DBpia

논문 15-40-10-18 The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences '15-10 Vol.40 No.10
http://dx.doi.org/10.7840/kics.2015.40.10.2006

저전력 무선통신 기반 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템 설계

홍 성 일◆, 인 치 호°

Design of a Multi-Protocol Gateway System Based on Low Power Wireless Communications

Sung-IL Hong◆, Chi-Ho Lin°

요 약

본 논문에서는 저전력 무선통신 기반 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템 설계를 제안한다. 제안 된 멀티 프로토콜 게이트웨이 시스템은 가로등 전력 제어 및 환경 모니터링을 위한 정보를 수집하여 무선 네트워크와 유선 네트워크를 통해 현장 상황을 실시간으로 모니터링 및 제어 할 수 있도록 설계하였다. 코드분할 다중접속 및 이더넷, 위성 항법장치, 저전력 무선통신 등의 유선 또는 무선통신을 선택적으로 사용한 복합처리와 함께 다중 센서를 이용하여 수집 된 데이터를 저전력 무선통신을 통해 서버로 전송하는 중개 역할을 하도록 설계하였다. 그리고 유지보수 비용 및 하드웨어 교체 용이성을 위해 CPU 및 베이스 보드로 분리하여 설계하였다. 본 논문에서 제안된 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템의 전원, 충격, 연속동작 신뢰성 검증결과, 95% 이상의 정상동작 성공률 및 정상적인 연속동작 결과를 얻을 수 있었다. 그리고 전압 강하 및 순간 내성시험, 전도성 RF 전자기장 내성시험에서 평균 A등급의 평가결과를 얻을 수 있었다.

Key Words : Zigbee, Multi protocol, Gateway, Interface, Power control

ABSTRACT

In this paper we propose a multi-protocol gateway system based on low power wireless communications. The proposed multi-protocol gateway system was designed to allow real-time monitoring and control of the on-site situation through wired and wireless networks by gathering information for streetlight power control and environmental monitoring. The sensing data using multi-sensors with composite processing that selectively used wired or wireless communication (e.g., CDMA, Ethernet (TCP/IP), GPS, etc.) were designed to act as intermediaries that transmitted to the main server through ZigBee. Inaddition, they were designed by separating a CPU board and baseboard to ensure low maintenance cost and ease of hardware replacement. The proposed multi-protocol gateway system's power, impact, continuous operation stability, and immunity test results obtained a normal operation success rate of over 95% and normal continuous operation results. Moreover, in the voltage drop test , instantaneous immunity test, and conductive RF electromagnetic field immunity test, it obtained an average rating result of "A".

◆ First Author : Semyung University, School of Computer, megadriver@hanmail.net, 학생회원
° Corresponding Author : Semyung University, School of Computer, ich410@semyung.ac.kr, 정회원
논문번호 : KICS2015-07-230, Received July 19, 2015; Revised September 9, 2015; Accepted September 30, 2015

www.dbpia.co.kr

Ⅰ. 서 론

무선 센서 네트워크는 소형 장치 안에 마이크로프로세서, 센서, 액추에이터, 유·무선 통신 장치를 내장하는 초소형 센서들로 구성된 적응형 네트워크이다. 이는 생태환경 모니터링, 군사 지역 감시, 재고 조사, 인체 상태 관련 정보 수집 및 분석 등과 같은 전문적이고 다양한 분야뿐만 아니라 미래의 유비쿼터스 컴퓨팅, 차세대 이동통신, 지능형 교통 시스템 및 홈 네트워킹 등의 구축에 필수적인 기반 기술이다[1-3].

무선 센서 네트워크의 발전으로 센서를 통해 주변의 정보를 수집하고, 수집된 정보를 주변의 센서들과 통신을 통해 취합 관리가 가능하다. 최근 급속히 발전하고 있는 소형 전자기술 및 디지털 신호처리, 저전력 무선통신 기술(Zigbee)은 대규모 무선 센서 네트워크의 실용화를 가능하게 만들었고, 응용분야는 도시계획, 교통량 측정, 재난 및 재해 방지, 조명제어 등으로 분류된다. 지능적 기술이 정착되려면 기존 유선 네트워크와 통합 할 수 있는 기술과 각종 디바이스의 플랫폼 및 하드웨어 사양들이 다르기 때문에 다양한 디바이스를 통합하여 동작 시키고 어플리케이션 및 소프트웨어를 구동 시킬 수 있는 유연한 네트워크 시스템 개발이 필요하게 되었다. 이러한 시스템은 다양한 상황 및 환경 데이터를 수집하여 중앙 처리장치로 전달하는 센서 네트워크 모듈과 모듈들이 수집한 데이터를 수신하여 수집·종합·분석·평가하고, 서버로 제어 명령을 전달하는 게이트웨이로 구분한다. 그러나 기존의 게이트웨이들은 개발자 편의 위주로 한 개의 보드로 설계되었기 때문에 교체 용이성이 감소되고 유지보수 효율성이 떨어지게 되고, 수집된 환경데이터를 설계시 고정된 통신방식만을 사용하여 데이터를 송수신하는 문제점 때문에 유무선 장치들을 선택적으로 사용하여 전달 및 처리할 수 있는 게이트웨이 시스템 개발이 필요하게 되었다[4-11].

본 논문에서는 문제점 해결을 위하여 저전력 무선통신 기반 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템을 제안한다. 제안하는 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템은 가로등의 전력제어와 환경감시를 위한 정보 수집을 위해 설치 장소 및 환경을 고려한 유·무선통신망을 선택적으로 사용하고, 현장상황의 실시간 확인 및 제어, 하드웨어의 교체, 유지보수의 효율성을 위해 CPU 보드와 베이스 보드로 나누어 독립적으로 설계한다. 그리고 게이트웨이 시스템의 신뢰성 검증을 위해 전원 및 충격 테스트, 연속동작 테스트, 전압안정 테스트를 진행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 제안하는 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템의 설계 내용 및 인터페이스에 대하여 기술하고, 3장에서는 제안된 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템의 전원, 충격, 연속동작의 신뢰성과 내성시험을 통해 검증 내용을 기술한다. 마지막으로 4장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

Ⅱ. 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템의 설계

본 논문에서 제안된 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템은 가로등, 보안등, 실내조명과 같은 조명기구의 전력제어와 환경감시를 위한 정보를 수집해야하기 때문에 유무선 통신망을 통해 현장상황을 실시간으로 확인 및 제어하는 시스템이다. 그리고 지그비(zigbee) 방식 및 무선랜을 이용한 메쉬 형태 네트워크를 구성하고, 유무선 통합 통신 프로토콜의 인터페이스를 통해 다중센서 복합처리 방식의 조명제어를 실시간으로 수행한다.

게이트웨이 시스템은 지능형 근거리 통신 방식의 하드웨어로서 무선 프로토콜, 이더넷(TCP/IP) 프로토콜, RS232, 디스플레이 및 입력 인터페이스의 통합제어를 하고, 베이스보드에 실장되는 이더넷 컨트롤러 및 커넥터를 통해 게이트웨이에 선택적으로 연결되는 코드분할 다중접속(CDMA), 위성 항법장치(GPS), 저전력 무선통신(zigbee) 등의 모듈에 대한 유무선 통신 복합처리를 주목적으로 한다. 다중 센서를 이용한 데이터를 수집하여 메인서버로 전송하는 중계자 역할을 하고, 단위 지역으로 분류하여 가로등 점등제어를 하는 센서 모듈 집합을 관리하기 위해 주변에 설치되는 센서 모듈과의 통신은 지그비 모듈(zigbee module)을 탑재하여 무선통신을 하도록 설계하였다.

그림 1은 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템의 구성을 나타낸다. 게이트웨이는 가로등 제어 명령 전달과 센서 노드의 데이터 전송 및 파워 미터를 통한 전력소비량 전송, 외부 마그네틱 스위치를 이용한 분전함의 AC전원을 제어하며, 어플리케이션 제어 유닛에서는 제어 프로그램에 의해 단순한 가로등의 점소등 및 점등제어, 유사시 자체 타이머를 이용한 독립적인 제어, 가로등 주변의 조도에 의한 제어기능을 수행하도록 설계하였다. 게이트웨이 시스템은 CPU 보드와 베이스 보드로 구분하였고, 연결 커넥터를 통해 탈부착하여 하나의 게이트웨이를 형성하도록 설계하였다. CPU보드는 게이트웨이의 중추로서 통신 인터페이스와 확장 I/O 포트 제공 등 기본적인 기능 수행을 위한 포트를 제공하고, 베이스 보드는 CPU보드를 기반으

www.dbpia.co.kr

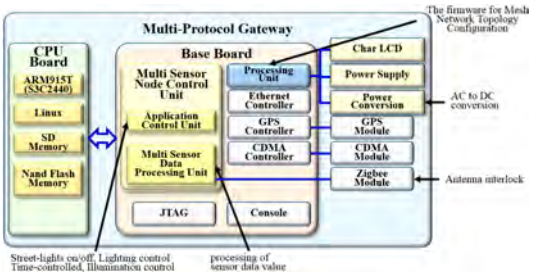

그림 1. 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템 구성
Fig. 1. Multi-protocol gateway system configuration

로 어플리케이션을 구성하여 게이트웨이의 주요 기능을 수행하도록 설계 하였다. 보드를 독립적으로 설계하였기 때문에 하드웨어의 교체 및 유지보수가 편리한 장점이 있다.

다중 프로토콜 게이트웨이의 CPU 보드에서 MCU는 ARM915T (S3C2440)를 사용하였고, 운영체제는 리눅스를 컴파일하여 내장하였으며 SD 메모리와 낸드 플래시 메모리를 사용하였다. 베이스 보드는 게이트웨이에서 지그비 및 코드분할 다중접속, 위성 항법 장치, 이더넷을 선택적으로 사용할 수 있도록 인터페이스를 설계하였다. 또한, 게이트웨이 상태정보 확인을 위한 디스플레이는 가로등의 필드 설치시 안정성 및 가로등 점등제어 시스템의 상태정보를 나타내기 위해서 16X2의 듀얼타입 Char LCD를 사용하였고, 시인성을 높이기 위해 출력 화면은 파란색을 적용하였다. 베이스보드의 멀티 센서 노드 제어유닛은 지그비 모듈로부터 수신되는 다중 센서의 데이터 값을 처리하고 가로등 제어를 위한 값을 전송하도록 설계하였고, 프로세싱 유닛은 전원 공급부에서 생산된 전원을 전력 변환부를 통해 변환하여 게이트웨이 시스템의 각 유닛에 공급 되도록 제어하기 위해 설계하였으며, 이더넷 컨트롤러는 메인서버와 연결하여 유선 기반의 데이터 처리 및 송수신을 하여 가로등을 제어하기 위해 설계하였다. GPS 컨트롤러는 모듈을 통해 게이트웨이 시스템이 설치된 장소 확인 및 시간 동기화를 위해 설계하였고, 코드분할 다중접속은 이더넷 사용이 불가능 할 경우에 서버와 통신이 가능하도록 설계하였으나 본 논문에서는 이더넷 방식을 사용하였기 때문에 사용하지 않는다. JTAG 및 콘솔은 커널 및 응용SW 다운로드에 사용하도록 설계하였다. 그림 2는 게이트웨이의 인터페이스를 나타낸다.

이더넷은 최대 100Mbps까지 지원하며 메인 서버로부터 제어 명령을 수신한다. 센서 노드와의 송수신 데이터는 지그비를 이용한 네트워크 구성을 통해 데

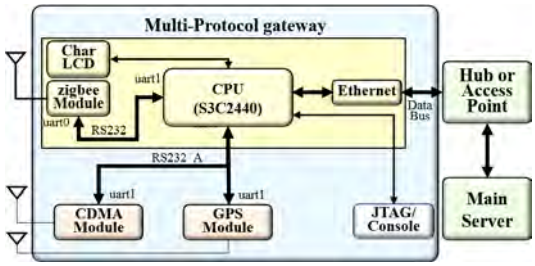

그림 2. 게이트웨이 인터페이스
Fig. 2. Gateway interface

이터 송수신 거리를 연장하였고, 통신 신뢰성 향상 및 유무선 통신 프로토콜 통합을 위해 인터페이스를 설계하였다. 설치환경에 따라서 코드분할 다중접속 또는 이더넷을 이용해야하는 상황을 대비하여 인터페이스를 설계하였다.

표 1은 게이트웨이 시스템의 CPU 보드의 구성을 나타낸다. CPU 보드는 임베디드 기반의 ARM Core Chip 의 종류인 S3C2440과 256Mbyte의 SDRAM (64Mbyte X 4), 5126Mbyte의 NandFlash 메모리 (256Mbyte X 2)를 사용하였고, 회로가 복잡하기 때문에 규격을 줄이기 위하여 보드 사이즈는 90×62(mm), 두께는 1.6T의 6층 기판으로 PCB를 설계하여 부품을 양면실장 하였다. 게이트웨이는 CPU 보드와 베이스 보드가 결합되어야 정상적인 기능을 수행할 수 있기 때문에, 보드의 상단 중앙에 베이스 보드와 탈부착이 가능하도록 커넥터를 실장 하였다.

표 2는 게이트웨이 시스템의 베이스 보드의 구성을 나타낸다. 필드 설치 시, 온도상승으로 인한 오동작을 고려하여 버퍼, 이더넷 유선통신을 위한 Chip, RS-232 통신을 위한 트랜시버, 달링턴 TR, DC-DC 컨버터는 산업용 스펙의 Chip을 사용하여 설계하였다. 게이트웨이는 RS232 통신을 위해 3.3V를 사용하기 때문에 입력전원(5V)을 TPS65021을 통해 Step-Down 시켜 입력전압의 차이를 해결하였다. RS-232 통신을 위한 Chip은 MAX3232를 사용하였다. 베이스 보드는

표 1. CPU 보드 구성
Table 1. CPU board configuration

Symbol	Description
S3C2440	32bit CMOS Micro Controller
K4S561632H-UI75	4M X 16BIT x 4BANKS SDRAM
K91208UOC-PIBO	64M X 8BIT NAND Flash Memory
SDS7000	Switching Diode

www.dbpia.co.kr

표 2. 베이스 보드 구성
Table 2. Base board configuration

Symbol	Description
74LVC245A	Low-voltage CMOS Octal Bus Transceivers
74HC21D	4-Input positive-AND gates
AX887896BLI	Fast Ethernet Controller
MAX3232ESE	3.0V to 5.5V, Low- Power up to 1Mbps, True RS- 232 Transceivers Using Four 0.1μF External Capacitors
ULN2803AFWG	the IC of darlington TR array form
TPS65021	DC to DC Step-downer

CPU 보드의 연결과 커넥터를 통해 코드분할 다중접속 및 위성 항법장치 모듈, 지그비 모듈, LCD 모듈 등을 연결하기 때문에 보드의 규격을 CPU 보드보다 크게 설계하기 위하여 보드 사이즈를 170×130(mm)으로 설계하고, 두께는 1.6T의 4층 기판으로 설계하여 부품은 양면실장을 하였으며, JTAG, Console, 이더넷를 위한 컨트롤러는 베이스 보드에 실장 하였다.

그림 3은 이더넷 컨트롤러의 인터페이스를 나타낸다. 서버와 유선 기반의 데이터 처리 및 송수신을 위해 사용된 이더넷 컨트롤러에 탑재한 AX88796BLI는 10/100Mbps 이더넷 통신을 위해 게이트웨이의 필드 설치를 고려한 스펙으로 -40도~85도 까지 동작온도범위가 넓고, 게이트웨이에서 이더넷 인터페이스는 유선 기반의 데이터 처리 및 송수신을 담당하며, 그 외에도 커널, 램 디스크, 사용자 작성 프로그램을 다운로드 하는데 사용하도록 설계 하였다. 이더넷 통신 동작 순서는 IRQ 포트를 통해 인터럽트를 요청해서 인터럽트가 걸리면 AEN 및 PSEN을 통해 어드레스 라인을 활성화 한다. 그 후 RD_n, WR_n에서 읽기와 쓰기 기능을 수행하여 데이터 버스를 통해 데이터를 송수신 한다.

그림 4는 위성 항법장치 모듈 인터페이스를 나타낸다. 베이스 보드의 UART0에 코드분할 다중접속과 위성 항법장치를 저항의 실장여부에 따라 선택적으로 사용하도록 설계하였다. 본 논문에서는 게이트웨이와 서버 사이에서 코드분할 다중접속 무선통신을 이용하지 않고 이더넷 통신방식을 사용하기 때문에 UART0

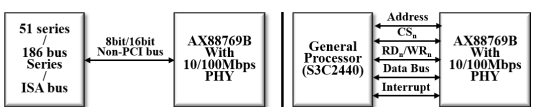

그림 3. 이더넷 컨트롤러 인터페이스
Fig. 3. Ethernet controller interface

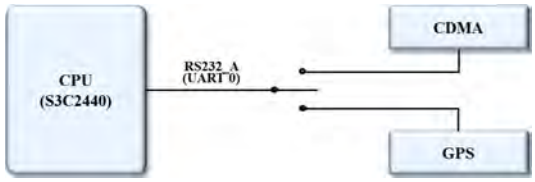

그림 4. 위성 항법장치 모듈의 인터페이스
Fig. 4. GPS module interface

과 위성항법장치를 H/W적으로 연결하여 게이트웨이의 설치 장소 확인 및 시간 동기화를 할 수 있도록 설계하였다. 만약 이더넷을 이용할 수 없는 설치 환경에서는 코드분할 다중접속을 통해 서버와 통신이 가능하다. CPU 보드의 S3C2440은 완전한 RS-232C 인터페이스를 지원하지 않기 때문에 일반적인 모뎀의 연결을 위해 필요한 신호들을 GPIO로 만들어주었고, 프로세서의 전압레벨은 트랜시버를 거치면 3.3V가 7V~12V 가량 상승되어 노이즈에 강인하게 통신이 가능하도록 설계 하였다.

표 3은 위성 항법장치 모듈의 구성을 나타낸다. 선택적으로 사용하는 위성 항법장치 모듈은 서버와 게이트웨이 사이에서 통신을 할 경우, 위성으로부터 마이크로웨이브 반송파를 수신하여 게이트웨이 위치 및 시간 동기화 데이터를 수신하기 위해 필요하다.

게이트웨이의 주요 기능을 수행하는 데이터 송수신 방법은 저전력 무선통신 기반의 지그비를 이용한 통신제어를 하도록 설계하였다. 센서 노드와 통신을 수행하는 지그비 인터페이스는 2.4GHz 대역을 이용하여 센서 노드에 명령을 하달하거나 센서 노드로 부터 데이터를 수신하도록 설계하였다. 이때, CPU와 지그비 모듈사이의 통신은 RS-232 방식을 따르며, S3C2440의 UART1과 지그비 모듈의 UART0을 연결하였고, 지그비 모듈과 게이트웨이간의 연결은 탈부착

표 3. GPS 모듈의 구성
Table 3. GPS module configuration

Symbol	Description
Model	NGA- R3D615
Receiver type	Ll Frequency, C/A Code, 20-Channel
GPS Chipset	SiRFstarTM Ⅲ GSC3fLP, GPS Architecture
WW features	4Mbit Flash Memory, Low Noise Amplifier, Patch Antena, TCXO
Max up-Data rate	1Hz
Sensitivity	-156dBm
Current	60~70mA
Protocol	NMEA 0183

www.dbpia.co.kr

할 수 있는 형태로 설계하였으며, 송수신 데이터의 정확성을 위해 5dB 안테나를 사용하여 설계하였다.

게이트웨이 시스템에서는 가로등 시스템의 상태 정보를 나타내기 위하여 듀얼 타입 Char LCD를 사용하였다. 이때, 듀얼타입 LCD를 사용한 이유는 게이트웨이의 필드 설치시 안정성 향상을 위해 선택하였다. 그림 5는 Char LCD의 인터페이스를 나타낸다. 베이스보드에 연결되는 Char LCD는 가변저항을 연결하여 백라이트의 밝기를 조절 하도록 설계하였고, 구동을 위해 베이스보드의 ULN2803을 사용하도록 인터페이스를 설계하였다.

게이트웨이 시스템의 동작을 위하여 전원 공급부에서 생산된 전원은 프로세싱 유닛의 제어에 의해 전력 변환부에서 변환하여 게이트웨이 내부의 각 유닛에 공급한다. 이때, 게이트웨이의 전원은 5V를 사용하기 때문에 전원공급부로 부터 공급받고, 전력 변환부는 입력측 보다 낮은 전압을 출력하기 위해 3개의 고효율 스탭-다운 컨버터(Step-Down)가 내장된 전원관리 IC(TPS65021)를 사용하여 설계하였다. 그림 6은 게이트웨이 시스템의 내부에서 전원을 공급하는 전원공급부(MUSL-100MS)의 외부 인터페이스를 나타낸다. 전원 공급부는 220V를 입력으로 받아서 스위치모드 파워 서플라이(SMPS)를 통해 DC 12V전원으로 변환 후 다시 레귤레이터를 통해 DC 5V로 변환하여 공급하도록 설계 하였다. 즉, 전원 공급부는 내부적으로 노이즈 제거 및 레귤레이터를 통해 12V와 5V로 변환하여 DC 12V는 교류전원의 공급 차단을 위한 스위치에 해당하는 교류 개폐기와 교·직류 회로를 빈번하게 개폐하기 위한 마그네틱 스위치와 게이트웨이와 연결되어 시스템을 구성하는 코드분할 다중접속 모듈의 동작을 위해 공급하며, DC 5V는 커넥터를 통해 게이트웨이의 동작을 위해 공급하도록 설계하였다.

그림 7은 게이트웨이 시스템의 내부에서 각각의 보드와 컨트롤러에 공급되는 전력변환을 위한 전력 변

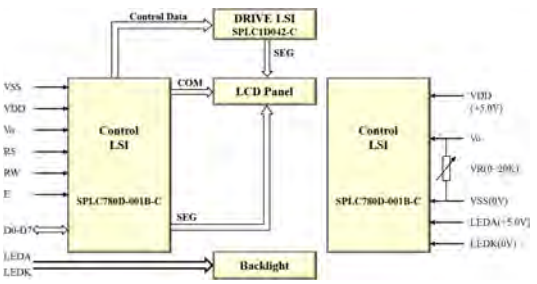

그림 5. Char LCD의 인터페이스
Fig. 5. Char LCD interface

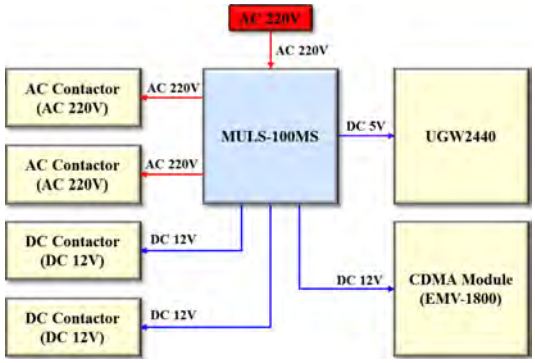

그림 6. 전원 공급부의 외부 인터페이스
Fig. 6. Power supply external interface

환부 인터페이스를 나타낸다. 전력 변환부는 어댑터 또는 전원 공급부로부터 DC 5V를 공급받고 전원관리 IC를 통해 입력 전원 보다 출력 전원이 낮아지도록 스탭-다운되어 각 기능을 구현하는 칩 또는 모듈에 전원을 내부적으로 공급한다. 그리고 전원 관리를 위해 게이트웨이 내부에 달링턴 싱크 드라이버(ULN2803)를 탑재하여 GPIO 포트의 신호가 전원 공급부를 제어하도록 설계하였다.

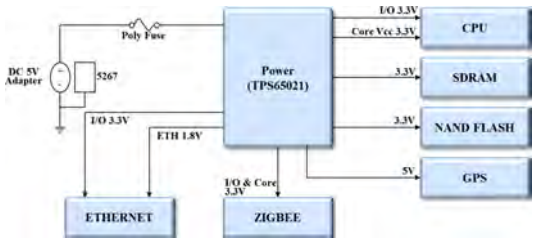

그림 7. 전력 변환 인터페이스
Fig. 7. Power conversion interface

Ⅲ. 실험결과

본 논문에서 제안된 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템은 정상동작과 신뢰성 검증을 위하여 일정시간 간격으로 전원 On/Off를 통한 연속동작 테스트,

전원공급에 따른 전원 테스트와 자유낙하를 통한 충격 테스트, 전압 강하 및 순간 내성시험, 전도성 RF 전자기장 내성시험을 진행하였다.

그림 8은 본 논문에서 제안한 저전력 무선통신 기반 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템의 연속동작 테스트 환경은 나타내었다. 연속동작 테스트는 센서 데이터를 수집하여 지그비 모듈을 이용해 게이트웨이로 센서 데이터를 전송하는 SZ100S 모듈과 온도, 습도,

www.dbpia.co.kr

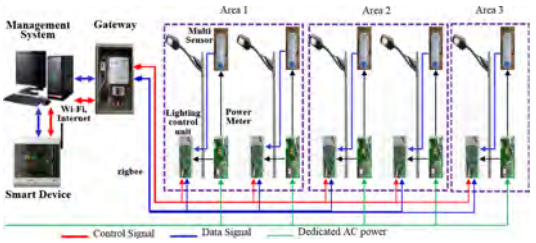

그림 8. 연속 동작 테스트 환경
Fig. 8. Continuous operation test environment

CO2 데이터를 SZ100S 코어 모듈로 전송하는 SH-300-DTH 센서 모듈, 지그비 수신 데이터를 UART를 통해 CPU로 전달하는 지그비 모듈을 사용하였다.

표 4는 연속 동작 실험 결과를 나타낸다. 120시간 동안 1시간 간격으로 게이트웨이의 전원을 on/off하여 실험하였으며, 지그비 모듈을 통한 정상적인 데이터 송수신 결과를 얻을 수 있었다.

표 5는 게이트웨이의 전원과 충격 테스트 결과를 나타내었다. 전원 테스트는 220V, 12V, 5V, 3.3V, 1.8V의 전원을 동시에 80회를 공급하여 실험 하였으며, 총 76회 정상동작하여 95%의 성공률을 얻었고, 충격 테스트는 0.5m에서 자유낙하를 100회 실시하여 실험하였고, 총 95회 정상동작하여 95% 이상의 성공률을 얻을 수 있었다.

게이트웨이 시스템의 정상동작 확인은 한국 EMC 연구소의 KN61000-4-11 기준을 적용한 전압 강하 및 순간정전 내성 시험과 KN61000-4-6을 적용한 전도성 RF 전자기장 내성시험을 진행하였다[9-10]. 그림 9는 무선 센서 인터페이스 기반 근거리 통신 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템의 전압강하 및 순간정전 내성 시험 환경을 나타낸다. 게이트웨이 시스템의 시험을 위해 게이트웨이와 주변 장치를 연동하고, CT Clamp와 ZCT Clamp를 통해 측정되는 전류 및 누설 전류 값을 LCD를 확인하여 실험하였다. 그리고 게이트웨이에서 전송한 데이터를 범용 통신 테스터를 통해 모니터링하여 이상 유무를 확인하였다. 성능평가 기준은 A, B, C 등급으로 구분하여 진행하였다. A등급은 시험 전·후에 게이트웨이가 운용자의 개입 없이 의도된 동작을 지속적으로 유지하는 상태이고, B등급은 시험 후 게이트웨이가 운용자의 개입 없이 의도된 동작을 지속하는 상태이며, C등급은 시험 전·후에 기능이 자기복구가 가능하거나 설명서 기준으로 기기를 제어하거나 전원 재인가를 통해 기능이 회복될 수 있는 상태를 의미한다.

표 6은 실험조건에 대한 전압강하 및 순간정전 내성실험 결과를 나타낸다. 실험조건은 전압의 오버슈트/언더슈트를 전압변화의 5% 이내로 설정하였고, 전압 상승/하강시간은 1㎲~5㎲으로 설정하였으며, 피시험기기 인가전압(AC 220V/60㎐)에 대한 주파수 편차는 정격 주파수의 ±2% 이내로 설정하여 3회를 진행하였다. 시험간격은 10초를 1주기로 하여 감쇄량이 100% 이상(0.5주기/1주기)과 30%(30주기)에서 정상동작 하였고, 100이상(300주기)에서 전원차단이 되었으며, 정상동작 되어 적합판정 결과를 얻었다.

표 4. 연속 동작 시험 결과
Table 4. Continuous operation test result

Item	Content	
Conditions	120 hour / 1 hour interval on/off	
Function	Data transmit-receive (zigbee)	normalcy
	Magnetic switch control	normalcy
	LCD Display	normalcy

표 5. 전원 및 충격 시험 결과
Table 5. Power and Impact Test Result

Item	Power Test	Impact test
Conditions	Each Power Test (220V,12V,5V,3.3V,1.8V)	0.5M Free fall
Number of experiments	80 times	100 times
Number of normal operation	76 times	95 times
Success rate	95%	95%

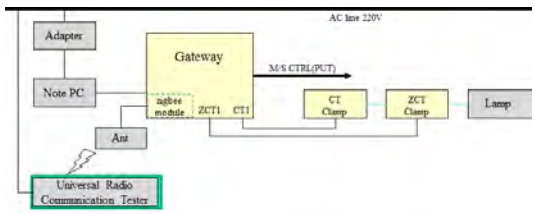

그림 9. 내성 시험 환경
Fig. 9. Immunity test environment

표 6. 전압 강하 및 순간 정전 내성 실험
Table 6. Voltage drop and momentary power tolerance experiments

Attenuation	Periodic	Criteria	Performance evaluation
100% 이상	0.5	B	A
100% 이상	1	B	A
30%	30	B	A
100% 이상	300	C	C

www.dbpia.co.kr

표 7은 전도성 RF 전자기장 내성실험 결과를 나타낸다. 실험조건은 주파수 범위를 150㎑~80㎒, 전자기장 강도는 3V, 스위프율은 1.5×10-3decades/s, 주파수 스텝은 1%로 설정하였다. 실험은 게이트웨이를 설치한 후 내성 기준에 명시된 주파수 범위와 시험 레벨을 설정하여 시험 주파수 대역을 스위프시켰고, 각각의 결합·감결합 장치에 연결된 시험 발생기를 가지고 수행되었다. 성능평가 결과, 정상동작 되어 적합 판정을 받았다.

표 7. 전도성 RF 전자기장 내성 실험
Table 7. Conductivity RF electromagnetic field immunity experiments

Division	Part	Apply	Criteria	Performance evaluation
AC-DC I/O Port	Main power input	CDN (M3)	A	A
Signal Line	LAN	EM Clamp	A	A

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 저전력 무선통신 기반 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템 설계를 제안하였다. 제안된 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템은 연결 커넥터를 통해 탈부착이 가능하도록 CPU 보드와 베이스 보드로 나누어 독립적으로 설계하였기 때문에 하드웨어 교체 용이성 증가와 유지보수 효율성이 증가되는 결과를 얻을 수 있었다. 기존 코드분할 다중접속 및 이더넷, 위성항법장치, 저전력 무선통신 등의 유선 또는 무선 통신을 설치 장소 및 환경에 따라서 선택적으로 사용한 복합처리가 가능하였다. 또한 효율성 및 전원, 충격, 연속동작 신뢰성 검증결과, 95% 이상의 정상동작 성공률 및 연속동작 모니터링 결과를 얻었고, 전압 강하 및 순간 내성시험, 전도성 RF 전자기장 내성 시험에서는 평균 A등급의 평가를 얻을 수 있었다.

본 논문에서 제안된 다중 프로토콜 게이트웨이 시스템의 응용으로 새로운 통신 방식을 적용한 복합형 노드 제어기술을 통해 에너지 절감 기술 및 지그비와 무선 네트워크 기반의 메쉬 네트워크 구성과 펌웨어 기술을 이용한 전력절감, 통신 신뢰성 기술, 지능화된 효율적 실시간 모니터링 및 제어기술 확보할 수 있을 것이다.

References

[1] A. agarwal, M. Agarwal, M. Vyas, and R. Sharma, "A study of zigbee technology," *Int. J. Recent and Innovation Trends in Computing and Commun.*, vol. 1, no. 1, pp. 287-292, Apr. 2013.

[2] K. Y. Liana, S. J. Hsiaoa, and W. T. Sung, "Intelligent multi-sensor control system based on innovative technology integration via zigbee and wi-fi networks," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 36, no. 2, pp. 756-767, Mar. 2013.

[3] S. K. Oh and D. J. Choi, "6LoWPAN Based IP-USN system implementation for improving scalability," *J. KICS*, vol. 38B, no. 09, pp. 687-699, Sept. 2013.

[4] S. Zhang and M. Zhang, "Communication and control in home gateway," *Int. J. Comput. Sci.*, vol. 10, no. 1, pp. 153-157, Mar. 2013.

[5] S. H. Kim, D. Y. Kim, J. S. Kang, and H. S. Park, "A reflective service gateway for integrating evolvable sensor-actuator networks with pervasive infrastructure," *J. Parallel Distrib. Comput.*, vol. 72, no. 10, pp. 1237-1253, Oct. 2012.

[6] S. Hwang and D. Yu, "Remote monitoring and controlling system based on zigbee networks," *Int. J. Softw. Eng. Its Appl.,* vol. 6, no. 3, pp. 35-42, Jul. 2012.

[7] A. Gupta and S. Thangjam, "Zigbee based remote sensing and controlling with communication re-link algorithm," *Int. J. Electron. Comput. Sci. Eng.*, vol. 1, no. 3, pp. 1097-1102, Aug. 2012.

[8] S. S. Ahn and W. H. Kim, "Development of automotive gateway system using pseudo most network as backbone," *IEEK J. SC,* vol. 48, no. 6, pp. 24-33, Nov. 2011.

[9] X. Liu, "Coverage with connectivity in wireless sensor networks," in *Proc. BROADNET 2006*, pp. 1-8, Oct. 2006.

[10] S. I. Hong and C. H. Lin, "A multi-protocol gateway middleware design on ubiquitous sensor networks," *J. KICS*, vol. 38B, no. 11, pp. 895-901, Nov. 2013.

[11] K. Y. Kim, S. Y. Shin, K. S. Bae, and S. Chae,

www.dbpia.co.kr

"Design and implementation of NMEA 2000 based universal gateway," *J. KICS*, vol. 39C, no. 02, pp. 191-198, Feb. 2014.

[12] International Electrotechnical Commission, *KN61000-4-6, Conductivity RF electromagnetic field immunity test methods*, National Radio Research Agency, Dec. 2007.

[13] International Electrotechnical Commission, *KN61000-4-11, Voltage drop, momentary power interruption immunity test methods*, National Radio Research Agency, Dec. 2005.

홍 성 일 (Sung-IL Hong)

2007년 2월 : 세명대학교 컴퓨터과학과 이학사

2009년 8월 : 세명대학교 대학원 교육학석사

2015년 2월 : 세명대학교 대학원 이학박사

<관심분야> SOC CAD, CAD 알고리즘, USN, RTOS 및 내장형 시스템, 조명제어 시스템, 사물인터넷, 홈 네트워킹

인 치 호 (Chi-Ho Lin)

1985년 : 한양대학교 공과대학 전자공학과 공학사

1987년 : 한양대학교 대학원 공학석사(CAD 전공)

1996년 : 한양대학교 대학원 공학박사(CAD 전공)

1992년~현재 : 세명대학교 컴퓨터학부 교수

<관심분야> SOC CAD, ASIC 설계, CAD 알고리즘, SOC 설계, USN, RTOS 및 내장형 시스템, 조명제어 시스템, 사물인터넷, 홈 네트워킹

www.dbpia.co.kr