

<http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.1.239>

JIWIT 2012-1-31

## 토양수분측정을 위한 센서 네트워크에 관한 연구

### A Study of Sensor Network for Soil Moisture Measurement

김기환\*

Kee-Hwan Kim

**요약** 본 논문에서는 전기 저항식 수분 측정 방식을 선택한 토양수분센서를 제안하였다. 이 방식은 토양내의 수분량에 따라 저항의 변화가 생기는 것을 전기적인 신호로 변환하여 토양수분량과의 관계를 비교하여 수분량을 측정하는 방식으로 방법이 간단하며 저렴한 비용으로 간단하게 장치를 구현하였으며, 시리얼통신을 이용하여 여러 개의 센서를 하나의 네트워크에 묶어 사용하였다. 이 센서 네트워크를 사용하여 IMS(Internet Management System)에 적용하였으며, 센서 네트워크가 웹에서도 잘 작동함을 보였다.

**Abstract** This paper proposes a electric resistor sensor to measure soil moisture. The soil moisture sensor uses resistance to measure the water content of soil. The main idea is the resistance between the sensor probes can vary according to the water content of soil. Then the resistance difference can be converted to the electrical signal. This sensor is very simple and cheap. In this paper several sensors are connected in serial and composed a sensor network. This sensor network is adopted in IMS(Internet Management System) and demonstrated.

**Key Words :** Soil Moisture Sensor, Electric Resistor, Sensor Network, RS 485, IMS

## I. 서론

토양 속의 수분은 식물생장에 있어서 없어서는 안 될 요소이다. 이는 뿌리가 무기물과 영양분을 흡수할 수 있도록 하고 토양 속의 온도를 조절하여 뿌리의 영양분 흡수 능력을 향상시키기도 한다. 이뿐만 아니라 산소를 공급하는 중요한 역할을 하기도 하여 토양 내 수분이 과다하거나 부족한 경우에는 식물의 성장에 많은 영향을 미친다. 따라서 토양의 수분이 과다하거나 부족한 경우에는 인위적으로 정량의 수분을 조절하는 관리 기술이 중요하다. 이와 같은 물 관리 기술 중 하나로 광범위한 지역의 토양수분 함량을 실시간으로 측정하는 것이 관개

배수 및 농업 등에 없어서는 안 될 필요한 자동화 기술이다.

본 논문에서는 토양의 수분 함량을 여러 개의 토양 수분센서를 네트워킹하여 실시간으로 측정하여 인터넷 망을 통한 원격 모니터링이 가능하게 하였으며 설계·제작 및 실험하여 결과를 고찰하였다.<sup>[1][2]</sup>

## II. 본론

일반적으로 토양은 공기, 물 그리고 여러 가지 종류의 고상, 무기물과 유기물들로 구성되어 있다. 토양의 종류에 따라 각각의 구성비가 다르나 공기와 수분은 각 각 대

\*정회원, 세명대학교 전자공학과  
접수일자 2011.12.10, 수정완료 2011.12.23  
게재확정일자 2012.2.10

Received: 10 December 2011 / Revised: 23 December 2011 /  
Accepted: 10 February 2012

\*Corresponding Author: khkim@semyung.ac.kr  
Department of Electronic Eng. Semyung University, Korea

략적으로 20%에서 30% 정도로 구성되어 있으며 약 5% 정도의 유기물과 나머지의 무기물로 되어있다.

토양의 수분을 측정하는 방법은 다양하나 대부분 정확하지 못하다. 그 중 대표적인 방법으로는 수분의 중량 백분율을 구하는 건조방법이 있으나 이는 절차가 까다롭고 불편하다. 또 다른 방법으로는 중성자 산란을 이용한 중성자 수분측정기와 마이크로파를 이용하는 방식이 있다. 이 방법은 신속하고 정확하게 토양 수분량을 측정할 수 있으나 가격이 매우 높으며 주로 실험실에서 사용되고 있다.<sup>[1]</sup> 또한 유전율을 이용하는 방법이 있다. 이는 센서 매설 깊이에 따라 상대 캐패시턴스의 값이 변화를 측정하는 것인데 일반적으로 깊이가 18cm 이상의 깊이에 센서를 매설하면 센서 값의 변화가 거의 없으며 온도에 따른 변화가 심하여 실제 상대 캐패시턴스값이 측정 값과 이론 값의 차이가 많다.<sup>[3][4]</sup>

### 1. 센서

본 논문에서는 전기 저항식 수분 측정 방식을 선택하였다. 이 방식은 토양내의 수분량에 따라 저항의 변화가 생기는 것을 전기적인 신호로 변환하여 토양수분량과의 관계를 비교하여 수분량을 측정하는 방식으로 방법이 간단하며 저렴한 비용으로 간단하게 장치를 구현할 수 있다는 장점이 있다. 또한 시리얼통신을 이용하여 여러 개의 센서를 하나의 네트워크에 묶어 사용하기 쉽다는 장점이 있다.

그림 1은 센서의 사진이며 가변저항을 이용하여 센서의 감도를 조절할 수 있도록 하였다. 두 전극 사이의 전기저항을 측정하여 저항값 변화에 따른 전압의 변화로 MCU(AVR128)로 AD컨버팅을 수행하여 측정값을 산출한다. 이는 수분과 입자의 영향에 따른 전기저항의 변화로서 토지에 수분함량이 많으면 저항값이 작아지고, 수분함량이 적으면 저항값이 커진다. 토지에 함유되는 수분의 양은 토양을 구성하고 있는 입자의 크기와 다양성, 저밀도에 따라 변화하며 이와 같은 방법은 저렴한 비용으로 간단히 시스템을 구현할 수 있다는 장점이 있다. 반면에 토양수분이 많을 때는 전기저항이 둔감하여 오차가 크다는 단점 또한 내포하고 있다. 그림 2는 상기에 설명한 원리를 그림으로 표현한 것이며 식(1)은 저항값의 변화에 따른 전압 분배의 식을 나타낸 것이다.

그림 3은 마스터와 IMS(Internet Management System)과의 연결을 위한 일반 시중에서 손쉽게 구입할

수 있는 RS485-USB 변환기이다.

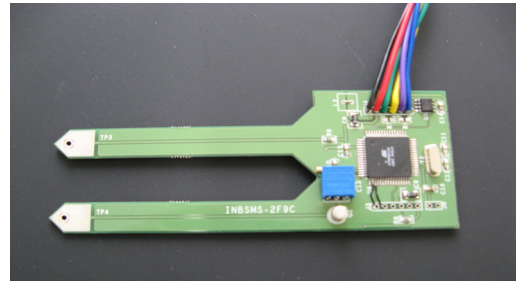


그림 1. 전기저항 방식의 네트워크 가능한 토양수분센서  
Fig. 1. Networkable Electric Resistor Sensor for Soil Moisture

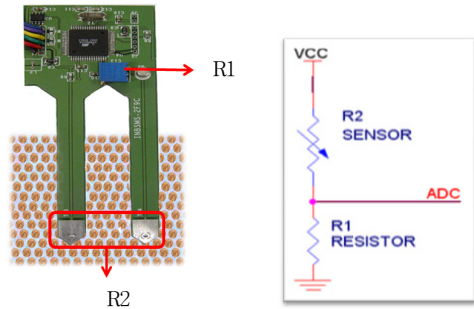


그림 2. 센서 원리  
Fig. 2. Principle of Sensor

$$V_{REF} = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V \quad (1)$$

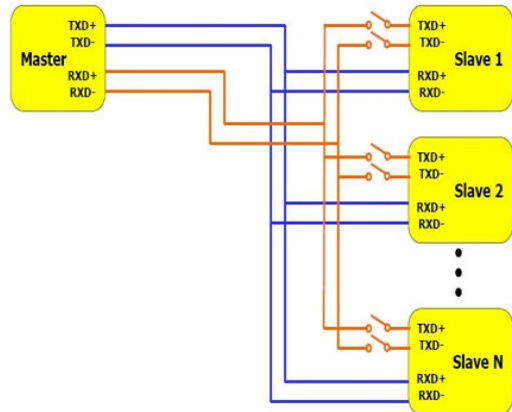


그림 3. RS485 통신 방식  
Fig. 3. Communication Schematic for RS485

## 2. 센서 네트워크

본 논문에서는 센서들을 네트워킹하기 위하여 시리얼 통신 인 RS-485방식을 채택하였다. 이 방식은 RS 232, RS 422의 확장 버전으로, 홈 네트워크를 지원하는 일종의 시리얼 통신 프로토콜 표준 규격으로 전송 속도가 낮고 전송 거리가 짧은 RS 232를 보완하기 위한 통신 방식이다. 또한 RS-422방식은 1개의 마스터 장치와 슬레이브 장치 간에 데이터를 주고받는 방식으로 통신하는 반면, RS 485는 모든 장치들이 같은 라인에서 데이터 전송 및 수신을 할 수 있으며 최대 드라이버·리시버 수가 각각 32개에 이르고, 최대 속도 10Mbps에 최장 거리 1.2km까지 네트워크 구축이 가능하다.<sup>[5]</sup> 또한 내부적으로 3상태 구조(tri-state)로 되어 있어 이 단자를 제어하여 센서가 여러 개가 연결되어 있어 사용하지 않을 때는 접속을 끊을 수 있는 장점이 있다.

센서를 네트워크에서 사용하기 위해서는 센서 고유의 아이디를 부여하여야 한다. 또한 센서에서 읽은 아날로그 전기신호를 디지털화 하여 이를 마스터 장치에 전송하여야 한다. 이를 위해서 AVR128 마이크로프로세서를 각 센서에 부착하였으며 마스터 장치에서 각 센서에 일정한 시간 간격으로 신호를 보내 센서값을 전송할 수 있도록 하였다.

여기에서 슬레이브는 개개의 토양수분센서이며 마스터는 웹 PC와의 인터페이싱 회로를 의미한다.

PC와의 인터페이싱은 PC측에서는 USB 단자를 사용하고 AVR 마스터 MCU에서는 RS485를 사용한다. 이때 통신에 사용되는 변환기는 일반 시중에서 판매하는 것을 사용하였다. 그림 4는 RS485와 USB 통신을 위한 변환기이다.

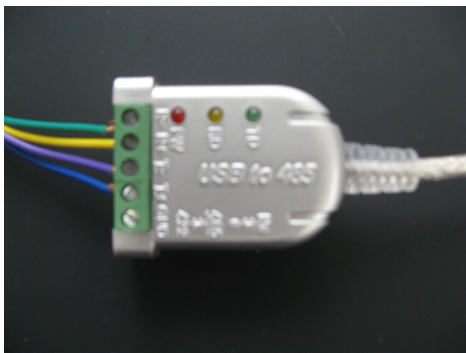


그림 4. RS485 - USB 통신을 위한 변환기  
Fig. 4. Converter for RS485 to USB

그림 5는 전체적인 센서 네트워크 토폴로지이다.

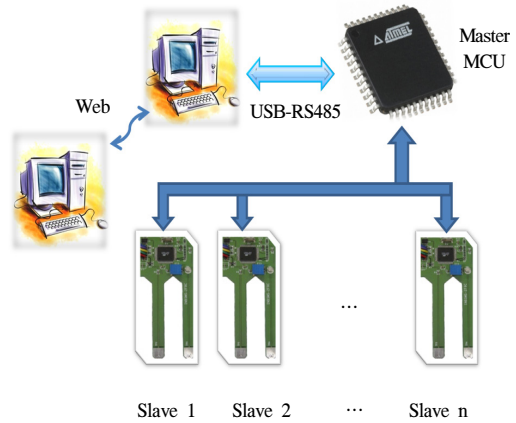


그림 5. 센서 네트워크 토폴로지  
Fig. 5. Sensor Network Topology

## 3. 통신 프로토콜

센서 네트워크를 위한 통신 프로토콜은 다음과 같이 구성하였다. 먼저 마스터 측에서는 상대방 슬레이브 센서의 응답을 요구하기 위한 ENQ(Enquiry) 신호를 내보내고 다음으로는 슬레이브 센서의 ID와 마스터가 요구하는 커멘드를 보낸다. 이때 커멘드에는 Set ID, Call ID 그리고 Read Data와 같은 명령이 주어질 수 있는데 Set ID는 슬레이브 센서에 고유번호를 지정하기 위해 사용하며, Call ID는 ID에 상응하는 고유의 슬레이브 센서를 불러내기 위해 사용한다. 또한 Read Data는 먼저 Call ID의 명령으로 불러 낸 센서의 값을 읽기위해 사용하는 명령어이다. 반면에 슬레이브 측에서는 마스터 측에서 요구한 명령어에 응답하는 단계로 이들의 프로토콜이 표 1과 같이 구성되어 있다.

표 1. 통신 프로토콜

Table 1. Communication Protocol

Master	ENQ	ID	Command	Data	EOT
Slave[n]	ACK	ID	Command	Data	EOT

## III. 제작 및 적용

센서는 토양에 쉽게 설치 할 수 있도록 스틱 형태로

그림 1과 같이 제작하였다. 먼저 실험실에서 각각의 센서들의 값을 보정 및 통신을 확인하기 위하여 그림 6과 같이 구성하였으며 여러 종류의 토질에 따른 변화를 보기 위해 그림 7과 같이 구성하여 실험하였다. 그림 7의 실험에서 토양의 종류에 따라 수분 함유량이 달라짐을 볼 수 있었으나 전반적인 수분함유량의 상대적인 크기의 변화는 거의 일정함을 볼 수가 있었다. 이러한 결과는 같은 종류의 토양에서는 센서에 부착된 가변저항으로 센서값을 보정함으로써 센서에서 측정된 값의 오차를 줄일 수 있었다.

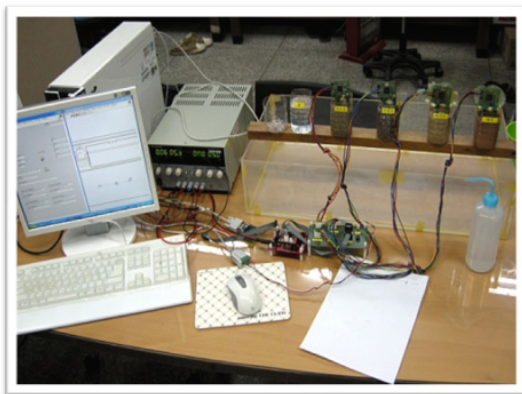


그림 6. 실험장치  
Fig. 6. Experiment Setup

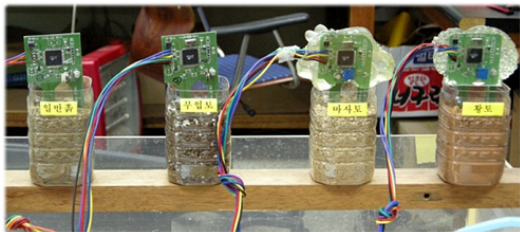


그림 7. 다양한 토양에 대한 실험  
Fig. 7. Experiment for different type of soil

센서 두 개를 지붕녹화가 되어있는 건물의 지붕과 지상의 잔디밭에 설치하였으며 이를 IMS(Internet Management System)를 통해 현재의 기상 값과 제작한 센서의 값을 비교해 보았다.<sup>[6][8][9][10][11]</sup>



그림 8. 토양수분센서를 장착한 IMS 유저 인터페이스  
Fig. 8. IMS User Interface with Soil Moisture Sensors

#### IV. 결 론

본 논문에서는 센서 네트워크의 기능이 있는 전기저항식 토양 수분센서에 관하여 고찰하였다. 저렴한 비용으로 구현하였으며 여러 개의 센서를 넓은 지역에 분포시켜 토양수분을 측정할 수 있었다. 또한 인터넷을 통한 원격 모니터링이 가능하였고 측정된 값이 비교적 정확하게 나옴을 확인할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 이정록, "토양 수분 측정을 위한 전기 저항식 센서," 한국항공대학교 석사학위논문, 2008
- [2] 심주현, "웹 기반의 온실 원격 제어 시스템의 개발," 영남대학교 석사학위논문, 2003
- [3] 오영택, 오동식, 송관철, 신제성, 임정남, "토양 수분 측정을 위한 유전율식 센서 연구," 한국토양비료학회지, vol. 31(2), pp. 85-94, 1998
- [4] 김기복, 김상천, 주대성, 윤동진, "고주파의 2개 주파수 임피던스 변화를 이용한 토양내 수분함량 정밀측정," 한국농업기계학회지, vol. 28, No. 4, pp.369-376, 2003
- [5] <http://www.naver.com>
- [6] 김기환, "지능형 원격 제어 모니터링을 위한 인터넷 관리 시스템," 한국인터넷방송통신학회논문지,

vol. 10(4), pp. 1-5, 2010

- [7] 이응혁, 장문석, 장영진, “AVR ATmega 128 마이크로컨트롤러 프로그래밍과 인터페이싱”, ITC, 2009
- [8] 김기환, 위용환, 노태진, 김정환, “센서 네트워크를 이용한 전기저항식 토양수분센서에 관한 연구,” 2011년 한국인터넷방송통신학회 춘계학술대회 논문집, 제9권 1호, pp. 88-89, 2010
- [9] 이정익, “PDA를 이용한 유아 원격 감시 시스템,” 한국산학기술학회논문지, v.10, no.8, pp.1779-1782, 2009
- [10] 한새론, 김성환, 최관순, 임종식, 김동식, 이순흠, 전홍구, “ATmega128을 이용한 원격 전기회로 실험실의 구현,” 한국정보기술학회논문지, 제8권 11호, pp. 215-224, 2010
- [11] 제현우, 양 오, “스마트폰을 이용한 태양광 인버터의 원격 모니터링 시스템,” 한국정보기술학회논문지, 제10권 1호, pp. 241-249, 2011

#### 저자 소개

##### 김 기 환 (정회원)



- 1990년 독일 지겐대학교 전기 전자공학과 Diplom 졸업.
- 1995년 독일 지겐대학교 전기전자공학과 박사 졸업.
- 2012년 현재 세명대학교 전자공학과 교수.

<주관심분야 : 제어, 자동화, 로봇, 친환경, 신재생에너지>