

USN을 이용한 HACCP 안전관리시스템 개발

신승찬, 신동윤, 손병락, 김종규

대구대학교 정보통신공학부

{scsshin, shindong, brson, jgkim}@daegu.ac.kr

The Development on HACCP Safety Management System using Ubiquitous Sensor Networks

Seungchan Shin, Dongyoun Shin, Byungrak Son, Junggyu Kim

Department of Information and Communication Engineering at Daegu University

요 약

본 논문은 USN을 이용하여 최근 식중독의 원인을 체계적으로 제거하기 위해 식중독위험요소중점관리인 HACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point) 안전관리시스템을 개발하였다. HACCP 안전관리시스템은 센서 네트워크, 패킷포워더, 관리서버로 구성된다. 각 주방기기에 부착한 센서 노드는 자율 네트워크를 구성하여 측정된 센싱 데이터를 관리서버로 송신하고, 관리서버는 수신한 데이터를 분석하여 사용자에게 HACCP 관련 서비스를 제공한다. 본 논문에서는 센서 노드용 펌웨어를 개발하고, 응용 소프트웨어를 개발하였다. 기존 HACCP 시스템에서 문제시되었던 통신망 구축 문제, 유지보수 문제를 본 논문에서 해결하였다. HACCP 안전관리시스템은 자율적인 모니터링 과 CCP 기록을 자동적으로 작성하여 식중독위험요소 관리에서 신뢰성 향상과 장애 발생 시 신속한 조치가 가능하게 할 수 있는 시스템이다. 유비쿼터스의 핵심 기술인 센서 네트워크 기술을 이용하여 기존 HACCP 시스템의 문제점을 개선할 수 있었다.

1. 서 론

하드웨어와 무선 네트워크의 기술 발달로 인해 저 가격, 저 전력 그리고 다양한 기능을 가진 센서 장치들이 만들어 졌다. 이 장치들은 지리적으로 넓게 펼쳐진 수백 또는 수천개의 작은 애드 혹 센서노드를 구성하고 스스로 협력하여 센서 네트워크를 구축한다. 또한, 센서 네트워크는 데이터를 수집, 처리, 분석하여 언제, 어디서든지 정보를 제공할 수 있다.[1]

이런 무선 센서 네트워크의 특징을 이용하여 식재료 안전 관리 시스템에 적용할 경우 그 동안 문제점으로 지적되어왔던 통신 인프라 구축, 유지 보수 문제, 이동성 문제 등 많은 부분에 개선이 이루어질 수 있다.

HACCP 시스템이 사용되지 않았던 과거 수십년간 미국의 급식소에서 식중독 사고가 발생했던 원인을 분석하여 높

은 순서로 열거해 보면 다음과 같다.[2]

- 부적절한 냉각
- 준비로부터 취사까지 12시간 이상 경과
- 개인 위생 불량과 감염자에 의한 식품 취급

이중에서 부적절한 냉각으로 인한 식중독 사고가 55.8%를 차지하며 가장 많은 식중독 원인으로 밝혀지고 있다. 이는 식재료 관리에 있어서 냉장/냉동고의 온도 관리가 굉장히 중요함을 나타내고 이를 잘 관리함으로써 식중독 사고의 절반이상을 막을 수 있다.

기존의 HACCP의 관리에 있어서는 영양사 또는 조리장이 수작업을 통한 식재료 관리, 냉장/냉동고의 온도 모니터링, CCP 기록 작성 등 일련의 과정들이 수작업으로 이루어 졌다. 이는 관리자의 과도한 업무와 기록지 작성에서 비신뢰성과 같은 많은 문제점을 가지고 있다. 아래는 이외에 기존 시스템에서 발생할 가능성이 높은 문제점들을 나열하였다.

- 실시간 모니터링이 불가능

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업과 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 지원을 받아 수행되었음(07-기반-10, IT특화연구소:“유비쿼터스 신기술 연구센터” 설립 및 운영).

- 수작업을 통한 CCP 기록지 작성에 있어서 신뢰도 감소
- 문제 발생시 원인 및 문제 발생 시점을 정확히 알 수 없음
- 직원이 퇴근 후 시스템 관리가 불가능
- 고온다습한 환경에서 전력선통신의 신뢰성 감소와 유지보수와 장비 추가의 어려움

난해해 방지 서비스인 하르방 프로젝트[4]로 명명된 연구가 있었다. BCN, IPv6, USN 기술을 하나로 융합한 기술로서 한라산의 1100고지에서 1700고지에 이르는 등산로 상에 기상 관측용 센서 네트워크를 설치하여 각 지점별 온습도, 대기압, 조도, 진동 등의 정보를 수집하도록 하였다.

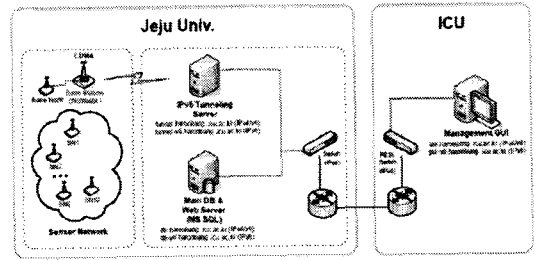


그림 2. 하르방 프로젝트 설치도

2. 관련연구

무선센서네트워크의 응용분야는 굉장히 다양하며 실제로 국내외에서 많은 실증실험과 실제 센서네트워크를 응용하여 서비스를 제공하고 있다. 특히 환경모니터링 분야에서의 무선센서네트워크 응용은 활발하게 진행되어지고 지금까지 발표된 응용분야도 환경모니터링이 많은 부분을 차지하고 있다.

대표적인 환경모니터링 시스템으로는 Habitat Monitoring on Great Duck Island[3]이라는 프로젝트가 있다. 미국 메인주 앞바다의 작은섬(Great Duck Island)에서 서식하고 있는 바다제비의 생태를 원격지에서 모니터링을 위해서 UC Berkeley와 인텔(Intel)연구소가 공동으로 진행한 프로젝트이다.

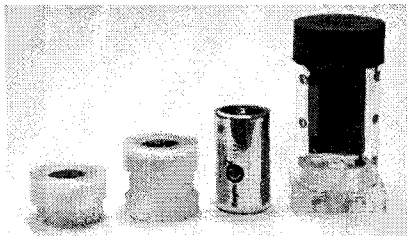


그림 1. Great Duck Island 프로젝트에 사용된 센서노드 및 배터리

그림 1에서와 같은 노드들을 섬들에 배치하고 자율적인 네트워크를 구성하여 각각의 노드별로 센싱된 데이터를 싱크노드로 전송한다. 전송된 데이터는 연구 자료로 사용되며 인터넷을 통해 정보를 제공 받을 수 있도록 하였다.

국내에서는 2006년 USN 임베디드 시스템을 활용한 재

3. HACCP 안전관리시스템 개발

HACCP 안전관리시스템은 센서 네트워크, 패킷포워더, 관리서버, 사용자로 구성된다. 센서 네트워크는 ZigBee 기반의 무선통신망으로 구성되어 있고, 패킷포워더는 싱크노드에서 수집된 데이터를 기존인프라(인터넷)와 연결을 위한 동작을 수행한다. 관리서버는 패킷포워더를 통해서 전송된 데이터를 DB화하고, 응용서버 및 사용자 요구에 의한 적절한 데이터를 제공해 준다. 사용자는 호스트 컴퓨터나 모바일 단말기를 이용하여 관리서버가 제공하는 서비스를 이용할 수 있다.

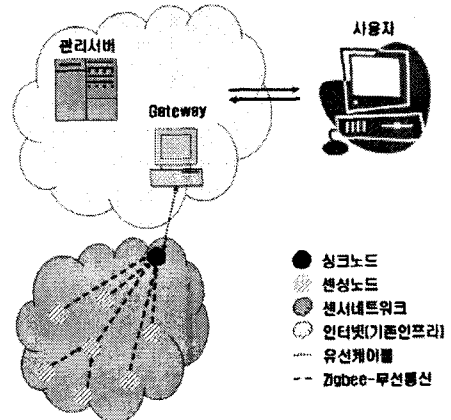


그림 3. 전체 시스템 구성도

3.1 센서네트워크

HACCP 안전관리시스템에서 사용한 센서 노드는 (주) 옥타컴[5] 개발용 노드인 Nano-24를 사용하였다. Nano-24 센서노드는 국내에서 개발된 센서노드로서 ETRI[6]에서 개발한 센서 네트워크 운영체제인 Nano-Q+ 기반으로 만들어진 센서노드이다.

Nano-24 센서노드는 모듈별로 분리되어 있으며, 41Pin 확장 커넥터를 통한 다양한 센서모듈 및 인터페이스 모듈을 연결할 수 있다. 본 시스템에서 사용된 모듈은 메인모듈과 센싱모듈이다

3.1.1 메인모듈

그림 4는 메인모듈의 블록도이며, 그림 5는 메인모듈의 전면 사진이다. 표 1은 메인모듈의 하드웨어 특징이다. 메인모듈은 Atmel사의 ATmega 128L을 사용하고, 무선통신을 위해 Chipcon사의 Zigbee 기반의 CC2420을 사용한다. 그 밖에도 외장 플래시 메모리(AT45DB041), RTC 등을 지원한다. 무선통신을 위해 내장형 PCB안테나와 외장형 SMA 타입의 안테나를 사용한다.

3.1.2 센싱모듈

그림 6은 센싱모듈의 전면 사진이다. 센싱모듈은 온도, 조도, 습도, 가스 센서가 장치되어 있으며, HACCP 안전관리시스템에서는 온도센서와 습도센서를 사용한다. 온도센서는 LM53DZ를 사용하고, 습도센서는 HUMIREL사의 HS1101을 사용한다.

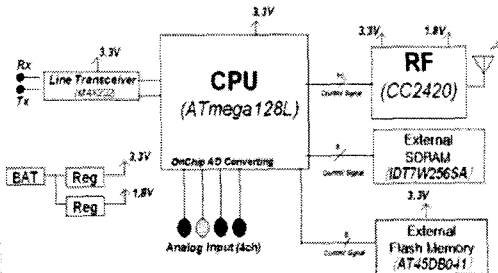


그림 4. 메인모듈 블록도

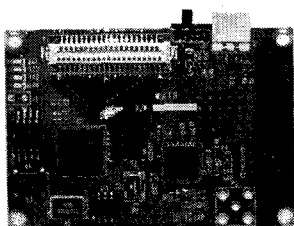


그림 5. 메인모듈

표 1. 메인모듈 상세 특징

하드웨어	Part No.	상세정보
MCU	ATmega128	64Pin
		Low Power 8bit CMOS
		128KB Flash Memory
		4KB SRAM
RF CHIP	CC2420	4K EEPROM
		2.4GHz Zigbee
		250Kbps
		Low Power consumption RX: 18.8mA, TX:17.4mA
		Low supply voltage 2.1-3.6V, 1.6-2.0V

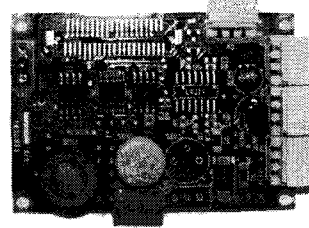


그림 6. 센싱모듈

표 2. 센싱모듈의 하드웨어 특징

하드웨어	Part No.	상세정보
온도센서	LM35DZ	측정범위:0~100C
습도센서	HUMIREL HS1101	정전용량형 습도센서
		동작온도:-40~100C
		측정범위:0~100%RH
조도센서	cds_A9060	5.0mm Photocells
가스센서	NAP-55A	LNG, LPG, 접촉식
아날로그 스위치	ADG711	4Ω Quad SPSP Switches
Timer IC	Philips NE555	Frequency 500kHz
		TTL compatible

3.2 개발된 센서노드 펌웨어

HACCP 안전관리시스템에서 사용하는 센서노드는 TinyOS나 Nano-Q+ 등과 같은 센서노드용 운영체제를 사용하지 않고, 자체적으로 개발한 펌웨어를 센서노드에 펌웨어를 포팅하여 센서 네트워크를 동작시킨다.

본 논문에서 개발한 펌웨어의 계층적 구조는 2계층으로 HAL(Hardware Abstraction Layer)과 EPL(Event Processing Layer)로 구성된다.

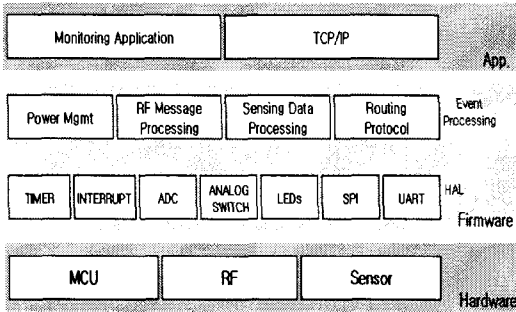


그림 7. 개발한 펌웨어의 계층적 구조

3.2.1 HAL(Hardware Abstraction Layer)

HAL은 하위 7개의 기능으로 나누어진다. 각 기능별 설명은 아래와 같다.

- (1) Timer : 타이머/카운터 레지스터 조작을 위한 HAL를 제공한다. 습도센싱을 위한 타이머/카운터1에서의 입력 캡처 기능을 제공해 준다.
- (2) Interrupt : 외부의 하드웨어적인 인터럽트를 처리하기 위한 HAL을 제공한다. Global 인터럽트의 초기화 및 On/Off 제어를 제공해 준다.
- (3) ADC : 센서모듈의 경우 온도/습도 센서를 통해서 아날로그 신호를 받아온다. ATmega128L에 내장된 ADC를 사용하여 아날로그 값을 디지털화 한다. 이를 위해서 ADC를 위한 HAL을 제공하고 있다. ADC를 초기화 하기 위한 함수로 `adc_init()`와 센싱된 값을 디지털로 변환하기 위한 `get_adc_humidity()`, `get_adc_temp()`함수를 제공한다.
- (4) Analog Switch : 센서들은 전원관리 능력이 따로 존재하고 있지 않다. 센싱이 필요없는 시간에도 센서별로 전원이 공급되고 있는 것은 전력낭비를 가지고 온다. HAL에서는 센서별로 전원을 관리하기 위한 함수를 제공한다.
- (5) LEDs : 디버깅이나 외부의 동작상태를 나타내기 위한 LED구동부이다. 3개의 LED를 제공하고 각각의 LED는 ATmega128 I/O 포트를 이용하여 On/Off한다. LEDs HAL에서는 LED 구동을 위한 매크로를 제공한다.
- (6) SPI : RF Chip인 CC2420은 ATmega128L과 SPI 직렬 통신을 한다. SS, SCK, MOSI, MISO핀을 통해서 데이터를 주고 받는다. HAL에서는 CC2420과 ATmega128L사이의 SPI통신을 제공한다.
- (7) UART : 시리얼 통신을 위해 UART를 지원한다. UART HAL부분에서는 하드웨어 제어와 통신을 위한 함수를 제공한다. UART를 초기화 하고 BYTE,

STRING단위로 전송을 위해 `uart_send_byte()`, `uart_send_string()` 함수를 제공하고 있다.

3.2.2 EPL(Event Processing Layer)

EPL은 4개의 기능으로 이루어진다. 각 기능은 아래와 같다.

- (1) Power Mgmt : 파워의 상태를 감시하고 전원을 제어할 수 있는 기능을 제공한다. ATmega128에서는 6개의 Sleep 모드를 지원한다. Idle, ADC Noise Resuction, Power-Down, Power-Saver, Standby, Extended Standby. 각각의 Sleep 모드 별로 적절한 사용을 가능하게 한다.
- (2) RF Message Processing : RF 메시지를 송/수신하기 위한 RF 모듈을 제어 및 사용할 수 있는 기능을 `rf_init`, `rf_set_channel`, `rf_receive`, `rf_send_packet`에서 제공한다.
- (3) Sensing Data Processing : ADC를 통해 변환된 데이터들을 적절한 단위의 표현과 오차를 수정하기 위한 기능을 제공한다.
- (4) Routing Protocol : RF를 통해 전송되는 패킷을 싱크노드까지 전송하기 위한 기능을 제공한다. 본 시스템에서는 적은 노드수와 실내 환경에서 적절하고 오버헤드가 없는 Flooding방식을 사용한다. 기본적으로 Flooding방식은 패킷을 이웃노드의 전체로 브로드캐스팅하여 싱크노드까지 패킷을 전달하는 방법이다. 센서네트워크에서 가장 오랜된 전통적인 방식이며 적은 노드가 분포하는 환경에서 적절하게 사용할 수 있다. 또한, 라우팅 프로토콜을 유지하기 위한 오버헤드가 없다. Flooding방식의 가장 큰 문제점 중에 하나인 끝없이 순환하는 패킷은 TTL(Time to Live)값을 사용하여 네트워크 전체 혼잡을 막는다.

3.3 패킷포워더(Packet Forwarder)

이중 간의 통신망 연동을 위해 본 시스템에서 패킷포워더를 사용한다. 센서 네트워크에서 수집된 데이터가 싱크노드를 통해 IP망과 연동 되어 진다. 싱크노드는 PC와 UART(RS-232)통신을 하여 데이터를 전송하고 인터넷에 연결된 PC는 IP망을 통해 패킷을 전달한다. 그림 8은 자바언어로 구현된 패킷포워더이다. 패킷포워더는 COM Port, IP, Port Number 설정을 통해 관리자서버에게 데이터를 전송한다. 그림 8은 패킷포워더의 동작모습을 보여준다.

그림 8에서 (1)은 실제 전송중인 데이터를 보여준다. 노드ID, 온/습도 정보를 전송하고, (2)는 관리서버와의 연결을 위한 Port, IP 설정과 싱크노드와의 통신을 위한 PC의 Com Port 설정을 하는 부분이다.

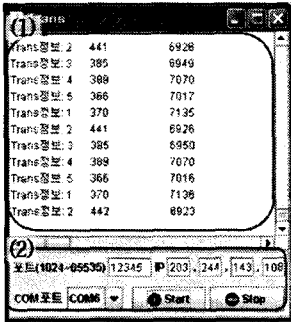


그림 8 패킷포워드

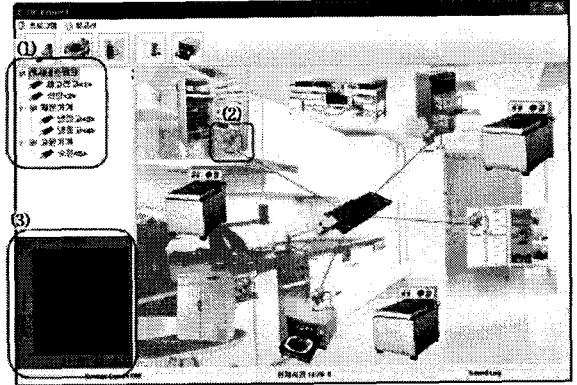


그림 9. 관리서버 메인화면

3.4 관리서버

관리서버는 기본적으로 자바로 구현되었으며, 패킷포워더를 통해 수신한 센싱 데이터를 DB에 저장하고, 사용자의 요구에 맞게 데이터를 생성한다. 그림 9는 관리서버의 첫 번째 페이지이다. 그림 9에서 (1)은 센서노드가 설치된 장소를 나타내고 있는 부분이다. 재고창고, 식당, 냉장고, 냉동고, 오븐의 5개의 장소가 있다. (2)는 현재 동작중인 노드의 상태를 한 눈에 알아볼 수 있도록 점멸을 통한 동작 여부와 싱크노드와의 토폴로지 형태를 나타내고 있다. (3)은 노드가동를을 나타내는 곳으로 초기의 가동률 0%에서 일정시간이 지난 후 가동률 100%가 됨을 알 수 있다.

그림 10은 특정 장소에 설치된 센서노드가 주기적으로 보내오는 센싱 데이터를 시간대 별로 표시해 주는 모니터링 화면이다. 재고창고의 온도와 습도를 모니터링하고 있다. 그림 10에서 (1)은 현재 센싱된 데이터를 보여주며, (2)는 그래프를 통해 시간대별 온/습도의 상태를 한눈에 나타내고, (3)은 센싱된 데이터의 상세정보를 나타낸다. 이를 통해 온/습도 변화에 민감한 식재료의 상태를 실시간 측정하여 신선도를 가늠할 수 있다.

그림 11은 기존의 CCP 기록에 있어서 신뢰성 문제를 개선하기 위한 자동화된 CCP 문서 작성 부분이다. 기존 급식 관리자가 직접 CCP를 기록했으나, 본 시스템은 관리서버에 저장된 데이터를 특정 연월일시를 선택해서 보고서를 출력할 수 있고, 데이터 변경이 어렵기 때문에 보고서의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

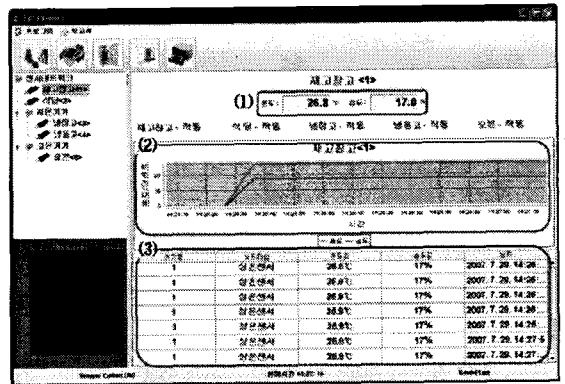


그림 10. 온도와 습도의 센싱 모니터링

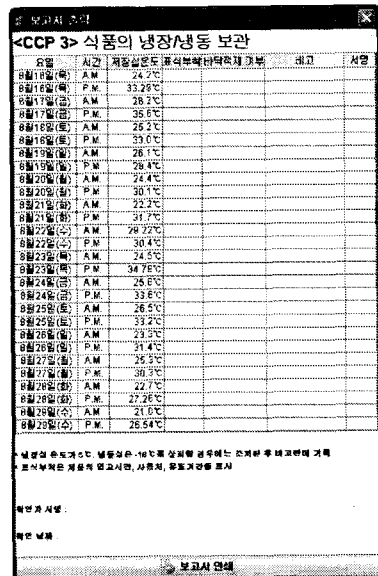


그림 11 CCP 작성

4. 결론

[9] CC2420 Datasheet, Chipcon(<http://www.chipcon.com/>), 2006

본 논문은 최근 식재료 안전관리 분야에서 중요도가 증가하고 있는 HACCP 시스템을 유비쿼터스 센서 네트워크 기술을 이용하여 개발 및 구현하였다. USN에 사용한 센서노드는 2.4Ghz Zigbee기반의 무선 기술을 사용하였고, CCP 문서작성을 자동화함으로써, CCP 문서의 신뢰성을 향상시킬 수 있었다. 하드웨어는 국내 다양한 USN 응용서비스에서 사용되고 있는 Nano-24를 사용하였으며, 센서 노드에는 자체 제작한 펌웨어를 사용하여 소프트웨어 경량화와 메모리 사용률을 줄일 수 있었다.

향후에 이동식 센서노드를 개발하여, 식품의 중심온도를 측정하여 언제, 어디서나 식재료의 안정성을 신속정확하게 검증하고, 측정 데이터의 실시간 전송이 가능한 시스템을 개발할 예정이다.

참고문헌

[1] Tubaishat, M.; Madria, S. "Sensor networks: an overview" Potentials, IEEE Volume 22, Issue 2, Page(s):20 - 23, Apr-May 2003

[2] 강영재, HACCP제도를 활용한 단체급식 위생관리 실무, pp.69, 1999

[3] Alan Mainwaring, Joseph Polastre, Robert Szewczyk, David Culler, and John Anderson. Wireless sensor networks for habitat monitoring. In Proceedings of the ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications (WSNA' 02), Atlanta, GA, September 2002.

[4] 김대영 , 김재연 , Thu Thuy Do , Poh Kit Chong , 유성은 , 성종우 , Tomás Sanchez Lopez , 김도현 , 김형순, "하르방" 프로젝트: USN 임베디드 시스템 기반의 재난재해 방지 서비스, 한국통신학회지 (정보통신) 제23권 제5호, pp. 114 ~ 126 (13pages), 2006.

[5] (주)옥타컴(<http://www.octacomm.net/>)

[6] 한국전자통신연구원(<http://www.etri.re.kr/>)

[7] IEEE std. 802.15.4 - 2006: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)

[8] ATmega128 Datasheet, ATmel(<http://www.atmel.com/>), 2006