

센서 네트워크 기반 완전제어형 식물공장의 통합 제어 모니터링 시스템 설계 및 구현

김형선, 권숙연, 류재복, 유태환, 임재현
공주대학교 컴퓨터공학과
e-mail:ddaker98@kongju.ac.kr

Design and Implementation of Integration Control Monitoring System for Fully Artificial Plant Factory based on Sensor Network

Hyung-Sun Kim, Sook-Youn Kwon, Jae-Bok Ryu, Tae-Hwan Yu,
Jae-Hyun Lim
Dept of Computer Science & Engineering, Kongju National University

요 약

본 논문에서는 완전제어형 식물공장에서 작물이 생육하는데 필요한 재배환경들의 모니터링 및 제어가 가능한 센서 네트워크 기반의 식물공장 통합 제어 시스템을 설계 및 구축한다. 제안한 시스템은 완전제어형 식물공장에서 각 재배단의 환경 정보를 수집하기 위해 통합 환경정보 센서 및 전력 제어 센서를 설치하고, 통합 컨트롤러를 통해 LED 조명의 제어가 가능하도록 설계 하였다. 환경정보 센서는 온도, 습도, CO₂의 데이터가 실시간으로 수집되며 전력제어 센서는 실시간 사용되는 전력량 데이터가 수집 가능하며 센서를 통해 전력의 차단 및 공급이 가능하도록 설계 하였다. 본 시스템은 크게 모니터링과 제어로 구분되며 테스트 베드의 구축을 통해 실시간 환경정보 센서 데이터 수집이 가능하고, LED 조명 및 전력을 제어가 가능함을 확인하였다.

1. 서론

최근 모든 사업 분야에서 IT 기술을 이용한 융합이 가속화 되고 모든 산업 영역에서 부가가치를 높이는 원천기술의 역할을 하고 있다. 특히 전통 산업 분야인 농업과 IT 기술의 융합은 IT 산업의 새로운 시장이며 농업의 생산성을 극대화 하고 부가가치를 높일 수 있을 것으로 기대된다[1].

식물공장은 크게 태양광 병용형 식물공장과 완전제어형 식물공장으로 나눌 수 있으며, 그 중에서도 완전제어형 식물공장의 경우 재배 시스템의 외부 접촉을 최소화하여 오염물질 및 병충해로부터의 침입이 없는 상태에서 재배가 이루어진다[2]. 또한 완전제어형 식물공장 재배시스템의 경우 식물의 생장에 영향을 미치는 생장환경을 외부에서 모니터링하고 제어할 수 있어야 한다. 이러한 센서 네트워크 기반의 재배 시스템을 구축하기 위해서는 최적화된 센서

노드의 하드웨어, 미들웨어, 프로토콜 등의 핵심기술 개발이 필수적이다. 그러나 다양한 산업분야에서의 센서 네트워크 기술 연구에 비해 농업 분야에 최적화된 연구는 낮은 수준에 있다[3].

본 논문에서는 완전제어형 식물공장 재배시스템의 식물생육 과정을 모니터링 및 제어 할 수 있는 센서 네트워크 기반 통합 제어 모니터링 시스템을 제안하고 테스트 베드를 구축하였다. 본 시스템은 통합 제어 모니터링 프로그램을 통하여 환경정보(온도, 습도, CO₂, 전력량)를 실시간으로 확인할 수 있으며, LED 조명의 광조사 환경(Frequency, Duty Rate, Intensity)과 전력의 흐름을 차단할 수 있도록 설계되었다. 또한 웹 카메라를 통해 식물의 생육과정을 실시간으로 확인 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 통합 제어 모니터링 시스템의 구성도 및 구성요소와 구축 환경에 대해서 설명하고, 3장에서는 구축된 테스트 베드와 시스템을 통해 수행한 결과를 보인다. 4장에서는 결론 및 향후 연구내용에 대해 기술한다.

“본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT/SW 창의연구과정의 연구결과로 수행되었음” (NIPA-2011-(C1820-1101-0010))
이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구임(2011-0022977)

2. 완전제어형 식물공장의 통합 제어 모니터링 시스템 설계

2.1. 시스템 구조

제안하는 완전제어형 식물공장의 통합 제어 모니터링 시스템은 그림 1과 같은 형태로 구성된다.



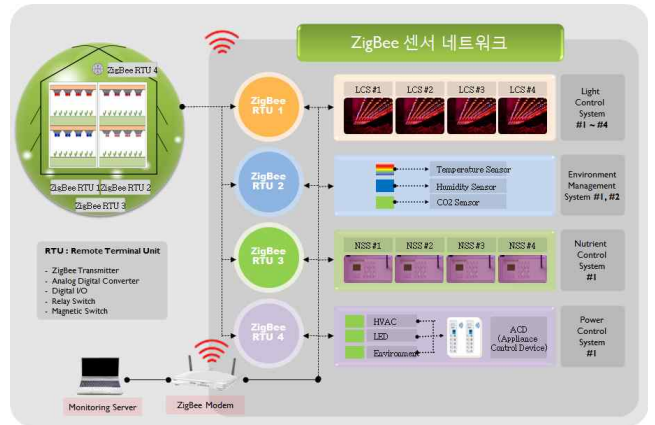
[그림 1] 시스템 구성도

완전제어형 식물공장에서는 식물을 재배하기 위해 제한한 본 시스템의 구성은 다음과 같다. 식물재배 장치에는 각종 환경정보를 수집할 수 있는 통합 센서 및 전력 센서, LED 조명 패널, 양액 공급 장치 각각 설치되어있으며, 각종 센서들로부터 데이터 수집 및 제어할 수 있는 통합 컨트롤러, 실시간으로 식물의 생육상태 및 환경정보를 모니터링하고 제어할 수 있는 관리 서버 및 통합 제어 모니터링 시스템으로 구성된다.

통합 센서에서는 온도, 습도, CO2의 량을 실시간으로 수집하여 DB에 저장되어 식물의 성장분석을 위해 사용된다. 본 시스템에 사용된 콘센트 형식의 전력 센서는 각각의 디바이스에 설치되어 전력의 공급 및 차단을 제어한다. LED 조명 패널은 RED : BLUE가 11:7의 비율로 혼합되어 있으며 Frequency, Duty Rate, Intensity의 값을 제어함으로써 다양한 광조사 환경을 구현할 수 있도록 설계되었다. 양액 공급 장치는 분무기 형태로 물을 분사하는 방식이며 각종 식물의 특성에 맞도록 공급 시간을 변경하여 제공되는 양액의 양을 조절할 수 있다.

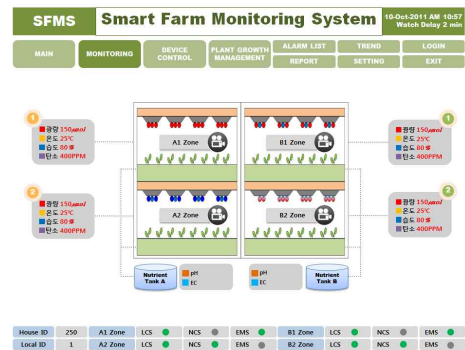
통합 컨트롤러는 ZigBee 기반의 센서 네트워크 형태로 이루어져 있으며, 각종 센서들로부터 데이터를 수집하여 DB에 저장 및 통합 제어 모니터링 시스템에 전달한다. 또한 통합 제어 모니터링 시스템으로부터 변경된 LED 조명 패널 및 양액 공급 장치의 제어 환경을 직접 전달하여 장치들을 제어한다. 통합 컨트롤러의 네트워크 환경은 그림 2와 같은 형

태로 되어있다. ZigBee RTU(Remote Terminal Unit)은 총 4개로 구성되어 있다. RTU1은 조명제어, RTU2는 통합센서, RTU3은 양액 공급 장치, RTU4는 전력을 제어한다.



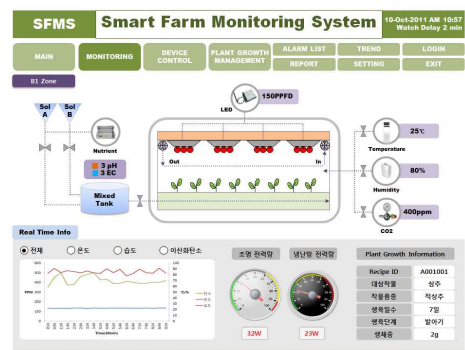
[그림 2] ZigBee 기반 센서 네트워크

통합 제어 모니터링 시스템은 실시간으로 각종 센서로부터 환경정보 데이터 및 전력량을 수집하여 화면을 통해 제공하며, 통합 컨트롤러와의 네트워크 환경 구축을 통해 각각의 디바이스를 제어할 수 있도록 설계한다.



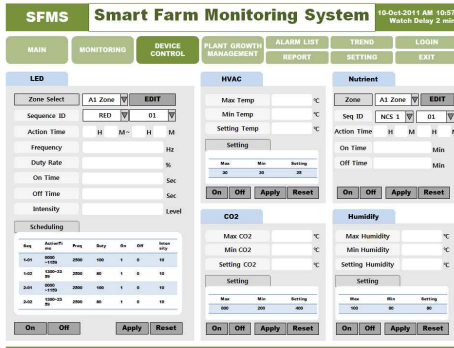
[그림 3] 환경정보 모니터링 화면

그림 3은 전체 재배단의 환경정보를 모니터링 할 수 있는 화면의 구성이다.



[그림 4] 선택한 재배단의 모니터링 화면

그림 4는 그림 3에서 선택한 재배단의 환경정보를 모니터링 할 수 있으며 시간의 흐름에 따라 변화된 데이터를 파악할 수 있도록 한다.



[그림 5] 디바이스 제어 화면

그림 5는 각 재배단의 선택 및 디바이스의 값을 변경할 수 있도록 구성된 디바이스 제어 화면이다. 양액 공급 장치는 공급 시간을 조절할 수 있으며, LED 패널은 식물의 생장에 많은 영향을 주는 빛[4]의 요소를 모두 제어할 수 있도록 설계한다.

3. 시스템 구현 및 테스트 베드 구축

3.1 테스트베드 구축

식물재배 장치는 ShowCase 타입과 OpenCase 타입의 두 가지 형태를 대상으로 하였으며, 통합 환경 센서 2개, 양액 공급기 2Set, 재배단 4개, LED 조명 패널 4개, 전력 제어 센서 2Set, 통합 컨트롤러 1개를 설치하였다. 본 시스템의 실험을 위한 테스트 베드는 그림 6과 같다.



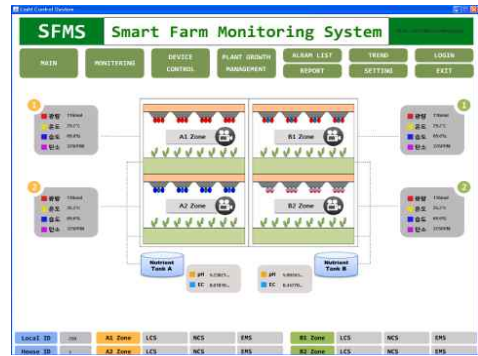
[그림 6] 테스트 베드

제안된 통합 모니터링 시스템은 실시간으로 수집된 환경정보 및 전력 데이터를 화면을 통해 제공하

며, 데이터베이스에 저장한다. 또한 LED 패널의 요소 값들을 변경하여 각각의 재배단에 다양한 광조사 환경을 구축할 수 있다.

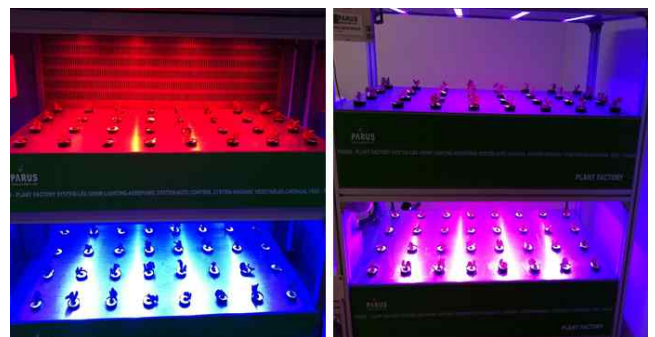
3.2 통합 제어 모니터링 시스템

통합 제어 모니터링 시스템은 크게 모니터링 부와 디바이스 제어로 나눌 수 있으며, 그림 7과 같은 화면으로 구성하였다.



[그림 7] (상) 모니터링 화면, (하) 제어 화면 및 재배단 상태

그림 8은 통합 제어 모니터링 시스템을 통해 4개의 재배단에 설치된 LED 조명 패널의 Frequency, Duty Rate, Intensity 값을 달리하여 각기 다른 광조사 형태를 나타내고 있다.



[그림 8] LED 조명 패널의 제어를 통한 다른 광조사 형태

본 실험을 통해서 각종 환경정보 센서 및 전력 센서를 통해 실시간 모니터링 결과를 확인하였으며, 디바이스의 값을 변경하여 LED 조명 패널 및 양액 공급 장치의 정상 동작을 확인하였다.

4. 결론

본 논문은 완전제어형 식물공장에서 식물을 재배하기 위해 모니터링 및 제어가 가능한 센서 네트워크 기반의 통합 모니터링 제어 시스템을 제안하고 테스트 베드를 구축하였다. 또한 구현된 통합 제어 모니터링 시스템은 구축된 테스트 베드에 직접 실험을 통해 정상적인 환경 정보 데이터가 수집됨을 확인하였다. 또한 디바이스의 환경 정보를 변경하여 정상적으로 제어가 되어 시스템에 적용됨을 확인하였다.

제안된 시스템은 밀폐된 환경에서 식물공장의 재배 환경을 모니터링하고 장치를 제어하는 연구의 기초 기술로 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 통합 제어 모니터링 시스템을 통해 수집된 데이터의 비교 및 분석을 통해 식물을 재배하는데 최적의 환경 조건과 상태에 대한 분석이 가능할 것이다.

향후에는 식물의 생장에 많은 영향을 주는 양액의 pH, EC 값의 측정을 통해 최적의 양분을 공급해 줄 수 있는 시스템에 대한 연구와 완전제어형 식물공장에서 사용되는 전력량을 분석하여 최적의 광조사 및 환경 제어 데이터에 관한 실험이 필요하다.

참고문헌

- [1] 김보경, 이완직, 허석렬, “센서 네트워크를 이용한 인공 광 이용 형 유비쿼터스 식물공장 모니터링 시스템 테스트 베드 구축”, 2010 한국정보기술학회 하계학술대회 논문집, 제1권, 제1호, pp. 272-275, 5월, 2010.
- [2] 고대식, 박화세, “식물공장 생장환경 모니터링 시스템 설계에 관한연구”, 2011 한국정보기술학회 하계학술대회 논문집, pp.372-375, 5월, 2011.
- [3] 이명훈, 신창선, 조용운, 여 현, “유비쿼터스 농업에서의 온실 환경 통합관리 시스템” 정보과학회지, 제27권, 제6호, pp.21-26, 2009.
- [4] Jeong Wook H대, Young Beum Lee, Dong Eok Kim, Yu Seob Chang, and Changhoo Chum, “Effects of Supplementary LED Lighting on Growth and Biochemical Parameters in

Dieffenbachia amoena ‘Camella’ and *Ficus elastica* ‘Melany’”, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, 28(1), pp.51-58, February 2010.