

DMX512 프로토콜에서 자동주소를 갖는 지능형 조명 단말기 개발

최성철^{1*}, 이원호¹

¹아주자동차대학 튜업모타스포츠학부

Intelligent Lighting Development having Auto-Address in DMX512 Protocol

Seong-Cheol Choi^{1*} and Won-Ho Lee¹

¹Division of Tuneup-Motor Sports, Ajou Motor College

요 약 현재의 조명 산업은 반도체 LED를 이용한 R(빨강), G(초록), B(파랑)를 각각 제어 연출하여 대형화, 시스템화 되어가고 있다. 조명 산업의 통신 제어 표준인 DMX512(ANSI E1.11) 프로토콜은 기본적으로 조명 단말기를 구별할 수 있는 주소가 필요하다. 기존의 방식은 이 주소를 조명 단말기에 어떠한 형태(Dip Switch, EEPROM에 저장, PROM에 저장)로든 부여하여 서로를 구별하고, 통신으로 전송되어온 자신의 색상 데이터를 통신 선로에서 얻을 수 있었다. 또한, 통신 규약에 의하면 DMX512 통신 프로토콜의 전기적인 특성상 조명 단말기 32개 마다 스피리터(splitter)가 필요하게 된다. 즉, 512채널이 전부 연결된다면 최대 16개의 스피리터가 필요하게 된다. 본 논문은 DMX512 프로토콜에서 이러한 단점을 해결하기 위하여 모든 단말기를 직렬로 연결하여 조명제어용 Auto-Addressing 갖는 지능형 조명 단말기를 개발하였다. 각 단말기에 주소 부여에 대한 불편함을 해소하였고, 스피리터의 사용 또한 필요없게 하였다. 또한 이 개발품을 반도체 LED 조명 단말기에 적용하여, ON-OFF제어, 디밍제어, 순차제어, 무지개 제어 등이 동작하는 것을 확인하였고, 이를 바탕으로 상용화하였다.

Abstract The lighting industry has become the bigger and more systemized using the semiconductor LED with each control R(Red), G(Green), B(Blue). The communication standard DMX512(ANSI E1.11) protocol of it basically needs the address which can be distinguished between the lighting terminals. The conventional method has to give the address of the lighting any methods like dip switch, EEROM and PROM. Then the lighting terminal can receive RGB data from DMX512 communication. According to electrical characteristics DMX512 protocol has to the splitter every 32 lighting terminals. If 512 lightings is all connected, maximum 16 splitters are needed. This paper is solved above weakness in DMX512 protocol using serial connection all lighting terminals. Also I developed the intelligent lighting terminal with auto-addressing. This was solved the inconvenience of the address assignment and the usage of the splitter. The developed products is applied and solded the semiconductor lighting terminals using ON-OFF control, dimming control, sequential control and rainbow control.

Key Words : DMX512, Lighting Terminal, Splitter, Auto-Addressing

1. 서론

친환경적, 고효율, 에너지 절감의 반도체 LED가 조명 산업으로 급격히 확산되고 있다. 이러한 LED 조명은 실

내외로 빠르게 전파되면서 형광등, 백열전구 등이 이미 개발을 마치고 판매 대기 중이다. 이러한 제품들은 대부분 연출이 필요없는 ON-OFF제어용 제품들이다. 반면, 경관조명, 무대조명 등은 점차 대형화, 시스템화 되어가

*교신저자 : 최성철(csc@motor.ac.kr)

접수일 10년 03월 17일

수정일 10년 04월 01일

게재확정일 10년 04월 09일

고 있고 제어도 ON-OFF, 순차제어, 디밍제어, 무지개제어, 앞의 두 개 이상을 조합한 복합제어 등 다양한 형태로 발전하고 있다. 이때 250Kbps의 속도를 갖는 DMX512 조명 제어용 통신 프로토콜이 사용되는데, 데이터 스트림은 8비트씩 최대 512바이트가 전송되며, 따라서 서로 다른 512개의 조명등이 연결될 수 있다. 반면 반도체 LED 조명등은 R, G, B를 각각 제어하여 이 세 색을 섞음으로써 총 24bit($2^{24} = 16,776,216$)의 다양한 색 표현이 가능하다. 또한 하나의 색을 표현하기 위하여 3바이트(채널)가 필요하므로 반도체 LED 조명(R, G, B)의 경우 DMX512에 연결될 수 있는 조명 단말기는 $170(512/3 = 170)$ 개가 된다. 조명 단말기는 서로가 구별 가능한 주소를 가지고 있어야 전송되는 비트스트림 중에서 자신의 데이터를 취할 수 있을 것이다. 이러한 기존의 방식은 어떠한 콘솔이 각 조명 단말기에 주소를 부여하던가, 아니면 스스로가 회로상에 주소를 읽어 들일 수 있어야 한다. 또한, 이러한 방법은 DMX512 송신기에 최대 32개의 수신 단말기만이 연결 가능하여 최대 512개의 단말이 연결될 때는 16개($512/32 = 16$)의 스프리터가 필요하게 되고 반도체 LED R, G, B를 각각 제어할 경우는 6개($170/32 = 6$)의 스프리터가 필요하게 된다[2][3].

[1]에서는 DMX512 제어가 전송한 칼라 데이터를 조명등이 수신하여 자신의 것은 취하고 다음 데이터는 재생하여 다시 전송하였다. 이 방식은 [1]에서 언급한 바와 같이 조명 단말기 1개를 지날 때 마다 1바이트 지연이 발생하고 전체적으로 512바이트 만큼의 시간지연(약 25~40ms)이 발생하는 단점이 있다.

본 논문은 이러한 단점을 해결하기 위해 각 조명 단말기들은 수신 칼라 데이터를 자신의 것은 취하고 다음 데이터는 바이패스 시켜 시간 지연과 소프트웨어 부담을 획기적으로 감소시킨다. 각 조명 단말기는 DMX512 통신을 수신하는 입력과 필요시 이를 바이패스하여 출력하는 출력을 별도로 설계하여 각 단말기를 직렬로 연결하였다. 따라서 주소를 부여할 필요도 없고 또한 읽어 들일 필요가 없는 자동주소를 갖는 지능형 조명 단말기를 개발하였다. 또한 직렬로 최대 512개가 연결되므로 스프리터가 필요 없도록 설계하였다.

2장에서는 DMX512 통신 프로토콜에 대해 알아보고 이에 따른 지능형 하드웨어 설계, 3장에서는 이 하드웨어를 구현하는 소프트웨어, 4장에서는 구현 사례 및 상용화를 논의하며, 5장에서는 결론 및 향후 과제에 대하여 논의 할 예정이다.

2. DMX512 프로토콜과 지능형 하드웨어 설계

2.1 DMX512 프로토콜

DMX512 통신의 데이터는 512바이트가 연속하는 비트 스트림이다. 통신의 시작을 알리기 위한 BREAK, MAB(Mark After Break), Start Code, MTBF(Mark Time Between Frame), Channel Data(512 바이트) 그리고 MTBP(Mark Time Between Packets)로 구성된다. BREAK는 신호 레벨 'Low'를 $88\mu s$ 이상 출력하여야 하며, MAB는 'High'를 $8\mu s$ 이상 출력한다.[2][4] Start Code와 Channel Data는 8bit, 2Stop Bit, No parity로 사용된다. 특히 Start Code는 8bit 전부 'Low'로 정의한다. 따라서 1 Channel Data는 $44\mu s$ 가 된다. 아래 표 1은 DMX512 타이밍 차트를, 그림 1의 프로토콜 타이밍을 보여준다.

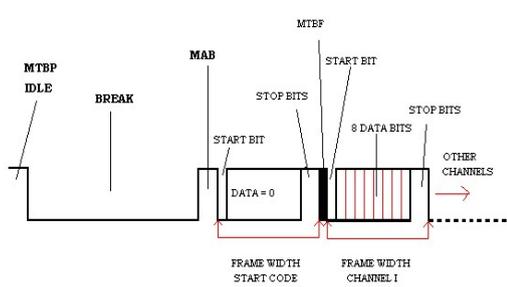
2.2 지능형 하드웨어 설계

DMX512 프로토콜의 물리계층은 송신 신호를 RS-485 방식을 사용한다. RS-485 방식은 최대 32개의 수신기를 구동할 수 있다. 이를 사용하는 DMX512는 512개의 서로 다른 조명에 데이터를 송신하기 위해서는 최대 16($512/32 = 16$)개의 신호 분배기가 필요하다. 또한, 각 조명등은 자신을 구별하는 ID 즉, address를 가지고 있어야 송신기의 512바이트의 데이터 중에서 자신의 데이터를 수신할 수 있다. 이는 매우 비효율적일 뿐만 아니라 설치 및 유지보수에도 많은 비용이 소모된다. 그림 2는 기존의 결선 방법을 보여준다.

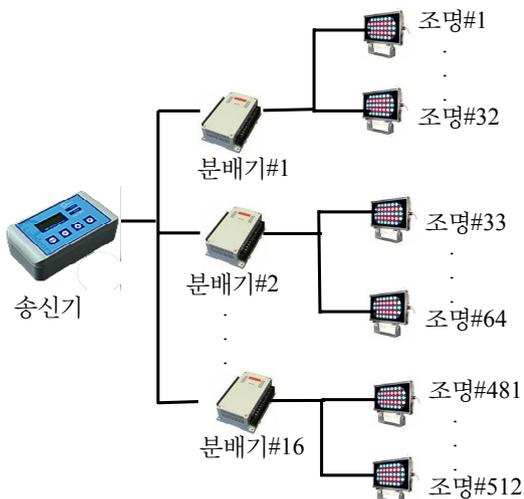
[표 1] DMX512 타이밍 차트

Description	MIN	TYP	MAX	UNIT
BREAK	88	88	1000000	usec
MAB		8		usec
FRAME WIDTH		44		usec
START/DATA/STOP BITS		4		usec
MTBF	0	NS	1000000	usec
MTBP	0	NS	1000000	usec

Note: NS means Not Specified and is designer definable



[그림 1] 프로토콜 타이밍

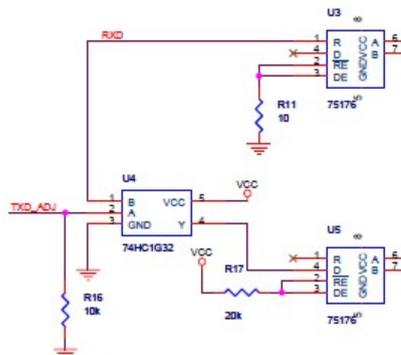


[그림 2] 기존의 결선 방법

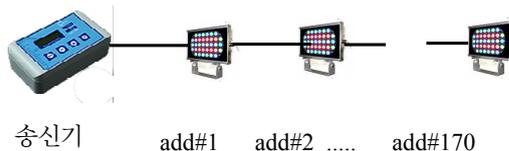
개발된 조명등 수신기는 직렬로 연결하여 송신기에 처음 연결된 조명 수신기는 address#1, 다음이 address#2 맨 마지막이 address#170이 된다. 이러한 구현을 위해 조명등 수신기에 microcontroller를 사용하여 수신된 데이터 중에서 자신의 데이터만 취하고 다음의 데이터는 바이패스 함으로서 구현하였다. 그림 3은 구현된 하드웨어를 보여준다.

그림 3의 수신기가 address#1 이라하자. U3으로 수신된 데이터는 microcontroller UART의 RxD로 입력되고 또한 U4 OR-gate의 입력이 된다. 이때 송신기와 연결된 address#1 수신기의 microcontroller는 처음 오는 채널 데이터는 수신하고 그 다음의 모든 데이터는 U4를 통하여 뒤에 연결된 수신기로 전달한다. 즉, address#1 microcontroller 출력 'TXD_ADJ'는 처음 수신된 채널 데이터는 자신의 것으로 판단하고 High를 출력하여 U4의 출력을 항상 High로 출력함으로써 자신의 데이터가 address#2 수신기로 전송되는 것을 방지한다. 자신의 데이터 수신 완료되면 'TXD_ADJ' 출력을 'Low'로 하여

입력되는 채널 데이터를 모두 address#2 수신기로 전송한다. 이러한 과정을 address#2가 address#3에 대해서도 똑같이 수행한다. 여기에서 칼라를 표현하는 조명등은 RGB 3바이트의 데이터가 필요하므로 $512/3 = 170$ 개의 조명등 연결이 가능하다.



[그림 3] 구현된 하드웨어



[그림 4] 개선된 결선 방법

그림 4와 같이 개선된 방법은 DMX512 신호를 분배하기 위한 스프리터 사용하지 않아도 된다. 조명 단말기는 DC24V 전원을 사용한다. 조명 단말기가 직렬로 연결됨에 따라 전원 역시 직렬로 연결하여 병렬연결의 불편함을 최소화 하였다. 그러나 전원은 전선의 굵기에 따라 전송거리가 차이가 나므로 사용 전원 용량과 전송거리를 계산하여 필요시 중간에 전원공급기 추가가 필요할 수 있다. 이 부분은 본 논문의 관점이 아니므로 논의를 자제한다.

3. 소프트웨어 설계

3.1 소프트웨어 장치

3.1.1 송신 UART(Universal Asynchronous Receiver and Transmitter)

DMX512 프로토콜을 구현하기 위해 송신기는 microprocessor의 UART중 송신 부분만 사용하고 수신기는 수신 부분만 사용하였다. DMX512 프로토콜에 따라

데이터 8bit, 2 stop bit, no parity 전송속도는 250Kbps로 설정하였다[5].

송신기에서 프로토콜의 처음 시작인 BREAK 신호는 표 1에서와 같이 88μs 이상 'Low'를 유지하기 위하여 UART의 TxD 핀을 I/O로 용도 변경하여 출력하였다. Timer에 88μs 설정하고 timeout 인터럽트를 이용하여 TxD 핀을 다시 UART용으로 용도 변경하여 사용하였다.

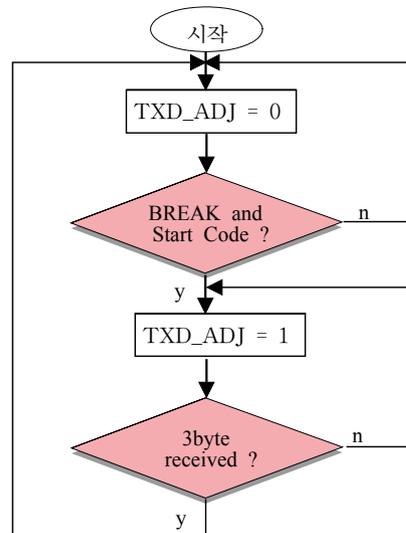
3.1.2 수신 UART(Universal Asynchronous Receiver and Transmitter)

조명등 수신기에서는 전원 입력시 microcontroller 초기화에서 'TXD_ADJ'핀의 출력을 'Low'로 한다. 이것은 송신기가 프로토콜의 처음에 송신하는 BREAK와 Start Code를 모든 수신기가 동시에 수신할 수 있도록 한다. 따라서 [1]에서의 각 조명 단말기가 신호를 수신 후 재생하는 과정의 소프트웨어 부하가 경감되고, 이로 인한 전송 지연 25 ~ 40ms가 170개의 OR-gate의 전송지연 시간 3.06μs로 개선된다.

$$(18ns \times 170 = 3060ns = 3.06\mu s)[6]$$

3.2 수신기에서 소프트웨어 구현

DMX512 통신에 연결된 모든 조명등 수신기는 전원이 인가되어 초기화 과정에서 'TXD_ADJ'핀의 출력을 'Low'로 하여 송신기가 전송하는 DMX512 프로토콜의 BREAK와 Start Code를 수신할 준비를 한다. 모든 조명등 수신기가 이 두 가지의 데이터를 수신하면 'TXD_ADJ'핀의 출력을 'High'로 하여 다음 address로 데이터가 전송되는 것을 금지한다. 이때 처음 오는 3바이트의 RGB 채널 데이터는 자신의 것으로 판단하여 이를 조명등에 칼라로 변환하여 색을 연출하고, 다음에 오는 모든 채널의 데이터는 'TXD_ADJ'핀의 출력을 'Low'로 하여 바이패스 시킨다. address#170의 조명등은 BREAK와 Start Code를 수신한 후 앞의 507 바이트의 길이에 해당하는 시간동안 'High'가 입력된다. 만약 이 시간 동안 'Low'가 입력되면 프로토콜 처음의 BREAK와 같은 신호가 되어 조명등 수신기에서 DMX512 프로토콜을 구현할 수 없다. address#170은 자신의 3바이트 데이터를 수신한 후 역시 'TXD_ADJ'핀의 출력을 'Low'로 한다. 따라서, 모든 조명등 수신기는 다음 프레임의 BREAK와 Start Code를 수신할 준비가 된다. 아래 그림 5는 조명등 수신기의 flow chart를 보여준다. 또한 그림 6은 구현 소프트웨어의 psudo code를 보여준다.



[그림 5] 조명등 수신기의 flow chart

```

//초기화
TXD_ADJ = 0;
//초기화 끝
Uart_int()
{
    //Break 신호 수신시 FE가 발생함
    if (Frame Error occurred)
    {
        //Start Code는 8bit 모두 '0'
        if( Start Code Received ){
            //U4의 출력 항상 '1'
            TXD_ADJ = 1;
            Rx_buf[Cnt] = Rcv_data;
            if( 3byte received ) {
                //데이터 바이패스
                TXD_ADJ = 0;
            }
        }
    }
}
    
```

[그림 6] 소프트웨어의 psudo code

4. 구현 사례 및 상용화

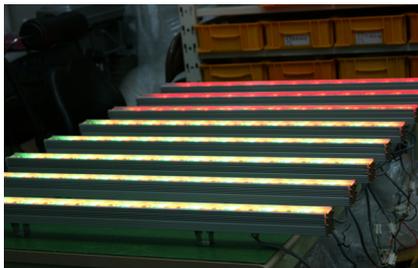
4.1 구현

위의 방법을 사용하여 개발된 조명 수신기를 라인바, 투광등, 지중등 등에 적용하여 시험하였다. 수신 회로는 동일하지만 각 제품의 특성과 모양에 맞게 PCB를 설계하였다. 아래 그림 7은 실제 개발되어 적용한 제품들의 시험 사진이다. 그림 7은 송신기의 제어프로그램에서 각

조명등에 연출 데이터를 송신하고 수신 조명등이 수신하여 빛으로 변환 출력하는 모습이다.



(a) Line Bar



(b) Line 투광등
[그림 7] 적용 사진

4.2 상용화

위의 제품들을 실제로 설치한 사례를 그림 8에 보여준다.



(a) 문화센터 경관조명(라인바사용)



(b) 마리나 제페(라인바를 이용한 도광판 사용)
[그림 8] 상용화되어 설치 사례

5. 결론 및 향후과제

DMX512 프로토콜에서 auto address를 갖는 지능형 조명 단말기를 개발하여 상용화 하였다. 설계된 회로와 소프트웨어는 정상적으로 잘 동작하고 있음을 확인하였다. auto address를 갖는 조명등을 개발함으로써 기존의 병렬 연결의 splitter 사용을 제거하였고, 생산시 address 부여 또한 필요없게 하였다. 이로써 생산 시험의 효율을 증대하였고, 또한 설치시의 간편함과 유지보수의 편리성을 극대화하였다.

현재 RGB 3바이트를 이용한 DMX512는 최대 170개의 조명등을 제어할 수 있다. 그러나 조명 연출이 대형화 시스템화 되는 현재 상황에는 매우 부족한 숫자이므로 송수신기의 계층적 구조를 개발하여 제어 숫자를 증대시킬 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 신승은, "DMX-512(ANSI E1.11) 프로토콜을 이용한 LED 조명제어용 데이터 체인 시스템의 구현에 관한 연구", 연세대학교 공학대학원 석사 논문, 2008.2.
- [2] 웹사이트 <http://www.luminary.kr> 기술자료실
- [3] 손수국, 한영석, "LED 조명장치를 위한 새로운 WDMX 제어기 구현", 조명전기설비학회 논문지, 제 22권, 제10호, pp. 1-7, 10월, 2008.
- [4] DMX512 Receiver Manual, pp5-17, 1999, JPK System limited
- [5] "USITT DMX512-A - Asynchronous Serial Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories", Entertainment Services and Technology Association, 2000.
- [6] www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT1G32.pdf

최 성 철(Seong-Cheol Choi)

[정회원]



- 1988년 5월 ~ 1998년 2월 : LG 산전 선임연구원
- 1998년 2월 : 연세대학교 공학대학원 전자공학과 (전자공학석사)
- 1998년 3월 ~ 현재 : 아주자동차대학 부교수
- 2002년 2월 : 아주대학교 전자공학과 박사 수료

<관심분야>

자동차임베디드 시스템, 자동차 네트워크, 자동차전기전자 정보통신, LED 조명제어

이 원 호(Won-Ho Lee)

[종신회원]



- 1992년 2월 : 아주대학교 전자계산학과(공학사)
- 1994년 2월 : 아주대학교 전자계산학과(공학석사)
- 1998년 2월 : 아주대학교 전자계산학과(박사수료)
- 1998년 3월 ~ 현재 : 아주자동차대학 부교수

<관심분야>

정보화 경영체제, 홈네트워크, 정보보호
자동차임베디드 시스템, 자동차 네트워크