED 빛을 이용하고 멀티 홉을 경유하여 오디오 신호를 장거리 전송 할 수 있다는 것이다. 그림 1은 제안 개발된 시스템의 기본개념 및 특징을 설명하고 있다.

그림 1에서 보여주고 있는 것처럼 제안 개발된 시스



그림 1. 제안된 시스템의 기본 개념
Fig. 1. Basic concepts of the proposed system.

템의 기본 구성도 및 개념은, 먼저 입력 오디오 신호를 디지털로 변환시켜주는 PC, S/PDIF 인코더와 신호 시프트 및 증폭 기능을 가진 전송부(transmitter), 신호의 품질을 개선하고 전송신호의 증폭을 하는 릴레이(relay), 디지털 신호를 아날로그 신호로 바꾸어주는 수신부(receiver)와 마지막단의 스피커(speaker)로 구성되어 있다.

2. 신호포맷

본 논문의 전송 시스템에서 사용된 디지털 오디오 신호의 포맷은 S/PDIF 이다. S/PDIF는 Sony/Philips Digital Interconnect Format을 의미한다. S/PDIF는 광학 또는 전기 케이블을 통해 장치 및 구성 요소 사이의 디지털 오디오 신호를 전송하기 위한 물리 계층 사양의 집합을 포함하는 데이터 링크 계층 프로토콜이다. S/PDIF는 IEC (International Electrotechnical Commission)에 의한 IEC 60958 내에 있는 표준안이다. S/PDIF는 기존 가전제품에서 쓰고 있는 프로토콜 AES/EBU의 조금 변형한 형태이다.

S/PDIF에 있는 디지털 데이터 스트림은 DME(Differential Manchester Encoding)을 사용하여 인코딩한다. 이 인코딩은 위상 변조의 일종인데, BMC(Bi-phase Mark Code)로도 불리고 있다. BMC 인코딩에서는 하나의 데이터 전송 주기 동안 두 개의 제로 크로싱 신호를 논리적 1을 의미하고, 한 개의 제로 크로싱 신호를 논리적 0을 의미한다.

그림 2는 BMC 인코딩 방법의 기본 개념을 설명하고 있다. 클럭 주파수는 원본 데이터 주파수의 두 배이다. 원본 데이터의 모든 비트는 두 개의 논리 상태로 표현된다. 입력의 모든 논리적 “1”이 이전 값에 따라 출

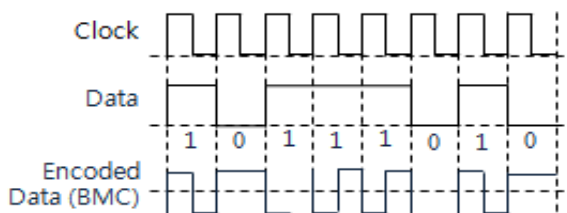


그림 2. BMC in S/PDIF
Fig. 2. S/PDIF에서 사용되는 BMC.

력에 두 개의 서로 다른 비트(10 01)로 표시된다. 마찬가지로, 논리적 “0”을 입력하면 출력에 두 개의 동일한 비트 (00 또는 11)로 표시된다. 많은 “1” 또는 “0”비트가 연속 발생했을 때 비동기 문제가 발생 할 수 있다. BMC는 2비트 데이터 내부에 적어도 하나 이상의 제로 크로싱을 제공하므로 직렬 통신의 비동기 문제를 피할 수 있다.

3. 시스템구조 및 동작원리

그림 3은 본 논문에서 제안 구현한 시스템의 구성도를 보여주고 있다.

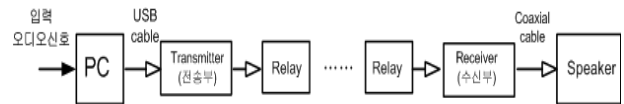


그림 3. LED 통신기반 멀티홉 오디오 데이터 전송 네트워크 시스템 구성도
Fig. 3. The architecture of LED communication based multi-hop audio data transmission network system.

가. 시스템의 전체적인 동작원리

시스템의 전체적인 동작원리는 다음과 같다. 제안된 시스템에서 전송부에 전달되는 오디오 데이터는 PC에서 USB cable을 통해 디지털 신호로 나온다. 전달된 오디오 데이터는 S/PDIF 포맷으로 인코딩 되고 시프팅, 증폭을 거쳐 LED을 통해 릴레이(relay)로 전달된다. 릴레이는 PD(photodiode)로 데이터를 받아 에러체크 및 증폭을 하여 LED를 통하여 수신부(receiver)로 전달한다. 수신부에서는 PD를 통해 릴레이에서 보낸 데이터를 받아 DC 시프팅된 데이터를 제거, 증폭, 디코딩을 거쳐 원래의 디지털 오디오 데이터로 된다. 마지막으로 디지털 오디오 데이터를 아날로그 오디오 데이터로 변환해주어 스피커로 데이터를 보낸다. 아래에서 시스템의 세부 블록별 동작원리를 각 자세히 설명한다.

나. 시스템의 세부 블록별 동작원리

그림 4는 전송부의 시스템 구성도를 보여주고 있다. 전송부의 주요기능은 입력받은 디지털 오디오 신호를 릴레이로 전달하는 것이다. PC에서 나오는 디지털 오디오 데이터는 S/PDIF 디지털 신호로 변조 되고 DC 컨포팅에 의해 적절하게 시프팅 업이 된다. 이는 LED 소자가 바이폴라 칩이기 때문이다. 모든 과정을 거친 오디오 데이터는 마지막으로 증폭되어 LED로 전달되

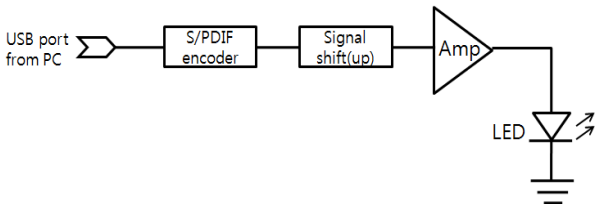


그림 4. 전송부 시스템 구성도
Fig. 4. Transmitter.

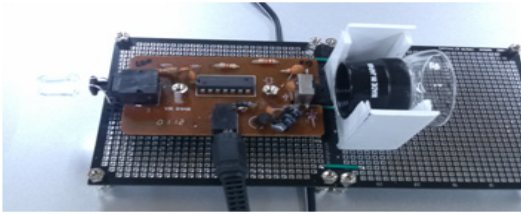
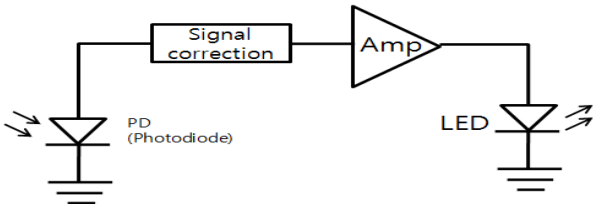


그림 5. 릴레이 시스템 구성도
Fig. 5. Relay.

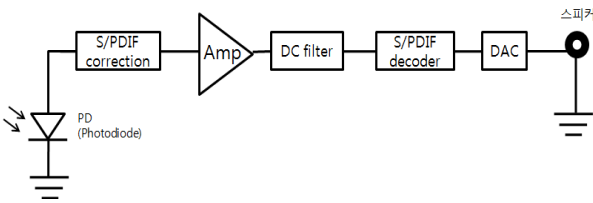


그림 6. 수신부 시스템 구성도
Fig. 6. Receiver.

어 데이터를 릴레이로 전송한다.

그림 5는 릴레이의 시스템 구성도를 보여주고 있다. 릴레이의 주요 기능은 디지털 오디오 신호의 퀄리티 (quality)를 개선하고 가시광선을 이용하여 먼 거리를 전송시에 부족한 파워를 보충하는 것이다. 신호교정

(signal correction) 블록에서는 S/PDIF 디지털 신호를 PD로부터 받아 신호의 퀄리티를 증진시킨다. 그리고 S/PDIF 신호를 증폭시켜 LED로 보내 LED에서 수신부로 전송한다.

그림 6은 수신부의 시스템 구성도를 보여주고 있다. 수신부의 주요기능은 전송받은 디지털신호를 아날로그 신호로 컨버팅 시키는 것이다. S/PDIF 교정 및 앰프 (amp) 부분은 릴레이에 있는 기능과 같다. 전송된 신호는 바이폴라소자인 LED에 의해 마이너스 부분의 신호가 잘리는 것을 방지하기위해 DC 컨포팅에 의해 시프팅업이 되어 있다. 수신부에서는 DC 필터에서 원래의 S/PDIF신호로 만든다. 그리고 S/PDIF 신호를 디코딩하여 아날로그 오디오 신호 컨버팅 시키기 위해 DAC로 보내진다.

III. 성능평가

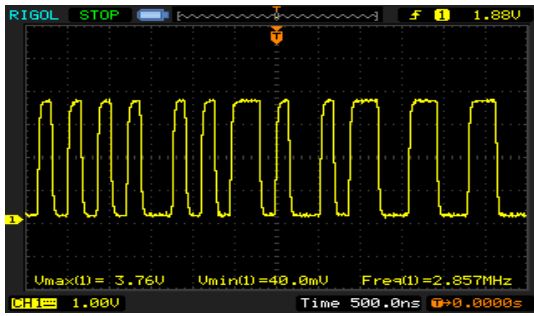
본 논문에서 제안한 LED 통신 기반 멀티 홉 오디오 데이터 전송네트워크 시스템은 보통의 형광등이 비추는 실험실에서 성능평가를 수행 하였다.

그림 7은 본 논문에서 제안한 시스템의 성능평가 환경을 보여주고 있다. 각각의 모듈들 사이의 거리는 약 2 미터(two meter)로 하고 릴레이를 증가시키면서 실험을 진행 하였다.

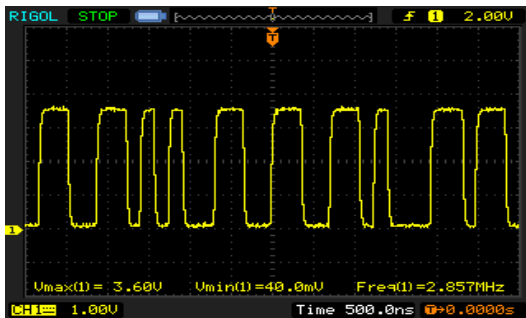
그림 8(a), 그림 8(b), 그림 8(c)는 오실로스코프로 측정한 S/PDIF 디지털 오디오 신호를 전송부 (transmitter), 릴레이(relay), 수신부(receiver)에서 보여주고 있다. 그림 8(a), 그림 8(b), 그림 8(c)에서 보여주고 있는 것처럼, 모든 디지털 오디오 신호들은 같은 형



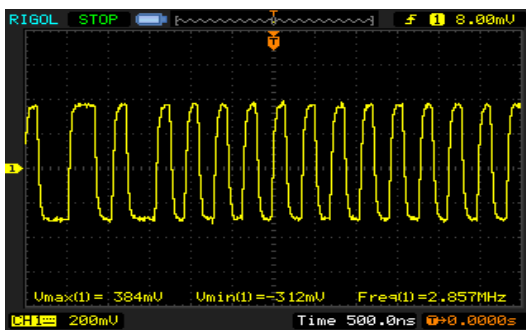
그림 7. 성능평가 환경
Fig. 7. Environments for performance evaluation.



(a)Transmitter



(b)Relay



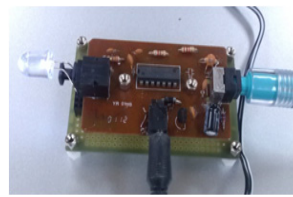
(c) Receiver

그림 8. 오실로스코프로 측정한 S/PDIF 디지털 오디오 신호

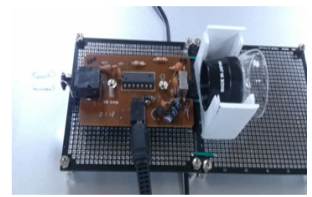
Fig. 8. S/PDIF digital audio data signal observed on oscilloscope at (a)transmitter,(b)relay, (c)receiver.

태들은 유지하고 있으며, 그들의 주파수는 일정하게 유지되고 있음을 알 수 있다. 이러한 이유는 각 모듈에서 수신된 신호들은 전송하기 전에 각 모듈(특히, 릴레이)에서 향상되어지기 때문이다. 또한 이들 그림에서 보여주고 있는 것처럼, S/PDIF 디지털 오디오 신호들은 LED에 의한 클리핑(clipping) 문제를 해결하기 위해서 DC 값을 첨가함에 의해서 위상 변화(shift)가 있음을 알 수 있다. 수신부에서 디지털 오디오 신호의 DC 값들은 아날로그 오디오 신호로 바뀌기 전에 제거(filter out) 되어 진다.

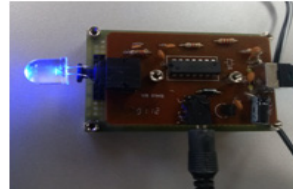
그림 9는 LED 색깔 변화에 따른 신호의 왜곡정도를 측정하기 위한 시스템 구성도에서 전송부와 릴레이를



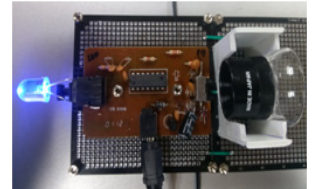
(a)



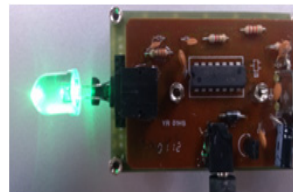
(b)



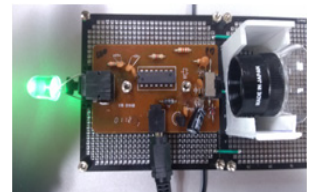
(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

그림 9. LED색깔별 전송부, 릴레이

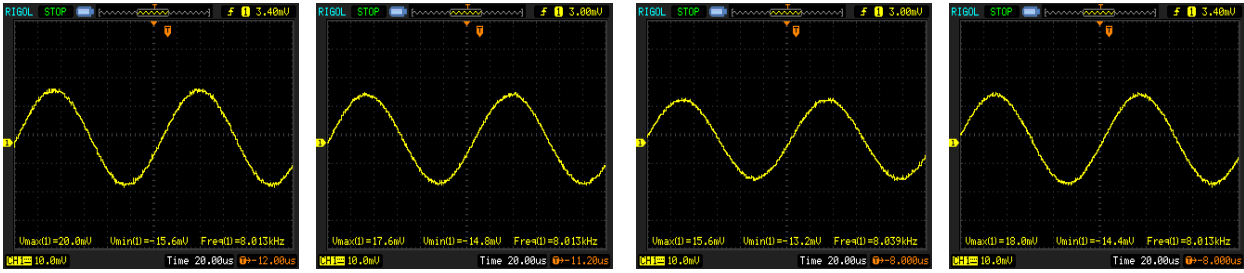
(a)흰색 전송부, (b)흰색 릴레이, (c)파란색 전송부, (d)파란색 릴레이, (e)초록색 전송부, (f)초록색 릴레이, (g)오렌지색 전송부, (h)오렌지색 릴레이

Fig. 9. Transmitter and relay according to LED color.

(a)White transmitter, (b)White relay, (c)Blue transmitter, (d)Blue relay, (e)Green transmitter, (f)Green relay, (g)Orange transmitter, (h)Orange relay

보여주고 있다. 이를 위해 본 연구에서는 샘플 소리를 사용하였다. 샘플 소리는 사인파형을 가지는 8KHz, 12.5KHz, 16KHz를 사용 하였다. 실험은 고정된 거리에서 LED 색(흰색, 오렌지색, 파란색, 초록색)을 변화 해가며 전송부와 수신부에서 아날로그 오디오 신호를 측정하여 비교하였다.

그림 10, 그림 11, 그림 12는 전송부 및 릴레이에서 사용한 LED의 색깔과 전송된 디지털 오디오 신호의 주파수의 변화에 따른 전송 결과를 보여주고 있다. 그림 10, 그림 11, 그림 12에서 보여주고 있는 것처럼 전송부 및 릴레이에서 사용한 LED의 색깔 중에서 오렌



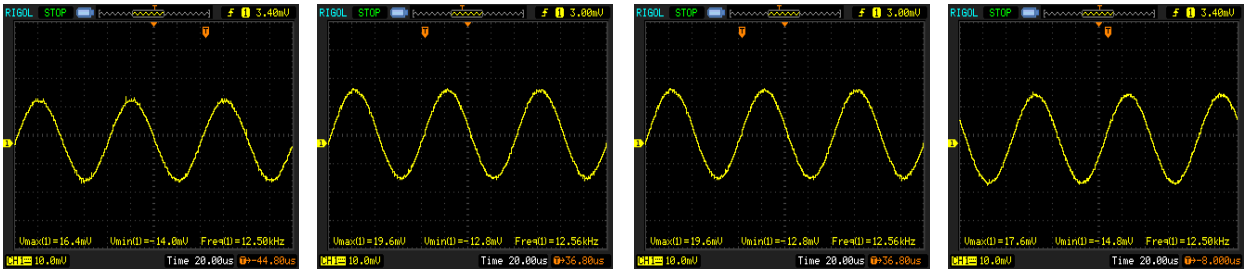
(a)전송부 (b)수신부 (c)수신부 (d)수신부

그림 10. 8KHz 디지털 오디오 신호

- (a)전송부에서 전송한 오디오 신호(샘플 신호) (b)수신부에서 수신한 오디오 신호: 흰색 LED
- (c)수신부에서 수신한 오디오신호: 파란색 LED (d)수신부에서 수신한 오디오 신호: 초록색 LED

Fig. 10. Digital audio signal with 8KHz.

- (a)Transmission audio signal at transmitter (Sample signal) (b)Received audio signal at receiver: White LED
- (c)Received audio signal at receiver: Blue LED (d)Received audio signal at receiver: Green LED.



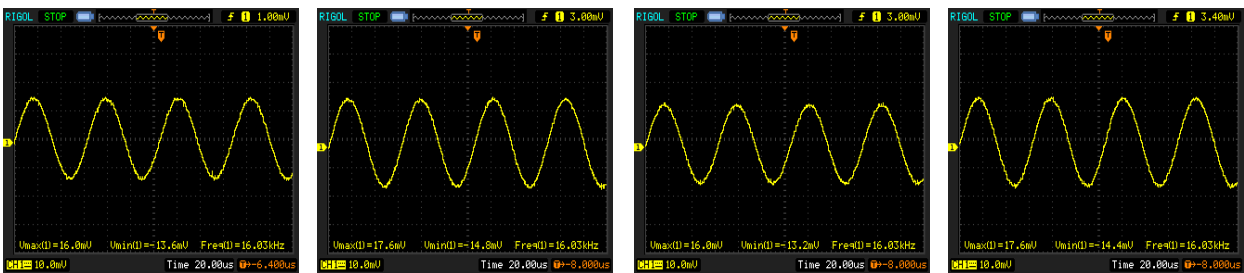
(a)전송부 (b)수신부 (c)수신부 (d)수신부

그림 11. 12.5KHz 디지털 오디오 신호

- (a)전송부에서 전송한 오디오 신호(샘플 신호) (b)수신부에서 수신한 오디오 신호: 흰색 LED
- (c)수신부에서 수신한 오디오신호: 파란색 LED (d)수신부에서 수신한 오디오 신호: 초록색 LED

Fig. 11. Digital audio signal with 12.5KHz.

- (a)Transmission audio signal at transmitter (Sample signal) (b)Received audio signal at receiver: White LED
- (c)Received audio signal at receiver: Blue LED (d)Received audio signal at receiver: Green LED.



(a)전송부 (b)수신부 (c)전송부 (d)수신부

그림 12. 16KHz 디지털 오디오 신호

- (a)전송부에서 전송한 오디오 신호(샘플 신호) (b)수신부에서 수신한 오디오 신호: 흰색 LED
- (c)수신부에서 수신한 오디오신호: 파란색 LED (d)수신부에서 수신한 오디오 신호: 초록색 LED

Fig. 12. Digital audio signal with 16KHz.

- (a)Transmission audio signal at transmitter (Sample signal) (b)Received audio signal at receiver: White LED
- (c)Received audio signal at receiver: Blue LED (d)Received audio signal at receiver: Green LED.

지색을 제외한 나머지 색은 사용된 모든 주파수에서 음질 저하 없이 깨끗하게 전송 되고 있음을 알 수 있다. 오렌지색은 다른 색에 비해서 빛의 밝기가 현저히 떨어

졌다. 이는 디지털 오디오 신호의 전압이 오렌지색 LED의 정격 전압에 미치지 못하기 때문이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 LED 통신 기반 멀티 홉 오디오 데이터 전송 네트워크시스템을 제안 설계한다. 전송부와 수신부 사이에 멀티 홉 릴레이들을 두어 장거리 전송이 가능하다는 것을 보였다. 성능평가 결과에서 보면, 충분한 LED 빛의 밝기만 보장 된다면 각각의 전송 모듈들에 전송되는 신호의 왜곡이 없이 깨끗하게 장거리 전송이 이루어짐을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 제안한 LED 통신 기반 멀티 홉 오디오 데이터 전송 네트워크 시스템은 각각의 전송 모듈 별로 높은 음질의 전송이 보장되고 충분한 밝기의 LED를 사용하면 LED 색의 변화를 민감하지 않고, 먼 거리도 멀티 홉을 경유하여 전송이 가능하므로, 이를 이용한 에너지 절약이 가능한 무공해 친환경 통신네트워크 구성에 효과적으로 응용 적용될 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] Wang Rui, Duan Jing-yuan, Shi An-cun, Wang Yong-jie, Liu Yu-liang, "Indoor Optical Wireless Communication System Utilizing White LED Lights," Proc. of APCC 2009, October 2009.
- [2] Deng Chunjian, Liu Wei, Zou Kun, Yang Liang, "A solution of LED Large Screen Display Based on Wireless Communicatio," Proc. of 2010 Asia-Pacific Conference on Wearable Computing Systems, April 2010.
- [3] T.D.C. Little, Senior Member, IEEE, P. Dib, K. Shah, N. Barraford, and B. Gallagher, "Using LED Lighting for Ubiquitous Indoor Wireless Networking," Proc. of IEEE International Conference on Wireless & Mobile Computing, Networking & Communication 2008, October 2008.
- [4] Toshihiko Komine and Masao Nakagawa, "A study of shadowing on indoor visible-light wireless communication utilizing plural white LED lightings," Proc. of ISWCS 2004, pp.36-40, 2004.
- [5] Toshihiko Komine, Masao Nakagawa, "Fundamental Analysis for Visible-Light Communication System using LED Lights," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 50, No. 1, February 2004, pp.100-107.
- [6] Toshihiko Komine and Masao Nakagawa, "Performance evaluation of visible-light wireless communication system using white LED

- lightings," Proc. of ISCC 2004, pp.258-263, 2004.
- [7] Komiyama, T.; Kobayashi, K.; Watanabe, K.; Ohkubo, T.; Kurihara, Y. "Study of visible light communication system using RGB LED lights," Proc. of SICE 2011, pp.1926-1928, 2011.
- [8] 심규성, 리데녕, 안병구, 박인정, "LED 통신기반 PC-PC 전송시스템," 한국인터넷방송통신학회 논문지, 제12권, 1호, pp. 181-187, 2012년 2월.
- [9] 조승완, 리데녕, 안병구, "LED 통신기반 멀티 홉 무선 전송네트워크시스템," 한국인터넷방송통신학회 논문지, 제12권, 4호, pp. 37-42, 2012년 8월.

저 자 소 개



조 승 완(학생회원)
2011년~현재 홍익대학교
컴퓨터정보통신공학과
재학
<주관심분야 : Wireless
Network, VLC>



리 데 덩(학생회원)
2008년 10월 Ho Chi Minh
City - University of
Technology (BS)
2012년 8월 홍익대학교 대학원
전자전산공학과 (MS)
2012년 현재 홍익대학교
대학원 전자전산공학
과 박사과정 재학.

<주관심분야 : Mobile Ad-hoc Networks,
Multicast Routings, Cooperative
Communications, Network Coding>



안 병 구(평생회원)
1988년 경북대학교 전자공학과 (BS)
1996년 (미)Polytechnic University,
Dept. of Computer and
Electrical Eng.,USA (MS).
2002년 (미)New Jersey Institute of
Technology(NJIT), Dept.
of Computer and Electrical
Eng., USA. (Ph.D)

1989년~1994년 포항산업과학기술연구원(RIST),
선임연구원

2003년~현재 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과
교수

2012년 대한전자공학회 컴퓨터소사이어티 회장
<주관심분야 : Wireless Networks, Ad-hoc &
Sensor Networks, Multicast Routing, QoS Routing,
Cross-Layer Technology, Cooperative
Communication, Network Coding, Bioinformatics,
Content-Centric networks, LED Communication,
Network Security>