



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

CAN 기반의 가시광 조명통신에 관한
연구

A Study on the Lighting and Optical
Wireless Communications
using CAN-based LEDs

The seal of Korea Maritime University is a circular emblem. It features a central stylized figure resembling a ship or a traditional Korean vessel. The text 'KOREA MARITIME UNIVERSITY' is written around the top inner edge of the circle. At the bottom, the Korean text '한국해양대학교' is visible, along with the year '1945' in the center.

指導教授 孫慶洛

20011年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科

桂光賢

목 차

Abstract	
1장 서론	2
2장 가시광 조명통신	4
2.1 LED 조명	4
2.2 LED 가시광 통신 원리	5
2.3 LED 가시광 통신의 장점	8
3장 CAN 통신	9
3.1 CAN통신 원리	9
3.2 CAN 제어기	10
3.3 CAN 응용	16
4장 실험 및 결과	17
4.1 단방향 가시광 통신	17
4.2 오디오 음원 전송	25
4.3 CAN기반 가시광 통신	28
5장 결론	43
참고문헌	44



ABSTRACT

This paper is on novel use of lighting or signaling devices constructed by light-emitting diodes. In other words, the idea is on their concurrent use for simultaneous signaling and communications. LEDs offer advantageous properties such as high brightness, reliability, lower power consumption and long lifetime. So if LEDs replace half of all incandescent and fluorescent lamps currently in use, we could save equivalent output of power plants and reduce the production of greenhouse' s gases. On this advantage, we organized this dual function of LED, for lighting and communication, emerges interesting applications using voice messages and text-file' s transmissions alternately. This paper describes not only voice message' s transmission from the MP3 player but also text-file with serial communications.

Then, We are planning more applications using the CAN communication and we will realize concurrent use LEDs based on the CAN communication line for shipping craft and vehicle industry.

The market of ship building has been the world economy progresses also NMEA2000 protocol based on CAN is approved as a standard network of SOLAS ship. It is important to secure the core technology of ship electronics and IT convergence material. Also CAN is "Open network system".

Open standard for electronics, electrical and engine data all on the same network and Exchange of data between multiple manufacturers equipment simultaneously, marine manufacturers collaborating and creating an "Open" network environment.

so if illuminations in the ship are replaced with LEDs, Visible light communication based on CAN is possible to approach various ship networks and occur compatible operation with many kinds of devices.

So I would like to suggest that applications relevant to the CAN are possible to be adapted with LED's Infrastructure to many industrial things.

This paper is encouragement to guide fundamental truth and accelerate many applications regarding visible Light communication systems based CAN.

제 1 장 서 론

LED(Light Emitting Diode)는 백열등의 90%의 절전 효과, 오랜 지속성, 편리한 제어성 및 저 탄소 배출[1]에 의해 조명 대체기술로 부상하였다. 또한 LED의 보급 확대를 위해 정부는 1530 프로젝트를 발표하여 2015년까지 전체 조명의 30%를 LED로 대체한다는 계획을 발표(2007.2)하여 앞으로 LED에 대한 수요가 계속적으로 증가할 것으로 기대된다. 이러한 조명인프라의 증가에 따라 LED조명 및 응용기기와 결부한 새로운 어플리케이션의 개발에 따른 연구가 최근에 부각이 되고 있으며 ETRI(한국전자통신연구원)에서는 이미 LED를 이용한 음성 신호전송에 대한 기술개발을 완료하였다. 이렇게 조명을 이용한 통신기술을 가시광 무선통신기술이라고 한다. 가시광 무선통신 기술은 조명의 기능과 동시에 무선통신 링크로 활용될 수 있다는 게 가장 큰 장점이라 할 수 있고 뿐만 아니라 기존의 RF주파수에 대해 전·자기적으로 영향을 주거나 받지 않기 때문에 기존의 RF가 가지는 문제점에 대해서 영향을 받지 않으면서 무선통신으로 활용될 수 있을 뿐만 아니라 기존의 LED전광판, 교통신호등, LED조명등과 연동하여 새로운 통신서비스로 활용될 수 있다. 뿐만 아니라 국내외적으로 가시광 무선통신기술의 표준화가 미비하여 기술개발에 따른 산업적 부가가치가 매우 크다고 할 수 있다.

본 논문은 이러한 조명인프라의 수요증가와 가시광 무선통신기술의 배경에 맞추어 조명과 통신을 융합한 가시광 조명통신에 대한 알고리즘개발 및 저가로 효과적인 통신방법에 대한 연구를 수행하였으며 최종적으로는 선박의 표준 통신프로토콜로써 NMEA 2000 기반인 CAN통신영역으로 통신범위를 확장함으로써 다양한 산업분야에 적용될 수 있는 어플리케이션에 대한 솔루션을 제공하는데 있다.

본 논문에서의 3가지의 실험테마를 구성하였다. 첫 번째는 UTP/TCP기반의 네트워크 환경에서 서버와 호스트를 통하여 텍스트기반의 파일을 다양한 통신 속도의 환경에서 LED의 가시광을 이

용하여 양방향으로 송, 수신하여 다양한 환경에서의 데이터 전송에 따른 가시광통신에 대한 기초연구를 수행하였다. 두 번째는 MP3, CD player 또는 PC상의 음성신호를 가시광을 통하여 송, 수신하는 시스템을 구현하여 음성신호에 대한 가시광통신 시스템 및 관련 어플리케이션의 적용 가능성에 대한 연구를 수행하였다. 마지막 3번째는 본 논문에서 제시하는 주요 테마이며 선박과 자동차의 표준 통신프로토콜 기반인 CAN통신링크를 활용한 가시광 조명통신 시스템의 어플리케이션으로 CAN BUS 상에 연결된 CAN컨트롤러를 내장한 LED조명을 통하여 ID에 따른 수신여부를 설정하여 서버와 단말장치 간, 또는 단말장치와 단말장치 간 8비트의 데이터 정보를 양방향으로 전송하는 시스템설계에 대한 연구를 수행하였다. 선행실험에 사용된 LED는 일반 고휘도 LED를 사용하였으며 광 검출기는 오스람 사의 SFH213모듈을 사용하였다. 또한 LED조명의 기능을 위하여 시판되고 있는 LED조명 스탠드를 적용하여 연구를 수행하였다.



제 2 장 가시광 조명통신

2.1 LED조명

LED는 색에 따라 빨강, 녹색, 오렌지 등의 종류가 있고, 최근에는 난관으로 여겨진 청색 다이오드가 실용화되어 적, 청, 녹색의 삼원색이 모였다. 이것들의 조합으로 백색을 포함한 여러 색깔의 빛을 만들 수 있으며, 풀 컬러 표시장치나 조명, 광디스크 장치의 헤드 등 용도가 확대되고 있다. 일반적인 LED의 재료로 간접천이 형은 열과 진동으로 수평 천이가 포함되어 있어 효율적인 발광 천이를 이루기에는 부적당하고, 직접천이 형은 모두 발광으로 이루어지기 때문에 LED재료로서 좋은 재료라 할 수 있다. 수직 천이가 일어나는 에너지 폭은 반도체 결정구조의 고유한 특성인 에너지 갭에 따라 결정된다. 발광시키고자 하는 영역에서 직접천이 형 반도체 결정이 존재하지 않았던 LED 발전 초창기에는 간접천이 형 반도체에 특별한 불순물을 첨가하여 발광과장을 변화시켜 발광영역을 맞추어 왔다. 그러나 고효도 LED를 구현하기 위해서는 직접천이 형 반도체의 사용이 필수적이며 III-V, II-VI족 화합물 반도체가 이에 해당된다. 예를 들면 고효도 LED의 제조에 쓰이는 InN+GaN LED의 경우 파장이 긴 것이 특징이며, 인듐의 함유량에 따라 보라색~적색까지 모두 만들 수 있고 발광효율 향상을 위하여 전자와 홀이 손실되지 않기 위한 역할을 하는 Al을 첨가해 AlN + GaN LED를 만드는 등 각각 화합물 저마다의 특징이 있다. LED를 이용한 반도체 조명이 새롭게 부각되고 있는 이유는 고효도 백색 LED 성능지수가 실험실 수준이긴 하나 100lm/W로 이미 백열전구, 할로겐램프 수준을 완전히 넘었고, 일반 형광등 수준에 비해 높은 성능을 보이고 있기 때문이다. 이밖에 기존의 조명기기보다 저 전력소비, 10만 시간의 긴

수명, 그리고 뛰어난 내구성과 견고성, 나아가서는 다양한 집적화 및 정교한 디자인이 가능하다는 점이다. 정부의 1530계획에 의하여 LED조명 및 관련 인프라가 지속적으로 증가추세에 있으며 2020년까지 반도체 LED 조명이 대체 광원으로 50% 정도가 대체된다면 세계 총 소비전력의 25% 정도가 절약될 것으로 예상된다. 따라서 LED인프라를 이용한 부가적인 서비스 및 관련 어플리케이션의 개발이 필요하며 첨단기술인 유비쿼터스 및 반도체기술과의 융합을 통하여 미래의 조명으로 재탄생하고 있다.

2.2 LED 가시광 통신 원리

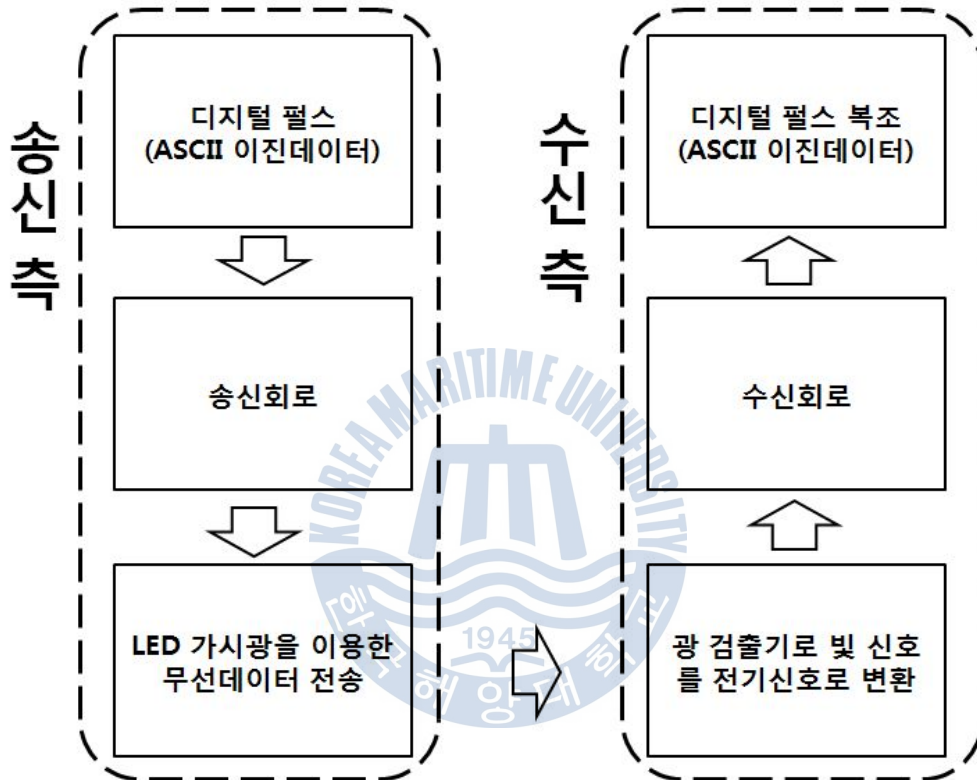
무선가시광통신은 그와 같은 가시광 장치에서 발생하는 빛을 통해 데이터를 전송하는 차세대 통신기술이다.

LED는 780nm에서 380nm의 파장을 가지며 이 파장을 주파수로 바꾸면 약 $385THz$ 에서 $789THz$ (주파수 대역 = 빛의 속도 / 파장)의 주파수 대역을 가진다. 뿐만 아니라, 디지털 소자로서 ON-OFF 스위칭을 통하여 디지털 펄스로서 표현이 가능하고 해당 주파수대역을 통한 고속의 변조가 가능하다. 무엇보다도 가시광의 경우는 적외선과는 다르게 조명의 기능으로서 동작을 할 수가 있다. 즉 데이터를 ON-OFF 스위칭으로 나타내더라도 사람의 눈은 계속적으로 LED가 켜져 있는 상태로 인식을 하기 때문에 고속의 ON-OFF를 통하여 조명의 기능과 동시에 데이터를 전송할 수 있는 링크로 사용될 수 있다는 장점[2],[4]을 가지고 있다. 이산시스템의 경우 데이터를 신호 전압원의 1과0으로서 표현이 되기 때문에 이러한 신호 전압을 LED의 ON-OFF 펄스신호로서 이진 데이터를 나타낼 수 있다. 수신 측에서는 LED의 ON-OFF 펄스로 나타내어지는 데이터를 광 검출기를 통하여 해당 펄스를 복조하고 증폭기를 통하여 원래의 신호펄스로 복원을 할 수 있다[4],[5]. 가시광통신을 하기 위해

서는 LED의 ON-OFF 신호로서 나타내는 빛신호를 감지하여 빛에너지 영역의 신호펄스를 전기적인 신호펄스로 변환하고 해당 펄스를 복원하여 디지털 데이터로서 나타낼 수 있는 소자가 필요하다. 이러한 기능을 수행하는 소자를 광 검출기라고 한다. 광 검출기(Photodetector)는 광 신호를 전압 혹은 전류와 같은 전기적 신호로 바꿔주는 소자이며, 광전도체(Photo conductor) 그리고 광다이오드(Photo diode)와 같은 많은 광 검출기에서 보통 광자의 흡수에 의한 자유 전자정공쌍의 생성에 의한 것으로서 나타난다. 즉, 가전자대에서 정공의 생성과 전도대에서 전자의 생성을 의미한다. 밴드갭 에너지 E_g 보다 큰 에너지를 가진 광자가 입사되었을 때, 이것은 전도대의 전자와 가전자대의 정공 같은 자유로운 전자 정공 쌍을 광 생성(Photo generate)시키기 위하여 흡수된다. 보통 광자의 에너지는 공핍영역 안의 전기장 E 는 전자정공쌍을 분리시키고, 그것을 중성 영역에 도달할 때까지 반대방향으로 표동시킨다. 따라서 표동하는 캐리어(carrier)는 전기적 신호를 공급하는 외부회로에 광전류 I_{ph} 를 발생시킨다. 이러한 원리로서 광 검출기는 LED에서 입사되는 가시광을 전기적인 신호로 변화하게 된다. 여기서 주의할 점은 광 검출기는 빛의 파장에 대해서 최적으로 감지하는 파장영역을 가지기 때문에 LED를 사용함에 있어서 LED의 파장영역에 제일 잘 반응을 할 수 있는 광 검출기를 사용하거나 반대로 광 검출기의 표준 파장과 비슷한 파장영역을 가지는 LED를 사용하여 최적의 시스템을 설계하여야 한다. 또한 광 검출기의 경우 펄스신호를 감지하는 스위칭 시간이 정해져 있기 때문에 감지할 수 있는 주파수대역이 제한적이다. 따라서 고속의 데이터전송에 대해서 광케이블이나 동축케이블과 같은 유선에 비하여 효율성이 떨어질 수 있으나, 정해진 범주 내에서는 무선으로 통신을 수행함과 동시에 조명의 기능으로서 동작을 수행할 수 있는 큰 장점을 가지게 된다.

본 논문에서는 광 검출기로서 오스람사의 SFH213 광 검출기를 사

용하였고 소자의 표준 파장영역은 $870nm$ 이며 $5ns$ 의 스위칭시간을 <Fig.1>은 LED의 ON-OFF 모듈레이션을 통하여 가시광 무선 데이터 통신시스템 원리를 나타낸다.



<Fig.1> 가시광 조명통신 원리

PC에서 시리얼 포트를 통하여 송신라인으로 전송되는 디지털 신호를 채널 트랜시버를 통하여 TTL레벨의 신호로 변환을 하고 OP AMP를 사용하여 신호를 증폭하여 충분한 전류가 LED로 흐를 수 있도록 한다. OP AMP의 출력 전압은 LED의 인가 전원에 연결되어 디지털 신호의 ON-OFF 펄스에 대하여 LED가 스위칭 되게 된다. 수신 부에서는 PD를 통하여 스위칭 되는 LED의 광량에 비례

하는 전류가 발생되게 되고 OP AMP를 통하여 미세하게 감지되는 펄스신호를 증폭하게 된다. 증폭된 펄스신호는 트랜시버를 통하여 호스트에 연결된 PC의 시리얼 포트를 통하여 수신된 데이터를 모니터링 하게 된다.

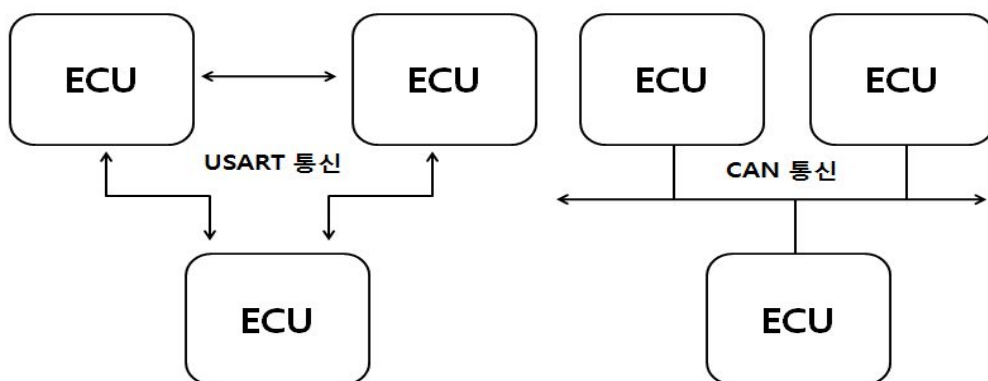
2.3 LED 가시광 통신의 장점

무선 가시광통신은 사용자 환경에서 보편화될 수 있는 가시광 조명을 간단하게 제어회로로 변조하여 조명과 통신을 동시에 가능하게 하고 전력선 통신과 결합하여 통신네트워크를 구현 가능하게 하므로 통신 인프라 구축비용이 절감되고, 조명이 있는 곳에서 언제 어디서든 유비쿼터스 통신이 구현될 수 있어 RF 무선기술과 상호 보완하여 차세대 연결 기술로 활용이 기대된다. 앞에서 언급했던 것처럼 무선 가시광통신의 강점으로 유비쿼터스와 보안성을 들 수 있다. 무선통신이 광범위하게 이용되면서 최근 RF 대역 주파수 고갈, 여러 무선통신 기술 간의 혼선가능성, 보안성취약, 초고속 유비쿼터스 통신환경 요구 부각 등의 문제가 대두되고 있다. 가시광통신은 보편화된 인프라의 가시광 조명기기나 표시기기 등을 이용하므로 별도의 통신 인프라 구축이 필요하지 않다. 또한 빛의 직진성에 의해 물리적으로 보안성을 강화할 수 있으며, 혼선이 없고 고속의 정보 전송과 저 전력 구동이 가능하다. 따라서 보안성과 혼선에 취약한 기존의 RF 무선기술을 보완함으로써 더불어 고속으로 저 전력의 유비쿼터스 통신환경을 구현할 수 있다. 또한 광은 정밀하게 위치를 인지하는 측면에서 전파보다 훨씬 정밀하다. 가시광은 정보의 발신지와 방향을 볼 수 있으므로 정확한 위치인식이 가능할 뿐 아니라 안정성에서도 가시광은 눈에 보이기 때문에 사용자들이 판단해서 대책수립이 가능하다.

제 3장 CAN 통신

3.1 CAN 통신 원리

CAN 프로토콜은 고수준의 보안 기능을 갖춘 실시간, 직렬, 브로드캐스팅 프로토콜이다. CAN프로토콜은 고속 전송을 위한 ISO11898과 저속전송을 위한 ISO11519-2에 정의 되어 있는 국제표준이다. CAN은 초기에 자동차에 적용하기 위하여 고안된 직렬 네트워크 통신방식이며 최근에는 다양한 산업 분야에 폭 넓게 적용되고 있다. 자동차에서 전자제어의 필요성이 증가하면서 1986년 자동차 내부에 서로 다른 3개의 전자장치(ECU: Electronic Control Unit) 간의 통신을 위한 통신 장치 개발을 자동차 업체 벤츠의 요구에 의하여 자동차 부품 업체인 독일의 보쉬에 의하여 최초로 개발되었다. CAN 프로토콜은 ABS와 에어백 등을 제어하기 위하여 빠른 응답성과 높은 신뢰성을 갖도록 설계되었다. 초기에는 USART 방식을 고려하였으나 USART통신이 일대일(Point to Point) 통신이기 때문에 서로 다른 3개의 ECU 간의 통신방식으로 는 적합하지 않아 다중통신방식이 요구되었으며 이에 따라 CAN 프로토콜을 개발하게 되었다. <Fig.2>는 USART통신과 CAN통신의 토폴로지에 대한 비교를 나타낸다.



<Fig.2> USART 통신링크와 CAN 통신 링크 비교

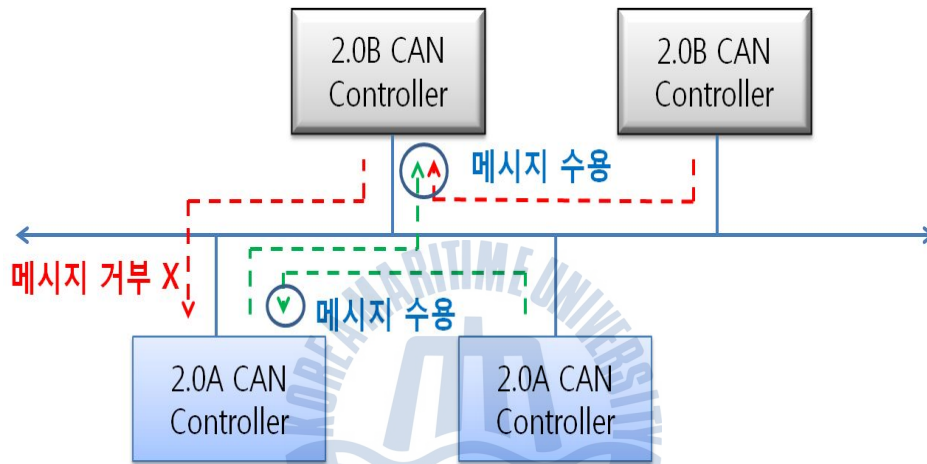
일대일 통신의 경우에는 배선 재료비가 증가할 뿐만 아니라 생산시간이 길어지며 신뢰성이 떨어지는 문제가 발생할 수 있다. 하지만 CAN 통신은 배선량을 줄여서 비용을 줄이고 생산시간을 단축시키며 신뢰성을 높을 수 있으며 배선량이 감소되면서 시스템의 디자인을 보다 자유롭게 할 수 있다.

CAN 프로토콜은 고속 통신에 대하여 ISO11898과 저속 통신에 대하여 ISO11519-2로 정의된 국제 표준이다. 두 종류의 ISO(International Standard Organization) 규격은 통신 속도의 차이와 물리계층에서의 차이가 있다. 두 ISO 규격 속도로는 ISO11898의 경우 1Mbps 이상의 통신 속도로 CAN에 적용되어 있으며 ISO11519는 125Kbps의 속도로 CAN의 저속 통신에 적용이 된다.

3.2 CAN 제어기

CAN은 브로드캐스트 메카니즘을 기반으로 한다. 브로드캐스트 통신은 메시지 지향적인 전송 프로토콜을 사용함으로써 실현된다. 이들 메시지는 메시지 식별자에 의하여 식별된다. 전체 네트워크 내에서 메시지 식별자는 유일하고 메시지 내용뿐만 아니라 메시지의 우선권을 정의한다. 상대적으로 긴급하지 않은 메시지와 비교하여 메시지를 전송하는 우선권은 각 메시지의 식별자(ID: Identifier)에 의하여 결정된다[10]. 시스템 설계 단계에서 이진수로 정해진 우선권은 동적으로 변하지 않는다. 가장 낮은 이진수를 갖는 식별자가 가장 높은 우선권을 갖는다. 버스 레벨 비트를 관찰하는 각 노드에 의하여 복잡해진 식별자에 대하여 비트 단위의 중재를 통하여 버스 접근 충돌문제를 해결한다. CAN 프로토콜은 식별자의 길이에 의하여 구분되는 두 가지 메시지 프레임 포맷을 지원한다. 식별자의 길이에 따라 다음의 두 가지 포맷으로 구분되는데 표준 CAN 2.0A의 경우는 11비트 식별자를 가지며 확장 CAN 2.0B모드의 경우는 29

비트의 식별자를 갖는다. 이러한 식별자를 이용하여 CAN BUS상의 호스트의 수를 증가할 수 있으며 ID를 통한 수신 메시지 그룹을 다양하게 지정할 수 있다[10]. <Fig.3>은 CAN통신프로토콜에 따른 메시지 수용여부를 나타낸다.



<Fig.3> CAN표준간의 메시지 수용 및 거부

CAN 통신에서 데이터는 메시지 프레임을 사용하여 송수신이 이루어진다. 메시지 프레임은 하나 또는 그 이상의 송신 노드로부터 데이터를 수신노드로 전송한다. 대부분의 CAN 2.0A 제어기는 오직 표준 CAN 방식의 메시지만 전송 및 수신 가능하며 확장 CAN 방식(CAN 2.0B)의 경우는 CAN 2.0A의 메시지를 수신하더라도 그 데이터를 무시한다. 즉, CAN 2.0A 제어기에서 보내온 메시지 데이터만 유효하지만 CAN 2.0B 제어기는 두 메시지 방식을 송, 수신하는 것이 가능하다. <Fig.4>두 가지 메시지 프레임 포맷을 나타낸다.

SOF	11-bit ID	RTR	IDE	r0	4-bit DLC	0-8 Byte	15-bit CRC	CRC del	ACK	ACK del	7-bit	Inter Frame Space
	Arbitration Field	Control Field			Data Field	CRC Field	ACK Field	End of Frame				

a) 표준 CAN 2.0A 메시지 구조

SOF	11-bit ID	SRR	IDE	18-bit ID	RTR	r1	r0	4-bit DLC	0-8 Byte	15-bit CRC	CRC del	ACK	ACK del	7-bit	IFS
	Arbitration Field	Control Field				Data Field	CRC Field	ACK Field	End of Frame						

b) 확장 CAN 2.0B 메시지 구조

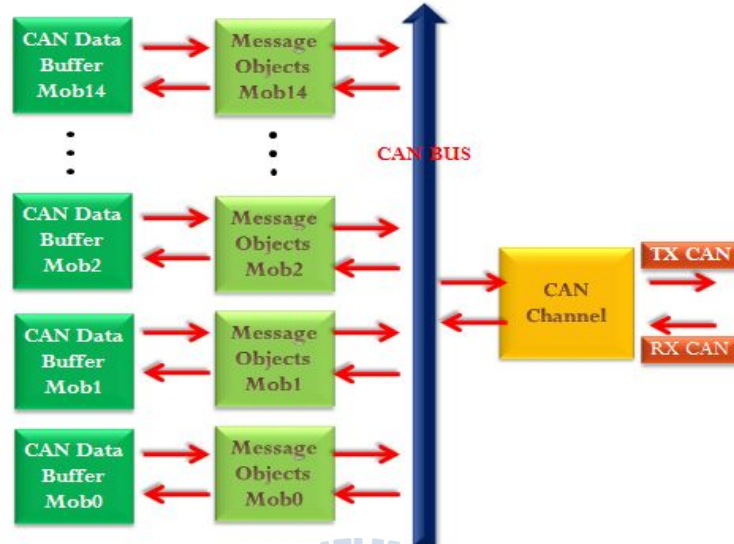
<Fig.4> 표준 CAN 메시지 프레임

표준 CAN 2.0A의 메시지 구조를 살펴보면 노드의 ID를 설정하는 중재필드와 다양한 모드를 설정하는 컨트롤 필드, 데이터를 나타내는 데이터 필드, CRC와 ACK 필드를 구성한다. 각 필드에 대한 자세한 기능을 살펴보게 되면 SOF(Start of Frame)은 메시지 프레임의 시작을 표시한다. 메시지 프레임의 맨 앞에 위치하며 기본 값은 '0'이다.

중재필드(Arbitration Field)는 11비트의 식별자와 원격전송요청(RTR, Remote Transmission Request) 비트로 구성된다. RTR은 기본 값으로 '0'을 가지며 '0'일 때 CAN 메시지가 데이터 프레임을 의미한다. RTR이 '1'이면 CAN 메시지가 데이터 프레임이 아닌 원격 프레임 상태임을 나타낸다. 원격 프레임은 데이터 버스 상의 어떤 노등에서 다른 노드로 데이터를 전송하여 줄 것을 요청할 때 사

용된다. 데이터를 전송하기 전에 사용하는 메시지 프레임이기 때문에 데이터 필드가 없다. 제어필드(Control Field)는 IDE(Identifier Extension) 비트와 데이터 길이 코드(DLC, Data Length Code)로 구성된다. DLC는 데이터 필드의 바이트 수를 나타낸다. 원격 프레임에서 DLC는 요청 데이터의 바이트 수를 의미한다. 데이터 필드(Data Field)는 특정한 노드에서 다른 노드로 전송하는 데이터를 포함한다. CRC 필드(Cyclic Redundant Check)는 15비트의 CRC 코드를 가지며 데이터 필드의 끝을 알리는 '1' 값의 비트가 이어진다. ACK 필드(ACKnowledge)는 2비트로 구성되며 첫 번째 비트는 '0'을 가지는 슬롯비트이며, 두 번째 비트는 '1' 값을 갖는다. 프레임 종료(End of Frame)는 7비트로 구성되어 있으며 모두 '1' 값을 갖는다. EOF에 이어 '1' 값을 갖는 3비트의 프레임 중단 필드(Intermission Field)가 이어진다. 이 3비트 이후에는 CAN 버스라인은 자유 상태로 인식된다.

확장 CAN 프레임 포맷은 기본적으로 표준 CAN 프레임 포맷과 일치한다. 사용하는 식별자의 길이만 다르다. 11비트인 식별자는 표준 CAN 2.0A와 호환할 수 있으며 이어서 확장 18비트의 식별자가 있다. 두 개의 식별자 사이에 IDE가 있어 두 개의 ID 필드를 구분한다. SRR(Substitute Remote Request) 비트는 중재 필드에 포함되어 있으며 표준 데이터 프레임과 확장 데이터 프레임을 중재해야 하는 경우를 대비하여 항상 '1'의 값을 전송한다. 표준 데이터 프레임과 확장 데이터 프레임이 같은 기본 ID를 갖게 되면 표준 데이터 프레임이 우선순위가 높다. 2.0B 메시지 프레임에 있는 다른 필드들은 표준 메시지 포맷으로 식별된다. <Fig.5>은 CAN 채널 상에서 MOB의 우선순위에 따른 동작을 나타낸다.



<Fig.5> CAN 채널에 따른 MOB 우선순위

CAN컨트롤러는 최대 15개의 MOB를 가질 수 있는 버퍼를 가지며 각각의 MOB는 레지스터의 설정을 통하여 우선순위를 가진다. MOB는 CAN 프레임의 서술자이다. MOB는 CAN 프레임을 처리하기 위한 모든 정보를 포함한다. CAN 메시지를 하나의 객체처럼 서술할 수 있도록 허용하며 MOB 세트는 mailbox의 전단에 있다. MOB의 기능설정을 통하여 불가모드, 송, 수신 모드, 자동응답 모드, 프레임버퍼 수신모드 등의 기능을 정의할 수 있다. 모든 MOB들은 각각 동작 모드를 결정하는 필드에 의하여 설정된다. MOB 동작 모드는 CAN 컨트롤러의 CANCDMOB 레지스터의 CONMOB에 의하여 결정된다. 즉 CAN 컨트롤러 상의 CONMOB 레지스터의 설정을 통하여 CAN BUS 상에서 MOB를 전송하는데 비활성화 모드, 데이터 및 원격 프레임 전송모드, 데이터 및 원격 프레임 수신모드, 자동응답모드, 프레임 버퍼 수신모드로 동작을 설정할 수 있다. 각각의 동작에 대하여 간단히 살펴보면 비활성화 모드에서는 MOB가 의미가 없는 상태로서 특별한 동작을 하지 않는다. 데이터 및 원격 프레임 전송 모드에서는 먼저 CAN BUS상으로 MOB가 전송되기

전에 IDT, IDE, RTRTAG, DLC, RBnTAG, MSG와 같은 필드들이 초기화 되어야 한다. MOb 설정이 완료되면 MOb은 데이터 혹은 원격 프레임을 전송할 준비가 된 것이다. 준비가 완료되면 CAN채널은 송신 설정된 모든 MOb들을 스캔하고, 최고 높은 우선권을 가진 MOb를 찾아서 전송할 준비하고 전송이 완료되면 TXOK 플래그가 “1”로 설정된다. 새로운 초기화가 될 때까지 모든 파라미터와 데이터는 사용할 수 있다.

데이터 및 원격 프레임 수신 모드는 전송모드와 마찬가지로 수신모드 또한 IDT, IDMSK, IDE, IDEMSK, RTRTAG, RTRMSK, DLC RBnTAG 와 같은 필드들이 초기화로서 정의가 되어야 한다. MOb 설정이 완료되면 MOb는 데이터 혹은 원격 프레임을 수신할 준비가 된 것이다. 프레임 식별자가 CAN 네트워크상에서 수신될 때, CAN 채널은 수신모드에 있는 모든 MOb들을 스캔하고 일치하는 최고 높은 우선권을 가진 MOb를 찾고자 한다. 일치하는 MOb가 있으면, 일치하는 MOb의 IDT, IDE, DLC 값을 수신된 값으로 갱신한다. 수신이 한번 완료되면 수신 메시지의 데이터 바이트가 일치하는 MOb의 데이터 버퍼에 저장되고 RXOK 플래그가 “1”로 설정된다. 새로운 초기화가 될 때까지 모든 파라미터와 데이터는 사용할 수 있다. 자동응답 모드는 예상되는 원격 프레임의 수신 뒤에 원격 프레임에 대한 응답(데이터 프레임)을 자동으로 보낸다. 원격 프레임이 일치할 때, RTRTAG 와 응답유효비트(RPLV, Reply Valid Bit)는 자동으로 리셋 되고 이 기간 동안에는 플래그(혹은 인터럽트)는 “1”로 설정되지 않는다. CAN데이터버퍼는 입력되는 원격 프레임에 의하여 사용되지 않기 때문에 MOb는 다른 설정 없이 전송모드가 될 준비를 한다. IDT, IDE 및 다른 태그와 수신된 원격 프레임의 DLC는 응답을 위하여 사용된다. 응답전송이 완료되면 인터럽트를 통하여 TXOK 플래그가 “1”로 설정된다. 새로운 초기화가 될 때까지 모든 파라미터와 데이터는 사용할 수 있다. 프레임 버퍼 수신모드는 다중 프레임을 수신하는데 유용하다.

3.3 CAN 응용

DeviceNet은 개방형 네트워크(Open Network)규격이다. 즉 사양과 프로토콜이 공개되어 있으면 제조사는 장치를 시스템에 접속하기 위하여 하드웨어, 소프트웨어를 구입하거나 저작권 사용료를 지불할 필요가 없다. 1994년 Allen Bradley에 의하여 산업용 네트워크의 한 종류로 개발되었다. 산업용기기를 네트워크에 접속함으로써 비용을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 각종 장치를 네트워크에 직접 연결함으로써 장치레벨의 중요한 진단뿐만 아니라 장치간의 통신을 할 수 있다. 산업용 자동화 기기의 배선과 설치에 드는 비용 및 시간을 절약하고 여러 제조사의 동종 구성요소에 대하여 상호호환성을 제공한다. DeviceNet 통신 링크는 브로드캐스트 지향의 통신 프로토콜인 CAN(Controller Area Network)을 기반으로 하고 있다. CAN프로토콜은 ABS나 에어백 제어와 같이 빠른 응답과 높은 신뢰성을 갖추고 있다. 사용되고 있는 CAN제어기는 높은 온도 정격과 잡음에 대하여 강건하여 산업용 자동화 시장에도 적합한 기능을 갖추고 있다. NMEA2000은 GPS수신기, 수심 탐지기, 전자해도, 운항장비, 엔진, 탱크레벨센서 등의 선박 내 전자 장치간의 통신과 해양 데이터 네트워크를 위한 전기 및 데이터 사양을 정한 것으로 CAN을 기반으로 한다. 미국의 NMEA(National Marine Electronics Association)이 NMEA2000에 대한 규격을 제정하고 관리 운영하고 있다. NMEA2000은 SAE J1939 상위레벨 프로토콜을 기반으로 자체 메시지를 정의하고 있어 NMEA2000 장비와 J1939 장치는 같은 물리 네트워크 사이에서 공존할 수 있도록 되어 있다. NMEA2000(IEC61162-3)은 시리얼 통신 표준 기반으로 NMEA0183(IEC61162-1)을 계승한 것이다. NMEA0183이 시리얼 통신 프로토콜 기반의 단일 송신기, 다중수신기를 요구하는 반면에 NMEA2000은 다중 송신기, 다중 수신기 데이터 네트워크를 지향하고 있다.

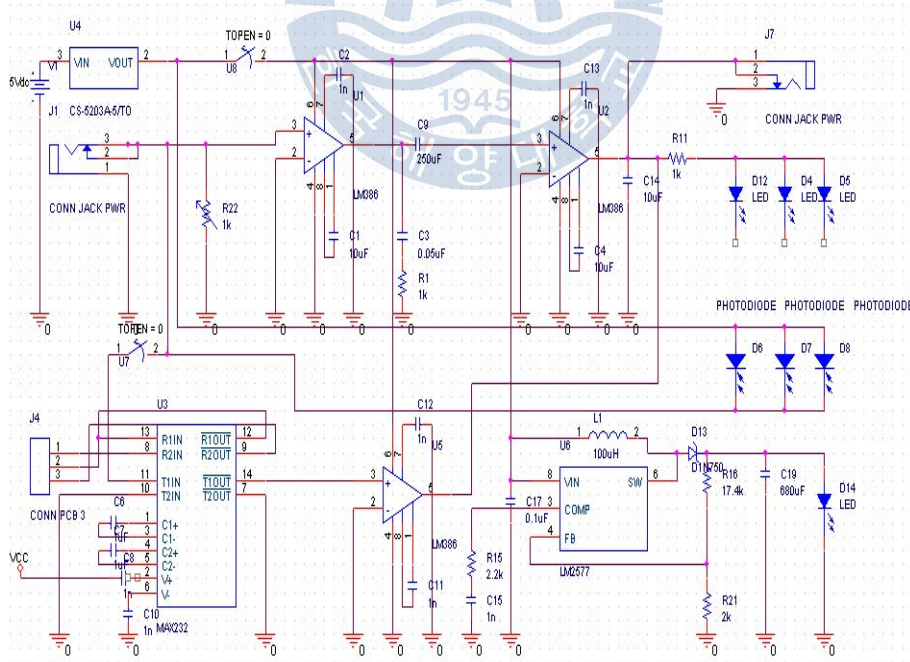
제 4장 실험 및 결과

4.1 단방향 가시광 통신

<표 2.1>은 실험에 사용된 부품을 나타내며 <Fig.6>은 텍스트파일 및 음성신호를 양방향통신으로 구현된 모듈의 전체회로도이다.

<표 2.1> 실험에 사용된 부품

실험 소자	소자 명칭 및 특성
LED	확산형 고휘도 LED
OP AMP	LM386
PHOTO DIODE	SFH213
TRANSCIEVER	MAX232
PHONE JACK	스테레오 PJ-325
VOLTAGE CONVERTER	ICL7660SCPAZ



<Fig.6> 시스템 회로도

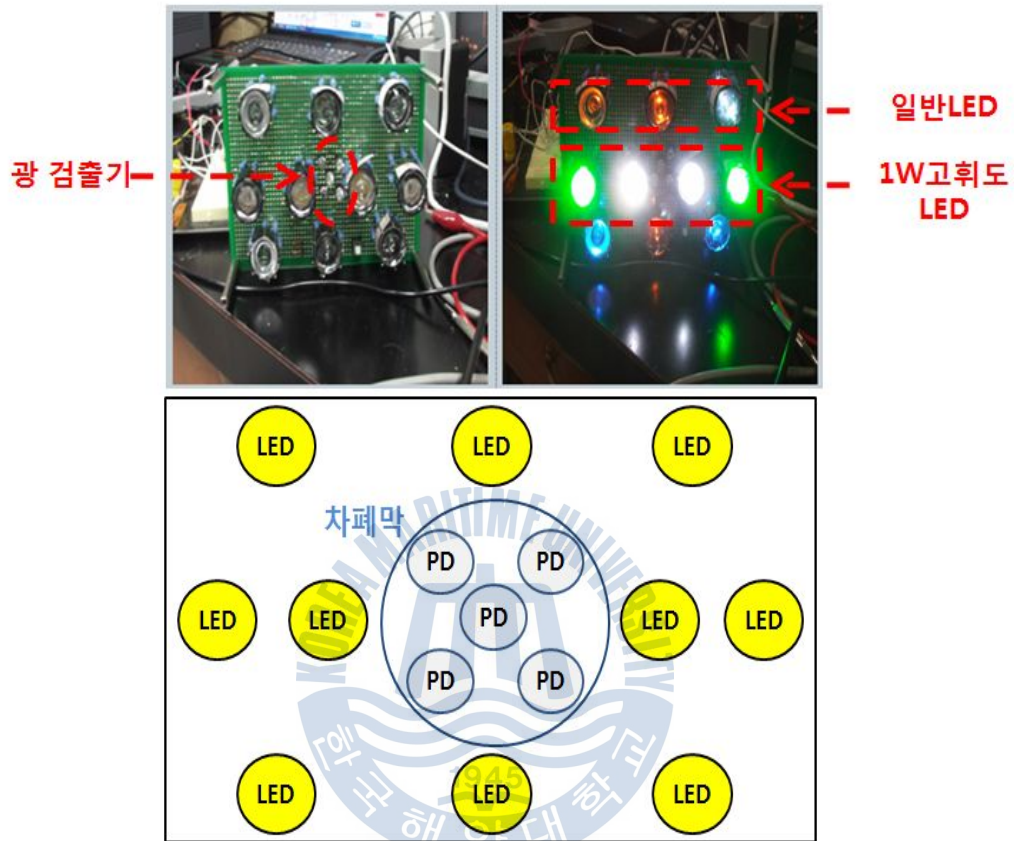
<Fig.6>에 나타난 회로도 는 텍스트파일 기반의 데이터 또는 음성 신호를 선택적으로 하여 두 가지 기능에 대한 양방향 통신이 가능하도록 설계된 회로이다[9].

먼저 텍스트파일의 경우, PC의 직렬포트에서 채널드라이버를 통하여 5V의 TTL신호 레벨로 변환이 된다. 변환된 신호는 오디오신호 증폭 IC인 LM386N을 거쳐 LED의 전원으로 인가된다. 음성신호도 마찬가지로 폰 잭을 통하여 추출된 신호는 오디오 증폭기를 거쳐 LED 구동전압으로 인가되고 ON-OFF 스위칭을 통하여 전송 된다. 광 검출기는 가시광을 통하여 전송되는 데이터를 전기적인 신호로 변환, 증폭기를 통하여 음성신호로 복조되거나 채널드라이버를 통하여 텍스트 파일로 복원이 된다. 텍스트파일에 대한 신호 또는 음성 메시지의 신호는 LED의 구동전압으로서 동시에 동작이 될 수 없으며 선택적인 동작으로 정의가 되어야한다. 텍스트파일의 경우는 폰 잭에서 나오는 노이즈의 영향으로 디지털 파형이 깨지게 되고 반대로 음성신호의 경우는 음성신호가 제대로 변, 복조가 되지 않기 때문에 동시에 LED에서 변조가 될 수 없으며 스위치나 논리 회로를 통하여 선택적인 동작을 수행하도록 설계되었다. LM2577은 내부 oscillator를 통하여 입력전압에 따라 펄스의 속도가 변하게 된다. 즉 전압의 변화를 펄스의 변화로서 나타나기 때문에 LED를 점멸 속도를 통하여 전압의 변화를 식별할 수 있다. 즉 5V의 입력전압에서는 LED의 스위칭 속도가 빠르게 나타나지만 전압이 작아지면 펄스의 속도도 느려지고 마지막에는 LED가 꺼지게 된다.

<Fig.6>에 나타난 회로를 보면 알 수 있듯이 양방향통신을 위한 회로의 구현이 복잡하지 않고 저가로 구현할 수 있다.

가시광 조명통신을 수행하기 위해서 LED조명회로를 직접 설계 및 제작을 하였다. 시중에 판매되고 있는 LED조명의 경우 조명의 기능을 위해 고휘도 LED를 이용하기 때문에 일반 LED에 비해서 매우 효과적인 통신매체로 사용할 수 있다. 하지만 본 논문의 요지는

통신거리에 대한 연구 수행보다는 가시광 조명통신의 기초연구와 알고리즘개발에 우선순위를 두고 있으므로 일반 LED를 사용하여 기초연구를 수행한 뒤 차 후 시중에 판매되고 있는 고휘도 LED조명을 적용하여 실험을 수행한다. 기초실험을 수행하는 과정에서 기존의 LED 5개를 병렬로 연결하여 text file의 전송실험을 수행 하였지만 약 2cm 정도의 매우 짧은 통신거리를 측정하였다. 일반 LED의 경우 휘도도 낮을 뿐만 아니라 방사패턴 특성에 따라 빛의 퍼짐현상이 발생하여 효율적인 통신거리 확보에 대한 어려움을 가지고 있다. 따라서 좀 더 효과적인 통신거리 확보를 위한 방법으로 고휘도 LED와 LED렌즈를 결합하여 연구를 수행 하였다. 가시광 조명통신은 가시광의 휘도를 밝게 하여 Photo diode에서 입사되는 photon에 따른 출력 전류를 높게 하거나 또는 Photo diode 수를 많게 하여 빛의 입사에 따른 photon의 감지영역을 넓게 하여 전류의 양을 증가시킴으로서 효율적인 통신거리를 확보할 수 있다. 다시 말하면, 가시광 조명통신은 LED의 휘도와 photo diode의 개수를 통하여 효과적인 시스템을 설계할 수 있다. 또한 LED렌즈의 경우 빛의 소실을 최소화 할 수 있기 때문에 고휘도 LED와 LED렌즈를 결합하여 빛을 집광시킴으로서 효율적인 통신거리 확보를 위한 방법으로서 실험을 수행 하였다. 실제로, 고휘도 LED 4개를 병렬로 연결하고 LED렌즈와 결합한 방법을 이용하여 약 4m의 통신거리를 확보하였다. 또한 고휘도 LED 와 포토다이오드의 성능을 개선시킴으로서 더 효과적인 통신거리를 기대할 수가 있다. <Fig.7>은 실험에 사용된 LED조명모듈과 고휘도 LED와 광 검출기 배치를 나타낸다.



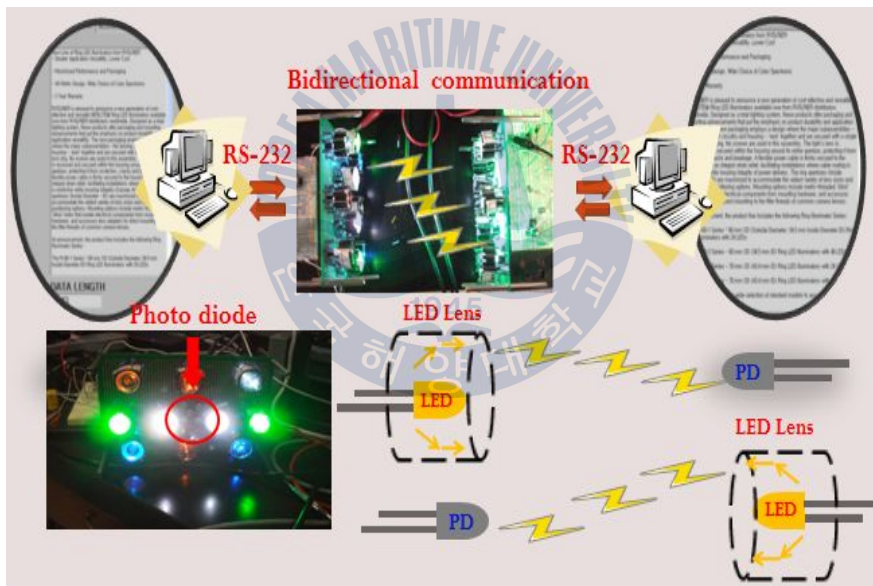
<Fig.7> LED송, 수신회로 및 소자 배열

LED 모듈은 10개의 LED로 구성이 되며 LED렌즈와 결합이 되어 빛을 집광시키고 양방향 통신을 위하여 모듈 중앙에는 photo diode가 위치하였다. 광 검출기의 경우 양방향통신을 수행함에 있어서 송신 측의 빛 신호로 인하여 수신되는 신호에 영향을 미칠 수 있기 때문에[8] 차단막을 통하여 반드시 송신 측의 빛신호의 간섭으로부터 보호되어야 한다. 따라서 <Fig.7 >에 나타난 것처럼 LED모듈은 결합된 LED렌즈에 의해 차단막을 형성하여 송신신호의 간섭으로부터 보호된다. 또한 고휘도 LED는 일반 LED보다 매우 높은 휘도를

가지고 있기 때문에 통신거리확보에 용이하다.

본 논문에서는 가시광 조명통신에 대한 기초연구를 수행함에 있어서 2가지의 어플리케이션에 적용을 하여 실험을 수행하였다. 첫째는 직렬포트로 연결된 서버와 호스트상의 모니터링 프로그램을 구현하여 PC상의 텍스트기반의 파일을 가시광을 통하여 다양한 통신 속도의 환경에서의 송, 수신에 대한 연구를 수행하였고 두 번째는 오디오 메시지를 가시광 조명통신에 적용하여 가시광을 통하여 음성신호를 재생하는 연구를 수행하였다.

<Fig.8>는 텍스트파일 전송에 따른 전체적인 시스템 환경을 나타낸다.



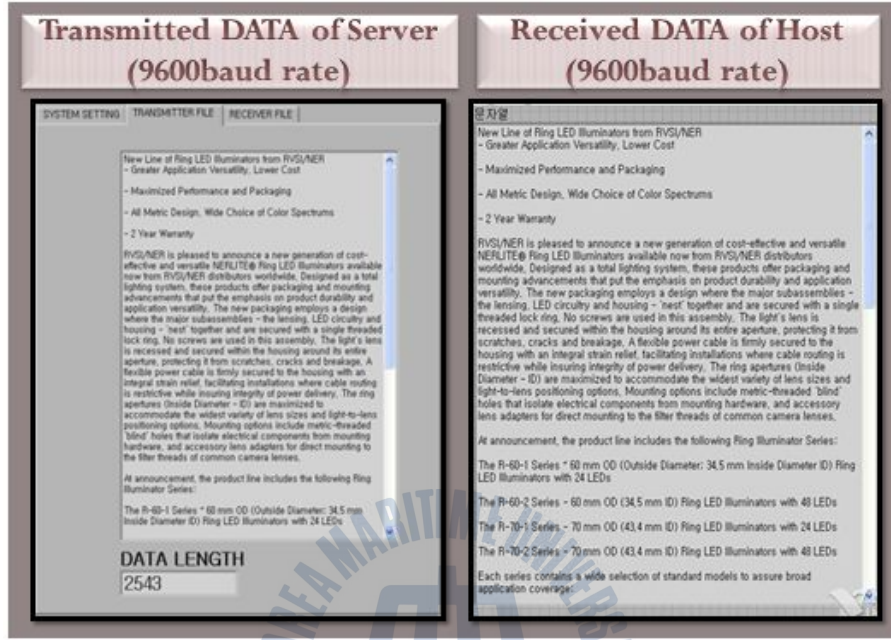
<Fig.8> LED 송, 수신 회로를 통한 텍스트 파일 전송

직렬포트기반의 가시광통신을 수행하기위해 서버와 호스트를 그래픽 언어인 Labview를 이용하여 모니터링 프로그램을 구현을 하여 모니터링 프로그램 상에서 텍스트 파일을 선택하거나 또는 텍스트를 작성을 하여 호스트로 전송하였다. 텍스트기반의 데이터는 직렬

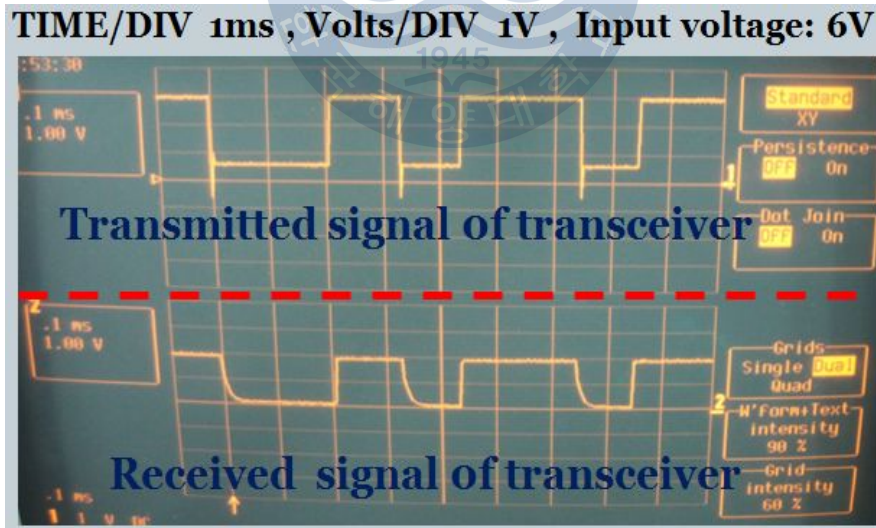
통신포트 상에서 데이터를 쉽게 송, 수신할 수 있게 하고 모니터링 프로그램을 통하여 다양한 baud rate에 따라 오류에 대한 계측이 용이하다. 또한 텍스트 파일은 직렬통신라인에서는 ASCII 코드 값을 가지는 디지털 펄스로서 직렬통신라인으로 전송이 되기 때문에 LED의 ON-OFF 스위칭으로서 변조 하기가 유리하고 또한 수신측에서는 ASCII값으로 쉽게 복조할 수 있지만, 동영상이나 음악, 그림파일 같은 경우는 복잡한 프로토콜에 의하여 데이터를 나타내고 있기 때문에 디지털 펄스로 변조 및 복조를 수행하기위한 소프트웨어 와 하드웨어적인 부분이 추가가 되어야 함으로 모니터링 프로그램 상에서 연동되기가 어렵고 동영상의 경우, 변조가 되었다고 해도 고속의 변조 주파수가 필요하기 때문에 만약 광 검출기에서 감지할 수 있는 펄스 타이밍보다 작게 되면 실질적으로 복조를 하는데 한계를 가지는 문제[7]가 발생하게 된다.

따라서 텍스트기반의 파일을 다양한 환경에서 LED 가시광을 이용하여 서버와 호스트상의 양방향통신을 통하여 에러발생에 따른 최대통신거리 및 최대 baud rate측정하는 실험을 수행하였다. 실험 방법을 살펴보면 서버에서 호스트로 선택된 텍스트 파일을 직렬포트를 통하여 전송을 하여 송신회로를 거쳐 가시광으로서 수신측에 전송하게 되고, 수신측에서는 텍스트파일이 올바르게 전송되었는지 모니터링 프로그램을 통하여 확인을 한다. 반대로 호스트에서 전송된 텍스트파일을 서버 측의 모니터링프로그램에서 수신된 데이터와 비교함과 동시에 Baud rate를 다양하게 하여 비트의 오류가 없는 최대 전송거리 및 최대 Baud rate를 측정하는 실험을 수행하였다. <Fig.9> (a)는 서버와 호스트 상의 텍스트 파일을 전송하기 위해 구현된 모니터링 프로그램에서 가시광을 통하여 전송된 텍스트 파일과 수신된 텍스트파일을 나타내고 (b)는 송신기에서의 LED ON-OFF 스위칭에 의하여 변조된 텍스트 펄스와 수신기 상에서 Photo diode를 통하여 복조된 텍스트 펄스를 나타낸다. (b)의 경우는 오실로스코프 상에서 2개의 채널을 할당하여 동일한 시점에서의

서버와 호스트에서의 송, 수신 신호를 비교한 것이다



(a) 서버와 호스트에서의 송·수신 텍스트 비교



(b) 송·수신 데이터 펄스 파형 비교

<Fig.9> 송, 수신 텍스트 및 ASCII 펄스 코드 비교

텍스트파일 전송에 따른 환경으로 데이터 비트는 8비트로 하고 패리티 비트와 흐름제어는 없는 상태에서 9600Baud rate 하여 양방향으로 통신을 수행하여 텍스트기반의 데이터를 가시광으로 통신이 되는 것을 확인을 하였다. <Fig.9> (b)를 보면 알 수 있듯이 반도체소자를 통하여 복원된 데이터가 환경적인 요소로 인하여 펄스의 퍼짐현상이 발생이 되지만 데이터를 전송하는 데는 별다른 문제가 발생되지 않는 것을 확인하였다. 반도체기술이 발달함에 따라 이러한 펄스퍼짐현상도 머지않아 극복할 수 있으리라 기대된다. 모니터링 프로그램을 통하여 데이터 비트를 8비트로 설정한 상태에서 baud rate를 1200, 2400, 4800, 9600, 19200으로 다양하게 하여 최대 전송 가능한 Baud rate와 최대 통신거리에 대한 연구를 수행하였다. <표4.1>이러한 연구에 따른 결과를 나타낸다.

<표4.1> Baud Rate에 따른 최대 가시광 통신거리

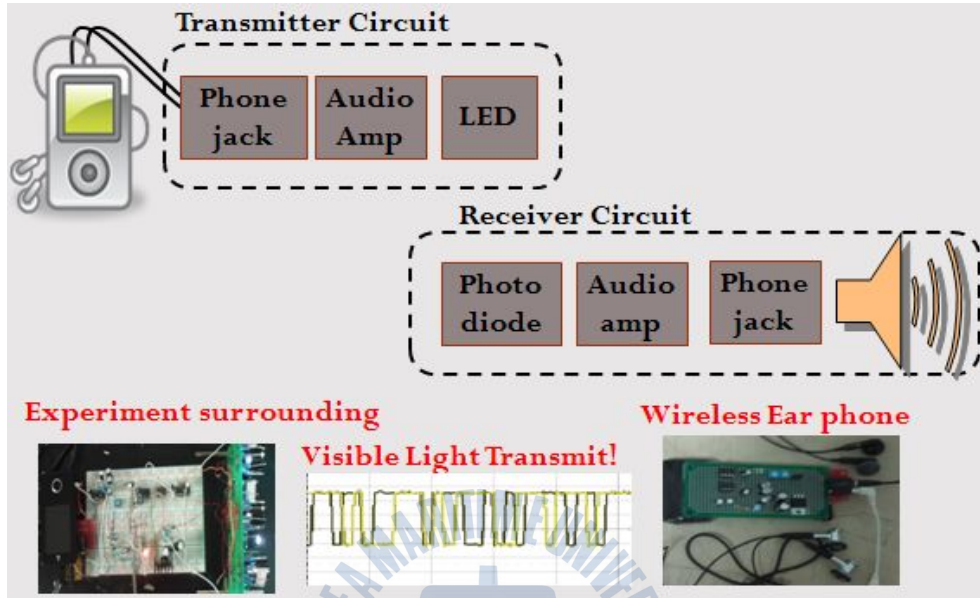
실험 환경	Baud Rate	최대 전송거리(m)
데이터 비트:8 패리티 없음. 흐름제어 없음.	1200	4.2
	2400	4.1
	4800	4.0
	9600	3.8
	19200	전송불가

위의 그림에서 중요한 사항은 Baud Rate 가 높을 수록 에러가 발생되지 않는 최대 전송 거리가 짧아진다는 것을 실험을 통하여 알 수 있었다. 최대 전송거리를 넘어서게 되면 텍스트 파일에 대하여 문자가 깨어지는 현상이 발생되었고 거리가 멀어질수록 에러비트의 발생 수도 증가하여 나중에는 텍스트의 내용을 식별할 수가 없었다. Baud Rate가 19200의 경우 가시광을 통한 송, 수신자체가 불가능한 것을 실험을 통하여 확인하였다.

4.2 오디오 음원 전송

오디오 음원으로 나타나는 주파수를 디지털 펄스로 신호로 하여금 LED ON-OFF스위칭을 통하여 가시광으로 전송될 수 있다[3].

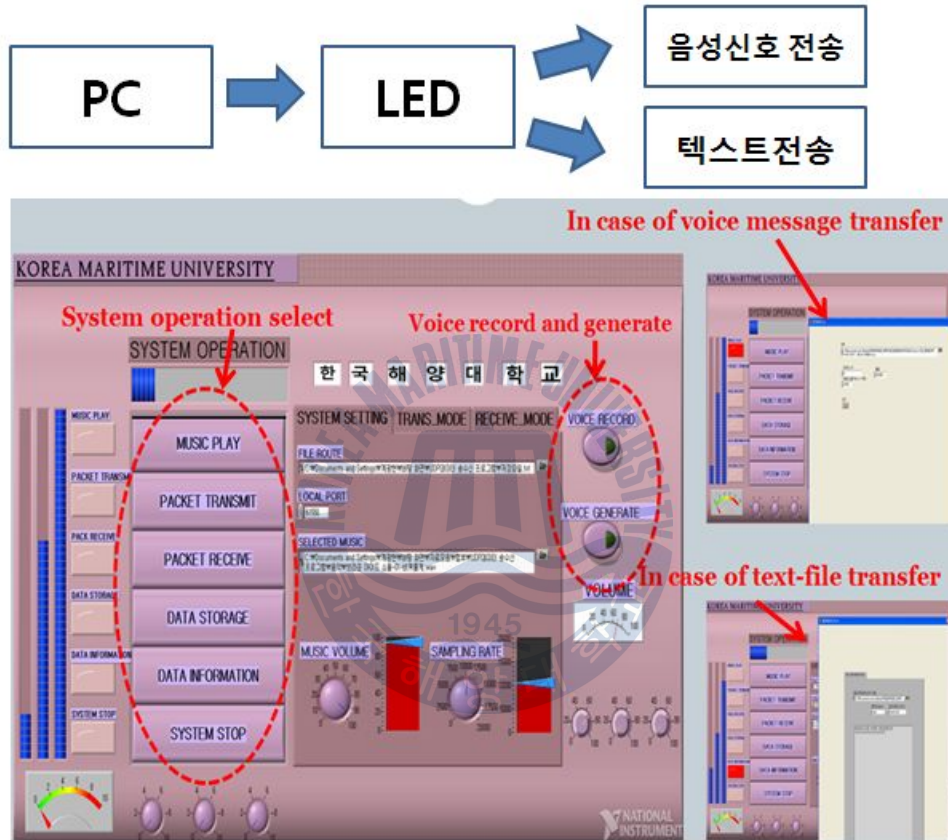
실험환경은 텍스트파일 전송과 같으며 다만, 텍스트파일의 입력신호 대신에 MP3나 CD play에서 음성신호를 추출하여 입력신호로서 나타내는 차이를 가지고 있다. 물론 PC에서 사운드카드를 통하여 재생되는 음성신호도 마찬가지로 입력신호로서 사용을 하여 연구를 수행하였다. 먼저 MP3에서 음성 신호를 phon jack을 통하여 음성신호를 추출한다. 추출된 신호는 수 mV 로서 매우 미약하기 때문에 op amp를 통하여 신호를 증폭을 하고 디지털 신호로 변환이 되어 LED의 입력전원으로 인가가 된다. 인가된 전압에 의한 LED의 ON-OFF 펄스로서 음성신호를 가시광으로 표현하게 되고 광 검출기를 통하여 빛신호를 전기적인 신호로 변환, 증폭기를 통하여 미세한 신호를 증폭을 시키고 최종적으로 스피커나 이어폰을 통하여 음성신호를 재생하게 된다. <Fig.10>은 음성신호 전송의 따른 송신측과 수신측에서 측정된 펄스파형과 음성신호를 나타내기 위해 제작된 무선이어폰을 보여주고 있다.



<Fig.10> 가시광을 통한 음성 신호전송 환경

무선이어폰의 경우 3개의 광 검출기를 이용하여 수신회로를 구현하였으며 2개의 가변저항을 통하여 음성신호의 볼륨을 조절하거나 거리가 멀어짐에 따라 포토다이오드의 전압을 높게 하여 음성신호를 나타낼 수 있도록 하였다. 텍스트파일의 경우와 마찬가지로 가시광으로 전송되는 MP3의 음성신호를 약 4m정도의 거리까지 음성신호가 재생되는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 앞서서도 언급했듯이 LED의 휘도를 높게 하거나 광 검출기의 개수를 많게 하여 더 먼 거리에서도 음성신호가 재생될 수 있게 시스템을 설계할 수 있다. 최종적으로 이 두 가지의 기능을 수행하는 모니터링 프로그램을 Labview로 구현하여 나타내었다. 즉, 다양한 버튼을 통하여 양방향으로 텍스트기반의 데이터를 송, 수신할 수 있고 모니터링 프로그램 상에서 데이터 비트의 오류가 발생되었는지 시각적으로 알아볼 수 있도록 하였다. 또한 음악파일이나 음성을 직접 녹음 하고 녹음

된 음성신호를 가시광으로 전송, 제작된 무선이어폰 녹음된 음성신호가 재생이 되는 것을 확인할 수 있었다. <Fig.11>은 텍스트파일 전송 및 음원전송을 수행한 Labview기반의 모니터링 프로그램을 나타낸다.



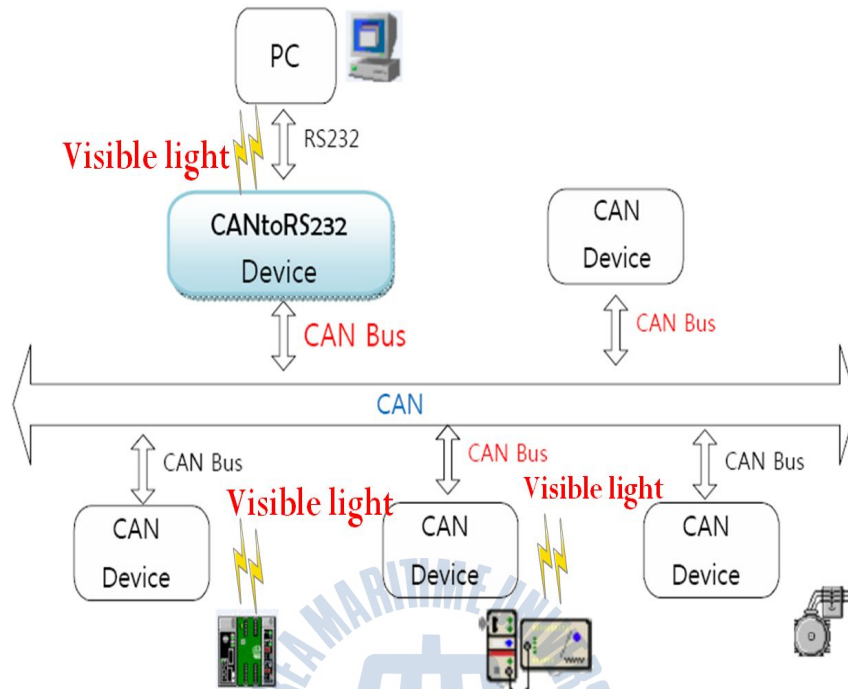
<Fig.11> 텍스트 파일과 음성신호 전송을 위한 모니터링 프로그램

구현된 모니터링 프로그램은 서버와 호스트에 대한 양방향 통신기반으로 동작한다. UDP 또는 TCP프로토콜 기반에서 서버와 호스트를 구현하고 PC상에 텍스트 파일 및 음성메시지를 직렬포트를 통하여 가시광으로 호스트로 전송하게 된다. LabView의 음성녹음을

지원하는 라이브러리 함수[11]를 통하여 음성신호를 일정시간동안 녹취하여 녹음된 음성신호를 가시광으로 전송, 무선이여폰을 통하여 가시광으로 전송되는 신호를 나타낼 수 있다. 또한 서버의 OS상에서 파일 Open에 관련된 라이브러리 함수[11]를 사용하여 MP3와 같은 음성신호 및 텍스트내용을 가시광을 통하여 호스트로 전송할 수 있도록 구현되었다.

4.3 CAN 기반 가시광 통신

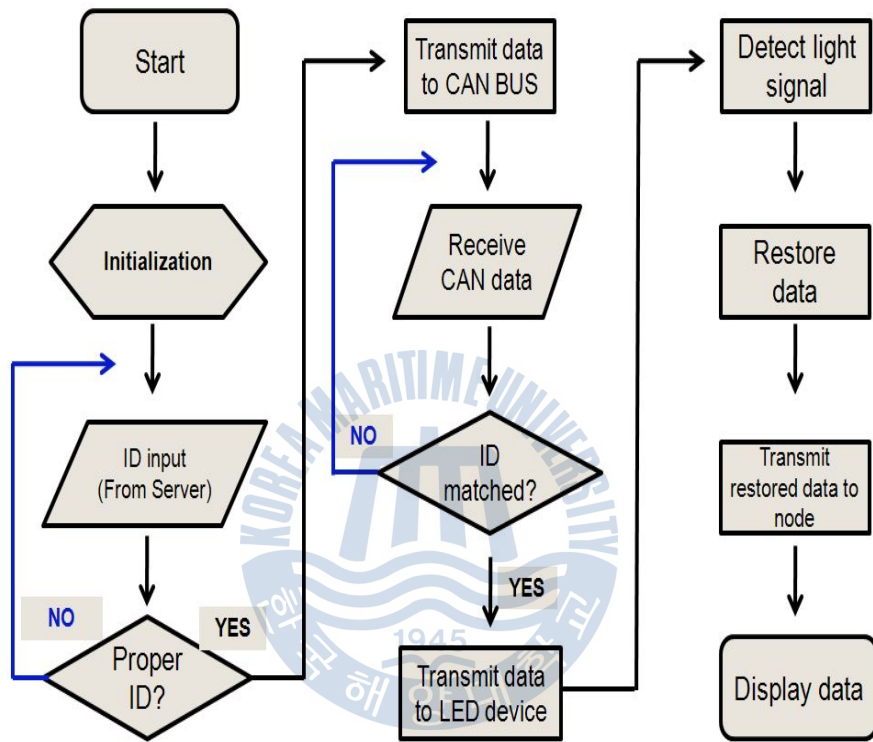
CAN(Controller Area Network)는 일대일 통신기반인 USART와는 달리 CAN BUS 상에 링크된 단말장치 간 멀티통신이 가능하며 설치가 쉽고 저가이며 토폴로지에 따른 링크의 효율을 높일 수 있는 등 네트워크의 적용에 있어서 많은 장점을 가지고 있다. 무엇보다도 ID부여를 통하여 메시지전송의 우선순위와 메시지 수용여부를 설정할 수 있기 때문에 설정여부에 따라 다양한 기능의 어플리케이션으로 활용될 수 있을 뿐만 아니라 CAN기반의 선박의 통신프로토콜인 NMEA2000과 자동차등 다양한 산업분야에 활용이 되고 있는 만큼 가시광 통신을 적용한 어플리케이션구현을 통하여 무한한 기술경쟁력과 산업적 가치를 가지고 있다. <Fig.12>CAN통신을 적용한 가시광 조명통신에 대한 전체적인 시스템 구성을 나타낸다.



<Fig.12> CAN통신링크에 가시광 조명통신을 적용한 시스템 구성도

CAN BUS 상에 CAN 컨트롤러를 가지는 호스트가 연결되어 각 각의 호스트는 고유의 ID를 가지게 된다. 각 호스트들은 CAN BUS 상으로 전송되는 모든 메시지에 대하여 수용할 수 있는 권한을 가지고 있으며 고유의 ID를 통하여 메시지의 수용여부를 결정할 수 있다. 또한 호스트들의 USART포트 에는 LED의 조명과 연결이 되어 있어 USART 통신포트로 전송되는 데이터 펄스의 ON-OFF Keying을 통하여 단말장치로 데이터를 전송하게 된다. 단말장치는 호스트로부터 수신된 데이터를 PC상으로 나타내어 모니터링 하게 된다.

<Fig.13>CAN통신을 적용한 전체적인 시스템의 블록다이아 그래프를 나타낸다.



<Fig.13> 시스템 블록다이어그램

먼저 서버에서 직렬통신포트를 통하여 전송되는 텍스트 기반의 데이터는 멀티채널드라이버를 통하여 TTL 신호레벨로 변환이 된다. 직렬포트는 약 ±12V의 전압레벨을 가지고 있기 때문에 과전압으로 인한 LED의 파괴가 우려되므로 곧바로 LED의 인가전압으로 쓰기에는 적합하지 않다. 따라서 채널드라이버를 통하여 12V를 5V의 TTL레벨의 신호로 변환되어 적절한 LED의 인가전압으로서 출력이 된다. 시스템이 조명통신을 수행하는데 있어서

계속적으로 조명이 켜진 상태에서 통신이 이루어져야 하기 때문에 조명의 기능을 위한 기준전압이 필요하다. 또한 주위의 빛이나 환경에 따른 노이즈에 대한 영향을 최소화하기 위해서 2개의 Op amp를 이용하여 회로를 설계를 하였다. 먼저 2개의 Op amp를 쓴 이유는 한 개의 Op amp를 쓰는 경우는 매우 고이득의 Op amp가 필요하기 때문에 비용의 효율성을 위하여 저 비용의 Op amp를 통하여 고 이득을 얻을 수 있고 또한 10개의 LED의 구동에 있어서 전류의 양을 충분히 하기 위하여 2개의 Op amp를 시스템에 적용하였다. 2개의 Op amp를 통한 출력전압은 LED의 인가전압으로서 LED의 ON-OFF 스위칭으로 데이터를 변조하게 되고 가시광으로 무선 링크를 통하여 수신기로 전송된다. 수신기 측의 광 검출기는 송신기에서 전송된 가시광을 감지하여 빛에너지를 전기적인 신호로서 나타낸다. 감지된 데이터는 수 mV 로서 매우 미약하기 때문에 증폭기를 통하여 증폭을 하게 된다. 증폭된 신호는 채널드라이버를 통하여 다시 직력통신신호로서 변환이 되고 RS-232 통신으로 호스트로 전송, 모니터링 프로그램을 통하여 텍스트파일로 복원된다[6]. <Fig.14>는 CAN통신링크로 연결된 호스트와 데이터를 송, 수신할 수 있는 단말장치를 나타내고 있다.



<Fig.14> CAN 통신을 적용한 가시광 조명통신 시스템 구성도

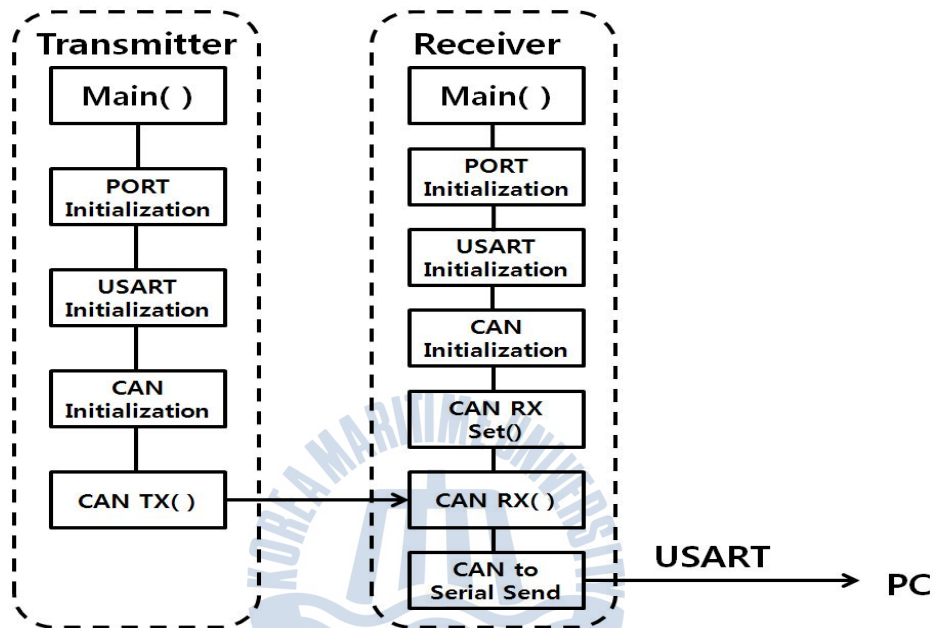
호스트와 단말장치에는 LED조명과 광 검출기를 구성하고 있어서 가시광을 통하여 데이터를 전송할 수 있으며 광 검출기를 통하여 LED의 가시광으로 전송되는 데이터를 수신할 수 있다. 즉 양방향 통신을 적용하여 CAN BUS에 연결된 호스트 간 또는 단말장치 간 능동적으로 데이터를 송, 수신할 수 있게 된다.

본 논문에서는 LED조명의 인프라가 지속적인 증가추세에 있는 만큼 선박이나 실내의 조명등이 LED조명으로 대체가 되고 충분한 기반시설을 갖추었을 경우 CAN통신링크를 활용한 가시광 조명통신에 대한 어플리케이션의 적용가능성에 대하여 제시하는 것을 목적으로 한다. CAN BUS 상에 서버와 호스트의 기능을 수행 할 2개

이상의 CAN 컨트롤러를 연결을 하고 각 각의 컨트롤러의 USART 통신포트에 LED의 조명의 전원 부를 연결을 한다. CAN 컨트롤러는 한 개 이상의 CAN BUS를 지원하는 마이크로프로세서를 말하며 본 논문에서는 AT90CAN128 모듈을 사용하였다. 통상적으로 AVR은 두 개의 USART포트를 가지며[13] AT90CAN128모듈 또한 2개의 USART통신포트를 가진다. 서버쪽에서의 하나의 USART포트는 PC의 시리얼 통신포트와 연결이 되어 PC상에서 받은 데이터를 CAN BUS 상에 연결된 호스트로 데이터를 전송할 수 있도록 하고 다른 한쪽은 LED조명의 전원부와 연결을 하여 CAN BUS 상에서 수신 받은 데이터를 LED의 가시광 조명의 ON-OFF신호로 전송을 할 수 있도록 한다[13]. 여기에서 서버는 PC로부터 수신된 데이터를 CAN BUS 상으로 보내는 쪽을 말하며 호스트는 데이터를 수신 받는 쪽을 말한다. 서버와 호스트에서의 기본동작을 살펴보면 먼저 서버는 PC로부터 시리얼 통신포트를 통하여 호스트로 보내고자 하는 데이터를 수신 받게 된다. PC로부터 수신 받은 데이터는 CAN 컨트롤러 상에서 ID, IDE, DLC, Data를 가지는 MOb로 나타내게 되며 CAN통신과 관련된 다양한 레지스터설정을 통하여 우선순위 및 통신모드와 같은 기능을 설정하게 된다. 서버에서는 PC로 부터 수신 받은 데이터를 MOb상의 데이터에 매핑이 되어 CAN 버스를 통하여 호스트로 전송이 된다. 서버에서 CAN BUS 상으로 전송된 MOb는 CAN BUS 상에 연결된 모든 호스트로 전송이 되며 호스트에서는 MOb의 ID 및 IDE를 통하여 수신여부를 판단하게 된다. 즉 호스트에서는 메시지 수신에 대한 동작을 설정하게 되는데 ID MASK를 통하여 수용하고자 하는 MOb의 범위를 설정하여 메시지의 수용 여부를 판단하게 된다. 호스트에서는 MOb가 ID MASK를 통하여 수신조건을 만족하면 수신된 데이터를 USART통신포트에 연결된 LED조명의 ON-OFF신호로 데이터를 나타내고 LED조명의 가시광이 미치는 모든 범위 내에 위치한 단말장치로 데이터를 가시광으로써 전송하게 된다. 만약 수신조건이 만족되지 않으면 수신된 데이터는 폐기가 된다. 호스트의 LED조명으로 전송되는 데이터는 조명의 가시광이 미치는 범위 내에 위치한 단말장치로 전달되고 단말장치에 연결된 포토다이오드를 통하여 수신된 빛 신호를 전기적인 신호로 변환하고 Amp를 통하여 원래의 데이터 신호로 복원하

여 PC의 USART 포트를 통하여 데이터를 전송하게 되고 모니터링 프로그램에서는 수신 받은 데이터를 모니터링 하게 된다.

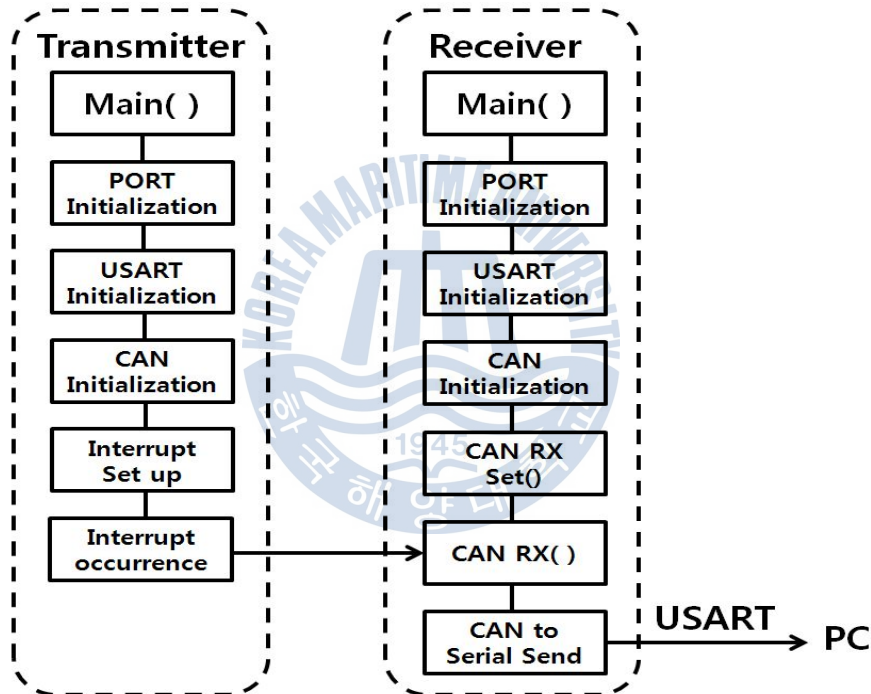
<Fig.15>는 CAN을 적용한 기본적인 통신 알고리즘을 나타낸다.



<Fig.15> 서버와 호스트 간 기본적 CAN 통신 알고리즘

서버에서는 먼저 Main() 함수를 통하여 CAN 컨트롤러인 AT90CAN128 모듈의 포트를 초기화하고 송, 수신 데이터를 PC상에 나타내기 위하여 USART 레지스터를 설정한다. 본 실험에서는 USART 통신 속도를 9600 Baud Rate로 설정하였다. 다음으로 CAN BUS 상에 연결된 호스트들과의 통신을 설정하기 위하여 CAN통신에 관련된 레지스터를 설정하는 함수를 통하여 250k Baud Rate로 CAN통신의 속도를 설정하였다. USART 통신 설정 및 CAN통신에 관련된 레지스터를 설정한 후 송신회로는 PC상에 연결된 시리얼 포트를 통하여 8bit의 데이터를 입력받아 ID,IDE, DLC, DATA 필드를 가지는 MOB으로 갱신이 된 후 CAN BUS 상으로

MOB를 전송하게 된다. 호스트에서는 마찬가지로 CAN컨트롤러에 대한 포트 및 USART, CAN통신에 관련된 레지스터를 설정하고 데이터를 수신받기 위한 함수를 설정한 후 CAN BUS로부터 데이터를 수신받기 위하여 대기 상태에 머물게 된다. 단 CAN 호스트에서는 서버에서 통신과 관련된 USART와 CAN에 대한 Baud Rate를 동일하게 설정되어야 한다. <Fig.16>는 단말 장치로부터 가시광으로 메시지를 입력받아 ID 비교를 통하여 선택적인 동작에 대해서 나타낸다.



<Fig.16> 인터럽트 방식을 적용한 선택적인 CAN통신 적용 알고리즘

CAN BUS 상에서 메시지의 수용 필터에 대하여 살펴보면, 호스트는 데이터를 수신하게 되면 수신된 MOB상의 $ID + RTR + RB_n + IDE$ 와 비교 마스크를 고려하여 설정한

$IDT + RTRTAG + RB_n TAG + IDE$ 가 일치가 되면 수신한 MOb가 갱신이 되어 서버에서 전송된 데이터를 호스트에서 인식을 하게 된다. 만약 CAN 표준 2.0A 버전에서 11비트 식별태그로 설정이 된 경우 ID MSK 를 111 1111 1111로 설정을 하고 ID TAG 011 0001 0111로 설정이 되면 CAN 표준 프레임에서 ID가 오직 0x310인 MOb만 수용하게 되고 ID MSK를 000 0000 0000로 설정하면 ID 0x000부터 0x7FF까지 모두 수용하게 된다.

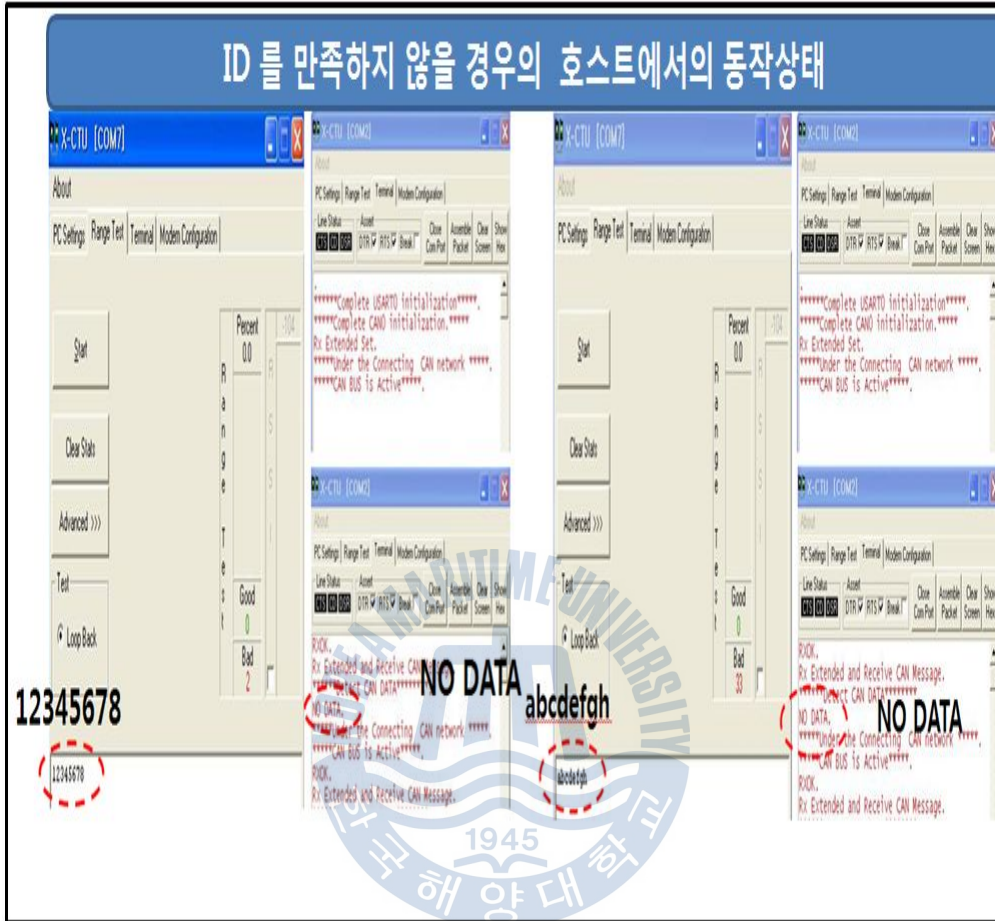
본 논문에서는 적용한 CAN 통신의 동작원리는 다음과 같다. 먼저 CAN BUS 상에 CAN 컨트롤러 및 송수신 회로가 내장되어 있는 2개 이상의 LED조명이 설치되었다.

단말장치는 PC로부터 8비트의 데이터를 수신 받게 되고 단말장치 내에 있는 CAN 컨트롤러에 의하여 ID, IDE, DLC, DATA를 가지는 MOb로 갱신이 되며[12] CAN컨트롤러의 USART포트와 연결되어 있는 LED조명의 ON-OFF 신호로써 가시광을 통하여 CAN BUS상에 링크되어있는 LED조명의 수신부로 보내게 된다. LED조명의 수신회로를 통하여 복조된 신호는 내장되어 있는 CAN컨트롤러에 의하여 설정 되어진 동작에 따라 CAN BUS상으로의 MOb 전송여부를 판단하게 되고 CAN BUS상에 링크되어 있는 다른 LED 조명 또한 내장되어진 CAN 컨트롤러에 의하여 메시지의 수용여부 및 USART포트에 연결되어 있는 LED조명으로 수신된 데이터를 전송할 것인지에 대한 동작여부를 판단한다. 이때 각 해당 조명의 가시광의 범위 내에 위치한 단말장치는 LED조명에 의해 수신 받은 데이터에 대하여 메시지의 수용여부를 결정하게 되고 만약 메시지가 수용이 되면 USART포트를 통하여 전송된 데이터를 모니터링 하게 된다. <Fig.17>는 호스트 상에서 ID가 만족했을 경우 단말장치로부터 수신 받은 데이터를 USART 통신포트로 출력되어 모니터링 되는 것을 나타낸다.



<Fig.17> MOb의 ID가 만족했을 경우 모니터링 되는 메시지

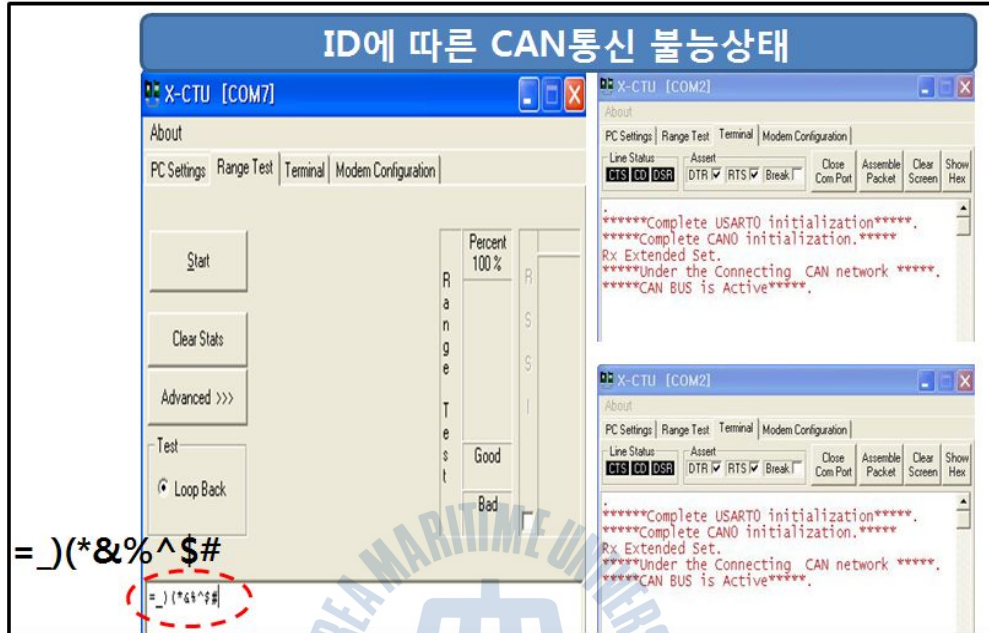
단말장치로부터 8비트의 데이터를 입력받아 데이터 입력에 따른 ID, IDE, DLC, Data의 필드를 가지는 MOb로 갱신이되어 CAN BUS 상에 있는 모든 호스트로 MOb를 전송하게 된다. CAN BUS 상에 있는 호스트에서는 ID를 비교하여 MOb의 수용여부를 결정하게 되고 만약 ID가 만족이 되면 메시지를 수용하여 CAN 컨트롤러의 USART 포트에 메시지를 출력하고 ID가 만족되지 않으면 수신된 데이터를 폐기하고 메시지 수용불가에 대한 메시지를 나타낸다. <fig.18>는 호스트에서 ID가 만족되지 않을 경우 메시지의 수용을 거부하는 것을 나타낸다.



<fig.18> MOb의 ID가 불만족 되었을 경우 모니터링 되는 메시지

CAN통신을 적용한 다른 기능으로 호스트에서는 단말장치의 가시광으로 수신 받은 8비트데이터에 대하여 CAN BUS상으로 MOb를 전송하지 않도록 할 수 있다. 이러한 경우는 데이터를 잘못 입력 받거나 외부의 조명에 대한 간섭을 회피하는 동작으로 설정을 할 수 가 있다. 본 실험에서는 단말장치로부터 특수문자가 수신되는 경우 CAN BUS상으로 통신을 수행하지 않도록 설정을 하였다.

<fig.19>는 인가받지 않은 신호에 대하여 MOb를 CAN BUS 상으로 전송하지 않고 수신 즉시 폐기하는 동작을 나타낸다.

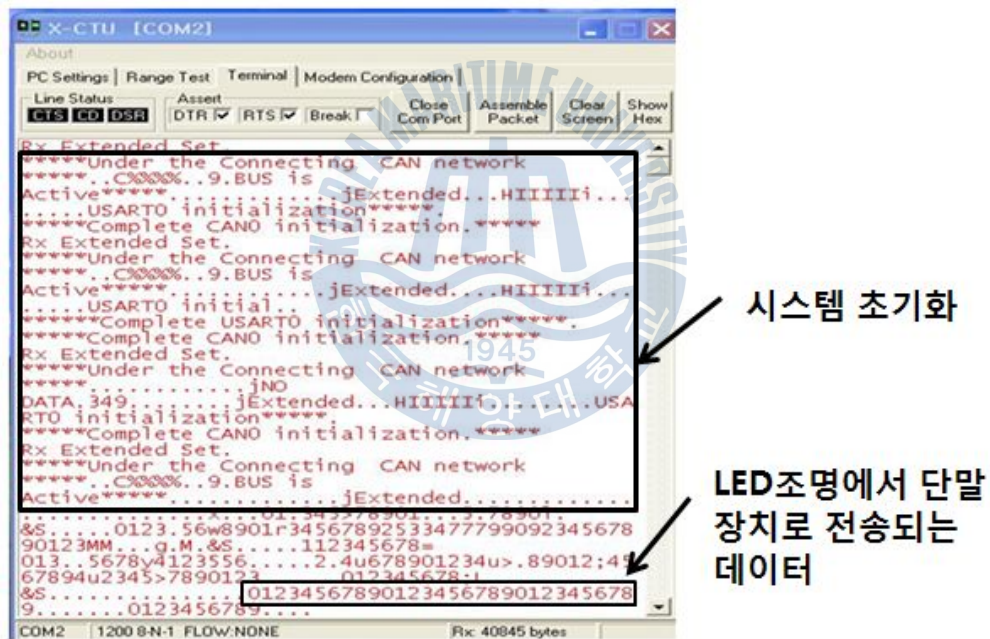


<Fig.19> 호스트에서 인가받지 권한의 MOb에 대한 폐기동작

서버와 호스트에 설정되어 있는 모니터링 프로그램은 그래픽기반의 언어인 Labview를 이용하여 구현하였으며 본 논문에서 제시한 CAN통신기능은 궁극적으로 선박 내의 조명등이 LED조명으로 대체 되었을 경우 선박의 표준통신 프로토콜인 NMEA2000과 상호작용할 수 있도록 하는데 목적을 두고 있는 만큼 모니터링 프로그램 또한 선박에 적용할 수 있는 어플리케이션으로 구현이 되었다. 하지만 CAN 통신의 경우 선박뿐만 아니라 자동차 및 자동화 분야에 적용이 되어있는 만큼 다양한 산업분야에 적용하여 관련 어플리케이션으로 개발 및 사용이 가능하다. 모니터링 프로그램에서는 선박의 선실, 기관실, 조종실, 상황실에 대하여 4개의 영역을 설정하였으며 각 영역은 고유한 ID가 설정 되어있다. 모니터링 프로그램 상에서 정보를 전송하고자 하는 호스트가 선택이 되면 MOb상의 ID는 호스트가 가지는 고유한 ID로 갱신이 된 다음 8bit의 데이터를

입력받은 뒤 CAN BUS 상으로 갱신된 MOb가 전송이 된다. CAN BUS 상에 연결된 호스트들은 수신 받은 MOb의 ID를 ID MSK로서 비교하게 되고 메시지의 수용여부를 결정하게 된다. 만약 MOb가 수용이 되면 해당 호스트는 USART포트에 연결되어 있는 조명을 이용하여 수신 받은 메시지를 가시광으로 전송하게 되고 가시광 범위 내에 위치한 단말 장치들은 전송되는 데이터를 수신하여 모니터링 프로그램을 통하여 나타내게 된다.

<Fig.20>은 송신측 단말장치가 CAN BUS 상을 거쳐 수신측 단말장치로 전송된 데이터를 수신측 단말장치에서 수신된 데이터를 나타낸다.



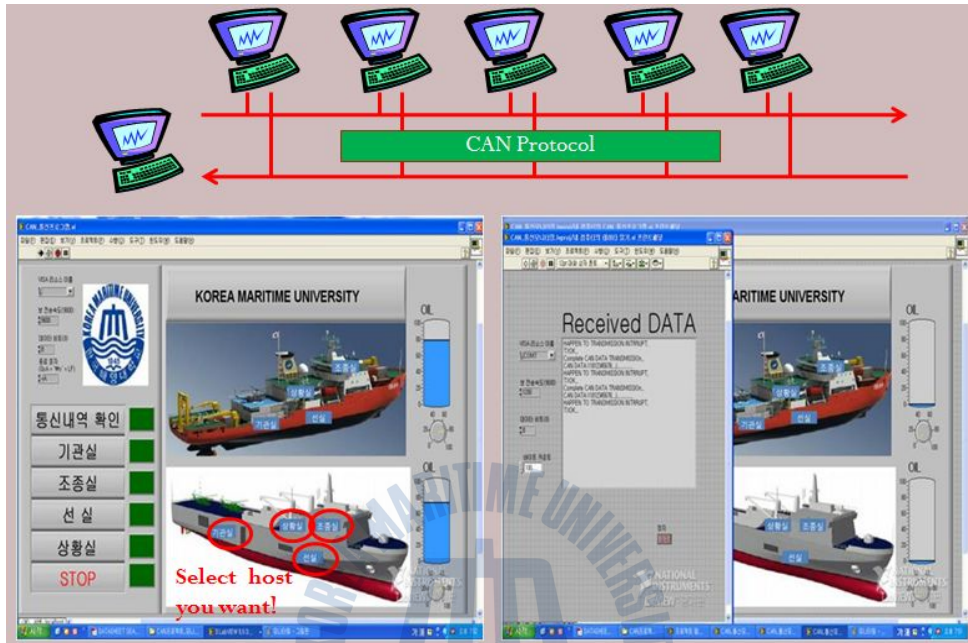
<Fig.20> CAN BUS 상의 호스트로부터 재전송된 데이터

<Fig.20>을 살펴보면 송신단말장치로부터 0~9까지의 숫자 형 데이터를 입력받게 되고 동시에 인터럽트가 발생하여 CAN통신링크에 연결된 LED조명의 수신 단에 입력받은 데이터를 전송하게 된다. LED조명에 내장되어 있는 CAN컨트롤러를 통하여 CAN 링크에 연

결된 모든 LED조명에 수신 받은 데이터를 전송하고 각 각의 LED 조명에서는 ID를 검색하여 수신 받은 데이터를 LED조명으로 전송 유무를 판별하게 되고 ID가 조건을 수렴하게 되면 수신 받은 데이터를 가시광으로 나타내게 되고, 수신측 단말장치는 가시광을 통하여 전송된 데이터를 수신 받게 된다.

<Fig.20>을 살펴보게 되면, 수신된 데이터에 비트오류가 발생되고 있는 것을 알 수 있다. <Fig.17~19>에서 나타내듯이 CAN링크에 연결된 LED조명에서는 수신 받은 데이터를 그대로 USART 포트를 통하여 올바르게 나타내고 있지만 수신측 단말장치가 건전지로 구동되는 특성상 전원의 문제로 비트의 오류가 발생하는 것을 나타내고 있다. 본 논문에서는 송'수신 단말장치를 설계하는데 있어서 하나는 220V의 전원을 DC-DC 컨버터를 거쳐 각 각 5V의 CAN컨트롤러 전압과 24V의 LED조명 전압으로 사용하도록 설계하였고 다른 하나는 휴대성을 고려하여 5V의 건전지를 사용하여 시스템의 전원으로 사용하도록 설계를 하였다. 즉, 송신측 단말장치 및 CAN링크에 연결된 LED중계 장치는 일반 220V의 전압을 DC 컨버터를 통하여 시스템이 구동할 수 있는 충분한 DC 전압을 인가받고 있기 때문에 IC와 같은 회로소자에 충분한 전류가 공급이 되어 시스템이 데이터를 송'수신하는데 있어서 오류 없이 동작되고 있지만 수신측 단말장치는 5V건전지로 구동이 되어 충분하지 못한 전류로 인하여 비트오류가 발생하는 것을 <Fig.20>을 보면 알 수 있다. LED 가시광통신은 LED의 휘도와 광 검출기의 성능에 따라 시스템 효율이 영향을 받기 때문에 송'수신 단말장치를 설계하는데 있어서 최적의 전원을 공급할 수 있는 회로설계가 요구된다.

<Fig.21>은 Labview로 구현된 모니터링 프로그램을 나타낸다.



<Fig.25>선박의 CAN통신 링크를 적용한 제어 및 모니터링 프로그램

본 논문에서는 선박의 표준 프로토콜인 NMEA2000 프로토콜을 적용하여 선택적인 공간에서의 가시광을 이용한 통신방법에 대해서 연구를 수행하였다. 따라서 모니터링 프로그램은 다양한 버튼을 통하여 선택적인 공간에 있어서 송신과 수신에 대한 메시지를 전송할 수 있으며 우선순위에 따른 양방향 통신을 수행하여 CAN BUS 상에서 유연하게 적용이 되어 사용될 수 있다. 모니터링 프로그램 상에서는 기관실, 선실, 엔진룸, 상황실에 대하여 고유의 ID를 할당하여 선택적으로 통신을 수행 할 수 있도록 구현하였다. 즉 모니터링 프로그램 상에서 원하는 공간에 대하여 CAN BUS를 통하여 데이터를 전송하고 각 각의 공간에 위치한 조명을 이용하여 단말장치로 데이터를 전송한다. 단말장치 또한 마찬가지로 CAN BUS 상에 링크된 공간에 대하여 선택적으로 데이터를 전송할 수 있다.

5장 결론

본 논문은 LED조명의 수요증가와 관련 인프라가 지속적으로 증가하고 있는 만큼 LED조명을 이용하여 조명과 동시에 통신링크로써 활용할 수 있는 가시광 조명통신에 대한 기초연구 및 CAN통신 링크를 활용한 어플리케이션의 구현에 대하여 기술한다. 먼저 가시광 조명통신의 기초연구로써 UDP/TCP 기반의 서버와 호스트를 설정하고 텍스트 기반의 파일 및 음성신호를 가시광으로써 전송하는 연구를 수행하였으며 다양한 Baud Rate에서의 전송 여부 및 양방향 통신의 적용을 통하여 다양한 어플리케이션으로 적용될 수 있는 근본적인 데이터를 제공한다. 가시광 통신의 기초연구를 수행하는데 있어서 3개의 고휘도 LED와 5개의 포토다이오드를 사용하였으며 최대통신거리는 4m이며 가시광 통신은 LED의 휘도와 포토다이오드의 성능 및 수에 의존적이며 소자의 성능개선을 통하여 효과적인 통신거리 확보에 따른 향상된 통신거리확보를 통하여 시스템의 성능향상에 대한 결과를 나타낸다. 또한 CAN 통신으로 네트워크를 확장하여 서버와 호스트 상에서 양방향 데이터전송에 따른 송, 수신에 대한 동작을 확인하였으며 ID설정을 통하여 서버와 단말장치 간 또는 단말 장치와 단말장치 간의 선택적인 기능을 보여줌으로써 CAN기반의 통신링크로써 선박의 표준 통신프로토콜인 NMEA 2000과 자동차, 자동화 분야와 같은 다양한 산업분야에서 관련된 어플리케이션 개발을 통한 시스템으로써 적용 가능성을 제시하였다. LED 조명통신의 경우 아직 국내외에서 표준화를 위한 작업이 활발히 수행되고 기초적인 연구가 아직은 미비한 만큼 신속한 기술경쟁력 확보가 필요하며 인프라구축의 활성화가 예상되는 만큼 산업전반에 걸쳐 새로운 신 성장 원동력으로써 무한한 부가가치를 창출 할 수 있는 가능성을 가지고 있다. 따라서 LED조명을 이용한 가시광 통신이 가지는 산업적 가치는 엄청나다고 할 수 있으며 본 논문에서는 기초연구를 통한 데이터 확보와 CAN링크를 활용한 어플리케이션을 통하여 CAN기반의 조명통신에 대한 연구를 장려하고 신속한 표준화를 통하여 IT강국으로써 대한민국이 독점적 기술 확보에 유리한 위치에 있게 하는데 목적이 있다.

참고문헌

- [1] M.G. Craford, "LEDs Challenge the Incandescents", IEEE Circuits and Devices, pp. 24-29, September 1992.
- [2] Grantham pang, Thomas Kwan, Chi-Ho Chan, Hugh Liu "LED traffic Light as a Communications Device" The university of Hong Kong.
- [3] E.Yang, D.Yang, G. Pang, C.Yeung, S.W. Cheung, M.Hong, P. Kwok, K.W. Tse, L.Ko and T. Kwan, "Audio Information system using light emitting diodes", Provisional US patent application.
- [4] Y. Tanaka, *et al.*, "Indoor Visible Communication utilizing Plural White LEDs as Lighting", PIMRC 2001
- [5] M. Z. Afgani, *et al.*, "Visible Light Communication Using OFDM", IEEE TRENTCOM 2006
- [6] Zeng, L., Le-Minh, H., O'Brien, D.C., Lee, K., Jung, D., and Oh, Y. "Improvement of Data Rate by using Equalisation in an Indoor Visible Light Communication System". Proc. accepted for presentation at IEEE International Conference on Circuits and Systems for Communications 2008, November 2007 pp.
- [7] Le-Minh, H., O'Brien-Dc, Faulkner, G., Zeng, L., and Lee, K.: "High-Speed Visible Light Communications Using Multiple-Resonant Equalisation", Photonics Technology Letters, 2008, 20, (15), pp. 1243-1245
- [8] Komine-T, Haruyama-S, and Nakagawa-M: "Bidirectional visible-light communication using corner cube modulator". Proc. Wireless and Optical Communication (WOC). Banff, Canada. IASTED. 24 July 2003., pp.
- [9] Paul Dietz, William Yerazunis, Darren Leigh "Very Low-Cost Sensing and Communication Using Bidirectional LEDs" TR2003-35, July, 2003
- [10] 박장식, 윤병우, "CAN통신실무", 홍릉과학출판사, 2009.09.10
- [11] 손해영, "Labview의 정석 기본편", 인피니티북스, 2009.08.06
- [12] 김경환, 오성진, 김태훈, "CAN통신을 이용한 UPS의 병렬제어", 이화전기공업, 2008
- [13] 남시병, "마이크로프로세서", 두양사, 2007.03.10