

휴대단말 장착용 듀얼모드 무선 센서 플랫폼

박성진⁰¹, 이석², 김형석¹

¹ 세종대학교 정보통신공학과, ² 한국과학기술연구원(KIST)

parksj@sju.ac.kr⁰¹, slee@kist.re.kr², hyungkim@sejong.ac.kr¹

Dual-mode wireless sensor platform for mobile terminal

Sung Jin Park⁰¹, Seok Lee², Hyung Seok Kim¹

¹Department of Information and Communication Engineering, Sejong University

²Korea Institute of Science and Technology (KIST)

요 약

본 논문은 기존의 단일 서비스와 고정된 특정 지역으로 한정된 센서네트워크 개념에서 탈피하여, 사용자가 휴대가능하여 어디서나 센서네트워크를 구성할 수 있고 센서네트워크에 접속할 수 있도록 하는 Zigbee 프로토콜을 이용하는 무선 센서 플랫폼(wireless sensor platform) 구조를 제안한다. 본 논문이 제안하는 무선센서플랫폼은 센서모듈을 이용하여 특정 종류의 물리량 또는 화학성분량을 검출하고 이를 무선통신으로 전달하거나 또는 자체 디스플레이에 표시하는 듀얼모드가 가능하다. 플랫폼의 구조는 휴대폰과 접속하여 휴대폰으로부터 전원을 공급받고 상호간 데이터를 교환하기 위한 휴대폰 접속부와, 다른 센서노드나 PC 등에 데이터를 송수신하기 위한 Zigbee 무선통신부, 그리고 센서모듈 접속부로 구성되며, 각각에 대한 구조를 설명한다. 휴대폰의 자원을 이용하여 센서노드의 휴대성을 극대화한 휴대폰 장착 센서 노드들로 네트워크를 구성하는 방식의 제공은 개인 사용자의 센서네트워크 참여를 이끌고 환경 감시네트워크 등 다양한 서비스를 이끌어 낼 수 있다.

1. 서 론

최근 정보통신 기술의 발전으로 인해 네트워크 인프라의 보급이 급속히 확산되어 감에 따라 유비쿼터스[1] 시대가 다가오고 있다. 이러한 유비쿼터스 시대에 인간이 생활하는 모든 환경의 사물과 인간의 몸에 센서와 무선 통신망을 부여하여 네트워크를 구성하는 센서 네트워크가 관심의 초점이 되고 있다. 이를 지원하기 위해 1m 이내 거리의 WBAN(Wireless Body Area Network)[2] 및 수십미터 이내 거리의 WPAN(Wireless Person Area Network)[3]에 관한 기술이 매우 활성화되고 있고, 이 기술들은 인체 또는 인간이 사용하는 모든 사물에 적용되어야 한다는 점에서 크기가 작아야 하며 또한 인간이 접근하기 힘든 환경에 다량의 센서 노드를 배치할 경우 저가이며, 저 전력으로 구동되어야 한다는 제약이 있다. 최근 Zigbee 솔루션들은 이러한 제약과 맞물려 근거리 무선 통신에서 각광을 받고 있다.



그림 1. 구현한 휴대폰 접속 센서 플랫폼

Zigbee 는 공장 자동화 시스템, 가정용 자동 온도 조절기와 같은 상업용 및 홈 오토메이션 애플리케이션으로 고안된 표준이다. 하지만 Zigbee 연구자들은 애플리케이션 범위를 장난감, 게임기, 가전 제품 등으로 넓혀가고 있다. 애플리케이션의 개발에 있어서 센서는 매우 중요한 역할을 한다. 센서는 인간의 모든 감각을 대체할 수 있고, 또는 인간이 인지하지 못하는 부분까지 측정 할 수 있도록 해준다는 점에서 정보통신 기술의 발전만큼이나 유비쿼터스 시대로 가는 중요한 역할을 하고 있다.

그러나, 기존의 무선 센서 노드는 사용자의 휴대성을 고려하지 않고 특정 서비스용 제품 또는 네트워크 내의 고정된 센서노드 등의 역할로 사용자가 이동하며 직접 센서를 사용하여 측정하는 것을 지원하지 않는다. 이러한 기존의 시스템 환경을 이용할 때, 특정한 고정된 위치 및 목적에 대한 상태 측정만 가능하며, 시스템이 갖춰지지 않은 곳에서는 이용할 수 없다는 단점이 있다. 이러한 제약에서 벗어나기 위해 기존의 센서노드에 이동성을 부여하고 사용자 환경에 맞는 센서 모듈의 선택적인 장착을 유도함으로써 사용자가 언제 어디서나 센서를 이용한 측정을 하고 이를 사용자에게 직접 디스플레이 하거나, 또는 장/단거리 무선통신을 통하여 데이터를 전송하는 것도 가능하다면, 공간과 시간에 제약을 받지 않는 다양한 응용 서비스를 이용 가능하게 할 것이다. 가정 또는 대형 마켓에서 채소와 과일 등의 오염도를 직접 확인하여 물건을 선택 할 수 있으며, 사용자가 의심이 가는 환경의 대기·수질의 오염도 등을 측정하고 환경 감시 네트워크에 참여하여 무선 통신을 통해 전송 함으로써 사용자가 환경 감시 요원과 같은 역할을 수행할 수도 있다.

본 논문에서는 유비쿼터스 센서 네트워크 환경에서 휴대폰에 접속 가능하여 사용자 휴대가 가능하고, 배터리 접속 시 stand-alone 형태로 기존 소형무선 센서의 역할도 가능한 듀얼모드의 센서 플랫폼 구조를 제안하고 실제 구현한 시스템에 대해 설명한다. 마이크로컨트롤러유닛(Micro-Controller Unit, MCU)과 RF 트랜시버를 결합시킨 상용 SoC(System on Chip)를 사용하여 센서값 처리 및 무선 통신을 가능하게 하고, 한국정보통신기술협회 (TTA)에서 규정 하고 있는 휴대폰 충전기 핀 규격과 휴대폰 연결 커넥터를 이용하여 휴대폰과의 접속이 가능한 하드웨어를 개발하였다. 또한, 플랫폼 간의 네트워크 구축과 통신을 위해 Z-Stack 소프트웨어를 이용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 Zigbee 프로토콜에 대한 설명과 Zigbee 네트워크의 구성에 관한 설명을 하며, 3 장에서는 센서 플랫폼에서 사용된 하드웨어 구성과 펌웨어로 사용되는 z-stack 에 관한 설명을 한다. 4 장에서 센서 플랫폼의 실제 동작을 보여주고, 마지막으로 5 장에 결론 및 앞으로의 개선 방향을 제시한다.

2. Zigbee 개요

IEEE 802.15.4 표준의 PHY 층과 MAC 층을 기반으로 하는 Zigbee 는 저전력, 저가격 및 안정성과 사용의 용이성을 필요로 하는 응용에 주안점을 둔 근거리 무선

통신망 규격이다. 본 논문에서는 무선 센서 네트워크에 활용 방안으로 Zigbee 프로토콜을 사용하였다. 이러한 적용은 사용자가 직접 센서 모듈로부터 읽어 들인 값을 디스플레이 장치로 확인할 수 있을 뿐만 아니라 Zigbee 를 통해 네트워크에 참여하여 동작을 가능하게 해준다.

표 1 은 Zigbee 의 근간인 IEEE 802.15.4 의 특성[4]을 요약한 것이다. 사용 주파수로 IEEE 802.15.4 에서 정의한 2.4Ghz, 868Mhz, 915Mhz 의 주파수 대역을 사용하며 각각 250kbps, 20kbps, 40kbps 의 데이터 전송률을 제공한다. MAC 계층은 디바이스의 네트워크 연결(Association) 및 탈퇴(Disassociation), ACK 프레임 사용, 프레임의 유효성 검사, GTS(Guaranteed Time Slot) 사용, Superframe

표 1 . IEEE 802.15.4 특징

구분	특성
주파수	868MHz, 915MHz, 2.4GHz
데이터 전송률	868MHz : 20kbps, 915MHz : 40kbps, 2.4GHz : 250kbps
무선커버리지	10~75m
지연 시간	Down to 15ms
채널수	868MHz : 1ch, 915MHz : 10ch, 2.4GHz : 16ch
매체접속방식	CSMA-CA, slotted CSMA-CA

구조, CSMA-CA 메커니즘 등의 관리와 사용 방법을 제시함으로써 데이터의 손실과 전력 소모를 최소화하기 위한 구조로 되어있다. PHY 계층에서는 무선영역의 활성화 및 비활성화, 채널 주파수의 선택, 채널 에너지 검출, PSK 변조 방식 등 비교적 간단한 구조로 되어 있다. 따라서 저가로 구현할 수 있는 근거리 저속 무선 통신에 최적의 구조라 할 수 있다.

Zigbee 는 스타형과 peer-to-peer 네트워크 토폴로지를 모두 지원하며, 조합한 것으로 클러스터 트리 네트워크도 지원한다. 각각의 네트워크는 코디네이터(coordinator)라고 불리는 FFD(full-function device)가 하나 이상 존재하여 네트워크 설정과 비컨 (beacon) 전송, 노드 관리, 노드정보 저장, 노드 간의 메시지 경로설정 등의 역할을 담당하게 된다. 나머지 종단 노드들은 역할이 간단하고 저전력을 소모 할 수 있는 RFD(reduced-function device)로 구현된다.

그림 2 는 Zigbee 프로토콜 스택[5]을 보여주고 있다. 2002 년에 결성된 Zigbee alliance[6]에서는 2006.8 월 Zigbee Stack 과 2006.12 월 Zigbee Pro 를 발표 하고 표준을 널리 보급하기 위해 네트워크, 보안,

애플리케이션 계층을 정의하는 작업을 계속 진행하고 있으며 60 여 이상의 회원사가 이곳에서 활동하고 있다.

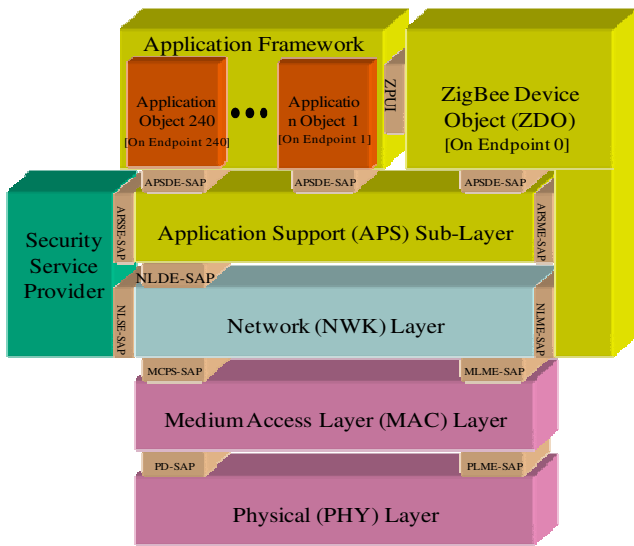


그림 2. ZigBee 프로토콜 스택

IEEE 802.15.4 표준에도 액세스 제어, 32, 64, 128 비트 데이터 암호화 및 프레임 무결성 같은 광범위한 네트워크 보안 서비스가 정의되어 있지만, ZigBee는 디자이너가 개별 애플리케이션에 맞게 보안 기능을 맞춤화할 수 있는 광범위한 툴 모음을 제공한다.

PHY 계층에서 생성된 PPDU(Packet Protocol Data Unit)의 최대 크기는 133 octets 이다. 각 대역에서 전송률을 조정하여 최대의 패킷 주기는 2.4GHz 에서 4.25ms, 915MHz 에서 26.6ms, 868MHz 에서 53.2ms 가 된다. 본 논문에서는 전세계적으로 사용 가능한 2.4GHz 밴드의 ZigBee 를 사용하였다.

3. 센서 플랫폼 구조

그림 3 은 하드웨어 아키텍처의 블록 다이어그램을 보여주고 있다. 센서 플랫폼은 마이크로 컨트롤러, 라디오 트랜시버, 센서 인터페이스, 휴대폰 인터페이스 등으로 구분할 수 있다.

3.1 메인컨트롤러와 무선통신

그림 4(a)는 CC2430[7], 안테나, 전압 레귤레이터, 파워 스위치, LED, 20 핀 커넥터, 24 핀 휴대폰 전용 커넥터로 구성된 실제 구현된 보드를 보여주고 있다. 그림 4(B)는 보드의 뒷면으로 프로그램 로드와 디버깅시 사용하기 위한 디버깅용 커넥터이다. 그림에서 보이는 점선은 이 커넥터를 최종적으로 제거함으로써 플랫폼의 크기가 크게 줄어들 수 있음을 보이고 있다. CC2430 은 ZigBee 솔루션을 지원하는 SoC(System on Chip) 제품으로 8051 마이크로 컨트롤러와

2.4GHz 무선 트랜시버가 내장되어 있다. 칩 내에는 128KB 플래시 메모리와 8KB 램을 포함하고 있고, 플래시 메모리에는 애플리케이션과 파라미터를 저장 할 수 있다. 또한, 8 개의 AD 컨버터 채널을 지원하고 채널당 비트수는 소프트웨어에 의해서 8 비트부터 14 비트까지 구성 가능하다.

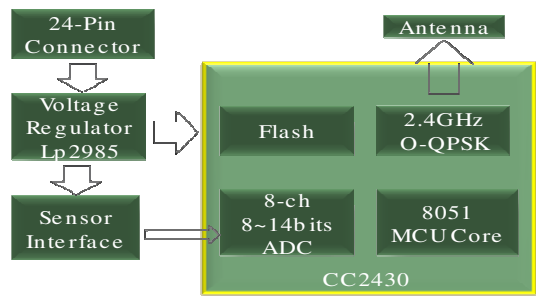
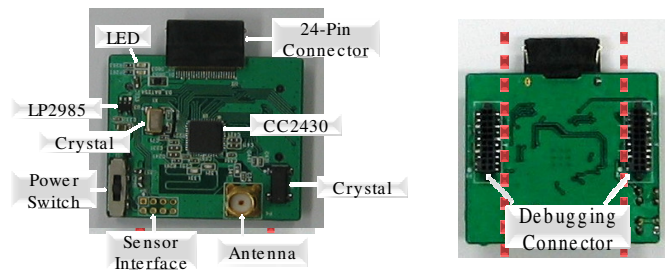


그림 3. 하드웨어 아키텍처 블록



(a) 앞면

(b) 뒷면

그림 4. 구현한 휴대폰 장착용 센서 플랫폼

CC2430 내의 라디오 트랜시버는 2.4GHz ISM 밴드안의 O-QPSK 변조 방식을 사용한다. 5MHz 의 간격으로 대역을 분리하고 그 사이에서 주파수 도약을 지원하는 16 가지의 채널을 갖으며, RF 출력 파워는 250Kbps 데이터 속도에서 약 0 dBm 이다.

3.2. 휴대폰 접속 인터페이스

구현된 센서 플랫폼은 휴대폰에 연결하여 휴대폰 배터리 전원을 공급받아서 사용하도록 구성되어 있다. 휴대폰과의 연결 장치로는 24 핀 휴대폰 커넥터를 사용하였다. 한국정보통신기술협회(TTA)에서 표준하고 있는 휴대폰 입출력단자를 사용함으로써 휴대폰에서 전원을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 이를 이용하여 휴대폰으로의 센서값 측정 데이터의 전달도 구현 가능하다. 표 2 에서는 TTA 의 입출력 단자의 핀에 관한 표준 규약[8]을 보여주고 있다. 휴대폰으로부터 센서 플랫폼으로 들어온 전원은 전압 레귤레이터(LP2985)를 통해 3.3V 의 전원으로 변경된다. 변경된 전원은

보드를 동작시키고 센서 인터페이스에 전원을 공급함으로써 센서 모듈의 동작을 지원한다. 센서 인터페이스는 두 개의 전원과 두 개의 그라운드, 그리고 4 채널 아날로그 신호 전달을 위한 네 개의 접속점을 포함하여 총 8 개의 핀으로 구성된다. 센서에서 들어온 아날로그 신호들은 CC2430 의 AD 컨버터 채널을 통해 디지털 값으로 변환되어 처리된다.

표 2. TTA 휴대전화 입출력단자 접속 표준

핀번호	신호명	입출력 구분	설 명
1	BATTERY ID	입력신호	충전전류허용핀차 ID 저항값
21,22	POWER (+4.2V)	전원	충전회로 외장형 단말 공급전원
4,5	POWER (+5.0 ~ 5.5V)	전원	충전회로 내장형 단말 공급전원
12,19	GROUND	전원	전원 접지

(a) 전원 관련 기능

핀번호	신호명	입출력 구분	설 명
3	DSR	출력신호	데이터 설정 준비
13	RXD	입력신호	데이터 수신
14	TXD	출력신호	데이터 송신
17	RI	출력신호	호출 표시
18	DCD	출력신호	데이터 반송파 감지
20	RFR : RTS	출력신호	수신 대기: 송신 요청
23	CTS	입력신호	전송 준비 완료
24	DTR	입력신호	데이터 단말 준비

(b) 데이터 통신 관련 기능

3.3 소프트웨어

구현한 센서플랫폼은 CC2430 의 기본 구동과 통신을 위한 소프트웨어로 Z-Stack 소프트웨어를 사용하였다. 그림 5 는 소프트웨어의 구조를 보여주고 있다.

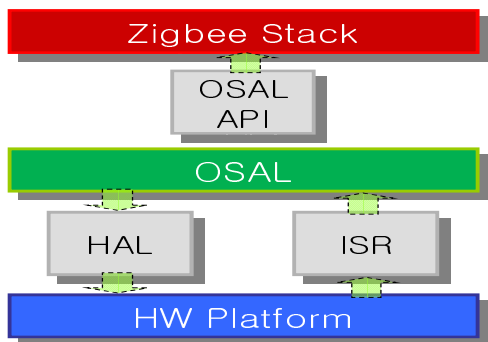


그림 5. 소프트웨어 구조

그림 5 에서 HAL(Hardware Abstraction Layer)은 여러가지 하드웨어에 이식하기 쉽게 하는 소프트웨어 계층이며, OSAL(OS abstraction layer)은 운영 체제

(OS)의 역할을 수행한다. OSAL 은 태스크 제어블럭(task control block, TCB)을 가지고 다양한 API 를 지원함으로써 상위 응용 프로그래밍을 용이하게 해준다. OSAL 은 멀티 태스킹을 지원하며 여러 개의 태스크에 대하여 라운드 로빈 스케줄링을 지원한다. 각각의 태스크는 Init 기능과 이벤트 처리 기능으로 구성되고 태스크 식별자를 부여하여 태스크를 구별하고 태스크간 메시지 교환이나 이벤트를 처리 하게 된다.

4. 실험 및 결과

본 장에서는 구현한 센서 플랫폼의 기능을 검증하기 위해 두 가지 실험을 하였다. 첫번째는 플랫폼에 센서를 장착하고 센서값을 측정하여 확인하고, 두번째로는 플랫폼 간의 네트워크를 구축하고 다른 센서 플랫폼을 통제하는 동작을 실험한다.

플랫폼에서 제공하는 센서 인터페이스는 이를 따르는 다양한 센서 모듈을 제작하여 장착 가능하다. 실험에 사용된 센서는 기울기 센서(tilt sensor)로 플랫폼은 주기적으로 센서로부터 측정된 값을 읽어 들이면 이들을 디스플레이 기능이 있는 코디네이터 장치가 수집하여 디스플레이에 측정된 값을 보여주게 된다. 그림 6 에서 크기가 큰 H/W 보드가 액정 디스플레이를 가진 코디네이터로서, 여러 개의 센서플랫폼으로부터 센서측정값을 수집하여 디스플레이하고 있다. 네트워크 구성은 4 개의 RFD 와 이를 관리 하는 코디네이터로 되어있고, 센서 모니터링과 동시에 코디네이터가 ZigBee 통신을 통해 각 휴대폰 장착센서 플랫폼의 LED 를 제어하는 동작을 확인하고 있다.

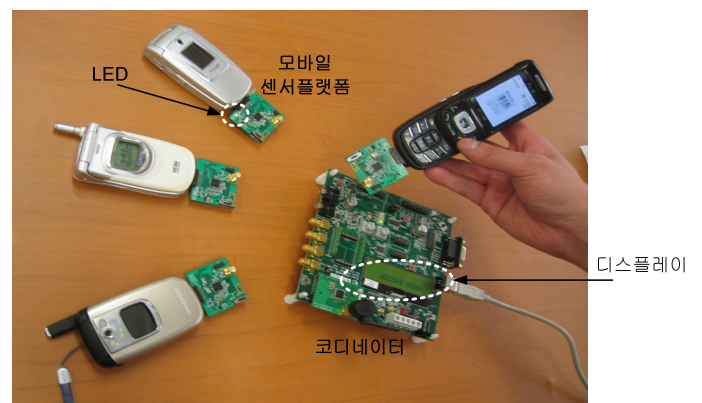


그림 6 . 구현한 센서 플랫폼을 이용한 센서네트워크 기능 검증

5. 결 론

지금까지 본 논문에서는 휴대용 센서 플랫폼의 구조를 제안하고 그 동작 및 구현에 대해 기술하였다.

휴대폰 단말기에 장착가능한 구현된 센서 플랫폼은 휴대가 가능하고 사용자가 다양한 센서 모듈을 장착하여 이를 측정하고 휴대폰 디스플레이로 확인할 수 있다. 또한, 센서 네트워크의 활용 방안으로 Zigbee 무선통신 네트워크를 휴대용 센서플랫폼으로 구성하여 센서네트워크를 구성할 수 있음을 보여주고 있다. 기존 센서네트워크에서 무인으로 고정된 센서들이 자동으로 네트워킹하는 개념과 달리 인간이 센서노드를 휴대하여 네트워크에 직접 참여하는 개념으로 실생활에 있어 사용자 자신이 원하고 필요한 때에 외부로부터 정보를 얻고 이를 능동적으로 송신할 수 있다는 개념으로 새로운 서비스를 제공 할 수 있다. 향후 발전된 센서를 장착 가능하도록 유연한 인터페이스를 제공하여 다양한 응용 서비스의 가능성을 가지고 있다. 향후 연구 과제로는 센서 플랫폼의 크기를 초소형화하여 더욱 휴대하기 편리한 모델을 제공할 계획이다. 또한, 사용자가 구성한 네트워크의 환경과 센서 플랫폼을 통해 읽어 들인 정보를 확인 가능한 GUI(graphical user interface)의 향상을 도모할 것이다.

참고 문헌

- [1] Chris Otto, Aleksandar Milenkovic, Corey sanders, Emil Jovanov. "SYSTEM ARCHITECTURE OF A WIRELESS BODY AREA SENSOR NETWORK FOR UBIQUITOUS HEALTH MONITORING" Journal of Mobile Multimedia, Vol. 1, NO.4 pp307~326, 2006
- [2] Kenneth P.Fishkin, Kurt Partridge, Saurav Chatterjee. "Wireless User Interface Components for Personal Area Networks", IEEE JNL, Vol.1 No.4 pp49~55 Oct. 2002
- [3] 전호인, 신용섭. "유비쿼터스 네트워킹 시대를 위한 차세대 네트워크 기반 기술 및 무선 홈 네트워킹 기술", 한국통신학회지, 제 20 권, 제 5 호, pp.156~173, 200년
- [4] J. A. Gutierrez et al., IEEE 802.1.54: A Developing standard for Low-Power, Low-Cost Wireless Personal Area Networks, IEEE Networks, Vol.15, No.5, pp12-19 Sept. 2001
- [5] Zigbee Specifications, Zigbee Document 053474r13. Dec, 2006. Zigbee Alliance
- [6] Zigbee Alliance, "<http://www.zigbee.org/en>."
- [7] CC2430 Datasheet, Chipcon Techical Documentation CC2430_Data_Sheet_rev2p0. Dec, 2006. Chipcon
- [8] 휴대전화 단말기의 입출력단자 접속표준, TTAS_KO-06_0028R2. 2002년 12월, 한국정보통신기술협회.