
UHF-RF 및 블루투스 이중 접속 무선 센서 네트워크 노드 개발

김 호 준*

Development of a Wireless Sensor Network Node with Dual Interfaces of UHF Radio and Bluetooth

Ho-Joon Kim*

요 약

유비쿼터스 센서 네트워크 구현을 위한 하드웨어와 소프트웨어에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

본 논문은 현재 널리 사용되고 있는 블루투스 접속 방식을 사용하면서 RF 무선 접속을 제공하는 이중 접속 방식의 무선 센서 노드를 개발하는 내용이다. 이 센서 노드는 Atmega32 마이크로컨트롤러, 블루투스 모듈, UHF RF 송수신 모듈, 그리고 온습도 및 광도 센싱 IC를 사용하였다. 또한 각 모듈의 동작을 제어할 F/W를 GCC 컴파일러를 사용하여 C 언어로 개발하였다. 개발된 센서 노드는 블루투스 접속이 15 m까지, RF 접속이 60 m 까지 가능하였다. 공급 전압 5V 이상에서 안정적인 동작을 하였으며 소비 전류는 대기시 평균 21 mA, 동작 시 평균 63 mA가 되었다.

ABSTRACT

The researches about the hardware and the software implementing ubiquitous sensor network have great rush in recent years. This paper deals the development of a sensor node with the dual interface which also has an RF wireless interface while has a Bluetooth interface used widely in present. This sensor node includes a Atmega32 microcontroller, a Bluetooth module, a RF module, a temperature-humidity sensor. and I also develop the F/Ws controlling each modules with C language using GCC compiler. The sensor node developed can reaches 15 m with Bluetooth interface and 60 m with RF interface. It works stably with the voltage above 5V and it consumes currents 21 mA average in idle mode, 63 mA average in active mode.

키워드

UHF radio, bluetooth, sensor network, node

I. 서 론

미래 사회는 모든 현실 공간의 사물에 지능과 통신 능력이 부여되며 인간 중심의 접근에 의해 다양한 서비스가 제공되는 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing) 세상이 될 것이다[1]. 이 새 패러다임을 보여주는 시도로

Microsoft의 Easy Living[2], HP의 Cool Town[3], 유럽의 Smart Its[4], 버클리 대학의 Smart Dust[5], MIT의 Auto ID[6] 등의 프로젝트가 진행되었다. 유비쿼터스 컴퓨팅은 근거리 무선 통신, 센서, MEMS(Micro Electro Mechanical System), 소형 컴퓨팅 칩 기술, 그리고 RFID 기술을 융합 하여야 이루어질 수 있다. 소형 컴퓨팅 디바이

스는 저전력으로 장기간 동작해야하므로 여러 센서 노드들 간의 다중 홉 통신을 하며 게이트웨이를 통해 외부 네트워크에 연결되는 USN(Ubiquitous Sensor Network) 개념의 통신을 해야 한다. 이를 위해서는 W-PAN(Wireless Personal Area Networks), ad-hoc 네트워크, 고성능 센서 등의 핵심 기술들이 뒷받침 되어야 한다. 이러한 새로운 형태의 서비스 특성에 대한 기술적 요구를 만족하는 무선 프로토콜은 무선 LAN, Bluetooth, Zigbee 등이 있다. 그러나 무선 LAN은 전력 소모가 많고 통달 거리가 짧아 효율적이지 못하고 Bluetooth는 저전력 모드를 지원하지 때문에 무선 센서 망 응용에 적합하다[7]. 하지만 동시에 최대 7개의 Active Slave 접속만을 지원하기 때문에 무선 센서 망에 적용되기에는 문제점이 있다[8]. 초저전력 소모 특성을 만족하기 위해서는 에너지 효율적인 MAC 프로토콜이 필요하다[9][10]. 최근에는 IEEE 802.15.4에서 저속의 데이터 전송을 위한 ZigBee 프로토콜의 표준화 작업이 이루어지고 있으며, 현재까지는 가장 유용한 규격으로 인정되고 있다[11]. 그러나 상위 계층 프로토콜 개선이 진행중이고 칩 단가가 아직까지는 높아 블루투스 가전 및 정보 기기의 인터페이스의 주류가 되고 있다. 그러나 블루투스도 유효 통신 거리가 10 m 내외인 한계점이 있다.

본 연구에서는 근거리 무선 인터페이스 규격으로 널리 적용되고 있는 블루투스 방식과 유효 통화 거리를 100 m 까지 얻을 수 있는 특정 소전력 UHF(Ultra High Frequency) 무선 접속 방식을 동시에 지원하는 무선 센서 네트워크 보드를 설계 제작하여 그 특성을 분석함으로써 응용 제품 개발 및 연구의 플랫폼으로서의 적용성을 고찰하고자 한다.

II. 센서 네트워크 기술

2.1. 센서 네트워크의 개념

센서 네트워크란 센싱 기능과 정보 처리 능력, 그리고 통신 능력을 가진 다수의 센서 노드들로 구성되며, 특히 서비스 영역에 배치된 후 자동적으로 ad-hoc 네트워크를 형성하고 정보를 수집 및 처리함으로써 응용 서비스를 제공해준다. 센서란 열, 빛과 같은 물리 현상을 전기적 신호로 변환하는 모듈이고, 센서 노드(sensor node)란 통신 기능을 갖춘 마이크로프로세서 보드에 센서가 장착된 것을 말하며 간단히 노드라 부르기도 한다. 정보를 요구하는

노드는 싱크(sink)노드라 하고, 정보를 발생하는 노드는 소스(source) 노드라 한다. 게이트웨이(gate way)노드란 외부망(예, LAN, 인터넷 등)에 연결되어 정보 전달 기능을 갖고 있는 노드를 말한다[12].

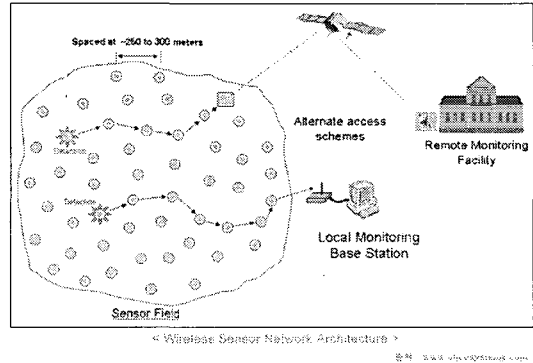


그림 1. 무선 센서 네트워크 구조
Fig. 1. Structure of Wireless Sensor Network

무선 센서 네트워크는 여러 개의 노드들이 게이트웨이를 통해 외부 네트워크에 연결되는 구조를 갖는다. 센서 노드들은 가까운 싱크 노드로 데이터를 전송하고 모아진 데이터는 게이트웨이 노드로 전송된다. 게이트웨이 노드의 데이터는 위성통신, 유/무선 인터넷 등을 통해 관리자 또는 정보 수요자에게 전송될 수 있다. 전형적인 센서 네트워크의 망구조는 그림 1과 같다[13].

센서 네트워크는 고유 ID를 부여한 global address 방식을 적용할 수 없고 망토폴로지 및 노드 분포가 확정적이지 않으며 하드웨어 자원이 제한적이라 통신거리 및 수명을 고려해야하고, 응용 분야에 따라 시스템 요구 사항이 천차만별인 특성을 갖고 있다. 특히 통신 거리의 한계 때문에 다중 홉 통신이 필수적이며 따라서 효율적인 라우팅이 무엇보다 중요하다[14].

2.2. 블루투스 기술

블루투스는 자유롭게 사용할 수 있는 ISM(Industrial Scientific Medical)의 2.4GHz 대의 대역폭 1MHz인 79개의 채널들 사이에서 랜덤하게 초당 1600번 주파수 도약(Frequency Hopping)을 한다. 변조 방식으로는 GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying)방식을 사용한다. 세 가지 레벨의 무선 전력 형식을 선택하면 10m에서 100m까지의 유효 통신 거리를 얻을 수 있다.

노드간의 통신은 Master와 Slave의 설정을 통하여 이루어지며, Master는 동시에 최대 7개까지의 Slave들과 TDD(Time Division Duplexing)방식으로 동시에 통신할 수 있다. 그림 2와 같이 Scatternet을 구성하면 계층 구조의 센서 네트워크를 구성 할 수 있다.

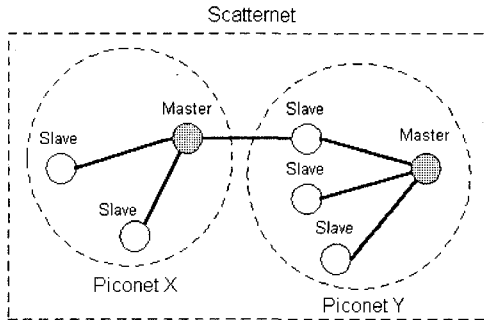


그림 2. 블루투스 망 토폴로지
Fig. 2. Bluetooth network topology

그림 3은 표준에서 제시하는 프로토콜 스택을 제시한다. LMP(link manager protocol)는 노드의 접속, 링크의 설정, 저전력 모드 전환 등을 수행한다. HCI(host controller interface)는 논리적으로 분리된 블루투스 물리 디바이스와 호스트(마이크로프로세서 또는 PC 등)의 연결을 위한 계층이다.

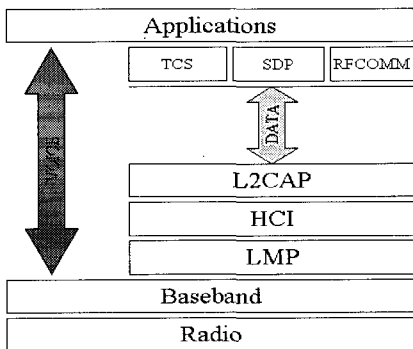


그림 3. 블루투스 프로토콜 스택
Fig. 3. Protocol stack of Bluetooth

L2CAP(logical link control and adaptation protocol)은 패킷의 분해와 조립, 채널 다중화를 처리하며 논리 프레임을 상위 계층과 하위 계층에 전달하는 역할을 한다: TCS(Telephon Control protocol Specification)은 블루투스

를 통한 전화 서비스를 지원하기 위한 규격이고, SDP(service discovery protocol)은 통신 유효 범위 안에 어떤 디바이스가 존재하며 제공 가능한 서비스가 무엇인지 찾아주는 프로토콜이다. RFCOMM은 RS-232 직렬 포트를 에뮬레이션하며 여러 개의 직렬 포트를 동시에 서비스할 수 있는 다중화 기능이 있다. Application(응용) 계층은 전화, 헤드셋, 팩스, LAN 접속, 파일 전송, 직렬 포트 등과 같은 서비스를 정의해 놓은 블루투스 프로파일(profile)을 통해 사용자에게 서비스를 제공하는 계층이다. 서비스의 내용과 속성, 선택 사항 등을 통일하고 user interface의 가이드라인을 제시하여 제품 간의 호환성을 지켜주기 위해 필요하다[8][15].

III. 센서 노드의 설계

3.1. 센서 노드의 구성

센서 노드는 그림 4와 같이 CPU 모듈, 센서모듈, 블루투스 모듈, RF 모듈로 구성된다. 센서 노드는 RF모듈이 없으며 블루투스 모듈을 slave 모드로 동작하여 게이트웨이 노드의 블루투스(master 모드) 모듈과 접속된다. 게이트웨이 노드는 블루투스 인터페이스를 통해 수집된 각 센서 노드의 정보를 RF 모듈을 통해 관리 PC로 전달한다. 이때 게이트웨이 노드로부터의 신호를 PC로 전달하기 위해 게이트웨이 노드와 상대할 접속 모듈이 PC와 연결되어 있어야 한다. 이 접속은 유선 직렬 포트 방식 또는 블루투스 접속 직렬 포트 방식을 사용할 수 있다.

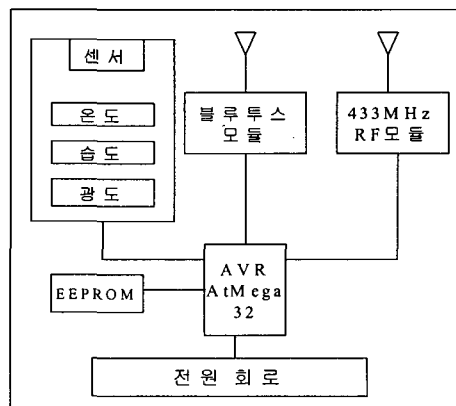


그림 4. 보드의 구성도
Fig. 4. Configuration of the Board

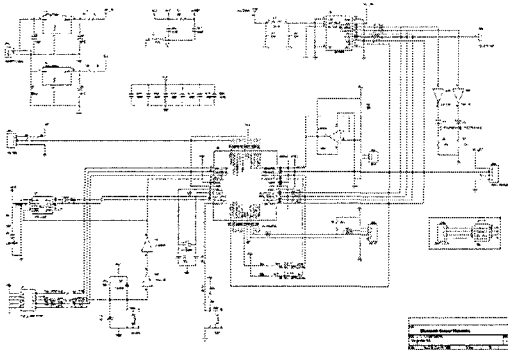


그림 5. 노드의 회로도
Fig. 5. Schematic of the Node

센서 노드는 AVR 마이크로 컨트롤러와 내장 Flash ROM, EEPROM이 존재하며 정전압 전원장치의 전원 공급을 받는다. 센서 부분은 온도, 상대 습도를 측정할 수 있는 IC, 그리고 조도 측정을 위한 CdS 센서 접속 회로가 포함된다. 무선 접속을 위해 블루투스 직렬 통신 모듈이 장착된다. 센서 노드의 H/W 기능 및 S/W 동작을 시험하기 위한 최적 설계 센서 노드의 회로도도 그림 5와 같다.

3.2. 블루투스 모듈

블루투스의 칩셋은 RF 부분이 베이스밴드 부분과 통합되어 CMOS 공정으로 원칩화가 되었다. 또한 블루투스 모듈(칩셋, 메모리, 주변 RF 회로 포함)의 크기는 10×10mm 이하로 작아지고, 전력 소모도 낮아져서 휴대용 기기에도 무리 없이 탑재될 수 있다.

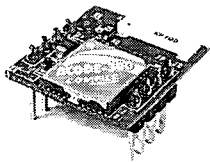


그림 6. 블루투스 모듈
Fig. 6. Bluetooth Module

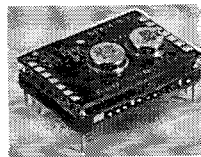


그림 7. RF 모듈
Fig. 7 RF Module

ACODE-300(그림 6)은 저가형의 블루투스 모듈로서 RFCOM 프로파일을 지원하여 양방향 리얼 타임 1:1 통신을 제공한다[16]. 또한 Bluetooth Spec. v1.1 규격으로 간섭이 없고 보안성이 뛰어나 안정적인 데이터 전송이 가능하다. 명령어 중 일부를 정리한 것이 표 1이다[17].

표 1. 명령어 세트 요약
Table 1. Summary of Command Sets

명령어	동작 설명
ATZ<cr>	소프트 리셋
AT+BTINQ?<cr>	주변 블루투스 장치 검색
ATD112...66<cr>	112..66로 연결 시도
ATD<cr>	종전 연결 재시도
AT+BTCANCEL<cr>	진행 작업 중지
+++	명령 대기 상태로 전환
ATO<cr>	온라인 상태로 전환
ATH<cr>	연결 해제
AT+BTMODE,n<cr>	작업 모드를 설정
AT+BTINFO?<cr>	내부 정보 문의

3.3. RF 모듈

그림 7의 RF 모듈은 저전력의 UHF FM 송·수신기, 데이터의 처리부, 송·수신 전환 스위치 회로를 내장하고 있다. 최대 40 kbps의 고속 데이터 전송을 제공하며 TX/RX 전환 및 power up 시간이 1 ms 이하로써 1:1 또는 1:N 접속이 가능하고 효율적인 절전이 가능하다[18].

표 2. BIM-433-F의 사양
Table 2. Specification of BIM-433-F

항목	사양
주파수	433.92 MHz
전송속도	40 kbps
수신감도	-117 dBm
출력	0.25 mW
전송거리(야외/빌딩내)	120m / 30m
공급전압	5V
공급전류	12 mA
슬립 모드 전류	1 μA

3.4. 온/습도 센서

그림 8은 Sensirion사의 CMOS 공정 센서 IC로서 온도와 상대 습도를 측정할 수 있으며 완전히 조정된 디지털 데이터를 얻을 수 있고, 초소형, 저소비전력 등의 특징을 가지고 있다.

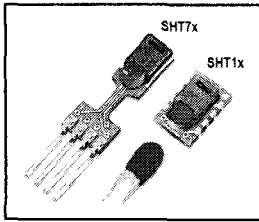


그림 8. SHT11 외형도
Fig. 8. Outlook of SHT11

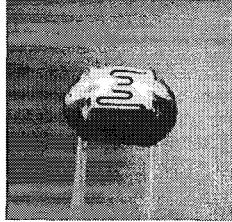


그림 9. CdS 센서
Fig. 9. CdS Sensor

마이크로프로세서와의 인터페이스는 2선의 시리얼 방식이며 유사 I²C 방식이다. SCK는 동기 통신용 클럭 최대 10MHz 주파수로 동작 가능하므로 마이크로컴퓨터에 맞춰 설정할 수 있다. SHT11은 8~12비트의 분해능을 가지며 한번 측정한 온/습도의 값은 최초 측정 시작 커맨드를 받고 데이터 요구 커맨드가 있을 때 까지 내부적으로 측정된 데이터를 저장하고 있다[19].

3.5. 광도 센서

CdS(황화 카드뮴) 광도전 센서는 CdS을 밀폐 용기에 넣고, 수광창은 투명한 플라스틱 또는 유리로 되어있으며, 외부로는 극성이 없는 2개의 리드선이 나와 있는 구조로 되어있다. 그리고 CdS 광도전 센서의 치수는 지름 5mm인 것부터 최대 250mm인 것이 존재한다. 여기에서는 지름 5mm 소형 CdS 센서를 사용하였다. 그림 9는 사용된 CdS 센서를 보여준다.

IV. 노드 제작 및 실험

4.1. PCB 설계

센서 노드의 PCB 설계 Layout 패턴도는 그림 10과 같다. 좌하는 온습도 센서이고 중앙은 센서 노드 보드이며 우하는 F/W 로딩을 위한 ISP(In Circuit Programming)을 위한 어댑터 보드이다.

그림 11은 제작한 보드이다. 상태 표시를 LED와 테스트 스위치를 두었고 공급 전원은 휴대성을 고려해 9V 건전지를 사용하고 정전압 회로를 거쳐 RF 모듈은 5V로, 기타 부분은 3.3V로 동작한다.

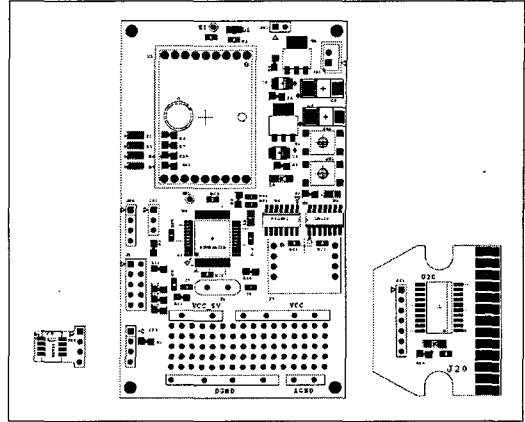


그림 10. 보드의 Layout 도면
Fig. 10. Layout Diagram of the Board

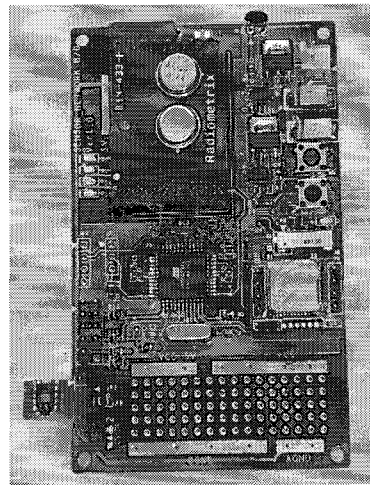


그림 11. 보드의 외관
Fig. 11. Outlook of the Board

4.2. 각 모듈의 동작 특성

그림 12는 스펙트럼분석기로 측정된 UHF RF 모듈의 송신 신호 스펙트럼을 보여준다. 중심 주파수 433.92 MHz에서 송신하며 스펙 간격은 0.5MHz/Div로 채널 대역은 3MHz임을 확인할 수 있다. REF는 -5.9dBm, 수직 눈금 당 10 dB/Div 이다.

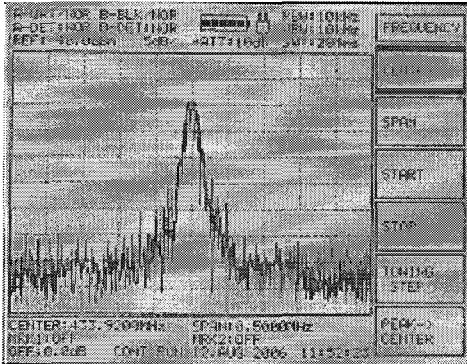


그림 12. RF 송신 신호 스펙트럼
Fig. 12. Spectrum of Transmitted RF Signal

그림 13은 RF 모듈 수신 동작 파형을 보여준다. 윗 파형은 CD(Carrier Detect)이고 아래는 수신 데이터이다. 평소에는 CD가 High 이며 데이터는 무시되어야 한다. 반송파가 감지되면 시그널이 Low인 상태가 되며 의미 있는 데이터로 판독하여 마이크로 프로세서가 데이터를 저장하기 시작한다. 소프트웨어 애플리케이션에 의한 직렬 통신을 통해 9600 Baud 반이중 통신이 가능하다.

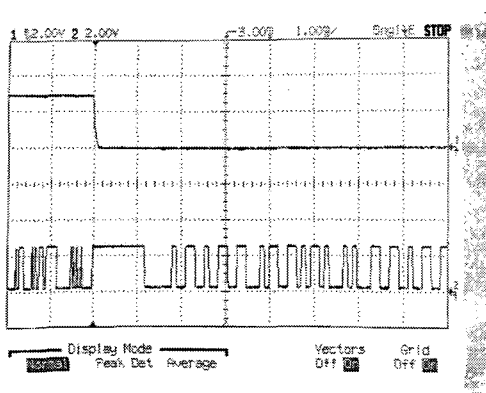


그림 13. RF 모듈 수신 파형
Fig. 13. Waveform of Received Signal

그림 14는 9600 Baud, 1 start bit, 8 bit Data, 1 stop bit, Non-Parity 로서 상호 통신을 하는 송/수신 데이터의 신호 파형을 보여준다.

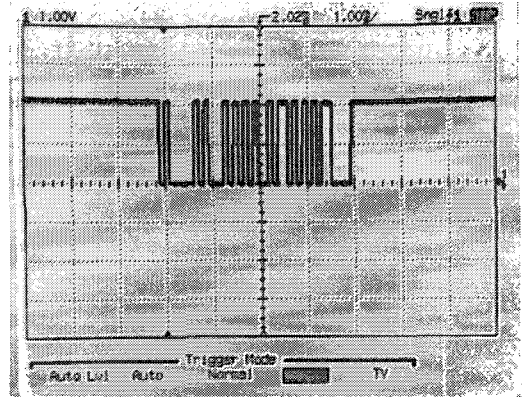


그림 14. 블루투스 전송데이터 파형
Fig. 14. Waveform of Bluetooth Transmit

Baud rate는 선택이 가능하며 블루투스의 기본 속도인 9600 Baud로 접속을 시작한 후 57600 Baud로 전환하여 데이터 통신을 한다. 또한 소프트웨어 버퍼를 두어 안정적인 데이터 전송이 가능하도록 하였다.

그림 15는 SHT11 센서의 명령 커맨드 신호 파형을 보여준다. 상단은 DATA 신호이고 하단은 클럭이다. 클럭은 최대 10 MHz까지 지원하나 동작 안정을 위해 1 MHz의 클럭을 사용하였다. 신호 발생과 해독은 소프트웨어로 구현되었다.

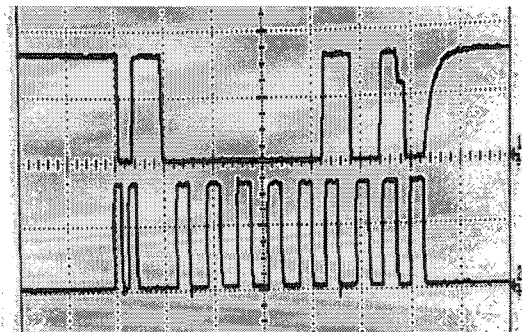


그림 15. 온·습도 센서 명령 커맨드 파형
Fig. 15. Waveform of Command and Clock of Temp-Humi Sensor

4.3. F/W 동작

센서 노드의 F/W는 코드 크기는 25 KBytes 데이터 크기는 2 KBytes의 C 프로그램으로 개발 되었으며 그림 16 과 같이 4개의 주요 프로세스가 각각 최소 8 uSec에서 최대 20 uSec 이내에 각 모듈에서 처리해야할 작업을 반복적으로 수행하는 시퀀셜 멀티프로세싱 방식을 사용한다.

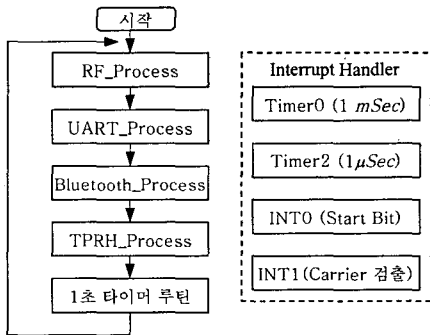


그림 16. 펌웨어 흐름도
Fig. 16. Flow chart of the FirmWare

또한 Time critical 이벤트 처리를 통해 주요 프로세스를 보조하는 4개의 인터럽트 핸들러가 동작한다. RF_Process는 RF 모듈 구동과 직렬 통신 처리를 위한 소프트웨어 UART 에뮬레이션 루틴과 유사 HDLC 프레임 구성과 추출 및 CRC 처리를 한다. 또한 9600 baud 직렬 통신 송수신을 위해 Timer2 인터럽트 핸들러의 도움을 받아 10.4 μSec 마다 비트 생성 및 추출 처리를 하는 비트레벨 송수신 서브 프로세스가 동작한다. 또한 Carrier 검출을 통해 데이터 충돌을 방지하는 CSMA-CA 방식의 다중접속 기능을 제공하며 송신 주기는 한 프레임당 50 mSec로 설정하였다.

UART_Process는 블루투스 연결 전에는 모듈 제어 명령에 따른 응답을 수신하여 처리 결과 또는 상태 정보를 추출하고 블루투스 연결 이후에는 송수신되는 데이터 중 타 센서 노드로부터의 명령어 프레임을 추출을 처리한다. Bluetooth_Process는 블루투스 모듈의 동작 상태와 응답 지연 시간을 고려하여 각종 제어 명령어를 UART 통신을 통해 송출하며 응답 결과에 따라 블루투스 모듈의 상태 변화 처리를 자동으로 처리 해주는 프로세스이다.

TPRH_Process는 온습도 센서로부터 데이터를 읽어내기 위한 직렬 버스 비트 송수신 처리를 한다. 응답 지연 시간을 고려한 상태 천이 동작을 통해 안정적으로 데이터를

추출해낸다. 1초 타이머 루틴은 매 1 초마다 들어오는 처리 과정으로 보드의 동작 상태확인을 위한 LED 구동, 특정 명령어의 시험을 위한 Test Code를 넣기 위한 과정이다. Interrupt Routine은 msec 및 μsec 타이머 루틴, RF 직렬 통신 Start Bit 검출 하드웨어 인터럽트, RF 캐리어 검출 확인 하드웨어 인터럽트 루틴들이 존재한다.

4.4. 센서 노드의 구동

전지 구동 시 전압 강하에 따른 노드 동작의 안정 상태를 확인하기 위해 공급 전압 변화와 동작 특성을 표 3에 나타내었다. 5.0V 구동이 규격인 RF 모듈을 제외하고 모든 모듈은 3.3V로 구동된다. 전압 안정회로의 에너지 손실을 최소화하기 위해 RF 모듈도 3.3V로 구동하였을 경우 공급 전압이 5V 이상이 되어야 안정된 동작을 함을 알 수 있다.

표 3. 전압 변화에 따른 동작 상태
Table 3. Operation Status as Voltage Change

공급 전압	V5.0	V3.3	RF 5.0V 구동	RF 3.3V 구동
3.0V	2.0	2.0	수신 불가	수신 불가
4.0V	3.0	3.0	정상 동작	수신 불안
5.0V	4.0	3.28	정상 동작	정상 동작
6.0V	4.98	3.28	정상 동작	정상 동작
7.0V	4.99	2.28	정상 동작	정상 동작

표4는 보드의 각 모듈별 동작 상태에 따른 전류 소모량을 공급 전압을 9V로 하여 보드가 안정된 동작을 할 수 있는 상황에서 측정된 것이다. 이는 연속 동작시의 전류값이며 Sleep 모드 적용 시에는 듀티비를 작게 하여 전류 소모를 줄일 수 있다.

표 4. 보드 전류 소모량
Table 4. Current Consumption of the Board

구동 상태	최소 (mA)	평균 (mA)	최대 (mA)
CPU main 회로	17	19	21
온습도 센서	0.003	0.03	0.5
블루투스 절전모드	1	2	3
블루투스 대기모드	9	23	36
블루투스 연결모드	30	31.5	33
RF Sleep 모드	0.001	0.001	0.001
RF Active 모드	12	12	12
전체보드 대기상태	18.0	21.0	24.5
전체보드 동작상태	59.0	62.53	66.5

각 센서 노드는 블루투스 접속 또는 RF 접속을 통해 상대 노드로 데이터 전송이 가능하다. 블루투스 접속은 1:7 까지 가능하며 실내에서 15m 까지 접속이 유지된다. RF 접속은 10:10 까지 가능하며 실내에서 60m 까지 접속이 유지된다.

그림 17은 5개의 센서 노드가 상호 연결되어 데이터를 주고 받는 과정을 보여준다. #6번 노드는 블루투스 접속을 통해 노드의 온도 정보를 송출했고 ~1, ~2, ~3, ~5번 노드들로부터 RF를 통해 정보가 수신되고 있음을 보여준다.

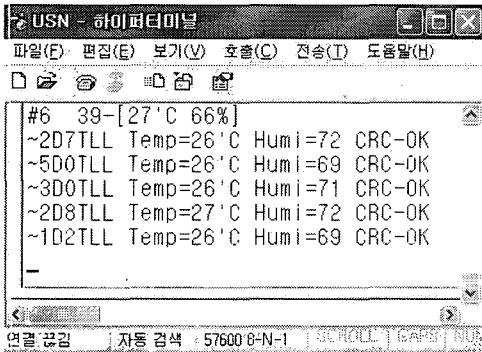


그림 17 데이터 수집
Fig. 17. Data Collection

V. 결 론

본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 고려한 무선 센서네트워크 관련 연구와 제품 개발을 위해 블루투스 및 UHF 대역 RF 무선 접속 기능을 갖는 센서 노드 H/W 플랫폼을 설계 제작하여 그 특성을 연구하였다. 본 연구의 무선 센서 노드는 블루투스의 접속 수 제한 및 통신거리 한계점을 극복하기 위해 UHF RF 무선 모듈을 부가하였다. MCU는 저전력 구동 기능이 있는 ATMEL사의 Atmega32를 사용하였고 온도도 센싱을 위한 전용 센서(STH11), 광도 센서를 장착하였으며 블루투스 접속을 위해 블루투스 시리얼 동글(ACODE-300)을 RF 접속을 위해 433 MHz FM Transceiver(BIM-433F)를 장착하였다. 또한 각 모듈의 구동을 위한 F/W를 구조화된 C 프로그램 언어로 개발하였다.

개발된 센서 노드는 블루투스 접속이 15 m까지, RF 접속이 60 m 까지 가능하였다. 공급 전압 5V 이상에서 안정

적인 동작을 하였으며 소비 전류는 대기시 평균 21 mA, 동작 시 평균 63 mA 가 되었다.

본 센서 노드는 블루투스의 제한점을 보완하여 통신 거리 연장과 데이터 전송 신뢰성을 확보할 수 있으며 이를 활용한 네트워크 프로토콜 연구, 응용 제품 개발 등에 활용할 수 있다. 향후에는 초 전력 절약 모드를 지원하는 노드의 개발 및 이를 활용한 센서네트워크 운영 알고리즘에 대한 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

- [1] Mark Weiser, "The Computer for the Twenty-First Century," Scientific American, pp. 94-10, September 1991.
- [2] Ubiquitous Computing and EasyLiving Project, <http://research.microsoft.com/easyliving/>
- [3] HP CoolTown Project, <http://www.cooltown.hp.com/>
- [4] 유럽의 Smart-Its Project, <http://www.smart-its.org/>
- [5] 버클리 대학의 Smart Dust Project, <http://www-bsac.eecs.berkeley.edu/project/>
- [6] MIT의 Auto ID Project, <http://autoid.mit.edu/cs/>
- [7] S. Kroc, "Bluetooth based Wireless Sensor Networks-Implementation Issues and Solutions," 10th TELECOMMUNICATIONS FORUM(TELEFOR2002), Nov. 2002.
- [8] Specification of Bluetooth System, version 1.1, Jan. 2001, <http://www.bluetooth.com>
- [9] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramanian, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, Vol 40, pp 102-114, Aug. 2002.
- [10] Q. Gao, D. J. Holding, Y. Peng, and K. J. Blow, "Energy Efficiency Design Challenge in Sensor Networks," In Proc. London Communications Symposium 2002, Aug. 2002.
- [11] ZigBee Specification, <http://www.zigbee.org>
- [12] Feng Zhao, Leonidas Guibas, *Wireless Sensor Networks: An Information Processing Approach*, pp. 17-20, p.92, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 2004.

[13] <http://www.alicosystems.com>
[14] Jamal N. Al-Karaki, Ahmed E. Kamal, "Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey," IEEE Wireless Communications, Vol. 11, No. 6, pp. 6 - 28, December, 2004.
[15] Jennifer Bray, Charles F. Sturman, *BLUETOOTH connect without cables*, Prentice Hall PTR, New Jersey, 2001.
[16] <http://www.comfile.co.kr/download/wireless/acode.pdf>
[17] <http://www.comfile.co.kr/download/wireless/bluetooth.pdf>
[18] <http://www.radiometrix.com/pdf/bim.pdf>
[19] data sheet SHT1x, <http://www.sensirion.com/>

저자소개

김 호 준(Ho-Joon Kim)



1986년 2월 연세대학교 전기공학과
학사

1988년 2월 연세대학교 전기 공학과
석사

1988년 3월 ~ 1993년 4월 삼성종합기술원 주임연구원
1998년 8월 연세대학교 전기공학과 박사
1999년 2월~2001년 3월 삼성전자 통신연구소 수석 연구원
2001년 3월~현재 전주대학교 전기전자정보통신공학부
조교수

※ 관심분야 : 통신 시스템, 이동통신, IMT-2000 System
and Beyond, Wireless Sensor Network