

식물성장 분석을 위한 VISION 장치 및
소프트웨어 개발에 관한 연구

전성동* 권순걸 서기영 이현우
경남대학교 전기전자공학부

A study on the Vision Equipment &
Software Development for Analysis of Plant's Growth

S. D. Jhun G. Y. Seo K. Y. Suh H. W. Lee
Kyungnam University

Abstract - In this treatise, we research hardware and software for measurement of most suitable condition of the plant growth. that is part of the future oriented that plant growing system.

The environment cannot offer the most suitable condition of the plant growth. so we are approached most suitable condition of the plant growth by adjustment of artificial condition of the plant growth but in theses experiment includes some fault that is subjectivity of observation. therefor we develop vision equipment and software for objective observation measurement.

1. 서 론

식물생장의 최적화는 자연환경 하에서는 절대로 달성할 수 없음을 캘리포니아 공과대학 Went 교수의 피토틨론(phytotron: 기후 조건을 임의로 조절할 수 있는 식물생육 실험 관찰 장치) 실험에 의해서 증명되었다. 다시 말해 식물의 최대 영양소 공급이 이루어진다는 가정 하에서 식물의 성장조건은 온도, 상대습도, 광도, 탄산가스 농도에 의해서 결정되는데 자연 환경에서 주어지는 조건들이 식물의 최적 성장 조건이 아닌 것이다.

식물의 최적성장조건을 찾아내기 위한 연구는 다양한 방법으로 이루어지고 있다. 그 중 외부 환경과 완전히 차단하고 앞서 언급한 식물의 성장조건인 온도, 상대습도, 광도, 탄산가스농도 등을 조절하는 장치가 있는데 이를 챔버라고 한다.

챔버를 이용하여 특정 식물에 대한 최적 성장조건을 찾아내는 데는 반복되는 실험이 불가피하다. 성장조건을 다양하게 구성하여 식물을 직접 재배하는 방법밖에 없는 것이다. 이러한 반복되는 실험에서 식물의 가시적인 성장 상태에 대한 분석이 이루어져야 하는데 현재 대부분은 관찰자의 주관적인 느낌이나 길이 정도의 데이터로 성장 정도를 분석하고 있다. 이러한 관찰 방법의 문제점은 관찰자의 주관적인 느낌이 객관적인 데이터로 활용된다는 점과 길이 등의 측정 시기가 부정확하여 정확한 분석 데이터를 얻기에는 부족한 점이 많다는 것이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 식물 성장 관찰의 문제점을 최소화하여 객관적인 분석 자료를 얻기 위해 식물 성장 관찰용 하드웨어를 구축하고 이를 분석하기 위한 소프트웨어 개발에 대한 연구 내용을 다룬다.

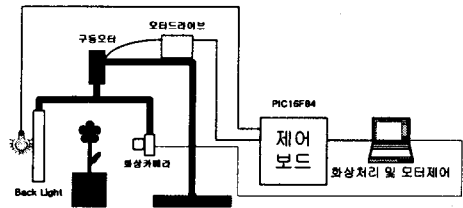
2. 본 론

2.1 시스템 구성

본 실험에서는 관찰 대상인 식물의 2차원 평면 화상을 화상카메라를 통해 디지털 영상 데이터로 얻어 식물이 차지하는 면적을 계산함으로써 성장 정도에 대한 데이터를 얻으려 한다. 그러나 식물의 형상은 비정형적인 형태

를 띠고있어 관찰 각도에 따라 다양한 형태로 나타나기 때문에 한 면의 2차원 형상으로 식물의 크기 변화를 관찰하는 것은 많은 부분의 성장 관찰 요소를 놓쳐 버리는 결과를 초래한다.

이러한 문제점을 보완하기 위해 관찰 시각을 360. 회전시켜 그 각각의 식물 면적을 계산하고 이를 평균함으로써 보다 신뢰성 있는 분석 데이터로 활용한다.



< 그림 2.1 > 시스템 구성도

조명 방식은 선명한 2차원 평면화상 면적만을 필요로 하므로 반사광을 화상카메라로 읽어 들이는 방식이 아닌 관찰 대상을 투과한 광을 화상카메라로 읽어 들였다. 이러한 방식으로 관찰 대상의 Edge를 보다 선명하게 하여 화상의 이진화 처리시 관찰대상 손실을 최대로 줄일 수 있게 하였다.

화상처리에서 보다 신뢰성 있는 화상을 얻기 위해 카메라를 고정하는 것이 원칙이나 관찰대상인 식물의 재배 방식에 따라 이러한 방식이 적용 될 수 없는 경우를 고려하여 역조명과 카메라를 회전시키는 방식을 택하였다. 역조명과 카메라의 회전을 위해 서보모터를 사용하였으며 약 3.5.씩 회전하여 360. 회전 후 2차원 화상 102개를 얻었다.

서보모터의 회전 제어와 화상 획득 시기를 제어하기 위하여 컴퓨터와 통신 할 수 있는 제어회로를 구성하였다. 제어보드는 마이크로 프로세스의 일종인 PIC16F84를 사용하였으며 컴퓨터와의 통신을 위해 MAX232칩을 사용하여 RS232통신을 하였다.

화상데이터의 획득은 VFW(Video For Window) 라이브러리를 사용하여 BMP(Bit Map Picture) 파일로 저장하였으며 화상 데이터의 처리는 특별한 라이브러리를 사용하지 않고 기본 이론을 바탕으로 프로그래밍 하였다.

2.1.1 화상카메라 및 조명

본 실험에서는 시스템의 간소화를 위해 area scan 방식의 일반 PC용 CCD카메라를 사용하였고 조명은 관찰대상인 식물의 명확한 Edge 검출을 위하여 2차원 화상 데이터에서 식물과 배경이 명확히 구분되어야 했다. 여러 가지 방법을 고려한 결과 < 그림2.2 > 확산 전방조명법과 < 그림2.3 > 확산 후방조명법이 가장 유효하였는데 < 그림2.2 >에서는 컬러 영상을 통한 식물의 관찰 알고

리즘에는 적합하나 < 그림 2.3 >와 비교해 볼 때 Edge의 부분이 미협하여 < 그림 3.3 >의 방법이 선택되었다.



< 그림 2.2 > 확산 전방조명 적용



< 그림 2.3 > 확산 후방조명 적용

2.1.2 제어보드

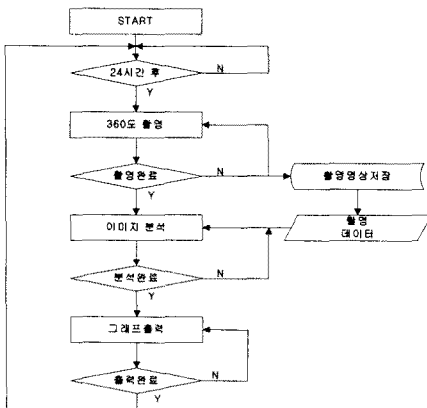


< 그림 2.4 > 회로도 & PCB Layout & 제어보드

제어보드는 화상처리 소프트웨어에서 요구하는 모터 구동 신호를 받아 모터를 정역 방향으로 일정 각 제어하는 역할을 수행한다. 서보모터의 일정 각 정역 회전은 모터 드라이버로 원하는 만큼의 펄스를 입력함으로써 제어할 수 있는데 본 실험에서는 PIC16F84 마이크로 프로세서를 적용하여 구성하였고 제어보드와 화상처리 소프트웨어와의 통신은 RS232C 프로토콜을 이용한 시리얼 통신으로 이루어졌는데 이를 위하여 MAX232 칩을 사용하였다.

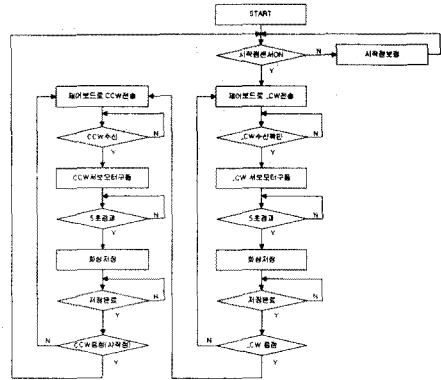
2.2.3 소프트웨어 동작 시퀀스

본 실험에서는 24시간을 촬영 주기로 잡았다. 향후 이 값은 식물에 따라 조절 가능하게 할 것이다. 360, 촬영을 하는 동안 각 2차원 데이터는 BMP(Bit Map Picture)파일 형태로 저장되게 된다. 이는 화상처리에 의존한 관찰뿐만 아니라 유판으로 관찰이 가능하게 하기 위해서이다. 저장된 데이터는 360, 촬영 완료 후 이미지 분석에 들어가는데 최종 데이터는 2차원 데이터에서 차지하는 식물의 1회분 면적 평균값과 길이다. 또한 이렇게 얻어진 데이터는 그래프로 화면에 그려지게 된다.



< 그림 2.5 > 소프트웨어 시퀀스 흐름도

2.2.4 촬영 시퀀스

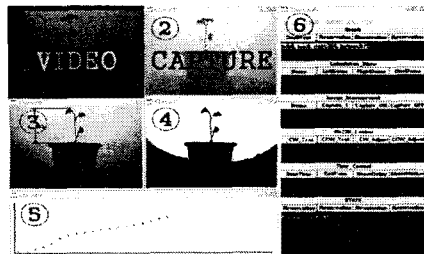


< 그림 2.6 > 360 촬영 시퀀스 흐름도

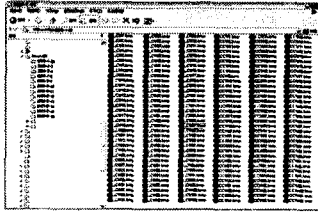
24시간의 시간 경과 후 촬영 시퀀스가 동작하게 되면 최초 시작점 센서의 ON상태를 확인하게 된다. 정 시작점에서의 촬영을 위해 센서를 부착하였는데 향후 센서를 확대 배치하여 모터 구동 오류를 검출할 수 있도록 구성 할 것이다. 시작점 센서의 ON상태가 확인되면 소프트웨어에서 _CW 신호를 제어보드로 보내게 된다. 소프트웨어에서 정회전(_CW)구동을 요구하는 것인데 이를 수신한 제어보드는 소프트웨어로 수신 확인 신호를 송신함과 동시에 서보모터를 구동하게 되는 것이다. 서보모터 구동 후 약간의 진동을 예상하여 5초간의 촬영 지연 시간을 두었다. 이는 하드웨어의 최적화를 통해 단축시킬 수 있을 것이다. 하지만 식물의 성장 속도에 비하면 너무나 짧은 시간이기에 본 실험에서는 그다지 영향을 주지 않았다. 예상 진동 감소가 예상되는 5초가 지나면 소프트웨어는 관찰 대상인 식물의 2차원 화상을 촬영하게 되고 이를 데이터로 저장하게 된다. 화상 데이터 저장 후 소프트웨어는 정회전 촬영이 종료되었는지를 확인한 후 종료되지 않았다면 또 다시 정회전 신호를 제어보드로 보내게 되고 같은 흐름을 반복하게 된다. 반대로 정회전 촬영이 종료되었다면 역회전 촬영에 들어가게 된다. 역회전 촬영 또한 정회전 촬영과 같은 형태로 진행되고 최종 촬영이 종료되면 또 다시 24시간 경과를 기다리게 된다.

본 실험에서는 정회전(_CW) 촬영 후 역회전(CCW) 촬영이 이어진다. 이는 하드웨어의 완벽한 제작이 이루어지지 않았기에 발생할 수 있는 오류 검출을 위해 이와 같은 방법이 적용되었다. 물론 최종 데이터는 정회전과 역회전 각각의 평균값을 비교한 후 두 값이 비슷할 경우 정회전 값을 취하게 되는 것이다.

2.3 화상처리 소프트웨어



< 그림 2.7 > 화상처리 소프트웨어

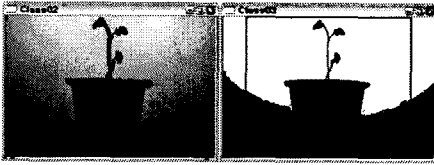


< 그림 2.8 > 저장된 화상 데이터

< 그림 2.7 >의 온 화상카메라에서 들어오는 실시간 영상을 보여주고는 360 회전 촬영시 저장되는 각 촬영 각도마다의 영상을 보여주게 되는데 이렇게 촬영된 데이터는 < 그림 2.8 >와 같이 날짜별로 저장되게 된다. 또한 < 그림 2.8 >의 온 화상처리를 통해 얻어진 결과 값을 나타내며는 최종 처리 값인 이진 화상의 상태를 보여주게 된다. 최종 적으로 각 360 회전 촬영 평균 면적이 < 그림 2.7 >의 에 그려지게 되는 것이다.

2.3.1 2차원 화상의 식물 면적

본 실험은 아직 촬영 조건의 최적화가 이루어지지 못해 화상처리에 최적화된 조명 구성이 이루어지지 못했다. 하지만 기본적인 알고리즘 적용에는 문제가 되지 않았다. < 그림 2.9 >은 이진 화상처리를 위해 원 화상을 이진 화상으로 변환한 형태를 보여주고 있는데 조명의 불균일을 해결하기 위하여 이진 화상의 사각 영역으로 영역을 제한하였다.

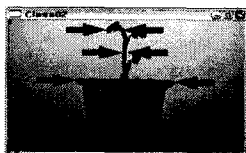


< 그림 2.9 > 원 화상 & 이진 화상

2차원 화상에서 식물이 차지하는 면적을 찾아내기 위해 우선 < 그림 2.10 >의 이진화상에 표시된 것과 같이 First Point를 찾아낸 다음 식물 화상의 End Point를 찾아 제한 영역과 교집합 하여 식물이 차지하는 픽셀 값을 구하였다. End Point는 제한 영역 좌우 화상 좌표를 구한 다음 그 좌우 좌표간 거리 변화량이 가장 급격하게 변하는 점을 식물의 End Point로 규정하였다. < 그림 2.11 >은 식물의 좌우 좌표 거리보다 화분의 좌표 거리가 상대적으로 큼을 보여주고 있다.



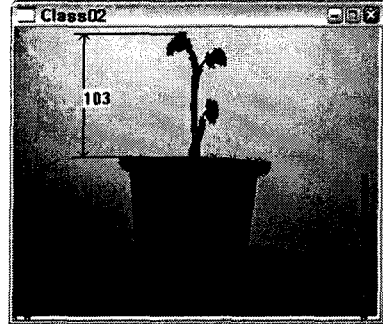
< 그림 2.10 > 식물좌표 추적결과



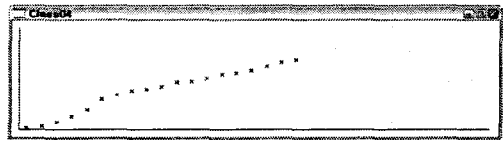
< 그림 2.11 > 거리 비교

2.3.2 식물성장 그래프

< 그림 2.12 >에서 보는 바와 같이 360 회전 촬영화상 중 2차원 화상 하나의 해석이 성공적으로 이루어 졌다. 또한 이렇게 360 전 화상의 2차원 해석을 끝내고 그 면적 값을 평균하여 < 그림 2.13 >와 같은 결과 그래프를 얻었다.



< 그림 2.12 > 2차원 화상 해석 결과



< 그림 2.13 > 식물성장 그래프

3. 결 론

아쉽게도 다양한 조건 하에서 동종의 식물이 어떠한 성장 변화를 가져오는지에 대한 실험은 이루어지지 못하였다. 향후 본 하드웨어 및 소프트웨어를 챔버에 적용하여 다양한 조건 하에서 동종의 식물이 어떠한 성장 그래프를 나타내는지 적용해 볼 것이다.

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프리카육지원사업으로 수행된 논문입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김기영, 류관희: "화상처리를 이용한 온실에서의 식물성장도 측정", 한국농업기계학회지, 제23권 제3호, pp.285-290, 1998.
- [2] 전성동, 이현우 외 2명: "PLC 및 HMI소프트웨어를 이용한 식물재배용 Chamber의 원격제어", 한국조명·전기설비학회 부산·경남지회 학술발표회 논문집, pp. 42-45, 2002. 1
- [3] 손재룡의 다수: "칼라 영상처리에 의한 결주 및 불량모 인식", 한국농업기계학회지, 제26권 제3호, pp.253-262, 2001.
- [4] Y. Hashimoto: "Plant Factory in the 21st Century", ICA ME2000, Vol.1 of 3, pp.1-30, 2000.
- [5] 이수희, 노상하: 근적외선 영상을 이용한 후지사과의 결검출에 관한 연구, 한국농업기계학회지 제26권 제2호. pp. 169-176. 2001
- [6] 조남홍, 이수희, 황헌, 이영희, 최승목, 박종률, 조광한: "기계시각에 의한 풋고추 온라인 등급판정 알고리즘 개발, 한국농업기계학회지 제26권 제6호. pp. 571-578, 2001
- [7] 김영복, 이승규, 김성태, 나우정, 송대빈, 이호준: "기계시각을 이용한 홍고추의 기하학적 및 물리적 특성 분석", 한국농업기계학회지 제26권 제3호. pp. 287-294, 2001
- [8] 김상형: "API 정복", 가남사
- [9] 차영배: "PIC16C84/71", 다다미디어