

HACCP을 위한 차량용 온습도 모니터링 시스템

The Monitoring System of Temperature and Humidity on Vehicle for HACCP

김준배* · 강문성
청주대학교 전자공학과

Joon-bae Kim* · Moon-sung Kang

Department of Electronics Engineering, Cheongju University, Cheongju-si Chungcheongbuk-do, 28497, Korea

[요 약]

HACCP이란 식품의 원재료부터 제조, 가공, 보존, 유통, 조리단계를 거쳐 최종소비자가 섭취하기 전까지의 각 단계에서 발생할 우려가 있는 위해요소를 규명하고, 이를 중점적으로 관리하기 위한 중요관리점을 결정하여 자율적이며 체계적이고 효율적인 관리로 식품의 안전성을 확보하기 위한 과학적인 위생관리체계라고 할 수 있다. 본 논문에서는 HACCP의 체계적이고 효율적인 관리를 위해 식품의 유통 단계인 운송과정에서의 온도 및 습도를 측정하고, 이 정보를 통신망을 이용하여 주기적으로 서버에 전송하는 모니터링 단말기 및 이를 구현하는 firmware를 설계하였다. Sub-net에서 측정된 정보를 포함하여 단말기에서 전송된 데이터가 서버에 잘 저장되었으며 서버에서 보낸 응답도 단말기에 잘 수신됨을 확인하였다. 향후 이를 이용하여 식품의 이력관리 및 데이터 추적, 통계자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 시스템은 학교나 직장 등 단체 급식소, 원재료나 식품 보관 등의 물류창고 등에서도 응용할 수 있는 시스템이 될 것으로 사료된다.

[Abstract]

HACCP is scientific Sanitary control system to ensure food safety with autonomous, systematic and effective way by analysing hazard element that can be occurred in each steps until an end consumer takes food including raw material status, manufacturing, processing, storing, distributing, cooking and specifying the critical control point. In this paper, the temperature and humidity are measured during the transport of food, the stage of its distribution, to ensure systematic and effective management of HACCP, and we designed a monitoring terminal that uses this information to send it to servers periodically and a firmware that implements it. We have confirmed that the data transmitted by the terminal, including the information measured in sub-net, was well stored on the server and the response from the server is well received by the terminal. It is expected to be used for the management of food history, data tracking and statistical data in the future. This system is also considered to be an applicable system for group cafeteria such as schools or workplaces and logistics warehouses for raw materials or food storage and so on.

Key word : HACCP, Monitoring system, Temperature monitoring, Humidity monitoring, HACCP terminal.

<https://doi.org/10.12673/jant.2018.22.2.168>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 14 March 2018; Revised 26 March 2018

Accepted (Publication) 16 April 2018 (30 April 2018)

*Corresponding Author; Joon-bae Kim

Tel: +82-10-5447-1177

E-mail: proakiss@hanmail.net

I. 서론

식품의약품안전처는 날로 높아지는 안전 식품에 대한 국민의 요구를 수용하기 위하여 그간 다양한 정책을 추진해 왔다. 그 중에서도 국민 먹을거리 안전 지킴이로 농장부터 식탁까지 식품 위생안전을 한층 강화한 것으로 평가받는 식품안전관리 인증기준 (HACCP; hazard analysis and critical control point) 제도의 도입과 정착은 가장 성공적인 정책이라 할 것이다.

HACCP은 1959년 미국에서 우주비행사에게 보다 위생적이고 안전한 식품을 제공하기 위하여 도입된 과학적인 식품안전 관리시스템이다. HACCP은 위해요소 분석(hazard analysis)과 중요 관리점(critical control point)의 영문 약자로, 식품의 원재료부터 가공, 유통, 조리단계를 거쳐 최종소비자가 섭취하기까지 여러 공정과정에서 발생 가능한 위해요소(생물학적, 화학적, 물리적)를 규명하고, 이를 중점적으로 관리·제거하기 위한 중요 관리점을 설정한 뒤, 이것을 상시 모니터링하여 이탈하면 수정하고 잘 수행되는지 검증하고 이 모든 것을 기록으로 남기는 매우 논리적인 위생관리체계인 것이다.

우리나라에는 지난 1995년에 처음 HACCP이 도입된 이래 HACCP 의무화 품목의 점진적인 확대와 농장에서 식탁까지 HACCP 유통망을 연결하는 안전관리통합인증제의 시행 등으로 2016년 12월말 기준 HACCP 인증제품의 생산비율이 67.5% 일 정도로 안전한 식품의 공급이 확대되고 있다. 하지만 일본 후쿠시마 원전사고, 기후변화, 수입식품의 증가 등 다양한 식품 환경 변화로 인해 새로운 위해요소가 끊임없이 발생하고 있으며, 이는 국민 건강에 위협이 된다. 또한 식품 산업은 원료의 생산(재배)에서부터 제조-가공-유통-소비 단계까지 복잡한 과정에서 발행할 수 있는 잠재적인 위험요인들을 효과적으로 관리, 제어하지 않으면 안전한 식품을 국민에게 제공하기 어렵다. 이에 생산(재배)단계에서부터 유통-소비 단계까지 안전관리를 위하여 농장에서 식탁까지 식품 사슬 전반에 HACCP 적용을 통한 종합적이고 체계적 관리가 필요하다[1].

이에 본 논문에서는 HACCP의 체계적이고 효율적인 관리를 위해 식품의 유통 단계인 운송 과정에서 필요한 모니터링 시스템을 제안하고자 하는데 특히 식품안전관리에서 가장 중요한 온도와 습도의 이력관리를 위해 온도 및 습도를 측정하고 이 정보를 WCDMA-LTE망을 이용하여 주기적으로 서버에 전송함으로써 이력관리, 데이터 추적 및 통계자료로도 사용할 수 있는 모니터링 단말기 및 이를 구현하는 F/W(firmware)를 설계하고 이를 검증하고자 한다.

II. Hardware 설계

현재 국내 많은 식품유통업체는 식품의약품안전처에서 시행하는 HACCP 인증절차를 수행하고 있으며, 세부적인 식재료유통으로의 인증으로 그 활용범위가 광범위해지고 있는 실

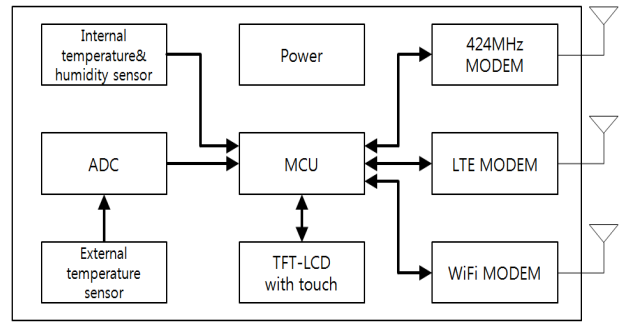


그림 1. HACCP 단말기의 블록도
Fig. 1. Block diagram of the HACCP system.

정이다. 이에 운송단계에서 중점적으로 관리할 수 있는 차량용 실시간 모니터링 기술이 필요한 상황이다. 이를 효율적으로 관리하기 위해 본 논문에서는 그림 1과 같은 H/W(hardware)시스템을 제안하고자 한다.

단말기의 전원부는 3.3V/1A 및 1.8V/150mA의 듀얼전원으로 구성하였다. 본 연구에서는 정확한 측정을 위하여 높은 정밀도를 갖는 고성능의 16bit ADC (analog to digital converter)를 적용하고자 하여 Microchip社의 MCP3428을 이용하였다[2]. 상태 정보 표시 및 단말기 설정을 위하여 touch screen을 지원하는 TFT-LCD(320×240)을 적용하였다[3]. LTE 모듈은 Telit社의 LE910S 모듈을 적용하여 설계하였으며 이 모듈을 통하여 서버로 데이터를 전송할 수 있도록 하였다[4].

한 차량에 다수의 HACCP 단말기를 장착해야 하는 경우 모든 단말기에 LTE 모듈을 장착하여 이용할 경우 그 운용비 측면에서 매우 불합리한 결과를 낼 수 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 본 단말기에서는 424 MHz 대역의 무선 모듈을 통하여 단말기간 상호 sub-net을 구현할 수 있도록 설계하고 이를 운용하는 F/W를 설계하였다. 또한 향후 태블릿 PC나 스마트폰과의 연동을 통한 시스템 모니터링, 시스템 설정, 시스템 업데이트 등을 지원하기 위해 WiFi 모듈을 추가 설계하였다.

센서, 모듈, TFT-LCD 등을 원활히 동작시키기 위해 가장 핵심이 되는 마이크로제어장치 (MCU; micro control unit)는 Microchip社의 16bit 프로세서인 PIC24FJ256DA210를 사용하였다[5]. 본 연구에서는 시스템 다운 및 재부팅 시 즉시 재동작할 수 있도록 하기 위하여 Non-OS 방식의 F/W로 설계하였다. PIC24FJ256DA210는 GFX (graphics controller module)을 내장하고 있어서 OS없이 TFT-LCD 구동이 가능하다[6]. 그림 2

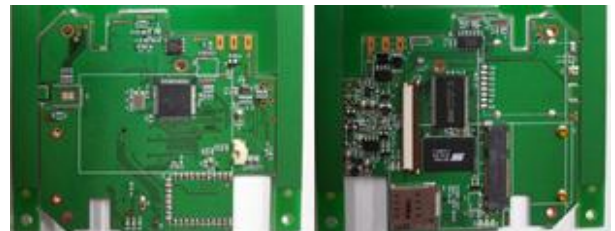


그림 2. HACCP 단말기의 PCB
Fig. 2. The PCB of HACCP system.

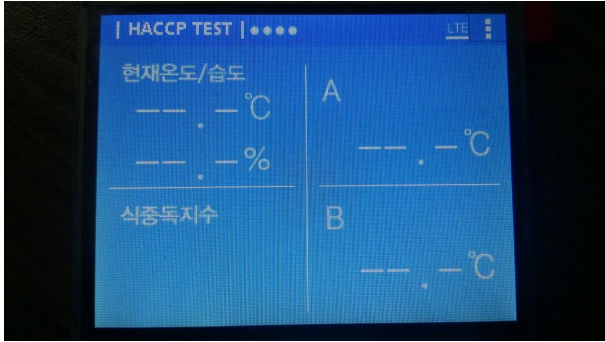


그림 3. 초기화면 표시
Fig. 3. Initial display.

는 HACCP 단말기의 PCB(printed circuit board) 사진이다.

III. Firmware 설계

3-1 화면구성

메인화면에는 그림 3과 같이 상단에 제품명, 수신신호강도 지수 (RSSI; received signal strength indication) 등을 표시하였으며, 우측에는 설정모드로 진입할 수 있는 아이콘을 배치하였다.

메인화면의 가운데를 중심으로 좌측에는 현재의 온도와 습도, 식중독 지수를 표시하고 우측에는 외부온도센서 2개에 대한 온도값을 표시하도록 하였다.

설정화면에서는 단말기 번호, 채널, sub-net 센서 수, 센서 ID, 온도 보정, 보고 주기 시간, 서버 IP 및 port를 설정할 수 있도록 하였다.

3-2 Firmware 구성

F/W의 구성은 그림 4의 순서도와 같이 설계하였다. 처음에 MCU의 입출력, 기능 등을 초기화 한 후 화면에 logo과 함께 시작을 알리는 부저음을 출력한다. 이후 저장된 파라미터를 읽어 오고 424 MHz modem을 초기화 한다.

한 차량에 다수의 단말기가 포함될 경우 모든 단말기에 LTE 모듈이 장착될 필요가 없고 1개의 단말기가 메인이 되고 나머지는 서브가 되어 단말기 간 sub-net을 구성하도록 하였다. 단말기에 LTE 모듈이 장착되어 있으면 메인 단말기로 동작되도록 하고 부착되어 있지 않으면 서브 단말기로 동작되도록 하였다. LTE 모듈의 부착여부는 LTE 모듈에 특정 명령어를 보낸 후 응답 유무에 따라 판별하도록 하였다.

1) Main terminal

메인 단말기의 경우 터치 스크린을 통해 설정모드로 들어가는 단말기번호, 네트워크 채널, sub 센서 개수, 온도 보정, 보고 주기, 서버 IP 및 port를 설정할 수 있도록 하였으며 설정된 값

은 내부 EEPROM에 저장하여 설정된 값이 소멸되지 않도록 하였다.

메인 단말기 내부 온습도 및 외부의 온도는 1초마다 측정하도록 하였으며 측정된 값은 화면에 표시되도록 하였다.

온습도센서로부터 입력된 raw 데이터는 식 (1)을 통하여 온도와 습도로 변환된다.

$$C = (THB[7:0] \times 64 + TLB[7:2]/4)/2^{14} \times 165 - 40 \quad (1)$$

$$RH = (HHB[5:0] \times 256 + HLB[7:0])2^4 \times 100$$

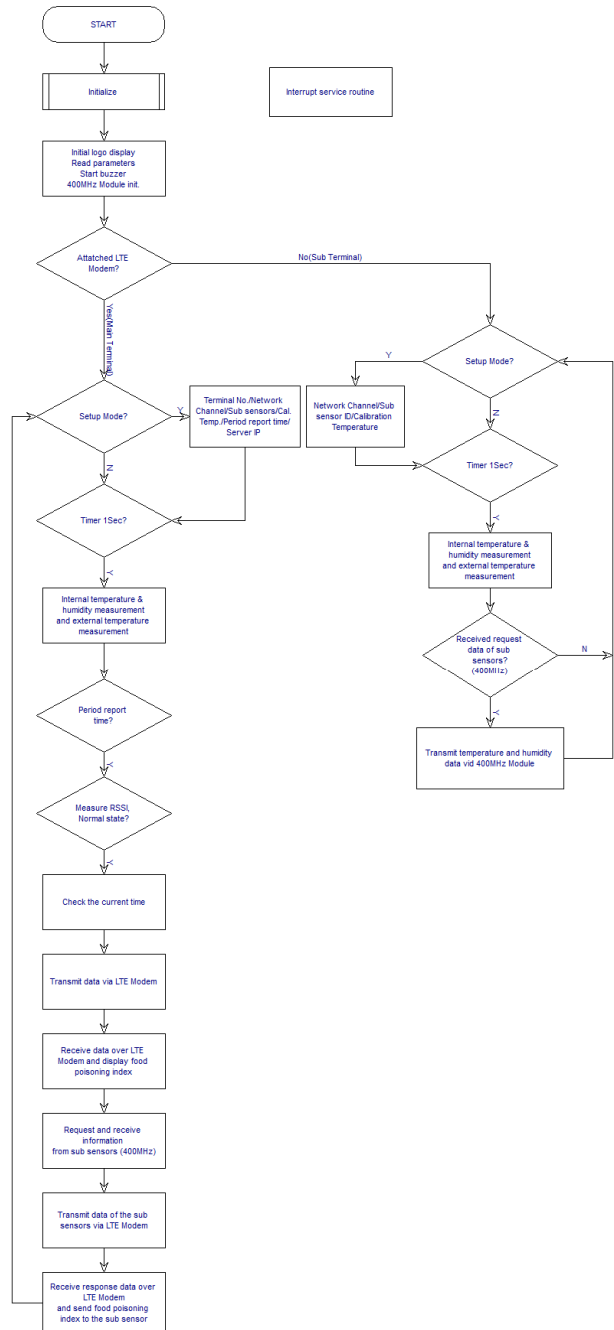


그림 4. 순서도
Fig. 4. Flow chart.

여기서 C는 온도, RH는 습도를 나타내며, THB와 TLB는 각각 온도 raw 데이터의 상위바이트와 하위바이트를, HHB와 HLB는 습도 raw 데이터의 상위바이트와 하위바이트를 나타낸다. Bit range는 [MSB:LSB]로 사용하였다.

설정된 주기보고 시간이 되면 LTE 모듈의 RSSI를 측정하고 정상 범위에 있을 경우 현재 시간을 확인하고 LTE 모듈을 통해 측정된 값을 서버로 전송한다. 현재 시간은 LTE 모듈을 통해 확인함으로써 정확한 시간 데이터를 확인할 수 있다. 전송되는 데이터 양식은 순차번호, 단말기 ID, 채널 번호, 센서번호, 시간 정보, 내부 온습도, 외부 온도, 내부 배터리 잔량이다.

LTE를 통해 해당 정보가 서버에 전송되면 서버에서는 수신된 온습도 정보를 바탕으로 산출한 식중독 지수를 단말기에 응답으로 보내게 된다. 메인 단말기에서는 이 식중독 지수를 바탕으로 화면에 관심, 주의, 경고, 위험 4단계로 표시한다.

Sub 센서가 있을 경우 424 MHz 모뎀을 통해 센서 ID와 함께 정보요청 명령을 broadcast한다. 이 때 센서 ID에 해당하는 서버 단말기는 내부 온습도 및 외부 온도 정보를 메인 단말기로 전송한다. 메인 단말기에서는 해당 센서번호를 포함한 정보를 전송데이터 양식에 따라 서버로 전송하게 된다. 서버에서는 마찬가지로 식중독 지수를 응답으로 전송하게 되는데 메인 단말기에서는 이 식중독 지수를 424 MHz 모뎀을 통해 해당 서버 단말기로 전송하고 서버 단말기에서는 이 식중독 지수를 바탕으로 메인 단말기와 같이 관심, 주의, 경고, 위험 4단계로 표시한다.

2) Sub terminal

서브 단말기의 경우 터치 스크린을 통해 설정모드로 들어가면 네트워크 채널, 서버 센서 ID, 온도 보정값을 설정할 수 있으며 설정된 값은 내부 EEPROM에 저장하여 소멸되지 않도록 하였다.

서브 단말기 내부 온습도 및 외부의 온도도 1초마다 측정하도록 하였으며 측정된 값은 화면에 표시되도록 하였다.

메인 단말기에서 424MHz 모뎀을 통해 보낸 데이터 요청 명령이 들어오면 해당 서버 센서 ID에 해당하는 서버 단말기에서는 측정된 서버 단말기 내부 온습도 및 외부 온도 정보를

시간	ID	차량	상위바이트	하위바이트	온도	습도	배터리
09:12:48	01212341234	1호차	35.70°C	0%	146	255	
09:12:48	01212341234	1호차	32.40°C	35.70%	146	255	
09:11:48	01212341234	1호차	35.80°C	0%	146	255	
09:11:48	01212341234	1호차	35.00°C	35.80%	146	255	
09:10:48	01212341234	1호차	35.80°C	0%	146	255	
09:10:48	01212341234	1호차	36.40°C	35.80%	146	255	
09:09:48	01212341234	1호차	35.80°C	0%	146	255	
09:09:48	01212341234	1호차	36.40°C	35.80%	146	255	
09:08:48	01212341234	1호차	35.90°C	0%	146	255	
09:08:48	01212341234	1호차	36.50°C	35.90%	146	255	
09:07:48	01212341234	1호차	35.90°C	0%	146	255	
09:07:48	01212341234	1호차	36.70°C	35.90%	146	255	
09:06:48	01212341234	1호차	36.00°C	0%	146	255	
09:06:48	01212341234	1호차	36.60°C	36.00%	146	255	

그림 5. 서버에 수신된 온습도 데이터
Fig. 5. The received temperature and humidity data on server.



그림 6. 정상적인 화면 표시
Fig. 6. Normal display.

424MHz 모뎀을 통해 메인 단말기로 전송한다.

정보를 전송한 이후 메인 단말기로부터 식중독 지수가 수신되면 이 식중독 지수를 바탕으로 관심, 주의, 경고, 위험 4단계로 화면에 표시한다.

IV. 검 증

그림 5에서 보는 바와 같이 단말기에서 전송된 정보가 서버에 정상적으로 수신됨을 알 수 있다. 전송주기는 1분으로 설정하여 측정 정보를 1분마다 전송하도록 하였으며 전송된 정보에는 온습도 검출시간, 모뎀번호, 차량번호, 냉장(동)실 번호, 온도 및 습도, 전파세기, 배터리 정보 등이 포함되어 있다.

그림 6에서 보는 바와 같이 서버에서 보낸 응답인 식중독 지수가 정상적으로 표시되었다. 이것으로 단말기에서 서버로 정상적으로 데이터를 전송하였고 서버로부터 식중독지수를 정상적으로 수신하였다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 HACCP에 있어서 식품의 운송 단계에서의 정보, 즉 차량 내부의 측정 온도 및 습도 정보를 WCDMA-LTE 망을 통하여 서버에 전송하는 단말기를 제작하고 이를 구현하는 F/W를 설계하였다. Sub-net에서 측정된 정보를 포함하여 단말기에서 전송된 정보가 서버에서 잘 수신됨을 확인하였으며 향후 이를 이용하여 이력관리 및 데이터 추적, 통계자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 GPS를 이용하여 위치 정보도 함께 전송할 경우 식품의 운송 경로 추적도 가능할 것으로 기대된다. 본 시스템은 학교나 직장 등 단체 급식소, 원재료나 식품 보관 등의 물류창고 등에서도 응용할 수 있는 시스템이 될 것으로 사료된다.

References

- [1] K. Y. Jang, "Food safety by HACCP", *Safe Food*, Vol. 12, No. 2, pp. 92-93, June. 2017.
- [2] Microchip Technology Inc., MCP3426/7/8 data sheet : 16-Bit, multi-channel $\Delta\Sigma$ analog-to-digital converter with I²C™ interface and on-board reference, Microchip Technology Inc., DS22226A, 2009.
- [3] NOVATEK, NT39016D data sheet : One chip TFT LCD driver IC with timing controller for S960xG240 TFT-LCD, NOVATEK, Preliminary spec. V0.7, Mar. 2008.
- [4] M. K. Jang, "Study on the development of devices for smart HACCP system with WCDMA-LTE based", *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 18, No. 5, pp. 490-493, Oct. 2014.
- [5] Microchip Technology Inc., PIC24FJ256DA210 family data sheet : 64/100-pin, 16-Bit flash microcontrollers with graphics controller and USB on-the-go(OTG), Microchip Technology Inc., DS39969B, 2010.
- [6] Microchip Technology Inc., PIC24F family reference manual, Microchip Technology Inc., DS39731A, Section 43. graphics controller module(GFX), 2009.



김 준 배 (Joon-Bae Kim)

2008년 8월 : 청주대학교 일반대학원 전자공학과 박사수료
2014년 7월 ~ 현재 : (주)다이아몬드 책임연구원
※관심분야 : 통신기술, 응용 및 융합기술



강 문 성 (Moon-Sung Kang)

1991년 3월 : 일본 교토대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
1979년 ~ 1991년 : 한국전력공사 선임연구원
1991년 9월 ~ 현재 : 청주대학교 전자공학과 교수
※관심분야 : 계측제어, 자동제어, 응용 및 융합기술