



# 범용 농기계관리를 위한 라즈베리 파이 기반의 스마트어댑터 설계 및 구현

이종화\*, 차영욱\*\*, 김춘희\*\*\*

## Raspberry Pi Based Smart Adapter's Design and Implementation for General Management of Agricultural Machinery

Jong-Hwa Lee\*, Young-Wook Cha\*\*, and Choon-Hee Kim\*\*\*

---

이 논문은 2016학년도 안동대학교 연구비에 의하여 연구되었음

---

### 요 약

CAN(Controller Area Network) 모듈의 탑재 여부와 관계없이 각 회사의 농기계관리에 범용으로 적용할 수 있는 부착형의 스마트어댑터를 설계 및 구현하였다. 스마트어댑터는 리눅스 환경에서 농기계관리 소프트웨어가 동작하는 메인보드(라즈베리파이3B)와 전원 조정과 상태 센싱을 위하여 자체 개발한 인터페이스 보드로 구성된다. 상태 모니터링을 위하여 스마트어댑터와 농기계의 센서들 사이에 시리얼입력을 이용하는 센싱 인터페이스를 정의하였으며, 진단을 위하여 농기계의 상태 다이어그램을 정의하였다. 스위치의 온/오프 접점을 이용하여 농기계의 센서를 시뮬레이션 하는 판넬을 제작하였으며, 시뮬레이터 판넬에서 농기계의 각 상태를 입력함으로 상태 모니터링과 진단 기능을 확인하였다.

### Abstract

We designed and implemented the attachable smart adapter for the general management of each company's agricultural machine regardless of whether it is equipped with a CAN (Controller Area Network) module. The smart adapter consists of a main board (Raspberry Pi3B), which operates agricultural machine's management software in Linux environment, and a self-developed interface board for power adjustment and status sensing. For the status monitoring, a sensing interface using a serial input was defined between the smart adapter and the sensors of the agricultural machine, and the state diagram of the agricultural machine was defined for diagnosis. We made a panel to simulate the sensors of the agricultural machine using the switch's on/off contact point, and confirmed the status monitoring and diagnostic functions by inputting each state of the farm machinery from the simulator panel.

### Keywords

agricultural machine, general management, sensing interface, open source hardware, smart adapter

---

\* 금오전자제어

- ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0260-2107>

\*\* 안동대학교 컴퓨터공학과(교신저자)

- ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1709-7614>

\*\*\* DCU 전자정보통신공학과

- ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7262-0028>

• Received: Sep. 14, 2018, Revised: Nov. 14, 2018, Accepted: Nov. 17, 2018

• Corresponding Author: Young-Wook Cha

Andong National University, Korea

Tel.: +82-54-820-5714, Email: [ywcha@anu.ac.kr](mailto:ywcha@anu.ac.kr)

## I. 서 론

사전 관리를 통한 생산성 향상과 사고 방지를 위하여 ICT와 융합된 농기계관리 기술의 개발이 활발히 진행되고 있다[1]. 글로벌 농기계 회사들에서는 트랙터와 콤팩트 그리고 이양기 등에 ICT 기술을 결합하여 엔진활용, 연료 소비량 그리고 배터리 관리 등에 대한 원격 모니터링과 진단 서비스를 지원하고 있다. Kubota의 KSAS(Kubota Smart Agricultural System)[2], Yanmar의 SmartAssist[3], New Holland의 PLM(Precision Land Management)[4] 그리고 John Deere의 JDLink[5] 등이 대표적인 농기계관리 시스템이다. 국내의 농기계 회사들은 RS485 인터페이스를 갖는 로컬 진단기를 직접 연결하여 농기계를 모니터링 하는 기술은 도입하고 있으나 ICT 기술이 융합된 원격의 농기계관리 기술은 아직 지원하고 있지 않다.

최근 생산되는 상용차 및 농기계는 제어모듈 간 통신을 대부분 CAN(Controller Area Network)를 기반으로 SAE J1939표준 프로토콜을 사용하고 있다[6]. CAN은 ECU(Electronic Control Unit)들 사이에 표준화된 메시지를 적용하므로 호환성을 높일 수 있으며, 버스 토폴로지를 이용하므로 선로의 설치를 최소화할 수 있다. 그러나 CAN 기술은 최신 농기계에 적용되어 있으며, 최근에 양산되는 농기계에도 엔진이나 미션부분, 냉난방장치 등에 일부만 적용되어 있다. 또한 농기계관리에 있어서 CAN 통신에 이용되는 디바이스 식별자와 값은 기업비밀[7]로 되어있으며, CAN 기반으로 동작하는 각 업체의 로컬 진단기 사이에도 호환이 되지 않는다.

농기계 임대사업소나 임대사업자들은 여러 회사의 제품들을 보유하고 있으며, 이들 농기계에 대하여 특정 회사에 종속되지 않는 범용의 농기계관리를 요구하고 있다. 본 논문에서는 범용의 관리를 위하여 농기계 부착형의 스마트어댑터에 대한 구현과 시험에 대하여 기술한다. 스마트어댑터는 오픈소스 하드웨어(라즈베리파이 3B)[8] 기반의 메인보드와 자체 개발한 인터페이스 보드로 구성된다. 인터페이스 보드에는 스마트어댑터로의 전원공급과 농기계 상태의 센싱 기능이 동작한다. 농기계 상태를 모니터링하기 위하여 기업의 비밀로 되어있는 CAN의 디

바이스 식별자 대신에 범용입출력(GPIO)와 시리얼 입력을 이용하여 농기계 센서들과 인터페이스 한다. 개발의 용이성과 가격 경쟁력을 위하여 오픈소스 하드웨어를 채택한 메인보드에는 웹서비스와 농기계 상태의 모니터링 및 진단 기능이 리눅스 환경에서 소프트웨어로 동작한다.

스마트어댑터의 기능 확인을 위하여 농기계의 상태 센서를 시뮬레이션 하는 시뮬레이터 판넬을 제작하였다. 스위치의 온/오프 접점을 이용하는 시뮬레이터 판넬에서 농기계의 각 상태를 입력하며, 스마트폰에서 동작하는 하이브리드 앱에서 상태를 모니터링 하므로 스마트어댑터의 농기계관리 기능을 확인하였다. 메인보드의 구현에 이용한 라즈베리파이 3B 보드는 열악한 환경에서의 작동에 대한 결과가 제시되어 있지 않다. 농기계에 부착되는 스마트어댑터는 주변이 열악한 조건에서 작동하므로 환경시험에서 메인보드와 메인보드에 탑재된 소프트웨어의 동작 확인이 요구된다. 한국전자통신연구원(ETRI)의 온습도 시험기인 C600[9]를 이용하여 스마트어댑터의 환경시험을 수행하였다. 고온과 저온 및 온습도 사이클 시험에서 메인보드에 탑재된 스마트어댑터의 소프트웨어와 WiFi 통신 그리고 인터페이스 보드의 전원공급과 농기계 상태의 센싱 기능이 정상적으로 동작함을 확인하였다.

## II. 농기계관리의 연구동향

YoonHee Lee의 연구[1]에서는 농기계에 ICT 기술을 적용하여 다양한 정보를 수집하고 활용하는 통합농업정보시스템 구축의 필요성을 강조하고 있다. 스마트농업을 위한 주요 기술 분야는 클라우드, 로봇 그리고 정밀농업시스템을 강조하고 있다. 이중 정밀농업기계 시장은 연평균 13.3% 성장하여 2020년에 4,900백만 달러를 형성할 것으로 전망하고 있다. 스마트농기계의 발전 방향으로 자연 환경의 변화에 관계없이 원하는 시기에 농산물 재배를 충족해야 하며, 농업 종사자의 안전과 건강을 보호하는 AI 기술, 농업인의 고령화와 높은 여성 비율에 대응하도록 안전과 조작성의 편의성이 증시되는 기술을 제시하였다.

Kubota의 스마트농업시스템(KSAS)는 농업경영의

가시화를 위하여 농기계에 첨단 ICT 기술을 융합시킨 클라우드 서비스이다[2]. KSAS는 기본코스와 전문코스 서비스로 구분된다. 기본코스 서비스는 모든 농사에 활용할 수 있는 농장관리, 작업계획과 지시 그리고 작업일지와 같은 농업 경영의 가시화를 제공하므로 효율성을 높이고 생산성 향상을 지원한다. 전문코스는 KSAS 대응 농기계와 연동하여 농기계의 정보관리와 농업관리를 추가적으로 지원한다. KSAS 연동 콤바인은 추수 시에 쌀 수확량과 맞 그리고 수분 함량을 측정할 수 있다. 작물의 수분 함량에 따라 선별 건조하여 비용을 절감하며 단백질 함량별로 선별하여 판매할 수 있다.

Yanmar의 Smart Assist는 GPS안테나 및 통신 단말기를 탑재한 농기계의 작업 시간, 주행 거리, 연료 소비율, 연비 소비량, 엔진 회전수, 동력 부하율 등의 가동 상황 정보를 시각화하여 관리할 수 있다 [3]. 실시간으로 농기계의 오류 정보를 통지하는 서비스, 기계의 위치를 확인하고 도난을 억제하는 서비스 그리고 3개월마다 기계의 진료 기록을 제출하는 진단보수 서비스 등을 제공한다.

New Holland는 PLM Connect Essential과 Professional 패키지를 이용하여 농기계를 관리하며, 다양한 센서를 부착하여 생산성의 향상을 지원하고 있다[4]. 기계의 운행정보가 성능분석 리포트로 변환되어 생산성과 효율성을 개선하는데 이용된다. 연료 사용량 정보가 모니터링 되며, 관리자가 통보 기능을 활성화시킬 수 있다. 웹 페이지를 통하여 농기계의 현재 위치와 동작 상황을 확인할 수 있으며, 설정된 지역을 벗어나거나 설정된 시간 이외에 작동하면 실시간으로 관리자에게 통보한다.

JONH Deere의 JDLink 시스템은 농기계를 관리하여 농기계의 위치정보, 운행지역 및 운행시간 제한 서비스 그리고 농기계에서 관계센터로 통보되는 DTCs(Diagnostic Trouble Codes)를 이용한 차량진단 서비스를 제공하고 있다[5]. 또한 발생한 이벤트의 우선순위를 색으로 구분하여 스마트폰으로 통보하는 알림 서비스와 농기계의 소모품과 정기점검 관리 서비스 그리고 작업, 유휴, 이동 시간으로 구분되는 연료 소비량의 분석정보 서비스를 제공한다.

이탈리아의 Bolzano 대학은 트랙터 엔진의 효율

성에 대한 프로젝트인 TRAKTnet.one 수행하였다. 프로젝트의 목표는 센서들의 출력을 정확하게 분석할 수 있는 추론 소프트웨어-엔진 기반의 자동화 시스템이다. 원격에서 엔진을 모니터링 하는 방법들을 정의하고 개발하기 위하여 엔진회전수, 배출되는 가스의 온도와 산소의 양을 측정 및 분석하였다 [10]. 농기계의 유지보수는 성공적인 농업 생산성에 필수적인 역할을 한다. Khodabakhshian의 연구[11]에서는 CBM(Condition-based Monitoring) 기술, CBM 시스템의 표준화, CBM의 장점과 단점 그리고 농기계에 CBM을 적용하는 방안을 검토하였다. CBM 프로그램의 주요 3단계는 데이터 획득, 신호처리 그리고 유지보수 결정이다. 이 연구에서는 신호처리와 유지보수 결정에 초점을 맞추었으며, 농기계를 위한 컨디션 모니터링 시스템의 설계자들이 직면하는 문제를 제시하였다.

### III. 범용 농기계관리와 스마트어댑터

#### 3.1 농기계관리의 구성 및 인터페이스

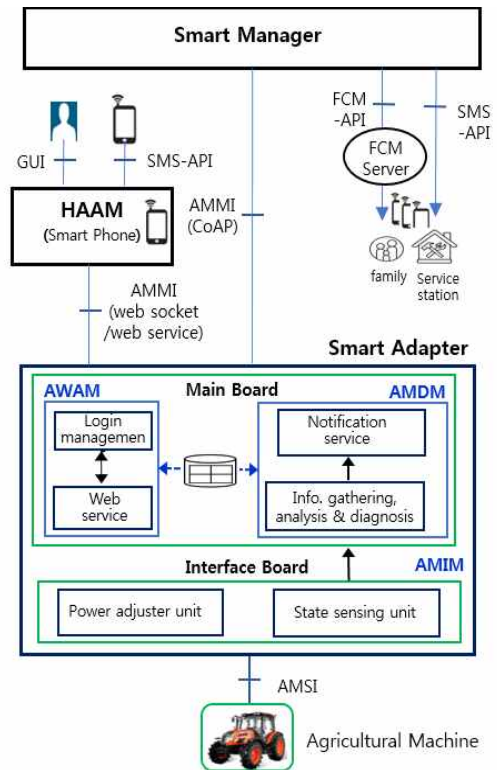
ICT와 융합된 농기계관리는 사전관리를 통한 생산성 향상과 안전성 확보를 제공한다. 오픈소스 하드웨어인 라즈베리파이와 시리얼입력 기반의 범용 농기계관리 구성도는 그림 1과 같이 통합관리 기능을 하는 스마트매니저, 농기계에 부착되어 상태정보를 모니터링 하는 스마트어댑터 그리고 농기계관리의 하이브리앱으로 구성된다. 범용의 농기계관리를 위하여 스마트어댑터는 CAN 기술의 탑재 여부와 관계없이 농기계의 센서들과 시리얼입력으로 정의되는 AMSI(Agricultural Machine's Sensing Interface) 인터페이스를 이용한다. 스마트어댑터와 스마트매니저 그리고 하이브리드 앱 사이에는 농기계관리 인터페이스(AMMI, Agricultural Machine's Management Interface)가 정의된다.

농기계 정비업체 11곳과 판매업체 12곳의 설문조사를 통하여 많은 관리 항목들 중에서 우선적으로 요구하는 7개의 농기계관리 항목과 로그인 및 구성 정보 관리 기능을 스마트어댑터와 하이브리드 앱 사이의 AMMI에 일차적으로 도입하였다.

- 스마트어댑터로의 로그인 관리
- 스마트어댑터의 구성정보 조회 및 수정
  - o 패스워드, 농기계 상태의 체크주기
  - o 농기계의 안전상태 기준(예, 자이로 안전각도)
  - o 통보를 위한 비상연락 전화 등록 및 수정
- 농기계 상태정보의 조회 및 상태정보의 통보
  - o 연료필터의 수분과 배터리 상태
  - o 엔진의 수온과 부동액 양의 상태
  - o 엔진오일과 트랜스미션 필터 상태 및 농기계의 안전각도
  - o 농기계에서 발생한 이벤트의 로그조회와 농기계의 경고 및 위험상태 통보

스마트매니저는 AMMI 인터페이스를 이용하여 농기계들의 통합관리 기능을 수행한다. 스마트어댑터가 농기계의 상태정보를 원격의 스마트매니저에게 통보하기 위해서 LPWAN(Low Power Wide Area Network) 통신 기능이 요구되나 실험실 모델의 구현에서는 WiFi 통신으로 기능시험을 수행하였다. 스마트매니저는 스마트어댑터에서 수신한 정보 중에서 긴급을 요하는 경우에 가족이나 수리점의 지정된 전화번호로 FCM(Firebase Cloud Messaging)이나 SMS-API를 이용하여 실시간으로 통보한다. 운전자의 스마트폰에서 동작하는 농기계관리 하이브리드 앱(HAAM, Hybrid App for Agricultural Machine's Management)는 웹서비스[12]로 구현되는 AMMI를 이용하여 관리를 위한 사용자 인터페이스(GUI) 기능을 수행한다. 또한 HTML5의 웹소켓으로 구현되는 AMMI 인터페이스로 상태정보를 수신하며, 긴급한 정보는 SMS-API를 이용하여 가족이나 수리점의 지정된 전화번호로 통보한다.

스마트어댑터는 농기계의 상태를 주기적으로 모니터링 하여 안전이나 사전 서비스가 요구되는 경고 사항과 고장 시에 AMMI를 이용하여 스마트매니저와 운전자의 스마트폰으로 자동 통보한다. 스마트어댑터는 그림 1과 같이 리눅스 환경에서 농기계관리 소프트웨어가 동작하는 메인보드(라즈베리파이3B)[8]과 전원 조정부와 상태 센싱부를 위하여 자체 개발한 인터페이스 보드로 구성된다. 메인보드와 인터페이스 보드를 이용하여 구현한 스마트어댑터는 그림 2와 같다.



AMMI: Agricultural Machine's Management Interface  
 AMSI : Agricultural Machine's Sensing Interface  
 AMDM: Agricultural machine's Monitoring & Diagnostic Module  
 AMIM: Agricultural Machine's Interface Module  
 AWAM: Adapter's Web service and Alerting Module  
 HAAM: Hybrid App for Agricultural Machine's Management

그림 1. 범용 농기계관리 및 스마트어댑터의 구성도와 인터페이스  
 Fig. 1. Configuration and interfaces of general agricultural machine's management and smart adapter

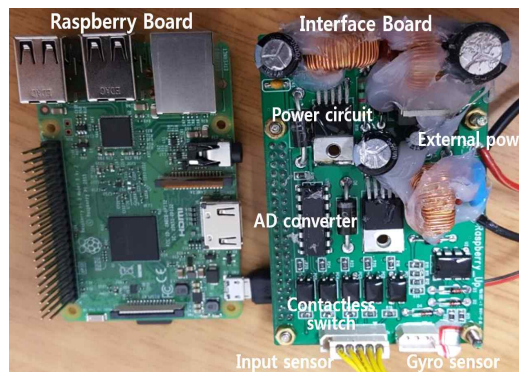


그림 2. 메인보드와 인터페이스 보드로 구현한 스마트어댑터  
 Fig. 2. Smart adapter's implementation with main and interface boards

### 3.2 메인보드의 농기계관리 소프트웨어

#### 3.2.1 모니터링 및 진단과 웹 서비스

메인보드에는 농기계 모니터링/진단모듈(AMDM, Agricultural machine's Monitoring and Diagnostic Module)과 웹서비스/통보모듈(AWAM, Adapter's Web service and Alerting Module)이 동작한다. AMDM모듈은 센싱 인터페이스(AMSI)를 통하여 주기적으로 농기계의 상태를 모니터링하며, 센서들의 상태를 분석하여 고장이나 안전 상태를 진단한다. 또한 스마트어댑터에서 측정되는 농기계의 운행 시간을 이용하여 소모품과 정기점검 주기의 관리를 수행한다. 농기계의 상태를 진단하기 위하여 정의한 상태 다이어그램은 그림 3과 같다.

비정상 상황의 발생 시에 긴급한 조치가 요구되는 지의 여부에 따라 농기계관리 서비스를 3개의 카테고리로 분류하였다. 연료필터 수분 및 배터리 충전상태 같이 운전자에게 경고(Warning) 만을 발생하는 서비스는 카테고리 1로 분류한다.

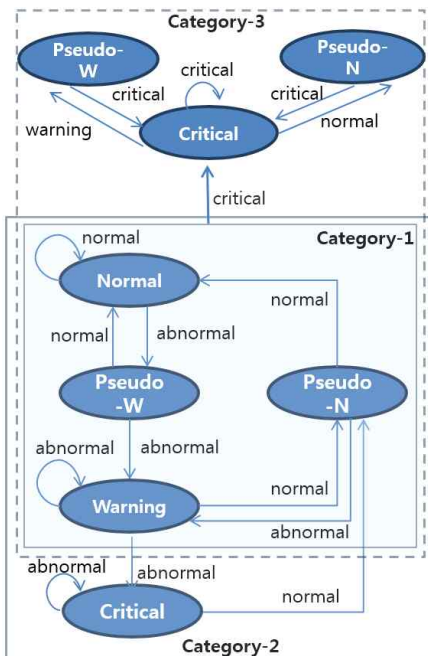


그림 3. 농기계 상태 다이어그램  
Fig 3. Agricultural machine's state diagram

엔지수온 온도, 부동액 양 그리고 엔진오일 양의 상태는 카테고리 2 서비스로 긴급한 조치가 처리되도록 심각(Critical) 상태가 추가로 정의된다. 카테고리 1과 2서비스는 농기계의 센서들에서 정상 또는 비정상 값이 모니터링 된다. Normal 상태에서 연속 2번 비정상 값이 모니터링 되면 Warning 상태로 전이하며, 한번 더 비정상 값이 측정되면 Critical 상태로 전이한다. 안전각도와 관련한 관리 서비스는 카테고리 3으로 측정된 각도에 따라 정상과 경고 및 심각 이벤트가 발생한다. 어떠한 상태에서도 심각에 해당하는 안전각도가 측정되면 안전에 대한 실시간 처리를 위하여 Critical 상태로 전이한다. Critical 상태에서 경고나 정상에 해당하는 안전각도가 감지되면 일시적인 경고(Pseudo-W)나 일시적인 정상(Pseudo-N) 상태로 전이한다. Pseudo-W나 Pseudo-N에서 정상 또는 경고에 해당하는 안전각도가 측정되면 카테고리 1에 정의되어 있는 상태로 전이한다.

Apache Tomcat[13]으로 구현되는 웹서비스/통보모듈(AWAM)은 운전자 스마트폰의 하이브리드 앱에서 발생하는 웹 기반 AMMI 인터페이스의 로그인과 농기계관리 요청을 수행한다. 또한 스마트어댑터에서 진단한 중요 상태정보를 스마트매니저와 스마트폰으로 실시간 통보한다. 통보를 위하여 운전자의 스마트폰과는 웹소켓으로 구현되는 AMMI를 이용하며, 스마트매니저와는 CoAP(Constrained Application Protocol)[14]로 구현되는 AMMI를 이용한다.

#### 3.2.2 시각과 WiFi 설정

스마트어댑터의 메인보드인 라즈베리파이3B는 전원이 꺼지면 시간이 더 이상 동작하지 않게 된다. 스마트어댑터는 인터넷에 상시 연결되는 구성이 아니므로 NTP(Network Time Protocol) 서버로부터 라즈베리파이3B 보드의 시각을 설정할 수 없다. 하이브리드 앱의 실행 시에 TCP 소켓통신으로 스마트폰의 시간을 수신하여 라즈베리파이3B 보드의 시간을 설정하도록 하였다. 보드의 재부팅 시마다 작동(@reboot)하도록 "/etc/crontab"에 리눅스의 시간 설정 명령어(예, sudo date -s "2018-08-30 11:12:15")가 실행되는 파일을 등록하였다.

라즈베리파이3B는 AP(Access Point)로 동작하여 스마트폰과 WiFi 통신을 한다. 메인보드의 부팅 시에 스마트어댑터 별로 서로 다른 SSID(Service Set Identifier) 값들을 설정하는 셸(Shell) 파일을 “/etc/crontab”에 등록하였다. 무선랜을 위한 물리주소 6바이트는 제조사 및 유일한 식별 정보를 포함하고 있으므로 중복의 가능성이 거의 없다. 셸 파일은 “etc/hostapd/hostapd.conf”에 설정하여 둔 SSID의 앞자리 부분과 무선랜의 물리주소 뒷자리 3바이트를 연결하여 새로운 SSID(예, KAgri-070AB4)를 만들어 주는 명령어로 구성된다.

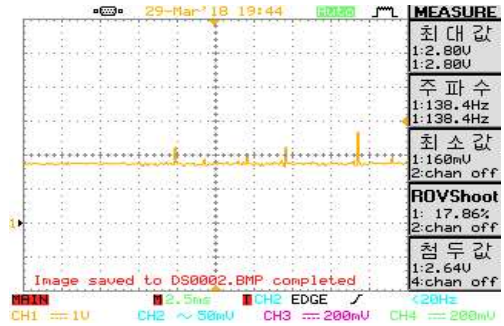
#### IV. 인터페이스 보드의 구현과 시험

##### 4.1 상태 센싱부 및 전원 조정부

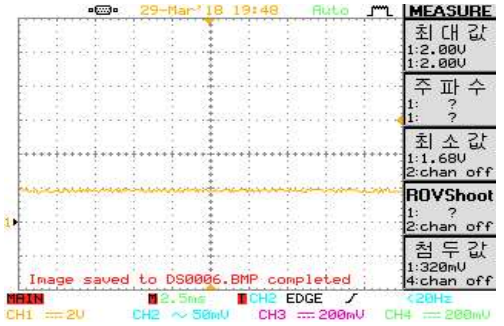
인터페이스 보드에서 동작하는 농기계 인터페이스 모듈(AMIM, Agricultural Machine’s Interface Module)은 그림 1과 같이 전원 조정부와 상태 센싱부로 구성된다. 상태 센싱부는 농기계센싱 인터페이스(AMSI)를 통하여 농기계의 센서들로부터 상태 정보를 주기적으로 모니터링 한다. AMSI는 라즈베리파이3B 보드의 범용입출력(GPIO) 핀과 시리얼입력을 이용한다. 표 1에 정의한 AMSI는 농기계관리 서비스를 위하여 필요한 센서의 종류와 작동방식 및 GPIO의 핀 번호 할당을 나타낸다.

표 1. AMSI와 농기계관리 서비스  
Table 1. AMSI and agricultural machine’s management service

management service	sensor type	operation method	GPIO
fuel filter humidity	level	on, off	23
battery	level	on, off	4
engine’s water temperature	level	thermistor	24
anti-freeze amount	level	on, off	25
safety	gyro	angular velocity	10
transmission filter	level	on, off	18
engine oil	level	on, off	12



(a) 릴레이를 이용한 레벨센싱  
(a) Level sensing with relay



(b) 무접점-스위치를 이용한 레벨센싱  
(b) Level sensing with solid state switch

그림 4. 레벨센싱 시의 출력전압

Fig. 4. Output voltage at level sensing

농기계 상태를 릴레이로 구동하여 모니터링 하는 경우에 노이즈와 채터링(Chattering)으로 인하여 정확한 레벨센싱이 이루어지지 않았다. 정확한 레벨센싱을 위하여 릴레이 대신에 무접점-스위치로 동작하는 포토커플러(Photo-coupler)를 사용하였다. 릴레이와 무접점-스위치를 이용한 레벨센싱에서 측정된 출력전압의 파형은 그림 4와 같다. 릴레이를 이용한 온/오프 레벨센싱에서는 최대 2.8V의 출력전압이 측정되었으며, 이는 노이즈 성분이 약 0.8V 포함된 파형으로 예측된다. 무접점-스위치를 이용한 온/오프 레벨센싱의 출력파형에서는 GPIO 입력 전압이 2.0V로 릴레이 구동회로에 비하여 보다 안정적임을 알 수 있다.

농기계는 작동 환경이 열악하고 고부하를 사용하므로, 발전기에서 발생하는 과전압이 각종 전자부품에 치명적인 영향을 미칠 수 있다. 전원 조정부는 12V 또는 24V의 농기계 발전기에서 스마트어댑터로 5V의 안정적인 전원을 제공한다. 일차로 구현하

였던 전원회로에서는 DC-DC 컨버터를 이용하였다. DC-DC 컨버터를 사용한 전원회로에서는 12.8V를 입력한 경우에 5V가 정상적으로 출력되었으나 농기계의 최소 작동 전원인 9.6V에서는 출력전압이 2.2V로 급격히 떨어지는 현상이 발생하였다. 12V/24V의 농기계 전원에서 스마트어댑터의 안정적인 전원 공급을 위해 DC-DC 컨버터 대신에 레귤레이터를 이용하여 전원회로를 구현하였다. 농기계의 발전기에서 생성되는 과전압으로 부터 스마트어댑터의 내부회로를 보호하기 위하여 47V까지 보호하는 TNR-470 서지 보호기를 사용하였다. 운전자가 농기계 배터리의 극성을 바뀌어 연결하는 경우에 대한 내부회로 보호용으로 다이오드 D1을 연결하였으며, LM2576-5.0과 LM2576- 12.0을 이용하여 5V/3A와 12V/3A 전원회로를 구성하였다.

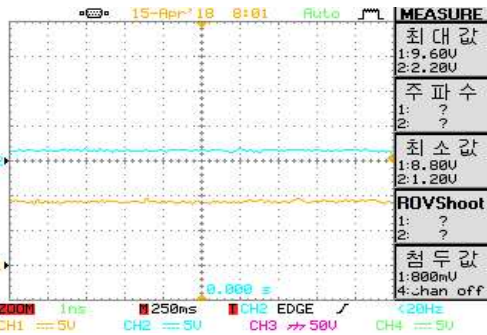
그림 5는 DC-DC 컨버터를 이용한 회로와 레귤레이터를 이용한 회로에 대한 입력전압과 출력전압을 측정한 파형이다. DC-DC 컨버터를 사용한 전원회로에서는 농기계의 최소 작동 전원인 9.6V에서 출력전압이 2.2V로 급격히 떨어지는 현상이 발생하였다. 그러나 레귤레이터를 이용하는 회로에서는 9.6V에서도 라즈베리파이3B 보드가 동작할 수 있는 4.6V의 전압이 출력됨을 확인하였다.

## 4.2 스마트어댑터의 기능 및 환경시험

### 4.2.1 시험 환경

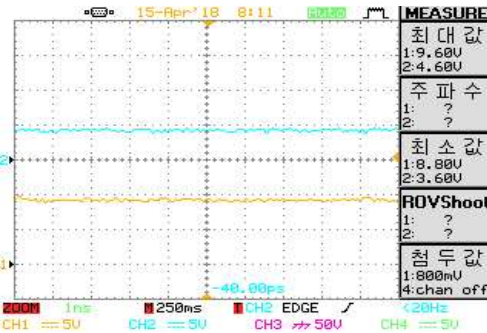
농기계를 시험센터로 옮기지 못하므로 스위치의 온/오프 접점을 이용하여 농기계의 센서를 시뮬레이션 하는 시뮬레이터 패널을 제작하였다. 시뮬레이터 패널에서 농기계의 각 상태를 인위적으로 입력함으로 상태 모니터링과 진단 기능을 확인하였다. 시뮬레이터 패널의 각 스위치들은 전기배선을 이용하여 인터페이스 보드의 상태 센싱부와 연결된다. 농기계에 부착되는 스마트어댑터는 주변이 열악한 조건에서 작동하므로 고온과 저온 그리고 온습도에 대한 환경시험이 요구된다. 환경시험을 위하여 한국 전자통신연구원(ETRI)의 RF시험지원센터에 있는 Weiss Technik 사의 C600 온습도시험기를 이용하였다[9]. 그림 6은 온습도시험기, 시뮬레이터 패널, 직류전압계, 예코 클라이언트와 로그 모니터로 구성되는 스마트어댑터의 기능 및 환경시험 구성도이다.

온습도의 환경시험 중에 메인보드에 있는 농기계 관리 소프트웨어의 동작을 확인하기 위하여 Apache Tomcat의 로그 데이터(/usr/local/web/tomcat/catalina.out) [13]에 1분 주기로 모니터링한 농기계의 상태를 기록하였다. 로그 데이터 화면에는 7 가지의 농기계 점검 항목들에 대한 모니터링 결과를 정상(0), 경고(1) 그리고 심각(2)으로 구분하여 출력된다. 또한 온습도시험기 외부의 노트북에서 동작하는 예코 클라이언트가 스마트어댑터의 메인보드에서 동작하는 예코 서버와 10분 주기로 UDP 기반의 예코 메시지를 교환하므로 환경시험 조건에서 WiFi 통신의 동작여부를 확인하였다.



(a) DC-DC 컨버터를 이용한 회로의 파형

(a) Waveform in the power circuit with DC-DC converter



(b) 레귤레이터를 이용한 회로의 파형

(b) Waveform in the power circuit with regulator

그림 5. 전원회로의 입력과 출력전압의 파형

Fig. 5. Waveform of input and output voltages in the power circuits

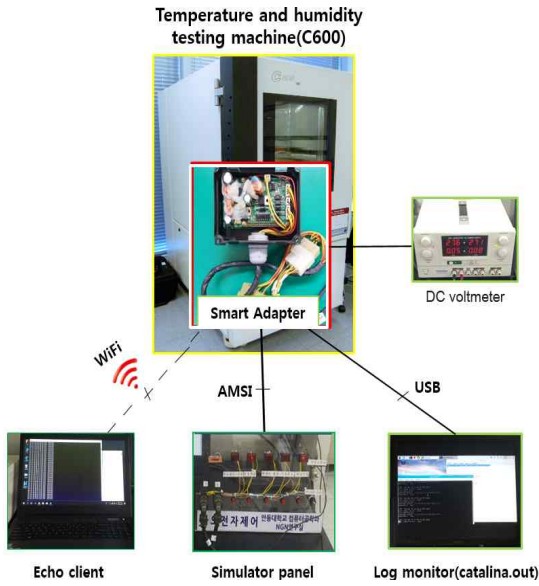


그림 6. 스마트어댑터의 기능 및 환경시험 구성도  
Fig. 6. Functional and environmental test configuration for Smart Adapter

한국전자통신연구원  
Electronics and Telecommunications Research Institute

발행번호 : TR18-017  
페이지 1 / 14

---

## 신뢰성 시험결과서

1. 의뢰기관  
 접수번호: TR18-017  
 회사명: 금오전자제어  
 주소: 대구광역시 서구 가리봉이로7길 18 (상리동)  
 대표자명: 이종화
2. 시험결과서 용도: 신뢰성 시험결과 참고 및 제출용
3. 시료명 및 수량: 스마트 어댑터 1종
4. 시험항목: 고온작동시험, 저온작동시험, 온습도 작동시험
5. 시험기간: 2018년 3월 27일 ~ 4월 7일
6. 시험결과: 시험결과서 세부 결과는 첨부 참조(사본은 무료임)

시험 조건	시험 항목	시험 후 동작 확인
고온작동시험 : 85°C, 96시간	-통신상태 -작동상태	각 신뢰성 시험 후 동작여부 순차적 확인 결과 정상작동 연결상태
저온작동시험 : -30°C, 10시간	-스마트폰	
온습도 작동시험: 첨부 시험조건 참조		

작성일자	김태홍	승인일자	이일진
연락처	042-860-5944	연락처	042-860-1587

귀사의 스마트 어댑터 1종에 대한 신뢰성 작동시험을 상기와 같이 한국전자통신연구원 RF 시험지원센터의 신뢰성 시험시설을 이용하여 진행된 결과 정상작동함을 확인합니다.

2018년 4월 17일

한국전자통신연구원장

대전시 유성구 가정로 218      +82-42-860-0700

그림 7. 스마트어댑터의 환경시험에 대한 ETRI의 시험결과서

Fig. 7. ETRI's test result on environmental test of Smart Adapter

### 4.2.2 시험결과

오픈소스하드웨어에 대한 환경시험 기준이 없어 KS IEC 60068-2-38(합성온도/습도)[15] 및 KS C 0228의 환경시험(전기전자 온습도)[16] 기준을 이용하였으며, 고온작동, 저온작동, 그리고 온습도 사이클의 순서로 시험을 진행하였다. 고온시험은 85도에서 96시간 진행하였으며, 저온시험은 영하 30도에서 10시간 수행하였다. 그림 7은 스마트어댑터의 환경시험에 대한 ETRI의 신뢰성 시험 결과서이다.

고온작동시험(85도에서 96시간)과 저온작동시험(-30도에서 10시간) 그리고 온습도 사이클 시험(24시간)에서 스마트어댑터의 인터페이스 보드와 메인보드 및 스마트어댑터 소프트웨어와 WiFi 통신이 모두 정상적으로 동작함을 나타내고 있다. 고온과 저온 그리고 온습도 시험에 견딜 수 있도록 메인보드와 인터페이스 보드에 PCB 기판의 습기 보호 및 경화 후 절연, 방습 그리고 방수 조치를 취하였다. 방수를 위하여 200도까지의 내열도가 제공되는 코팅 액인 다우코닝(DOW CORNING)사의 제1석유류비수용성 액체인 LDC 2577D를 사용하였으며, 진동으로 인한 전자부품의 이탈을 막기 위하여 무초산 실리콘을 도포하였다. 스마트어댑터에서 사용한 ABS 재질의 케이스는 -20 ~ 80°C의 범위에서 외부온도와 대기 습도에 거의 영향을 받지 않는 합성수지의 일종으로 우수한 가공성, 뛰어난 치수 안정성 그리고 높은 충격 강도를 제공한다.

## V. 결 론

본 논문에서는 농기계에 범용으로 적용할 수 있는 부착형 스마트어댑터의 구성도와 인터페이스를 제시하였으며, 구현과 시험에 대하여 기술하였다. 상태정보 모니터링을 위하여 시리얼입력을 이용하는 센싱 인터페이스를 정의하였으며, 진단을 위하여 상태 다이어그램을 제시하였다. 라즈베리파이 3B로 구현한 스마트어댑터의 메인보드에는 리눅스 환경에서 농기계관리 소프트웨어가 동작하며, 자체 개발한 인터페이스 보드에는 전원공급과 농기계센싱 기능이 동작한다.

레벨센싱을 위하여 무접점-스위치로 동작하는 포



토커플러를 사용한 경우에 GPIO 입력 전압이 2.0V로 릴레이 구동회로의 2.8V 보다 안정적임을 확인하였다. 전원 공급을 위해 DC-DC 컨버터를 이용한 경우에 농기계의 최소 작동전압인 9.6V에서 출력이 2.2V로 급격히 떨어졌으나, 레귤레이터를 이용한 경우에는 라즈베리파이3B 보드가 안정적으로 동작하는 4.6V가 출력됨을 확인하였다. 센서의 시플레이터 패널에서 농기계의 각 상태를 입력함으로 상태 모니터링과 진단 기능을 확인하였다. 주변이 열악한 조건에서 작동하는 스마트어댑터의 환경시험을 위하여 Weiss Technik 사의 온습도시험기(C600)을 이용하였다. 온습도를 가한 환경시험에서 인터페이스 보드와 메인보드 및 메인보드에서 동작하는 소프트웨어와 WiFi 통신이 모두 정상적으로 동작함을 확인하였다.

추후 연구사항으로는 저전력/장거리 무선통신(LPWAN)과 위치정보를 제공하도록 스마트어댑터의 통신기능을 확장할 계획이다.

## References

- [1] Yoon-Hee Lee, "Advanced Science of Multi-purpose Farming Machines and ICT-based Agriculture", KISTI MARKET REPORT, Jun. 2016.
- [2] Kubota KSAS, <https://ksas.kubota.co.jp/>, [accessed July 18, 2018]
- [3] Yanmar SmartAssist, [https://www.yanmar.com/global/technology/smart\\_assist.html](https://www.yanmar.com/global/technology/smart_assist.html), [accessed Jul. 18, 2018]
- [4] New Holland's PLM, <http://d3u1quraki94yp.cloudfront.net/nhag/apac/en/assets/pdf/precision-land-management/precision-land-management-138009-inb-uk.pdf>, [accessed June 20, 2018]
- [5] Jone Deere's JDLink, [https://www.deere.com/en\\_INT/docs/html/brochures/publication.html?id=3bb2b86d#1](https://www.deere.com/en_INT/docs/html/brochures/publication.html?id=3bb2b86d#1), [accessed June 20, 2018]
- [6] Won-Seung Choi and Jin-Gon Shon, "A Study on Reducing CAN Data Traffic for Improving Vehicle Safety", The Journal of Korean Institute of Information Technology Vol. 14, No. 11, pp. 87-92, Nov. 2016.
- [7] Young-Geun Kim, "A Study on Transmission Protocol for Controller Area Network", Mokwon University Graduate School, June 2010.
- [8] Raspberry Pi, <https://www.raspberrypi.org/>, [accessed May 19, 2018]
- [9] Weiss Technik's C600, <http://testlab.amtest.eu/en/our-test-equipment/climate-chamber-c600-40-and-c600-70>, [accessed Mar. 02, 2018]
- [10] Fabrizio Mazzetto and Marco Bietresato, "Proposal of a local telemetry network for the monitoring the thermodynamic and environmental performances of farm tractors", Journal of Agricultural Engineering, Vol. XLIV, pp. 132-136, Sep. 2013.
- [11] R. Khodabakhshian, "A review of maintenance management of tractors and agricultural machinery: preventive maintenance systems", Agricultural Engineering International: CIGR Journal, Vol. 15, No. 4, pp. 147-159, Dec. 2013.
- [12] Y. M. Park, A. K. Moon, H. K. Yoo, Y. C. Jung, and S. K. Kim, "SOAP-based Web Services vs. RESTful Web Services", Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 25, No. 2, pp. 112-120, Apr. 2010.
- [13] Apache Tomcat, <http://tomcat.apache.org>, [accessed June 25, 2018]
- [14] Angelo P. Castellani, Mattia Gheda, Nicola Bui, Michele Rossi, and Michele Zorzi, "Web Services for the Internet of Things through CoAP and EXI", IEEE International Conference on Communications Workshops(ICC), pp. 1-6, Jun. 2011.
- [15] KS IEC 60068-2-38, <https://infostore.saiglobal.com/en-au/standards/ks-c-iec-60068-2-38-2014-1782055/>, [accessed Dec. 12, 2017]
- [16] KS C 0228, [http://www.kssn.net/stdks/ks\\_detail.asp?k1=C&k2=0228&k3=4](http://www.kssn.net/stdks/ks_detail.asp?k1=C&k2=0228&k3=4), [accessed Jan. 12, 2018]

저자소개

이 중 화 (Jong-Hwa Lee)



1988년 : 금오공과대학교  
전자공학과(공학사)  
2004년 : 대구사이버대학교  
컴퓨터공학과(이학사)  
2008년 : 경북대학교  
산업공학과(공학석사)  
2018년 : 안동대학교 컴퓨터공학과

(공학박사)

관심분야 : 농업 기계관리, IoT 및 센서 네트워크

차 영 옥 (Young-Wook Cha)



1987년 : 경북대학교 전자공학과  
(공학사)  
1992년 : 충남대학교 전자통계학과  
(공학석사)  
1998년 : 경북대학교 컴퓨터공학과  
(공학박사)  
1987년 ~ 1999년 : 한국전자통신

연구원 선임연구원

2003년 ~ 2004년 : 매사추세츠 주립대학 방문학자

1999년 ~ 현재 : 안동대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : 망/시스템 제어 및 관리, 네트워크 보안,  
개방형통신망

김 춘 희 (Choon-Hee Kim)



1988년 : 전남대학교 전산통계학과  
(학사)  
1992년 : 충남대학교 전자계산학과  
(이학석사)  
2000년 : 경북대학교 컴퓨터공학과  
(공학박사)  
1988년 ~ 1995년 : 한국전자통신

연구원 연구원

2002년 ~ 현재 : 대구사이버대학교 전자정보통신공학과  
교수

관심분야 : 센서 네트워크, 고속통신망, 망 관리 및 제어