

CAN 통신 연동 가시광 통신 시스템의 확장구현

준회원 김 덕 래*, 양 세 훈*, 정회원 김 현 승*, 손 용 환*, 한 상 국*^o

Implement of VLC system based on CAN communication

Deok-Rae Kim*, Se-Hoon Yang* Associate Members,

Hyun-Seung Kim*, Yong-Hwan Son*, Sang-Kook Han*^o Regular Members

요 약

본 논문에서는 자동차, 비행기, 선박 등의 제어시스템과 자동화 라인 컨트롤 시스템 (Product line control system) 그리고 의료 및 산업기기 등 실생활에 광범위하게 쓰이는 Controller Area Network(CAN) 통신을 가시광통신과 연동한 시스템을 구현한다. 가시광통신과 CAN 통신을 위한 응용회로를 개발하였으며 동작원리를 설명하였다. 회로의 Pulse 특성은 송, 수신단 각 부분의 신호 파형으로 보였으며 3m 거리에서 오류 없는 전송 성능 특성을 보였다.

Key Words : CAN 통신, 가시광통신, 무선전송, LED, PD

ABSTRACT

In this paper, we implement the VLC system based on CAN communication which is usually used in car, plane, ship, product line control system, medical device and industrial device. We implement the application circuit which is VLC and CAN communication and explain the principle. Circuit's pulse features are demonstrated by each part's signal. Total communication distance is 3m and it's transmission performance is error free.

I. 서 론

발광 다이오드(Light Emitting Diode : LED)의 가격이 떨어지고 파워 LED등의 개발로 발광 효율이 개선됨에 따라 자동차, 신호등, 휴대기기, 디스플레이 등 특수 조명 시장을 비롯하여 백열등, 형광등과 같은 일반 조명 시장에서도 LED의 사용범위가 확장되어 가고 있다.^[1] 특히 발광 다이오드는 백열등 비교 90% 이상의 절전 효과, 고효율, 긴 수명, 저 탄소 배출 등 친환경적 장점 및 디지털 제어가 가능하여 기존 조명을 대체하고 있다.^[2,3] 이러한 LED 장점을 인식하고 미국, 일본, 유럽 등에서는 LED 조명을 권장 또는 대체하는 법안을 마련 중이고 우리나라의 지식경제부도 2015년 30%의 LED 조명으로 전환하는 1530 프로젝

트를 추진하고 있다. 따라서 향후 LED 수요 및 공급이 증가할 것으로 기대되며 현재 LED 조명과 통신을 융합한 새로운 어플리케이션의 개발이 이루어지고 있다.^[4] 가시광 통신이란 사람의 눈으로 볼 수 있는 가시광 파장(380~780 nm)을 이용한 통신방식이며, LED의 점멸을 이용한 송신과 Photo detector(PD)를 이용한 수신을 기본 원리로 한다. 특히, 가시광 통신은 빛을 사용하므로 조명과 동시에 통신을 할 수 있는 것이 가장 큰 장점이다.^[5,6]

기존 연구에서 가시광 통신은 실내에서 가시광 LED를 이용하여 양방향 통신이 가능한지를 검증하고 이에 대한 성능을 개선시키는 방법에 관한 연구 등이 주로 이루어졌다.^[5-6] 또한 가시광통신과 다른 통신방식과의 조합에 관한 시도는 무선 가시광 통신을 위한

※ 본 연구는 방송통신위원회/한국방송통신전파진흥원 '방송통신기술개발사업' (No. 11911-01111)의 지원을 받아 수행되었음.

* 연세대학교 전기전자공학과 광대역전송네트워크 연구실(skhan@yonsei.ac.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2011-08-353, 접수일자 : 2011년 8월 16일, 최종논문접수일자 : 2011년 11월 7일

MAC Protocol에 대한 연구와 VLC-CDMA 통신 시스템을 구현하여 기존의 OOK 변조방식과 비교하여 OOK 변조 방식의 우수성을 검증하는 등의 연구가 이루어졌고 이 또한 실내 가시광 통신에 관한 연구에 국한되어 있어 실외 가시광 통신에 관한 연구의 범주가 한정적이다.^{17,81}

본 논문에서는 주로 자동차, 비행기, 선박 등의 제어시스템과 자동화 라인 컨트롤 시스템 (Product line control system) 그리고 의료기기 및 산업기기 등 실생활에 광범위하게 쓰이는 CAN(Controller Area Network) 통신을 기반으로 이를 가시광통신과 연동한 시스템을 구현하여 실외 가시광 통신에 관한 새로운 연구방향을 제시한다. 시스템 구성을 위해 하드웨어적으로 CAN 트랜시버를 제작하고 CAN 신호를 전송하는 CAN 통신 회로 또한 구현하며 이러한 CAN 신호를 가시광 통신에 적용시키기 위한 송, 수신단을 제작한다. 통신을 위해 변조방식은 OOK(ON-OFF Keying)을 사용하고 보오율(Baud rate) 500kBaud에서 약 3m의 거리에서 오류 없는 통신을 성공적으로 수행 한다. 이를 통해 향후 차량 내 통신, 차량 간 통신 (Vehicle to Vehicle), 차량 인프라 간 통신 (Vehicle to Infra structure) 및 ITS등에 응용될 수 있기를 기대한다.

II. 동작원리 및 시스템 설계

실험을 위해 구성한 송신단(Tx)는 그림 1과 같다. 실험에서 사용된 백색 LED는 BUA1004(Stanley LED사) 모델로 현재 반사판이 결합되어있는 형태이며 3개의 칩으로 구성되어있다. LED는 점멸을 통한

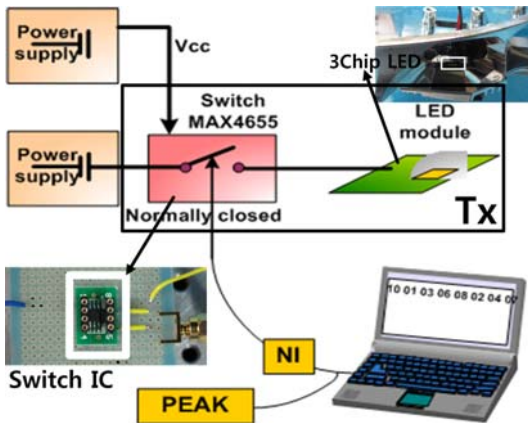


그림 1. 송신 시스템의 기본 다이어그램 구성
Fig 1. Basic diagram of transmission system

전류의 흐름으로 '1'과 '0'의 디지털 신호를 변조 할 수 있다. 이러한 디지털 신호 구현을 위해 CAN 신호 컨트롤 장비(PEAK, NI)를 활용하여 CAN Low(1.5V ~2.5V를 이용 125Kbit/Sec이하의 저속 통신에 사용), CAN High(2.5V~3.5V를 이용 200Kbit/sec이상의 고속 통신에 사용) 신호를 생성하고 이 두 신호 중 고속 통신에 적합한 CAN High 신호를 스위치 소자에 디지털 신호 입력단으로 인가하였다. 스위치 소자는 신호가 인가되기 전에는 Short 상태로 전류를 통하게 하다가 신호가 인가 될 때 Open 상태로 전류를 차단하는 기능을 하게 된다. 신호 변조방식은 CAN 신호 중 디지털 '1'이 인가될 때 스위치 소자는 Open 상태가 되고 동시에 LED는 OFF상태가 된다. 동일한 방식으로 CAN신호 중 디지털 '0'이 인가될 때 스위치 소자는 Short(Closed) 상태가 되고 동시에 LED는 ON 상태가 된다. 이러한 방식의 LED 점멸 동작을 통해 CAN 신호를 변조하는 이유는 LED를 이용한 가시광 통신이 조명의 역할과 병행되어야 하기 때문이다.

실험을 위해 구성한 수신단은 그림 2를 통하여 확인할 수 있다. 수신단에서는 빛의 밝기 변화를 탐지하여 송신단에서 송신한 신호를 수신한다. PD에 의해 변환된 신호는 TIA(트랜스 임피던스 앰프)를 통해 전압 신호로 전환 시켜준다. 전류 신호를 전압 신호로 전환함으로써 리미팅 앰프와 CAN 트랜시버로 인가되기 적합한 신호형태를 갖게 된다.

수신신호는 거리변화에 따라 수신신호 세기가 변화하기 때문에 일정한 크기의 출력값을 가지게 하는 리미팅 앰프를 사용하였다. TIA를 통해 전환된 V_{pp} 가 작은 신호는 크게 증폭하고 수신된 V_{pp} 가 큰 신호는

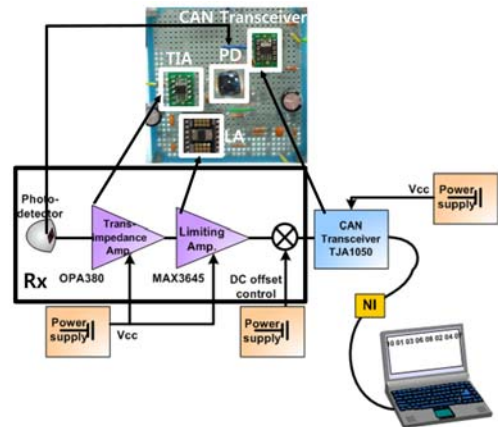


그림 2. 수신 시스템의 기본 다이어그램 구성
Fig. 2. Basic diagram reception system

작게 감쇄 시켜 일정한 출력을 유지한다. 이후 리미팅 앰프의 출력을 적합한 CAN 트랜시버의 입력신호로 쓰기위해 DC 오프셋 조절 과정을 진행하였다. CAN 트랜시버를 통과한 신호는 CAN High, CAN Low신호로 나뉘고 이 신호는 CAN 컨트롤러(NI)를 이용하여 송신된 데이터와 수신된 데이터를 비교, 확인 하였다.

III. 실험 구성 및 결과 분석

3.1 실험환경

실험을 위한 장치의 구성은 그림 3과 같다. 실험실 환경은 평균조도 200lux의 분포를 가지며 송신단과 수신단의 높이는 1m, 측정거리는 3m이다. 송신단의 스위치 소자에는 Vcc로 20V를 인가하였고 Vcom으로 18V를 인가하였다. LED는 스위치 소자의 출력 전류인 245mA를 인가하였다. CAN 신호를 인가하는 CAN 신호 컨트롤 장비는 컴퓨터의 USB를 통해 연결하였다. 수신단 모듈은 Vcc로 4.4V를 인가하여 구동 전류를 260mA로 설정하였다. DC 오프셋을 조절하기 위해 1.4V를 인가하였다.

3.2 송, 수신파형

그림 3으로 구성된 실험 환경에서 송신한 데이터와 수신한 데이터의 파형을 확인하였고 이를 그림 4에 나타냈다. 수신한 데이터는 오실로스코프 임피던스 1MΩ의 상태에서 측정하였다. A, B, C, D, E는 모두 가로축 한 눈금당 4μs의 주기를 가진다. 세로축은 한 눈금당 1V를 갖는 B를 제외하고는 모두 0.5V의 Vpp를 가진다.

그림 4의 A는 CAN 신호 컨트롤 장비(PEAK, NI)에서 만든 CAN High신호를 나타내는 파형이다. B는

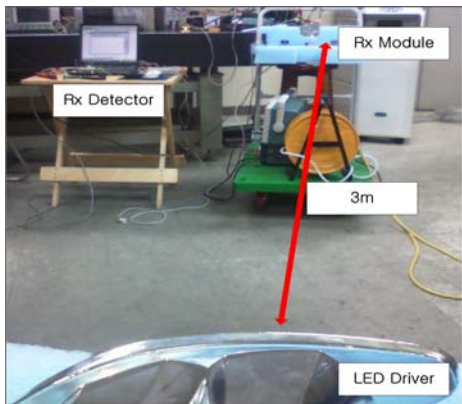


그림 3. 실험의 구성 사진
Fig. 3. Photograph of experimental setup



그림 4. 송수신간 각 부분의 신호파형
Fig. 4. Each of transmission and receive part's signal

생성한 CAN High 신호가 스위치 소자를 통과한 이후의 신호이다. 실제 출력되는 B파형은 15V 이상의 값으로 오실로스코프의 측정 범주를 넘는 값으로 측정이 불가하여 임의의 Vcc(5V)와 Vcom(3V)을 인가하였다. 그리고 A와 비교시 B는 반전된 신호 형태를 보인다. C는 수신된 이후 TIA의 파형이다. D는 리미팅 앰프를 통해 C에서 관찰한 왜곡을 보사한 파형으로 왜곡을 많이 감소시킨 것을 확인할 수 있다. 이후 DC 오프셋 조절을 통과한 신호는 CAN 트랜시버를 거쳐 E와 같은 신호로 복조되었다. 이를 통해 송신한 A신호(CAN High신호)를 가시광 무선 링크를 통해 수신하였으며 이는 E와 같다.

3.3 전송률 변화에 따른 에러율 확인

송, 수신된 데이터의 신뢰도를 확보하기 위해 다음 그림 5, 6, 7, 8과 같은 결과를 제시한다.

그림 5의 송신 데이터는 PCAN-Explorer 프로그램을 이용하여 총 22개의 프레임 송신 하였으며 각각의 프레임은 임의의 Hex 신호 입력 데이터를 가진다. 그림 6의 수신 데이터는 NI-CAN의 모니터링 프로그램을 이용하여 확인 하였고 수신 데이터는 송신 데이터와 동일함을 확인하였다.

송, 수신 데이터간의 에러율을 확인하기 위해 CANoe 프로그램을 이용하였다. CANoe는 송, 수신단 양쪽에 연결되어 총 송신한 데이터의 개수와 에러

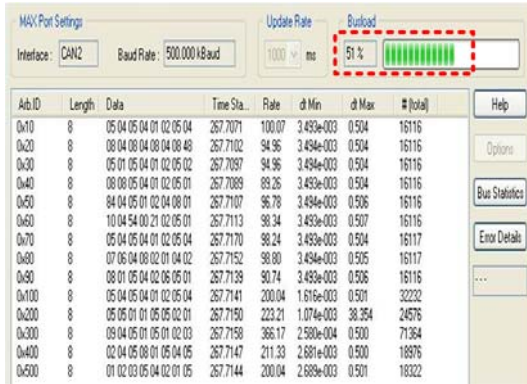


그림 5. 송신 데이터
Fig. 5. Transmission data

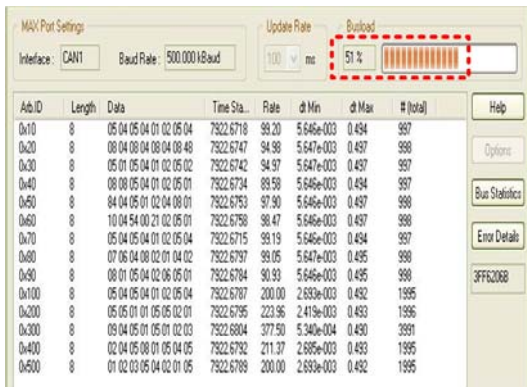


그림 6. 수신 데이터
Fig. 6. Reception data

프레임의 총 개수 등을 나타내는 CAN Statistics를 제공한다. 측정 한 Busload는 평균 50.85%이며 표준 데이터로 초당 2095 프레임 전송하고 전송한 표준 프레임의 총 개수는 608719개이다. 총 송신 데이터 대비 에러 프레임의 개수는 0개로 3m 실험환경에서 오류 없는 전송환경을 구현함을 그림 7에서 확인하였다.

전송률 변화에 따른 Busload의 변화와 총 전송한 프레임 대비 에러 프레임 수를 확인하기 위하여 다음과 같이 진행 하였고 이를 그림 8에 나타냈다. 임의의



그림 7. 송, 수신간 에러율
Fig. 7. Error rate between transmission and reception

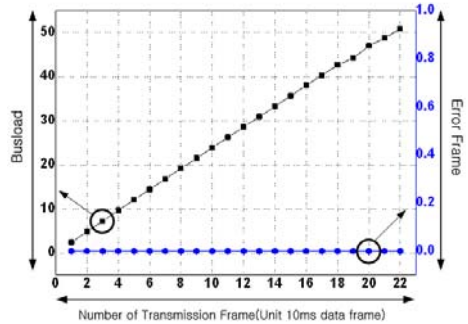


그림 8. 데이터 전송률에 따른 에러프레임 개수
Fig. 8. The number of error frame according to data rate

Hex 데이터로 구성되며 10ms의 전송률을 가지는 프레임은 1개 전송하는 경우부터 총 22개를 전송하는 경우까지 전송률을 변화 시켜 Busload를 2%에서 51%까지 증가시켰다. 총 전송 프레임은 각각의 전송률당 약 500000개의 프레임을 전송하였고 이때 에러 프레임은 모두 0개가 측정되었다. 3m의 실험환경에서 전송률과 Busload를 다음과 같이 증가시키는 경우에 오류 없는 통신환경이 구성, 유지됨을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 CAN통신을 기반으로 가시광 무선 통신의 가능성 연구를 수행하였다. 임의의 Hex 신호를 가시광 통신 링크 상에서 전송하기 위해 송, 수신단의 시스템을 구현하였으며 실험으로 검증하였다. 자동차, 선박, 비행기 등의 제어시스템 그리고 자동화 라인컨트롤 및 산업전반에서 응용되는 CAN 통신과 가시광 통신과의 연동 가능성을 제시함으로써 CAN 통신이 쓰이는 산업 전반에 가시광 통신의 적용가능성을 보여주었다. 지금까지는 가시광 통신이 주로 실내에서 통신이 가능한지를 검증하고 이를 개선시키는 방법에 대한 연구가 진행되어왔는데 CAN 통신과 가시광 통신과의 연동에 관한 실험으로 차량 내 통신, 차량 간 통신, 차량 인프라 간 통신, ITS 및 실외 가시광 통신에 대한 연구에 기여 할 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] Gu. Y., N. Narendran, and J. P. Freyssonier, "White LED Performance", 4th International Conference on Solid State Lighting, Proceedings of SPIE 5530, pp. 119-124, 2004.
- [2] M.G. Craford, "LEDs challenge the incan-

descents”, IEEE Circuits and Devices, pp. 24-29, September 1992.

[3] 길경석, 최성국, 박대원, 김성욱, 천상규, “식물성 플랑크톤에 대한 UV LED의 살균성능 분석”, 한국 마린 엔지니어링 학회지 제33권 제6호, pp. 959-964, 2009.9.

[4] 강태규, 김태완, 정명애, 손승원, “LED 조명과 가시광 무선통신의 융합 기술 동향 분석”, [ETRI] 전자통신동향분석 - 전자통신동향분석 제23권 제5호, pp.33, 2008.10.

[5] Y. Tanaka, T. Komine, S. Haruyama, and M. Nakagawa, “Indoor visible light transmission system utilizing white LED lights”, IEICE Trans. on Commun., vol. E86-B, no. 8, pp. 2440-2454, Aug.2003.

[6] T. Komine, M. Kakagawa, “Fundamental analysisfor visible-light communication system using LED lights”, IEEE Trans. on Consumer Electron., vol.50, no. 1, pp. 100-107, Feb. 2004.

[7] 신흥석, 최정석, 이경우, 박성범, 정대광, 이영민, 박진우, “무선 가시광 통신을 위한 MAC Protocol에 대한 연구”, 한국통신학회지 (정보와 통신) 제26권 제5호, pp. 2-62, 2009.4

[8] 배수진, 홍영조, 이계산 “LED를 이용한 VLC-CDMA통신 시스템 성능 분석”, 한국ITS학회논문지 제8권 제2호, pp.83-90, 2009.4

김 덕 래 (Deok-Rae Kim)

준회원



2011년 2월 단국대학교 전자공학과 졸업 공학사
 2011년 3월~현재 연세대학교 대학원 전기전자공학과 석사과정
 <관심분야> 가시광통신, 광통신, 광통신네트워크

양 세 훈 (Se-Hoon Yang)

준회원



2010년 2월 연세대학교 전기전자공학과 졸업 공학사
 2010년 3월~현재 연세대학교 대학원 전기전자공학과 석·박사통합과정
 <관심분야> 가시광통신, 광통신, 광네트워크

김 현 승 (Hyun-Seung Kim)

정회원



2007년 2월 연세대학교 전기전자공학과 졸업 공학사
 2007년 3월~현재 연세대학교 대학원 전기전자공학과 박사과정
 <관심분야> Radio over fiber, 가시광통신, optical OFDM, WDM-PON

손 용 환 (Yong-Hwan Son)

정회원



1999년 2월 호서대학교 전자공학과 졸업 공학사
 2001년 2월 호서대학교 대학원 전자공과 공학석사
 2008년 2월 호서대학교 대학원 전자공과 공학박사
 2008년 3월~현재 연세대학교 전기전자공학과 Post-Doc.

<관심분야> 가시광 무선통신, WDM 광통신, 집적 광학

한 상 국 (Sang-Kook Han)

정회원



1986년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업 공학사
 1988년 2월 University of Florida 공학석사
 1994년 2월 University of Florida 공학박사
 1996년~현재 연세대학교 전기전자공학과 교수

<관심분야> Optical communication device & system, Microwave Photonics, Optical access networks