

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2014.14.3.21>

JIBC 2014-3-4

VLC 기반 멀티 홉 멀티미디어 데이터 전송 네트워크 시스템

Visible Light Communication based Multi-hop Multimedia Data Transmission Networks System

박인철*, 신정진**, 박주영***, 리데영****, 안병구*****

In-Chul Park*, Jung-Jin Shin**, Joo-Young Park***, Le The Dung****,
Beongku An*****

요약 본 논문에서는 VLC를 이용한 멀티 홉 멀티미디어 데이터 전송 시스템을 제안개발 한다. 제안된 시스템의 주요한 기여도 및 특징은 다음과 같다. 첫째, 본 연구의 기여도는 LED 통신 기반으로 멀티 홉 기술을 사용하여 멀티미디어 데이터를 장거리 전송이 가능한 전송네트워크 시스템을 개발하는 것이다. 둘째, 개발된 시스템은 다음과 같은 주요한 특징이 있다. 전송부에서 오디오 데이터와 비디오 데이터를 두 개의 채널을 통하여 멀티 홉을 경유하여 전송된다. 오디오 채널의 릴레이에서는 전송된 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 하여 스피커를 통해 오디오 데이터를 출력한다. 비디오 채널의 릴레이에서는 전송된 신호를 포토다이오드로 데이터를 수신 받아 OP-AMP로 신호를 증폭하여 LED를 통하여 수신부로 신호를 전송한다. 수신부에서는 포토다이오드로부터 받은 비디오 데이터 신호를 OP-AMP로 증폭을 하여 모니터를 통해서 비디오 데이터를 출력한다. 제안된 시스템의 성능평가는 형광등이 켜져 있는 실험실에서 진행되었다. 성능평가 결과 제안된 시스템은 멀티미디어 데이터를 멀티 홉 네트워크를 경유하여 효과적으로 전송할 수 있음을 보여 주었다. 반면에 사용된 색깔에 따라서 전송된 멀티미디어 성능에 약간의 차이가 있음을 알 수 있었다.

Abstract In this paper, we propose VLC(visible light communication) based multi-hop multimedia data transmission system. The main contributions 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 multimedia data(audio data, video data) with long distance. Second, the developed system has the following features: In transmitter, audio data and video data are transmitted via multi-hops using two channels. The relay in audio channel 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 relay in video channel receives video signal by using photo diode and then amplify the video signal using OP-AMP and then transmits the signal to receiver. The receiver amplifies the received signal from photo diode and then sends it to the monitor. 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 multimedia data transmission from transmitter to receiver via multi-hop relays in a long distance while we can see there are differences in the transmitted multimedia(audio and video) quality according to the used LED colors.

Key Words : VLC, LED Communication, Multimedia transmission, Audio and Video, Multi-hop networks

*준회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

**준회원, 홍익대학교 컴퓨터공학과

***준회원, 세종대학교 컴퓨터공학과

****준회원, 홍익대학교 대학원 전자전산공학과

*****중신회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과

접수일자 2014년 4월 4일, 수정완료 2014년 5월 5일

게재확정일자 2014년 6월 13일

Received: 4 April, 2014 / Revised: 5 May, 2014

Accepted: 13 June, 2014

***** Corresponding Author: beongku@hongik.ac.kr

Dept. of Computer & Information Communications Engineering,
Hongik University

I. 서론

오늘날 LED(light emitting diode)는 차세대 친환경 에너지 절약 조명과 무선 통신으로 세계에서 주목받고 있다^[1-7]. LED 조명은 기존 조명인 형광등과 백열등에 비해 광원효율이 좋다. 응답시간이 빠르고 5만 시간이상의 긴 수명을 가지고 있다. 따라서 LED는 큰 사이즈의 칼라 디스플레이들, 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^[1-7]. 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 385THz에서 789THz에 해당한다. 가청 주파수 대역은 20Hz에서 20,000Hz, Zigbee와 Bluetooth는 2.4GHz, IEEE 802.15-3C는 60GHz에 해당하므로 가시광 통신의주파수는 기존의 무선 통신의 주파수와 상당한 차이가 있음을 알 수 있다. 특히, 조명과 동시에 통신을 할 수 있다는 점이 특징이며 장점이라 할 수 있다^[1-7].

현재 무선 네트워크는 RF 기술에 의해서 거의 독점되고 있다. 그러나 가시광 통신 기반 네트워크 송수신 시스템들^[3,9-11]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 멀티미디어 전송 네트워크 시스템을 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 및 시스템의 구조 및 동작원리에 대해서 설명하고, IV장에서 제안하는 시스템의 성능평가를 실시한다. 그리고 V장에서는 결론을 내고 논문을 마무리

한다.

II. 선행 연구

본 연구진들은 LED 기반 통신에 대하여 지속적인 연구를 진행해 왔다. 그동안 진행된 선행연구들은 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 전송하였다. 이때 보드 레이트(baud rate), LED 색깔, 전송거리 등 다양한 변화를 주면서 실험을 진행하였다. 실험결과 색깔마다 다른 결과가 도출된다는 것을 확인하였다. 그리고 그 특징은 밝은 색의 LED가 빠른 속도의 텍스트 전송에 효율적 이었다. 그리고 어두운 색인 빨간색(RED)의 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(single 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 전송시스템을 구현 했다는데 그 의미가 있다. 하지만 일정속도 이상의 보드 레이트와 각 홉사이가 일정거리 이상에서는 전송이 효과적으로 이

루어지지 않았다.

세 번째 선행연구^[10,11]에서는 LED 통신기반 멀티홉 오디오 데이터 전송네트워크시스템을 설계 구현하였다. 제안 개발된 시스템의 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. 이 때 LED 색깔 변화에 따른 신호의 왜곡정도를 측정 하였다. LED 색깔의 종류로 흰색, 파란색, 초록색, 오렌지색을 사용 하였으며 그 결과는 오렌지색을 제외한 나머지 색은 사용된 모든 주파수에서 음질 저하 없이 깨끗하게 전송 되고 있음을 알 수 있다. 오렌지색은 다른 색에 비해서 빛의 밝기가 현저히 떨어졌다. 이는 디지털 오디오 신호의 전압이 오렌지색 LED의 정격 전압에 미치지 못하기 때문이다.

III. 제안된 시스템

1. VLC 기반 멀티홉 멀티미디어 데이터 전송 네트워크 시스템

가. 제안된 시스템의 기본개념

본 논문의 목적은 지금까지 진행된 선행연구들을 바탕으로 하여 멀티미디어 데이터를 장거리 전송할 수 있는 VLC(LED 통신) 기반의 전송네트워크 시스템을 개발하는 것이다. 개발된 시스템의 가장 큰 특징은 LED 빛을 이용하고 멀티 홉을 경유하여 오디오 신호의 채널과 비디오 신호의 채널로 나누어 각각 멀티 홉을 경유하여 멀티미디어 데이터를 장거리 전송 할 수 있다는 것이다. 그림 1은 본 논문에서 제안 구현한 시스템의 구성도를 보여 주고 있다.

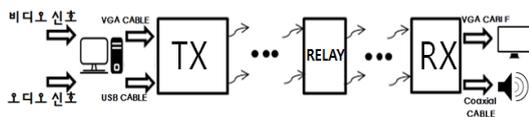


그림 1. VLC 기반 멀티홉 멀티미디어 데이터 전송 네트워크 시스템 구성도

Fig. 1. Architecture of VLC based multi-hop multimedia data transmission networks system

그림 1에서 보여주고 있는 것처럼 제안 개발된 시스템의 기본 구성도 및 개념은 한 대의 PC에서 나오는 비디오와 오디오 신호를 두 개의 채널을 사용해 비디오 신호는 모니터, 오디오 신호는 스피커를 사용해 출력한다. 오디오 채널은 입력 오디오 신호를 디지털로 변환시켜주는 PC, S/PDIF 인코더와 신호 시프트 및 증폭 기능을 가진 전송부(transmitter), 신호의 품질을 개선하고 전송신호를 증폭 하는 릴레이(relay), 디지털 신호를 아날로그 신호로 바꾸어주는 수신부(receiver)와 마지막단의 스피커(speaker)로 구성되어 있다. 비디오 채널은 VGA를 통하여 나온 비디오 신호를 BNC coaxial으로 변환해 구성한 회로에 신호를 입력하며 비디오 신호를 증폭하는 기능을 가진 전송부, 비디오 전송신호를 증폭하여 수신부에 신호를 전송하는 릴레이, 전송된 비디오 신호를 증폭하고 비디오 신호를 VGA로 변환해주는 수신부, 마지막단의 모니터(monitor)로 구성되어 있다.

나. 시스템구조 및 동작원리

그림 1에서 보여주고 있는 제안 구현한 시스템의 전체적인 동작원리는 다음과 같다. 한 대의 PC에서 오디오, 비디오신호를 각각의 VLC 채널을 통해 멀티미디어 데이터를 전송하며 오디오 채널의 경우 전송부에 전달되는 아날로그 오디오 신호를 PC의 USB Cable을 통하여 디지털 신호로 나온다. 변환된 오디오 디지털 신호는 S/PDIF 포맷으로 인코딩되고 시프팅과 증폭을 거쳐서 LED를 통해 릴레이(로 전달된다. 릴레이는 PD(photodiode)를 통해 오디오 데이터를 받고 에러체크와 신호 증폭을 하여 LED를 통해 수신부로 오디오데이터를 전달한다. 수신부에서는 PD를 통해 데이터를 받아 DC 시프팅된 데이터를 제거 및 증폭 한 후 디코딩을 통해 원래의 디지털 오디오신호로 변환되고 디지털 오디오 데이터를 아날로그 오디오 데이터로 변환해 스피커로 데이터를 출력한다.

비디오 채널의 경우 전송부에 전달되는 아날로그 비디오 신호가 구성된 회로를 통해 증폭이 되고 LED를 통하여 릴레이로 비디오 데이터가 전달된다. 릴레이는 PD를 통해 비디오 데이터를 받고 증폭하여 LED를 통하여 수신부에 비디오 데이터를 전송한다. 수신부는 PD를 통하여 받은 비디오 데이터를 증폭하여 데이터를 모니터로 출력을 한다.

다. 시스템의 세부 블록별 동작원리

그림2는 멀티미디어 데이터 중 오디오 채널 전송부를, 그림 3은 비디오 채널 전송부의 시스템 구성도를 각각 보여주고 있다. 오디오 전송부의 주요기능은 입력받은 디지털 오디오 신호를 릴레이로 전달하는 것이다(그림2). 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 전달되어 데이터를 릴레이로 전송한다.

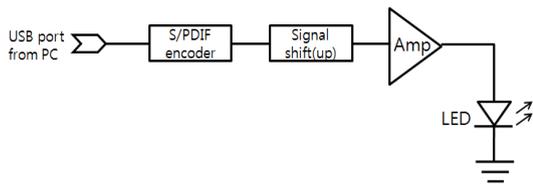


그림 2. 오디오 채널 전송부 시스템 구성도
Fig. 2. System structure of audio channel transmitter

비디오 전송부의 주요기능은 입력받은 아날로그 비디오 신호를 릴레이로 전달하는 것이다(그림3). PC에서 나오는 VGA 아날로그 신호를 BNC 아날로그 신호로 변환을 하고 구성된 비디오 전송 회로에 신호를 입력하면 신호가 OP-AMP를 통해 증폭되어 LED로 전달되며 데이터를 릴레이로 전송한다.

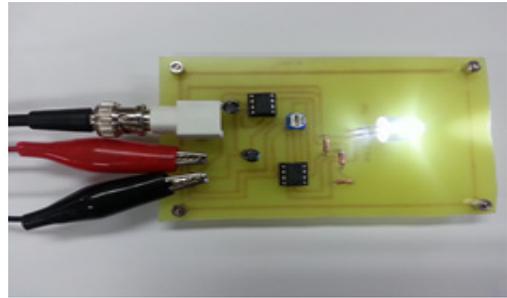
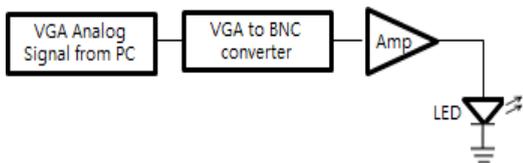


그림 3. 비디오 채널 전송부 시스템 구성도
Fig. 3. System structure of video channel transmitter

그림 4는 오디오 채널 릴레이, 그림 5는 비디오 채널 릴레이의 시스템 구성도를 각각 보여주고 있다. 오디오 채널 릴레이의 주요 기능은 디지털 오디오 신호의 퀄리티(quality)를 개선하고 가시광선을 이용하여 먼 거리를 전송시에 부족한 파워를 보충하는 것이다(그림4). 신호교정(signal correction) 블록에서는 S/PDIF 디지털 신호를 PD로부터 받아 신호의 퀄리티를 증진시킨다. 그리고 S/PDIF 신호를 증폭 시켜 LED로 보내 LED에서 오디오 채널 수신부로 전송한다.

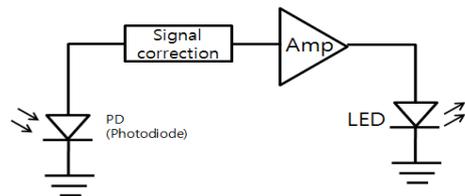


그림 4. 오디오 채널 릴레이 시스템 구성도
Fig. 4. System structure of audio channel relay

비디오 채널 릴레이의 주요 기능은 전송부가 LED를 통해 전송한 아날로그 비디오 신호를 PD를 통해 입력받고 신호를 증폭시켜 LED로 보내 LED에서 비디오 채널 수신부로 전송한다(그림5).

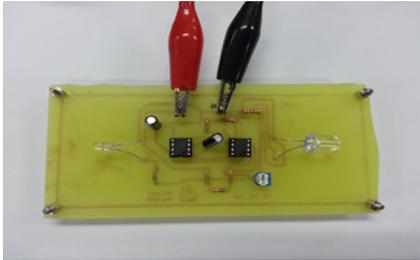
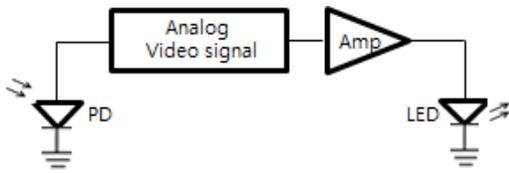


그림 5. 비디오 채널 릴레이 시스템 구성도
 Fig. 5. System structure of video channel relay

그림 6은 오디오 채널 수신부를, 그림 7은 비디오 채널 수신부의 시스템 구성도 각각 보여주고 있다. 오디오 채널 수신부의 주요기능은 전송받은 디지털신호를 아날로그 신호로 컨버팅 시키는 것이다(그림6). S/PDIF 교정 및 앰프 부분은 릴레이에 있는 기능과 같다. 전송된 신호는 바이폴라소자인 LED에 의해 마이너스 부분의 신호가 잘리는 것을 방지하기 위해 DC 컨포팅에 의해 시프팅업이 되어 있다. 수신부에서는 DC 필터에서 원래의 S/PDIF신호로 만든다. 그리고 S/PDIF 신호를 디코딩을 하여 아날로그 오디오 신호 컨버팅 시키기 위해 DAC로 보내진다.

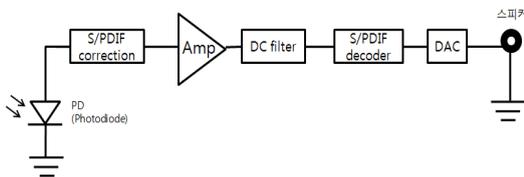


그림 6. 오디오 채널 수신부 시스템 구성도
 Fig. 6. System structure of audio channel receiver

비디오 채널 수신부의 주요기능은 전송받은 아날로그 비디오 신호를 증폭하며 모니터로 출력하기 위해 BNC 신호에서 VGA로 신호로 변환 하여 모니터로 아날로그 비디오 데이터를 전송한다(그림7).

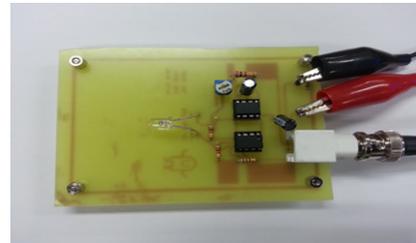
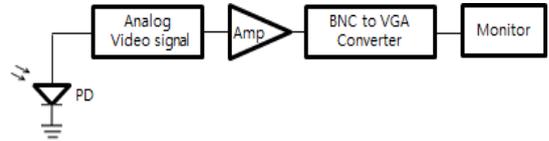


그림 7. 비디오 채널 수신부 시스템 구성도
 Fig. 7. System structure of video channel receiver

2. 양방향 멀티 홉 멀티미디어 전송 네트워크 시스템

그림 8은 VLC 기반 양방향 멀티 홉 멀티미디어 데이터 전송 네트워크 시스템 구성도를 보여주고 있다.

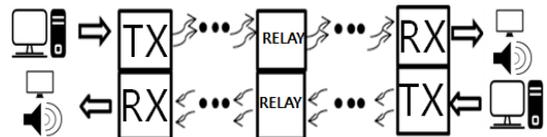


그림 8. VLC 기반 양방향 멀티 홉 멀티미디어 데이터 전송 네트워크 시스템 구성도
 Fig. 8. Architecture of VLC based two way multi-hop multimedia data transmission networks system

가. 시스템의 전체적인 동작원리

시스템의 전체적인 동작원리는 다음과 같다. PC에서 전송부에 멀티미디어 데이터를 전송하면 전송부는 각 채널에 오디오 데이터(S/PDIF), 비디오 데이터(analog video signal)를 보내게 되고 릴레이는 PD를 통해 신호를 받아 멀티미디어 데이터를 받고 신호를 증폭해 수신부로 전송을 한다. 수신부는 멀티미디어 데이터를 받고 각 출력장치로 오디오, 비디오 신호를 보내어 출력하게 되며, 위와 같은 동작은 동시에 또 다른 PC에서도 동작하게 된

다. 이와 같은 동작은 동시에 이루어지며 PC가 멀티미디어 데이터를 전송할 때 동시에 멀티미디어 데이터를 받게 되어 양방향 통신이 이루어지게 된다.

나. 시스템의 세부 블록별 동작원리

그림 9는 양방향 전송의 양쪽 끝단의 시스템 구성도를 보여주고 있다. 양방향 전송의 끝단에는 멀티미디어 데이터의 전송부와 수신부가 있어 멀티미디어 데이터를 전송하는 것과 수신하는 것을 동시에 하여 양방향 통신이 가능하게 한다. 그림 10은 양방향 전송의 릴레이의 시스템 구성도를 보여주고 있다. 양방향 전송시 멀티미디어 릴레이를 놓아 전송거리 확장을 한다.

그림 9는 양방향 전송의 양쪽 끝단의 시스템 구성도를 보여주고 있다. 양방향 전송의 끝단에는 멀티미디어 데이터의 전송부와 수신부가 있어 멀티미디어 데이터를 전송하는 것과 수신하는 것을 동시에 하여 양방향 통신이 가능하게 한다. 그림 10은 양방향 전송의 릴레이의 시스템 구성도를 보여주고 있다. 양방향 전송시 멀티미디어 릴레이를 놓아 전송거리 확장을 한다.

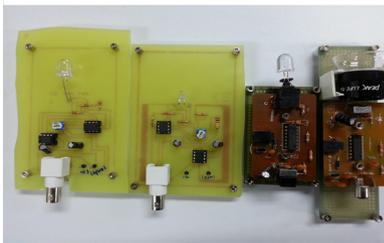
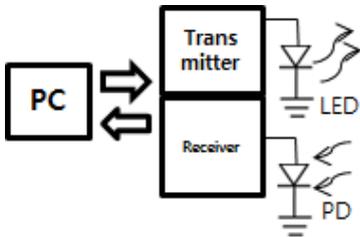


그림 9. 양방향 전송 양쪽 단 시스템 구성도
Fig. 9. End system structure of two way transmission

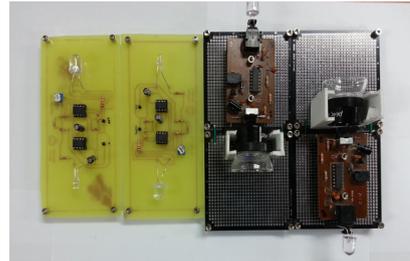
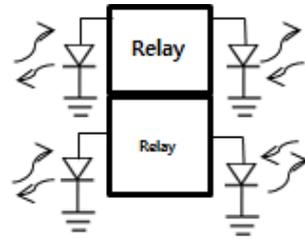


그림 10. 양방향 전송 릴레이 시스템 구성도
Fig. 10. System structure of two way transmission relay

IV. 성능평가

1. VLC (LED 통신) 기반 멀티 홉 멀티미디어 데이터 전송네트워크 시스템

본 논문에서 제안한 VLC(LED 통신) 기반 멀티 홉 멀티미디어 데이터 전송네트워크 시스템은 보통의 형광등이 비추는 실험실에서 성능평가를 수행 하였다. 그림 11은 본 논문에서 제안한 시스템의 성능평가 환경을 보여 주고 있다.

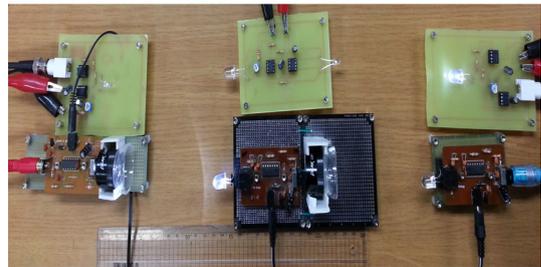


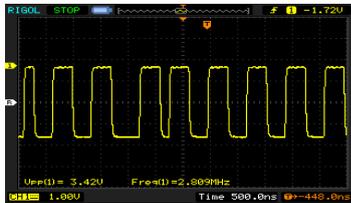
그림 11. 성능평가 환경
Fig. 11. Environments of performance evaluation

그림 11는 단 방향 성능평가 환경이며 각각의 모듈들 사이의 거리는 약 15 센티미터(cm)로 하고 릴레이를 추가해 실험을 진행 하였다.

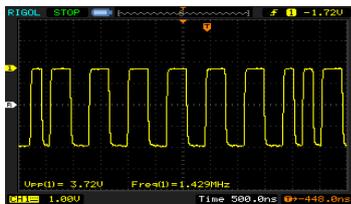
그림 12는 단방향 멀티홉 멀티미디어 데이터 전송중 오디오 채널의 전송부, 릴레이 수신부의 S/PIF 디지털 오디오 신호이다. 실험해본 결과 모든 디지털 오디오 신호는 같은 형태 인 사각파의 형태를 보이고 있으며, 그림 12에서 보이는 것처럼 오디오 채널의 모듈들은 주파수가 일정하게 유지되고 있는 것을 확인 할 수 있었다. 그 이유는 오디오 채널의 각 모듈은 수신된 신호를 전송하기 전에 각 모듈에서 향상을 한 후에 전송하기 때문인 것을 알 수 있었다.

그림 13은 단방향 멀티홉 멀티미디어 데이터 전송 중 비디오 채널의 전송부, 릴레이, 수신부의 아날로그 비디오 신호이다. 실험해본 결과 비디오 채널의 각 모듈을 지날수록 신호들이 왜곡되는 것을 볼 수 있었는데, 그 이유는 아날로그 신호가 각 모듈에서 증폭이 될 때 아날로그 신호의 잡음까지 함께 증폭됨에 따라 나타나는 현상이었다.

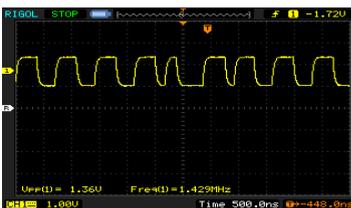
그림 14는 단방향 멀티홉 멀티미디어 데이터 전송 중 비디오 출력 부분을 보여주고 있다.



(a) 전송부 신호

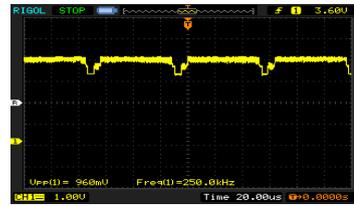


(b) 릴레이 신호

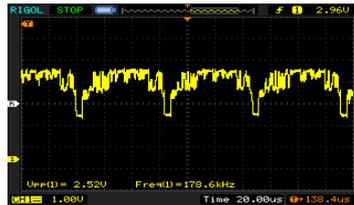


(c) 수신부 신호

그림 12. 오디오 신호
 Fig. 12. Audio signal



(a) 전송부 신호



(b) 릴레이 신호



(c) 수신부 신호

그림 13. 비디오 신호
 Fig. 13. Video signal

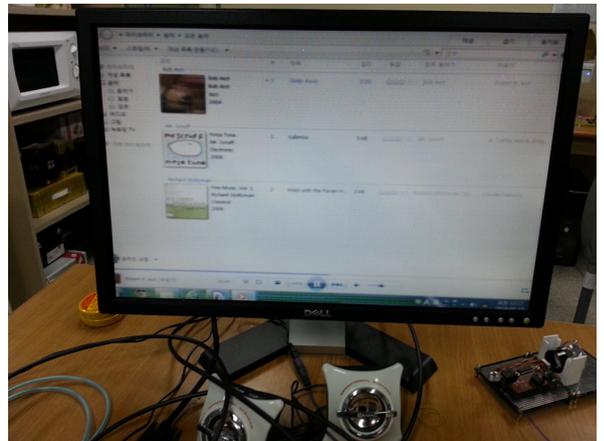


그림 14. 멀티 홉 멀티미디어 데이터 중 비디오 출력 결과
 Fig. 14. Video output results of multi-hop multimedia data

2. VLC (LED 통신) 기반 양방향 멀티 홉 멀티미디어 데이터 전송네트워크 시스템

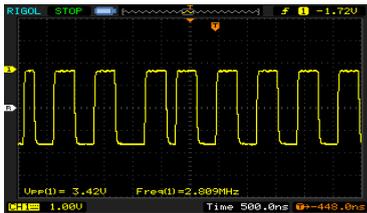
그림 15는 양방향 멀티 홉 멀티미디어 데이터 전송시

시스템의 성능평가환경을 보여준다. 그림 15는 양방향 성능평가 환경이며 각각의 모듈들 사이의 거리는 약 15 센티미터로 하고 릴레이를 추가해 실험을 진행 하였다. 그림 16, 그림 17, 그림 18, 그림 19은 양방향 멀티홉 멀티미디어 데이터 전송부, 릴레이, 수신부의 신호(오디오 신호 및 비디오 신호)를 오실로스코프를 이용해 측정 한 것으로 양방향 통신이기 때문에 정보를 주는 것과 동시에 받는 것이 가능하다.

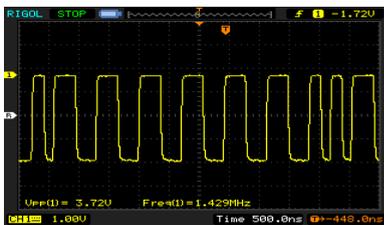


그림 15. 양방향 멀티 홉 멀티미디어 데이터 전송 시스템 성능 평가 환경

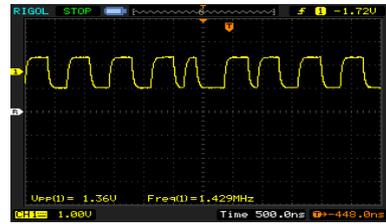
Fig. 15. Environments of performance evaluation for two way multi-hop multimedia data transmission



(a) 전송부 신호



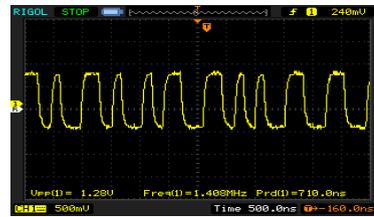
(b) 릴레이 신호



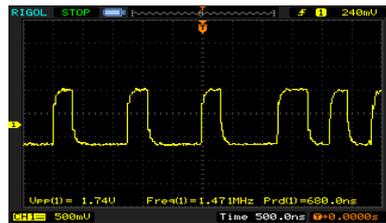
(c) 수신부 신호

그림 16. 오디오 신호(우측방향으로 전송)

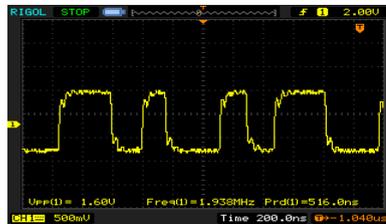
Fig. 16. Audio signal(transmission of right direction)



(a) 전송부 신호



(b) 릴레이 신호



(c) 수신부 신호

그림 17. 오디오 신호(좌측방향으로 전송)

Fig. 17. Audio signal(transmission of left direction)



(a) 전송부 신호

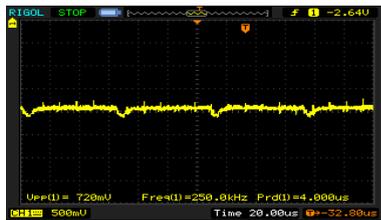


(b) 릴레이 신호



(c) 수신부 신호

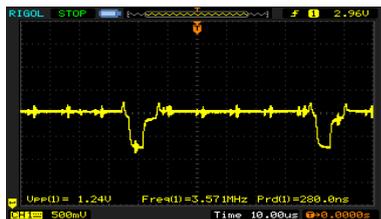
그림 18. 비디오 신호(우측방향으로 전송)
 Fig. 18. Video signal(transmission of right direction)



(a) 전송부 신호



(b) 릴레이 신호



(c) 수신부 신호

그림 19. 비디오 신호(좌측방향으로 전송)
 Fig. 19. Video signal(transmission of left direction)

V. 결론 및 논의

본 논문에서는 VLC (LED 통신) 기반 멀티 홉 멀티미디어 데이터 전송 네트워크 시스템을 제안 설계 하였으며, 이를 양방향 멀티미디어 데이터 전송 네트워크 시스템으로 응용확장 하였다. 멀티미디어 데이터 전송부와 수신부 사이에 멀티 홉을 위한 릴레이들을 두어 장거리 전송이 가능하다는 것을 보였다. 성능평가 결과를 보면, 오디오 채널의 경우 충분한 LED 빛의 밝기만 보장이 되면 신호의 왜곡 없이 깨끗하게 장거리 전송이 이루어짐을 볼 수 있었으며, 비디오 채널의 경우 아날로그 신호를 사용함에 따라 각 모듈을 지날수록 신호가 조금씩 왜곡이 되었다. 따라서 비디오 채널의 경우 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 각 모듈을 통과하여도 신호의 왜곡이 발생하지 않게 해야 하며 이에 대한 연구가 계속 진행 중에 있다. 본 연구에서 제안한 LED 통신 기반 멀티 홉 멀티미디어 데이터 전송 네트워크 시스템은 충분한 밝기의 LED를 사용하면 LED 색의 변화가 민감하지 않고, 멀티 홉을 이용하여 비교적 먼 거리도 전송이 가능하므로, LED를 이용한 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] Kyusung Shim, Le The Dung, Beongku An, In-jung Park, “LED Communication-based PC-PC Transmission System,” JIWT, vol.12, no.1, pp.181-187, February 2012.
- [9] Seungwan Jo, Le-The Dung, Beongku An, “LED Communication-based Multi-hop Wireless Transmission Network System,” JIWT, vol.12, no.4, pp.37-42, August 2012.
- [10] Seung Wan Jo, Le The Dung, and Beongku An, “LED Communication based Multi-hop Audio Data Transmission Network System,” Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea vol. 50, no. 6, June 2013.
- [11] Le The Dung, Seungwan Jo, BeongKu An, “VLC Based Multi-hop Audio Data Transmission System,” Proc. of GPC 2013, LNCS 7861, pp. 880-885, May 2013.

저자 소개

박 인 철(준회원)



- 2011년~현재 : 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 재학
- 주관심분야 : Wireless Network, VLC, Zigbee Protocol

신 정 진(준회원)



- 2011년~현재 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 재학
- 주관심분야 : Wireless Network, VLC, Cloud

박 주 영(준회원)



- 2011년~현재 : 세종대학교 컴퓨터공학과 재학
- 주관심분야 : Wireless Network, VLC, Bigdata

리 데 령(준회원)



- 2008년 : Ho Chi Minh City-University of Technology(BS)
- 2012 : 홍익대학교 대학원 전자전산공학과 (MS)
- 2012년~현재 : 홍익대학교 대학원 전자전산공학과 박사과정 재학
- 주관심분야 : Mobile Ad-hoc Networks, Multicast Routings, Cooperative Communications, Network Coding, Cognitive Radio Networks

안 병 구(중신회원)



- 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
- 2005년~2012년 : Marquis Who's Who in Science and Engineering was listed.(세계과학기술인명사전 등재)
- 2006년~2013년 : Marquis Who's Who in the World was listed.(세계인명사전 등재)
- 주관심분야 : Wireless Networks, Ad-hoc & Sensor Networks, Multicast Routing, QoS Routing, VLC, Cognitive Radio Networks, Cross-Layer Technology, Cooperative Communication, Network Coding, Bioinformatics

※ This work was supported by the Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity(KOFAC), and funded by the Korea Government(MOU), and by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology(MEST)(2013075605).