

대규모 경관조명을 위한 구조와 동기화 방안 연구

최성철*, 이원호*, 문병구*, 권만준*

*아주자동차대학 자동차계열

csc@motor.ac.kr

A Study on the Structure and Synchronization method for a bigger capacity landscape lighting

Seong-Cheol Choi*, Won-Ho Lee*, Byung-Koo Moon*, Mann-Jun Kwon*

*Division of Automobile, Ajou Motor College

요 약

본 논문은 1000개 이상의 대용량 조명 연출을 위하여 조명 컨트롤러들을 마스터 1대에 최대 32대의 슬레이브를 연결 가능한 마스터-슬레이브 구조를 제안한다. 또한, 슬레이브 컨트롤러들이 설계된 하나의 연출을 실행하기 위한 동기화(synchronization) 방안도 제안한다. 본 논문에서 제안하는 방안은 마스터가 400ms마다 동기화 신호를 송신하고 슬레이브들은 이 신호를 수신하여 DMX512 출력의 기본이 되는 타이머를 초기화하여 동기화를 구현하였다.

1. 서론

친환경, 고효율, 에너지 절감의 반도체 LED가 조명산업으로 급격히 확산되고 있다. 이러한 조명 산업은 실내조명인 형광등, 백열등, 다운라이트, 팬던트등 등과 실외의 가로등, 수목등, 벽부등, 수중등 투광등 등이 LED로 개발되어 상용화 되어 있다.

이러한 반도체 기술의 발달에 힘입어 조명 연출 산업은 대용량화 시스템화 되어 가고 있다[1]. 현재, 조명 산업에서 100개 이하의 조명 연출은 소규모, 100 ~ 1000개 까지 중규모, 1,000개 이상의 조명등 제어 연출하는 것을 대규모로 분류하고 있다. 조명 산업의 통신 표준은 250Kbps의 전송속도를 갖는 DMX512 조명 제어용 표준 통신 프로토콜이 사용되는데, 데이터 스트림은 8비트씩 최대 512바이트가 전송된다[2][5]. DMX512 통신에서 1 바이트에 하나의 조명등을 연결한다면 서로 다른 512개의 조명등을 연결할 수 있다. 반도체 LED 조명등은 R, G, B를 각각 제어하여 이 3색을 섞음으로써 총 24bit($2^4 = 16,776,216$)의 다양한 색 표현이 가능하다. 또한, 하나의 색을 표현하기 위하여 3바이트(채널)가 필요하므로 DMX512에 연결될 수 있는 조명 단말기는 $170(512/3 = 170)$ 개가 된다. 이러한 물리적인 제한은 조명 연출의 경우 많은 제약이 예

상된다.

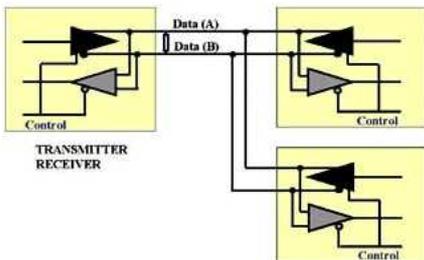
본 논문에서는 이러한 제한을 해결하기 위해 조명 컨트롤러들을 RS-485방식을 사용하여 한대의 마스터에 최대 32대의 슬레이브를 연결할 수 있는 마스터-슬레이브 구조를 제안한다. 이때 1byte 당 1 조명등의 경우 최대 16,384개(512×32), 3byte 당 1 조명등(칼라)인 경우 5,440개(170×32)가 가능한 대규모 조명 제어 시스템이 된다. 제안한 마스터-슬레이브 구조가 설계된 연출을 표현하기 위해 슬레이브 동기화 방안 또한 제안한다. 제안하는 동기화 방안은 마스터가 400ms마다 동기화 신호를 송신하고 슬레이브들이 이 신호를 수신하여 DMX512 출력의 기본이 되는 타이머를 초기화하여 동기화를 구현하였다.

2. 통신 방식

네트워크의 토폴로지는 버스형, 링형, 스타형, 멀티드롭형 등이 있다. 1대의 마스터가 32대의 슬레이브에게 동기 신호를 주기적으로 전송하면서 RS-485 신호 방식에 적합한 토폴로지는 [3]에서 스타나 링형은 신호 반사파로 인한 임피던스가 가변적이므로 추천하지 않고 멀티드롭(multi-drop)형이나 버스(bus)형을 추천하고 있다. 본 논문에서는 반사파의

제거가 용이한 멀티드롭형을 선택한다. 동기화 통신을 위하여 마스터는 슬레이브에게 주기적으로 동기용 신호를 전송하지만 슬레이브는 이에 대한 응답을 하지 않는다. 슬레이브 동기 신호는 선로 고장 또는 마스터 고장 등의 원인이 아니면 주기적으로 신호가 전송된다. 따라서 슬레이브가 동기 신호 한번 놓쳤다 하더라도 다음 동기 신호에서 복원이 가능하다. 이 부분은 다음 3장에서 자세히 논의한다.

따라서 본 논문에서 사용될 동기화 방식의 네트워크 토폴로지는 1대의 마스터에 32대의 슬레이브가 연결되는 멀티드롭형, 물리적 신호는 RS-485, 단방향통신을 사용한다. RS-485의 물리적 특성에 따라 최대 32대의 슬레이브를 연결할 수 있다.

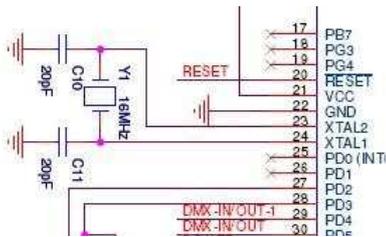


[그림 1] 멀티드롭(multi-drop) 연결

3. 소프트웨어 설계

3.1 주파수 발진기

컨트롤러의 가장 핵심은 마이크로프로세서이다. 본 논문에 사용된 마이크로프로세서는 ATMEL사의 ATMEGA2561을 사용하였다.



[그림 2] 크리스탈 회로

주파수 발진기는 16MHz의 크리스탈을 사용하였으며 그 특성은 [4]와 같다. 특히 주파수 허용오차(frequency tolerance)는 $\pm 50ppm$ 이다. 즉, 1MHz마다 $\pm 50Hz$ 의 오차가 발생할 수 있으므로 1초에 최대 800Hz의 오차가 발생할 수 있다. 만약 한 슬레이브가 1초에 최대 +800Hz 오차가 발생하고, 다른 한 슬레이브가 -800Hz의 오차가 발생한다면 두 슬레이브 사이에는 초당 최대 1,600Hz의 오차가 발생한다. 1분이면 최대 96,000Hz 6ms의 오차, 10분이면 960,000Hz 60ms의 오차가 발생한다. 만약 주파

수 발진기를 더욱 안정된 오실레이터로 교체한다 할지라도 역시 허용 오차는 존재한다. 그러므로 부자연스러운 시간이 지연될 뿐이지 이를 보정하지 않고는 해결되지 않는다.

3.2 동기화 소프트웨어 설계

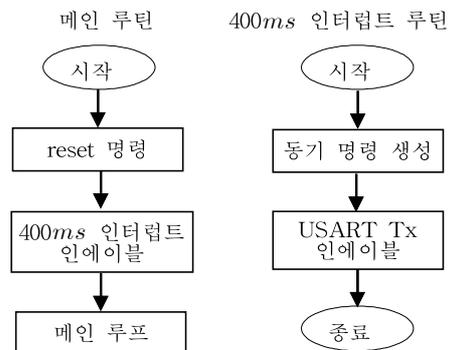
3.2.1 마스터 동기신호 발생

마스터는 동기 신호를 주기적으로 발생하여 슬레이브로 전송한다. 모든 컨트롤러(마스터, 슬레이브)에 동시에 전원을 투입하여도 각각의 리셋 회로 캐패시터 허용 오차에 의해 리셋 시간이 달라 프로그램의 시작 시각에 차이가 발생하고, 특히 슬레이브들의 경우 발진기 오차에 의해 10분당 최대 60ms의 연출 시차가 발생할 수 있다. 따라서 마스터는 동기 신호 이전에 모든 슬레이브가 동시에 리셋이 되도록 리셋 명령을 전송하여 슬레이브 전체를 소프트웨어 리셋을 한 후, 400ms마다 슬레이브 동기 명령을 전송한다.

아래 [그림 3]은 프레임 구조와 마스터 프로그램 플로우 차트를 보여준다.

헤더(3byte)	명령어(1byte)	체크섬(2byte)
-----------	------------	------------

(a) 동기화 프레임 구조



(b) 마스터 플로우차트

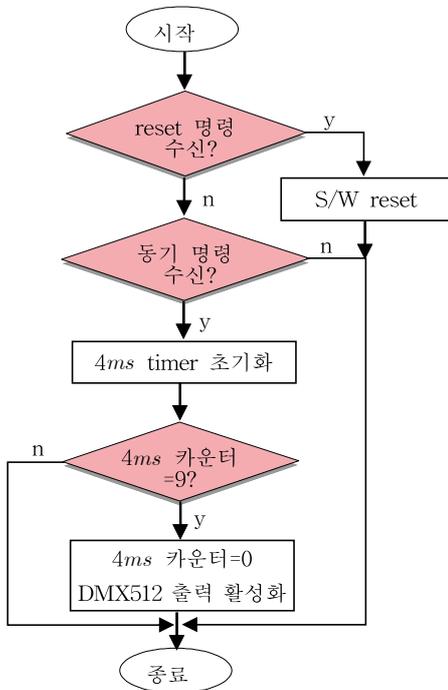
[그림 3] 마스터 프로그램

3.2.1 슬레이브 동기신호 수신

32대의 슬레이브들은 조명등 색 데이터를 DMX512 통신을 통하여 전송한다. 이때 초당 최소 24회 이상 색 데이터를 갱신한다. 본 논문의 컨트롤러는 초당 25회, 40ms마다 한번 색 데이터를 갱신한다.

슬레이브들은 마스터로부터 리셋 명령을 수신하면 모두 소프트웨어 리셋을 수행한다. 타이머 값은 4ms로 모두 똑같이 초기화한다. 각각의 슬레이브들이 생성한 색 데이터는 4ms를 10번 카운트하여 40ms마다 DMX512 프로토콜로 출력한다. 이때 400ms 경과 후에 마스터로부터 동기화 명령을 USART 인터럽트로 수신한 슬레이

브들은 자신의 4ms 타이머를 무조건 초기화한다. 슬레이브의 16MHz 발진기 주파수가 마스터의 주파수 보다 상대적으로 높으면 10번째 DMX512 출력을 실행하고 있을 것이다. 반대로 낮으면 9번 출력을 하고 4ms 카운트가 '9'를 지시하고 있을 것이다(마스터와 슬레이브 사이의 클럭 차이 = $800\text{Hz} \times 0.4 = 320\text{Hz}$, 최대 0.02ms 차이가 발생). 이때 슬레이브는 DMX512 10번째 출력을 강제로 활성화하여 다른 슬레이브들과 연출을 동기화 한다. 결과적으로 마스터 400ms 주기적인 동기신호에 슬레이브들이 최대 0.02ms 내에서 전부 동기화되는 것이다. 만약, 동기신호를 한번 수신하지 못하면 슬레이브들 사이에 최대 1280Hz, 0.08ms 차이가 발생한다. 다음 동기신호를 제대로 수신한다면 위의 차이가 누적되지 않고 바로 보정 되므로 사람이 인지하지 못한다. 결과적으로 슬레이브들은 400ms 마다 모두 10번의 DMX512 출력을 수행하고 타이머가 초기화되어 전체적인 조명 연출이 동기화 된다. [그림 4]는 USART 인터럽트 루틴의 슬레이브 동기화 플로우 차트를 보여준다.



[그림 4] 슬레이브 동기화 플로우차트

4. 구현

제안한 방법을 사용하여 개발된 조명 컨트롤러를 실험실 내에 설치하여 시험하였다. 시험용으로 마스터 1대에 슬레이브는 2대만을 사용하였고, 연출을 위해 각 슬레이브에 LED 라인바를 2대씩 설치하였다. 2대의 슬레이브 컨트롤러는 같은 연출을 하도록 프로그램하였다.

시험 방법은

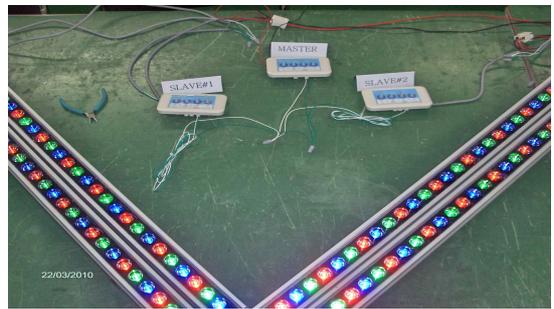
- 1) 리셋 명령을 시험하기 위해 슬레이브 2대의 전원을 각각 투입한 후 마스터 전원을 투입한다.
- 2) 24시간 동작 후 각 슬레이브의 LED 바 동작 상태가 같은지 비교하였다.

시험 결과를 아래 [표 2]에 정리하였다.

[표 2] 시험 결과

시험 항목	판 정
리셋 시험	정 상
24시간 동기화 시험	정 상

아래 [그림 6] 시험 장면을 보여준다.



[그림 6] 시험 사진

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서 조명제어 컨트롤러의 마스터-슬레이브 구조와 이에 따르는 동기화를 제안함으로써 조명제어 프로토콜인 DMX512의 제어 조명등 수 제한의 한계점을 극복하였다. 그러나 본 논문에서 언급하지 않은 마스터가 슬레이브들의 상태를 확인할 수 있는 방안의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 송연진, 문형장, “조명의 현재와 미래”, 한국조명설비학회 학술대회 논문지, 2002.11.6, pp77~81
- [2] 웹사이트 <http://www.luminary.kr> 기술자료실
- [3] 웹사이트 <http://en.wikipedia.org/wiki/EIA-485>
- [4] http://www.chelcom.co.kr/pdsfolder/KSNC_IR.pdf
- [5] “USITT DMX512-A - Asynchronous Serial Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories”, Entertainment Services and Technology Association, 2000.