

WSN 기반 국경 감시 및 제어 시스템 설계

황보람*, 남홍우*, 안순신*
*고려대학교 전기전자공학과
brhwang@dsys.korea.ac.kr

Design of Border Surveillance and Control System Based Wireless Sensor Network

Bo-Ram Hwang*, Heung-Woo Nam*, Sun-Shin An*
*Dept of Electronics and Electrical Engineering, Korea University

요 약

저 전력 기술에 기반한 무선 센서 네트워크 (Wireless Sensor networks, WSN) 기술은 유비쿼터스 사회의 중요한 핵심 기술 중 하나이다. 본 논문에서는 이러한 WSN에 기반한 응용으로서 국경 감시 및 제어 시스템을 제안한다. 시스템은 센서노드, 게이트웨이, 서버, 모바일 애플리케이션으로 구성된다. 모바일 애플리케이션은 사용자모드와 관리자모드로 나뉘어, 일반 사람들도 스마트폰을 통해 국경침범을 감시하고 주변 환경에 대한 정보를 얻을 수 있다. 관리자모드에서는 센서노드의 유동적 작동을 위해 원격으로 소프트웨어 업데이트를 할 수 있다. 또한 저 전력 센서노드의 확장성을 위해 멀티 홉 라우팅 프로토콜을 적용하여 구현하였다.

1. 서론

국경 감시 센서 네트워크의 모든 센서노드들은 한정된 자원과 저사양의 하드웨어로 동작하며, 각 침입탐지 센서들이 수집한 정보를 신뢰성 있게 전송할 수 있어야 한다. 본 논문은 이와 같은 네트워크의 특성을 이용하여 국경 감시 및 제어 시스템의 설계와 성능 분석을 제시한다.

본 논문의 시스템은 센서노드, 게이트웨이, 서버, 모바일 애플리케이션으로 구성된다. 센서노드는 적외선센서, 진동센서, 자기센서, 음향센서 등이 부착되어 있다고 가정한다. 이러한 센서노드들을 국경망에 배치하여 주변 환경을 감시하고 조사한 자료를 주기적으로 게이트웨이로 전달한다. 센서노드와 게이트웨이의 RF (Radio Frequency) 통신을 위해 지그비 모듈이 부착되어 있고 게이트웨이는 센서노드에서 전달된 데이터를 서버로 전달한다. 게이트웨이와 서버의 TCP/IP 통신을 위해 게이트웨이에 CDMA 모듈이 부착되어 있다. 시/공간적 편의성을 위해 서버는 받은 데이터를 스마트폰 애플리케이션으로 전달하며, 애플리케이션은 사용자모드와 관리자 모드로 나뉜다. 관리자 모드는 비밀번호가 필요하며, 권한에 따라 원하는 센서노드를 제어 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 국경 감시 및 제어 시스템의 문제점을 통해 본 논문 시스템의 필요성을 설명하고 유사한 적용사례를 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 구현한 시스템의 서술 및 설계 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 3장에서 언급한 시스템의 구현 결

과 및 평가하고 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론과 앞으로의 연구방향에 대하여 언급한다.

2. 관련 연구

대표적인 감시정찰 센서 네트워크의 시스템으로 UGS (Unattended Ground Sensors) 시스템이 있다. UGS 시스템은 고성능 센서, GPS 지원, 항공기 투하식 설치 지원 등의 특성 때문에 고가의 장비로 분류된다. UGS 시스템은 상대적으로 고가의 센서를 사용하며, 2홉 이내의 제한된 무선통신의 단점을 지닌다. 외국에서는 대부분 고성능 센서를 탑재한 소수의 센서노드들로 구성된 UGS 개념의 소규모 센서 네트워크를 적용하고 있고, 국내의 경우에는 군의 전투실험 참가를 통하여 응용연구 단계에서 개발한 시스템의 효용성은 입증하였으나 다양한 운용 환경에서의 시스템 신뢰성 확보가 필요하다. 따라서 전반적으로 현재 국내 기술 수준은 성숙 단계에 진입하는 시점이지만 시스템 실용화를 위한 추가적인 노력이 필요하다.

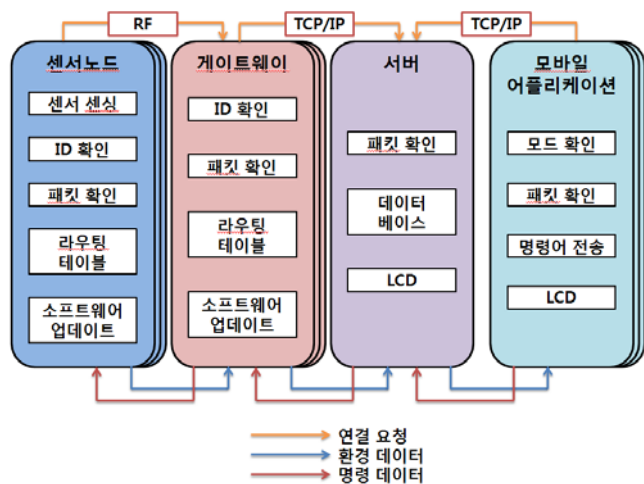
본 논문에서는 UGS 시스템의 단점을 극복하기 위해 저 전력, 저가 센서를 이용하여 멀티 홉 네트워크를 구축한다.

일반적인 국경 감시 시스템은 관리자만이 시스템에 관여하고 관리할 수 있는 반면 본 논문에서는 확장성 있는 시스템을 제안한다. 스마트폰 애플리케이션을 통해 사용자 모드와 관리자 모드로 나뉘어 각각의 권한에 따라 시스템의 상태를 보고, 통제 할 수 있도록 설계하였다. 이 기술의 유용성은 예를 들어, 국경 침입이 발생하였다면 침입

발생 위치와 대피소를 일반 사용자모드를 통해 알림으로써 신속하게 대처할 수 있다.

3. 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 시스템은 국방망에 센서노드를 설치하여 주변 환경을 자동적으로 파악하고 저 전력, 저 비용, 사용의 용이성 등 장점을 이용한 지그비 모듈을 통해 게이트웨이로 전달한다. 그리고 게이트웨이와 서버를 연결하는 CDMA 모듈을 통해 거리 제약을 벗어난 통신을 제공함으로써 사용자들에게도 신속하고 정확하게 데이터를 전하는 목적을 가지고 있다. 본 시스템은 그림 1과 같이 센서노드, 게이트웨이, 서버, 모바일 어플리케이션 4개의 구성요소들로 이루어져 있다.



(그림 1) 구성 시스템

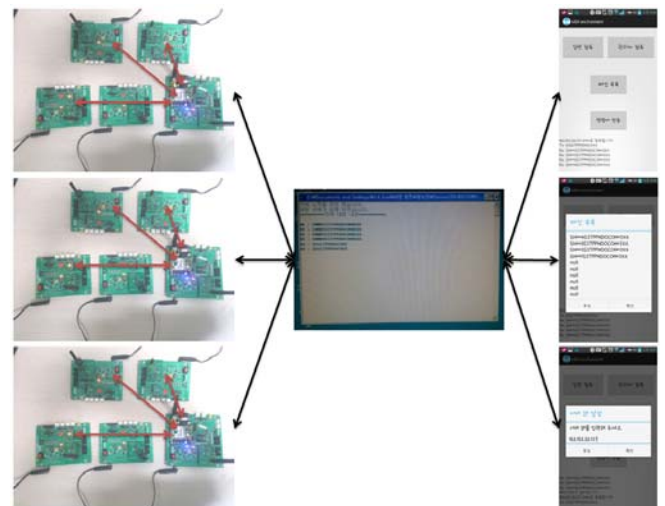
본 논문의 시스템은 WSN 환경에 적합한 설계를 위해 다음과 같은 성격을 지닌다.

- 반응적 라우팅 프로토콜 : 센서노드들의 이동성을 고려하여 정보를 수집하여 전달할 때마다 경로를 설정한다. 센서노드는 자신의 고유 ID를 가지고 있고, 주기적으로 정보와 함께 자신의 ID를 담은 패킷을 방송한다. 지그비 통신 거리 안에 있는 다른 노드들은 이 패킷을 받아서 네트워크 전체의 라우팅 테이블을 구성하게 되고, 게이트웨이가 아니면 패킷에 자신의 아이디를 추가하여 다시 방송하게 된다. 패킷이 게이트웨이에 도달하면 게이트웨이는 라우팅 테이블에 출발지 노드와 경로를 저장한다. 반대로 관리자로부터 명령을 받은 게이트웨이는 저장된 라우팅 테이블을 통해 목적지 센서노드로 가는 경로로 명령 정보를 전송한다.
- 적은 양의 패킷 : 전달하고자 하는 정보의 양은 8바이트로, 충분히 작기 때문에 경로를 설정하는 패킷에 포함되어 전달하기 때문에 왕복으로 전송하지 않아도 된다. 패킷은 시퀀스 번호, 자신의 ID, 목적지 ID, 환경 정보, 홉 수, 경로로 총 20바이트로 구성된다.

- 스마트폰 어플리케이션 모드 : 언제 어디서든 관리할 수 있는 스마트폰 어플리케이션을 통해 사용자모드에서는 국방 침입 정보를 볼 수 있고, 관리자모드에서는 원하는 센서노드를 제어할 수 있다.
- 효율적인 자원 관리 : 센서노드의 모든 센서가 활성화되어 있다면 비효율적이다. 따라서 관리자가 각 노드를 제어할 수 있다. 예를 들어 4번 노드는 적외선, 진동 센서만 활성화 시키도록 명령한다면, 4번 노드는 다음 지시가 있을 때까지 적외선, 진동 정보만 주기적으로 서버에 전달할 것이다.
- 전력 제어 : WSN 환경에서는 지속적으로 전원을 제공할 수 없기 때문에 센서노드는 경로를 설정하면서 주고 받은 RSSI (Received Signal Strength Indication) 값을 0으로 맞추면서 지그비 송수신 전력을 제어한다.

4. 시스템 구현 및 평가

시스템의 센서노드는 TI의 CC2530-2591 모듈을 사용하였다. 이 모듈은 2.4GHz대의 지그비 방식을 지원하며 약 200m의 양방향 통신을 지원한다. 본 센서 모듈의 MCU(Main Control Unit)은 ARM Cortex-M4, 32비트로 512KB의 메모리 사양을 가진다. 게이트웨이는 지그비 모듈과 더불어 인포뱅크의 CDMA 모듈을 사용하였고 MCU는 센서노드와 같다. 서버는 게이트웨이로부터 받은 데이터를 저장 및 관리하고 모바일 어플리케이션과의 통신을 수행한다. 모바일 어플리케이션은 안드로이드를 기반으로, 서버와 TCP/IP 소켓 통신을 위하여 IP와 Port를 입력할 수 있게 하였고 입력한 주소로 접속을 하게 된다. 사용자 모드와 관리자 모드로 나뉘며, 관리자모드는 비밀번호를 필요로 하고 명령어 전송을 할 수 있다.



(그림 2) 구현 시스템

그림 2는 본 시스템에서 구현한 시스템을 나타낸 것이다. 왼쪽은 12개의 센서노드와 3개의 게이트웨이로 구성되어 있다. 센서노드가 멀티 홉으로 자신의 ID와 함께 주변

환경 데이터를 주기적으로 게이트웨이에 전송하고, 서버에 접속된 다수의 모바일 애플리케이션으로 패킷을 전송한다. 비밀번호를 통해 관리자로 인증된 모바일 애플리케이션에서 명령 데이터를 전송하면 서버를 통해 게이트웨이에서 라우팅 테이블을 조사하여 목적지 센서노드로 가는 경로로 명령데이터를 전송한다. 명령데이터를 받은 목적지 센서노드는 명령데이터에 따라 애플리케이션을 업데이트한다.

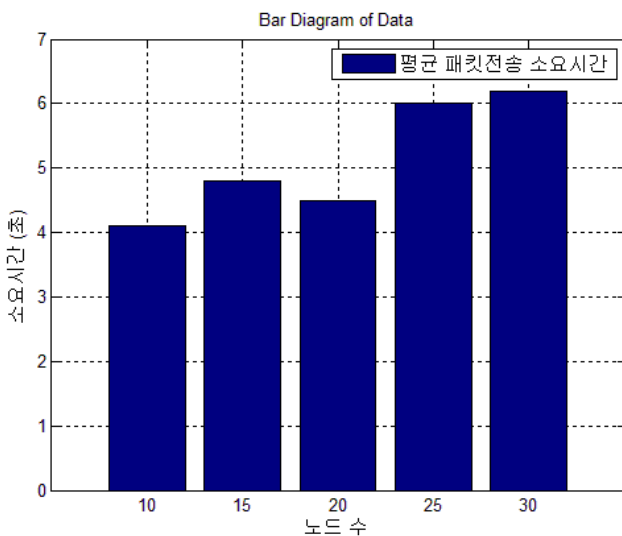
본 시스템의 타당성을 평가하기 위해서 데이터가 센서노드에서 모바일 애플리케이션까지 도달하는데 걸린 시간과 정확도를 측정하였다. 그림 3과 표 1은 게이트웨이를 하나로 제한하였을 경우, 주기적으로 500회 반복 측정하여 평균값을 제시한 것이다.

가 전달된다. 하지만 이러한 시스템들은 관리자에 의해 PC로 제어하게 되는데 그 방법과 장소가 다소 제한적이기 때문에 불편할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 스마트폰으로도 정보를 확인하고 센서노드를 편리하게 제어할 수 있는 시스템을 구현하여 제시하였다. 그리고 시스템 평가를 통해 패킷이 신속하고 정확하게 전달되는 것을 확인하였다.

향후 연구로는 센서노드에 센서 뿐만 아니라 GPS와 카메라 모듈을 장착하여 실시간 위치와 이미지를 전송하고, 스마트폰을 통해 센서노드의 위치도 조작할 수 있는 기법에 대해 연구할 계획이다.

참고문헌

[1] Jiseong Kim, "Design and Performance Analysis of Welfare Management System based on WSN", KOREAN SOCIETY FOR INTERNET INFORMATION, Jul.2008.
 [2] Younghan Kim. "u-Networking Technology", Jinhan M&B, Sep.2010.
 [3] Bellazreg R "Border Surveillance using sensor based thick-lines". Information Networking (ICOIN). Jan.2013.
 [4] Yewon Jeong. "Optimal Configuration Method of Sensor Network for Intrusion Detection by Considering Environmental Factors". Korean Institute of Information Scientists and Engineers. Nov.2013



(그림 3) 패킷 전송 시간

<표 1> 패킷 전송 정확도

노드 수	성공률
10	100%
15	100%
20	100%
25	100%
30	100%
35	100%

그림 3과 표 1을 통해 패킷이 평균 6초 이내로 정확하게 사용자와 관리자에게 전달되는 것을 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문은 WSN 기반 국경 감시 및 관리 시스템을 제시하였다. 배치된 센서노드를 통해 국경 침범을 감시하고 주변 환경에 대한 정보를 수집하고 원격으로 센서노드의 소프트웨어 업데이트를 할 수 있다. 통신 거리가 제한된 저가의 센서노드들로 구성하기 위해 멀티 홉으로 데이터