

옥외 환경 모니터링을 위한 센서노드 설계 및 구현

손재현*, 조양행*, 김제홍*, 주영석**, 소선섭***
 *강릉영동대학, ** (주)지형이엔지, ***공주대학교

Design and Implementation of a sensor node for out-door environmental monitoring

Jae-Hyun Son, Yang-Haeng Cho, Je-Hong Kim, Young-Suk Joo, Sun-Sup So
 GANGNEUNG YEONGDONG COLLEGE, JIHENGENG CO.,LTD, KONGJU NATIONAL UNIVERSITY

Abstract - In this paper, we described a design and implementation of a sensor node for environmental monitoring. The main focus of design for sensor nodes is to isolate MCU for treating sensors from the RF module for considering various communication environment. The second is to make the interface between MCU and variety of sensor. In addition, we choose a narrow band communication module, cc1020, for the admittance of Korea government communication law. We also use a uC/OS-II as an operating system which is famous for 8bit MCUs. We showed that the communication performance is sufficient to use the communication module in a out-door environment through several experiments in that it is possible to transmit between 100m distance through experiments in a mountain.

1. 서 론

전 세계적으로 이상고온, 산불, 지진, 해일, 오존 농도 증가, 대기 분진 증가 등 이상 환경에 의한 피해 사례가 증가하고 있다. 국내의 경우에도 강원지역에 대형 산불 및 홍수로 인한 피해사례가 증가하고 있다. 이에 주변 환경의 상태를 실시간으로 감시하여, 피해를 줄이는 기법에 대한 관심이 따라서 증가하고 있다. 환경, 재난 감시 시스템을 구축하는 방법으로 주목받는 기술은 센서 네트워크를 이용한 환경 모니터링 기술이다. 환경, 재난 감시의 경우, 수집되는 데이터의 양이 많지 않고, 고속의 전송 대역폭을 요구하지 않기 때문에, 저속의 센서 네트워크로도 충분한 대역폭을 확보할 수 있다. 그리고 감시해야 할 환경이 산림이나 공장 지대, 하천변 등 비교적 넓은 실외 환경이기 때문에, 저 전력 무선 통신 기술인 센서 네트워크가 적합한 기술로 인정받고 있다.

환경/재난 감시를 위한 센서 네트워크 시스템은 특히, 옥외에 설치된다는 것이 특징적인데 이는 기존의 센서 네트워크가 경량, 소규모 센서노드를 다량으로 설치하는 것과는 다르다. 예를 들어, 대기 환경 모니터링이나, 수질 오염 등에 사용되는 센서들은 물리적인 크기도 크고 전력 소모도 크며 옥외 설치 시 비용 부담도 크다. 또한, 옥외에서는 전송 거리가 길어야 한다는 현실적인 요구사항을 갖는다. 야외 현장에 적용된 초기 센서 네트워크의

대표적인 예는 Great Duck 섬에 설치된 생태계 감시망이 있다[1]. 기상 상태 및 동물들의 움직임을 감지하여 섬 외곽의 게이트웨이를 통해 주기적으로 센터로 전송하는 네트워크를 구현하였다. Doolin은 산불 감시를 위한 무선 센서 네트워크를 구현하고 모의 산불 실험을 통해 화재 발생 감지에 걸리는 시간 및 정확성을 측정하고 분석하였다[2]. Li는 센서 네트워크의 안정성 및 신뢰성에 초점을 두고 설계한 시스템을 제안하였다[3]. 한편, 산불 등 재해지역 감시를 위한 연구로 동물에 센서를 부착하고 게이트웨이와 통신 가능한 지역에 동물이 이동할 때 저장된 데이터를 전송하는 Infostation Model이 제안되기도 하였다[4]. 그러나 대부분의 기존 연구들은 실험용 시스템 구축에 그치고 있어 실제 현장 적용을 고려한 문제점 도출 및 해결방안에 대해서는 미흡하다. 또한, 기존의 센서노드들은 소형화를 위하여 MCU와 통신모듈을 단일 칩으로 구현하는 것이 추세인데 이 점은 환경/재난 감시용 센서가 매우 다양하고 센서의 크기 및 케이스의 크기, 건전지의 크기 등을 고려할 때 불필요한 요구사항이라고 할 수 있다. 또한, 설치되는 환경에 따라 400[MHz] 대역이나, 900[MHz], 대역, 또는 2.4[GHz] 등을 선택적으로 사용할 수 있는 구조가 요구된다. 본 논문에서는 환경/감시 모니터링을 위한 센서노드의 설계 및 구현에 대하여 연구를 수행하였다. 센서노드 설계의 주안점은 첫째는 다양한 통신 모듈이 장착될 수 있도록 MCU와 통신 모듈을 분리, 설계하는 것이며 둘째는 센서의 다양성을 극복할 수 있도록 인터페이스를 다양하게 하는 것이다. 운영체제로는 8비트 MCU에서 많이 사용되고 있는 uC/OS[5]를 사용하여 응용을 구현하였다.

2장에서는 옥외 설치용 센서 네트워크의 특징을 분석하고 기존 센서노드들에 대하여 조사하고 분석한다. 3장에서는 센서노드의 요구사항 및 설계를 기술한다. 4장에서는 구현된 결과 및 통신 성능 등을 기술하며, 5장에서 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

2. 배 경

2.1 옥외 센서네트워크의 특징

1) 옥외의 전파 특성

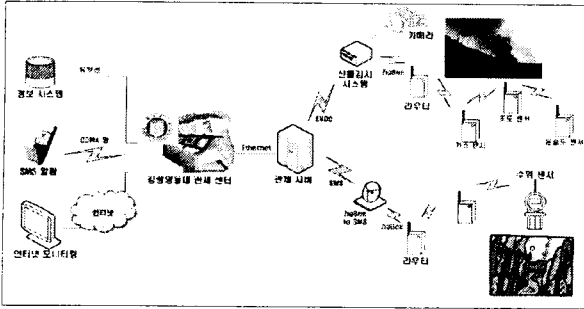


그림 1 환경/재난 감시용 시스템의 개념도
Fig. 1 The general concept of environmental monitoring system

옥외에서 센서 네트워크를 구성할 때 문제점으로 산과 강 통신 환경이 다르다는 점을 들 수 있다. 그림 2에서처럼 산은 경사면에 나무들이 울창하며 통신 장애물이 많다는 특징이 있다. 산지에서는 직진성이 강한 2.4[GHz] 전파는 사용하기가 어렵다. 400[MHz] 대역의 전파는 산이나 강 등에서 모두 전송 거리가 길다는 장점을 가지나 2.4[GHz] 전파에 비하여 잡음에 약하다는 단점을 갖는다. 따라서 산지에서는 400[MHz] 주파수를 주로 사용하고 강에서는 2.4[GHz] 전파대역을 사용하는 것이 적절하다. 이점은 센서노드의 설계에 영향을 미치는데 통신모듈과 응용모듈을 분리, 설계하여 응용에 따라 적절한 센서모듈을 선정하는 것이 바람직하다.

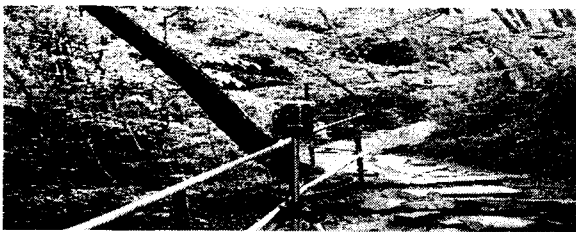


그림 2 산에 설치된 센서 노드
Fig. 2 The sensor node installed in a mountain

2) 센서의 다양성

센서와 구동기는 기계적, 자기적, 화학적 물리량을 전기적인 값으로 바꾸거나 반대로 전기적인 값을 기계적, 자기적, 화학적 물리량으로 바꾸어주므로 트랜스듀서라고 불린다. 트랜스듀서는 변환되어야 할 성질에 따라, 변환될 값의 범위에 따라, 사용되는 환경에 따라 매우 다양하다. 예를 들어, 온도 센서의 경우, 측정값의 범위에 따라, 상온에서 동작하는 반도체 온도 센서, 수온을 재는 막대형 온도 센서, 1000도 이상의 매우 뜨거운 온도를 재는 온도 센서 등으로 다양하다. 센서의 출력도 전압, 전류, 주파수 등으로 다양하며 증폭이 필요한 센서, ADC에 바로 붙일 수 있는 센서 등 다양하다. 특히 환경 모니터링에 사용하는 대기 및 수질 센서들은 화학반응 센서들로서 크기가 크고 전력 소모도 크며 안정적으로 동작할 때까지 걸리는 시간도 매우 길다. 예를 들어 화재 감지, 유해가스 감지 등에 많이 사용되는

CO2-Engine-LO[6]라는 센서는 동작 시작 후에 정상동작 될 때까지 30초 이상이 걸리는 등, 저전력 동작에 어려움을 주고 있다.

3) 신뢰성 제고

산악 지역과 같이 실제 현장에 적용하여 제대로 기능하기 위해서는 다음 특성들이 보장되어야 한다[7].

- ① 센서노드의 신뢰성: 외부 자연환경에서 고장없이 동작 할 수 있음을 보장
- ② 네트워크의 신뢰성: 감지된 데이터가 손실없이 센터로 전송될 수 있는 신뢰성 있는 전송 기법 및 라우팅 기능 제공
- ③ 시스템의 안정성: 센서 노드들은 정해진 규칙에 따라 정확한 데이터를 수집하고 주변 환경변화에 능동적으로 대처하여 데이터를 안정적으로 센터로 전송
- ④ 네트워크의 생명력: 저전력 기법을 통해 개별 센서 노드의 작동 시간을 최대화하고 전지 교환없이 새로운 노드 추가를 통한 네트워크 차원의 연속성을 보장

4) 통신 기기 인증 획득

끝으로 국내에서 상용화되기 위해서는 통신기기가 인증 받을 수 있는 것이어야 한다.

2.2 기존의 센서노드들

표 1에서 볼 수 있는 것처럼 기존의 센서노드들은 주로 8비트나 16비트 MCU를 사용하였으며 통신 모듈은 ZigBee나 400[MHz] 대역의 RF 통신을 사용한다. 특히 mica2는 cc1000을 사용하며 433[MHz] 대역에서 40[kbaud]의 성능을 내나 우리나라의 통신 인증을 받을 수 없는 광대역의 통신 특성을 갖는다.

표 2는 ZigBee 관련 통신모듈의 예를 보이고 있다. 이 중에서 JN5121과 cc2430은 칩 내에 MCU를 포함하고 있는 구조로서 소형화, 저전력화에 도움을 줄 수 있다. 하지만 옥외 환경처럼 통신특성을 쉽게 바꿀 수 있어야 할 때에는 MCU와 통신모듈이 분리되는 것이 유용하다고 할 것이다.

2.3 $\mu C/OS-II$

MicroC/OS-II, 이하($\mu C/OS-II$)는 포팅이 용이하며 기능 추가/삭제가 쉬운 선점형 실시간 멀티태스킹 커널이다.

$\mu C/OS-II$ [5]는 1992년 ESP(Embedded Systems Programming)지에 μCOS 에 대한 글이 실리면서 소개되었다. 1998년에는 $\mu C/OS$ 공식 웹 사이트인 www.uC/OS-II.com 을 열었고 $\mu C/OS-II$ 로 업그레이드를 진행하였다. 현재 $\mu C/OS-II$ 는 $\mu C/OS$ v1.11($\mu C/OS$ 의 최종버전)과 상위 호환성을 제공하면서 많은 점들이 개

선되었다. $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ Kernel은 여러 제품군에 포팅이 가능하고 Atmel제품에도 포팅이 가능하다. $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 의 파일구조는 응용프로그램(사용자코드), $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 프로세서 독립적인 코드, $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 설정(응용 프로그램에 의존적인 상수), $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 포트(프로세서 의존적인코드) 부분으로 나눈다. 사용자는 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 설정부분과 응용 프로그램에만 작성하여 사용이 가능하다. 그림 3은 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 파일구조를 나타내고 있다.

표 1 기존의 센서 노드들

Table 1 The existing sensor nodes

Mote	mica2	iMote	Telos
Released	2003	2003	2003
Clock	7MHz	12MHz	20MHz
CPU	Atmel	ARM	Motorola
Flash(code,KB)	128	512	60
RAM(KB)	4	64	4
Radio (kBaud)	40	460	250
Radio Type	ChipCon	Zeevo BT	ZigBee

표 2 ZigBee 통신 칩들

Table 2 The performance of the ZigBee communication chips

구분	CC2420	EM2420	MCI3192/3	JN5121	CC2430
회사	Chipcon	Ember	Freescall	Jennic	Chipcon
RX 감도	-94dBm	-94dBm	-92dBm	-93dBm	-94dBm
전력 소모					
RX	20mA	20mA	42mA	50mA	27mA
TX	17mA	17mA	35mA	40mA	25mA
동작전압	2.1~3.6V	2.1~3.6V	2.0~3.4V	2.2~3.6V	2.0~3.6V
CPU ON Chip 유휴/부	무	무	무	32Bit RISC	8Bit 8051
MCU와 Interface	SPI	SPI	SPI	-	-

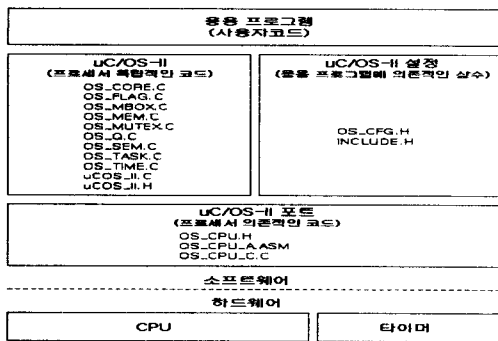


그림 3 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 파일구조[5]

Fig. 3 The structure of the $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ file

표 3 400[MHz] 대역의 주파수 인증 대역

Table 3 The frequency authentication band of 400[MHz] band

주파수(MHz)	공중선전력
173.025, ..., 173.2750(21채널, 12.5kHz 간격)	5mW 이하
173.625, ..., 173.7875(14채널, 12.5kHz 간격)	10mW 이하
219.000, ..., 219.2250(10채널, 25kHz 간격)	10mW 이하
224.0000, ..., 224.1250(6 채널, 25kHz 간격)	10mW 이하
311.012, ..., 311.1250(10채널, 12.5kHz 간격)	5mW 이하
424.700, ..., 424.9500(21채널, 12.5kHz 간격)	10mW 이하
447.600, ..., 447.8500(21채널, 12.5kHz 간격)	5mW 이하
447.862, ..., 447.9875(11채널, 12.5kHz 간격)	10mW 이하

2.4 국내 433[MHz] 대역 주파수 인증조건

다음 표 3은 신고하지 않고 개설할 수 있는 무선국용 무선기기의 규정을 보여주며, 표에서 알 수 있듯이 433[MHz] 대역의 채널간격(사용주파수 대역의 frequency span)을 12.5[KHz] 로 제안하고 있으며, 공중선의 전력(출력파워)은 10dBm (10mW)이하이다.

3. 센서노드 설계

본 절에서는 센서 노드의 설계에 대하여 기술한다.

3.1 통신부와 MCU의 분리

센서 노드의 기본 구조를 그림 4에서 표시한다. 그림과 같이, 센서 노드는 메인 MCU인 ATmega128[9]와 센서들, 통신 모듈과 LED, 프로그래밍을 위한 직렬 통신 등으로 구성된다. 통신 모듈은 메인 MCU와는 별도의 MCU를 가지며 통신 모듈에서 MAC을 지원한다.

메인 MCU에서 수행되는 응용은 노드의 특성에 따라 다른데 센서노드, 라우터, 싱크 노드의 3 종류이다. 센서 노드의 경우, 센싱된 데이터를 통신 모듈을 통하여 전송하는 기능을 수행하며, 라우터는 저장된 라우팅 테이블에 따라 중간 목적지 노드로 재전송한다. 끝으로 싱크노드는 전송된 데이터를 직렬통신 포트를 통하여 서버에 전송한다.

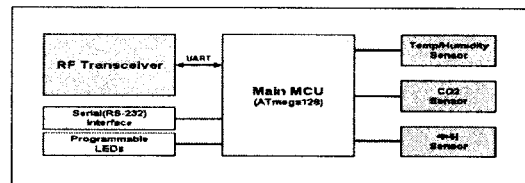


그림 4 센서 노드의 구조

Fig. 4 The structure of sensor node

3.2 통신 모듈의 구성

통신 모듈은 ATmega8L[9]과 cc1020[10]으로 구성된다. ATmega8L은 센서 및 응용 프로그램을 수행하는 메인 MCU와 직렬통신을 통하여 통신 패킷을 전송하며 재전송을 지원하는 MAC 기능을 수행한다. 특히, SPI 및 DIO 통신을 이용하여 cc1020을 제어한다.

cc1020은 다음과 같은 특성을 갖는 통신 칩으로서 국내 저속 통신 모듈로서 인증을 받을 수 있는 칩이다. cc1000 이나 cc1010과 다른 점은 통신 대역폭이 인증의 기준인 12.5[KHz] 이하로 설정할 수 있다는 점이다. 특징은 아래와 같다.

- ① 채널폭이 12.5[kHz] 및 25[kHz]인 협대역 저전력 UHF 무선 데이터 송수신기
- ② 402/424/426/429/433/447/449/469/868 및 915[MHz] ISM/SRD 밴드 채용
- ③ 프로그램으로 출력 조절 가능
- ④ 저전력 수신 기능(RX: 19.9mA)

- ⑤ 디지털 RSSI 및 carrier sense indicator 지원
- ⑥ OOK, FSK and GFSK 데이터 modulation 지원

3.3 cc1020의 형상 설정

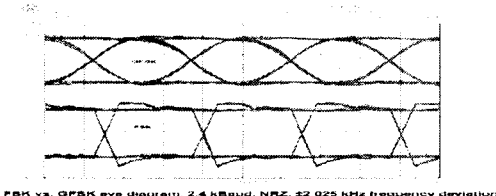


그림 5 FSK와 GFSK의 비교
Fig. 5 The comparison of the FSK and GF

cc1020은 NRZ나 맨체스터 코딩 중 선택할 수 있다. 본 논문에서는 맨체스터 코딩이 NRZ에 비해 같은 대역폭을 쓸 때 2배 속도가 느리므로 맨체스터 코딩 대신에 NRZ 코딩 기법을 채택하였다.

cc1020은 OOK, FSK and GFSK 등의 데이터 모듈레이션 기법 중에서 택일할 수 있는데 그림 5의 스펙트럼 PLOT상에 나타나는 것처럼 12.5[kHz]의 Narrow-Band를 규정하고 있는 통신법상 내부적으로 Gaussian Filtering 기능이 가능한 GFSK 모드를 사용하는 것이 효율적이며, 시간 축에서도 주파수의 부드러운 변화를 볼 수 있다.

4. 구 현

4.1 구현된 보드 사양

그림 6은 구현된 보드의 사진이다. 상단 왼쪽 그림은 통신 모듈과 메인 보드가 결합된 상태를 보여준다. 상단 오른쪽은 메인 모듈의 구조를 상세히 보여준다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 MCU로서 ATmega128L가 사용되었으며 UART관련 칩들이 사용되었음을 볼 수 있다. 하단 왼쪽 그림은 통신모듈의 상부를 보여주며, 통신 칩인 cc1020과 클럭이 표시되어 있다. 하단 오른쪽은 통신모듈의 하부를 보여주는데 ATmega8L과 직렬통신용 칩, 기타 칩들이 보인다.

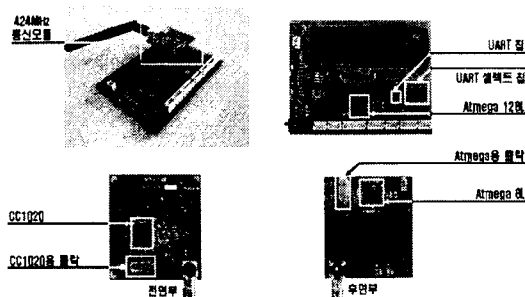


그림 6 구현된 보드
Fig. 6 The Implemented board

메인 모듈의 기능은 아래 3가지 기능을 수행한다.

- ① 센서 노드: 각종 센서 정보 수집 및 RF 트랜시버와의 직렬 통신 기능. LED를 통한 상태 표시.

- ② 네트워크 라우터: 노드로 부터의 데이터 중계 기능 수행
- ③ 싱크 노드 : 라우터 및 센서 노드로부터 전송된 데이터를 PC에 전달.

통신 모듈은 아래의 기능을 수행한다.

- ① 400[MHz] 협대역 트랜시버
 - ② 주 MCU와의 직렬 인터페이스 (RF 데이터 수신 및 직렬 전송, 직렬 데이터 입력 및 RF 전송)기능
 - ③ 저전력 센서 네트워크를 위한 슬립 모드 구현
- 통신 모듈은 아래와 같이 구성된다.
- ① CC1020 RF 디바이스, CC1020 인터페이스 MCU
 - ② CC1020크리스탈 소스(14.7456[MHz]), MCU 메인 클럭소스(8[MHz]) 및 타이머 OSC(32[kHz]) 사용
 - ③ 모노폴 안테나(50[Ω]), 다이폴 안테나, 칩 안테나 구현

4.2 MCU와 통신모듈과의 인터페이스

일반적으로 MCU (ATmega128L)와 RF 트랜시버는 직렬 통신으로 데이터와 명령을 주고받는다. 이 방식의 문제는 MCU와 RF 트랜시버가 항상 상대방의 명령을 받을 수 있게 대기상태로 있어야 하는 것이다. 서로가 전송하는 정보를 놓치지 않기 위해 최대한 빠르게 직렬 (UART) 인터럽트에 반응하고 처리해야 하기 때문에 다른 태스크 보다 우선적으로 처리해야 한다.

그런데 RF 트랜시버는 RF 인터럽트 역시 놓치지 않고 처리해야 하므로 두 인터럽트를 모두 정확하게 처리하는 것이 부담이다. 그렇게 되면 MCU 역시 RF 트랜시버로 무리한 명령을 전송해서 반응하지 못할 경우에 대비하여 복잡한 처리를 해야 한다. 따라서 시스템 복잡도가 8 Bit MCU의 제한된 자원으로 처리하기에 부담스러운 정도로 증가하며, 정확하고 안정적인 통신을 보장하기가 힘들어진다.

따라서 MCU와 RF 트랜시버가 인터럽트 처리에 부담을 느끼지 않도록 서로 명시적인 명령과 데이터를 주고받는 방법이 필요해진다. 예를 들어 그림 7 처럼 명령어 인터럽트와 RF 인터럽트를 서로 연결하는 방법을 사용할 수 있다. MCU가 무선으로 전송할 정보가 있으면 명령어 인터럽트를 액티브로 만든다. 그러면 RF 트랜시버에 외부 인터럽트가 발생하여 명령 (또는 데이터) 수신 대기 상태로 전환하고 RF 인터럽트로 잠깐 동안 액티브로 만들어 준비되었음을 알린다. 반대로 RF 트랜시버가 무선으로 패킷을 받으면, RF 인터럽트를 액티브로 하여 MCU의 외부 인터럽트를 발생시킨 후에 같은 방식으로 패킷을 전송한다.

데이터를 주고받기 위한 기능 외에 추가적으로 RF 트랜시버가 소비하는 전력을 줄이기 위한 방법이 필요하다. 전력 소비를 줄이려면 RF 트랜시버가 슬립 상태로 전환해야 하데, 이 때 MCU가 제어할 방법이 필요하다. RF 트랜시버를 슬립 상태로 전환시키려면 MCU가 필요

한 시간에 슬립 명령을 앞에서 설명한 방법으로 전송한다. RF 트랜시버는 자신의 상태를 정리하고 MCU에 응답을 전송하고 슬립 상태로 전환한다. 필요하다면 MCU도 슬립 상태로 전환한 후에 깨어나서 Wake 핀을 액티브 상태로 하여 RF 트랜시버에 외부 인터럽트를 발생시킨다. RF 트랜시버는 이 외부 인터럽트에 반응하여 슬립 상태에서 깨어나 동작을 재개한다.



그림 7 MCU와 RF Transceiver의 연결
Fig. 7 The connection of the MCU and RF Transceiver

4.3 uC/OS 기반의 소프트웨어 구현

uC/OS-II를 Atmega128에 이식하여 라우터 응용을 개발하였을 때 소스 크기는 표 4 와 같다. 표에서 볼 수 있는 것처럼 코드 크기는 6K 정도이며 bss와 data 영역도 ATmega128L의 4Kbyte 영역보다 작은 것을 알 수 있다. 이상으로부터 uC/OS-II를 사용하여 응용기기를 개발하는 것에 문제가 없다는 것을 알 수 있다.

표 4 라우터 응용 코드 보기
Table 4 The size of router application code

섹션	크기
data	276
text	6666
bss	2088
_noinit	0
eeeprom	0
stab	17244
stabstr	8032
total	34306

4.4 통신 성능 실험 및 결과

그림 8은 구현된 424[MHz] 통신모듈의 주파수 특성을 보여준다. 그림은 디지털 오실로스코프의 영상을 사진으로 만든 것이다. 그림에서 중심주파수는 424.7845[MHz]이며 80[%]의 성능 부분까지의 주파수 범위가 8.5[kHz]로서 인증 조건인 12.5[kHz] 이내라는 것을 알 수 있다.

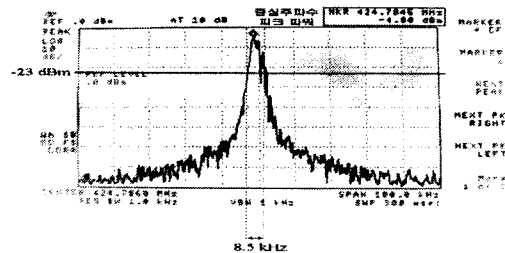


그림 8 424 [MHz] 통신모듈의 주파수 특성
Fig. 8 Wave Characteristics of 424[MHz] Transceiver

통신 성능을 평가하기 위하여 현장에서 직접 실험한

결과를 기술한다.

1) 실험 환경

- ① 일시 : 2007년 1월 13일 (토) 11시 ~ 14시
- ② 장소 : 강릉 금산리 등산로
- ③ RF통신 간 지형 및 숲으로 인한 장애물 많음
- ④ RF통신 시야 확보 미흡
- ⑤ 능선과 지형의 곡선으로 원활한 통신을 위해 통신 모듈 위치 선정 확보

2) 실험 방법

- ① 개방된 장소에서 거리에 따른 Tx, Rx 의 수신율 test
- ② Tx, Rx의 높이에 따른 수신율 test
- ③ 송신 노드에서 100개 packet를 전송 수신 노드에서 받는 packet 확인
- ④ 개방된 지역에서는 원거리로 송신노드의 높은 위치에서 전송 측정
- ⑤ 장애물이 있는 지역에서는 근거리로 거리에 따른 수신율 측정

표 5에서 볼 수 있는 것처럼 발걸음 수를 50[cm]로 가정할 때 거리는 100[m]에서 200[m] 정도의 거리에서 측정하였으며 수신율은 최고 100[%]에서 최소 26[%]까지 다양하다. 이는 산속의 장애물 여부 및 언덕 여부와 관계가 매우 크다. 즉, 언덕 너머나 숲 지역에서 전송 성능이 가장 나쁘게 나왔으며 언덕을 끼고 있을 때에도 수신율이 좋지 않은 것으로 나타났다.

표 5 수신율 측정 결과
Table 5 The measurement result of the received ratio

측정기준 위치	수신율(%)	거리 (발걸음수)	비고
입구	99	120	
	66	220	좌우 위치변경
	60	320	언덕 앞
	85	290	언덕 앞
+290보	85	180	
	30	280	좌우 위치변경
	89	260	
+260보 (04-02)	71	280	숲 지역
	26	320	언덕 너머
	40	340	숲 지역
+280보	97	150	시선거리
	84	200	시선거리
	90	280	시선거리
	90	330	시선거리
	100	350	시선거리
	77	400	제일봉 정상

5. 결 론

본 논문에서는 환경/감시 모니터링을 위한 센서노드의 설계 및 구현에 대하여 기술하였다. 센서노드 설계의 주안점은 첫째는 다양한 통신 모듈이 장착될 수 있도록 MCU와 통신 모듈을 분리, 설계하는 것이며 둘째는 센서의 다양성을 극복할 수 있도록 인터페이스를 다양하게

하는 것이다. 또한, 우리나라의 통신인증조건을 만족할 수 있도록 협대역 통신 칩인 cc1020을 사용하였고 운영 체제로는 8비트 MCU에서 많이 사용되고 있는 uC/OS를 사용하였다. 통신성능 실험을 통하여 시선거리에 있을 때 100m 이상의 통신 거리를 보였으며 옥외에서 사용하기에 충분한 성능을 얻었음을 보였다.

향후 연구방향으로는 이 센서노드의 저전력 특성을 파악하여 배터리 교환없이 얼마나 오래 동작할 수 있는지 연구하는 것이며 환경모니터링 센서네트워크를 실제 구현하여 성능상의 문제점이 있는지를 확인하는 것이다.

감사의 글

본 연구는 2006년도 교육인적자원부 특성화사업 재정지원에 의하여 수행되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] A. Mainwaring, J. Polastre, R. Szewczyk, D. Culler, J. Anderson, "Wireless sensor networks for habitat monitoring," ACM international workshop on wireless sensor networks and applications, pp. 88-97, 2002.
- [2] D. M. Doolin, N. Sitar, "Wireless sensors for wildfire monitoring", SPIE on smart structures & materials, pp. 477-484, 2005.
- [3] Yanjun Li, Zhi Wang, Yeqiong Song, "Wireless sensor network design for wildfire monitoring," WCICA, pp. 109-113, 2006.
- [4] 엄재도, 이구연, 이동은, "재해관리를 위한 바이오 Ad-hoc 네트워크에 관한 연구," 한국정보과학회 가을학술발표논문집, 32권, 2호, pp. 439-441, 2005.
- [5] JEAN J. LABROSSE, MicroC/OS-II 실시간 커널 제2판, 성원호 번역, 에이콘 출판사.
- [6] Product Specification, CO2- Engine- model- LO, SenseAir, 2005. 12. 12.
- [7] J. Zheng, M.J. Lee, "Will 802.15.4 Make Ubiquitous Computing a Reality?: A Discussion on a Potential low Power, Low Bit Rate Standard," IEEE Comm. Magazine, vol. 42, no. 6, pp. 140-146, June 2004.
- [8] IEEE 802.15.4, Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for LR-WPANs, IEEE, 2003.
- [9] 옥타콤, NANO-24, <http://www.octacomm.net/product/product02.php>, 2006.
- [10] Atmel, AVR 8-bit RISC, <http://www.atmel.com/products/AVR/>, 2006.
- [11] Chipcon, SmartRF CC1020. User Manual, 2004.
- [12] TinyOS, <http://www.tinyos.net/>.