

영상처리에 의한 목표물 추적 시각 알고리즘 개발

Development of Object Tracking Algorithm by Image Processing

손재룡*	강창호*	한길수*	정성림*	권기영*
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
J.R. Son	C.H. Kang	K.S. Han	S.R. Jung	K.Y. Kwon

1. 서론

최근 주변첨단기술이 발달하여 수확, 접목 및 착유 등 농작업에 로봇을 응용하기 위한 연구가 수행되고 있다. 작업의 특성에 따라 응용되는 로봇기술도 차이는 있겠으나 수확용 로봇의 경우 대상물을 인식하고 위치를 검출하는 기술개발이 선행되어야만 대상물을 파지 또는 절단하여 수확이 가능하며, 대상물의 인식 및 위치 검출에는 영상처리기술이 많이 응용되고 있다. 따라서 수확로봇의 작업성능은 대상물을 얼마나 정확하게 인식하고 위치를 정확하게 검출하는 것이 중요하다. 그러나 작업대상이 일정한 조건에서 표준화 되어있는 일반 산업분야와는 달리 농산물의 수확작업현장은 대상물의 배치, 크기 및 형상 등이 일정하지 않고 작업환경 또한 다양하여 외란의 영향을 많이 받기 때문에 시각장치의 개발은 매우 중요하다.

카메라 2대를 이용한 스테레오비전기술은 3차원 거리측정에 널리 이용되고있는 기술이다. 하지만 같은 제품의 카메라일지라도 입력되는 영상의 색성분 및 노출정도, 초점 등의 물리적 특성이 완전히 일치한다고 볼 수 없기 때문에 Software로 어느 정도의 보정이 필요하다. 또한 카메라를 기준이 되는 임의의 한 방향으로 고정하여 스테레오 영상을 취득할 때 중심축에서 상하좌우로 떨어져 있으면 렌즈의 왜곡현상에 의한 거리측정 오차가 증가할 수 있고, 또한 카메라로부터 가까운 거리에 물체가 존재하면 두 카메라의 공통 시야각에서 벗어나는 현상이 발생할 수 있으므로 스테레오 영상입력이 불가능하여 거리를 계산할 수가 없게된다.

본 연구에서는 토마토 수확용 로봇 시각장치개발을 위해서 두 카메라의 중심에 토마토가 위치하지 않고 상하좌우 임의의 위치에 열려있을 때 카메라를 회전하여 토마토를 두 카메라의 중심축에 일치시켜 3차원 거리를 보다 정확하게 계산할 수 있는 시각 알고리즘을 개발하는데 있다.

* 농업기계화연구소

2. 재료 및 방법

가. 시험장치 구성

본 연구에 사용된 시험장치로는 목표물의 3차원 위치 검출 및 추적 알고리즘을 개발하기 위한 스테레오 영상처리시스템과 검출된 위치로 이동하여 수확하기 위한 머니플레이터와 엔드이펙터 등으로 구성하였다.

실험에 사용된 영상처리시스템은 스테레오 영상처리를 위한 CCD Color 카메라 2대, 영상처리보드, 디스플레이모니터, 주컴퓨터 등으로 구성하였다. CCD 카메라는 머니플레이터의 원점과 일치하는 3축 윗 부분에 고정하여 부착하였다. 또한 영상처리 결과에 따라 목표물까지 이동하는 머니플레이터는 산업용 6축 수직다관절 로봇을 이용하였다. 머니플레이터의 제어는 자체 제공되는 로봇언어를 이용하였고 영상처리시스템에서 얻은 3차원 위치데이터는 시리얼 통신을 이용하여 머니플레이터를 구동하도록 하였다. 표 1은 시험장치의 제원을 나타낸 것이다.

Table 1. Specification of Experiment System

Item		Specification
Image Processing System	CCD Camera	PULNIX TMC-74 2/3" Interline transfer CCD Resolution : 768(H)×493(V)
	Image Board	Matrox Meteor-II NTSC, PAL, Color Video
Manipulator	Control Axes & Type Position Repeat Precision Workspace	6 Axes & Vertical Multiple joint ±0.05mm Max. Radius 708mm
Computer	CPU Communication	Pentium II RS232C

나. 목표물 추적 알고리즘

스테레오 영상처리에 의해 3차원 위치를 검출할 때 물체가 렌즈의 중심에 위치할 때에 비해 가장자리에 위치할 때는 렌즈의 왜곡현상으로 인하여 두 물체의 중심좌표가 실제와 어긋나는 경우가 발생하여 위치오차가 커지는 원인이 된다. 본 연구에서는 카메라에서 영상이 입력될 때 두 카메라간의 중심에 영상이 위치하도록 하여 위치검출 정밀도를 향상시키는 영상처리 알고리즘을 개발하기 위하여 수행하였다.

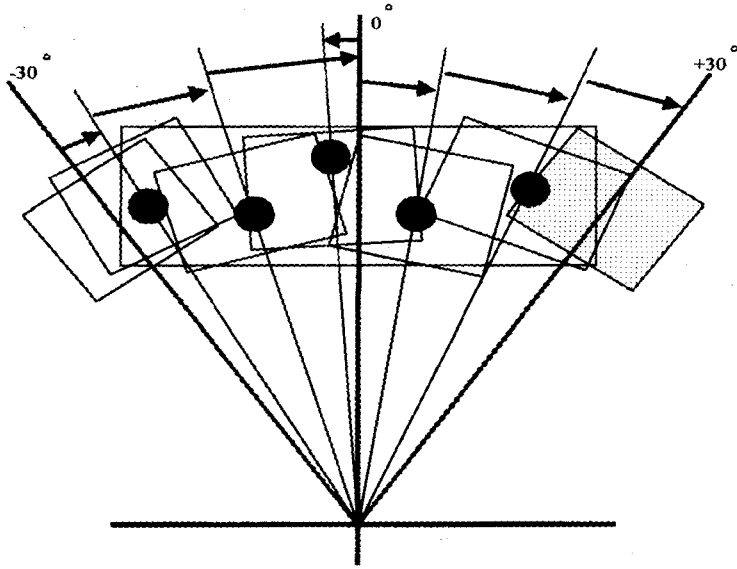


Fig 1. Sequence of the Object Tracking

영상처리 알고리즘의 순서는 카메라에서 영상이 입력되면 앞, 가지 및 주위 배경과 완속 토마토를 분리해내고 두 카메라간의 중심에 토마토가 위치해 있는가를 조사하게된다. 중심에 위치해 있으면 스테레오 거리측정 계산식을 통하여 3차원 위치를 검출하게되고, 중심에 위치해 있지 않으면 카메라를 이동시켜(여기서는 카메라가 로봇의 회전축에 일치하여 부착되어 있으므로 로봇을 구동시킴)중심에 위치하도록 한 후, 스테레오 거리측정 계산식을 통하여 3차원 위치를 검출하고 3차원 좌표로 로봇을 구동시켜 수확작업을 수행한다. 이 작업이 완료하면 다음 목표물이 있는 토마토로 로봇을 이동시켜 위에서 수행한 작업을 반복한다. 그림 1은 카메라의 각도를 -30° 에서 $+30^\circ$ 까지 회전시키면서 토마토를 찾아내어 토마토의 중심이 두 카메라의 중심에 위치하도록 하는 과정을 나타낸 것으로서 초기위치 -30° 지점에서 일정 크기의 스테레오영상을 입력받아 토마토가 있는지를 조사한다. 만일 그 영역 내에 토마토가 존재하지 않으면 15° 의 스텝각을 두고 이동하여 그 범위에서 토마토가 있는지를 다시 조사하게된다. 계속해서 반복하여 $+30^\circ$ 위치까지 카메라를 회전시킨다. 설정된 영역내에 토마토가 존재하면 카메라의 각도를 회전시켜 물체의 중심이 두 카메라의 중심에 위치하도록 한 다음 스테레오 거리측정 계산식을 통하여 3차원 위치를 검출하였다. 그림 2는 두 카메라의 중심에 목표물이 위치하도록 카메라를 이동시켜 3차원 거리를 계산하는 순서도이다.

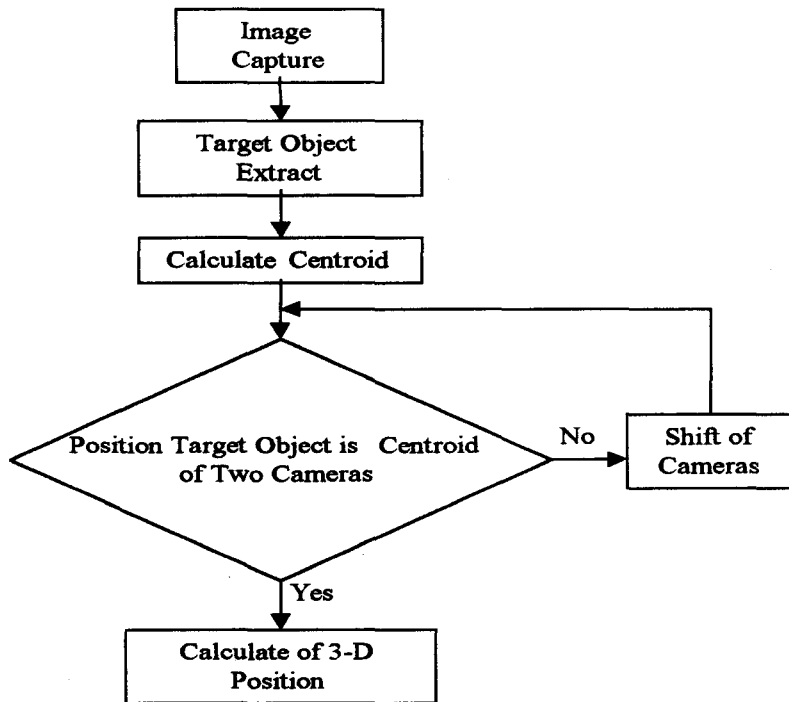


Fig 2. Flowchart of the Object Tracking Algorithm

(1) 목표물의 위치 보정

카메라의 중심으로부터 상하좌우로 임의의 각도만큼 떨어진 곳에 목표물이 존재할 때 그림 3과 같이 우선 좌우로 회전하여 두 카메라간의 중심에 영상을 일치시킨 후 수직방향에 대해서도 회전하여 목표물이 중심에 위치하도록 하였다.

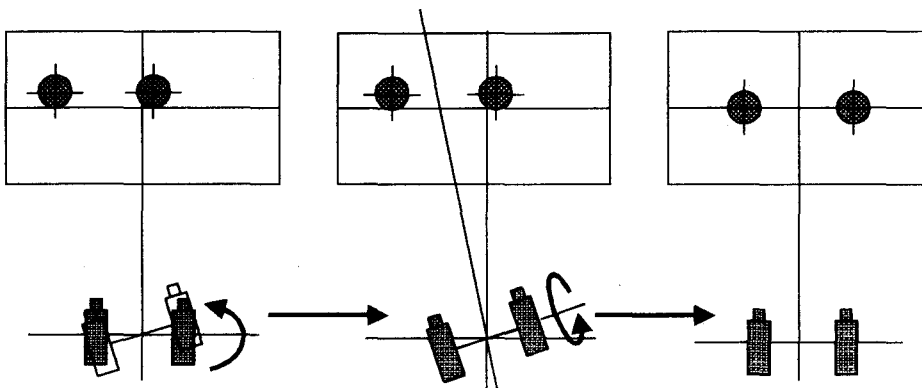


Fig 3. Schematic Diagram of Target Object Position Correction

(2) 좌우영상의 동일물체 인식 알고리즘

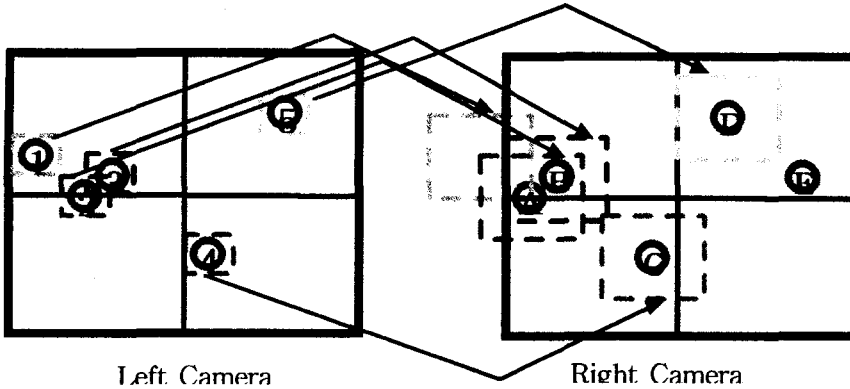


Fig 4. Schematic Diagram of Image Matching

카메라에서 입력되는 영상은 한꺼번에 여러개의 물체가 입력되는데 3차원 거리를 계산하기 위해서는 두 카메라에서 입력된 각각의 영상에 대해서 동일 물체끼리 서로 매칭시키는 작업이 필요하다. 그림 4는 두 카메라에서 입력된 영상들에서 동일 물체들을 찾아내는 알고리즘을 나타낸 것이다. 두 카메라에서 영상이 그림 4와 같이 입력되면 각각의 토마토에게 라벨을 붙이고 왼쪽 카메라에서 입력된 첫 번째 영상과 오른쪽 카메라에서 입력된 영상을 비교한다. 오른쪽 카메라에서 입력된 영상을 비교할 때 일정크기의 영역을 설정하여 그 영역내에 포함된 영상만 비교하도록 하였다. 비교대상에서 일정크기의 영역을 만들 때에는 다음과 같은 조건을 설정하였다.

1. 동일 영상이 오른쪽 카메라에서 입력될 때에는 X축 방향으로 왼쪽 카메라에서 입력된 영상보다 왼쪽에 위치하게 된다.
2. Y축 방향으로 동일 선상에 위치한다.
3. X, Y 방향의 Offset 값 $\pm 10\text{Pixel}$ 을 설정한다.

그림 4와 같이 2번 물체와 3번 물체는 오른쪽영상에서 비교대상이 A, B 둘다 대상영역에 포함되어 비교하게 된다. 이것은 ②-a, ②-b중에서 중심간 거리가 최소인 것이 동일 물체가 된다.

3. 결과 및 고찰

(1) 열린 위치에 따른 거리측정 결과

카메라의 중심에서 상하좌우로 열린 위치에 따른 거리측정 오차를 분석한 결과 중심에서 멀어질수록 오차가 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 조명의 영향, 렌즈의 왜곡 및 두 카메

라의 거리가 100mm만큼 떨어져서 영상을 입력받을 때 토마토의 형상이 완전한 원형이 아니므로 두 카메라에서 입력된 영상의 크기가 중심에서 멀어질 수록 크기가 다르게 나타나 오차의 원인이 되는 것으로 판단된다.

Table 2. Distants between Target Tomato and Camera

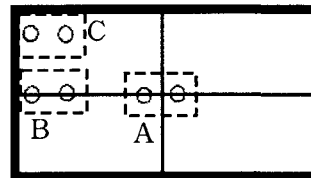
Z(mm)	Position A		Position B		Position C	
	S • D	Min~Max	S • D	Min~Max	S • D	Min~Max
780	1.56	779.4~782.1	2.31	791.7~795.7	-	-
785	-	-	-	-	12.72	759.7~783.5
873	1.56	870.3~873.0	2.94	888.1~893.2	-	-
895	-	-	-	-	3.06	903.8~909.1
925	-	-	-	-	2.83	931.0~935.0
935	2.66	932.0~936.6	3.29	942.3~948.0	-	-
990	3.46	984.0~990.0	0.75	1001.7~1003.0	-	-
1040	-	-	-	-	8.69	1029.5~1050.2
1080	8.60	1071.7~1086.6	9.90	1069.4~1086.6	-	-

※ Position of Object Tomato from Lense

A : Center

B : Horizontal Edge

C : Opposite Angle Edge



(2) Pan • Tilting에 의한 위치검출

카메라 중심에서 떨어져 있는 영상의 거리를 측정할 때 오차가 증가하게 되므로 본 연구에서는 카메라를 상하좌우로 회전시켜 토마토의 중심을 카메라의 중심과 일치시켜 3차원 거리를 측정할 수 있는 시각 알고리즘을 개발하였다.

그림 5은 임의의 위치에 열려있는 토마토를 두 카메라의 중심에 일치시키는 과정을 나타낸 것으로써 카메라를 움직이지 않은 상태에서는(입력영상 0°) 두 카메라간의 거리가 100mm 떨어져 있기 때문에 공통 시야각에 입력된 영상은 두 개 뿐이고 모두 두 카메라의 중심에 일치하지 않는다. 또한 왼쪽카메라에서 일부 보이는 토마토와 오른쪽 카메라에서 일부 보이는 토마토를 합치면 모두 4개이다. 이와 같이 카메라를 고정된 상태에서 스테레오 영상을 입력받으면 보이지 않는 두 개의 영상을 찾을 수 없게된다. 그러나 카메라를 30° 회

전시켜 왼쪽에 있는 첫 번째 영상과 오른쪽 카메라에서 입력된 영상을 비교하여 동일 물체를 찾고 카메라를 X축 방향으로 회전시켜 좌우 중심을 맞춘 다음 Y축 방향으로 회전시켜 상하 중심을 맞춘다. 그런 다음 스테레오 거리측정 계산식을 통하여 3차원 거리를 계산토록 하였다. 이와 같은 일련의 과정이 끝나면 오른쪽으로 15° 만큼 회전시켜 두 번째 토마토를 찾아내어 상하좌우로 중심을 맞추고 3차원 거리를 계산하는 과정을 반복한다. 계속해서 반복하여 +30° 지점까지 카메라를 이동하여 처리를 하도록 하였다.

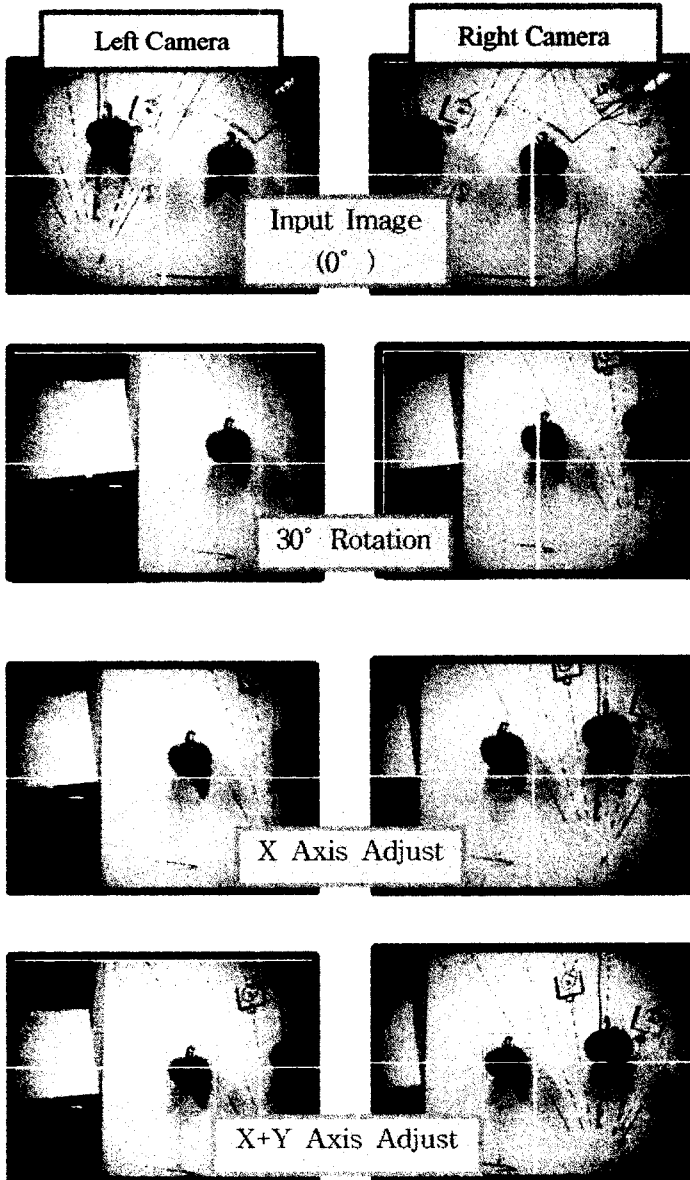


Fig 5. Sequence of Pan and Tilting

4 요약 및 결론

본 연구는 카메라의 상하좌우 회전에 의해 임의의 위치에 열려있는 토마토를 찾아내고 토마토의 중심을 두 카메라의 중심에 일치시키는 시각알고리즘을 개발하기 위하여 수행하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

카메라 중심에서 상하좌우로 열린위치에 따른 거리측정오차를 분석한 결과 렌즈 중심에 위치한 토마토에 비해 가장자리로 멀어질수록 오차가 증가하는 것으로 나타났다.

카메라는 머니플레이터의 중심축과 일치하는 3축에 부착하였으며 임의의 위치에 열려있는 토마토를 찾기위한 카메라의 상하좌우 회전은 머니플레이터를 회전시켜 각도를 검출하여 토마토의 중심과 카메라의 중심을 일치시켰다.

목표물 추적 알고리즘의 순서는 카메라의 초기위치를 -30° 지점에서 토마토의 유무를 조사한 다음 카메라의 Pan, Tilting에 의해 거리를 계산하고 오른쪽으로 회전하면서 $+30^\circ$ 지점까지 이동하여 처리를 한다.

5. 참고문헌

1. 손재룡 외3. 1998. 영상처리에 의한 수확용 토마토 인식시스템 개발. 농업과학논문집 Vol. 40(2) : 200~208
2. Ming SUN. et al. 1998, Discrimination Based on Image Processing at Apple Harvest (Part 2). Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery Vol. 60(5) : 75~82
3. Rafael c. Gonzalez. Digital Image Processing : 68~71
4. N.KONDO, Yoshiaki NISHITSUJI. 1995. Visual feedback control of petty-tomato harvesting robot. Processings of ARBIP95, Kobe, Japan : 181~188
5. N.KONDO, Y.Nishitsuji, P.P.Ling, K.C.Ting. 1996. Visual feedback guided robotics cherry tomato harvesting. Transactions of the ASAE 39(6) : 2331~2338
6. N.KONDO. 1994. Basic studies on robot to work in vineyard(part 2). Journal of the japanese society of agricultural machinery 56(1) : 45~53
7. Ikuo MATSUDA, Hiroshi MORISHIMA. 1992. Studies on sorting of cucumber by image processing. Journal of the japanese society of agricultural machinery 54(3) : 93~96