

SLAM기반 확률적 필터 알고리즘을 이용한 스마트 식물 제어 시스템 개발

이양원

Development of Smart Garden Control System Using Probabilistic Filter Algorithm Based on SLAM

Yang-Weon Lee

요 약

본 논문은 가전로봇 향해 성능 개선을 위하여 사용된 SLAM기반 확률적 필터 개선 알고리즘을 이용하여 최근 각광받고 있는 사물인터넷과 융합한 아파트 실내나 베란다에서 사용이 가능한 스마트 가든 시스템을 설계 구현하였다. 이를 위하여 개방하드웨어 제어기인 아두이노와 센서들을 이용하였고, 세 가지 무선방식(블루투스, 이더넷, 와이파이)으로 자동 급수 및 조명, 성장모니터링을 제어 및 관찰이 가능하도록 설계하였다. 본 시스템은 이미 많은 활용이 되고 있는 기존의 식물공장과 같은 대규모 재배 시스템이 아니고 아파트와 같은 실내에서 사용할 수 있도록 하기 위하여 개발되었다. 개발된 시스템은 스마트폰 앱을 통한 제어는 물론 토양센서, 조도센서, 습도센서, 온도센서 등을 이용하여 환경데이터를 수집하고 수집된 데이터를 분석하여 급수펌프와 LED 램프, 온도를 제어하기 위한 환기팬 등의 기능으로 구성되었다. 무선 원격제어 방법으로는 블루투스, 이더넷, 와이파이 등이 모두 가능하도록 구현 하였다. 따라서 사용자가 집안에 없을 때 원격 제어 및 모니터링이 가능하도록 설계 하였다.

ABSTRACT

This paper designs and implements a smart garden system using probabilistic filter algorithm using SLAM that can be used in apartment or veranda. To do this, we used Arduino and environmental sensors, which are open hardware controllers, and designed to control and observe automatic water supply, lighting, and growth monitoring with three wireless systems (Bluetooth, Ethernet, WiFi). This system has been developed to make it possible to use it in an indoor space such as an apartment, rather than a large-scale cultivation system such as a conventional plant factory which has already been widely used. The developed system collects environmental data by using soil sensor, illuminance sensor, humidity sensor and temperature sensor as well as control through smartphone app, analyzes the collected data, and controls water pump, LED lamp, air ventilation fan and so on. As a wireless remote control method, we implemented Bluetooth, Ethernet and WiFi. Finally, it is designed for users to enable remote control and monitoring when the user is not in the house.

키워드

SLBM, IoT, Bluetooth, Ethernet, Soil Humidity Sensor
사물 인터넷, 블루투스, 이더넷, 센서

* 교신저자 : 호남대학교 정보통신공학과
• 접수일 : 2017. 02. 16
• 수정완료일 : 2017. 05. 31
• 게재확정일 : 2017. 06. 16

• Received : Feb. 16, 2017, Revised : May. 31, 2017, Accepted : Jun. 16, 2017
• Corresponding Author : Yang-Weon Lee
Dept. of Information and Communication Eng., Honam University,
Email : ywlee@honam.ac.kr

1. 서론

최근 ICT(Information Communication Technology)기술의 발전은 다른 산업분야에도 큰 영향을 미치게 되었다. 즉 ICT기술은 농업, 자동차, 조선, 섬유, 국방, 항공, 에너지 등과 융합되면서 새로운 가치를 창출하게 되었다. ICT융합은 고도화된 ICT를 기반으로 다른 기술과의 복합 또는 융합을 통해 이루어지며, 융합 기술은 NT, BT, IT, 인지과학 등의 상호의존적인 결합을 통해 공동의 목표를 추구하면서 서로의 기술들의 부가 가치를 높이게 해주는 기반 기술로 정의된다. ICT융합 기술은 다양한 정보기술을 산업의 제품과 서비스에 임베디드화하여 제품을 첨단화하고 서비스 혁신 및 새로운 부가 가치를 창출하고 있다. 최근의 조사에 의하면 농업과 IoT(Internet of Things) 융합은 미래 농업에서 중요한 기술적 발전이며 식량부족, 인력난, 식품 안정성 문제의 해결 방안으로 주목 받고 있다. 이같은 ICT기술과 IoT의 융합은 각 분야에서 4차 산업혁명으로 이어지는 전환기를 맞고 있다. 농업·IoT융합 기술과 관련된 연구로는 고도화된 시설에서의 농작물 생산을 위한 식물공장이 대표적인 연구사례로 대두되고 있다. 이러한, 식물공장에 대한 연구는 고품질 작물의 안정적인 생산을 위해 식물공장 내에서 광, 온도, 이산화탄소 농도, 등 식물 성장요인을 인위적으로 제어하는 자동화 시설을 이용하여 계절이나 시간, 장소에 관계없이 작물의 생산 촉진 및 환경 제어에 관한 것이다[1-5].

식물공장이란 통제된 시설 내에서 광, 온도, 습도, 양분, 수분 등을 조절하여 최대의 생산성을 얻을 수 있는 신 농업 형태로서, 기존의 비닐하우스와 비교하면 환경 및 작물 성장 모니터링을 통하여 고도의 환경제어와 생장예측이 가능하며, 인공광 조사를 위한 LED 등 광원기술, 로봇 자동화 공정, USN, 통합관제 등 환경 자동제어를 위한 첨단 ICT 기술 및 최적생장을 위한 BT 기술이 융합된 농업·ICT기술이다[6-9].

본 논문에서는 이같은 대규모 식물농장을 아파트 베란다 텃밭과 같은 소규모로 만들어서 대도시 아파트에 사는 일반인들이 실내에서 인공광인 LED와 환경센서를 이용한 베란다 텃밭 개념을 가진 식물재배 장치를 설계·개발하였다. 본 시스템은 이미 활용되고 있는 기존의 식물공장과 같은 대규모 재배 시스

템이 아니며, 또한 아파트와 같은 실내에서 사용되고 있는 점을 고려하여 가격과 기능성은 물론 미관을 고려할 필요가 있다. 또한 이를 위하여 최근 각광받는 사물인터넷 기술과 스마트폰 앱을 이용한 자동화된 장비로의 개발이 필요하다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 제 2장에서는 IoT기반 스마트 텃밭시스템 구성 및 운영 시스템에 대해서 기술하였다. 제 3장에서는 본 논문에서 제안하는 베란다텃밭시스템의 하드웨어 및 소프트웨어 개발과정을 기술하였다. 제 4장에서는 개발된 제품의 성능평가 과정을 기술하였고, 마지막으로 제 5장에서 결론 및 향후 연구 방향에 대하여 논하였다.

II. IoT 기반 스마트 텃밭시스템

2.1 스마트 텃밭 시스템 모델 및 구성도

스마트 텃밭시스템은 Fig. 1과 같이 메인 제어부에서는 환경센서(온도, 습도, 조도, 토양수분)에서 입력을 받아 데이터를 처리하고, 주어진 조건을 만족하면 급수펌프, LED광원, 온도조절 팬을 가동시킨다. 한편 메인컨트롤러를 제어하기 위하여 스마트폰 앱에서는 Bluetooth, WiFi를 통하여 제어가 가능하고 일반 PC에서는 인터넷을 사용하여 제어가 가능하다. 한편 센서데이터는 1초 간격으로 클라우드에 저장하도록 설계하였다. 또한 식물의 성장을 모니터링하기 위하여 웹카메라를 부착하여서 스마트폰에서 모니터링이 가능하도록 하였다.

시스템 하드웨어의 구성은 Fig. 2와 같이 중앙부에 식물 재배를 위한 화분이 있고 상변에는 LED 조명, 팬, 카메라, 환경센서를 부착하고 화분 옆에는 물탱크와 제어박스를 설치하도록 하였다.

2.2 스마트 텃밭 시스템 운영 시스템

IoT기반의 스마트 텃밭시스템은 식물이 자라는 화분의 장치가 인터넷으로 연결되어 장치와 장치, 장치와 사람이 표준화된 인터페이스를 이용하여 소통하여 편리하게 운영 관리 하는 것을 기본으로 한다 [10,11].

이를 위하여 SAC(Sensor Access Center)기반의 자동식물관리 시스템, 재배하는 작물의 다양한 알고리

즘을 지원하기 위한 물 엔진기반의 성장환경 제어 시스템이 제공 가능하도록 소프트웨어 구조를 설계하였다.

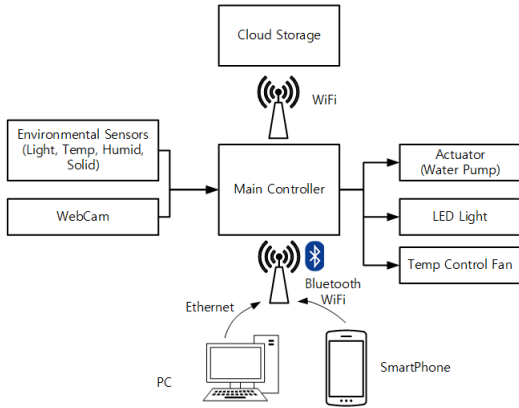


그림 1. 시스템 기능도
Fig. 1 System functional diagram

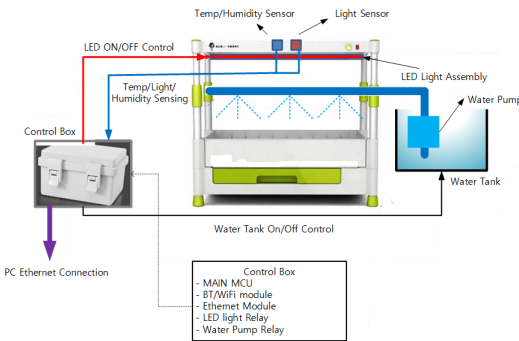


그림 2. 시스템 하드웨어 구성도
Fig. 2 System hardware configuration

제안하는 IoT 기반 스마트 텃밭 시스템의 소프트웨어 구조는 Fig. 3과 같다. IoT 기반 스마트 텃밭 시스템은 센서의 데이터를 이용하여 다양한 서비스를 제공하기 위한 클라우드 서버, 텃밭시스템 내부 및 외부의 다양한 센싱 및 제어 정보를 효율적으로 수집/처리하고 가시화 할 수 있는 미들웨어, 미들웨어 및 각 장치로부터 전송된 데이터를 각 장치로 데이터를 전달하기 위한 게이트웨이로 구성된다. 클라우드 응용 서버는 미들웨어와 지식 베이스의 다양한 정보들을 통합운영 시스템 운영자 및 외부의 일반 사용자에게

서비스를 제공하기 위한 서버이며, 응용서버는 통합 S/W제작 및 응용을 위한 표준 인터페이스로 구성된다. 미들웨어는 전체 시스템을 구성하는 장치들로부터의 정보를 수집 전달하는 기능을 갖는다. 또한, 게이트웨이는 내부에서 사용되는 유선 및 무선의 다양한 프로토콜들에 대한 변환 기능과 각 장치들에 대한 물리적 인터페이스를 제공하며, 데이터베이스는 미들웨어를 통해 전달되는 다양한 정보를 저장하고, 필요에 따라 정보를 제공하기 위한 기능을 갖는다. 통합운영 시스템은 규모에 따라 확장이 가능하도록 각 장치들을 연결하기 위한 것으로 확장성 및 편의성에 따라 하나이상의 게이트웨이를 중심으로 구성될 수 있도록 설계하였다.

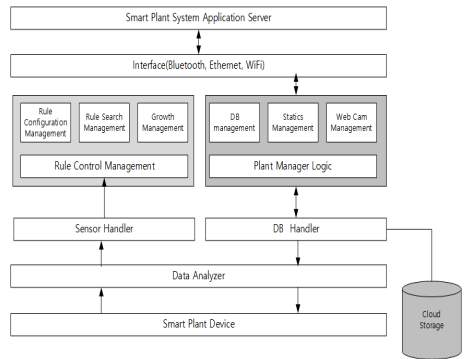


그림 3. 시스템 운영 소프트웨어 구조
Fig. 3 System operation S/W structure

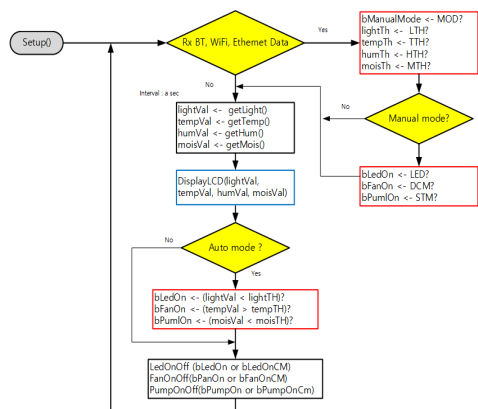


그림 4. 시스템 운영 흐름
Fig. 4 System operation sequence

스마트 베란다 시스템을 동작시키기 위한 기본 시퀀스는 Fig. 4와 같다.

대기 온도/습도, 조도, 토양의 수분 실시간 모니터링을 1초 간격으로 수행하면서 온도가 높으면 모터를 구동하여 팬을 동작하고, 토양의 수분이 적으면 수증펌프를 동작시켜 물을 공급하고, 조도가 낮으면 인공조명인 LED를 키고, 제품에 부착 되어 있는 LCD에 실시간 센서값을 출력하며, 수동/ 자동 모드의 선택은 안드로이드 앱에서 선택 가능하며, 기본 모드는 자동 모드로 세팅하고, 원격 제어는 Bluetooth, Wifi 통신을 이용한 안드로이드 앱에서 실시간 모니터링 및 자동/수동 제어 가능하고 Ethernet 통신을 이용한 PC의 Web에서 실시간 모니터링 및 자동/수동 제어 가능하도록 설계되었다.

III. IoT 기반 스마트 텃밭시스템 구현

3.1 스마트 텃밭 시스템 모델 및 구성도

개발된 전체 하드웨어 시스템은 Fig. 5와 같이 상부에 재배환경 데이터 측정 및 모니터링, 환기팬 장착부와 중간에 식물재배, 토양수분측정장치, 물 분사장치 등이 자리잡고 하단에 물공급수조와 제어박스를 배치하였다.

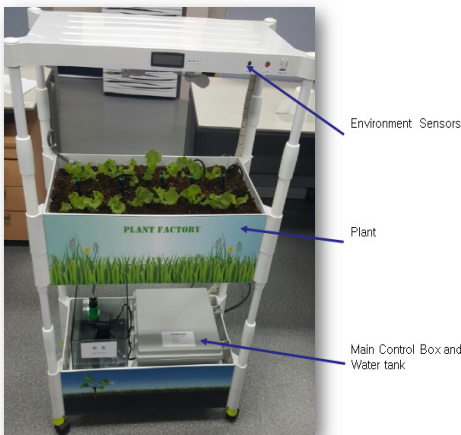


그림 5. 스마트 베란다 시스템의 외관
Fig. 5 Outlook of smart veranda system

3.1.1 상단부 제작

온도, 습도, 조도, 수분 상태의 출력은 1초 간격으로 디스플레이에 전시되며 각 상황별로 임계값을 설정하여 컬러색을 통하여 인지하도록 설계되었으며 Fig. 6과 같이 제작되었다.



그림 6. 베란다 시스템 상부 데크 배치도
Fig. 6 Upper deck of veranda system

3.1.2 중간부 제작

식물생장에 필요한 빛을 제공하기 위하여 LED조명을 천정에 설치하였으며, 온도가 상승시 필요한 환풍기를 Fig. 6과 같이 배치하였다.

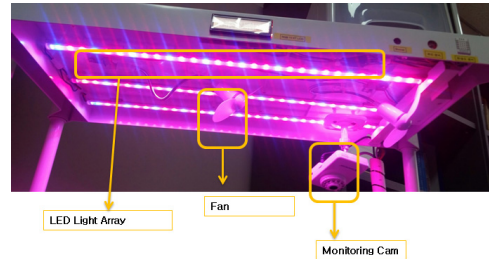


그림 7. 중간 데크 천장 구성도
Fig. 7 Middle deck ceiling

3.1.3 하단부 제작

하단에는 물공급을 위한 수조와 펌프 모터 및 제어박스를 Fig. 7과 같이 설치하였다. 제어박스는 WiFi, MCU, Bluetooth, Arduino, Ethernet 모듈로 구성되어 있다.

3.2 스마트폰 제어 앱 소프트웨어 개발

스마트 베란다 텃밭 시스템 원격제어를 위한 안드로이드 기반 앱 소프트웨어의 구조는 Fig. 9와 같다. 하드웨어에 속해 있는 미들웨어와 연동하여 통신을 하기 위한 앱의 구조는 크게 리소스, 레이아웃, 자바클래스, 어플리케이션 정보 등 4개의 부분으로 구성되며 핵심되는 부분은 자바클래스에서 구현되도록 하였다.

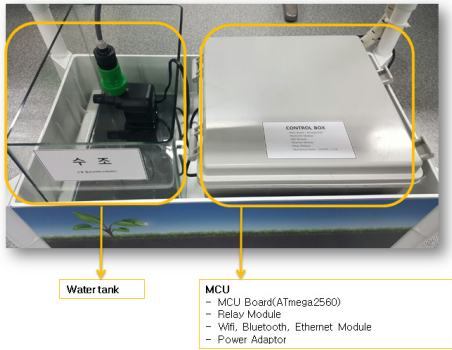


그림 8. 하부 데크 구성도
Fig. 8 Below deck configuration

동작과정은 블루투스 연결제어, 와이파이연결제어, 네트워크 상태 모니터링, 식물성장 모니터링 카메라류 등 크게 4개 영역으로 구분된다. 각 영역에서 제어되는 내용은 자동/수동전환 스위치, LED 조명 스위치, 팬제어 스위치, 급수펌프 제어 스위치, 팬제어 스위치가 공통으로 제공되며, 전시되는 센서 정보는 온도, 습도, 조도, 수분이다. 이때 임계치로 설정된 값도 함께 전시되어서 조정이 가능하도록 설계하였다.

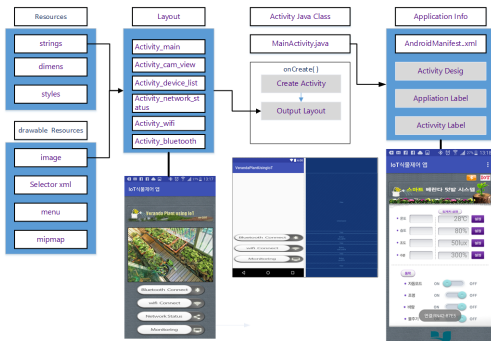


그림 9. 스마트폰 앱 소프트웨어 구조
Fig. 9 Structure of S/W for smartphone app

IV. 성능 시험

4.1 데이터 송신 기능 시험

스마트폰에서 스마트 텃밭시스템으로 데이터 전송의 정확도를 평가하기 위한 시험을 하기 위하여 Fig.

10과 같은 시험장치 구성을 하였다. 송신은 1과 0을 번갈아 전송하면서 수신 정확도를 점검하였다.

시험결과 WiFi, Bluetooth 모두 20미터 이내에서 오류없이 전송됨을 확인하였다.

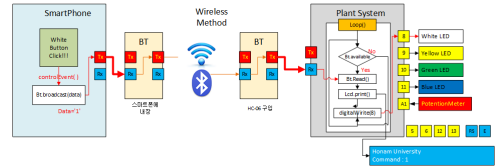


그림 10. 스마트폰 앱 수신 성능 평가 구조
Fig. 10 Test Flow for data transferring from smartphone to plant system

4.2 데이터 수신 기능 시험

이번에는 반대로 스마트 텃밭시스템에서 스마트폰으로 데이터 전송의 정확도를 평가하기 위한 시험을 하기 위하여 Fig. 11과 같은 시험장치를 구성하였다. 입력은 센서값으로서 가변저항을 사용하여서 가변저항값에 따라 스마트폰의 밝기 변화 여부로 확인하였다. 시험결과 WiFi, Bluetooth 모두 20미터 이내에서 송신과 같이 오류없이 전송됨을 확인하였다.

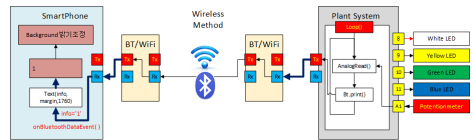


그림 11. 스마트폰 앱 송신 성능평가 구조도
Fig. 11 Test flow for data transferring from plant system to smartphone

V. 결론

최근 각광받는 사물인터넷의 기본 하드웨어인 아두이노와 환경센서를 이용하여 스마트 베란다 시스템을 구현하였다. 주요 기능은 블루투스, 와이파이, 이더넷 등 지금까지 나온 무선 제어 기능을 종합적으로 구현하였다. 따라서 본 연구결과는 스마트 베란다 시스템에 제한되지 않고 다양한 IoT 응용분야에 적용이 가능할 것이다. 즉 규모를 키워서 스마트 식물공장으로 확장할 수도 있고, 규모를 적게하면 스마트 화분으로 유사 상품을 개발할 수 있을 것이다.

기존의 시스템은 개방하드웨어와 소프트웨어를 사용하지 않아서 확장에 문제가 있으나 본 시스템은 하드웨어와 소프트웨어 모두 개방형을 채택하여 개발하였으므로 센서 및 제어기능 추가를 쉽게 변경할 수 있을 것이다.

그러나 본 논문에서는 특정작물에 대해서만 알고리즘이 적용되는 정적구조로 되어 있어 다른 작물의 생장 알고리즘을 적용하기 위해서는 전체적인 프로그램 메뉴를 수정해야하는 단점이 있다. 따라서 앞으로는 이러한 분야에 대한 추가 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 호남대학교 학술연구비 지원을 받아 연구되었음

References

[1] F. Salisbury and C. Ross, "The photosynthesis-transpiration compromise," *Plant physiology*, vol. 4, no. 22, 1978, pp. 66-92.

[2] R. Pearcy, "Acclimation of photosynthetic and respiratory carbon dioxide exchange to growth temperature in *Atriplex lentiformis* (Torr.) Wats," *Plant Physiology*, vol. 59, no. 5, 1977, pp. 795-799.

[3] J. Berry, "Adaptation of photosynthetic processes to stress," *Science*, vol. 188, no 4188, 1975, pp. 644-650.

[4] J. Kim, "A Smart Home Prototype Implementation Using Raspberry Pi," *J. of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol. 10, no. 10, Oct. 2015, pp.1139-1144.

[5] G. Kim, "Implementation of Real-time Sensor Monitoring System on Zigbee Module," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 2, May 2011, pp. 312-318. 1139-1144.

[6] S. Park, C. Hwang, and D. Park, "Internet of Things(IoT) ON system implementation with minimal Arduino based appliances standby power using a smartphone alarm in

the environment," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 10, 2015, pp. 1175-1181.

[7] D. Ryu and T. Choi, "Development of Open IoT platform based on Open Source Hardware & Cloud Service," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 5, 2016, pp. 485-490.

[8] J. Kim and B. Lee, "Implementation of Gait Correction Shoes based on Arduino," *Proc. of the Korean Institute of Information Technology Summer Conf.*, Chungju, Korea, vol. 2015, no. 6, June, 2015, pp. 376-378.

[9] K. Lee and J. Kim, "Design and Implementation of Hybrid VR lock system by Arduino Control," *The J. of Korea Institute of Signal Processing and Systems*, vol. 15, no. 3, 2014, pp. 97-103.

[10] K. Jeong and W. Kim, "The Implementation of Smart Raising Environment Management System based on Sensor Network and 3G Telecommunication," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 4, Aug. 2011, pp. 595-601.

[11] J. Kim, "A cluster head replacement based on threshold in the Internet of Things," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 11, Nov. 2014, pp. 1241-1248.

저자 소개



이 양 원(Yang-Weon Lee)

1982년 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1991년 서울대학교 대학원 제어계측공학과(공학석사)

1996년 포항공과대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
 1996년~현재 호남대학교 정보통신공학과 교수
 관심분야 : 지능신호처리, 사물인터넷기술