

대상체 위치 추적을 위한 영상처리 시스템 개발

Development of Image Processing System for Tracking Location of Moving Objects

김용석* 민병로* 김 옹* 김동우* 서광욱* 김현대* 이대원*
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원 정희원
Y.S.Kim B.R.Min W.Kim D.W.Kim K.W.Seo H.T.Kim D.W.Lee

1. 서 론

농업인구가 점차 감소함에 따라 인력의 부족에 따른 농업생산 시설의 자동화가 불가피하며 노동 집약적이던 농업은 급속한 기계화로 인하여 농업 생산의 자동화가 차츰 현실화 되어가고 있다. 특히 시설내의 자동화는 특용 작물 등의 고부가가치 상품에만 한정되어 있으므로, 이를 개선하기 위해서는 광범위한 분야에서 자동화에 의한 전문화와 생산성 향상을 도모해야 한다. 대부분의 기계 및 공정 등이 현재 점차적으로 무인자동화로 발전되고 있으며, 작업의 편리성을 강조하고 있다. 앞으로의 농업기계는 무인자동화 시스템의 도입으로 인하여 누구나 손쉽게 작업설정을 하고 기계 스스로 원활하게 작업을 수행할 수 있도록 개선되어야 한다.

본 연구는 온실을 비롯한 생물생산시설 내에서 무인 작업기를 이용한 작물 수확 시 매니플레이터가 작물에 접근하면서 주위의 가지등과 접촉하면서 수확 대상체의 위치가 이동하였을 때, 그 위치를 추적하면서 매니플레이터의 작동을 제어가 가능하게 할 수 있는 영상처리 시스템의 개발에 역점을 두었다.

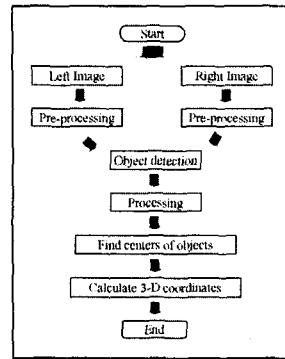
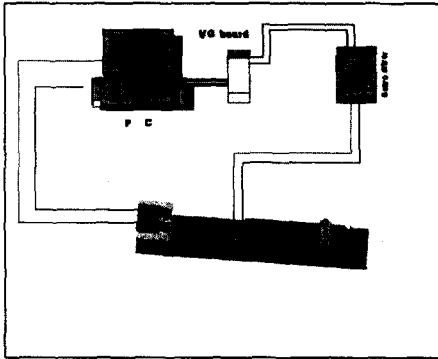
2. 재료 및 방법

입력센서부에 해당하는 영상 입력장치로는 4mm렌즈를 부착한 Sentech사의 컬러 CCD카메라(Model : STC-630CT) 2대를 사용하였다. 대상체의 움직임을 CCD 카메라로 입력받아 3차원 위치의 좌표를 인식할 때 그 결과의 검증은 대상체의 실제 위치를 기준으로 실행하게 된다. 모터를 정확한 위치정보로써 이동을 시키고, 이동된 후의 좌표를 영상처리 시스템으로 계산했을 때, 대상체의 실제 위치가 먼저 오차 없이 제어되어 있어야 한다. 본 연구에 사용된 대상체 추적 시스템의 개략도는 <Fig. 1>에 나타내었다. 모터는 PK264-01 Stepping Motor를 사용하였으며 PC로 직접 제어하는데, Mycom 사의 Stepping Motor Controller에 의해 제어가 되도록 하였다. 모터 구동은 PCNC5000 구동 드라이버의 라이브러리를 이용하여 VC++ 6.0으로 마이크로 스텝 제어하였다.

대상체 이동위치 추정을 위한 영상처리 알고리즘의 구성은 먼저 두 대의 CCD-Camera

* 성균관대학교 생명공학부 바이오메카트로닉스학과

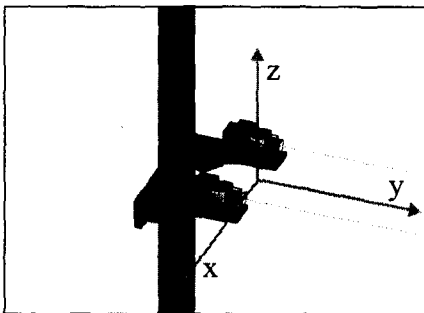
를 이용하여 영상을 획득한 후 대상체를 검출하고 두 영상의 2차원적 좌표를 구한 후, 그 화소(Pixel) 정보가 확인이 되면, 대상체로부터 카메라까지 거리정보를 3차원 해석을 통해 구하도록 하였다. <Fig. 2>은 영상처리 과정의 흐름도를 나타낸 그림이며, 먼저 좌우 카메라에서 영상을 획득한 후, 대상체를 임의로 지정한 컬러값을 이용하여 찾도록 하였다. 대상체를 찾은 후에는 출력 영상에서 대상체가 차지하는 화소값을 읽고, 수평 방향과 수직 방향의 중간에 해당하는 화소의 위치를 대상체의 중심으로 판정하도록 하였다.



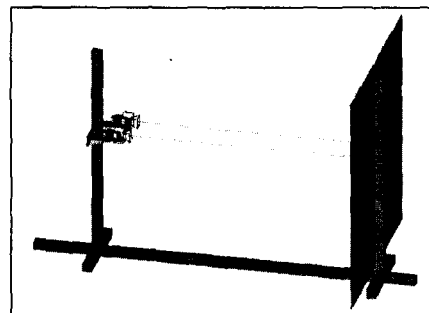
<Fig. 1> Automatic guidance system. <Fig. 2> Flowchart of image processing.

2-1. 거리 보정

거리보정을 위해 기준이 되는 점들은 평평한 판에 가로 세 점과 세로 네 점줄의 총 15개의 점을 찍은 후에 카메라 축을 중심으로 잡히는 9개의 점이 영상으로 입력되도록 하였고, 점과 점 사이의 거리는 $100 \times 100\text{mm}$ 로 하였다. 대상체의 실제 좌표는 <Fig. 3>에 나타낸 것처럼, 카메라 우측 방향이 x-좌표의 양의 방향이고, 카메라 정면 방향이 y-좌표의 양의 방향이 되도록 설정하였다. <Fig. 4>는 카메라 캘리브레이션에 사용된 실험장치의 개략도를 나타낸 그림이다. 카메라 캘리브레이션은 그림판과 카메라 렌즈까지의 거리를 최단 400 mm에서 최장 650mm까지 두고 50mm 간격으로 측정을 하였으며, 측정된 값과 실제 점 사이의 간격이 오차가 1mm가 넘을 경우 재 측정을 실행하여 최소한 오차가 감소하도록 하였다.



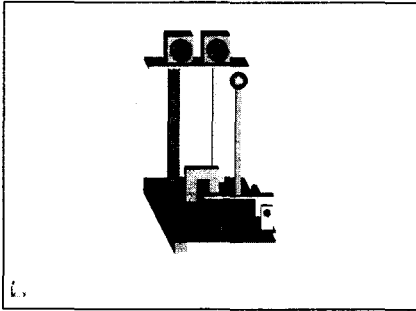
<Fig. 3> Establishment of X, Y, Z axis.



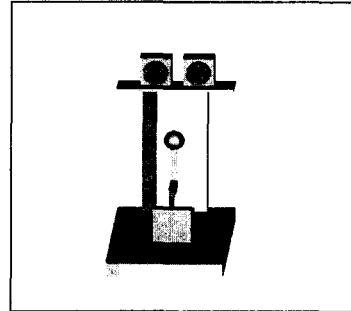
<Fig. 4> Camera calibration system.

2-2. 대상체의 위치 제어

대상체의 위치 이동검출은 CCD카메라로 부터 얻은 640*480 화소(Pixel)의 전체 영상을 프레임 그레버(Frame grabber)를 통해 영상캡처 프로그램으로 전달되도록 하였다. Stepping 모터를 이용하여 대상체를 일정한 각도로 균일하게 움직이도록 하고 한번 이동이 있을 때마다 영상을 캡처한 후에 그 3차원 좌표를 계산하도록 하였다. 추적하여 계산된 3차원 좌표값은 문서파일을 통해 저장이 되도록 하였다. <Fig. 5>은 Stepping Motor에 의한 대상체의 직교좌표 이동에 대한 개략도이고, <Fig. 6>은 대상체의 원형이동에 대한 개략도를 나타내었다. 직선운동 시스템에서 카메라사이의 거리는 214mm로 하였고, 최대한 오차를 줄이기 위해 카메라의 왜곡이 심한 영상 가장자리로부터 대상체의 측정을 회피하도록 하였다. 정지 영상은 총 10회를 반복하였고, 연속적인 움직임은 시설 내에서 과채류가 흔들리면서 이동할 수 있는 속도를 감안하여 약 3.4mm/sec의 속도로 이동하도록 하였다.



<Fig. 5> Straight movement system.



<Fig. 6> Circular movement system.

대상체는 한번의 이동에 10° 씩 움직이도록 하여 10회 반복하도록 하였고, 원 둘레를 1회전 하는 동안 10° 간격으로 정지상태의 3차원 좌표를 인식하도록 하였다. 대상체의 움직임을 연속으로 측정 할 때에는 시설 내에서 과채류의 움직임 속도를 고려하여 약 1.9m/sec의 속도로 이동하도록 하였다.

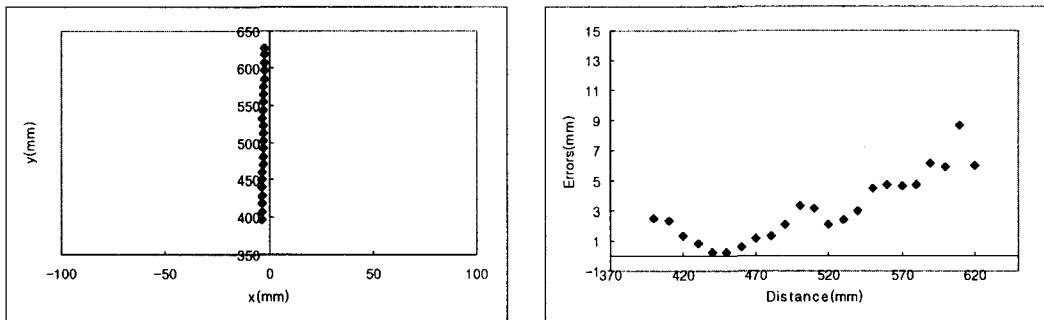
3. 결과 및 고찰

3-1. 직선운동 대상체의 이동위치 측정

직선운동은 y 좌표상의 거리로 400mm에서 620mm까지 10mm 간격으로 10회를 반복해서 운동하도록 하여 획득된 영상정보를 측정하도록 하였다. <Fig. 7>는 10회 측정된 좌표 중 평균값을 나타낸 것이다. 결과값의 오차는 실측된 값과 비교하여 분석하였는데, 대상체의 운동시작 위치를 지정하여 첫 좌표를 구하고, 그 나머지 값들은 Autodesk사의 AutoCAD와 3D-studio MAX 4.0을 이용하여 계산하였다.

직선운동을 하는 대상체의 위치는 x-방향으로는 0mm, y-방향으로는 400mm를 시작위치로 하여 620mm까지 대상체의 위치를 이동시키면서 실험하였다. <Fig. 7>에서 y-방향의 거

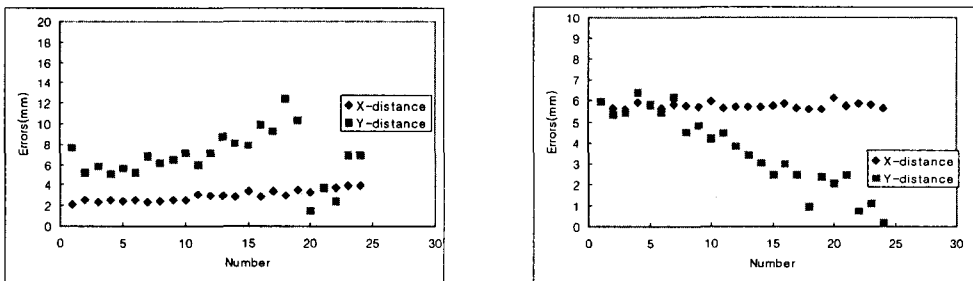
리정보 오차는 최소 0.2mm에서 최대 8.6mm가 나왔음을 알 수 있는데, y 방향의 경우 거리가 멀어지면 처음 설정했던 대상체 컬러값의 범위를 벗어나 탐색시간과 오차가 크게 나는 것으로 나타났다. 프로그램이 대상체를 찾는 시간이 위치에 따라 다르게 나왔는데, 한 번의 측정에 약 0.3초의 시간이 소모되었다. 프로그램이 입력영상에서 대상체를 찾을 경우 지정한 컬러값이 잡음이 없이 판단이 되면 시간이 짧게 걸리고, 어두운 지점에서는 노이즈를 판별하는 데에 시간이 많이 걸리는 것으로 판단되었다. 잡음 때문에 대상체 획득 시간이 오래 걸리는 부분은 영상으로 위치를 판정하는 범위인 400mm~550mm를 벗어나므로 정확한 실제 영상에 의한 측정범위 이내의 대상체를 측정하는 데에는 오차범위와 측정시간이 크지 않은 것으로 나타났다.



<Fig. 7> Object location graph of straight line at stopped position and errors.

3-2. 각도가 있는 직선운동 대상체의 이동위치 측정

직선운동을 하도록 되어있는 대상체 장치를 카메라로부터 y-좌표 550mm의 거리에 있는 위치를 중심으로 시계방향으로 30° 와 -30° 를 회전시켜서 획득한 거리정보 중 AutoCAD 와 3D-Max를 이용한 실제 좌표값은 x-방향의 경우 약 5mm~7mm 정도의 위치 오차가 발생하였고, y-방향의 경우 2mm~12mm 정도의 오차가 발생하였다.



<Fig. 8> Errors of angular direction moving object at 30° & -30° .

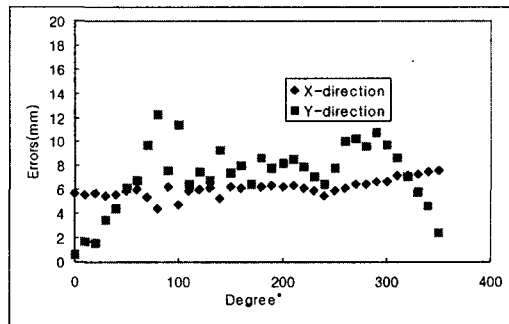
직선 경로를 시계 반대방향으로 회전시킨 후, 실험한 결과 역시 x-방향 2mm~4mm, y-방향 1mm~12mm로 카메라 기준점과 직각이 되도록 설치한 직선경로의 오차와 비슷한 범위의 오차를 나타냈으며, 이는 카메라 기준점과 직각으로 경로를 설정하였을 때보다는 프로 세싱 시간이 근소한 정도로 조금 더 걸린 것으로 나타났는데, 이는 인공지능을 선택하지 않

고, 실내등 만으로 조명선택을 하여서 위치의 이동에 따른 그림자가 발생한 것이 원인으로 판단되었다. <Fig. 8>은 실제좌표와 측정된 좌표와의 오차 분포도를 나타낸 그림이며, x-방향의 경우 오차의 범위가 평균을 크게 벗어나지 않았고, y-방향의 경우 점점 오차가 줄어드는 경향을 나타내었다. 이것은 대상체의 이동경로를 회전시켜 놓았기 때문에 처음 시작 부분의 입력영상이 화상의 중심점에서 많이 떨어진 곳으로 이동하였기 때문인 것으로 판단되었다.

3-3. 회전운동 대상체의 이동위치 측정

대상체 이동위치 측정을 위한 영상처리 시스템 검증 실험은 실내에서 행하였다. 실험장치 설치 시에 발생할 수 있는 오차를 최소화하기 위해 인위적 조명장치는 설치하지 않고, 실내등에 의한 조명으로 먼저 원형 운동을 하는 대상체를 정지상태에서 10° 간격으로 움직이면서 10회 반복하여 위치를 측정하였다.

<Fig. 9>에서 나타난 y-방향의 거리의 오차를 살펴보면, 0mm~12mm의 거리오차가 발생하였는데, 가장 크게 오차가 발생한 부분이 90° 와 270° 에서 획득한 거리정보의 오차가 크게 난 것을 알 수 있고, 카메라에서 y방향거리가 가까운 부분일수록 오차가 작게 나왔다. 시스템이 x-방향과 y-방향으로는 위치를 임의로 변동을 시켰지만, z-축으로는 변동이 없도록 하였다. x-방향, y-방향과 z-방향 모두 임의의 위치를 제어 할 때에는 시스템 설치에 의한 편차의 범위가 커지기 때문에 보다 정확한 실제 위치와 측정된 위치와의 비교를 위해서 z-방향의 이동은 실시하지 않았다. z-방향의 경우에는 대상체를 카메라보다 70mm 높은 곳에 고정시켜 놓은 상태에서 측정하였는데, 전체 오차 중 최소 오차는 약 0.1mm였고, 최대 오차는 약 2.5mm로 오차의 평균은 약 2mm가 나왔다. z-방향에서도 오차의 범위가 y-방향의 오차보다 크지 않기 때문에 x, y, z 세 방향을 모두 측정하여 행하는 것이 가능한 것으로 판단되었다.



<Fig. 9> Errors of detected circular location.

본 실험에 사용된 대상체의 위치 판단 시스템은 측정된 방향과 위치에 따라 약 3~11mm 정도의 오차를 보였다. 따라서 사과를 매니플레이터를 이용하여 자동으로 수확한다고 가정하였을 경우, 100mm의 지름을 가진 구의 형태를 매니플레이터로 잡으려면 매니플레이

터의 크기가 150mm 이상이어야 하므로 영상에 의한 위치측정 오차로 인한 수확작업의 오차는 발생하지 않을 것으로 판단되었다. 카메라를 매니플레이터에 설치 후 수확작업을 한다면, 그 카메라의 측정 범위는 반경 200mm를 넘지 않을 것으로 판단되었다. 본 연구에서 발생한 오차 중 8mm가 넘는 오차는 카메라로부터 거리가 반경 200mm 이상의 범위에서 발생한 것이므로 실제 수확용 매니플레이터에서 발생할 수 있는 오차의 범위는 8mm 이내로 판단되었다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 온실을 비롯한 생물생산시설 내에서 무인 작업기를 이용한 작물 수확 시 매니플레이터가 작물에 접근하면서 주위의 가지 등과 접촉하면서 수확 대상체의 위치가 이동하였을 때, 그 위치를 추적하면서 매니플레이터의 작동을 제어 할 수 있는 영상처리 시스템을 개발하고자 수행하였으며, 결론은 다음과 같다.

가. 대상체를 직선경로상에서 이동하는 과정에서의 오차는 좌우방향(x-축)으로 평균 5~7mm정도 발생하였는데, 측정하고자하는 대상체의 영상정보가 조명에 따라 약간의 영향을 받은 것으로 추정된다.

나. 직선경로상에서 카메라로부터 대상체까지 거리, 즉 y-축 방향의 오차는 약 0~10mm 정도 발생하였다. y-축방향은 카메라의 광축방향으로 형성된 오차로 거리계측 알고리즘의 특성으로 판단된다.

다. 대상체를 회전하면서 위치를 추적할 수 있도록 100mm반경으로 대상체를 회전하면서 위치를 계측하였다. 이는 임의의 3차원공간에서의 위치판단에 대한 가능성을 판단하고자 하였으며, 그 결과 오차는 약 0~10mm로 나타났으며, 오차의 크기는 카메라의 광축과 중심축에서 멀어질수록 크게 발생하였다. 따라서 이러한 오차의 보정을 위해 보다 정교한 알고리즘의 보정이 필요할 것으로 판단되었다.

5. 참고문헌

1. N. Kondo, Y. Nishitsuji, P. P. Ling, and K. C. Ting. 1996. Visual Feedback Guided Robotic Cherry Tomato Harvesting. Transaction of the ASAE. 23(3). 2331-2338.
2. Gonzalez Woods. 1998. 디지털 영상 처리. 청문각.
3. 손재룡, 강창호, 한길수, 정성립, 권기영, 2001. 영상처리에 의한 목표물 추적 시각 알고리즘 개발. 농업기계화연구소 논문집. 142-149.
4. 황헌, 김시찬, 최동엽. 2002. 원격작업 지시를 이용한 생물산업 공정의 생력화(I). 한국농업기계학회지. 26(1). 21~28.
5. 김동우. 2000. 포도수확용 로봇개발을 위한 영상처리시스템. 성균관대 석사학위논문.
6. 이대원, 성시홍. 1996. 오이의 등급 판정을 위한 영상처리 시스템 개발. 한국원예학회지. 37(3). 399-405.