

LED 조명장치를 위한 새로운 WDMX 제어기의 구현

(Implementation of a Novel WDMX Controller for LED Lights)

손수국* · 한영석

(Su-Goog Shon · Young-Suk Han)

요 약

본 논문에서는 무선랜을 활용하여서 이동성과 유니버스가 크게 증가하고 다양한 조명연출이 가능한 새로운 WDMX 제어기를 제안, 설계, 및 구현한다. 먼저 DMX 프로토콜이 8비트 마이크로컨트롤러를 사용하여 구현한다. 그리고 DMX 프로토콜과 802.11b 무선랜 기반 프로토콜 스택간의 프로토콜 변환 방법을 제안하고 구현한다. 끝으로 개발된 WDMX 제어기를 검증하기 위하여 상업용 DMX 장비와 연계시험을 실시하며, 최대 9,999 슬레이브를 초당 30번 refresh 할 수 있는 다양한 조명효과의 가능성을 보여준다.

Abstract

This paper describes the proposal, design, and implementation of a novel WDMX controller which can provide versatile light effects with the increased capability of the mobility and the number of universes for LED lights. Both the algorithm for DMX protocol and how to implement the frame based on a 8bit micro-controller are explained. The conversion algorithm between the DMX frame and wireless LAN 802.11b protocol stack is introduced and implemented. In final, some experiments are made to verify the interoperability of the developed WDMX controller with a commercial product of LED lights. 최대 9,999 slaves with 30 refresh rate per second may have capability to show various light effects.

Key Words : WDMX, DMX, LED, IEEE 802.11b, Microcontroller

1. 서 론

국내외 각종 건물은 야간 경관, 건물의 지역 랜드마크로서의 지위 확보, 및 건물의 홍보 등을 위하여 조명시설 설치가 증가하고 있다. 또한 다리와 같은

구조물, 이벤트 행사 등에서 조명을 사용하는 경우가 증가하고 있다. 최근에는 다양한 조명연출 효과를 나타내기 위한 조명제어 기술이 개발되고 있다.

최근의 조명시스템은 통신을 기반으로 다수의 조명등을 제어하는 것이다. RS232/ RS422 / RS485 통신, 전력선 통신(Power Line Communication), DALI (Digital Addressable Lighting Interface), DMX512 (Digital Multiplex), CAN(Controller Area Network), LonWorks 시스템 등이 조명제어 시스템으

* 주저자 : 수원대학교 정보통신공학과
Tel : 031-220-2615, Fax : 031-229-8281
E-mail : sshon@suwon.ac.kr
접수일자 : 2008년 7월 23일
1차심사 : 2008년 7월 30일, 2차심사 : 2008년 8월 29일
심사완료 : 2008년 10월 2일

LED 조명장치를 위한 새로운 WDMX 제어기의 구현

로 활용되고 있다[1]. 통신 방식은 다르지만 사용용도에 따라 다르게 적용되고 있다. 예로서, CAN은 원래 자동차내의 각종 계측제어 장비들 간의 디지털통신을 제공하는 방식이지만 조명제어에도 활용한다. 이 통신방식은 고온, 충격, 진동 등의 열악한 환경에서도 신뢰성이 있어, 마스터/슬레이브, 다중 마스터, peer-to-peer의 다양한 네트워크 구성이 필요한 공장 같은 곳에서 사용된다. LonWorks는 예슬론에서 창안한 제어 네트워크로서 빌딩자동화에서 사실상의 표준으로 인정받고 있으며 가로등 제어시스템에서도 활용되고 있다.

그리고 현재 Advanced Control Network(ACN)라는 차세대 제어시스템이 Entertainment Services and Technology Association(ESTA)에 의해 개발되고 있는데, DMX512의 한계를 극복하고 이더넷 기반으로 동작되게 하고자 한다[2]. 양 방향 네트워킹을 지원하며 DMX512를 기반으로 하고 있는 Advanced Dimmer Network(ADN)라는 조명제어 전용 프로토콜도 연구되고 있다. 그리고 31,250 보(baud) 속도와 30비트의 MIDI 데이터를 DMX512로 변환하여 조명장치를 제어하는 기술도 발표되었다[3]. 영국의 Artistic Licence라는 회사에 의해 고안된 Art-Net는 IP 기반 네트워크에서 DMX512 데이터를 전송하려는 기술이다. DMX512 데이터를 이더넷에서 송수신 할 수 있도록 패킷으로 변환을 한다[4].

언급된 각종의 통신 방식 중에서 DMX512 통신 프로토콜은 조명장치를 활용한 연출효과 생성분야인 극장, 무대, 공연 등에서 많이 사용되고 있다. 단순한 조명장치의 개폐 제어 수준을 벗어나 조광, 프로그램 제어, 팬(pan)/틸트(tilt), 셔터, 타이머 등의 다양한 기능을 이용하여 다양한 연출효과를 만들어 낼 수 있다.

최근의 조명기술 중에서 이벤트 연출을 위하여 LED(Light Emitting Diode) 조명장치를 많이 사용하고 있다. LED 조명장치는 종래의 광원에 비하여 수명이 길며, 전기에너지를 빛에너지로 직접 변환하기 때문에 전력이 적게 들고 효율이 백열전구에 비해 좋다. 또한 고속응답이라 자동차 계기류의 표시소자, 광통신용광원 등 각종 전자기기의 표시용 램

프, 숫자표시 장치나 계산기의 카드 판독기 등에 쓰이고 있다. 형광등 만큼은 휘도가 좋지 않아도, 은은한 빛을 발휘하는 특징으로 이벤트(건물 외벽조명, 광고 등) 수행에 많이 사용되고 있다.

조명연출 분야에서 통신기반의 LED 조명기기 사용이 점차증가 하고 있는데, 좀 더 다양한 조명연출 효과를 만드는 것이 기술 발전의 목적이 되고 있다. 그래서 무선기반 DMX512인 이동형 WDMX를 사용하는 연출 분야와 몇 가지의 WDMX 관련 장비가 개발되고 있다. 조명에 의한 연출 효과를 다양화하기 위한 일환으로 개별 조명장치를 무선으로 제어하는 기술로서 효용성이 점차 증가하고 있다.

LED 조명장치를 사용하여 새로운 연출효과를 나타낼 수 있는 새로운 방식의 조명제어기를 개발하고자 한다. 기존의 WDMX 제어기는 많아야 수 십개의 WDMX 제어기가 연결되어 사용될 수 있다. 본 논문에서는 이동 가능한 소형 조명장치에 적용할 수 있으며 다 광원 연출효과를 생성할 수 있는 제어장치를 개발하고자 한다. 개인이 DMX512 조명장치를 휴대하고 있을 때 원격에서 무선으로 제어하여 연출효과를 창출하고자 한다. 기존의 WDMX는 하나의 마스터 제어기에서 최대 13개의 슬레이브 DMX512 제어기까지 지원되고 있다. 슬레이브 DMX512 제어기 하나가 최대 512 채널을 지원하므로 전체적으로는 6,656 채널 개수를 지원 할 수 있다. 지원되는 슬레이브 제어기가 많을수록 가격이 고가인 특징이 있다.

본 논문에서는 최대 9,999 WDMX 슬레이브 제어기가 가능하고, 초당 30번까지 refresh할 수 있으며, 슬레이브 당 512 채널 개수까지도 가능한, 그리고 다양한 조명효과가 가능한 시스템을 개발하고자 한다. 먼저, 8비트 마이크로컨트롤러를 이용하여 DMX512 프로토콜을 구성하는 방법을 설명하고, DMX512 프레임용 802.11b 무선 랜 프레임으로 변환하는 방법을 제안한다. 구현되는 WDMX 제어기와 채널수가 많으므로 처리해야 할 데이터양이 많아 고속의 데이터 처리 기술 개발이 필요하다.

2. DMX512 프로토콜

DMX는 Digital MultipleX의 약자로서 한 쌍의 꼬임선을 사용하여 디지털 제어신호를 전달하는 통신 방식이다[5]. USITT(US Institute for Theatre Technology)에서 1986년 조광(dimmer) 제어를 위하여 DMX 프로토콜을 개발하였고, 1990년부터는 DMX의 향상시킨 DMX512 프로토콜이 제조자들에 의해 공식적으로 채택되기 시작하였다. 이후 무대, 극장 등에서 조명 연출 효과, 조광, 또는 특수 조명기구를 구현하는데, DMX512 프로토콜 기반의 제어가 사용되고 있다. 최근에는 DMX512가 대부분이고 DMX와 잘 구분하지 않고 통합하여 DMX라고 호칭한다.

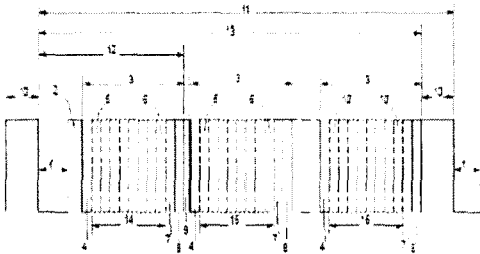


그림 1. DMX512 프레임 형식
Fig. 1. DMX512 frame format

그림 1에서 '13'은 DMX512 프레임, '14'는 START CODE(Slot 0, 데이터), '15'(SLOT 1, 데이터), '16'(SLOT nnn, 데이터), nnn의 최대는 512이다.

그림 1은 DMX512 프레임 형식을 보여주고 있는데 DMX512 프레임은 RS-485를 기반으로 전달된다. DMX512 프로토콜은 비동기 8비트 직렬통신 방식이며, 250[Kbps] 속도로 동작한다. 초당 250,000 비트의 데이터 전송속도이므로 개별 비트는 4[μs]의 펄스 주기를 갖는다. 한 개의 데이터 슬롯은 11비트의 크기인데 데이터를 위하여 8비트, 시작비트를 위해 1, 그리고 정지비트를 위해 2비트를 사용한다. 한 개의 프레임에 0부터 512개의 슬롯이 포함될 수 있으며, 슬롯의 시작 전에 몇 가지 제어신호가 필요하다. DMX512 프로토콜 구현에 대한 문헌으로는

MC9S08GT60 마이크로컨트롤러를 사용하여 구현된 예가 발표되었다. 그 곳에서는 마이크로컨트롤러가 지원하는 일반 UART를 활용하여 DMX512를 구현하는 방법을 소개하고 있다. UART를 250[Kbps]로 설정하고, NRZ 코딩을 사용하며 시작 1, 데이터 8, 정지 2비트로 DMX512 프레임을 구성한다[6].

DMX512 통신 프로토콜은 시작부호와 리셋 조건을 지원하며 512바이트까지 전송이 가능한 간단하며 견고하다. 한 프레임이 처리되면 다음 프레임이 전송되는 형태로 데이터 프레임을 연속적으로 전송한다. 어떤 변화가 없다면 동일한 데이터가 계속적으로 보내진 것이다. 첫 전송이 실패하면 재전송하는 오류제어 방법을 사용한다.

DMX512 제어기에는 한 연결 경로에 512개의 채널(또는 슬롯)을 제공하며, 개별 채널에는 1바이트로 표현되는 값을 보낸다. 즉, 256가지의 값으로 표현되는 다양한 조명연출을 할 수 있다. 즉, 512개 채널까지 제어할 수 있으며 개별 장치를 8비트의 분해능으로 제어할 수 있다는 것을 의미한다.

하나의 슬레이브 제어기에 512채널이 가능하여도 대부분은 다 사용하지 않는다. 사용하는 채널의 수가 적으면 적을수록, refresh 비율은 증가한다. DMX512 슬레이브 제어기에서 24 채널을 사용하면 초당 약 1,000번의 refresh가 가능하고, 512채널을 사용하면 초당 refresh 비율은 44정도가 된다. DMX512 표준에 따르면 최대 32개의 슬레이브 제어기를 구동할 수 있으며, 최근에는 기술의 발달로 128개의 제어기까지 구동이 가능하다.

상기처럼 DMX512 슬레이브 제어기는 연결된 케이블을 통하여 데이터를 연속적으로 송신하고, 접속된 개별 채널 조명장치는 주소를 기반으로 프레임 데이터를 수신한다. 이 주소는 조명장치에 붙어 있는 DIP 스위치의 조작 또는 소프트웨어적인 입력에 의하여 설정된다. 할당된 채널과 DMX512 프레임 속에 포함된 주소가 일치하는 장치만이 제어되고, 다른 채널은 무시된다.

그리고 DMX512 조명장치가 발전함에 따라 그들을 제어하는데 더 많은 DMX512 채널을 필요로 한다. 기존의 조명장치는 단지 팬, 틸트, 색, 및 차광정도를 위하여 DMX512 프레임에서 4개 정도의 채널

LED 조명장치를 위한 새로운 WDMX 제어기의 구현

만을 필요로 했다. 최근은 셔터, 방향전환, 프리즘, frosting, speed, 이중 색, lamp striking, 운전모드 선택 및 reset 등의 다양한 기능이 추가되고 있다. 제어할 연출 내용을 DMX512 제어기의 메모리에 저장해 두었다 플레이한다.

3. WDMX 시스템 설계 및 구현

3.1 WDMX 시스템 설계

WDMX는 무선형 DMX를 가리키는데 WLAN 802.11b를 기반으로 동작한다. 현재는 간섭을 피하기 위하여 무선 접근제어 기술로서 FHSS와 TDMA를 주로 사용하고 있다. 본 논문에서는 DSSS 접근 제어 기반의 WDMX 시스템을 구현한다.

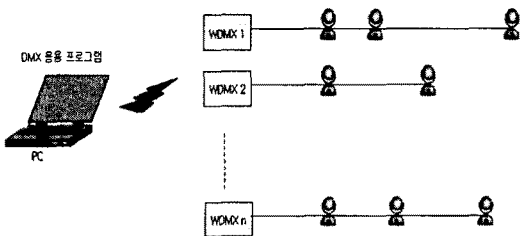


그림 2. 제안된 WDMX 제어기와 조명연출시스템
Fig. 2. Proposed WDMX controller and lighting effect system

그림 2는 제안된 WDMX 기반의 조명연출시스템은 PC에서 동작하는 DMX512 응용프로그램을 통한 연출데이터 전송과 WDMX 제어기를 통하여 수신된 메시지를 DMX512 단말기로 전송하는 시스템을 보여준다. DMX512 단말기는 DMX512 프레임의 연출 내용에 따라 동작된다.

현재는 13개까지의 WDMX 제어기를 지원하는 조명연출시스템이 있다. 본 논문에서는 최대 9,999개의 WDMX 제어기를 지원하는 기존보다 훨씬 뛰어난 성능의 WDMX 제어기이다. 기존 제어기는 802.11b를 기반으로 운전되는 시스템으로서 PC에서 TCP/IP 기반의 소켓 프로그램을 사용하여 데이터 처리속도에 제한이 있었다. 기존의 제어기 시스템을 사용한 조명연출을 위해서는 초당 30회의 refresh 속도로

6,656개의 채널을 지원하기 위해서, PC에서는 초당 1.5[Mbps]로 무선 데이터를 전송하여야 했다. 하지만 본 논문에서는 PC에서 TCP/IP 스택을 사용하지 않고, raw 소켓 처리하는 알고리즘의 개발로 훨씬 고속으로 데이터 처리가 가능하게 되었다. PC 응용 프로그램에서 초당 30회의 refresh 속도로 2.4 [Mbps]까지 프레임 전송이 가능해졌다. 본 논문에서는 마이크로컨트롤러를 기반으로 한 WDMX 제어기와 프로토콜 구현이 목적이므로, raw 소켓 및 고속 데이터 처리에 대한 자세한 설명은 생략한다.

3.2 WDMX 제어기 설계

WDMX 제어기를 설계하는데 있어 하드웨어와 동시에 소프트웨어 설계를 하여야 한다. 그림 3은 제안된 WDMX 제어기의 구조를 나타낸다. 8비트 마이크로컨트롤러를 중심으로 UART, 무선랜카드 인터페이스를 위한 CF, 제어기의 고유 식별번호 설정을 위한 스위치 등의 중요 회로로 구성된다.

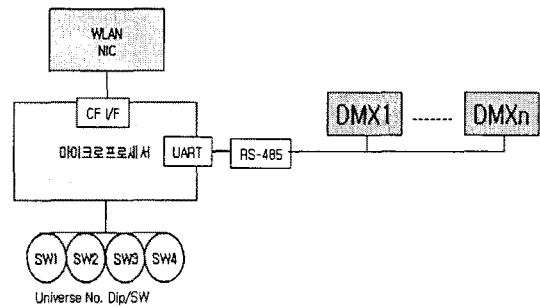


그림 3. 제안된 WDMX 제어기
Fig. 3. Proposed WDMX controller

소프트웨어 적으로 WDMX 제어기는 802.11b 기반의 프로토콜 스택으로 그림 4에서와 같이 구현되었다. 운영체제를 사용하지 않고, 메모리 사용을 최소화하여 간략화된 프로토콜 스택을 구현하여 사용하였다[7-9]. 무선랜 칩셋에 대한 드라이버를 개발하는 것이 중요하다.

마이크로컨트롤러에서 동작하는 응용 프로그램은 무선랜을 통하여 수신한 802.11b 프레임을 DMX512 프레임으로 변환하는 기능을 수행한다. 마스터 역할

의 PC와 WDMX 슬레이브 제어기는 Ad-hoc 모드에서 동작한다. PC는 브로드캐스팅 모드로 데이터를 전송하고, 개별 WDMX 제어기는 데이터에 대한 수신여부를 판단한다. 그리고 수신된 데이터를 DMX512 프레임으로 변환한 후, DMX512 조명장치에 전송한다. 여기서 802.11b 무선랜 칩셋은 프리즘 칩셋을 사용하였다.

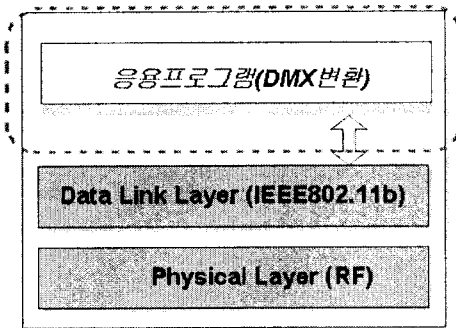


그림 4. WDMX 프로토콜 스택
Fig. 4. WDMX protocol stack

3.3 WDMX 프로토콜 알고리즘

WDMX 프로토콜을 구현하기 위하여 8비트 마이크로컨트롤러 ATmega128가 사용되었다. 프로토콜의 구현에는 컨트롤러에 있는 UART 포트를 활용한다. UART 포트에 RS-485 지원 트랜시버 칩셋을 추가하여 사용한다. 그리고 UART를 DMX512 프레임에 맞게 프로토콜을 구동한다. 프로그램 개발에서 PC 기반 응용프로그램은 윈도우 기반 그리고 WDMX에서는 CodeVisionAVR C Compiler를 사용하였다[10].

그림 5는 WDMX 제어기에서 DMX512 프레임을 생성하는 과정을 보여준다. 마이크로컨트롤러의 UART를 250[Kbps]로 설정하여 DMX512에서 사용하는 기본 펄스 주기에 적합하게 한다. DMX512 프로토콜에 따라 두 개의 정지비트 추가 등을 하여서 RS-485 선로로 데이터 프레임을 전달한다.

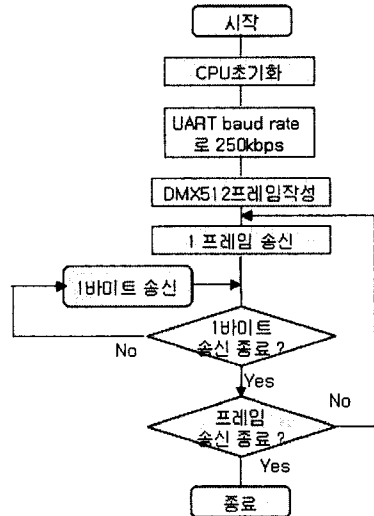


그림 5. DMX512 프레임 전송
Fig. 5. DMX512 frame processing

4. 실험 및 결과

그림 6은 개발한 WDMX 제어기의 모습을 보여주고 있다. 좌측에 제어기 ID를 설정하는 4[digit]의 스위치가 보이고, 중간 아래에 802.11b를 지원하는 무선랜 카드가 보인다. 제어기 ID 번호는 부착된 선택 스위치로 사용자가 임의로 설정할 수 있다. 0부터 최대 9,999 범위에서 제어기 ID 번호를 설정하여 사용할 수 있다.

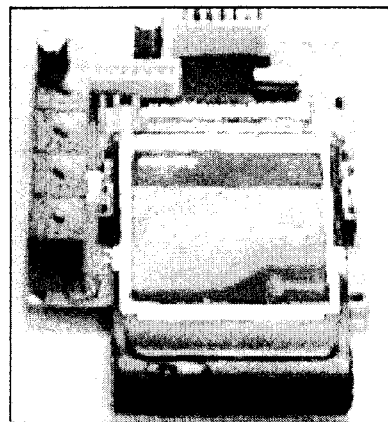


그림 6. 개발된 WDMX 제어기
Fig. 6. Developed WDMX controller

LED 조명장치를 위한 새로운 WDMX 제어기의 구현

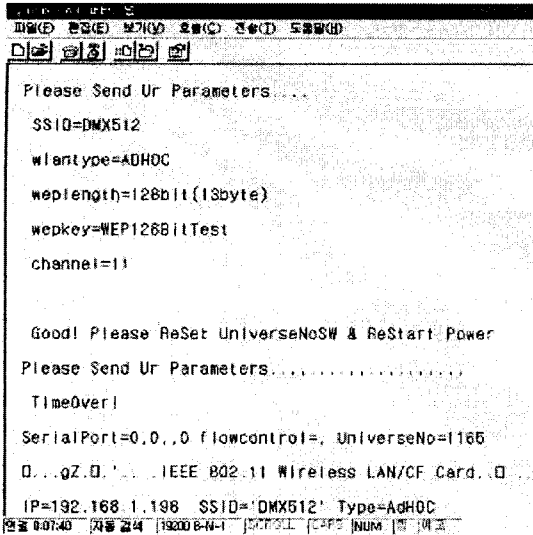


그림 7. WDMX 부팅과정
Fig. 7. WDMX booting process

그림 7은 WDMX 제어기의 부팅과정을 보여주고 있다. 부팅과정 중에 무선랜의 SSID, WEP 값, 사용 채널 번호, IP 주소, 제어기 ID(유니버스 번호 또는 WDMX 번호) 등을 보여주고 있다. 그림 8은 무선으로 WDMX를 통하여 수신된 프레임을 DMX512로 변환된 파형을 보여주는데, 한 슬롯에 해당한다.

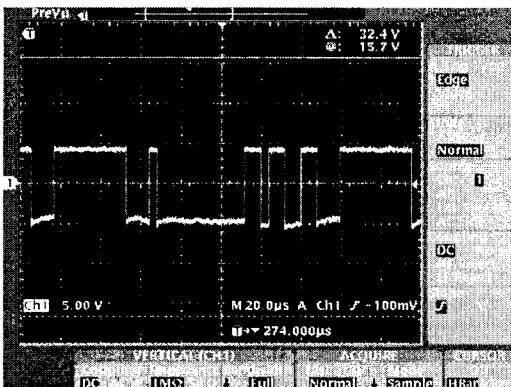


그림 8. DMX512 프로토콜 개발 예
Fig. 8. An example of DMX512 protocol

다음은 개발된 WDMX 제어기가 다른 DMX512 장비와 호환성 있게 동작한다는 것을 보여주기 위하여 실험 및 검증하는 과정을 설명한다. 마스트로서

PC 응용프로그램이 동작하게 하여야 하고, WDMX 제어기로 데이터 프레임 전송하여야 한다. PC 응용프로그램은 연결된 무선랜 카드를 통하여 개별 WDMX 제어기에게 조명연출 할 메시지를 전송한다.

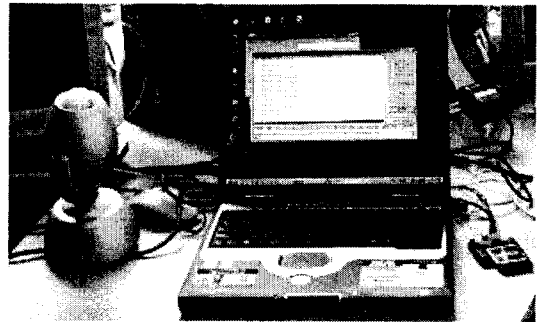


그림 9. WDMX 시스템 운영
Fig. 9. WDMX system operation

그림 9는 개발한 WDMX 제어기에 상용 LED DMX512 조명장치를 연결하여, PC 응용프로그램에서 편집한 연출내용을 전송하여 연출하는 모습을 보여준다. 조명장치로는 Xilver B.V의 Droplet™라는 제품이 사용되었다. 16비트 해상도로 조절할 수 있는 360° 팬과 260° 틸트를 갖고 움직일 수 있는 LED 조명장치이다. 조명장치는 12개의 DMX512 채널을 갖는 보통 모드 RGB에서 실험을 하였다.

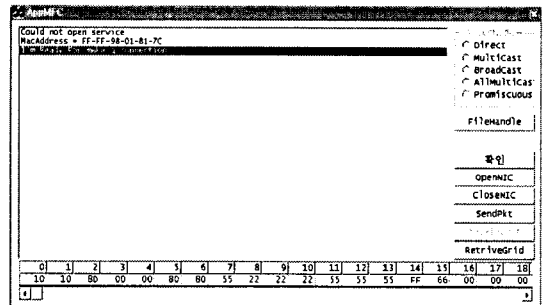


그림 10. 윈도우 기반 PC 응용프로그램
Fig. 10. Windows-based PC application program

그림 10에서와 같이 개발된 PC 응용프로그램을 실행시키고 사용할 네트워크 카드를 “OpenNIC” 버튼을 이용하여 선택한다. 화면아래 플렉스그 리드창을 이용하여 전송할 데이터들을 이미 정해진 연출내

용에 맞추어 편집한다. 그리고 "SendPkt" 버튼을 누르면 데이터가 제어기로 전송된다. 윈도우 응용 프로그램은 비주얼 C++로 작성되었다.

5. 결 론

지금까지 본 논문에서는 무선랜을 활용하여 이동성과 접속 제어기가 크게 증가하여, 다양한 조명연출이 가능한 새로운 WDMX 시스템을 제안하였고, 이들을 구현하는 과정을 설명하였다. 8비트 마이크로컨트롤러를 사용한 DMX512 프로토콜 구현 알고리즘을 제시하였고 구현하였다. 또한 DMX512 프로토콜 프레임과 IEEE 802.11b 무선랜 프레임 간의 변환 과정을 설명하였다. 이들을 위하여 8비트 마이크로컨트롤러에서 동작하는 802.11b 드라이버를 개발하였으며, 상업용 DMX512 장비와 연계시험을 통하여 개발된 프로토콜에 대하여 검증하였다.

본 논문을 통하여 기존보다 더 다양하고, 이동성이 좋은 조명연출 효과를 기대할 수 있게 되었다. 이러한 WDMX 제어기의 성능을 활용하기 위한 데이터 구조, 고속 데이터 처리, 및 연출 방법에 대하여서는 다른 논문을 통하여 발표할 예정이다.

본 연구는 경기도의 경기도지역협력연구센터사업의 일환으로 수행하였음.

References

- [1] 주근탁, "광센서 조광제어시스템의 최적의 하드웨어 구성과 성능평가", 석사학위논문, 세종대학교, 2006.
- [2] 웹사이트 <http://www.esta.org/about/index.html>.
- [3] MIDI Control of Stage Lighting, First Draft 12/9/05 - 웹사이트 www.innovateshowcontrols.com.
- [4] "Specification for the Art-Net mx Ethernet Communication Standard", Artistic Licence (UK) Ltd, 웹사이트 <<http://www.artisticlicence.com/user-guides/art-net.pdf>> June, 2004.
- [5] "USITT DMX512-A - Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories", Entertainment Services and Technology Association,, 2000.
- [6] Oscar Luna, Daniel Torres, RTAC Americas, "DMX512 Protocol Implementation Using MC9S08GT60 8-Bit MCU", Freescale Semiconductor Application Note, AN3315, 2006.
- [7] 손수국, "배전설비를 위한 임베디드 무선랜 기술개발", 조명전기설비학회논문지, Vol20,126-134, 2006.
- [8] A. Dunkels. uIP - a TCP/IP stack for 8- and 16-bit microcontrollers. Available from dunkels.com/adam/uip/, 2004.
- [9] J. Bentham, TCP/IP Lean: Web servers for embedded systems. CMP Books, October 2002.
- [10] Atmel Corporation, Embedded web server. AVR 460,. Available from www.atmel.com , January 2001.

◆ 저자소개 ◆

손수국 (孫守國)

1959년 7월 15일생. 1982년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1984년 서울대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 미국 University of Texas at Austin 졸업(박사). 현재 수원대학교 정보통신공학과 조교수.

한영석 (韓榮錫)

1963년 3월 7일생. 1987년 University of C. Oklahoma 졸업. 1989년 University of Oklahoma 졸업(석사). 1995년 한국과학기술원 졸업(박사). 현재 수원대학교 정보미디어학과 조교수.