다중 안전센서 특성을 이용한 다중재배 원격제어장치

논 문
58P-4-48

Multi Cultivation Remote-Control System(MCRS) for Crops Through Characteristics of Multi-Safe Sensors

김 종 만† · 조 자 용* · 서 범 석**
(Jong-Man Kim · Ja-Yong Cho · Beom-Seok Seo)

Abstract - Multi Cultivation Remote-control System(MCRS) for crpos through characteristics of multi-safe sensors was realized. It was carried out to investigate into the effect of LED Control with the physiological activity of crops(for examples, sprouts). We have also composed a Combined Automatic Control System possible for the control of temperature and humidity at the same time. The applied multi-safe sensors for measurement are blue, green, red, white, yellow leds and humidity sensors, web camera sensors under safe conditions for crops cultivation. And we producted the remote control OS using Linux and defined the characteristics of automatic control about sprouts.

Key Words : MCRS(Multi Cultivation Remote-control System), Combined Automatic Control System, Multi-Safe Sensors

1. 서 론

최근 전기전자소자의 효율적 이용을 위하여 다중 안전센서 시스템을 구성한 후 작물재배 등의 복합환경시스템에의 성공적인 수행이 수행이 요구되고 있다[1]. 특히 밀폐된 건물내에서 재배되는 드럼회전식 새싹채소 재배는 웰빙형 영양가 높은 채소를 장소에 구애받지 아니하고 대량 생산 가능하므로 불안정한 생산환경 조건에 있는 광과 온도 및 수분 등의 인위적 제어가 획기적으로 필요하다[2-3]. 아직 국내외적으로 품목별, 품종별 연구개발 성과가 부분적으로 연구되어지긴 하나 매우 미비한 실정이다. 본 연구에서는 기존의 불안전한 재배환경의 파장 등을 분석한 후, 새싹의 발아와 생장에 중요한 요인이 되고 있는 광과 수분제어를 원격 자동제어할 수 있도록 인공광원시스템 구성, 원격제어 시스템 및 프로그램을 개발하였으며, 특히 형광등, LED(light emitting diode) 등을 이용하여 인위적으로 광환경 등의 복합 환경을 세분화 분석하는 등의 자동화 환경설비를 구현하여 작물재배하기에 보다 안전한 환경시스템을 구축하였다. 또한 작물 재배시에 생산환경에 최적인 광량, 습도, 육성 상태 등의 중간 식별이 가능한 최적 인공지능 모니터링 프로그램의 생산관리 특성을 갖는 다중 재배용 원격자동제어시스템(MCRS)을 구현하였다.

2. MCRS 종합시스템 제안

2.1 MCRS 제작회로의 구성

먼저, LED 및 형광등의 보다 안전한 복합환경시스템 설구현을 위하여 채소 재배기의 각 실에 수분센서와 발광다이오드(LED) 소자 등의 스위칭 절체식 광량조절기를 부착시켜 새싹의 생육과 착색에 요구되는 습도, 수분, 광량을 자동제어 가능한 생산장치를 구성이 필요하다. 아울러 식물공장적 새싹채소 등의 작물 생산이 용이하며, 생산성 증대, 품질향상 및 생력화 효율이 높도록 최적 인공지능 모니터링 프로그램을 구축하므로서 안전관리형 생산관리시스템이 가능토록 프로그램형 MCRS(Multi Cultivation Remote-control System)장치를 설계하였다. 여기에서 LED 응용 제어장치는 청색, 적색, 녹색광원을 조절하여 가시광선과 자외선 영역이 충분하여 제어가 가능하도록 하였다. 인공지능형 모니터링 시스템의 개발은 새싹채소 생산 공장의 생육단계별 온도, 수분센서의 데이타를 임베디드 제어보드와 센서 네트워크보드 조합모듈의 선택 모드 모니터링, 새싹채소의 출하시, 세정 를 통해서 원격지 송신하여 원격 모니터링 가능하며, LED작업의 지시명령 디스플레이, 새싹채소 의 최적 환경 모니터링 등이 가능한 MCRS 장치를 그림 1과 같이 구성하여 보였다. 복합환경시스템의 최적 재배용 안전센서 장치 구성을 위하여 먼저 LED 나 형광등의 광량을 최적 조절해야 하며, 동시에

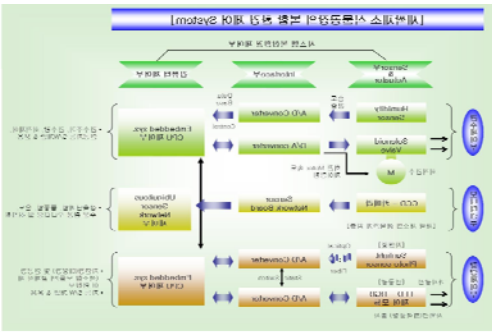
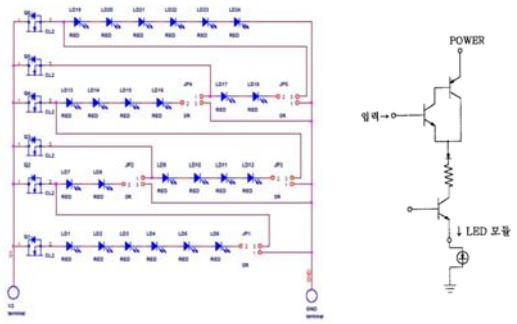


그림 1 MCRS 장치의 블록구성도
Fig. 1 Block diagram of MCRS System

* 비 회 원 : 전남도립대 약선식품과 부교수 · 공박
** 비 회 원 : (사)한국온실작물연구소 소장
† 교신저자 정회원 : 전남도립대 전기에너지시스템과 부교수 · 공박
E-mail: jmk@dorip.ac.kr
접수일자 : 2009년 11월 18일
최종완료 : 2009년 11월 19일

작물재배에 알맞은 최적 수분량의 자동제어가 필수적인데, 최적형 다중안전 시스템은 인공 패턴 프로그램의 기준입력이 주어지면 임베디드 시스템의 CPU는 각각의 RGB 3원색 LED의 색조합 모듈 구동을 위한 ON/OFF 신호 및 PWM 조광제어신호 등을 발생시킨다. 발생된 기준입력 신호는 직류전원 전압에 의해 발생되는 전류를 조절하는 입력 전류제어회로와, 3원색의 LED 모듈 사이의 LED 스위칭부(PNP/NPN Tr제어형)의 제어부로 이루어지는 제어 모듈을 다음 그림 2와 같이 구성하였다.



(a) (b)

그림 2 LED 모듈제어장치(a)와 한 모듈회로도(b)
Fig. 2 LED Module System(a) and a Module Circuit(b)

수분센서 제어장치도 드럼내 다중 센서를 부착하여 3개 지점에서 측정된 값을 평균하여 습도 데이터 값을 측정치로 하여 설정치를 변경할 수 있도록 하는 시스템으로 구성하였다. 수분센서가 피드백 되어진 신호값을 아날로그/디지털 변환기(A/D변환)를 통해 임베디드 CPU로 송신하여 프로세서에 의해 분석후, 최적 제어변수를 디지털/아날로그 변환기(D/A변환)를 통해 자동 수분제어 명령이 수행되어진다.

기존 시스템을 임베디드 기반한 실시간 데이타 처리시스템을 통하여 종자 투입량, 종자의 크기, 종자의 새싹 생장량에 따른 수분량 제어가 가능함을 보여준다.

2.2 MCRS 환경제어부의 센싱 조절

아래 그림 3과 같이 MCRS 장치의 블록 구성도를 보였으며, 원격지에 있는 LED 광센서의 광온도와 습도센서의 데이터를 동시에 제어 가능한 복합환경 자동제어장치를 구성하여 제어시험을 수행하였다. MCRS는 원격 Bluetooth 제어장치가 기본 100미터 통신을 보장하고, TTL 레벨의 UART 통신을 지원한다. UART 통신을 지원하므로, 별도의 드라이버가 필요 없고, 타 블루투스 모듈과의 연결 시 Detector 핀을 이용하여 연결의 유무를 확인할 수 있으며, 온도와 습도센서로부터 입력되는 데이터를 처리하는 제어장치이다. 블루투스 모듈을 컨트롤 하기 위한 임베디드 제어장치는 PXA255 CPU와 ATmega8을 특성별로 사용하며, 32Mb의 플래시롬, 128MB의 SDRAM으로 구성하여 실험하였다.

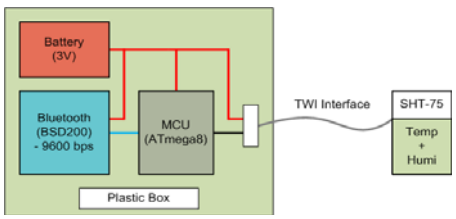


그림 3 MCRS 환경제어장치의 블록구성도
Fig. 3 Block diag. of MCRS Environmental Control System

이 시스템에는 임베디드 리눅스 2.4.19가 포팅되어 있으며, GUI를 구동하기 위해 QT를 탑재하였다. 데이터 획득 장치에서 ATmega8은 SHT-75 센서모듈로부터 데이터를 AD Conversion 한 뒤에 다음 패킷 형식으로 메인 컨트롤 유닛으로 블루투스 모듈을 통하여 송신한다. (TWI)Two-Wire Interface는 AVR과 주변 디바이스 또는 AVR 사이에서 2선만 사용해서 시리얼로 데이터를 전달하며 원격지 센서와 제어장치와의 사이에 양방향 시리얼 통신을 수행한다.

임베디드 시스템에서 특정한 AT Command를 사용하여 Data Logger로 명령을 내리면, Data Logger는 특수한 포맷으로 응답을 내보낸다. 응답은 다음 표 1과 같다.

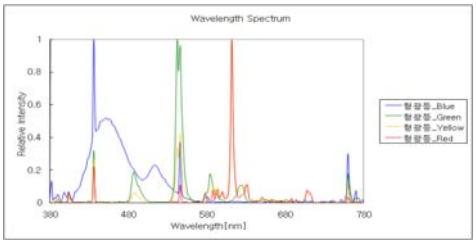
표 1 응답 포맷
Table 1 Format of Response

온도(2)		습도(2)		모터	밸브	히터	팬	형광등	적	녹	청
10	1	10	1	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)

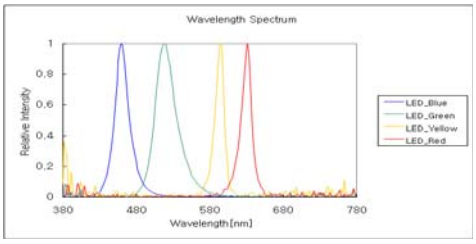
표에서와 같이 Data Logger는 12바이트의 응답을 임베디드 시스템으로 내보내며, 이를 수신한 임베디드 시스템은 데이터를 분석하여 LCD 스크린에 표시한다.

2.3. MCRS의 실험결과 및 검토

MCRS의 LED 스펙트럼의 특성결과를 다음 그림 4와 같이 나타냈다. 유색 LED광질 스펙트럼은 식물 생육시 특정 영역의 광질반응 측면에서 기존의 형광광질과 LED 광질의 파장별 비교 결과를 확인하였다.



(a) 형광등의 스펙트럼 분석 결과



(b) LED의 스펙트럼 결과

그림 4 MCRS의 형광등(a)과 LED(b)의 광질분석 결과
Fig. 4 The reaults of Light Systhesis about a fluorescent light(a) and LEDs

형광등의 경우 청색광은 400~440nm 범위의 자외선 영역의 광량이 많았으며, 녹색광은 500nm 부근에서 그리고, 적색광의 경우는 600~640nm의 적외선이 많이 포함된 것으로 나타났다. 황색광의 경우는 녹색광과 유사한 범위에서 피크를 보였으나 전반적으로 스펙트럼 범위가 2배 이상의 매우 넓은 광질 반응을 보였다.

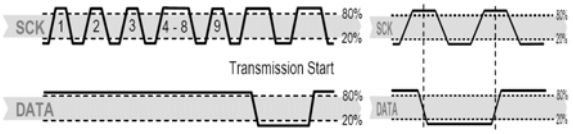
Blue색 계통의 스펙트럼의 예를 보면, LED 광질의 스펙트럼이 유색 형광등 광질의 스펙트럼과 비교시, 보다 넓게 분포하는 특성을 보이는 형광등 광질에 비해 파장 폭이 좁게 측정됨을 보이며, 작물의 생육시 특정 영역의 광질반응 측면에서 LED 광질이 2배 이상 뚜렷하게 우수한 특성을 보임을 확인시켜 준다. 일반 작물 재배시 MCRS 환경제어장치에서의 LED 광질이 줄기 신장에 미치는 영향을 조사한 결과 황색광과 녹색광 처리구에서 전반적으로 나타 났다. 새싹 줄기의 신장이 가장 나쁜 것은 적색+청색광 처리구였는데, 광 처리구간의 차이는 크지 않았다.

32비트 저전력 CPU에는 보통 임베디드 OS가 존재되는데, 본 작물 재배기에 사용되는 OS는 Embedded Linux 2.4.18 Kernel을 채용했다. 임베디드 리눅스는 모듈형 구조를 취하고 있어, 크기가 대단히 작고, 구성이 용이한 OS를 아래 그림 5와 같이 구현하였다. 개발한 프로그램의 다양한 응용실험을 위하여 다중 환경 상태를 센서별 구분하여 동작이 되도록 하였는데 모드는 자동모드와 수동모드 절체 동작이 가능토록 설계하였으며, 온도와 습도의 설정에 따라 솔레노이드 밸브와 FAN에 자동으로 구동된다.

그림 5 MCRS 환경제어장치의 OS 제작도
Fig. 5 OS Simulation diag. of MCRS Environmental Control System

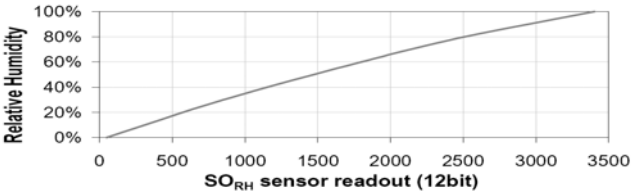
밸브, FAN, LED가 원격조작을 이용하여 원격 자동제어 동작이 안전하게 동작함을 확인하였다. 지능형 수분제어시스템은 수분센서를 통하여 수분의 최적량을 관측하여 임계값이 감지되면 임베디드 제어장치의 메인출력을 받아 솔레노이드가 움직여 적당량의 수분이 자동으로 드럼회전식 작물공장에 공급된다. 작물채소의 수분을 자동으로 공급하고자 지능형 관수 수분센서에 있어서 그 데이타를 분석하는 시스템의 수신 신호를 인터페이스 타이밍 신호에 대하여 아래와 같이 나타내었다. 시스템 클럭(SCK)이 발생되어 발생 주기 동안에 시스템의 데이터신호(DATA)가 인지되어 관수 동작이 수행되어짐을 확인할 수 있었다. 다음 그림 6에 지능형 관수동작의 수신신호 인터페이스 타이밍도와 시스템 클럭상태를 보여주고 있다.

감지 결과, 수분센서 SO_{RH} 는 수분의 감지명령이 일어나면 감지하는 민감도가 12Bit의 세밀한 정도로 측정되어진다. 이 그림 7은 임베디드 제어 명령에 의해 획득한 습도의 디지털 양을 상대습도량[%]으로 변환해주고 있는 상태를 보여주고 있다. 이때 사용되어진 상수 C1은 -2.04, C2는 0.04, C3는 -1.6이며 실험을 통하여 수분 공급이 잘 되어짐이 확인되었다.



(a) 관수동작 연결 타이밍 (b) 시작시 시스템 클럭

그림 6 지능형 관수동작의 수신신호 타이밍도와 시스템 클럭
Fig. 6 Timing Signals and System Clocks of Art. sprinkler



$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^{\ 2} \ (\%RH)$$

그림 7 지능형 관수동작의 수신신호 인터페이스 타이밍도와 시스템 클럭
Fig. 7 Interface Timing diag. and System Clocks of Art. sprinkler

3. 결 론

본 연구에서는 작물의 발아에 관련한 LED 광제어 및 수분제어를 원격 자동제어할 수 있도록 MCRS 환경제어장치 및 프로그램을 개발하였다. 식물공장적 작물채소 등의 생산이 용이하며, 다중 복합센서 제어 가능한 센서모듈제어장치를 구축하였으며, 안전관리형 생산관리시스템이 가능토록 프로그램형 MCRS시스템을 설계하였다. 인공지능형 모니터링 시스템의 개발은 작물채소 생산 공장의 생육단계별 온도, 수분센서의 데이타를 임베디드 제어보드와 센서보드를 통해서 원격지 송신하여 원격 모니터링 가능하도록 구현하였다. 구현된 모듈장치의 시험결과 기존의 형광방식에 의한 스펙트럼의 특성보다 2배 이상의 우수한 스펙트럼 특성을 보임을 확인하였다. MCRS 센서제어시스템을 통하여 안정한 복합센서의 제어 및 원거리의 원격 제어가 가능함을 보였고, 특히 작물의 생산성 증대, 품질향상 및 생력화 효율의 향상이 기대되는 웰빙형 다중작물 재배장치에 응용 시에 매우 큰 경제적 효과가 있으리라 사료된다.

참 고 문 헌

[1] Park, Y.S., M.Y. Park, and Y.S. Jo. 2005. Storability of loquat fruits as influenced by harvest date and

storage temperature. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23:64-70.
[2] Hwang, M.K., C.S. Huh, and Y.J. Seo. 2004. Optic characteristics comparison and analysis of SMD type Y/G/W HB LED. J. Kllee. 18(4):15-21.
[3] Bae, Y.I., Y.C. Chung, K.H. Shin. 2002. Antimicrobial and antioxidant activities of various solvent extract from different parts of loquat. Kor. J. Food Preserv. 9:97-101.
[4] L. Abebi, A. Goel, C. Krasic, K. Snow, and J. Walpole, "A measurement-based analysis of the real-time performance of Linux", Proceedings of the IEEE Real-Time Embedded Technology and applications Symposium(RTAS), September, 2002
[5] Michael J. Donalhoo, Kenneth L. Calvert, "The Pocket Guide to TCP/IP Sockets (C version)", Morgan Kaufmann Publisher, 2001
[6] IEEE International Symposium on Biomedical Imaging, Aprial 12-15, 2007

저 자 소 개

김 종 만 (金 棕 晩)

1986년 전북대학교 전기공학과 졸업(공학사). 1988년 전북대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 1996년 전북대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1988~1991년 현대중공업(주) 산업전자설계부 연구원. 2000년~현재, 전남도립대학 전기에너지시스템과 부교수
Tel : 061-380-8639
Fax : 061-380-8639
E-mail : jmk@dorip.ac.kr

조 자 용 (趙 自 容)

1990년 순천대학교 원예학과 졸업(공학사). 1992년 순천대학교 대학원 원예학과 졸업(공학석사). 1998년 전남대학교 대학원 원예학과 졸업(공학박사). 2000년~현재, 전남도립대학 약선식품과 부교수
Tel : 061-380-8631
Fax : 061-380-8631
E-mail : ineedu@dorip.ac.kr

서 범 석 (徐 範 錫)

1987년 전남대학교 원예학과 졸업(농학사). 1989년 전남대학교 대학원 원예학과 졸업(농학석사). 1992년 전남대학교 대학원 원예학과 졸업(농학박사). 1997년~현재 (사)한국온실작물연구소장, 2007년~현재 전남대학교 농업생명과학대학 겸임교수.
Tel : 061-381-3643
Fax : 061-381-3645
E-mail : kgcri@hanmail.net