

지능형 사물인터넷을 이용한 식물 성장 환경 예측

고수정

인덕대학교 컴퓨터소프트웨어학과

Predicting Plant Biological Environment Using Intelligent IoT

Sujeong Ko

Department of Computer Software, Induk University, Seoul, Korea

[요 약]

사물인터넷 기술은 농업, 낙농업 등의 기술에 적용되어 도시에서도 간편하고 손쉽게 농작물을 재배하는 것을 가능하게 한다. 특히, 농업 부문에서 재배작물의 성장환경에 맞도록 지능적으로 판단하고 제어하는 사물인터넷 기술이 발전되고 있다. 본 논문에서는 지능형 사물인터넷을 이용하여 식물의 수분 공급 주기를 학습함으로써 식물의 성장 환경을 예측하는 방법을 제안한다. 제안된 시스템은 토양 수분량의 수분단계를 지도 학습으로 찾아내고, 측정된 수분단계를 기반으로 수분 공급의 규칙을 찾아낸다. 이러한 규칙을 기반으로 수분 공급 주기를 예측하고, 미디어를 이용하여 출력함으로써 사용자가 사용하기에 편리하도록 구현하였다. 또한, 센서가 측정하는 값의 오차를 줄이기 위하여 식물간에 서로 정보를 교환함으로써 오류가 있는 경우의 값을 보완해 가면서 예측의 정확도를 높였다. 성장 환경 예측 시스템의 성능을 평가하기 위하여 토양 수분 공급량이 현격히 차이가 있는 여름과 겨울로 나누어서 실험하였으며, 정확도가 높음을 검증하였다.

[Abstract]

IoT(Internet of Things) is applied to technologies such as agriculture and dairy farming, making it possible to cultivate crops easily and easily in cities. In particular, IoT technology that intelligently judge and control the growth environment of cultivated crops in the agricultural field is being developed. In this paper, we propose a method of predicting the growth environment of plants by learning the moisture supply cycle of plants using the intelligent object internet. The proposed system finds the moisture level of the soil moisture by mapping learning and finds the rules that require moisture supply based on the measured moisture level. Based on these rules, we predicted the moisture supply cycle and output it using media, so that it is convenient for users to use. In addition, in order to reduce the error of the value measured by the sensor, the information of each plant is exchanged with each other, so that the accuracy of the prediction is improved while compensating the value when there is an error. In order to evaluate the performance of the growth environment prediction system, the experiment was conducted in summer and winter and it was verified that the accuracy was high.

색인어 : 식물간의 정보 교환, 지능형 사물인터넷, 수분 공급 주기 학습, 성장 환경 예측, 토양 수분량

Key word : Exchange of information between plants, Intelligent IoT, Learning of supply cycle of soil moisture, Prediction of growth environment, Soil moisture

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2018.19.7.1423>



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 20 June 2018; Revised 15 July 2018

Accepted 25 July 2018

*Corresponding Author; Sujeong Ko

Tel: +82-10-4645-0589

E-mail: sjko@induk.ac.kr

I. 서 론

정보통신의 발달은 사람이 직접 제어할 필요없이 컴퓨터와 통신이 모든 것을 제어하는 스마트 환경이라는 새로운 패러다임을 생성하였다. 스마트 환경을 가능하게 하는 핵심 기술 중 하나는 사물 간 연결을 통한 가치 있는 서비스 제공을 하는 사물인터넷(IoT: Internet of Things) 기술이다. 사물인터넷은 사람과 사물 그리고 공간을 인터넷으로 연결하여 정보를 생성하고 수집하며 다시 공유하고 활용할 수 있도록 한다[1]. 사람들에게 의해서 생성되는 데이터와는 달리 유무선 통신 네트워크를 기반으로 가정 내의 다양한 가전 기기 및 센서들이 서로 상호 연결되어 수많은 데이터를 생성한다[2].

이와 같은 데이터를 분석하여 다양한 산업 분야에서 모니터링, 판단 및 제어를 하는 지능적인 사물인터넷 기술이 대두되고 있다[3, 4]. 이러한 지능적인 사물인터넷 기술은 전자 제품이나 물건 뿐만 아니라 농업, 낙농업 등의 기술에도 적용되어서 도시에서도 간편하고 손쉽게 농작물을 재배할 수 있다[5, 6]. 전 세계적으로 농업 부문에서는 통신을 이용하여 농작물 생산지로부터 기상정보 및 환경 정보를 수집한다. 수집된 정보를 재배작물의 성장환경에 맞도록 온도 및 습도, 토양 등의 변화를 모니터링하고 제어하는 기술이 발전되고 있다[7, 8, 9].

반면, 상용화된 사물인터넷 서비스는 스마트폰을 이용한 홈기기 원격 제어나 전력 확인 등 홈사물인터넷 수준이므로 사물과 사물이 자동적으로 자신의 정보를 교환하는 의미의 사물인터넷 서비스로는 다소 부족하다[10]. 특히, 인터넷상에서 사용되는 데이터가 비디오, 오디오, 사진 등과 같은 미디어 콘텐츠이므로, 사물인터넷 분야도 미디어를 포함하여 지능적으로 서로를 제어하는 서비스가 필요하다[11, 12].

본 논문에서는 지능형 사물인터넷을 이용한 식물 성장 환경을 예측하는 방법을 제안한다. 식물이 성장하는데 필요한 수분의 공급 주기는 식물의 종류에 따라 그리고 식물의 주변 환경에 따라 달라진다. 즉, 같은 식물이라도 여름과 겨울에 주는 물의 양은 다르다. 물을 공급하는 주기는 인터넷이나 기타 매체를 통하여 얻을 수는 있으나 식물이 있는 환경에 따라 다를 수 있기에 식물을 키워본 경험이 없을 경우에는 식물 재배에 실패하는 경우가 많다. 제안한 방법에서는 식물 성장환경을 사물인터넷을 이용하여 모니터링함으로써 식물에게 필요한 수분을 공급하는 주기를 지능적으로 예측한다. 또한, 사물인터넷을 위하여 식물에게 센서를 탑재하고 식물들간에 주고받는 데이터를 기반으로 수분량의 차이를 대화형으로 표현한다. 즉, 각 식물의 수분량이 다를 경우 다르다는 것을 대화형으로 알린다. 식물들의 수분량 데이터를 실시간으로 분석하여 기계 학습[13]의 지도 학습과 같은 원리에 의하여 식물의 수분 단계를 판단하고, 이를 근거로 하여 식물의 수분 공급 필요 주기를 지능적으로 예측한다. 예측한 결과는 안드로이드 환경에서 제작된 앱을 이용하여 출력한다.

본 논문의 2장에서는 식물 성장 환경 예측 시스템의 구성도

를 나타내고, 3장에서는 미디어 기반 상호작용과 식물 성장 수분 공급 필요 주기 예측 방법을 기술한다. 4장에서는 성능 평가를 기술하고, 5장에서는 결론을 기술한다.

II. 지능형 사물인터넷을 이용한 식물 성장 환경 예측 시스템 구성

2-1 시스템 구성도

그림 1은 사물인터넷을 이용한 식물의 수분 공급 주기를 예측하는 시스템의 구성도를 나타낸다. 식물의 수분량을 읽기 위해서는 토양 수분 센서를 비롯한 여러 가지 재료를 이용하는 아두이노 개발 환경을 필요로 한다.

이와 같은 개발 환경에서 토양 수분 센서를 이용하여 식물로부터 토양 수분량을 읽은 후, 예측의 정확도를 높이기 위하여 비슷한 식물의 수분 상태와 비슷한가를 판단한다. 수분이 다를 경우 수분이 같은 상태에서 학습하도록 조정한다. 수분량을 읽은 후에는 수분의 단계를 판단하고, 수분의 단계를 기반으로 수분 공급 주기를 예측한다. 수분의 단계와 수분 공급 주기를 출력하는 방법으로는 안드로이드 앱을 이용한다. 식물 성장 환경 예측을 위한 안드로이드 앱은 앱인벤터 툴을 이용하여 제작한다. 안드로이드 앱은 수분의 단계와 예측한 수분 공급 주기를 음성으로 출력한다.

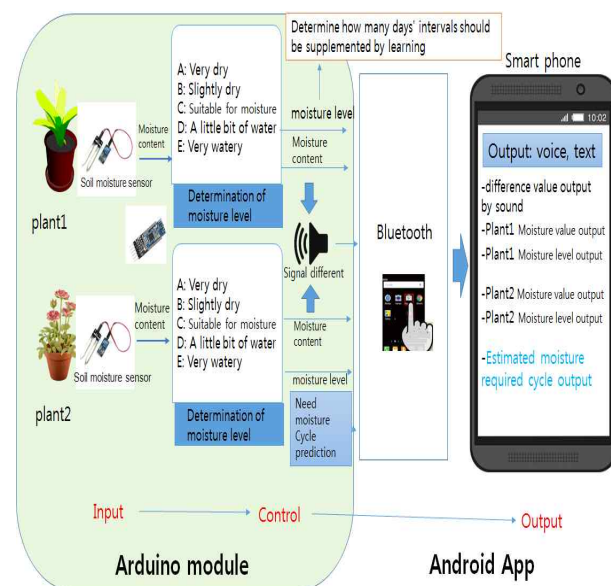


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System diagram

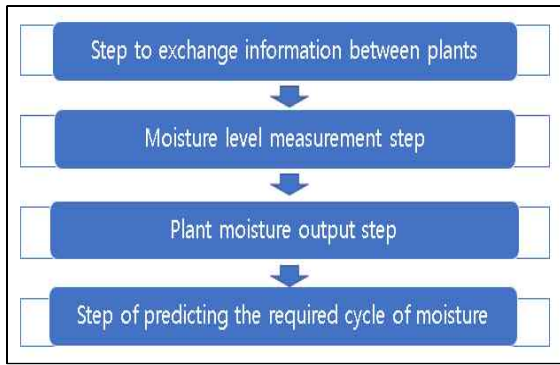


그림 2. 식물 성장 환경 예측 시스템의 단계별 구성
Fig. 2. Step-by-step composition of plant growth environment prediction system

2-2 식물 성장 환경 예측 단계별 구성

식물 성장 환경을 예측 시스템은 그림 2와 같이 단계별로 구분할 수 있다. 식물간의 정보 교환 단계, 수분 단계 측정 단계, 식물의 수분 단계 출력 단계, 수분의 필요 주기 예측 단계로, 총 4단계이다.

첫 번째 단계인 식물간의 정보 교환 단계에서는 예측의 오차를 보정하기 위한 과정이다. 수분을 공급하는 주기를 예측하는 시스템의 정확도를 감소시키는 여러 요인으로 인하여 예측의 정확도가 낮아진다. 그 요인 중 하나는 식물 한 그루만으로 수분 공급 주기를 예측하는 경우이다. 이 경우는 센서의 측정 오류나 식물의 갑작스런 상태 변화 등으로 인하여 예측의 정확도가 낮아진다. 따라서 한 그루 이상의 비슷한 크기, 같은 종의 식물에 모니터링 시스템을 적용한다. 모니터링 시스템은 두 식물로부터 측정된 수분량의 차이가 크게 발생할 경우 다른 식물에 이를 알리는 과정을 거쳐서 수분량을 맞추는 보정과정을 거친다.

두 번째 단계인 수분 단계 측정 단계는 현재 식물의 수분 공급 필요량을 판단하는 단계이다. 미리 센서로부터 읽은 수치를 분석하여 물의 필요량이 얼마나 되는가를 학습한다. 이와 같은 학습과정은 기계 학습의 학습과정과 유사하다. 기계 학습의 방법 중 지도 학습으로 어떤 입력에 대하여 어떤 결과가 나와야 하는지의 사전 지식을 갖고 있는 경우에 해당 입력에 대해 특정 출력이 나오도록 하는 규칙을 찾아낸다. 보통 입력과 출력 쌍으로 구성되는 학습 데이터(training data)에 의해 입력으로부터 출력을 끌어내는 규칙(rule)을 발견하는 것을 학습의 목표로 한다[14]. 이와 같이 학습에 의해 결정된 수분 단계를 기반으로, 센서로부터 읽은 수분량에 따라 식물의 수분 단계를 결정한다.

세 번째 단계인 식물 수분 단계 출력 단계에서는 스마트폰에 식물의 수분 단계를 음성으로 출력한다. 스마트폰은 학습을 통해 결정된 수분 단계 중 현재의 수분 상태가 어느 단계에 속하는 지를 전송받는다. 또한 여러 식물간의 수분 단계가 같은가 다른가의 비교 결과도 전송받는다. 이와 같이 전송된

식물간의 정보 교환 결과와 현재 각 식물의 상태를 저장하고, 그 상태를 음성으로 출력한다.

마지막 네 번째 단계인 수분의 필요 주기 예측 단계에서는 식물이 몇 일 간격으로 물을 필요로 할 것인가를 예측한다. 센서를 이용하여 식물의 수분량을 읽고 수분 단계를 결정하고, 스마트폰에 수분 단계를 보낸다. 물이 부족할 경우 날짜를 저장한다. 그러면 다음에 또 수분이 부족하다는 신호를 보낼 경우 날짜 차이를 계산한다. 그 날짜 차이를 저장하여 그 주기를 전송하여 수분의 필요 주기를 예측한다. 날짜 차이를 계산할 경우 몇 번의 부족 신호를 기준으로 날짜 차이를 계산하는가에 따라 정확도가 차이가 있으므로 실험을 통하여 가장 정확도가 높은 신호수를 기준으로 필요 주기를 예측한다. 예측한 날짜를 스마트폰에 음성으로 출력한다.

III. 미디어 기반 상호작용과 식물 성장 수분 공급 필요 주기 예측

식물의 성장을 위한 수분 공급 주기를 예측하는 시스템은 사용자에게 편의성을 제공하기 위하여 문자가 아닌 미디어를 기반으로 정보를 제공한다. 이를 위하여 먼저 수분량을 측정하기 위한 회로를 구성하고, 식물간에 정보를 교환하는 과정을 기술한다. 다음으로 수분량을 측정하는 방법, 수분 공급 필요 주기를 예측하는 방법을 기술한다.

3-1 수분량을 측정하기 위한 회로 구성

식물로부터 토양의 수분을 읽어오는 보드를 구성하기 위하여 아두이노UNO보드, 빵판, USB케이블, 토양 수분 센서, 점퍼케이블, 9V건전지케이블, 9V건전지, 램프 등의 재료를 이용한다. 이러한 재료를 이용하여 토양 수분 센서가 식물의 수분량을 읽어올 수 있는 회로를 구성할 수 있다. 그림 3은 식물로부터 수분량을 측정하기 위한 회로 구성을 나타낸다.

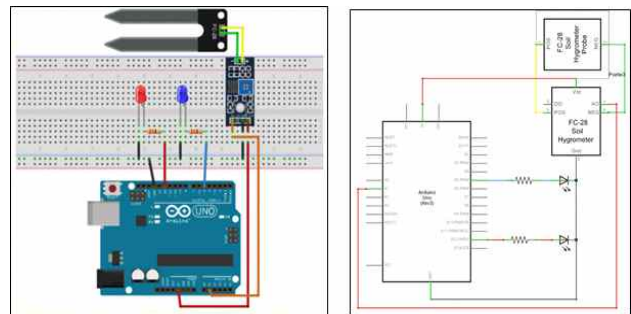


그림 3. 식물로부터 수분량을 측정하기 위한 회로 구성
Fig. 3. Circuit configuration for measuring moisture content from plants



그림 4. 수분량이 다른 식물간의 정보 교환 결과

Fig. 4. Information exchange between plants with different moisture contents

3-2 식물간의 정보 교환

수분을 공급하는 주기를 예측하는 시스템의 정확도를 향상시키기 위하여 식물 한 그루만이 아닌 여러 그루를 대상으로 토양 수분량을 교환함으로써 센서의 오류나 식물의 갑작스런 상태 변화 등을 인하여 발생된 측정 오류를 보정한다. 비슷한 크기의 같은 종 식물의 수분량을 모니터링하여 식물간 서로의 수분량 정보를 교환한다. 두 그루의 식물이 서로의 수분량을 교환하고 공유하였을 때 수분량의 차이가 발생할 수 있다. 이 경우 다른 식물에 이를 알리는 과정을 거쳐서 수분량을 맞춘다. 그 결과, 한 그루의 식물로부터 공급 주기를 예측하는 경우의 오류를 감소시킬 수 있다.

두 식물이 수분량을 교환하는 방법은 각 식물에 토양 수분 센서를 꽂고, 수분량을 읽어 와서 수분량의 값을 비교한다. 비교 결과, 각 센서로부터 보내온 수분량 값의 차이가 10이상일 경우 두 식물의 수분량이 다르다고 판단한다. 수분량이 다르다고 판단한 경우 '다르다'는 메시지를 스마트폰으로 보내서 두 식물의 수분량이 다름을 출력한다. 그림 4는 실험에 사용한 식물에 토양 수분 센서를 꽂고, 센서로부터 보내온 수분량이 다를 경우 스마트폰으로 수분량이 다름을 출력하는 그림이다.

3-3 식물의 토양 수분 단계 측정

센서로부터 전송받은 숫자는 식물만의 언어로 생각할 수 있다. 즉, 센서로부터 읽은 수치를 그대로 사용해서 수분량을 그대로 출력할 경우 수분량의 단계를 이해하기는 어렵다. 따라서 식물만의 언어를 번역하여 사람이 알 수 있는 언어로 변경하는 것이 필요하다. 보내온 숫자와 식물의 현재 수분량과의 관계를 학습하여 현재 식물의 수분량 상태를 인식하는 것은 중요하다.

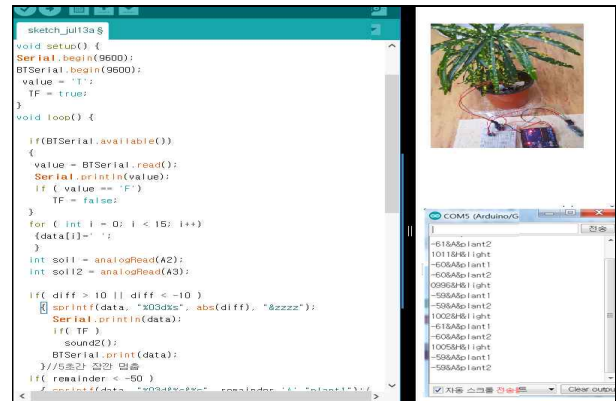


그림 5. 토양 수분 센서를 이용한 식물의 수분량을 측정

Fig. 5. Measure moisture content of plants using soil moisture sensor

이를 위하여 센서로부터 전송받은 값을 의미 있는 정보로 변환하는 학습과정을 정의한다. 이와 같은 학습과정을 통하여 센서가 보내온 값과 실제 식물의 수분량과의 관계를 알 수 있다. 학습과정이 완료되면 이를 기반으로 새로운 식물의 수분 단계를 측정할 수 있다. 구체적으로, 수분 단계를 학습하고 측정하는 단계는 다음과 같다.

학습단계에서는 식물의 수분량을 연속적으로 측정하고, 그 측정된 값의 의미를 파악하여 식물이 보내는 수분량의 의미를 정의하여 저장한다. 토양 수분 센서로부터 읽은 값이 클 경우 수분량이 부족한 단계이고, 작을 경우 수분이 많은 단계이다. 이와 같은 수치는 일반적으로 수치가 크면 많고, 수치가 작으면 작다는 일반적인 이론과 반비례한다. 따라서 일주일간의 사전 학습을 통하여, 센서로부터 읽은 값을 의미 있는 정보로 전환하는 과정이 필요하다.

식물에 토양 수분 센서를 연결하여 수분량을 측정을 해보면 그림 5와 같이 보통 -600에서 600사이의 값을 컴퓨터로 보내왔다. 이와 같은 값에 대해 수분량의 정도를 쉽게 인식하는 방법은 수분량이 가장 적당하면 0으로, 0보다 작으면 건조한 것으로, 0보다 크면 수분량이 많은 것으로 센서로부터 받은 값에 의미를 부여한다.

식물들을 대상으로 실험을 한 결과, 식물에 물을 준지 2일 정도 지난 식물들의 토양 수분량은 평균 400의 값이었고, 400의 토양 수분량을 가진 식물은 너무 건조하지도 않고 물이 아주 많지도 않고 적당하였다. 이에 따라 수분량의 기준을 400으로 정하고, 400에서 센서로부터 읽은 값을 빼고, 또한 보기 편하게 10으로 나눈 값을 수분량으로 결정하였다. 식 (1)은 토양 수분 센서로부터 읽은 수분량을 읽기 편한 값으로 변화하는 수식을 나타낸다.

$$W=(S-\alpha)/10 \quad (1)$$

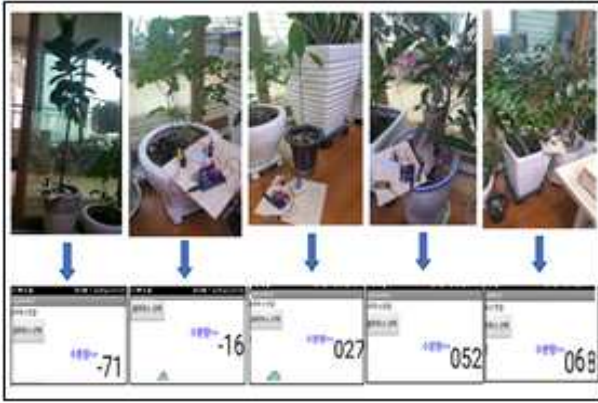


그림 6. 여러 식물에 수분량을 측정한 후 수분 단계를 스마트폰에 출력

Fig. 6. Measure moisture content in several plants and output moisture level to smartphone

표 1. 수분 단계에 따른 수분량과 흙의 상태

Table 1. Moisture content and soil condition according to moisture stage

Moisture content step	Moisture transferred to smartphone	Moisture state of trees	Feeling of dirt
Moisture state A	-50 or less	Dry a lot	Hard pressed when the soil is pressed
Moisture state B	-50 ~ 0	A little dry	The soil does not feel moist
Moisture state C	0 ~ 30	Suitable	The soil is still moist
Moisture state D	30 ~ 60	Suitable	I feel a lump in the soil.
Moisture state E	60 or more	Very juicy	The soil feels a bit muddy.

식 (1)에서 S는 토양 수분 센서가 보내온 값을 나타내고, α 는 실험 결과 가장 적당한 수분량을 나타낼 경우의 센서값, 그리고 W는 읽기 편한 값을 나타낸다. 이 실험에서 α 는 400이었다. 이와 같이 정의된 수식을 이용하여 토양 수분량을 측정하면 W의 값이 0일 경우 수분량은 가장 적당하고, 0보다 작으면 수분량이 부족한 상태, 0보다 크면 수분량이 많은 상태를 나타낸다.

그림 6은 아보카도, 미니장미, 금전수, 고무나무, 인삼펜더 등의 여러 식물에 토양 수분 센서를 연결하고 식 (1)의 수식에 의해 수분량을 측정한 후 스마트폰에 출력한 그림을 나타낸다. 반면, 수분이 많거나 적다라는 단계만으로는 식물의 수분 상태를 자세히 파악하거나 수분상태를 정확하게 예측하는 것은 불가능하다. 따라서, 수분량의 단계를 여러 단계로 나누어서 수분단계를 측정하는 것이 필요하다. 스마트폰에 읽어들인 값에 따라 여러 종류 식물의 수분량을 측정한 결과 표 1과 같이 여러 단계의 수분 단계를 나타내었다.

그림 6에서와 같이 식물의 토양 수분량을 읽어 와서 표 1

과 같이 수분단계를 결정한 후, 결정된 단계를 스마트폰에 출력한다. 출력하는 내용은 식물간의 수분 단계가 같은지와 다른지를, 그리고 현재 각 식물의 수분단계를 출력한다. 출력하는 방법은 스마트폰에 상태를 음성으로 출력한다.

3-4 수분의 필요 주기 예측

센서를 이용하여 식물의 수분량을 읽고 수분 단계를 결정하고 표 1과 같이 스마트폰에 수분 단계를 보낸 후, 이를 기반으로 식물이 몇 일 간격으로 물을 필요로 할 것인가를 예측한다.

예측하기 위해서는 먼저 물이 부족할 경우 날짜를 저장한다. 그 후, 또 다시 수분이 부족하다는 신호를 보낼 경우의 날짜 차이를 계산한다. 그 날짜 차이를 저장하여 주기를 전송하여 수분의 필요 주기를 예측한다. 식 (2)는 수분이 필요한 주기를 예측하는 식이다. 식 (2)에서 수분이 부족하다는 신호를 보낸 후 다음 번 부족하다는 신호를 보낼 때까지의 날짜 간격을 계산하는 데 첫 번째로 계산된 간격만을 예측 주기로 결정하면 오류가 있을 수 있으므로 n번까지의 날짜 간격을 계산하고 합한 후 다시 (n-1)로 나누어서 평균주기를 예측 주기로 결정한다.

$$P_n = \left(\sum_{i \in WLS}^n D_i - D_{i-1} \right) / (n - 1) \quad (2)$$

식 (2)에서 WLS(Water Lack Signal)는 물이 부족하다는 신호를 보낸 경우를 나타내며, D_i 는 물이 부족하다는 신호를 보낸 i번째 날짜를 나타내며, D_{i-1} 은 물이 부족하다는 신호를 보낸 i-1번째 날짜를 나타낸다. n은 물이 부족하다는 신호를 나타낸 날짜의 수이다.

표 2는 식 (2)를 이용하여 측정된 식물의 수분공 급주기를 예측하는 방법의 예를 나타낸다. 표 2에서는 5번 물이 부족하다는 신호를 받은 경우의 주기를 예측한 결과를 나타낸다. 4번의 수분 필요 주기를 계산하였고, 이들 주기의 평균을 구하면 4일이 된다.

표 2. 식물의 수분공급주기를 예측의 예

Table 2. Example of predicting of cycle for plant moisture supply

D_{WLS}	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
Date	2017/7/1	2017/7/5	2017/7/10	2017/7/14	2017/7/17
Moisture requirement cycle		$D_2 - D_1 \Rightarrow 4$	$D_3 - D_2 \Rightarrow 5$	$D_4 - D_3 \Rightarrow 4$	$D_5 - D_4 \Rightarrow 3$
Predicted moisture requirement cycle	4 days				

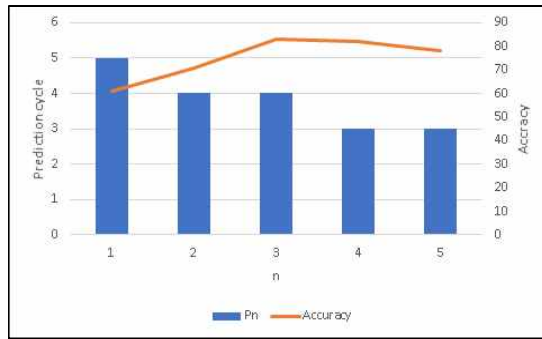


그림 7. 여름에 n을 5까지 설정하여 주기를 예측한 결과의 정확도

Fig. 7. Accuracy of result of predicting cycle by setting n to 5 in summer

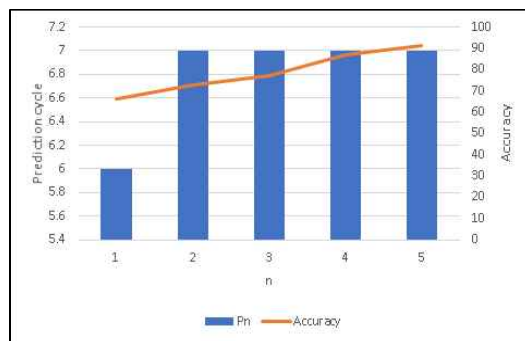


그림 8. 겨울에 n을 5까지 설정하여 주기를 예측한 결과

Fig. 8. Accuracy of result of predicting cycle by setting n to 5 in winter

식물의 수분 주기를 예측하기 위해서 식 (2)를 사용하는 경우 n의 값을 얼마까지 하나에 따라 예측값의 정확도는 달라진다. n의 값이 커질수록 정확도는 높아지나 여름철의 경우 수분의 공급날짜가 겨울보다 안정적이지 못하므로 주기 n의 값이 길어질 경우 오히려 오차가 발생한다.

그림 7 여름에 n을 5까지 설정하여 주기를 예측한 결과이고, 그림 8은 겨울에 n을 5까지 설정하여 주기를 예측한 결과이다. 그림 7과 같이 여름에는 수분 공급이 필요한 주기가 날씨가 더워질수록 짧아지므로 n의 값이 커질수록 주기를 예측하는 기간이 길어지고, 기온의 차이가 크므로 n값을 길게 하기보다는 3으로 하는 것이 가장 정확하였다. 반면, 그림 8은 겨울에 측정된 정확도로 기온의 차이가 여름보다는 크기 않은 이유로 인하여 n값이 커져도 예측 주기는 비슷하였다. 그러나 n값이 어느 정도 커질수록 정확도는 높아졌다. 결론적으로, 여름에는 n의 값을 3로 지정하고, 겨울에는 n의 값을 5로 지정한 경우 가장 정확한 예측 주기를 보였다. 그림 9는 여름에 n을 3로 설정하여 주기를 예측하는 과정 및 결과를 나타낸다. 반면, 봄과 가을은 여름과 겨울의 중간 정도의 온도 차이를 나타내므로 n의 값은 여름과 겨울의 중간 값인 4로 지정하여 주기를 예측한다.

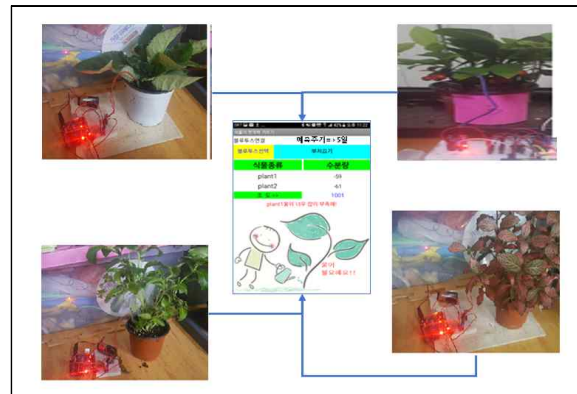


그림 9. 여름에 n을 5까지 설정하여 주기를 예측하는 과정 및 결과

Fig. 9. The process and result of predicting the cycle by setting n up to 5 in summer

IV. 성능 평가

본 논문에서 제안한 식물 수분 공급 주기 예측 시스템은 여름과 겨울로 나누어서 수분 공급 필요 주기를 예측하였다. 여름과 겨울에 수분 공급 필요량이 크게 차이가 나므로 여름 기간과 겨울기간으로 각각 나누어서 수분이 필요한 주기를 예측하고, 예측된 주기가 얼마나 정확한가를 실험하였다. 예측 주기를 결정하는 가장 중요한 요인은 수분량이다. 수분량은 온도차에 따라 현격히 차이가 나므로 여름과 겨울의 실험만으로 예측 시스템의 정확도를 측정할 수 있다. 그러나 가을과 봄에 실험할 경우의 오차는 겨울과 여름의 중간 정도의 오차를 나타낼 것이다.

4-1 실험 데이터

여름 7월 1일부터 8월 31일과 겨울 1월1일부터 2월28일까지 4종류의 식물에 설치한 토양 수분 센서가 보내오는 데이터를 수집하여 본 논문 제안한 방법에 의해 토양 수분 공급 필요 주기를 예측하였다. 실험에 사용한 식물의 종류는 글록시니아, 일일초, 레드스타, 천양금 등이다.

4-2 정확도 측정 척도

식물이 며칠 간격으로 수분을 필요로 하는가를 예측하는 시스템의 성능을 평가하기 위하여 MAE(Mean Absolute Error)[15]와 정확도율[16]을 이용하였다. 종류와 크기가 비슷한 식물들을 대상으로 20일간 몇 칠 간격으로 물이 필요로 하였는가를 측정하였다. 이렇게 실제로 측정된 주기와 본 논문에서 제안한 방법으로 측정된 예측 주기와와의 차이를 기반으로 정확도를 측정하였다. MAE(Mean Absolute Error)는 주기의 실측치와 예측치 간의 오차의 크기를 반영하는 지표로 두 값의 차

이를 절대값으로 표시되며, 그 계산식은 식 (3)과 같다.

$$MAE = \left(\sum_{i=1}^N |PredictedCycle_i - MeasuredCycle_i|^2 \right) / N \quad (3)$$

식 (3)에서 PredictedCycle_i는 i번째 주기의 예측치를 나타내며, MeasuredCycle_i는 i번째 주기의 실측치를 나타낸다. N은 예측한 횟수이다.

정확도율은 실제로 측정한 값과 예측한 값이 차이의 비율을 나타내는 척도로, Accurate Prediction(%), under prediction(%), over prediction(%)을 계산할 수 있다. 식 (4)는 Accurate prediction(%)를 계산하는 식이다.

$$Accurate Prediction = \frac{|(PredictedCycle - MeasuredCycle)|}{MeasuredCycle} \times 100 \quad (4)$$

식 (4)에서 Accurate prediction(%)은 전체 식물 중 예측치와 실측치의 차이가 나는 비율을 나타내며, under prediction(%)과 over prediction(%)은 각각 10% 이상 과소평가하거나(<=90%), 10% 이상 과대평가(>=110%)된 비율을 나타낸다.

4-3 정확도 평가

글록시니아, 일일초, 레드스타, 천양금의 식물에 본 논문에서 제안한 식물 수분 공급 필요 주기 예측 시스템을 적용하였다. 적용된 결과에 대해서 예측한 토양의 수분 공급 필요 주기의 정확도를 식 (3)과 식 (4)를 이용하여 측정하였다. 표 3은 제안한 예측 시스템을 적용한 결과로 예측한 주기, 실제의 수분 공급 주기를 기반으로 식 (3)을 이용하여 MAE를 계산하였다. 또한, 식 (4)를 이용하여 정확도(Accurate Prediction)를 계산한 후에 Under Prediction와 Over Prediction도 계산하였다.

그림 10은 표 3을 기반으로 계산한 실제 수분 공급 주기와 예측 공급 주기를 나타낸다. 그림 10에서 MC(Measured Cycle)는 실제 측정한 주기이고, PC(Predicted Cycle)는 예측주기를 나타낸다. 그림 11은 표 3을 기반으로 한 MAE를 나타낸다. 그림 12는 표 3을 기반으로 기술한 Accurate Prediction, Under Prediction, Over Prediction을 나타낸 결과이다. 그림 10, 그림 11, 그리고 그림 12에서 식물마다 다른 MAE와 정확도를 나타냈다. 그 이유는 물의 양에 민감한 식물보다는 글록시니아나 천양금과 같이 수분에 상대적으로 민감하지 않은 식물의 정확도가 더 높았다. 또한, 여름보다는 겨울의 정확도가 높았다. 그 이유는 여름에는 온도의 변화가 급속함에 따라 수분 공급이 빨리 필요하며 또한 물에 민감한 식물은 수분 공급에 대한 변화가 크기 때문에 여름보다는 겨울에 정확도가 높았다.

그림 10, 그림 11, 그리고 그림 12에서와 같이 제안한 시스템은 MAE 평균이 0.6으로 매우 낮았으며, 정확도의 평균이 87퍼센트로 높았다.

표 3. 예측 시스템에 의한 예측 주기 및 정확도 측정

Table 3. Prediction cycle and accuracy measurement by prediction system

	July~August		January~February		MAE	Accurate Prediction	Under Prediction	Over Prediction
	MC	PC	MC	PC				
Gloxinia	5	5.7	7	6.6	0.35	94.1	0	6
Madagascar Periwinkle	3	2.5	6	7.8	0.8	76.7	16.7	30
Red Star	4	4.8	6	5.5	0.65	85.8	0	20
Euphorbia lathyris L.	6	5.6	8	7.2	0.6	91.7	10	0
Average	4.5	4.65	6.75	6.775	0.6	87.1	6.675	14

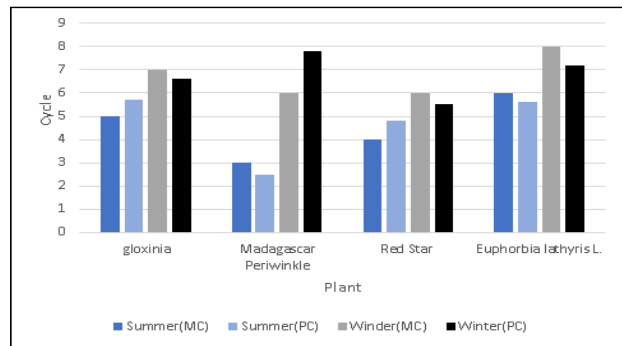


그림 10. 수분 공급 예측 시스템의 실제 수분 공급 주기와 예측 주기

Fig. 10. The actual moisture supply cycle and the prediction cycle of the moisture supply prediction system

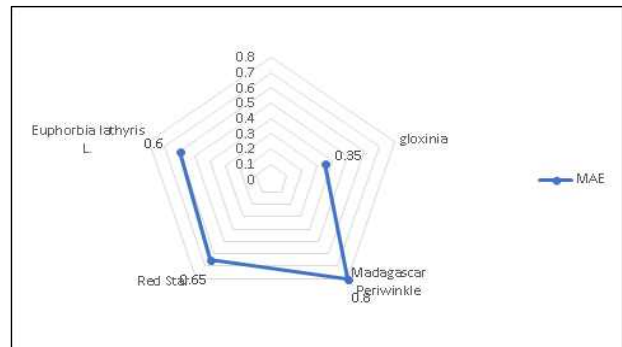


그림 11. 수분 공급 예측 시스템의 MAE

Fig. 11. MAE of moisture supply prediction system

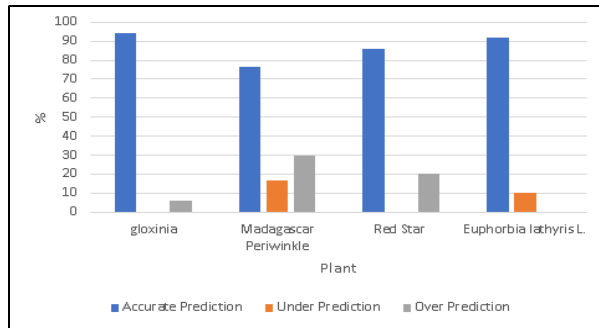


그림 12. 수분 공급 예측 시스템의 정확도

Fig. 12. Accuracy of moisture supply prediction system

V. 결 론

본 논문에서는 지능형 사물인터넷을 이용한 식물 생장 환경을 예측하는 방법을 제안하였다. 제안된 시스템은 식물의 수분량을 측정하고, 사용자가 인지하기 편하도록 음성으로 출력하였다. 제안된 시스템은 식물을 키워본 경험이 없는 사용자일지라도 수분 공급 주기를 예측할 수 있으므로 손쉽게 식물을 키울 수 있다는 장점이 있다.

제안된 시스템은 센서로부터 읽어온 수분량을 식물의 토양 수분단계를 판단하기에 가장 적당한 값으로 출력하였다. 또한, 식물이 보내오는 수분량의 오차를 줄이기 위하여 식물간에 서로 수분량의 정보를 교환함으로써 같은 종류 같은 크기의 식물인데 센서를 통해 보내온 값이 매우 차이가 클 경우 시스템의 정확도가 낮아지므로 이 값을 보완해가면서 실험함으로써 정확도를 높였다. 마지막으로, 수분량과 예측 주기를 스마트폰에 출력을 하는데 텍스트가 아닌 음성, 즉 미디어를 사용함으로써 보다 편리하게 사용하도록 구현하였다.

향후, 더욱 많은 데이터를 대상으로 베이지안 학습이나 신경망 등을 주기 예측에 적용하여 보다 정확도가 높은 예측 시스템을 구현하고자 한다.

참고문헌

[1] H. Kim, B. Park, and Y. Cho, "Smart Outlet System for Single-person Household based on IoT(Internet of Things)", *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 18, No. 5, pp. 895-904, 2017.

[2] P. J. Sarkar, S. Chanagala, "A Survey on IOT based Digital Agriculture Monitoring System and Their impact on optimal utilization of Resources", *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)*, Vol. 11, Issue 1, pp. 1-4, 2016.

[3] A Tzounis, N Katsoulas, T Bartzanas, C Kittas, "Internet of

Things in agriculture, recent advances and future challenges", *Biosystems Engineering*, Vol. 164, pp. 31-48, 2017.

[4] M.S. Mahdavinjad, et al., Machine learning for Internet of Things data analysis: a survey, *Digital Communications and Networks*, <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2017.10.002>, 2018.

[5] Muhammad, Abubakr, Haider, Bilal, Ahmad, Zahoor, "IoT Enabled Analysis of Irrigation Rosters in the Indus Basin Irrigation System", *IProcedia engineering*, Vol. 154, pp. 229-235, 2016.

[6] H. Kuruva and B. Sravani, "Remote Plant Watering And Monitoring System Based On Iot", *International Journal For Technological Research In Engineering*, Vol. 4, Issue 4, pp. 668-671, 2016.

[7] A. Khan, S. Singh, and S. Shukla, "Automatic Irrigation System Using internet Of Things," *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, Vol. 4, Issue 3, pp. 1032-1036, 2016.

[8] Choi, Wonhyuk, and Ji Min-Seok, "A Study on the Development of Smart Farm System Using Wireless Communication," *Korea Entertainment Industry Journal*, Vol. 8, No. 4, pp. 387-393, 2014.

[9] Yeon-hee Lee, Yoong-Sik Yoo, and Cheol-sik Pyo, "Big Data Technology Status for Intelligent IoT", *Instrumentation Technology, Korea Electronics and Telecommunications Research Institute*, Vol. 9, pp. 118-123, 2017.

[10] H. Mora, S. Teresa, Maria, D. Gil, and J. Magnus, "Collaborative Working Architecture for IoT-Based Applications", *Sensors*, Vol. 18, No. 6, <http://dx.doi.org/10.3390/s18061676>, 2018.

[11] J. Mills, T. Metcalfe, M. Lochrie, and A. Gradinar, "Rare Occurrence: Exploring IoT, news media, calm interfaces and infrequent interactions", *Proceedings of the 30th International BCS Human Computer Interaction Conference*, <http://dx.doi.org/10.14236/ewic/HCI2016.60>, 2016.

[12] Sang-Kyun Kim, "Media-centric Intelligent Things Evolving into the Internet", *Korea Society of Mechanical Education*, Vol. 22, No. 3, pp. 14-19, 2015.

[13] Tom M. Mitchell, Machine Learning, *McGraw-Hill Companies*, 1997.

[14] S. Rajeswari, K. Suthendran, K. Rajakumar, and K. Mythili, "A smart agricultural model by integrating IoT, mobile and cloud-based big data analytics", *International Conference on Intelligent Computing and Control (I2C2)*,

Vol. 118, pp. 365-369, 2018.

- [15] Seok-Jong Yoo, “Comprehensive Performance Evaluation Model for Collaborative Filtering”, *Journal of Korea Computer Information Society*, Vol. 17, No. 4, pp. 83-90 2012.
- [16] D.R. Taaffe, J. Thompson, G. Butterfield, and R. Marcus, “Accuracy of equations to predict basal metabolic rate in older women”, *Journal of the American Dietetic Association*, Vol. 95, No. 12, pp. 1387-1392, 1995.



고수정(Sujeong Ko)

1990년 : 인하대학교 전자계산학과(학사)

1997년 : 인하대학교 대학원 전자계산교육학(석사)

2002년 : 인하대학교 대학원 컴퓨터공학과(박사)

2003년: University of Illinois at Urbana Champaign - Post Doc

2004년: Colorado State University - Research Scientist

2005년-현재: 인덕대학교 컴퓨터소프트웨어학과 교수

※ 관심분야 : 데이터마이닝, 빅데이터, 정보보안, 사물인터넷