



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

쿼리 기반의 플러딩 라우팅 프로토콜을 이용한 국지 기상 및 환경 원격 모니터링 시스템



유 재 호

공 학 석 사 학 위 논 문

쿼리 기반의 플러딩 라우팅 프로토콜을 이용한 국지 기상 및 환경 원격 모니터링 시스템

지도교수 정 완 영

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2012년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

전자공학과

유 재 호



유재호의 공학석사 학위논문을 인준함.

2012년 8월



주	심	공학박사	문 광 석 (인)
위	원	공학박사	정 완 영 (인)
위	원	공학박사	정 연 호 (인)

목 차

그림 목 차	iii
표 목 차	v
Abstract	vi
 I. 서 론	 1
1.1. 연구 배경	1
1.2. 연구의 목표 및 필요성	3
1.3. 논문의 구성	4
 II. 관련 연구 동향	 5
2.1. 국내외 관련 기술	5
2.1.1. 국외 관련 기술	5
2.1.2. 국내 관련 기술	7
2.2. 국내외 기존 기술과의 차별성	10
 III. 네트워크 프로토콜의 이론적 배경	 11
3.1. 무선 센서 네트워크 기술	11
3.1.1 WSN의 장점	13
3.1.2 WSN의 관련연구	13
3.2. 센서노드의 TinyOS	15
3.3. 멀티홉 라우팅 프로토콜	18
3.3.1 멀티홉 네트워크	18
3.3.2 트리 라우팅	18
3.3.3 인트라-네트워크 라우팅	19
3.3.4 브로드 캐스트 라우팅	20
3.3.5 비교분석	20

IV. 기상 환경 모니터링 시스템의 구성	22
4.1 하드웨어 구성	24
4.1.1 환경정보 수집 센서모듈	25
4.1.2 무선 센서 노드	27
4.1.3 자가 발전 기술	30
4.2 쿼리 기반의 플러딩 라우팅 프로토콜의 프로그래밍	32
4.2.1 플러딩 라우팅 프로토콜	32
4.2.2 쿼리 시스템	34
4.3 국지 환경용 모니터링 프로그램	36
V. 실험 및 결과	37
5.1 필드서버의 제작 및 실험	37
5.2 국지 환경정보의 실시간 모니터링	42
5.3 필드서버의 확장성	43
VI. 결 론	46
6.1 결론 및 고찰	46
VII. 참고 문헌	47

그 립 목 차

그림 1.1. 최근 10년간 기상재해 현황	2
그림 2.1. 노르웨이 Oceanor 사의 SeaWatch Buoy	6
그림 2.2. Field Server를 이용한 Mesh Network 구성	6
그림 2.3. 기상청의 자동기상관측망 구성도	8
그림 2.4. 한국 ELP사의 도로 기상 관측 시스템	9
그림 3.1. 센서 네트워크의 활용	12
그림 3.2. TinyOS 응용 프로그램	16
그림 3.3. TinyOS기반의 Ad-hoc 네트워크의 메모리 코드크기	17
그림 4.1. 국지 기상 환경 모니터링 시스템의 전체 구성도	22
그림 4.2. 기상용 필드서버의 구성	24
그림 4.3. SHT-11의 기본 동작 회로	25
그림 4.4. SMBA1000의 동작 회로	26
그림 4.5. (주) 맥스포사의 TIP-710CM (센서노드)	28
그림 4.6. 태양광 자가발전 기술의 구성	30
그림 4.7. 플러딩 라우팅 프로토콜의 개념	32
그림 4.8. 컴포넌트 구성	33
그림 4.9. 필드서버 제어를 위한 쿼리 시스템의 구성	35
그림 4.10. 모니터링 프로그램의 흐름도	36
그림 5.1. 제작된 기상 환경용 필드서버	37
그림 5.2. 플러딩 라우팅 프로토콜 구현을 위한 테스트 베드 환경	38
그림 5.3. 플러딩 라우팅 프로토콜의 패킷 구성	39
그림 5.4. 기상 환경 데이터를 ListenRaw로 확인한 패킷형태	40
그림 5.5. 쿼리 명령 메시지의 패킷 형태	41
그림 5.6. 기상 환경용 모니터링 프로그램	42

그림 5.7. YSI600XL 수질센서에 내장된 센서들	43
그림 5.8. 수질정보 수집을 위한 테스트 베드 환경	44
그림 5.9. 수질정보 모니터링 프로그램	45



표 목 차

표 3.1. 라우팅 프로토콜의 비교분석	21
표 4.1. 기상센서보드와 센서의 사양	27
표 4.2. 무선센서노드 하드웨어 사양	29
표 5.1. YSI600XL 수질센서의 사양	44



Remote Weather & Environment Monitoring System in Local Area Using Query Based Flooding Routing Protocol

Jae Ho Yoo

Department of Electronic Engineering, The Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

A wireless field server is designed to measure and monitor abrupt weather variations in real time in local mountainous terrains where weather changes drastically. The wireless field server is developed as a portable system which can be deployed in mountain valley, small river, and a hard place to approach in wireless sensor network communication environment. Reliable data acquisition and transmission from the deployed field servers in the local area is essential to disaster prevention system. Weather-related information such as temperature, humidity, illumination, atmospheric pressure, and dew point are collected from the designated field server at regular intervals. The measured data from the multiple sensors located in the sensor field is transmitted by the proposed flooding routing protocol to gateway through multi-hop in wireless sensor network. In addition, field servers can be energy efficiently controlled by connected PC to conserve the energy of field servers through query system, depending on the situation. A query system is implemented using Java program to run on a server PC, connected serially via RS-232 protocol to the base station. The proposed flooding routing protocol using query system improves energy efficiency and reliable data transmission for environment monitoring system in local area.

I. 서 론

1.1 연구배경

최근 세계적으로 이상기온이나 지진, 해일, 오존층 파괴, 대기오염 등 환경에 대한 상태가 상당히 불안한 것을 알 수 있다. 특히, 공업화로 인한 지구온난화 등으로 인한 기후 시스템의 특성 변화에 따라 다양한 자연재해가 빈번하게 발생하고 있으며, 이와 같은 기후변화로 인해 자연재해에 의한 인명 및 재산 피해가 증가함에 따라 기상정보 수집 및 재해예방을 위한 모니터링 시스템 구축의 필요성이 요구되어지고 있다. 특히, 산악지역이 많은 우리나라의 기후는 기존의 광역 예측방법으로 예측하기 어려운 점이 있기 때문에 산악지역이나 국지적 지역 등에서의 급작스러운 기상변화에 의한 폭설, 폭우, 폭서, 한파 등에 의한 피해가 매년 되풀이 되고 있으며, 소방방재청 집계에 따르면 여름철 강우는 7월 중 장기간에 걸쳐 집중호우가 빈발하였고, 평균 강수량이 490.6mm로 평년 강수량(263.4mm)을 훨씬 초과 (227.2mm, 186.3%)하는 폭우가 내려 전국적으로 12명의 인명과 2,553억 원의 재산피해가 발생하였다[1]. 특히 내수범람 침수, 산사태 등으로 인한 피해가 많이 발생한 것이 특징이라 할 수 있다. 또한 그림 1과 같이 1999년~2009년 동안 기상재해로 인하여 매년 인명피해 및 재산 피해가 크게 발생하였으며, 특히 2002년도에 발생한 태풍 “루사”의 경우 재산 피해액의 규모가 5조 1,479억 원, 2003년도에 발생한 태풍 “매미”의 경우 4조 2,225억 원의 큰 피해를 입은 만큼 재해의 규모가 대형화되었음을 알 수 있다[2]-[3]. 우리나라는 특히 산악지역이 많고, 최근의 휴가 등에 의한 임시 거주자가 증가하는 등, 이러한 산악지형에서의 갑작스런 기상변화가 잦기 때문에 인명피해 및 재산피해를 최소화시키기 위해서 기상 모니터링 시스템이 필요하다고 사료된다.

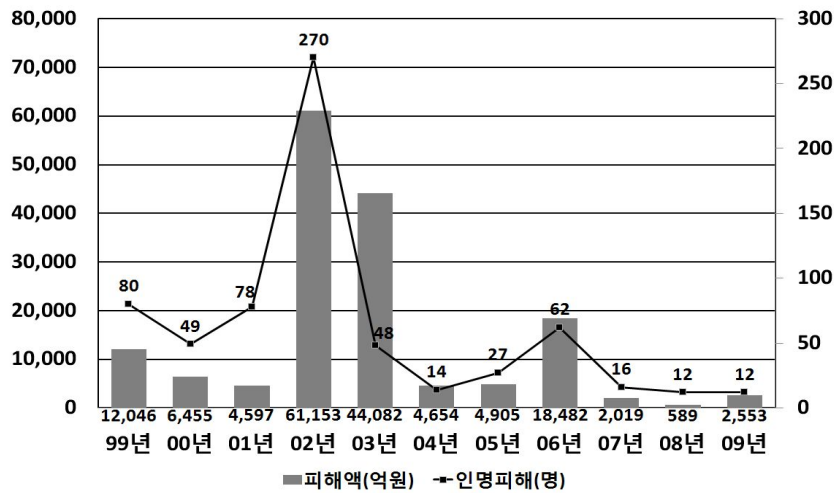


그림 1.1. 최근 10년간 기상재해 현황.

산악지역이 많은 강원도의 경우에는 전체면적의 83%가 산지로 형성, 넓은 산악지역을 포함하고 있으며, 영동과 영서의 분수령을 이루는 태백산맥이 험준하게 남북으로 뻗어 있어 하천의 유로가 짧고 하폭이 협소한데다 급경사를 이루어 홍수유출이 급격히 증가하므로 하천의 범람과 산사태가 자주 발생한다. 이와 같이 우리나라는 복잡한 지형을 갖고 있다. 겨울철에는 폭설을 봄철에는 강풍, 여름철에는 집중호우 등의 자연재해로 인하여 산업 및 인간의 경제활동에 미치는 영향이 큰 실정이다[4].

1.2 연구의 목표 및 필요성

본 연구의 목표는 무선 센서 네트워크를 이용한 국지지역의 기상환경 감시 모니터링 시스템을 구축하여 산악지형이나 계곡과 같은 국지지역의 기상 환경데이터를 수집하여 알려줌으로써, 갑작스런 기상악화로 인해 발생할 수 있는 인명 및 재산피해를 최소화시키는데 있다. 무선 센서 네트워크를 구성하는 목적은 기상 환경데이터는 실시간으로 일어나는 상황에 대한 즉각적인 대처를 해야 한다. 그리고 수집될 데이터의 양은 그리 많지 않고 지속적인 모니터링이 아니라 일정시간 간격으로 야외에서 이루어지는 상황을 모니터링하기 때문에 유선 통신보다는 저전력 무선통신으로 구축하는 것이 효율적이다. 그러한 의미에서 국지지역의 기상 환경을 모니터링하기 위해 무선센서네트워크 기술을 활용하여 필요한 영역에서 제한된 기간 동안만 쉽게 기상 환경정보를 모니터링하여 재해예방에 기여할 수 있는 모니터링 시스템을 연구하였다.

본 연구에서 지향하는 시스템의 구성은 원격지의 산악이나, 계곡, 하천변 등에 기상 상태감지를 위해 필드서버들이 설치되고 이들 필드서버들은 독립형 무선 네트워크망을 통하여 상호 연결되어 하나의 독립적 인프라 형태를 갖추도록 하는 것이다. 그리고 기상 환경 모니터링은 대부분 야외에서 이루어지기 때문에 에너지 측면에서의 문제 그리고 외부의 환경에 의한 필드서버의 고장이나 손실로 인해 기상 환경데이터의 손실이 발생할 수 있다. 이를 TinyOS 기반의 플러딩 라우팅 프로토콜 (Flooding Routing Protocol) 전송방식에 쿼리 프로세서를 사용해 원격으로 필드서버들을 제어함으로써 외부 환경에 의해 발생할 수 있는 문제들을 방지하고자 하였다. 온도, 습도, 조도, 기압, 이슬점 등의 필드서버에서 수집된 기상 환경데이터를 원격지 베이스 스테이션으로 전송하고 이를 베이스 스테이션이 연결된 PC에서 그 지역의 기상상태를 모니터링하도록 하였다.

1.3 논문의 구성

본 논문의 구성은 1장에서 연구배경, 목표 및 필요성에 대하여 서론으로 다루었다. 2장에서는 국내외 관련 기술의 현황과 본 연구가 기존 기술과 어떠한 차별성이 있는지 소개하였으며, 3장에서는 본 연구를 위해 필요한 이론적 배경에 대하여 설명하였고, 4장에서는 전반적인 시스템에 대한 하드웨어적인 구성과 사용된 라우팅 프로토콜의 프로그래밍과 국지 환경용 모니터링 프로그램에 대하여 소개하였다. 5장에서는 필드서버의 제작과 실험결과 그리고 수질센서를 사용한 필드서버의 확장성에 대하여 나타내었다. 마지막 6장에서는 시스템에 대한 결론과 이 연구의 적용분야의 방향을 제안한다.



II. 관련 연구 동향

2.1 국내외 관련 기술

센서 네트워크는 공공성격을 갖는 교통, 기후, 환경, 행정 정보는 물론 개인 특화 서비스를 위한 각종 위치, 상황, 사무환경 정보 등을 제공하는 복합적인 인프라로 발전할 것으로 전망하고 있다. 이러한 센서네트워크 기술을 기반으로 한 국지적 기상수집 및 관측 시스템의 구현을 위해서는 정밀한 국지기상 정보수집 및 모니터링 시스템 구축의 필요성이 요구된다. 여러 가지 기상 환경데이터의 수집과 분석 그리고 적절한 서비스의 제공을 위한 모니터링 프로그램 및 데이터베이스가 필요하며, 이러한 정보는 국지적 기상수집 및 관측 시스템을 구축하여 운영함으로써 신뢰성을 인정받게 된다[5].

2.1.1 국외 관련 기술

국외의 경우 유럽에서는 SeaWatch Europe이 1990년부터 1994년까지 시험 운영된 후 현재 유럽에서 13개의 SeaWatch buoy를 이용한 SeaWatch Network가 운영 중이며, 해양기상과 해양예보, 해양의 건강 및 연안지역 관리에 활용되고 있다. SeaWatch Buoy는 그림 2와 같이 노르웨이 Oceanor 사에서 제작한 해양/기상관측 부이로 직경이 약 1m로서, 관측요소는 파고, 파향, 유향, 유속, 해수면 수온, 기상요소(풍향, 풍속, 기압, 기온 등) 등이며, 이외에 용존산소, 적조관측을 위한 광학센서 장착이 가능하다. 현재 SeaWatch 시스템은 그리스, 인도네시아, 노르웨이, 스페인, 그리고 태국에서 운영 중에 있다[6].

미국, 일본 등지에서는 그림 2.2과 같이 센서 데이터 수집용 Wireless Mesh Network 노드를 농업 분야에 실제 적용할 수 있도록 기능 개발을 추진 중에 있으며, 필드서버에는 온도, CO₂ 농도, 자외선량, 대기습도, 토

양습도 등을 측정할 수 있는 센서와 태양전지가 장착되어 있고, 그림 2.1과 같이 다른 필드서버들과 Mesh Network를 구성하는 기능을 가지고 있다.



그림 2.1 노르웨이 Oceanor 사의 SeaWatch Buoy.

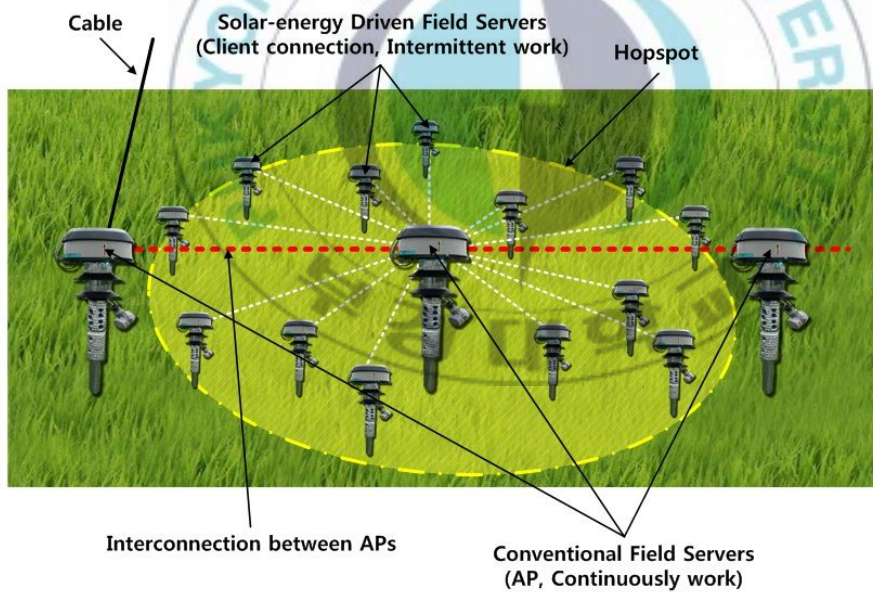


그림 2.2 Field Server를 이용한 Mesh Network 구성.

또한 미국에서 개발된 GEMS(Global Environmental Micro Sensors) 시스템은 공중 낙하식 부표에 장착된 센서를 활용하여 포괄적인 기상 정보를 수집하며, 여러 개의 센서가 상호간 RF 무선통신을 수행하면서 기상정보 교환, 수집 및 전송을 수행한다[7].

대만에서는 고성능 컴퓨팅 기술을 연구하는 국가기관인 NCHC(National Center for High-Performance)를 중심으로 다양한 환경 및 생태 전반(기상정보 포함)에 대한 관측 및 연구를 위한 Eco-Grid의 구축이 이루어지고 있다. Fushan 지역의 Eco-Grid는 각종 센서, 카메라, 마이크를 산과 바다, 그리고 공중(비행선에 장비를 장착)에 설치하여 다양한 환경 및 생태 정보를 수집하고, 이를 2.4GHz Wireless LAN 기반으로 구축된 센서 네트워크를 통해 연구망으로 전송함으로써, Eco-Grid를 공유하는 다양한 연구기관이 이를 바탕으로 연구를 수행할 수 있도록 해준다.

2.1.2 국내 관련 기술

국내의 경우 기상청이 그림 2.3과 같이 자동기상관측망을 구성하여 본격적인 도입 및 확산이전에 실제 현장에서의 서비스 가능성을 시범 서비스를 통하여 검증하고 사전 문제점 도출 및 해결책을 마련하기 위한 목적으로 추진되고 있다. 전국에 산재한 600여개의 기상관측센서들로 구성된 무인관측시스템(Automatic Weather System, AWS)들과 AWS로부터의 기상관측정보를 한곳으로 수집하는 국지수집장치(Local Acquisition Unit, LAU)가 2400bps의 저속 모뎀을 연결하여 사용하고 있으며, 유선의 시리얼 통신을 통하여 AWS에서 LAU로 정해진 자료 포맷의 기상정보를 주기적으로 전송되어 진다. LAU에서 수집된 기상정보들은 기상청의 전용회선을 통하여 기상분석을 위한 기상정보 저장소로 전송되어진다.

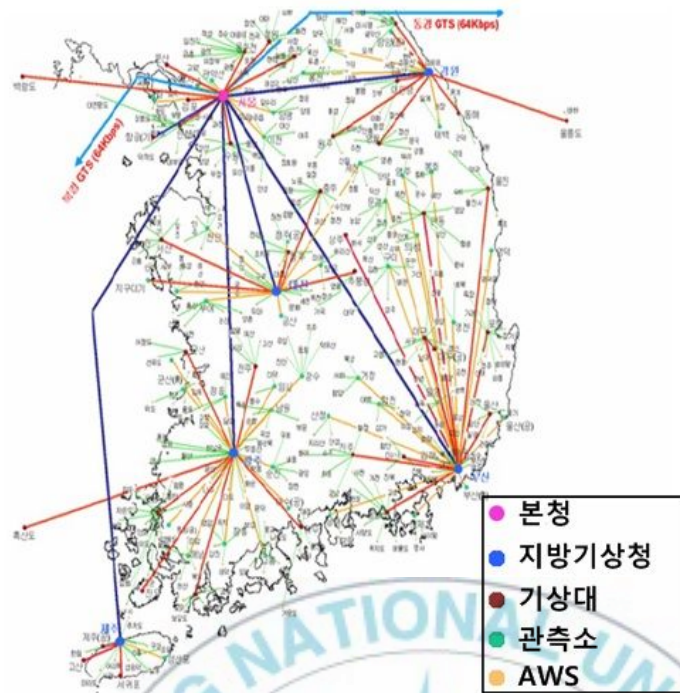


그림 2.3 기상청의 자동기상관측망 구성도.

그림 2.4는 도로주변의 기상상태와 도로의 노면상태를 각종 센서를 이용하여 실시간으로 파악하고 이 자료에 근거한 도로 기상정보를 고속도로 FTMS 통합서버에 기록 및 저장하고 또한 이 자료를 활용하여 VMS, ARS/FAX 등 다양한 방법으로 도로 이용자에게 도로의 기상상태 및 노면 상태, 가시거리 등을 제공하는 도로변 기상정보 시스템(Road Weather Information System, RWIS)이다. 도로주변의 기상상태와 지중 온도계, 노면상태 센서, 온/습도계, 기압계, 순복사계, 강우량계, 강우검지기, 풍속계, 풍향계, 안개 검지기, 데이터 로깅 유닛, 전용선 등으로 구성되어 있으며, 현재 서울 북악스카이웨이, 제주도 한라산 횡단도로 등에서 운영 중이다[8].



그림2.4 한국 ELP사의 도로 기상 관측 시스템.



2.2 국내외 기존 기술과의 차별성

현재 국내에서 사용 중인 유선 시리얼 통신 시설은 재해에 의해 완전히 파괴될 경우나 재해가 발생한 경우 재해예방 모니터링 시스템에 대한 데이터통신이 제대로 이루어지지 않아 인명피해 및 재산피해를 예방하는데 문제가 되기 때문에 거기에 따른 대체 통신망이 필요하게 된다. 또한 시스템의 대부분 넓은 지역의 기상정보를 측정해야하기 때문에 장비가 크고, 정적인 라우팅 방법을 사용하기 때문에, 이동성이 떨어져 더욱 세밀한 국지지역의 기상정보를 측정하기 어렵다. 그리고 장비 및 센서의 대형화로 인해 큰 전력이 필요하게 되어 이를 케이블을 이용하여 전력을 공급하고 있다. 이러한 무인관측시스템을 위한 대체 통신망의 특징은 회선 설정이 용이하여야 하고, 재해지역에서의 이동성이 부여되어야 하며, 재난상황 정보를 송수신할 수 있는 능력을 지니고 있어야한다[9].

본 논문에서는 이러한 유선통신 방식의 국지기상 모니터링 시스템의 단점 및 문제점을 극복할 뿐만 아니라 기상청의 “무인관측시스템”이 모니터링하기 어렵고 보다 정밀한 기상 모니터링이 요구되는 산악, 계곡지역 등에 적합하도록 필드서버를 제작하였다. 우선, 이동성을 위해 시스템의 크기를 작게 설계하였고 언제든 확장이 쉽고, 국지지역에 배치된 필드서버로부터 측정되는 기상정보를 신뢰성 있게 전송하기 위하여 동적 라우팅 방법인 라우팅 프로토콜 전송기법을 사용하였다. 그리고 솔라셀과 배터리를 이용한 자가발전 시스템을 구축함으로써 에너지 면에서 효율적으로 사용할 수가 있도록 하였다.

Ⅲ. 네트워크 프로토콜의 이론적 배경

3.1 무선 센서 네트워크 기술

센서 네트워크는 물리공간의 상태인 빛, 소리, 온도, 움직임 같은 물리적인 데이터를 센서노드에서 감지하고 측정하여 중앙의 기본 노드(base-station 혹은 sink)로 전달하는 센서노드들로 구성되는 네트워크이므로 멀티 홉 무선 네트워크 형태의 다수의 분산 센서 노드들로 구성된다. 그리고 네트워크는 통상적으로 특정 지역에 소형의 센서노드를 설치하여 주변 정보 또는 특정 목적의 정보를 획득하고, 베이스 스테이션이 정보를 수집하여 이를 활용하기 위한 서비스 환경을 말한다. 센서 네트워크가 기존의 네트워크와 구분되는 점은 기본 목적이 상호간의 정보 전달보다는 자동화된 원격 정보의 수집에 있다는 것이다. 즉, 각 센서노드가 특정 목적을 위해 필요한 주변정보를 센싱하고, 센싱된 정보를 센서노드간의 무선 통신을 이용하여 특정 지점으로 자동화된 방식으로 전달함으로써, 사용자가 센서필드 주변의 정보를 원격으로 수집하여 활용할 수 있다는 것이다. 이러한 센서 네트워크의 전통적인 개념은 무선의 센서필드 개념을 중심으로 불특정 공간에 배포된 센서로부터 수집된 정보를 일괄적으로 활용하는 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network: WSN)를 의미한다.

일반적으로 우리가 알고 있는 센서 네트워크란 광범위하게 설치되어 있는 유무선 네트워크 인프라에 상황인지를 위한 다양한 센서 디바이스를 결합하여 감지된 주변 데이터를 응용서비스와 연동하는 기술로 알고 있다. 기존의 센서와 같은 표준 센서들과 다른 점은 지능형 클러스터로서 상호 연결성과 집단적으로 데이터를 수집, 처리하는 능력이 있다는 점이다. 단일한 센서에 의한 감시는 하드웨어 수준에 따라 감시 영역이나 정확도 또한 매우 제약을 받는다. 그러나 광범위한 지역에서 종합적으로 수

집된 정보를 분석한다면 보다 정확하고 신뢰성 있는 시각이 생기는 것이다. 전통적인 센서 시스템은 대현의 고가 매크로 센서를 사용하여 유선으로 사용자에게 직접 연결되고 데이터를 수집하는 장소에 정확한 위치에서 이루어진다. 이에 반해 센서 네트워크 시스템은 대형의 고가 매크로 센서를 사용하여 유선으로 사용자에게 직접 연결되고 데이터를 수집하는 장소에 정확한 위치에서 이루어진다. 이에 반해 센서 네트워크 시스템은 저가의 소형 시스템과 여러 지역에 나누어 다각적인 측면에서 관찰된 데이터를 기초로 하기 때문에 보다 편리하고 정확한 실측 데이터를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 적용분야는 그림 3.1 처럼 재난방제, 환경감시, 지능형 물류 등 다양한 환경에 적용될 수 있다. 현대 사회에서 연구기관이나 기업의 측정데이터, 공공기관의 환경데이터, 가정의 생활데이터, 군사목적의 측정데이터 등 시간과 장소에 관계없이 많은 데이터가 발생하며 계속하여 활용하고 있다. 그러나 이 데이터들을 관리하고 활용하는데 현재는 수기방식이나 로컬(Local)장비를 이용한 단순 계측에 그치고 있다. 다양한 데이터의 통합 관리를 위해서는 원격으로 측정하여 무선통신을 통해 데이터를 전송하는 센서 네트워크 시스템이 적당하다.



그림 3.1. 센서 네트워크의 활용.

센서 네트워크는 대규모 숫자의 노드가 광범위한 지역에 배포되고 센서를 통해 감지된 데이터는 네트워크 내부에서 데이터를 통해 원격지의 관리자에게 전달된다. 이때 저속, 저 전력 멀티 홉 무선 네트워크를 통해 데이터가 전송되며, 이와 같은 센서네트워크가 다양한 응용에 적용되기 위해서 네트워크를 스스로 구성해야하고 시스템의 에너지를 효율적으로 소비하여 수명을 연장해야 한다. 그리고 데이터의 신뢰성을 보장받아야하는 목표를 갖는다.

3.1.1 WSN의 장점

낮은 사양의 하드웨어를 이용하여 무선 Ad-hoc 네트워크를 구성할 수 있는 점이다. 지금까지 개발된 블루투스, 무선랜 등의 무선 네트워크 기술들은 반드시 컴퓨터, PDA 같은 고급 컴퓨팅 장치를 필요로 하는데 센서 네트워크 노드는 독자적으로 네트워크를 구성한다. 이런 네트워크 구성의 용이성 때문에 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 기반 기술로 사용될 수 있다.

3.1.2 WSN의 관련 연구

WSN과 관련된 연구는 하드웨어, 운영체제, 통신, 미들웨어, 애플리케이션 등의 분야에서 활발히 진행되고 있는데,

- ① 센서노드 하드웨어 플랫폼 분야에서는 센싱, 정보처리, 통신의 기본 기능 이외에 위치추적, 이동성 관리, 전원 관리 기능 등이 포함된 비용이 저렴한 스마트 기기 개발이 진행되고 있다.
- ② 운영체제 분야에서는 CPU 자원, 메모리, 전원 등의 제한된 자원 환경에서 통신 및 시스템을 관리하는 기본적인 기능 이외에, 상황 인식, 이벤트 처리, 실시간 데이터 처리 등을 수행할 수 있는 연구들이 진행되고 있

다.

③ 통신 기술 분야는 현재 WSN에서 연구가 가장 활발히 진행되고 있는 분야로서, 센서 네트워크 프로토콜 스택을 물리 계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층, 어플리케이션 계층으로 구분하여 센서노드의 에너지 소모와 관련된 연구들이 중점적으로 수행되고 있다.

④ 미들웨어 분야에서는 저통신비용의 질의처리 방법, 이질적인 센서노드 간의 상호운용 지원방법, 에이전트를 통한 보안 및 제어 방법, 센서노드 간의 시간 동기화 방법, 소프트웨어 원격 배포 및 갱신 방법 등의 전반적인 연구들이 진행되고 있다.



3.2 TinyOS

무선 센서 네트워크를 구성하는 각각의 센서 노드는 마이크로 컨트롤러에 내장한 초소형 컴퓨터 시스템으로 센싱 응용처리와 노드들 간 통신을 위하여 운영체제를 필수적으로 요구한다. 무선 센서 네트워크의 운영체제 설계 시에 특별한 조건들이 고려되어야 한다. 컴퓨팅 능력, 메모리, 전력 등 제한된 자원에서 무선 통신 및 시스템 제어 기능을 갖추어야 한다. 데이터 중심의 프로그래밍, 환경 및 응용 프로그램의 다양한 변화에 대한 능동적인 대처를 지원할 수 있어야 한다. 그래서 본 연구에서는 국내에도 잘 알려진 이벤트기반 무선 센서 네트워크 운영체제인 UC 버클리대에서 개발한 TinyOS를 선택하였다. TinyOS는 새로운 컴퓨팅 패러다임인 센서 네트워크 시스템 기술이다. 현재 무선 센서 네트워크 분야에서 실제 구현 및 적용에 가장 빠르게 대응하고 있다. TinyOS의 표면적인 목표는 저전력 표준(IEEE 802.15.4)과 다르게 보일 수 있지만, 주요 요소 기술들은 동일한 기능을 지향하고 있다[10].

작은 메모리와 이벤트 발생에 대한 처리방식을 사용한 운영체제로서 센서 운영체제가 꼭 갖추어야 할 최소한의 기능들을 집약한 운영체제이다. 기존의 IP 통신방식이나 쓰레드 개념이 없지만 멀티 프로세싱의 동시성을 보장해주는 타이머 기능과 B-MAC 프로토콜을 사용하여 무선 데이터 통신을 한다. TinyOS의 가장 두드러진 특징은 컴포넌트기반의 운영체제이다. 소프트웨어를 하드웨어처럼 다룰 수 있도록 컴퍼넌트화하여 기능들을 입출력 인터페이스라는 컴포넌트를 연결하여 하나의 운영체제가 형성된다. 각 컴포넌트는 명령(command)과 이벤트(event)를 통하여 각각의 컴포넌트들이 유기적으로 동작하도록 하는 특성이 있다. 그림3.2은 온도 및 조도의 센싱된 데이터 값을 메인 애플리케이션이 센싱된 데이터를 명령과 이벤트를 통해 라우팅 레이어에게 전달하고 데이터 레이어가 패킷화해서 RF칩 모듈에 전달하여 데이터를 전송하는 과정을 나타내고 있다.

각각의 모듈들은 인터페이스라는 연결 버스를 통해서 명령과 이벤트를 발생하여 처리한다.

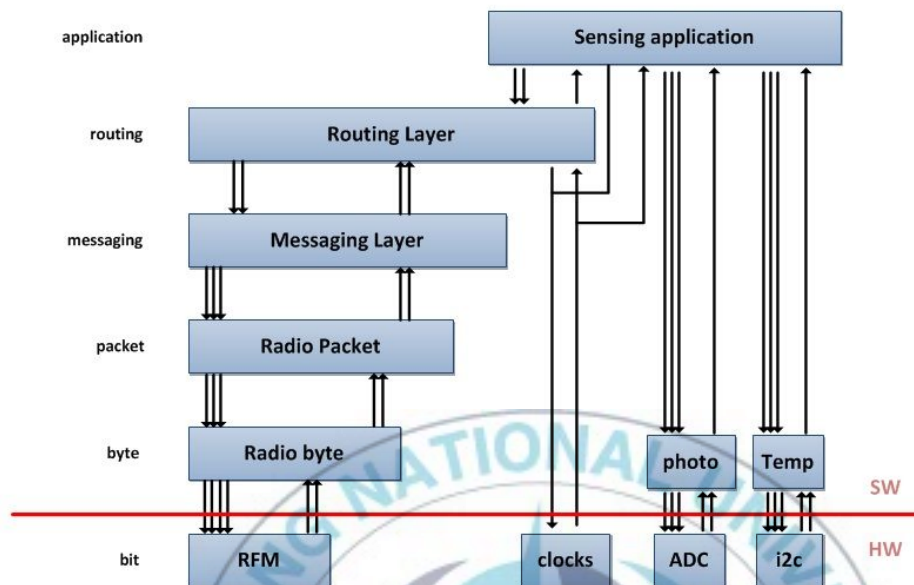


그림 3.2. TinyOS 응용 프로그램[11].

TinyOS는 일반적인 컴퓨터 운영체제와 달리 운영체제와 애플리케이션이 분리되어 설치되지 않는다. 운영체제 부분과 응용 애플리케이션 부분이 함께 컴파일 되어 초소형기억장치(MCU)로 업로드 된다. 따라서 128K 메모리로 직접 올라가는 운영체제는 상당히 크기가 작아야 한다. Mac 관련 컴포넌트를 사용해도 크기가 10K를 넘기지 않고 있다. 그림 3.3은 TinyOS기반의 응용프로그램 메모리크기의 예이다. TinyOS가 이처럼 메모리 크기가 작은 이유는 코드의 재사용 때문이다. 모든 H/W 및 S/W를 컴포넌트화 하여 기술되어 있기 때문에 사용자는 쉽게 코드를 작성할 수 있고 객체지향 관점에서 관리와 개발이 편리하다.

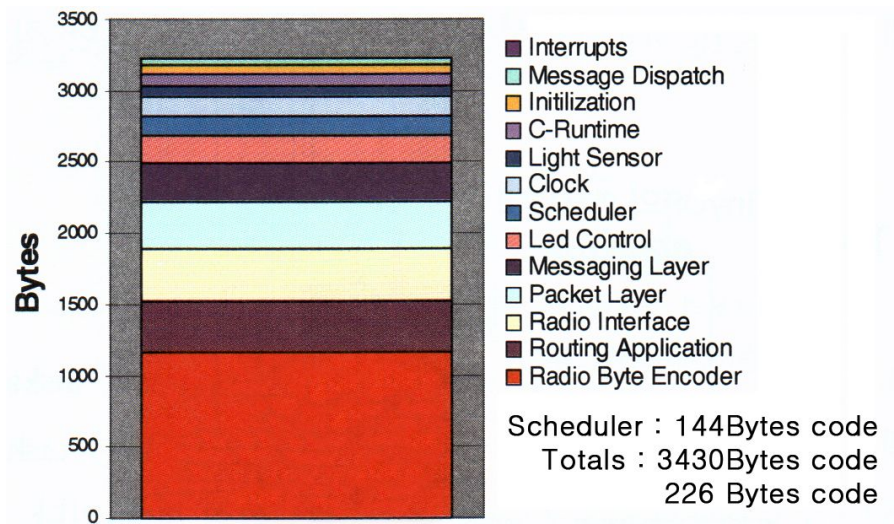


그림 3.3. TinyOS기반의 Ad-hoc 네트워크의 메모리 코드크기[11].

그림 3.3처럼 애플리케이션 부분은 사용자가 직접 만들게 되고 나머지 부분은 기존 라이브러리를 재사용 하도록 되어 있다. 이런 구조로 모든 응용 애플리케이션은 Main 컴포넌트를 포함하여야 한다.

본 연구에서는 라우팅 및 센싱된 기상 환경데이터의 수집, 프로토콜 등 각 기능들을 구현하기 위해 TinyOS에서 제공하는 컴포넌트들을 사용하여 개발하였다.

3.3 멀티 홉 라우팅 프로토콜

3.3.1 멀티 홉(multi-hop) 네트워크

무선 멀티-홉 네트워크는 현재 산업화에서 가장 장애가 되는 부분이다. 많은 기술개발이 진행되어 연구단계에서 많은 결과가 나오고 있지만, 다양하고 변화가 많은 외부 환경에 적용할 수 있는 기술의 단계에 이르지 못하고 있다. 센서네트워크 분야에는 다양한 애드-hoc(ad-hoc), 멀티-홉 라우팅 알고리즘들이 연구되고 있다. TinyOS에도 다양한 종류의 라우팅 소프트웨어들이 제안되고 있고, 특징에 따라 트리 방식, 인트라-네트워크(intra-network)방식, 선전(dissemination)방식, 세 가지로 구분할 수 있다. 트리방식은 센서 노드들이 데이터를 수집하여 정해진 루트(root) 노드로 데이터를 전송하는 방식이다. 선전 방식의 라우팅은 대부분 애플리케이션에 사용되는데, 패킷을 전체 네트워크에 broadcast하거나, 네트워크 내의 데이터 프로세싱을 위한 커맨드, 컨트롤, 재구성 패킷의 전송에 사용된다[12]-[13].

3.3.2 트리 라우팅

트리 방식 라우팅은 부모(parent)노드 정보와 루트 노드로부터의 홉(hop)수로 경로를 결정한다. 경로 결정을 위해 루트 노드는 브로드캐스트 방식을 사용하며, 루트 주위의 노드들도 계속해서 브로드캐스트를 반복적으로 수행하여 네트워크의 최중에 위치한 노드까지 전달되도록 한다. 이렇게 경로가 결정되면 데이터를 전송하려는 노드들은 자신의 부모 노드에게 데이터를 전송하고, 같은 방법으로 데이터를 수신한 부모 노드들은 또다시 부모 노드에게 데이터를 전송하여 루트 노드까지 데이터가 전송된다. 주위 노드를 검색하고 유지하는 방법, 데이터 전달 방법이 트리 방식 라우팅의 주요 특징을 결정한다. 트리방식의 라우팅은 AMROUTE, BLess, Surge, MiltiHopRouter, mh6 가 있다.

AMROUTE는 루트 노드가 주기적인 비콘(beacon)을 전송하여 라우팅 경로를 구성한다. 단순히 현재의 부모 노드 정보만으로 경로를 구성하며, 빠른 시간 안에 회산하는 노드가 경로로 구성된다. 이와 반대로 BLess 방식은 주위 노드의 데이터 전송 경로를 참조하여 자신의 부모 노드를 결정하고 데이터를 재전송한다. 루트 노드는 BLess 패킷을 주기적으로 전송하지만 이 패킷이 재전송 되지는 않는다.

Surge도 비콘을 사용하지 않으며 부모가 될 가능성이 있는 노드들의 정보를 이용하지만 패킷의 전송 성공에 다른 링크 상태(link quality)와 홉의 수를 이용하여 경로를 결정한다. mh6와 최근 MultiHopRouter는 주변 노드들을 기준에 따라 1차 선정한 후 그 노드들이 루트까지 전송하는데 필요한 코스트(cost)를 계산하여 경로를 구성한다. Surge와 MultiHopRouter는 근래에 802.11 네트워크 애드-혹 라우팅에 제안된 비대칭 링크, 주변 노드 제어와 비슷한 특징을 갖는 출력 큐잉(output queuing)과 재전송 기법을 추가했다.

트리 방식의 라우팅이 많은 이유는 네트워크 구성과 데이터 전송이 알고리즘의 복잡도가 높지 않기 때문이다. 반면 장기간 안정적으로 네트워크를 구성하기 위해서는 주위가 필요하다.

3.3.3 인트라-네트워크 라우팅

DSDV, AODV, Directed Diffusion 같은 애드-혹 방식의 라우팅 알고리즘들이 간략화 되어 TinyOS상에 구현되었다. 인텔(Intel)은 인터넷의 라우팅에 사용하는 방식을 채용하여 센서네트워크에 적용하였다. 기본 알고리즘은 비슷한 방법으로 사용하였으나, 최종 결과로 구성되는 네트워크 형태는 다르게 구성된다. 주변 검색과 관리는 동일한 방법이지만 최종 네트워크 경로는 트리 방식처럼 한방향의 경로만 구성한다. TinyDiffusion은 경로를 요구한 노드 중심으로 네트워크 경로를 구성한다. GPSR은 각 노드의 물리적 위치 정보를 이용하여 주변 노드에 오류가 발생했을 때, 원활하게 라우팅이 가능하도록 네트워크를 구성한다.

인트라-네트워크 방식은 지금까지 TinyOS 애플리케이션에서 많이 고려되지 않은 방식이나, 다양한 디지털 가전기기로 구성되는 홈 네트워크에 사용되기 위해서는 새로운 알고리즘이 구현되어야 한다.

3.3.4 브로드캐스트 라우팅

많은 애플리케이션들은 네트워크의 모든 노드들에게 데이터가 전송될 수 있는 신뢰성 있는 브로드캐스트가 필요하다. 또한 TinyOS에서는 새로운 소프트웨어를 무선 통신으로 전송하는 애플리케이션이 있는데 이런 경우에는 신뢰성이 있는 멀티-홉 통신이 중요하다. 브로드캐스트 방법으로는 단순한 재전송 방법과 필요할 때 전송하는 두 가지 방법이 있다. 단순한 재전송 방법은 루트 노드에서 데이터를 전송하면 수신한 노드가 재전송하는 방법으로 빠른 네트워크 구성에는 효과적이지만 통신 상태가 좋지 않은 곳에 위치하거나 무선통신 충돌이 많은 노드는 네트워크에 참여하기 위해 시간이 걸리는 단점이 있다. 필요시에 전송하는 방법은 노드들이 자신의 정보를 주기적으로 주위노드와 주고받으며 실제 전송할 데이터가 발생했을 때만 전송하는 방식이다. TinyOS에 구현되어 있는 버추얼 머신(virtual machine)이 새로운 코드를 전송할 때 이런 방식을 사용한다. 이 방식은 불필요한 재전송을 막을 수 있기 때문에 에너지 효율이 좋다.

3.3.5 비교 분석

기존의 많은 멀티 홉 라우팅 프로토콜은 애드-혹 방식의 라우팅 프로토콜 방식을 채택하고 있어 스스로 라우팅을 결정하는 다이내믹한 프로토콜이다. 그러나 라우팅 프로토콜은 스스로 결정하기 위해서 통계치를 얻거나 루트탐색을 미리하는 과정이 필요하다. 이는 빠른 라우팅 결정에 저해가 되고 또한 라우팅 테이블의 주기적인 업데이트를 위한 잦은 패킷 교환은 전력을 낭비하는 단점이 지적되고 있다. 표는 능동적인 라우팅 기법

들을 비교하였다.

표 3.1. 라우팅 프로토콜의 비교분석

종류 특성	트리 라우팅	인트라네트워크 라우팅	브로드 캐스팅 라우팅
방식	부모 및 자식관계 홉 수로 결정	인터넷 라우팅 방식전송을 원하는 경우 라우팅 설정	주변노드로 브로드캐스팅 방식
에너지 효율	부모노드의 집중적 전력소모	트리 라우팅 방식보다 효율적임	비효율
알고리즘 복잡도	비교적 간단	복잡	간단함
장점	알고리즘이 간단해서 많이 사용됨	홈 네트워크에 많이 이용	신뢰성 있는 데이터 수집
단점	반응속도가 느림	각 노드의 위치를 파악해야 함	데이터 충돌이 많음

본 연구에서는 에너지 측면에서는 비효율 적이나 신뢰성 있는 데이터 수집이 용이하고 라우팅 알고리즘 설계가 간단한 브로드캐스팅 라우팅 방식인 플러딩 라우팅 프로토콜을 채택하기로 하였다.

IV. 환경 모니터링 시스템의 구성

본 연구에서 제안하는 기상 환경 모니터링용 필드서버의 시스템은 그림 4.1과 같이 산악지역이나 계곡등과 같은 국지지역에 많은 수의 필드서버를 특정한 계획 없이 신속하게 배치해서, 배치된 필드서버로부터 기상 환경데이터를 수집하고 이를 원격지의 베이스 스테이션으로 전송하여 모니터링 하게 된다.



그림 4.1. 국지 기상 환경 모니터링 시스템의 전체 구성도.

만약, 필드서버의 파손이나 손실 등과 같은 여러 가지 변수가 발생하면 해당 지역의 정확한 기상 환경데이터를 얻을 수 없게 된다. 이를, 쿼리 프로세스(Query process)를 사용하여 필드서버 내에 센서노드의 Sleep/Active, RF-power 그리고 Sample rate 등을 제어하여 상황에 적절한 동작을 하여 신뢰성 있는 기상 환경데이터를 수집하도록 하였다.

본 논문에서 제안된 시스템은 구성면에서 크게 3부분으로 구성된다. 국지지역에서 온도, 습도, 조도, 기압 등의 센서를 통해 기상 환경데이터를 수집할 수 있는 센서모듈 부분, 수집된 기상데이터를 플러딩 라우팅 프로토콜 전송방식으로 전송하는 무선센서노드 부분, 그리고 PC로 전송된 기상데이터를 분석하여 위험신호를 제공할 수 있는 모니터링 부분으로 구성하였다.



4.1 하드웨어의 구성

그림 4.2 는 재해예방 모니터링 시스템에서 사용되는 센서모듈과 무선 센서노드의 블록 다이어그램 보여주고 있다. 센서모듈은 마이크로프로세서 (ATmega128, TI)를 사용하여 설계하고 실시간 데이터 수집, 이상기후 판별, 센서 관리 등과 같은 데이터 처리를 위한 프로그램을 적용하였으며, 기상관측용 센서로는 온도센서, 습도센서, 조도센서, 기압센서를 사용하여 수집된 온도, 습도, 조도, 기압, 이슬점의 5개 기상 환경데이터를 RS232 통신을 통해 무선센서노드로 전송하며, 플러딩 라우팅 프로토콜이 구현된 무선센서노드가 포함되어있다. 무선센서노드로 전송되어진 기상데이터들은 플러딩 라우팅 프로토콜 전송방식을 사용하여 주변의 다른 무선센서노드로 전송이 되어 최종적으로 베이스스테이션을 통해 기상 환경데이터를 받은 PC에서 기상 정보를 모니터링하게 된다.

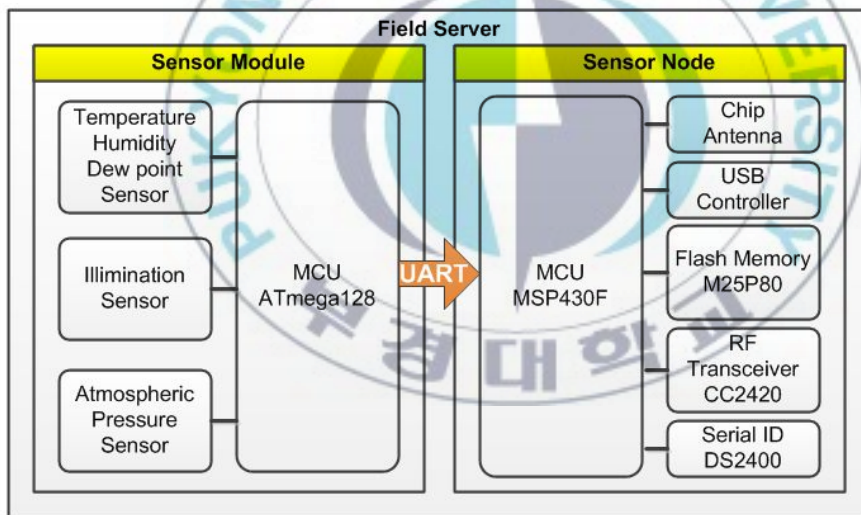


그림 4.2. 기상용 필드서버의 구성.

4.1.1 환경정보 수집 센서모듈

기상 환경데이터의 수집을 위해 사용된 센서로는 온도, 습도, 이슬점을 측정하는 SHT-11(Sensirion Co. Ltd., Switzerland), 조도를 측정하는 CDS(Lida Optical & Electronic Co. Ltd., China), 기압을 측정하는 SMBA-1000 (Digisensor Co. Ltd, Vietnam)이 사용되었다. 온·습도 센서인 SHT-11과 센서보드의 MCU는 그림 4.3과 같이 데이터를 받기 위한 데이터라인과 클럭을 주기위한 클럭라인으로 연결되어 있다.

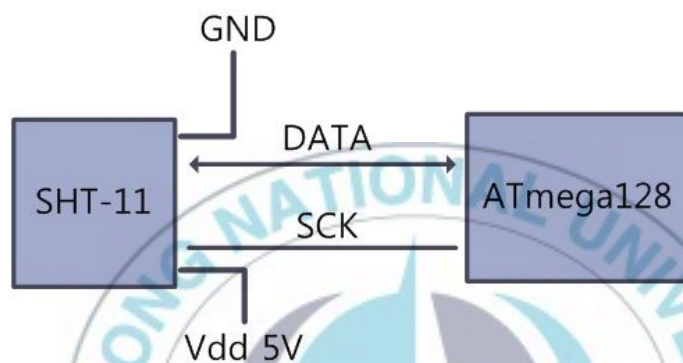


그림 4.3. SHT-11의 기본 동작 회로.

MCU가 SHT-11로부터 센싱데이터를 읽어 들이기 위해서는 이 두 라인을 통해 일정한 클럭 타이밍과 명령어를 입력 시켜야한다. 즉 MCU는 데이터 라인을 통해 비트 단위의 명령어를 SHT-11센서와 주고받은 후, 실제 데이터를 확보한다. 대기압 센서인 SMBA-1000은 MCU의 GPIO를 이용하여 데이터와 클럭을 생성하여 명령어를 전송하고 데이터를 리턴 받는 TWI 형태로 그림 4.4과 같은 방식으로 통신이 이루어진다. 그림 4.4은 기압센서의 통신레벨이 DC3.0~3.3V인 반면에 MCU인 ATmega128의 통신레벨이 DC4.5~5.5V이기 때문에 서로간의 통신이 원활하게 이루어지지 않는 문제를 해결하기 위해 제안된 회로도이다. 통신 레벨을 맞추기 위해서 MOSFET을 사용하여 설계 하였다.

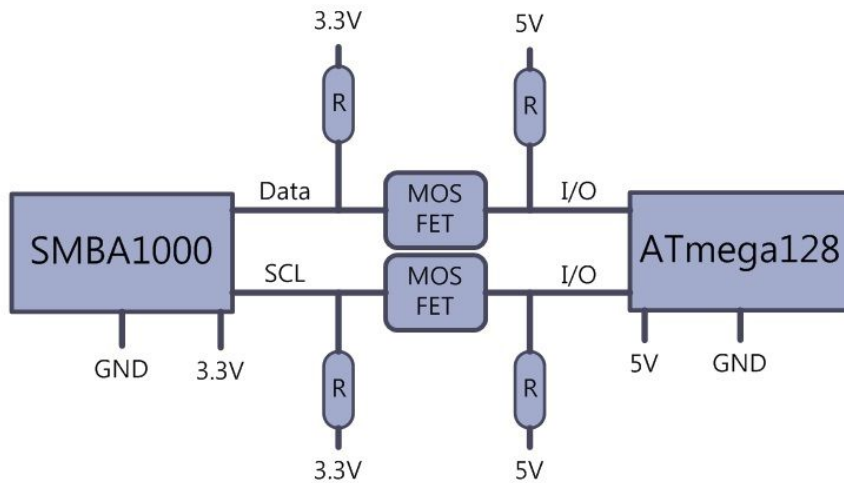


그림 4.4. SMBA1000의 동작 회로.

조도 측정을 위해 사용된 센서 CDS (광도전셀)은 어두운 곳에서는 높은 저항 값을 가지고 있다가 빛이 밝아질수록 자체의 내부 저항 값이 낮아진다. 즉, 빛의 밝기에 따라 내부 저항 값이 변화하여 연결된 회로를 동작 시키는 일종의 가변저항기이다. ATmega128의 ADC 포트를 이용하여 측정되는 조도 값은 0(가장 어두움) ~ 1024(가장 밝음)의 값을 가진다. 기상 센서로부터 측정된 데이터는 RS-232 시리얼 통신을 이용하여 무선센서노드의 UART 포트를 통하여 데이터가 수집된다. 자세한 기상 센서보드와 센서의 사양은 표 4.1에 나타 내었다.

표 4.1. 기상센서보드와 센서의 사양

기상센서보드	
MCU	ATmega128
Program Memory	128 KB Flash
Data Memory	4 KB RAM, 4 KB EEPROM
External Memory	64 KB
Interface	SPI, JTAG
Operating Frequency	0 ~ 16Mhz
Power	4.5 ~ 5.5V
SHT-11	
Range	0 ~ 100% RH, -40 ~ 123℃
Accuracy	±3% RH, ±0.4℃ @25℃
Response Time	< 8sec
Size	15×12×12(mm)
Current	550uA
Power	2.4~5.5V
SMBA-1000	
Range	300 ~ 1300hPa
Accuracy	±1.5hPa
Interface	2-Wire Synchronous serial
Size	6.35×6.35×3.7(mm)
Current	70uA
Power	3.0 ~ 3.6V

4.1.2 무선 센서노드

센서노드는 환경, 물리계에서 센싱된 정보 또는 센서에 관련된 특정 이벤트를 유/무선 통신 기술 기반으로 하여 전달하거나 컴퓨팅을 수행하는 센서, 프로세서, 통신소자로 구성되는 시스템이다. 센서 네트워크의 특성상 센서 노드는 가격과 유지 보수 문제 등으로 컴퓨터나 PDA 같은 고급 컴퓨팅 장비를 사용할 수 없다. 그래서 센서노드를 위한 하드웨어 플랫폼

은 다음과 같은 4가지 특성을 가진다[9].

- ① 센서 노드는 한번 배치되면 유지보수가 어렵기 때문에 강인한 구조에 저전력으로 설계되어야 한다.
- ② 응용 분야에 따라 크게 달라질 수 있기 때문에 어떠한 구조에도 효과적으로 사용될 수 있도록 유연성과 모듈성을 갖추고 있어야 한다.
- ③ 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 맞게 무선 네트워크 기술을 지원해야 한다.
- ④ 많은 센서노드가 산재되기 위해 가격이 저렴하고 작아야한다.

본 연구에서는 각각의 필드서버로부터 수집되어진 기상 환경데이터의 전송을 위한 플러딩 라우팅 프로토콜 전송방식을 위해 (주)맥스포의 TIP-710CM 무선 센서 노드를 사용하였다.

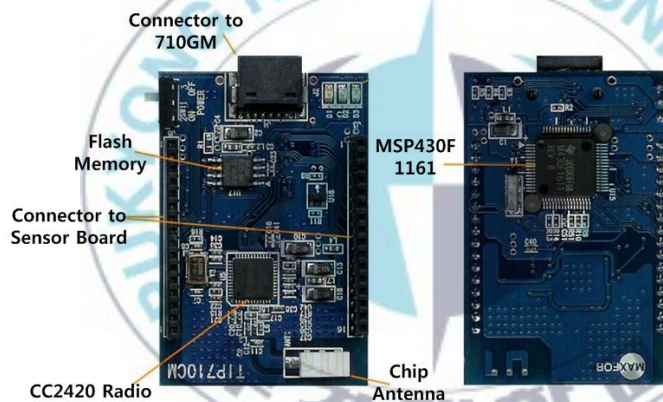


그림 4.5. (주) 맥스포사의 TIP-710CM (센서노드).

그림 4.5은 사용된 무선센서노드를 보여주고 있으며, IEEE802.15.4 센서네트워크기술에 기반을 둔 Zigbee 호환 무선센서노드이다. 무선센서노드는 저가형, 고용량의 Flash Memory를 가진 저전력 마이크로프로세서인 MSP430F1611 (TI, USA), 강력한 주파수대역 기술 (2.4GHz 대역, 250kB/s의 전송속도), 10KB RAM, 48KB 플래시 메모리, 12Bit A/D 컨

버터, 장기간 사용 가능한 수명 (Sleep Mode : 5.1uA, Active Mode : 1.8mA), Ad-Hoc 네트워크 등을 사용하였으며, 2.4GHz 주파수 대역을 사용할 수 있는 CC2420 RF 트랜시버 칩을 사용하여 무선통신을 사용할 수 있도록 하였고, 외부 출력 핀을 두어 추후 다른 센서들을 활용한 다채널 통신을 고려하여 설계되었으며, 무선센서노드의 외부 확장커넥터에 외부 기상용 센서모듈을 연결하여 온도, 습도, 조도, 기압, 이슬점의 기상 환경데이터를 수집하도록 하였다[14]-[15]. 그리고 무선센서노드의 동작은 2.5V~3.9V의 유연한 입력전원을 사용하는 배터리 전원을 사용하였으며, 그 특성을 표 4.2에 나타내었다.

표 4.2. 무선센서노드 하드웨어 사양[16]

항목	특징	부품 종류 및 기능
마이크로프로세서 (TI MSP430F1611)	프로그램 메모리	48KB
	데이터 메모리	10KB
	ADC	10bit/12bit/16bit
	Power	3.3V
외부 인터페이스	외부 메모리	M25P80(1MB)
	JTAG	8pin Header
	Serial ID	DS2411
	USB	Serial communication
	Connector for mobile phone	국내표준 규격인 휴대폰 입출력단자
RF 트랜시버 (CC2420)	Antennal	Chip_ANT
	RF power	-25dBm ~ 0dBm
	range	100m
	frequency band	2.4GHz
	Current consumption	TX: 17.4mA RX: 19.7mA
	Transmit bit rate	250Kbps
확장부	확장핀	20pin

4.1.3 자가발전 기술

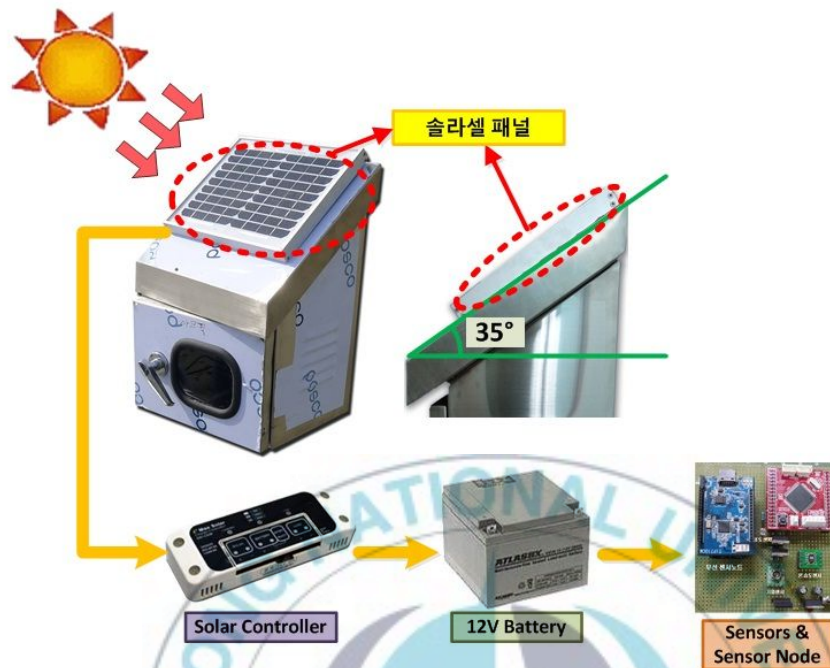


그림 4.6. 태양광 자가발전 기술의 구성.

그림 4.6은 태양광 자가발전 기술의 구성을 보여주고 있다. 본 연구에서 기상 환경데이터의 전송을 위해 사용된 플러딩 라우팅 프로토콜은 3.3.5의 프로토콜 비교분석에서 언급하였듯이 에너지 효율측면에서 비효율적이다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 국지지역에 배치되는 필드서버에 솔라셀 패널을 사용하여 에너지를 보충하였다. 자가발전 모듈은 출력 전압 DC 17V, 시간 당 5W, 하루 평균 30W 이상의 전력을 생산할 수 있으며, 솔라 컨트롤러는 자가발전 모듈에서 공급 되는 DC 17V를 DC 12V로 감압하여 배터리를 충전하여 장비에 전원을 공급하도록 하였다. 배터리 충전과 장비로의 전력공급을 동시에 수행하고 센서노드와 MCU 및 센서모듈에 일정한 전원을 공급해 주는 역할을 한다. 태양광으로 전원 공급

이 불가능한 시간대에는 충전이 가능한 솔라 배터리를 사용하였으며, 솔라 배터리로 사용되는 전지는 납축전지를 사용하였다. 장시간 태양광 충전이 되지 않아 전압이 DC 11.4V 이하로 내려가는 과방전 현상이 발생하면, 납축전지 배터리 특성상 배터리의 손상 문제가 발생한다. 이럴 경우 솔라 컨트롤러에서 자동으로 전원 공급을 차단하여 배터리의 손상을 막아 배터리의 고장을 방지하도록 하였다. MCU, 센서노드, 전원 공급은 솔라 컨트롤러에서 공급받은 DC 12V 전압을 레귤레이터와 저항을 사용하여 감압해서 사용하였다. 센서노드에는 DC 3.3V, MCU에는 DC 5V의 전압이 공급되도록 하였다.



4.2 쿼리 기반의 플러딩 라우팅 프로토콜 프로그래밍

4.2.1 플러딩 라우팅 프로토콜

본 연구에 사용된 플러딩 라우팅 프로토콜은 무선 애드 혹(Ad-hoc) 네트워크에서 사용하는 가장 기본적인 라우팅 기법으로, 기본적으로는 무선 센서네트워크를 위한 센서노드의 전력량 저감보다는 신뢰성 있는 데이터 전달을 목표로 하는 라우팅 프로토콜이다. 그림 4.7은 플러딩 라우팅 프로토콜의 개념을 나타내고 있다. 만약 A에서 D로 데이터를 보내려고 할 때, A의 무선 네트워크 송신 거리 내에 D가 있지 않을 경우 A는 B와 C를 거쳐서 D로 데이터를 전송할 수 있는데, 이러한 방식으로 데이터를 전송하는 것을 플러딩 라우팅 프로토콜이라고 한다[17]-[18].

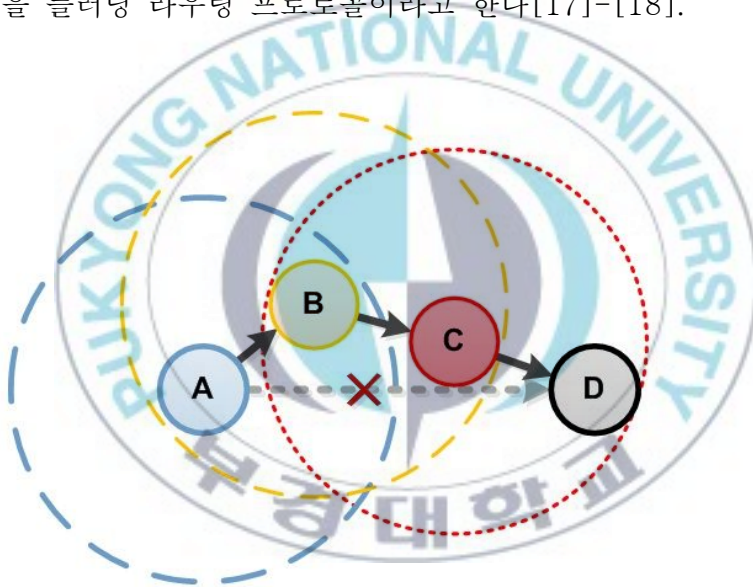


그림 4.7. 플러딩 라우팅 프로토콜의 개념.

기존의 플러딩 라우팅 프로토콜은 먼저 생성된 패킷을 주변 노드들에게 브로드캐스트 형태로 전송하고, 패킷을 받은 노드는 다시 브로드캐스트 형태로 자신의 이웃 노드에게 그 패킷을 전달하여 전체 노드들에게 전달

하는 방식이다[19]. 이로 인해서 패킷을 계속해서 무작정 전달만 하다 보면 같은 패킷을 다시 전송하는 문제가 발생할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 패킷의 무한 루프를 방지하기 위해 패킷마다 특정 시퀀스 번호를 부여하고 한 번 받은 패킷은 두 번 다시 전송하지 않도록 하기위해서 무한루프 값의 범위를 10으로 한정하였으며, 이상의 포워딩이 이루어질 경우 자동으로 폐기하도록 하였다. 또한 네트워크 트래픽을 최소화하기 위해서 필드 서버 간 통신은 중계노드로만 멀티 홉 통신이 가능하도록 구현하였다. 또한 필드서버의 센서모듈에서 는 3분 간격으로 데이터를 획득하고 시리얼 통신으로 데이터를 센서노드로 전송되어지며 센서노드에서는 즉시 데이터를 인접한 센서노드 및 중계노드로 전달되어 진다.

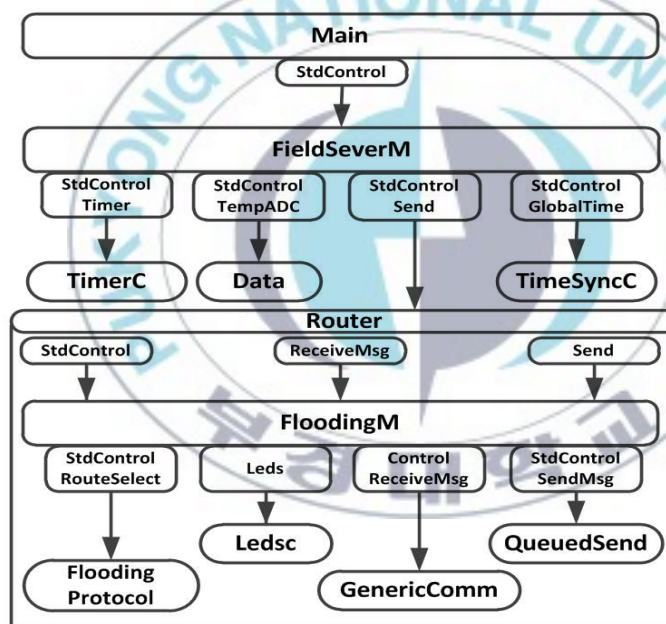


그림 4.8. 컴포넌트 구성.

그림 4.8은 플러딩 라우팅 프로토콜의 컴포넌트 구성을 나타낸 것으로 fired() 이벤트를 발생하도록 설정한 TimerC 컴포넌트, 센서 모듈로부터

수집된 기상데이터를 받기 위한 Data 컴포넌트, 그리고 센싱한 데이터 및 수신 데이터의 경로 설정 및 전송을 담당하게 되는 Router 컴포넌트, 시간 동기화 및 Global Time 설정을 위한 TimeSyncC 컴포넌트로 구성되어 있으며, 수신된 패킷 및 전송할 패킷의 경로 설정에 대한 FloodingM 컴포넌트, Flooding을 위한 경로 선택 모듈인 Flooding Protocol 컴포넌트로 이루어져 있다. 그 외 시간 동기화 관리 및 Global Time 유지하기 위한 TimeSyncM, Fired() 이벤트를 발생하게 하는 TimerC, 시간 동기화 패킷 전송과 시간 동기화 패킷 수신을 위한 QueuedSend와 GenericComm 컴포넌트를 사용하여 구성하였다.

4.2.2 쿼리 시스템

본 논문에서 쿼리 시스템은 국지 지역에 배치된 기상 환경용 필드서버를 효율적으로 제어하기 위하여 설계되었다. 자바 프로그래밍으로 구현된 이 시스템은 RS-232 시리얼 통신으로 베이스 스테이션이 연결된 서버 PC에서 동작하며 서버PC에서 보낸 쿼리는 WSN의 필드서버와 상호작용을 하며 쿼리에 대한 응답으로 필드서버는 기지국으로 데이터를 전송한다[20]-[21]. 본 논문에서의 쿼리 시스템은 5가지의 관련 명령을 가진다. 에너지 절약을 위해 서버 PC에서 'sleep status' 명령어를 사용하여 필드서버를 sleep 상태로 제어할 수 있고, 'active status' 명령어를 사용하면 active 상태로 바꿀 수 있다. 만약에 각 각의 필드서버에서 각기 다른 sample rates를 설정하려면 서버 PC에서 'sample rate' 명령으로 각 각의 필드서버에 포함된 센서노드의 sample rate를 바꿀 수 있다. 쿼리 메시지를 보낼 필드서버의 선택은 'select channel' 명령을 사용하여 정할 수 있다. 또한, RF 전력의 크기는 'RF control' 명령으로 변경할 수 있다 [22]-[23]. 그림 4.9은 필드서버를 제어를 위한 쿼리 시스템의 구성을 보여주고 있다.

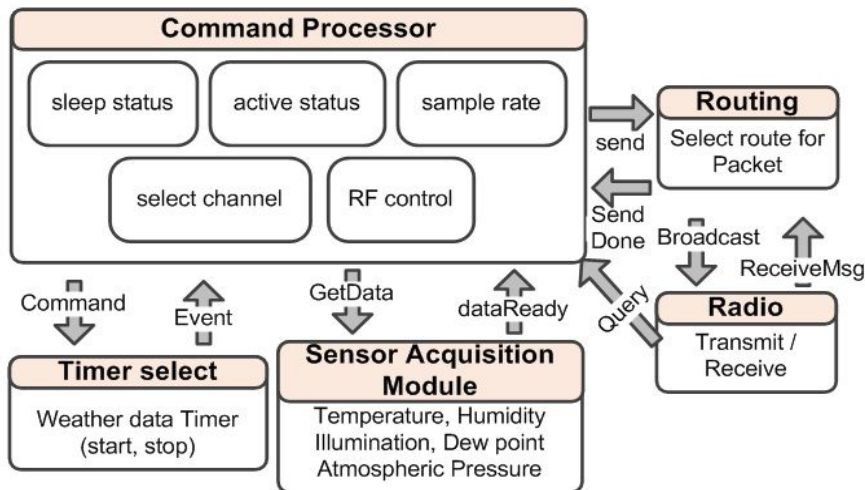


그림 4.9 필드서버 제어를 위한 쿼리 시스템의 구성.

서버 PC에서 보내진 쿼리 명령 메시지는 명령 처리기에 의해 처리된다. 만약에 쿼리 메시지가 명령을 처리중인 노드로 오면 'command processor' 컴퍼넌트는 정의된 명령을 제어하고, 트리거 'Timer select' 컴퍼넌트와 'sensor acquisition module' 컴퍼넌트에서는 데이터의 접근을 제어하며 기상 환경데이터는 'command processor' (10 바이트)에 저장된다. 그러나 명령 ID가 다른 노드로 향하는 경우 무선전송을 통해 이웃의 필드 서버에 다시 보내지게 된다. header message, flooding message 그리고 기상 데이터를 포함하는 TOS_msg는 'routing' 컴퍼넌트에 의해 전송되어진다.

4.3 국지 환경용 모니터링 프로그램

국지지역에 배치된 필드서버에서 플러딩 라우팅 프로토콜 방식으로 전송된 기상 환경데이터를 모니터링하기 위해 C#프로그램을 이용하여 모니터링 프로그램을 제작하였다. 각각의 필드서버로부터 원격지 서버 PC로 전송된 16진수 형태의 기상 환경데이터를 그룹정보 별로 구분하여 어느 지역의 필드서버로부터 기상 환경데이터가 수신되었는지 확인한다. 그리고 그룹별로 구분된 환경정보를 다시 한 번 각각의 센서정보별로 구분한 후 패킷의 실 데이터 수치인 10진수 값으로 변환시켜 각각 그래프, 숫자 형태로 나타낸다. 표시된 데이터를 분석 한 후 위험 수준의 기상정보가 수신 될 때에는 경고 표시가 되고 사용자가 원하는 경우에는 데이터 저장 이 가능하도록 설계하였다. 그리고 이를 모니터링 프로그램 흐름도인 그림 4.10에 나타내었다.

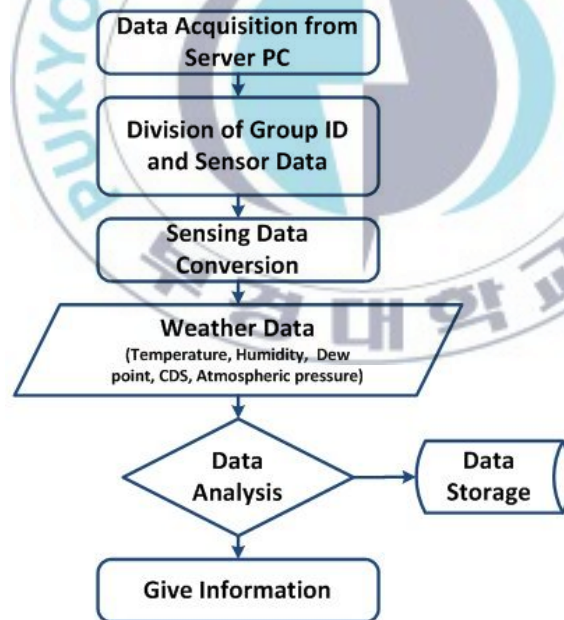


그림 4.10. 모니터링 프로그램의 흐름도.

V. 실험 및 결과

5.1 필드서버의 제작 및 실험

본 연구를 위하여 신뢰성 있는 데이터 전송과 이동성이 강조된 필드서버를 다음 그림 5.1과 같이 본 논문의 저자가 속해있는 연구실에서 제작하였다. 이 기상 환경용 필드서버는 기상 환경데이터를 측정하기 위한 센서모듈과 측정된 기상 환경데이터를 무선으로 전송하기 위한 센서노드, 기상 환경용 필드서버에 자가발전을 통하여 전력을 공급할 솔라셀(solar cell) 패널과 배터리, 솔라 컨트롤러로 구성되어있다.



그림 5.1. 제작된 기상 환경용 필드서버.

배치된 필드서버에서 수집된 기상 환경데이터를 무선으로 전송할 수 있는 거리의 범위가 한정되어 있기 때문에 멀리 떨어져 있는 다른 필드서버

나 베이스스테이션으로 기상 환경데이터를 전송하기 위해서는 주변 다른 노드들의 도움이 필요하기 때문에 주변에 존재하는 모든 노드들이 서로 협력하여 자유로운 망을 형성하고 서로간의 데이터를 포워딩하여 싱크 노드 (Sink Node)에게로 전송해 줄 수 있는 네트워크가 필요하다. 네트워크가 형성되는지를 확인하기 위해서 다음 그림 5.2와 같이 네트워크 범위를 10m하고 2개의 중계노드를 필드서버와 베이스스테이션 사이에 배치하여 플러딩 라우팅 프로토콜을 구현하였다. 소형RF칩을 이용한 지그비 통신의 경우 소모되는 전력의 크기와 적절한 안테나의 설계에 따라 각 무선통신 노드사이의 거리가 100~500m 까지 통신이 가능한 것으로 알려져 있다.

배치된 기상 환경용 필드서버로부터 5분 간격으로 측정된 기상 환경데이터를 플러딩 라우팅 프로토콜 전송 방식으로 전달하여 모니터링 하였다. 측정된 대기 환경데이터가 플러딩 라우팅 프로토콜 전송방식을 활용하여 원격지인 베이스스테이션으로 패킷형태로 전송되어 진다. 전송 되어진 패킷은 각각 온도, 습도, 조도, 기압, 이슬점의 데이터로 구성되어 있으며, 연안·해양 환경모니터링 시스템에서 환경정보의 패킷분석을 위하여 FC FC의 2바이트를 추가하여 구성하였다.

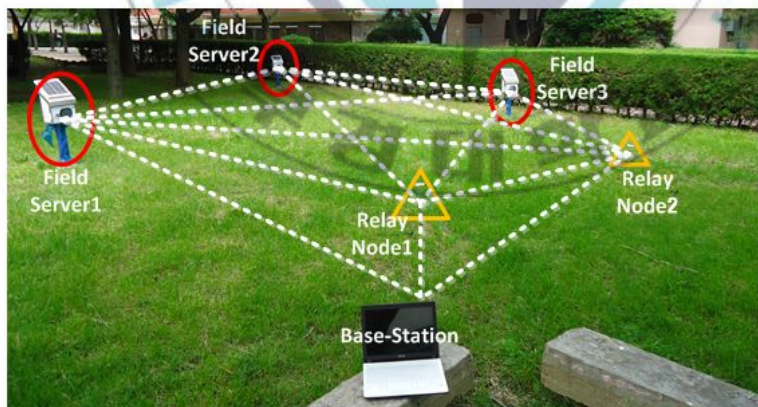


그림 5.2. 플러딩 라우팅 프로토콜 구현을 위한 테스트 베드 환경.

패킷의 구성은 그림 5.3과 같이 header Message와 Multi-hop Message, Oscilloscope Message로 구성되어 있으며, 필드서버 5, 6, 7 번은 노드와 노드 사이에서 데이터를 포워딩하여 싱크노드에게 패킷을 전달한다. 싱크노드는 PC에 시리얼로 연결되어 데이터를 넘겨주고 있다. Multi-hop Message는 목적노드 (Sending Node)와 자신노드 (Original Node) 그리고 홉 카운트 (Hop Count), 시퀀스 넘버 (Sequence Number)로 구성되어 있으며, 홉 카운트는 그림 5.4에서 필드서버 7번이 목적노드와의 홉 경로가 3홉으로 되어있음을 알 수 있다. Oscilloscope Message는 온도, 습도, 조도, 기압, 이슬점의 데이터를 각각 2바이트씩 총 10바이트의 기상 환경 데이터 포함한다. 센딩 메시지 (Sending Message)는 목적노드인 베이스스테이션으로 보내기 위해서 사용되는 패킷으로서, 오리지널 (Original Message) 패킷과 더불어 멀티 홉을 형성하도록 사용되어지며 이 오리지널 메시지는 필드서버 자신의 ID를 가리킨다. 또한 노드마다 패킷이 발생 되어질 경우 각 패킷마다 번호가 할당되어진다. 그리고 홉 카운트(Hop Counter)는 필드서버와 베이스스테이션 사이의 홉 경로를 가리키는 역할을 한다.

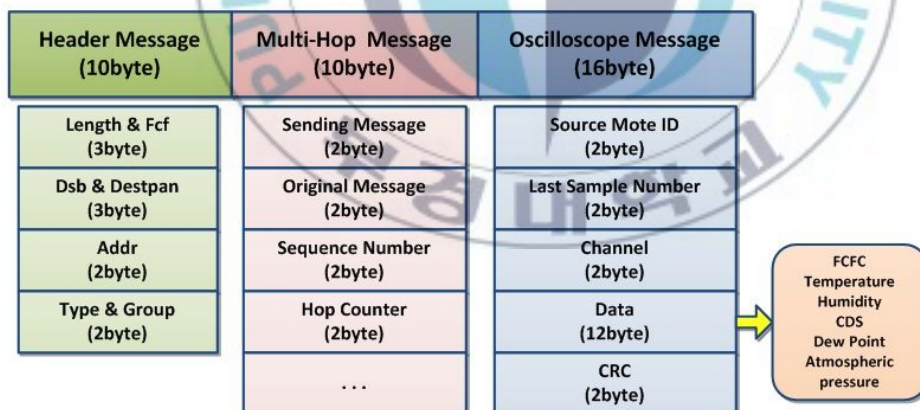


그림 5.3. 플러딩 라우팅 프로토콜의 패킷 구성.

그림 5.4은 패킷구성을 실시간으로 패킷을 멀티 홉으로 수신한 패킷을 보여주고 있으며, 이 기상 환경데이터의 패킷과 전송된 기상 환경데이터를 ListenRaw로 확인한 패킷형태를 확인할 수 있다.

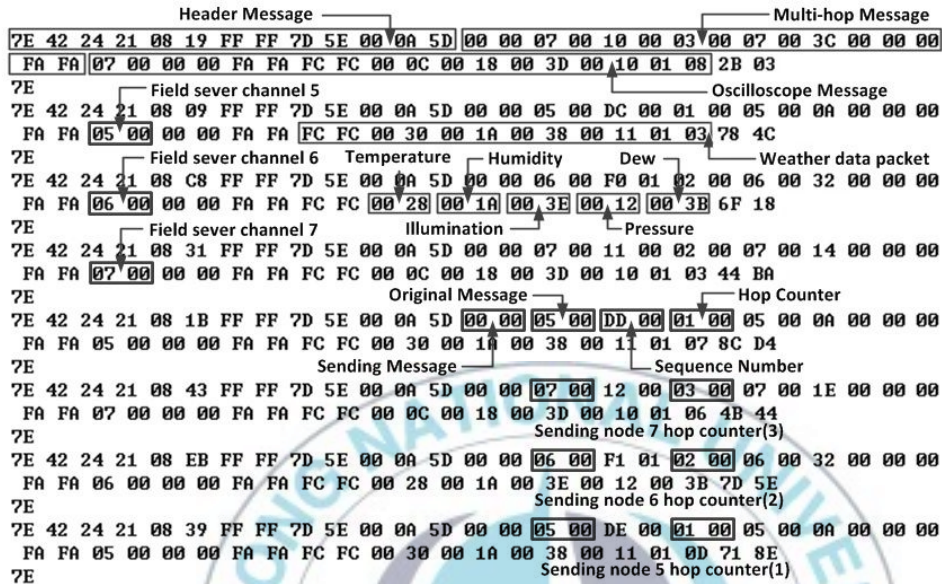


그림 5.4. 기상 환경 데이터를 ListenRaw로 확인한 패킷형태.

그림5.5는 서버 PC의 베이스 스테이션으로부터 필드서버로 보내진 총 7바이트로 구성된 쿼리 명령 메시지의 패킷 형식을 보여준다. Action field는 필드서버에 sleep, active, sample rate, channel 과 RF control 와 같은 상태의 명령 도착 시 수행하는 작업의 유형을 정의한다. 그리고 Destination field는 필드 서버 ID의 유형을 정의하고 Channel field는 'sample rate'와 'select channel'과 같은 명령을 수행하는 매개 변수를 포함하고 있으며, Sample field는 sample rate와 RF power strength를 제어하는 명령을 포함하고 있는데 Sample field 내의 'RF control' 및 'sample rate' 모두 sample rate 와 RF power strength를 제어하는 명령으로 정의 된다. 'Sample rate'는 필드서버의 채널을 5 sample/1 min,

5 sample/5 min, 5 sample/10 min 그리고 5 sample/20 min 로 설정할 수 있도록 하였다. 그리고 'RF control' 명령은 고유한 field ID와 연관되며, 필드서버는 3~30의 RF 범위의 선택을 가지는 명령을 수행한다.

Sequence Number (1 byte)	Action (1 byte)	Destination (2 byte)	Channel (1 byte)	Sample (2 byte)
	sleep status = 1 active status = 2 sample rate = 3 select channel = 4 RF_control = 5	select channel sample rate RF control active mode sleep mode	N O D E I D	sample rate
				RF_control
				1ch and 2ch
				1~31(RF power)
				select channel
				sample rate
				1ch and 2ch
				5 sample/1min. 5 sample/5min. 5 sample/10min. 5 sample/20min.

그림 5.5. 쿼리 명령 메시지의 패킷 형태.



5.2 기상 환경용 실시간 모니터링

그림 5.6은 구현된 기상 환경용 실시간 모니터링 프로그램을 보여주고 있으며, 국지지역에 배치된 기상 환경용 필드서버로부터 수집된 온도, 습도, 조도, 기압, 이슬점의 기상 환경데이터를 쿼리 기반의 플러딩 라우팅 프로토콜 전송방식을 통하여 원격지 서버 PC의 베이스 스테이션으로 들어온 기상 환경데이터를 기상 환경용 모니터링 시스템을 제작하여 분석 및 모니터링 하였다. 필드서버를 1, 2, 3번으로 탭을 나누어 각 필드서버로부터 수집된 온도, 습도, 조도, 습도, 이슬점의 기상 환경데이터를 그래프와 실제 값으로 나타내어 확인할 수 있고, 플러딩 라우팅 프로토콜에 의해 실질적으로 데이터가 전송되어진 경로를 화면에 표시하여 확인할 수 있게 하였다.

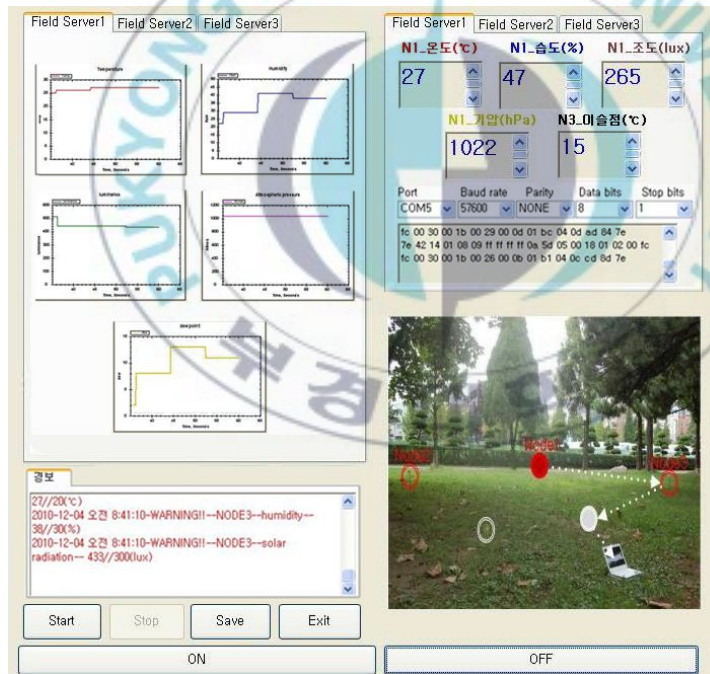


그림 5.6. 기상 환경용 모니터링 프로그램.

5.3 필드서버의 확장성

기본적으로 본 연구의 활용분야로는 산악지형이나 계곡 지역에 제안된 필드서버들을 설치하여 급변하는 기후변화를 모니터링하고 재난방제용으로 활용될 수 있으며, 솔라셀 패널을 이용한 자가발전 기능을 통해 이동식으로 특정영역의 환경 모니터링, 야외나 대형 비닐하우스 내에서의 정밀농업 분야에 적용될 수 있다.

본 연구의 필드서버의 사용범위의 확장을 위해 기존의 제작된 필드서버의 센서모듈에 RS-232통신을 지원하는 수질센서를 연결하여 연안 및 해양 지역의 실시간 수질정보 수집시스템으로 활용할 수 있도록 하였다. 본 논문의 실험을 위해 YSI Environment(미국)사의 YSI600XL 제품을 사용하였으며 그림 5.7은 사용된 수질센서의 베이스와 내장된 센서들을 보여주고 있다. 사용된 수질센서는 Dissolved Oxygen(DO), pH, 전기전도도, 탁도, 깊이, 수온의 수질 정보를 측정할 수 있으며, 자세한 사양은 표 5.1 에 나타내었다.



그림 5.7. YSI600XL 수질센서에 내장된 센서들.

표 5.1. YSI600XL 수질센서의 사양[24]

Available Sensors	Dissolved Oxygen, pH, Conductivity, Turbidity, Depth, Temperature
Operating Environment	Fresh sea, Polluted water Temperature : 5 to +50℃ Depth : 0 to 200 feat
Storage Temperatures	Sonde: -40 to +60℃ All sensors except pH and pH/ORP : -10 to +60℃
Memory	384KB
Interface	RS-232, SDI-12
Power	External 12 VDC (8 to 13.8 VDC)

본 연구에서는 실증 실험을 위하여 그림 5.8과 같이 제작된 3개의 필드 서버를 10m의 일정한 간격으로 특정 지역에 배치하여 무선 센서 네트워크를 구축하였고 배치된 필드서버로부터 수집되는 수질정보를 5분 간격으로 플러딩 라우팅 프로토콜 전송방식을 사용하여 원격지 서버 PC로 전송하여 모니터링 하였다.

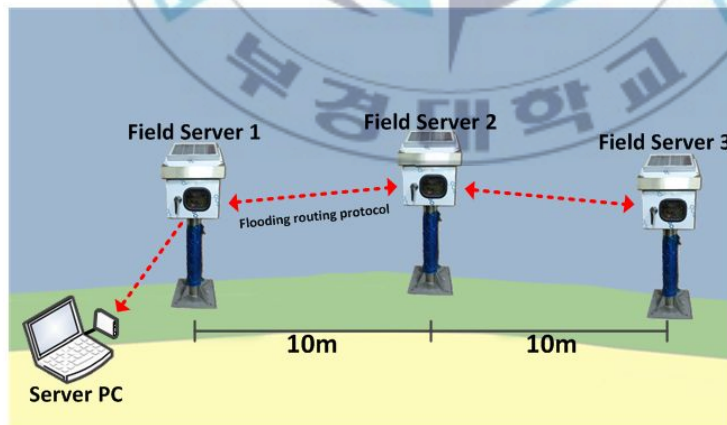


그림 5.8. 수질정보 수집을 위한 테스트 베드 환경.

수질정보 수집시스템을 위한 모니터링 프로그램은 그림 5.9과 같이 따로 제작하여 연안 및 해양지역의 수질정보를 모니터링을 하도록 하였다.

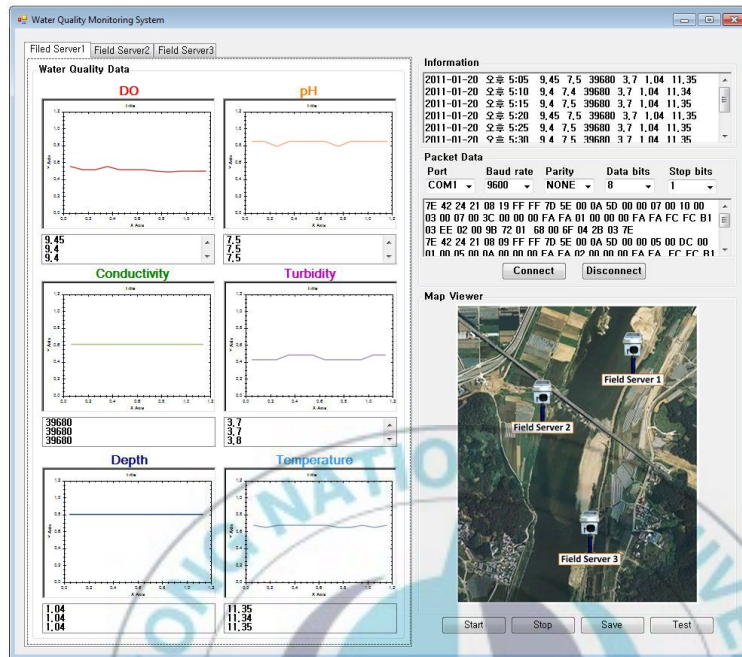


그림 5.9. 수질정보 모니터링 프로그램.

VI. 결론

6.1 결론 및 고찰

본 연구에서는 기존 큰 규모의 기상 모니터링 시스템의 단점을 개선하고자 국지지역에 배치된 필드서버간의 플러딩 라우팅 프로토콜 통신방식을 통해 필드서버로부터 수집된 기상 환경데이터를 원격지 서버 PC로 전송하여 모니터링하는 확장성이 우수한 무선센서네트워크 기반의 기상 환경용 모니터링 시스템을 제작하였다. 전송 시 설계된 고신뢰성의 플러딩 라우팅 프로토콜 전송방식을 이용함으로써 신뢰성 있는 기상 환경 데이터의 획득과 전송으로 인한 오프라인에서의 모니터링을 위한 시간단축, 측정비용 절감, 유지보수 등에서의 향상된 결과를 기대가 가능하게 되었다. 기상 환경용 모니터링 시스템을 위해 제작된 필드서버는 제작한 센서 보드 사용하여 온도, 습도, 조도, 기압, 이슬점의 5가지의 기상 환경데이터를 5분 간격으로 멀티홉 방식을 통해 게이트웨이에 전달할 수 있었으며, 센싱을 하는 필드서버 이외에 중계노드를 활용함으로써 기상 환경데이터의 수집이 필요한 국지지역의 확장성을 보장하도록 하였다. 또한 플러딩에 의한 패킷의 무한루프를 방지하게 위해 10회 이상의 패킷 룸을 차단하였고, 모니터링 PC에서 필드서버간의 통신경로도 모니터링 할 수 있게 하였다. 그리고 수질센서를 추가적으로 확장하여 연안·해양 실시간 수질 환경 모니터링에도 적용 가능하도록 하였다.

이러한 모니터링 시스템의 활용으로 국지지역 기상 환경정보의 신뢰도 향상으로 기상재해 피해는 물론 수질센서를 통한 연안·해양지역의 수질정보로 수질오염에 의한 피해 등으로 부터 사회·경제적 피해를 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

VII. 참 고 문 헌

- [1] 소방방재청, <http://www.nema.go.kr>
- [2] 권원태, “우리나라의 최근 기후변화현황과 미래전망”, 방재연구지, Vol.36, 99.8-15, 2007.
- [3] 박종길, 장은숙, 최효진, “한반도에서 발생하는 기상재해”, 한국환경과학회지, vol.14, no.6, pp. 613-619, 2005.
- [4] 장은숙, “효율적인 지역재해방재를 위한 방재정보 활용에 관한 연구”, 강원발전연구원, 2007.
- [5] 한국전파진흥협회, <http://www.rapa.or.kr>
- [6] Fugo OCEANOR, <http://www.oceanor.no>
- [7] John Manobianco, “Global Environmental Micro Sensors (GEMS): A Revolutionary Observing System for the 21st Century”, NASA Institute for advanced Concepts Atlanta, GA, 31 August, 2005.
- [8] 한국정보사회진흥원, 2006년도 USN 현장시험 결과 보고서, 2006.
- [9] 정완영, 정상중, 김중진, 권태하, “무선센서네트워크와 CDMA망을 이용한 국지적 기상모니터링 시스템”, 한국해양정보통신학회, Vol.13, No.8, pp.1713~1720, 2009.
- [10] Philip Levis, Sam Madden, David Gay, Joseph Polastre, Robert Szewczyk, Jason Hill, Kamin Whitehouse, Alec Wool, Matt Welsh, Eric Brewer and David Culler1, "TinyOS: An Operating System for Sensor Networks", Ambient Intelligence. W. Weber, J. Rabaey, and E.Aarts (Eds.), Springer-Verlag, 2004.
- [11] 남상엽, 송병훈 공저, “MOTE-KIT를 이용한 무선 센서 네트워크 활용”, 도서출판 상학당, 2005
- [12] P. Corke, T. Wark, R. Jurdak, WHuP. Valencia, D. Moore, “Environmental Wireless Sensor Networks”, Proceedings of the IEEE, Vol. 98, Issue 11, pp.1903-1917, 2010.
- [13] S. Madden, M. J. Franklin, J. M. Hellerstein and W. Hong, “TAG: A Tiny AGregation Service for Ad-Hoc Sensor Networks”, Proceedings

- of the 5th Symposium on Operating Systems Design and Implementation, 9-11, pp. 131-146, 2002.
- [14] 송준영, 이기혁, 한형진, 최원철, 한경훈, 한지연, 손기락, “센서 노드를 위한 플래시 메모리 저장 시스템에 대한 고찰” 한국정보과학회, 제34권, 제2(c)호, pp. 23-28, 부산, 한국, 2007.
- [15] 현승환, 고건, “가상 I/O 세그먼트를 이용한 OneNAND 플래시 메모리의 읽기 성능 향상 기법”, 정보과학회논문지, 제14권, 제7호, pp. 636-645, 2008.
- [16] ㈜맥스포, <http://www.maxfor.co.kr>
- [17] K. Akkaya and M. Younis, "A survey of routing protocols in wireless sensor networks", in the Elsevier Ad Hoc Network Journal, Vol. 3/3, pp. 325-349, 2005.
- [18] Gergely Vakulya, "Energy Efficient Percolation-Driven Flood Routing for Large-Scale Sensor Network", Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology, pp. 877-883, Wista, Poland, 2008.
- [19] Tony Q. S. Quek, D. Dardari, M. Z. Win, "Energy efficiency of dense wireless sensor networks: to cooperate or not to cooperate", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 25, No. 2, pp. 459-470, 2007.
- [20] K. S. Chen, M. M. Crawford, P. Gamba, J. S. Smith, "Remote sensing for major disaster prevention, monitoring and assessment", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 45, Issue 6, No. 1, pp. 1515-1518, 2007.
- [21] P. Bonnet, J. Gehrke and P. Seshadri, "Querying the Physical World", IEEE Personal Communications, Vol. 7, No. 5, pp. 10-15, 2000.
- [22] S. Madden, M. J. Franklin, J. M. Hellerstein, and W. Hong, "An Acquisitional Query Processing System for Sensor Networks", ACM Transactions on Database System, Vol. 30, No.1, pp. 122-173, 2005.
- [23] R. S. Sandhu, E. J. Coyne, H. L. Feinstein and C. E. Youman, "

Role-based access control models”, computer, 29(2):38-47, 1996.

[24] YSI Incorporated, <http://www.ysi.com>

