

# 스마트기기를 이용한 주기별 식물 성장 인식 자동 제어 모니터링 시스템

김경옥\* · 김응곤\*

Cycle-by-Cycle Plant Growth Automatic Control Monitoring System using Smart Device

Kyong-Ock Kim\* · Eung-Kon Kim\*

## 요 약

최근 수행된 많은 연구에서 시설 하우스나 식물 공장과 같이 실용적인 원예 시설에 대한 환경 제어 시스템이 다양하게 제시되었다. 그러나 아직까지도 식물의 전 생장 과정에 따른 온·습도 등 제어가 제대로 되지 않아 성장 장애 및 병충해에 노출되어 농가의 적지 않은 피해가 보고되고 있다. 공기 순환팬, 산업용 제습기 등을 활용하여 대책을 마련해 보고 있지만, 기대에 미치지 못하고 있다. 본 논문에서는 주기별 생장 인식 알고리즘을 이용하여 각 식물의 성장 단계를 인식하고 식물의 성장 단계에 따른 최적의 환경을 제공한다. 주기별 식물 성장 인식 자동 제어 모니터링 시스템을 이용하면 식물의 생장에 필요한 최적 환경을 제공하므로 생산성을 높일 수 있다.

## ABSTRACT

In many recent studies, a variety of environmental control system for practical gardening facilities such as facility house and plant factory have been proposed. However, the plants have been exposed to growth disorder and disease and pest injury because the temperature and humidity have not properly controlled so far. Therefore, a lot of damage of farmers have been reported. The air circulation fan and industrial dehumidifier have been currently utilized as the countermeasures, but they do not meet the expectation. In this study, the growth phase of each plant is recognized by using cycle-by-cycle plants growth recognition algorithm to provide optimal environment according to the growth phases of each plant. he productivity can be raised by using cycle-by-cycle plant growth recognition monitoring system because it optimally controls the environment by cycle that is required for plant growth.

## 키워드

greenhouse environment, greenhouse cultivation, complex environmental control, Image processing  
온실환경, 시설재배, 복합환경 제어, 영상처리

## 1. 서 론

유비쿼터스 농업환경은 농산물 재배, 가축 성장환경, 수확에 이르기까지 농업 환경에 수많은 변화를 줄

수 있다.

최근에는 시설원예가 선진화되고 있지만 시설하우스에는 시설 내 환경이 식물의 생장에 적합하도록 여러 장치를 이용하여 실내 온도, 습도 등을 제어하고

\* 순천대학교 컴퓨터과학과(aib27@sunchon.ac.kr)

\* 교신저자 : 순천대학교(kek@sunchon.ac.kr)

접수일자 : 2013. 04. 06

심사(수정)일자 : 2013. 04. 25

게재확정일자 : 2013. 05. 20

있지만 아직까지도 식물의 성장 상태에 따른 온도, 습도제어가 제대로 되지 않아 성장장애 및 병충해에 노출되어 농가의 적지 않은 피해가 보고되고 있다.

본 논문에서는 식물의 영상을 획득하여 주기별 성장 인식 알고리즘을 이용하여 식물의 각 성장 상태를 인식하고 각 성장상태에 따른 최적의 환경을 제공하는 스마트기기의 기반으로 모니터링 시스템을 구현한다.

## II. 객체 인식 기법

모든 이미지는 각각의 고유한 특징을 지닌다. 객체 인식 알고리즘으로는 크게 SURF(S) 알고리즘과 SIFT(Scale Invariant Feature Transform) 알고리즘이 있다.

SURF(Speeded Up Robust Features)은 SIFT와 추출 방법은 다르지만 영상으로부터 키포인트와 특징 벡터를 추출하는 점에서는 동일하지만 처리 속도는 SIFT보다 몇 배 빠르다고 하지만, 정확도는 다소 떨어진다고 하지만 리얼타임 처리를 위해서는 특징점 기반 방법(Point Detectors), 배경 차 연산 방법(Background Subtraction), 분할 기반 방법(Segmentation), 학습 기반 방법(Supervised Learning) 등이 있다[1][2].

특징점 기반 방법에는 Moravec이 1979년 코너를 찾는 연구를 시작한 이래로 Harris Detector, Scale Invariant Feature Transform(SIFT)[5], Affine Invariant Point Detector[6]등의 연구가 진행 되었다.

Low[2]가 제안한 SIFT 알고리즘은 Scale Invariant Feature Transform의 약자로 영상의 크기, 회전, 잡음에도 일정한 특성을 지닌 키 포인트 서술자(Key Point Descriptor)를 생성한다.

불변하는 특징점을 추출하는 알고리즘으로 컴퓨터 비전 분야에 속한다. 객체 인식을 위한 SIFT 알고리즘은 동일한 객체를 다른 각도에서 촬영한 두 장의 영상에서 추출한 특징점을 비교하여 매칭하는 알고리즘으로 회전된 객체 또는 크기가 다른 객체끼리 매칭하는 과정에서 매우 강인한 성능을 발휘한다.

SIFT 알고리즘의 흐름도는 크게 전처리 부분과 특징점을 추출하는 부분, 추출된 특징점의 서술자와 매

칭하는 부분으로 나누어져 있다. 전처리 과정에서는 입력영상이 들어오면 사이즈를 통하여 입력영상의 절반 크기의 영상을 생성하여 2개의 다른 크기의 영상을 만든다. 생성된 2개의 영상을 히스토그램 평활화를 이용하여 너무 밝거나 어두운 부분에 치우친 영상을 보정하게 된다.

Jain and Nagel[3]이 제안한 배경 차 연산방법의 기본 개념은 근접함 프레임의 차이를 구하는 방법으로 꾸준히 연구가 진행 되었으며, 1997년 Wren[4]의 연구 이후로 일반적으로 사용이 되기 시작하였다. 현재 주로 사용되는 배경 차 연산방법으로는 Mixture of Gaussians[5], Eigenbackground[6], Wall flower[7], Dynamic texture background[8] 등이 있다.

Mixture of Gaussian는 영상의 각 픽셀값을 단지 하나의 가우시안 분포가 아닌 여러 개의 가우시안 혼합 분포를 이용해 확률적으로 배경을 구하는 방법으로 각 frame마다 새롭게 입력되는 값을 학습함으로써 환경의 변화에 적응해 나갈 수 있는 장점이 있지만 배경에 적응해 나가는 학습 속도에 따라 큰 성능 차이를 보이고, 연산량이 많은 단점이 있다.

## III. 주기별 식물 성장 인식 알고리즘 설계

주기별 식물 성장 인식 알고리즘은 카메라 영상을 통해서 식물 형태, 크기, 색깔, 길이를 특징으로 하여 디지털 영상처리 기법을 적용하여 식물을 인식하고 분류한다. 먼저 카메라를 통하여 얻은 식물 원본영상으로부터 식물 형태를 추출을 하기 위해 식물의 관심 영역을 획득한다. 식물 전체 화면의 영역에서 비 관심 영역은 배제하고, 관심 영역을 원 또는 네모로 표시해서 추출 한다. 주기별 식물 성장 인식 알고리즘에 사용되는 캐니 에지 검출 기법은 잡음에 민감한 종래의 기법을 가우시안(gaussian)기법으로 잡음을 보완하고, 실제 에지(edge) 상태의 기울기를 감안하여 에지가 아닌 부분을 제거해야 한다.

캐니 연산자를 이용하여 에지를 추출하여 정확도를 높인다. 이런 방법은 데이터의 크기를 줄이고 의미 없는 정보를 최소화 할 수 있다. Harr-like feature[10] 기법을 이용해 식물 형태 인식뿐만 아니라, 식물의 정확한 크기를 구별한다. 이와 같은 방법으로 식물의 형

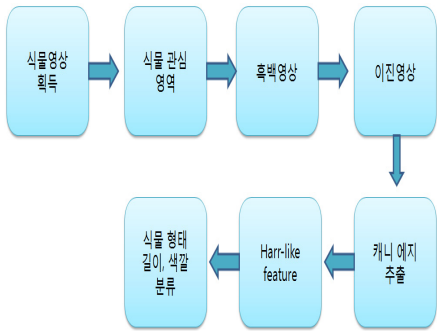


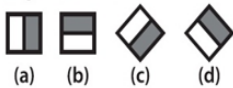
그림 1. 제안한 식물 주기별 성장 인식 프로세스  
Fig. 1 Plant cycle-specific growth recognition process proposed

태, 크기, 길이로 식물을 분류한다. 그림 1은 제안한 식물 주기별 성장 인식 알고리즘을 나타낸다.

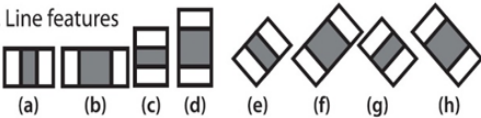
#### IV. 식물 주기별 성장 인식 알고리즘 구현

본 논문에서 인식 알고리즘 방법으로는 특정 기반 알고리즘 Harr-like feature을 식물에 적용한 것은 단순한 이미지를 이용하여 특정값을 쉽게 표현하는 것이다. 입력 영상에서 윈도우를 이동시키면서 특정 값들을 얻어 내는데 이는 그림 2과 같이 위치, 모양, 크기에 따라서 수많은 형태를 가질 수 있다.

##### 1. Edge features



##### 2. Line features



##### 3. Center-surround features

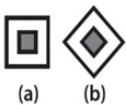


그림 2. Harr-like feature 프로토타입  
Fig. 2 Harr-like feature prototype

특정 값들은 x와 y방향으로 최대 24\*24까지 크기가 확장된다. 특정 값은 또한 윈도우에서 위치할 수

있는 여러 경우로 자유롭게 변하기 때문에 많은 특정 정보 값을 얻을 수 있다.

$$feature_I = \sum_{i=1, \dots, N} \omega_i RecSum(r_i) \quad (1)$$

$\omega_i$ : 가중치

$RecSum(r_i)$ : 사각형  $r_i$ 의 넓이

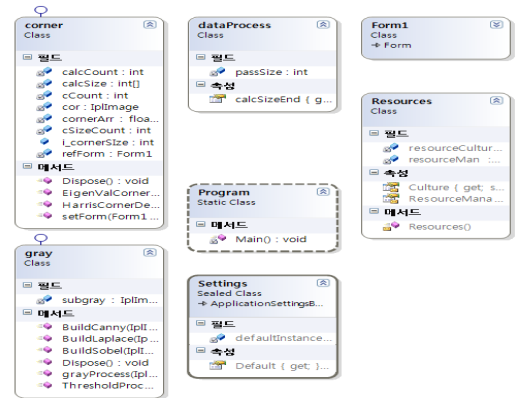


그림 3. 식물 성장 인식 클래스 다이어그램  
Fig. 3 Plant growth recognition class diagram

식물 인식 알고리즘을 통해서 인식된 관심 영역에서 잎, 줄기, 꽃, 열매 같은 특징점을 추출하기 위해서 영역 비율을 이용한다. 관심 부분 판별 과정은 이진화 모듈과 명암 비율 계산 모듈로 나눈다. 그림 3 식물 성장 인식 클래스 다이어그램을 나타낸다.

이진화 모듈에서는 영상을 임계값(threshold)을 기준으로 0과 1의 값만을 가지는 2레벨 영상으로 변환한다. 영상의 이진화 임계값 설정 방법은 전역적 임계값(global threshold), 블록 이진화 기법, 적응적 임계값(adaptive threshold)설정, 보간적 임계값(iterative threshold) 설정 등이 있다. 본 논문에서는 영상의 내용을 기준으로 자동적으로 적절한 임계값을 찾아주는 적응적 임계값 설정 방법을 이용하였다.

```
for x= 0 to Nx {
  for y= 0 to Ny {
    mean = 0, count = 0;
```

```

for i= 0 to size
  for j= 0 to size {
    mean +=i[ x + 1 - (size/2)][y + j - (size/2) ];
    count++;
  }
  mean=(mean/count) -con;
  if(i[x][y] > mean)
    B[x][y] =255;
  else
    B[x][y] =0;
  endif
}
}

```

그림 4. 식물 인식 이진화 알고리즘  
Fig. 4 Plant recognition binarization algorithm

그림 4에서는 입력영상의 대해서 size \*size의 크기를 갖는 블록을 잡아서 화소값의 평균값을 구하여 그 부분에서의 임계값으로 설정한다. 그리고 이 값을 기준으로 이진화를 진행한다.

```

for x= 0 to Nx {
  for y= 0 to Ny {
    if(i[x][y]=0)
      count++;
    endif
  }
}
rate=count(Nx*Ny);

```

그림 5 식물의 잎, 열매 인식 이진화 알고리즘  
Fig. 5 Plant leaves and fruits recognition binarization algorithm

명암 비율 계산 모듈은 잎, 줄기, 열매 영역에 대해 이진화 모듈을 실행하여 각각 2 레벨 영상으로 변환한다. 이에 대한 알고리즘은 그림 5와 같다. 그림 6에서는 이진화된 잎, 열매, 줄기 각각에 대해서 명암값을 누적하여 전체 영역의 화소값으로 나누어 명암 비율을 계산하고 실험을 통해 미리 설정된 임계값과 비교하여 판별하게 된다.

```

public Point2D<float>[][] GoodFeaturesToTrack(
  int maxFeaturesPerChannel,

```

```

double qualityLevel,
double minDistance,
int blockSize,
double k
)
public void FindCornerSubPix(
  PointF[][] corners,
  Size win,
  Size zeroZone,
  MCvTermCriteria criteria
)

```

그림 6. EigenVal 및 Harris 알고리즘을 이용한 코너 검출  
Fig. 6 Corner detection using EigenVal and Harris algorithms

#### IV. 실험 및 고찰

스마트 기기를 이용한 식물 성장 주기별 인식 자동화 모니터링 시스템은 식물의 성장과 환경을 감시하고, 센서와 센서 정보를 수집하는 센서 네트워크, 식물 성장환경을 관리하는 관리 시스템으로 구성된다. 식물 성장환경 관리 시스템은 정보 데이터를 가공하여 식물 성장환경에 대한 영상 데이터를 관리한다. 영상 데이터를 바탕으로 식물의 성장환경을 최적으로 유지토록 제어가 가능하다. 식물의 성장환경 정보를 기반으로 주기별 식물 성장에 대한 모니터링이 가능하다.

그림 7, 8, 9는 스마트 기기를 이용한 주기별 식물 성장 상태를 인식하여 모니터링한 화면이다.

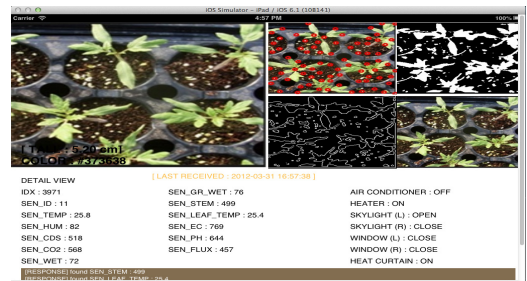


그림 7. 스마트 기기를 이용한 식물 주기별 성장 인식 발아기 모니터링 화면

Fig. 7. Germinating period monitoring screen with plant cycle-specific growth recognition using smart devices

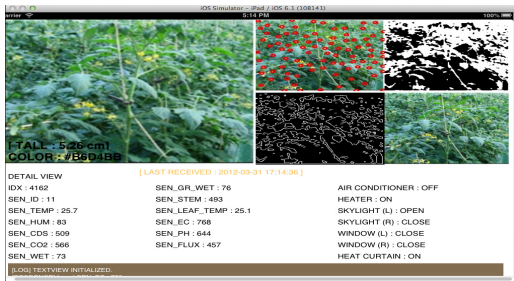


그림 8. 스마트 기기를 이용한 식물 주기별 성장 인식 개화기 모니터링 화면

Fig. 8 Blossoming season monitoring screen with plant cycle-specific growth recognition using smart devices



그림 9. 스마트 기기를 이용한 식물 주기별 성장 인식 성숙기 모니터링 화면

Fig. 9 Maturation period monitoring screen with plant cycle-specific growth recognition using smart devices

## V. 결론

본 논문에서는 식물 성장 단계를 주기별 식물 성장 인식 알고리즘을 이용하여 식물의 단계를 인식하고 주기별 식물의 성장 정보에 적절한 성장환경을 유지하도록 관리하는 시스템으로 식물의 성장단계에 따른 최적의 환경이 유지될 수 있도록 성장 환경을 제어한다. 식물 성장 환경 센서 모듈을 이용하여 성장환경 정보를 미리 지정된 주기에 따라 측정하고, 측정된 값을 센서 네트워크를 통해 스마트 기기로 전송된다. 스마트 기기를 이용하여 수집된 데이터를 바탕으로 지속적으로 모니터링 한다.

스마트 기기를 이용한 식물 주기별 성장 인식 모니터링 시스템을 이용하면 구축된 데이터베이스와 스마트 기기를 통해서 식물 성장 관리 시스템을 손쉽게 식물의 성장에 필요한 주기별 최적 환경으로 제어하

여 생산성을 높일 수 있다.

## 감사의 글

본 논문은 2013년도 중소기업청에서 지원하는 2013년도산학연공동기술개발사업 (No.2012-0374)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

## 참고 문헌

- [1] D.Lowe Distinctive image features from scale-invariant keypoints IJCV, 60(2), pp. 91-110, 2004.
- [2] K. Mikolajczyk, C. Schmid, An affine invariant interest point detector, in: ECCV, pp. 128-142, 2002.
- [3] JAIN, R. AND NAGEL. H. On the analysis of accumulative difference pictures from image sequences of real world scenes. IEEE Trans. Patt. Analy. Mach. Intell. 1, 2, pp. 206-214, 1979.
- [4] WREN, C., AZARBAYEJANI, A., AND PENTLAND, A. 1997. Pfunder : Real-time tracking of the human body. IEEE Trans. Patt. Analy. Mach. Intell. pp. 780-785. 1997.
- [5] PARAGIOS, N. AND DERICHE, R. Geodesic active regions and level set methods for supervised texture segmentation. Int. J. Comput. Vision 46, 3, pp. 223-247, 2002.
- [6] OLIVER, N., ROSARIO, B., AND PENTLAND, A. A bayesian computer vision system for modeling human interactions. IEEE Trans. Patt. Analy. Mach. Intell. 22, 8, pp. 831-843. 2000.
- [7] TOYAMA, K., J. KRUMM, B. B., AND MEYERS, B. Wallflower : Principles and practices of background maintenance. In IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). pp. 255-261, 1999.
- [8] MONNET, A., MITTAL, A., PARAGIOS, N., AND RAMESH, V. Background modeling and subtraction of dynamic scenes. In IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). pp. 1305-1312, 2003.
- [9] Xun Wag and Jian-qi Jin. "An Edge Detection Algorithm Based on Improved CANNY Operator", 7th International Conference on

- Intelligent Systems Design and Applications, pp. 623-628, Jun, 2007.
- [10] P.Viola and M.J. Jones, "Robust real-time object detection", Technical Report Series, Compaq Cambridge research Laboratory, CRL 2001/01, Feb. 2001.
- [11] kyeong-og Kim, Kyoung-wook Park, "Establishment of Web-based Remote Monitoring System for Greenhouse Environment", The Journal of Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 6, No. 1, pp. 77-83, 2011.
- [12] kyeong-og Kim, Kyeong-jin Ban, "Design and Implementation of System for Sensing Data Collection in RFID/USN", The Journal of Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 5, pp. 221-226, 2010.
- [13] Jong-Gil Han, Kyoung-Wook Park, "Outdoor Augmented Reality based 3D Model Visualization System of Cultural Heritage Sites", The Journal of Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 8, pp. 459-464, 2013.

### 저자 소개



#### **김경옥(Kyeong-Og Kim)**

2005년 2월 한려산업대학교 사회 복지학과 졸업(문학사)

2008년 2월 순천대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(이학석사)

2011년 8월 순천대학교 대학원 컴퓨터학과 박사 수료

※ 관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 영상처리, 상황인지



#### **김응곤(Eung-Kon Kim)**

1980년 2월 조선대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1980년 2월 한양대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

1992년 2월 조선대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

현재 순천대학교 컴퓨터학과 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터그래픽스, HCIa