

마이크로 컨트롤러를 이용한 LED 통신의 선택적 빔 포밍 시스템 구현에 관한 연구

이정훈*, 김찬**[Ⓞ], 차재상* 정회원

A study on implementation of beam forming system for LED communication using micro controller

JungHoon Lee*, Chan Kim**[Ⓞ], Jaesang Cha* Regular Members

요 약

본 논문에서는 스텝핑 모터와 연동하여 방향 제어되는 LED 빔 포밍 통신 시스템을 HW로 구현하였다. ATmega1284 MCU를 이용하여 제어 보드를 구성하였으며, PC와 연결되는 RS232 IO와 스텝핑 모터 구동 보드 제어용 포트(Port)를 이용하여 외부 인터페이스를 구성하였다. 스텝핑 모터는 200 PWM으로 360도 회전하고 동시에 반경이 커지는 아르키메디스의 소용돌이(Archimedean Spiral) 방식을 적용하여 목표하는 지점을 선택적으로 조명할 수 있도록 하였다. 이 빔 포밍은 RS232와 연결된 PC 툴(tool)에 의해서 제어되며, ATmega1284 MCU 보드가 호스트(host) 역할을 하였다. 빔 포밍의 동작은 실제 구현된 HW/SW 기반으로 그 유용성을 검증하였다.

Key Words : Micro Controller, ATmega1284 MCU, LED communication, Beam forming

ABSTRACT

In this paper, we implemented LED beam forming communication system controlled by stepping motor. ATmega1284 was used as a MCU of main control board which has two main external IO, one is RS232 for connection with PC, the other is PORT for connection with motor driving board. Stepping motor rotated 360 degree when provided 160 clock and its rotation radius was increased by Archimedean Spiral. So LED can provide its light anywhere in the space and its beam forming was controlled by PC connected with RS232 of main control board. The action of beam forming was verified via actual HW/SW implementation.

I. 서 론

LED의 고효율 특성으로 인하여 백열등이나 형광등의 기존 조명들이 점차 LED로 변경되고 있다. LED는 반도체 특성을 가짐으로써 고속 점멸을 통해서 빛을 전송하여 데이터를 전송할 수 있다. 이는 기존의 RF(radio frequency) 통신을 대체할 수 있는 친환경 무선 통신 매체이며, 조명-IT의 융합 서비스로서 많은 연구가 진행되고 있다[1-3].

LED는 빛을 이용한 통신이기 때문에 주변 빛의 증첩은 통신 성능의 열화를 발생시킬 수 있어서, 통신이 필요한 곳에만 스폿(spot) 조명을 제공하면 보다 신뢰성 높은 데이터 전송을 기대할 수 있다. 그러나 현재까지는 이와 관련된 연구가 많이 진행되지 않았고, 실제 HW 구현을 통한 연구 결과는 거의 찾

아볼 수 없다. 따라서 본 논문에서는 ATmega1284 MCU를 이용한 제어보드를 제작하고, 스텝핑 모터에 의해서 방향 제어되는 LED 조명과 연동함으로써 스폿 조명 통신을 구현하고 그 성능을 평가하고자 한다.

다음으로 이어지는 2장에서는 LED 빔 포밍 시스템의 개요에 대해서 연구하고, 3장에서는 실제 HW 설계에 대해서 다룰 것이며, 4장에서는 LED 빔 포밍 시스템의 동작 검증 및 고찰을 할 것이며, 5장에서 결론으로서 논문을 마무리하려 한다.

II. LED 빔포밍 시스템의 개요

LED 빔 포밍 시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 크게 세

※ 이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 (일부)지원으로 수행되었습니다.

*서울과학기술대학교 전자 IT 미디어공학과, **인텔렉추얼디스커버리(주) 경영기획팀, [Ⓞ]교신저자 : (kchant@naver.com)

접수일자 : 2012년 7월 16일, 수정완료일자 : 2012년 8월 17일, 최종 게재확정일자 : 2012년 8월 22일

개의 부분으로 나누어진다. 첫 번째 파트는 PC 부분이며, GUI (Graphical User Interface)를 사용하여 스텝핑 모터의 동작을 조절하는 부분으로서 RS232 통신을 통해서 ATmega1284 MCU에 명령(Command)을 보내는 역할을 한다. 두 번째 파트는 ATmega1284 MCU가 탑재된 보드로서, 빔 포밍 시스템의 호스트 역할을 하고 있다. 외부와는 RS232를 통해서 PC와 연결되며, 스텝핑 모터 구동 보드와는 커넥터(Connector)를 통해서 MCU PORT와 연결된다. 세 번째 파트는 스텝핑 모터 구동 보드로서 MCU에서 발생시켜서 전달한 클럭(Clock)을 스텝핑 모터에 전달하며, 이 클럭 비율에 따라서 모터 회전 각도가 달라지게 된다.

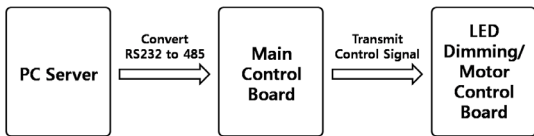


그림 1. LED 빔 포밍 시스템의 구조도

스텝핑 모터에 의해서 제어되는 LED 조명은 그림 2의 아르키메데스의 소용돌이(Archimedean spiral) 개념[4]을 이용하여 구현되었다. 즉 회전할수록 회전 반경이 커지면서 삼각빔을 거꾸로 놓은 것과 같은 모양을 그리면서 움직인다. 결국 이러한 회전을 반복하면서 조명을 비추고자하는 부분에 이르면, 운동을 멈추고 해당 지역에 LED 조명을 고정하게 된다.

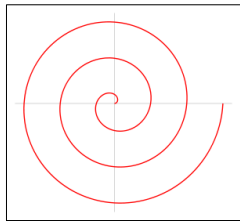


그림 2. 아르키메데스의 소용돌이 이론

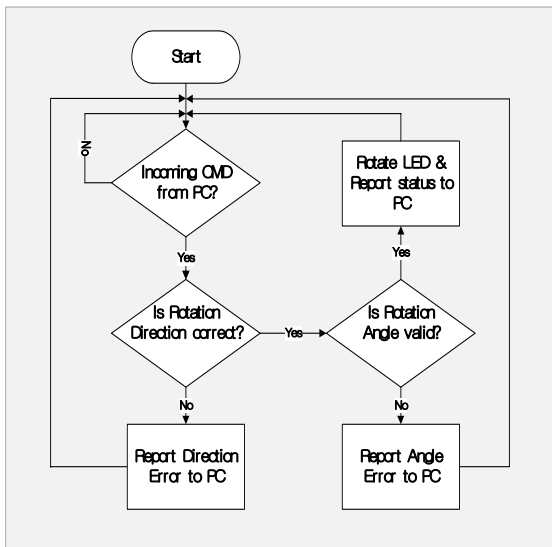


그림 3. 메인 제어 보드의 동작 순서도

그림 3은 ATmega1284 메인 보드에서 RS232를 통해서 PC로부터 오는 명령(Command)을 처리하는 순서도이다. 대기 상태에 있던 메인 보드는 명령을 받으면 회전 방향에 대한 정보를 체크하고 회전을 위한 각도가 유효한 값인지 판단한다. 이 중 어느 하나라도 올바르지 않은 값이 들어오면 PC에 에러를 되돌려주게 되고, 대기 상태로 다시 들어가게 된다. 바른 값이 들어왔을 경우에는 스텝핑 모터 구동 명령을 모터 구동 보드에 전달한 후에 대기 상태로 들어가게 된다.

Ⅲ. AVR MCU 기반 LED 빔포밍 시스템 HW 설계

마이크로 프로세서에 비해서 마이크로 컨트롤러는 칩 내에 CPU 기능과 일정한 크기의 ROM, RAM 메모리를 갖추고 있으며, 입출력 제어 회로까지 내장하고 있어서 메인 보드의 코어 프로세서로 선택하였다. MCU는 통신 포트를 내장하고 있어서 확장 기능 구현이 용이하며, 가격이 저렴하고 유연성이 좋아서 개발 시간을 줄일 수 있다는 큰 장점이 있으며, 다른 MCU와 마찬가지로 ISP 기능이 지원되는 편리함이 있다. [5].

- 1/2/4/16KB SRAM
- Up to 20MIPS throughput at 20MHz
- 512/1K/2K/4KBytes EEPROM
- 32KHz RTC
- Internal Calibrated RC Oscillator
- 8-channel, 10-bit ADC
- Serial Interface(SPI, UART)
- On-chip Analog Comparator

그림 4에 메인 제어 보드의 회로도를 나타내었다.

ATmega1284의 PORTB가 스텝핑 모터를 제어하기 위한 포트로서 사용되었으며, MAX485 IC를 통해서 PC와 시리얼 통신을 할 수 있도록 구성하였다. RS485는 조명 기구의 공용 인터페이스로서 관용적으로 사용되고 있으나, PC는 RS485를 지원하지 않기 때문에 ATmega1284 보드의 RS485 케이블을 PC와 연결하는 중간에 RS232 변환하는 과정을 거치도록 하였다.

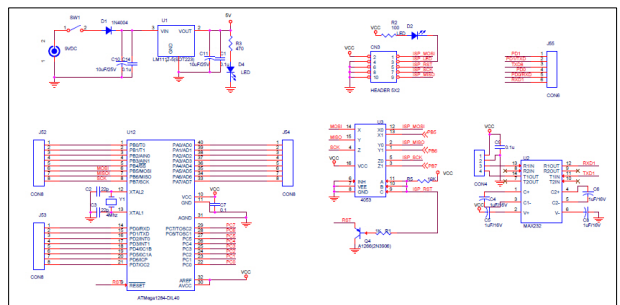


그림 4. 메인 제어 보드의 회로도

그림 5는 모터 구동 보드의 회로도이다. SLA7026M IC를 사용하여 스텝핑 모터와 연결하며, 네 개의 출력 핀을 이용해서 스텝핑 모터를 구동한다. ATmega1284에서는 SLA7026M IC를 PORTB와 연결된 케이블을 통해서 PORTB.1, PORTB.2, PORTB.3, PORTB.4를 통하여 제어한다.

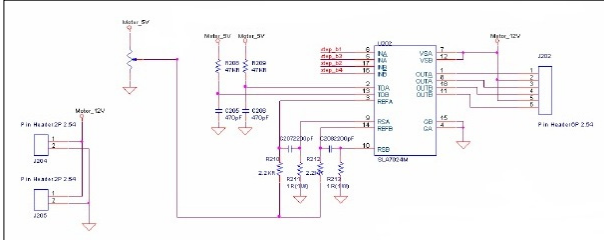


그림 5. 스텝핑 모터 구동 보드의 회로도

표 1은 스텝핑 모터의 회전에 따라서 LED 조명과 6m 떨어져 있는 곳에서 회전 반경이 얼마나 증가되는지에 대한 정보를 나타낸다. 그림 6에서 보는 바와 같이 빛을 비추고자 하는 목적지에서 6m 떨어진 부분에서 아르키메디안 방식을 이용하여 조명을 비추면, 첫 번째 회전시 회전 반경이 y_1 이며, 두 번째 회전시에 y_2 로 회전 반경이 증가한다. 수치적으로 보면 초기 1회전의 90° 위치에서는 회전 반경이 0.1m이고, 이후 선형적으로 증가하여 1회전에 완료되는 360° 위치에서는 회전 반경이 0.4m에 이르게 된다. 근사적으로 보면 선형적으로 회전 반경이 증가하기 때문에, 스텝핑 모터를 이용하여 지속적인 회전을 하면 확장된 영역을 비출 수 있다.

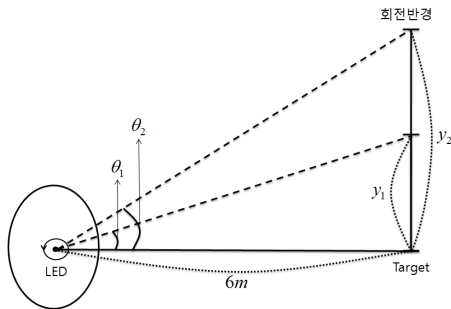


그림 6. 모터 회전에 따른 회전 반경 확장 개요

표 1. 스텝핑 모터에 의한 LED 조명 회전각 및 반경

회전	회전각	회전 반경
1	90°	0.1m
	180°	0.201m
	270°	0.304m
	360°	0.409m
2	90°	0.517m
	180°	0.625m
	270°	0.737m
	360°	0.851m
3	90°	0.967m
	180°	1.087m
	270°	1.211m
	360°	1.338m

그림 7은 LED 빔 포밍을 위한 HW 구성의 실제 구현 사진이다. (1)번 부분은 PC에서 전달되는 RS232 신호를 RS485로 변경하기 위한 어댑터이며, (2)번이 ATmega1284 MCU 기반의 메인보드이며, (3) 부분이 스텝핑 모터에 의해서 연동하는 LED를 구동하는 제어보드이다. 편의상 하나의 보드로 메인보드와 모터 제어보드를 설계할 수도 있으나, 보드의 확장성을 고려하여 메인 보드와 서브 제어보드로서 분리하였다. LED 조명 디바이스는 큐앤웍스사의 지원으로 제작되었다.

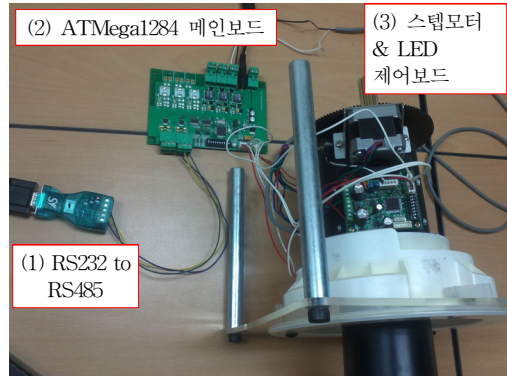


그림 7. 메인 제어보드와 스텝핑 모터의 연동

IV. LED 빔 포밍 시스템 동작 검증 및 고찰

본 절에서는 앞절에서 실제 구현한 LED 빔 포밍 제어 보드와 PC SW를 연동하여 LED 빔 포밍 시스템의 유효성을 검증하고자 한다. 그림 1과 같이 구성된 환경에서 PC가 명령(command)을 내리고 ATmega1284 보드에서 해당 명령을 분석(parsing)해서 스텝핑 모터를 구동하는 과정은 다음과 같다. 먼저 그림 8의 PC 프로그램에서 GUI를 통해서 모뎀 구동을 위한 회전 방향과 각도 값을 RS232를 통해서 메인 보드에 전달한다.

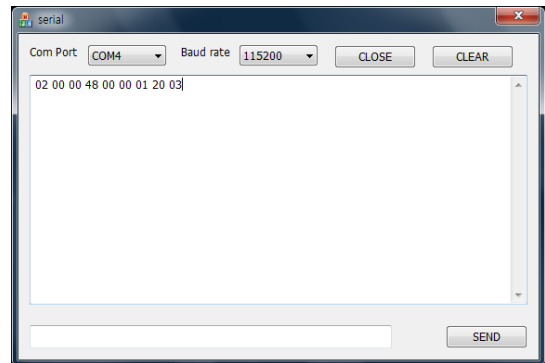


그림 8. GUI 기반 스텝핑 모터 제어 프로그램

ATmega1284 메인 보드에서는 PC에서 전달된 회전 각도를 모터를 구동하기 위한 클럭으로 변경하여 모터 구동 드라

이버에 전달한다. 모터의 회전 각도는 1초에 전달하는 입력 펄스에 비례하고 200개의 펄스로서 360° 회전하므로, 목표하는 회전 각도에 맞추어 펄스를 선택적으로 발생시켜야 한다. 그림 9는 실제 제작된 HW/SW를 이용해서 LED 빔 포밍을 실제 구동시킨 것으로서 좌측 상단부터 시계 방향으로 0°, 90°, 180°, 270° 회전을 시켰을 때의 LED의 방향 전환을 나타낸다. 초기 목표한 바와 같이 입력 각도에 따라서 정확하게 LED의 방향이 변경되었으며, 타겟 위치에 정확히 빛을 비추었다.

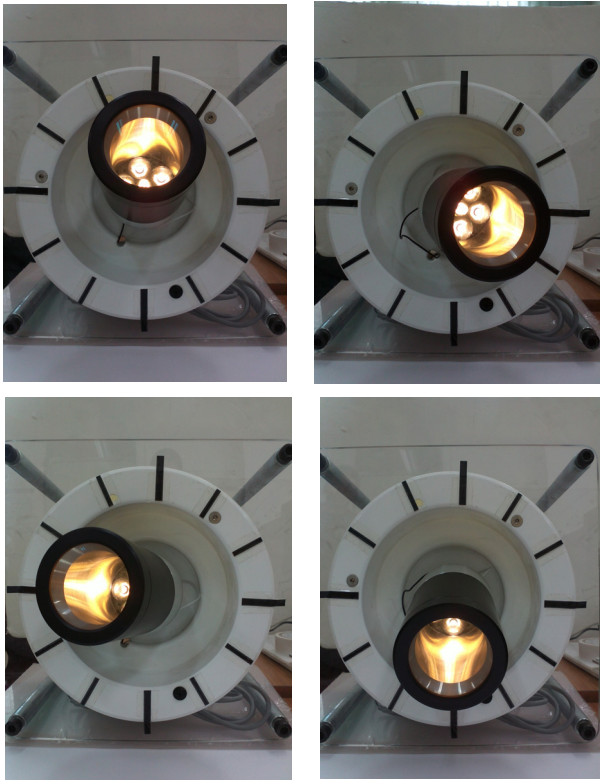


그림 9. 설정 각도에 따른 스텝핑 모터의 구동 결과
상단 좌측부터 시계방향으로 0°, 90°, 180°, 270°

본 연구의 결과물은 LED 빔 포밍을 위한 기반 기술에 대한 HW/SW 구현으로서, 사용자가 수동으로 PC를 이용하여 각도를 입력하여 사용해야 하는 디자인의 제한점이 있다. LED 빔 포밍 통신 용도로 사용하기 위해서는 현재의 구현보다 자동화된 개념이 필요할 것으로 생각되며, IP와 연동하여 스마트 디바이스에서 LED를 제어할 수 있는 기술이 필요할 것으로 생각된다. 또는 적외선과 초음파 센서를 센싱 해상도를 높여서 구역에 따른 사용자 검출을 바탕으로 자동적으로 LED를 빔포밍 할 수 있도록 구현하면 보다 유용하게 사용될 수 있을 것이라 판단된다.

V. 결론

본 논문에서는 ATMega1284 MCU를 이용한 LED 통신 빔포밍 시스템 구현을 HW로 구현하고, PC와의 연동을 통해서

동작의 유효함을 실제 검증하였다. 스텝핑 모터를 이용한 아르키메디안 소용돌이 방식의 LED 조명은 제어하기 용이하며, 호스트 역할을 하는 ATMega1284 MCU 제어보드의 확장성으로 인하여 다양한 방식의 인터페이스를 통하여 빔 포밍 LED를 제어할 수 있다. 이 논문은 LED 통신을 위한 빔 포밍 시스템 기반 기술에 대한 연구로서 앞으로 진행될 응용 산업 및 연구의 기초가 될 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] H. Elgala, R. Mesleh, H. Haas, and B. Pricope, "OFDM Visible Light Wireless Communication Based on White LEDs," in Proc. of the 64th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC), Dublin, Ireland, Apr. 22 - 25, 2007, pp. 2185-2189.
- [2] Jin young Kim, Yeongmin Jang, Kyesan Lee, Jaesang Cha et al. "Cooperative Transmission for LED-ID Network (doc 15-11-0504-01)"
- [3] STEVE HRANILOVIC, "Wireless Optical Communication Systems", Springer, 2005.
- [4] Huw Price, "Time's Arrow and Archimedes' point", Oxford University Press, 1997
- [5] <http://www.atmel.com/Images/8272S.pdf>

저자

이 정 훈(Junhoon Lee)

정회원



- 1999년 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 공학사
- 2001년 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 공학석사
- 2007년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 IT정책대학원 박사

<관심분야> : 디지털통신, 무선통신, LED 통신

김 찬(Chan Kim)

정회원



- 1991년 : 성균관대학교 산업공학과 학사졸업
- 2003년 : 중앙대학교 예술경영학과 석사졸업
- 2012년 2월 : 서울과학기술대학교 IT정책대학원 방통통신정책 박사과정수료
- 1993 ~ 현재 :

<관심분야> : LED통신, 유무선 홈 네트워크, 방송통신융합요소기술, 특허 발명, 특허 비즈니스, 비즈니스 모델 등

차 재 상(Jaesang Cha)

정회원



· 2000년 : 일본 東北(Tohoku)대학교 전자공학과 (공학박사)

· 2000년 ~ 2002년 : 한국전자통신연구원(ETRI) 무선방송 기술연구소 선임연구원

· 2002년 ~ 2005년 : 서경대학교 정보통신 공학과 전임강사

· 2008년 : 미국 Florida University, Visiting Professor

· 2005년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 전자 IT미디어 공학과 부교수

<관심분야> : LED통신, 조명IT융합신기술, LBS, ITS, UWB, 무선홈네트워크, 무선통신 및 디지털 방송 등