

원격 국부영상처리를 이용한 복합환경하의 대상체 정보 추출

Feature extraction of the object under complex environment via remote local image processing

황 현* 김시찬*
정회원 정회원
H.Hwang S.C.Kim

1. 서론

본 논문에서는 영상처리를 실제 농작업에 적용시킬 경우 야기될 수 있는 실시간 영상처리 문제를 극복하고자 작업자의 원격 교시를 통한 농업 대상체에 대한 정보 추출에 관한 연구이다.

농작업 자동화에서 영상처리를 이용할 경우 대상체에 대한 대상체 검출 및 검출된 대상체에 대한 정보획득을 위한 접근은 크게 2가지로 나눌 수 있다. 먼저 획득된 영상 전체를 영상처리 기법을 통하여 검출 및 정보획득을 하는 방법이 있고, 다음으로 1차적으로 작업자가 대상물을 교시함을 통해 정보를 획득할 수 있다. 획득된 영상 전체를 영상처리 기법을 이용하여 대상물을 검출할 경우 영상의 복잡도, 광 환경, 작업환경 등으로 인하여 그 처리시간이 매우 길고 정확한 대상물 검출이 어려워 실제 적용 예가 많지 않다. 그러나 1차적으로 작업자가 실제 작업대상물을 교시할 경우 영상처리 영역이 대폭 작아지기 때문에 실시간 정보획득이 가능해지며, 작업 대상의 검출을 정확하게 할 수 있다.

본 연구에서는 1카메라를 통하여 y축으로 이동된 2개의 영상정보 및 작업자의 교시를 통하여 작업 대상물에 대한 영상정보를 추출하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서는 영상 보정 방법을 통하여 대상체의 3차원 좌표추출을 하기 위하여 1카메라 영상획득 시스템 및 정보 추출 대상을 교시하기 위한 터치 스크린 및 측정영상을 설치할 수 있는 이미지 보드를 구성하고, 이 시스템 및 x축으로 5cm, y축으로 5cm의 6개의 +형 표시가 된 이미지 보드를 이용하여 교정에 필요한 변환행렬을 구하고, 그 값의 검증을 수행하였다.

2.1 3차원 영상좌표 추출 시스템

본 연구에 사용된 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

* 성균관대학교 생명공학부 생물기전공학과

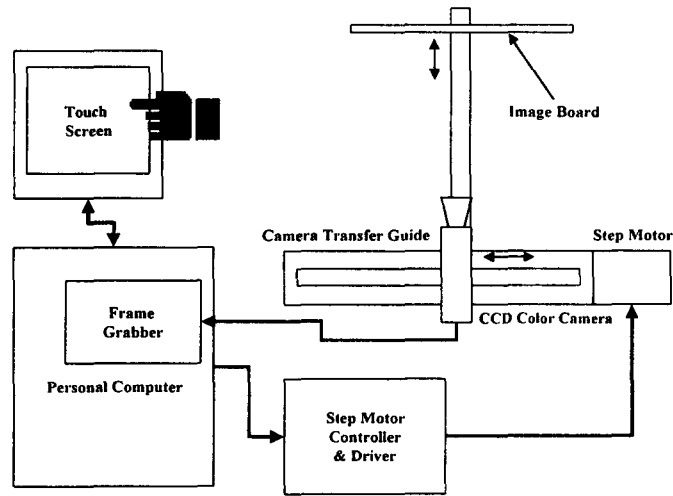


Fig. 1 Block diagram of 3D feature extraction system

3차원 영상좌표 추출 시스템은 카메라 이동 시스템 및 제어부, 영상처리 및 분석부, 영상 표시 및 교시부, 이미지 보드로 이루어진다. 카메라 이동 시스템은 한 개의 카메라를 이용하여 동일 대상체에 대한 정확한 이동 영상을 얻기 위하여 일정간격으로 카메라를 이동시키는 역할을 하는 것으로 2상 스텝모터 및 볼 나사(5mm리드)를 이용한 가이드로 구성하였다. 그리고 스텝모터 제어부 및 구동기는 원칩 마이크로 프로세서(Intel 8051) 및 정전류 구동 하이브리드 IC(Toshiba TA8435)를 이용하여 마이크로 스텝핑(8분할 동작) 동작 및 가, 감속 동작을 할 수 있게 하여 위치 이동을 보다 정밀하게 할 수 있게 하였다. 영상처리 및 분석부는 컬러 CCD 카메라(Pulnix CV-950), 컬러 프레임그레버(Coreco사, Bandit), IBM PC 호환 퍼스널 컴퓨터로 구성하였으며, 카메라는 카메라 이동시스템의 상단 이동부에 장착하였다. 표시 및 교시부는 15"컬러 모니터의 전면에 터치 패널(ELO Touch사 IntelliTouch)을 장착하여 기준영상 및 이동영상을 동시에 표시하게 하였다. 이미지 보드는 카메라 이동 시스템에서 이동방향의 수직이 되게 알루미늄 프로파일을 설치하고 프로파일을 따라 이동 설치할 수 있도록 구성하였으며, 측정하고자 하는 대상물의 영상을 설치할 수 있게 하였다.

2.2 영상 보정을 이용한 3차원 좌표 추출 알고리즘

본 연구에서는 카메라 자체를 하나의 측정장치로 사용하여 같은 평면에 존재하지 않는 기지의 6점에 대한 영상 정보를 가지고 실제의 3차원 공간 좌표를 추출하는 방법을 사용하였다. 거리(depth)정보를 알고 있는 기지의 6점에 대한 화소좌표를 영상평면에서 측정한 후, 2차원 영상 좌표계와 3차원 기준 좌표계를 대응시킴으로써 보정을 실시하였다.

각 카메라 보정식으로부터 카메라 1의 변환식은

$$\begin{aligned}
& (A_{11}-A_{41} U_i)X_i + (A_{12}-A_{42} U_i)Y_i + (A_{13}-A_{43} U_i)Z_i = U_i - A_{14} \\
& \Rightarrow a_1X_i + a_2Y_i + a_3Z_i = \tau_1 \\
& (A_{21}-A_{42} V_i)X_i + (A_{22}-A_{42} V_i)Y_i + (A_{23}-A_{43} V_i)Z_i = V_i - A_{24} \\
& \Rightarrow a_4X_i + a_5Y_i + a_6Z_i = \tau_2 \text{-----}(1)
\end{aligned}$$

또한 40mm만큼씩 이동한 지점에서의 카메라 2의 변환식은

$$\begin{aligned}
& (B_{11}-B_{41} U_i)X_i + (B_{12}-B_{42} U_i)Y_i + (B_{13}-B_{43} U_i)Z_i = U_i - B_{14} \\
& \Rightarrow \beta_1X_i + \beta_2Y_i + \beta_3Z_i = \tau_3 \\
& (B_{21}-B_{42} V_i)X_i + (B_{22}-B_{42} V_i)Y_i + (B_{23}-B_{43} V_i)Z_i = V_i - B_{24} \\
& \Rightarrow \beta_4X_i + \beta_5Y_i + \beta_6Z_i = \tau_4 \text{-----}(2)
\end{aligned}$$

이다. 식 (1)과 식 (2)을 행렬로 표현하면

$$\begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \beta_4 & \beta_5 & \beta_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \\ \tau_4 \end{bmatrix} \text{-----}(3)$$

이것을 간단히 표현하면, $A \times W = C$ 이다. 이 식의 의사 역행렬을 구하면 식 (4)와 같다.

$$W = \{(A^T \times A)^{-1} \times A^T\} \times C \text{-----}(4)$$

공간상에 있는 임의의 점 W의 좌표는 W의 두 카메라에 맺힌 U,V 점에 대한 화소값을 측정하여 식 (4)에 대입함으로써 구할 수 있다.

2.3 3차원 좌표 측정 시스템 소프트웨어

본 연구에서는 카메라에 대한 영상 보정식을 세우고 이를 기준으로 하여 대상체에 대한 3차원 좌표 측정하기 위하여 그림2와 같은 구성을 갖는 측정 소프트웨어를 개발하였다. 본 시스템 소프트웨어는 Visual C++6.0을 사용하여 그림 3과 같이 윈도우 기반에서 운용되게 하였으며, 구성은 크게 영상획득, 대상체 교시, 이치화, 세선화, 3차원 기준 좌표계로의 변환 등의 5단계로 구분된다.

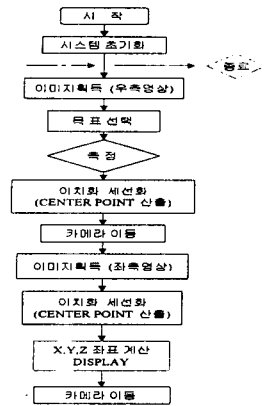


Fig. 2 Flow chart of 3 - D coordinate measurement system.

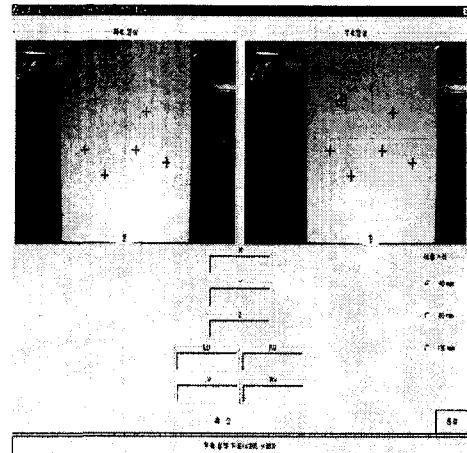


Fig. 3 Figure of measurement system

2.4 대상체 검출 및 3차원 정보추출 알고리즘

본 연구에서는 토마토에 대한 컬러 이미지를 이용하여 영상처리를 수행하였다. 그림 4와 같이 먼저 대상체를 찾기 위하여 작업자가 터치 스크린을 통한 교시를 하면 교시점을 중심으로 반드시 대상체가 있다고 가정하고 정방형의 영상처리공간(100×100Pixel)을 분리한다. 분리된 영상정보(RGB)를 HSI 정보로 변환한 후 전처리 및 체인코딩을 통한 대상물을 검출한다. 본 연구에서는 전처리 과정에서 히스토그램 평활, 이치화, 미디언 필터(Median filter), 소벨(Sobel)연산자, 세선화(Zhang Suen) 알고리즘들을 수행하였다. 대상물이 검출되면 픽셀의 방향벡터를 이용하여 대상체의 영상을 복원 및 중심점을 구하고, 대상체의 외곽점에서 서로 다른 5개 위치를 정하여 각 점에 대한 3차원 정보를 추출하고 대상체의 크기정보를 산출하게 하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구를 위하여 제작한 3차원 좌표 측정 시스템은 y 축으로 120mm이동영상을 획득하며, 보정 차트의 거리(Depth)를 카메라 렌즈에서부터 530mm를 기준으로 하여 100mm 씩 증가시켜가며 1030mm까지 얻은 6개의 샘플점들의 영상좌표와 기준 좌표계의 정보들을 사용하여 보정한 결과, 산출한 카메라 좌표변환행렬 P는 식 (6)과 같았다.

이 좌표변환행렬을 사용하여 직접적으로 영상좌표에 적용하였으며, 거리(Z)를 알고 있는 임의의 점의 영상좌표(u,v)를 식(4)에 대입하여 기준 좌표계 상에서의 대응하는 3차원 좌표(x,y)를 산출 할 수 있었다.

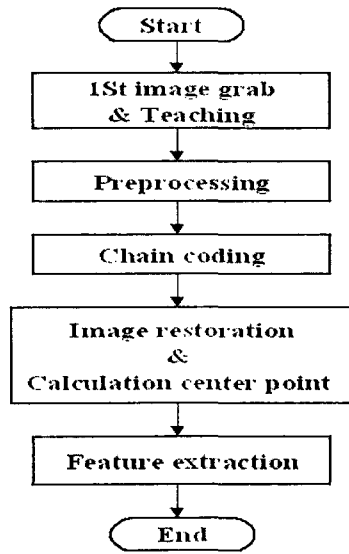
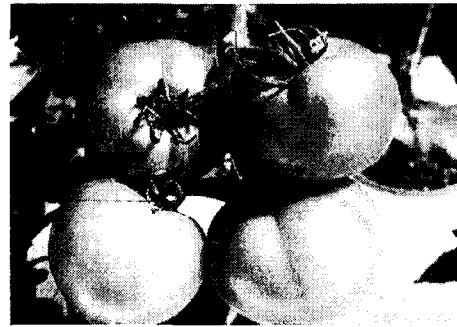
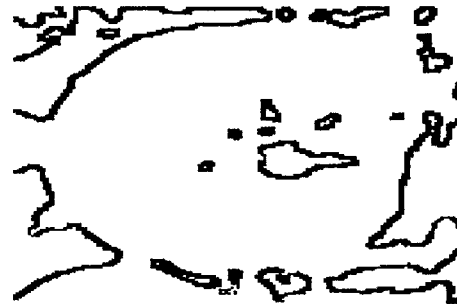


Fig. 4 Flow chart for feature extraction algorithm



(a) Origin image with select area



(b) Binary image after preprocess

Fig. 5 Image for local image processing

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} \end{bmatrix} \text{-----(5)}$$

$$P = \begin{bmatrix} -46.8242 & 1.7471 & 21.8443 & 5722.2133 \\ -1.6293 & -45.5356 & 16.7585 & 63.8888 \\ -0.0054 & 0.0041 & 0.1688 & 1.0 \end{bmatrix} \text{-----(6)}$$

표 1은 보정 차트에 표시한 6개의 샘플점의 기준 좌표값(x,y,z)과 영상에서 획득한 화소 값(u,v), 그리고 변환행렬을 이용하여 계산된 좌표값(X,Y)과 오차를 나타낸 것이다. 표1을 통하여 샘플로 지정된 값들은 보정식에서 비교적 정확한 값을 갖는 것을 알 수 있었다.

컬러 영상처리를 통하여 대상물의 정보를 추출한 결과는 그림 5의 (a),(b)와 같이 1차적으로 작업자가 대상체를 교시함으로 인하여 복잡한 영상처리 알고리즘을 실시간으로 이용할 수가 있었고, 또한 토마토에 있어서 색상대비가 커 비교적 쉽게 대상물을 찾을 수 있었으며, 형상이 원형에 가까워 중심좌표 및 크기도 쉽게 추출할 수 있었다.

Table 1 Original coordinate, calculated coordinate and error about calibration and sample at 120mm shift (x,y,z unit : mm)

Node	original coord			Image coord		computed coord		Error		
	x	y	z	u	v	X	Y	ΔX	ΔY	ΔE
1	50	-75	530	402	333	50.07	-75.0	0.07	0.0	0.01
2	-50	50	630	489	188	-49.98	50.0	0.02	0.0	0.0
3	-25	-25	730	445	263	-25.2	-25.0	0.2	0.0	0.2
4	75	75	830	353	180	75.04	74.95	0.4	0.05	0.4
5	-100	-50	930	469	277	-99.92	-50.0	0.08	0.0	0.1
6	100	-25	1030	330	257	99.98	-24.96	0.02	0.04	0.1

4. 요약 및 결론

실제 농작업에 있어서 영상시스템의 적용은 처리시간 및 처리의 정확도가 가장 중요하다. 본 논문에서는 처리시간 및 정확도를 보다 높이기 위해서 작업자의 교시를 통한 부분 영상 처리를 수행하여 복잡영상에 있어서 작업 대상물의 정보를 빠르고 정확하게 추출하였다.

3차원 정보 추출 알고리즘은 렌즈의 곡률 및 해상도에 그 정밀도 및 정확도가 주로 정해짐을 알 수 있었고, 대상체 검출 및 정보 추출은 부분영상처리 알고리즘 및 컬러 영상(HSI) 처리를 통하여 보다 정확하고 빠르게 수행할 수 있음을 알 수가 있었다.

향후 다양한 대상체에 대한 연구를 통하여 지식기반을 쌓으면 다양한 농작물의 정보 추출이 가능하리라 생각한다.

5. 참고문헌

1. Yi Ping Hung. 1988. A simple real-time method for calibrating a camera mounted on a robot for three dimension machine vision. SPIE Vol 1005: 12 - 19
2. Yuncai Liu. Thomas S. Hunang. 1990. Determination of camera location from 2-d to 3-d line and point correspondences. IEEE Transactions Vol. 12(1) January: 28 - 37
3. 이충호. 1991. 컴퓨터시각에 의한 측정기술 및 측정오차의 분석 및 보정. 성균관대학교 석사학위논문
4. Ling-Ling Wang, Wen-Hsiang Tsai. 1991. Camera calibration by vanishing lines for 3-d computer vision. IEEE Transactions Vol 13(4) April: 370 - 376
5. 황헌, 장영창, 임동혁, 1998. 컴퓨터 시각과 레이저 구조광을 이용한 물체의 3차원 정보추출, 한국농업기계학회지 제 23권 제 4호, pp. 381~390
6. 이충호 1995 컴퓨터 시각에 의한 건표고의 외관 검색 및 자동 선별 시스템 개발. 성균관대학교 박사학위논문