

3차원 좌표계 위치 인식을 위한 동적 스테레오 비전시스템 개발

The Dynamic Stereo Vision System for Recognizing a Position in the 3-D Coordinates

서광욱*	민병로*	김 옹*	김동우*	이창우*	이대원*
	정회원	정회원	정회원		정회원
K.W.Seo*	B.R.Min*	W.Kim*	D.W.Kim*	C.W.Lee*	D.W.Lee*

1. 서 론

대상물의 인식 및 위치 검출에는 영상처리기술이 많이 응용되고 있다. 로봇의 작업성능은 대상물의 위치를 얼마나 정확하게 인식하고 검출하느냐가 가장 중요하다. 그러나 작업현장에서 대상물의 배치, 크기 및 형상 등이 일정하지 않고 작업환경 또한 다양하여 외부의 영향을 많이 받기 때문에 정확한 로봇의 시각장치 개발은 매우 중요하다.

영상 시스템을 이용하여 작업하고자 하는 대상체의 3차원 위치 정보를 얻기 위해서 가장 널리 쓰이고 있는 방법이 카메라 2대를 이용한 스테레오 비전이다. 하지만 정확한 3차원 정보를 얻기 위해서 세밀한 보정이 필요한 실정이며 보정에 있어서도 두 카메라의 물리적 특성에 의한 오차가 발생한다.

따라서, 본 연구에서는 동적 양안 시각 시스템을 응용한 스테레오 비전의 동적 시스템 개발하여, 시스템으로부터 3차원 정보를 획득할 수 있는 알고리즘의 구현함으로써 3차원 위치 정보 획득과 그 실용 가능성을 판단하는 것이 목적이다.

2. 재료 및 방법

가. 시스템 구성

(1) 시스템 구동 장치

모터는 X-Y평면상에 각 카메라를 별도로 회전시킬 수 있는 2개의 스텝모터(Model : TS3134N)와 X-Y평면과 Y-Z평면을 각각 두 카메라를 동시에 회전시킬 수 있는 각각의 스텝모터(Model : PK264-01) 1개씩 총 4개의 축으로 시스템을 구성하였다.

각 스텝모터는 마이크로 스텝 제어가 가능한 Mycom 사의 Stepping Motor Controller에 의해 제어되며 모터 구동은 PCNC5000 구동 드라이버의 라이브러리를 이용하여 VC++ 6.0으로 프로그래밍 하였다.

* 성균관대학교 생명공학부 바이오메카트로닉스학과

(2) 영상 수신 장치

본 연구에서 사용된 컴퓨터 사양은 PentiumIII 800MHz 의 CPU에 RAM 256MB, Video RAM 32MB이며 영상입력 장치로는 4mm렌즈를 부착한 Sentech사의 STC-620 CCD 카메라를 사용하였다. 영상처리 제어는 Matrox사의 MeteorII PCI 프레임 그래버를 통하여 VC++ 6.0으로 프로그래밍 하였다.

Fig. 1은 제작된 시스템의 모습이며, Fig. 2는 시스템의 전체 구성도 이다.

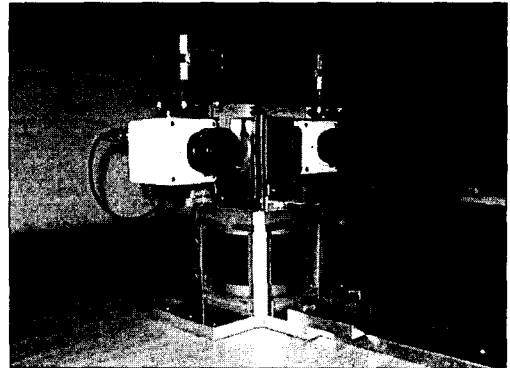


Fig. 1. Dynamic stereo vision system

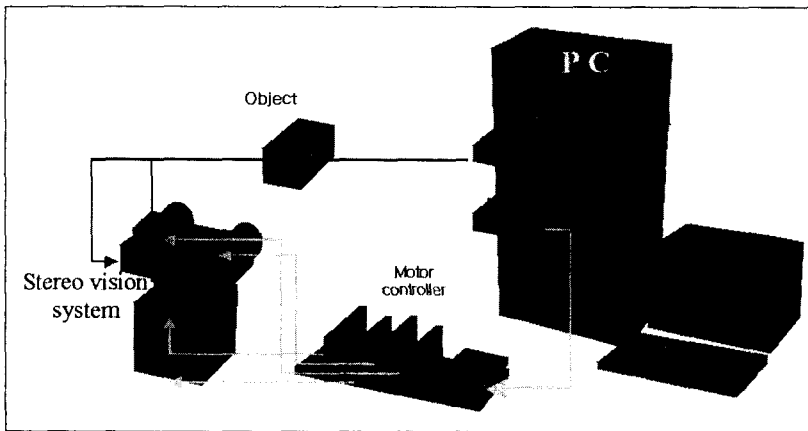


Fig. 2. Block diagram of the dynamic stereo vision system

나. 시스템 제어 방법

Fig. 3은 설정된 X, Y, Z 및 Yc 축을 나타낸다. 두 카메라의 중심을 연결하고 그 연장선을 X축이라 하면 그 중심을 원점으로 하는 대상체의 실제 좌표(X, Y, Z)를 가지게 된다. X축을 중심으로 두 카메라가 동시에 회전하면서 생기는 축을 Yc축이라 하면, Yc축은 X축에 수직하며 X-Yc 평면상에 카메라의 광축이 놓이게 된다. 각 카메라를 X-Yc 평면상으로 각자 회전하며 구동

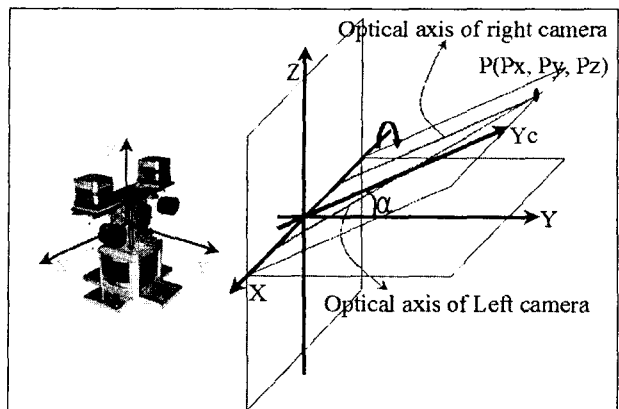


Fig. 3. Cartesian coordinate configurations of the stereo vision system

시킬 수 있는 모터가 각 카메라의 상단에 위치하고, X축을 중심으로 Yc축을 회전시킬 수 있는 모터가 X-Yc 평면의 원점(0,0)에 위치하여 Yc축은 Y축과 일정 각도를 가지게 한다. 다른 하나의 모터는 중앙에 포착된 대상체가 일정 시야에서 벗어나게 되면 X-Y평면이 Z축을 중심으로 회전할 수 있도록 시스템의 중심부 하단에 위치한다.

위와 같이 구성된 시스템은 영상처리에 의해서 각자의 카메라 영상으로부터 위치를 알고자 하는 대상체가 인식되면, 영상평면에서의 픽셀 값(Px, Py)를 획득한다. 픽셀 값이 640×480인 영상의 중앙위치 즉, (Px₀, Py₀)=(320,240)이 되도록 각 카메라를 회전시킨 후 각 카메라의 회전각을 이용하여 대상체의 3차원 실제 좌표 (X, Y, Z)값을 계산하게 된다.

다. 3차원 정보 획득 알고리즘

Fig. 4에서와 같이 카메라의 광축이 놓인 평면을 X-Yc 평면이라 할 때 대상체 P가 각 카메라 영상의 중앙에 위치하였을 때 좌측 카메라가 X축과 이루는 각도를 θ_1 , 우측 카메라가 X축과 이루는 각도를 θ_2 라고 하면 각 카메라의 중심과 P가 이루는 삼각형에 의해서 다음 식이 성립한다.

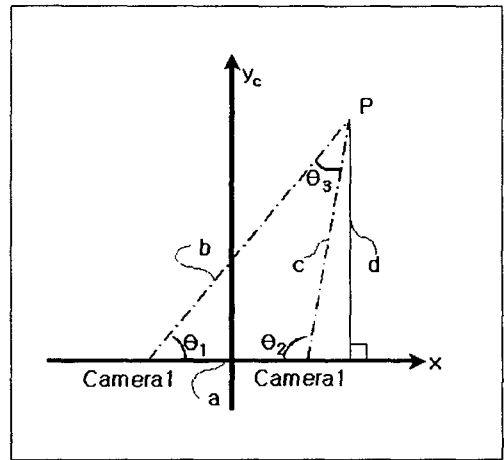


Fig. 4. Stereo vision geometry on x-y_c plane

$$a = b \cos \theta_1 + c \cos \theta_2 \dots\dots\dots (1)$$

$$b = a \cos \theta_1 + c \cos \theta_3 \dots\dots\dots (2)$$

$$c = a \cos \theta_2 + b \cos \theta_3 \dots\dots\dots (3)$$

여기서, a : 두 카메라의 중심간 거리

b : 좌측 카메라 중심에서 대상체 P까지 거리

c : 우측 카메라 중심에서 대상체 P까지 거리

θ_3 : b 와 c 가 이루는 각도

위의 식(1), 식(2), 식(3)에 의해서 다음과 같은 행렬식이 완성되고 b, c 가 구해진다.

$$\begin{bmatrix} b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & \cos \theta_2 \\ 1 & -\cos \theta_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} a \\ a \cos \theta_1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (4)$$

식(4)에 의해서 b, c 가 구해지면 다음 식과 같이 대상체 P의 X-Yc평면상의 좌표 (Px,

P_{yc} 가 구해지고, 대상체 P와 X축과의 수직거리 $d = P_{yc}$ 가 된다.

$$P_x = b \cos \theta_1 - \frac{a}{2}, \quad P_{yc} = b \sin \theta_1 \quad (\theta_1 < \theta_2) \dots\dots\dots (5)$$

$$P_x = \frac{a}{2} - c \cos \theta_2, \quad P_{yc} = c \sin \theta_2 \quad (\theta_1 > \theta_2) \dots\dots\dots (6)$$

Fig. 5와 같이 대상체가 카메라 영상의 중앙에 위치하게 되면, X축을 중심으로 Yc축은 Y축과 α 만큼 회전된다. 따라서, 대상체의 Y축과 Z축 실 좌표 값은 다음과 같이 정의된다.

$$P_y = d \cos \alpha \dots\dots\dots (7)$$

$$P_z = d \sin \alpha \dots\dots\dots (8)$$

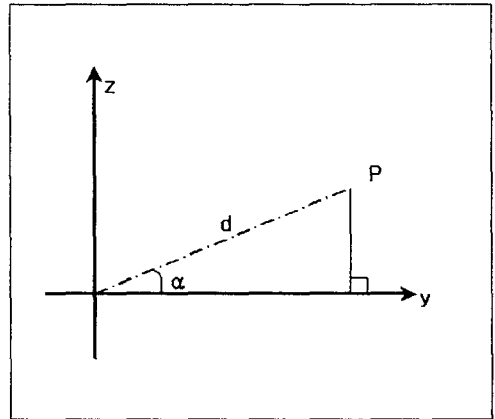


Fig. 5. Stereo vision geometry on y-z plane

라. 실험 방법

그림 6은 실험 장치를 보여주고 있다. 영상 시스템의 전면에 100mm 간격의 격자가 있고 지면에 수직한 평판을 구성하여 실험을 수행하였다. 평판의 원점은 시스템의 X-Z평면의 원점과 일치하며 X-Z평면과 평행하게 시스템 전방 300mm의 위치에서부터 1000mm의 위치까지 100mm간격으로 이동한다. 이동간에 서로 이웃하는 점간의 거리가 100mm이고 좌표가 정해진 9개의 점을 인식하고 좌표를 측정하였다.

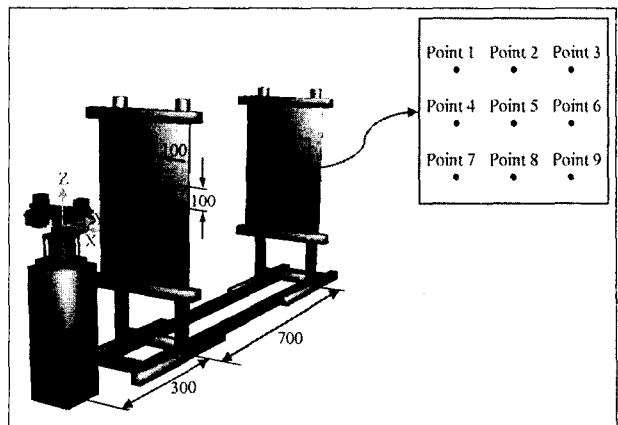


Fig. 6. Block diagram of experiment system

3. 결과 및 고찰

x축의 범위는 -100mm ~ 100mm, z축의 범위는 -100mm ~ 100mm에 위치한 9개의 점들을 y축 방향으로 300mm ~ 1000mm 까지 100mm 간격으로 이동하면서 위치 정보를 측정하였다. 그림 7은 프로그램에 의해서 3차원 위치 정보를 얻는 화면이다. 측정 결과 Table 1과 같은 결과를 얻었으며 300mm~1000mm까지의 측정 결과 평균오차 5mm 이내, 최대오차 12mm이내의 오차로 측정되었으며 Fig 8, 9는 평균 오차와 최대 오차를 나타내었다.

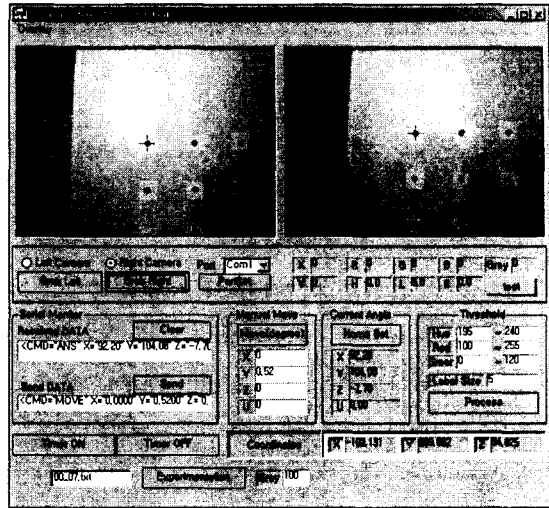


Fig. 7. Main program - after processing

Table 1. Mean and maximum errors

(unit : mm)

Distance	Mean				Max			
	x	y	z	Magnitude	x	y	z	Magnitude
300	1.22	1.59	1.31	2.40	2.66	2.53	2.67	4.55
400	2.04	1.49	1.96	3.20	3.23	2.69	3.01	5.19
500	1.67	1.68	1.77	2.98	2.71	2.97	3.12	5.10
600	1.74	2.80	3.04	4.49	3.60	4.00	3.91	6.66
700	1.98	2.24	3.02	4.26	3.46	3.94	4.01	6.61
800	1.15	2.90	3.65	4.81	2.13	4.39	4.59	6.73
900	2.53	4.67	4.62	7.04	6.47	7.40	6.60	11.84
1000	4.15	4.97	4.84	8.09	7.02	7.05	7.06	12.20

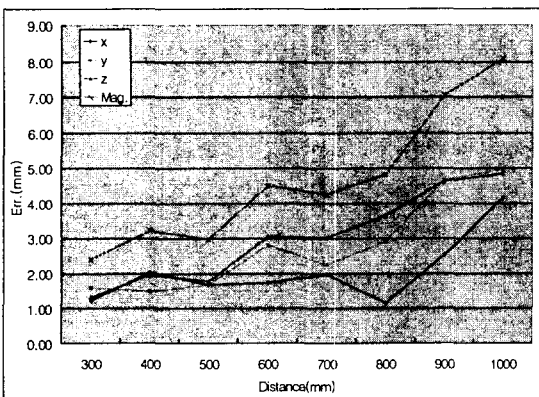


Fig. 8. Mean errors

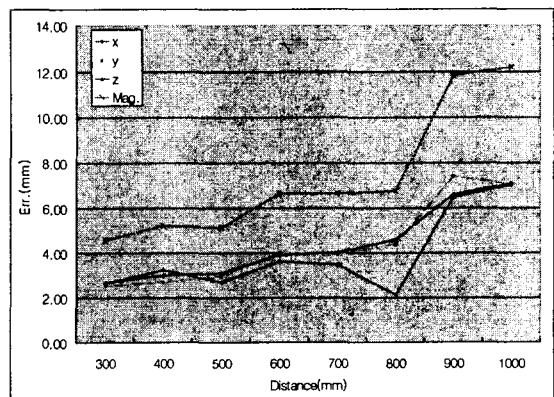


Fig. 9. Maximum errors

오차는 거리가 멀어질수록 증가하였다. 이것은 픽셀당 스텝모터의 각도 변화량이 일정하기 때문에 먼 거리에서는 한 픽셀이 변화할 때마다 큰 거리 변화를 가져오기 때문이다. 이러한 오차들은 영상의 해상도를 높여줌으로써 줄어들 수 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 좀더 정확한 3차원 위치 정보를 획득하기 위해서 기존의 캘리브레이션을 이용한 3차원 위치 획득이 아닌, 스텝 모터를 이용한 동적 시각 정보 알고리즘을 이용하여 3차원 위치의 정보를 획득하고자 하였다. 두 대의 카메라를 기하학적으로 이동시키기 위하여 4개의 모터를 사용하였으며, 획득된 영상에 의해서 각 카메라의 축을 회전시키고 그 각도의 절대 위치 값에 의해서 위치 정보를 획득하였다. 본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 동일한 두 카메라에 입력되는 영상도 색성분 및 초점 등의 완전히 일치하지 않는 물리적 특성을 가지지만, 시스템의 하드웨어 제어로 이를 무시하고 3차원 정보를 획득할 수 있었다.

둘째, 기존의 고정되어 있던 스테레오 영상 시스템의 제한된 시야를 두 대의 카메라가 대상체를 향해서 능동적으로 이동함으로써 시야에 제한을 두지 않았다.

셋째, 원하는 대상체가 영상의 중심에 위치하도록 카메라를 회전시킴으로서 영상의 외곽에 있을 때 나타나는 왜곡에 의한 오차를 줄일 수 있었다. 그 결과 0.6~0.8%의 평균오차율과 0.8~1.5%의 최대오차율을 보였다.

V. 참고문헌

1. Y.Yakimovsky and R.Cunningham, 1978, "A system for extracting three-dimensional measurements from a stereo pair of TV cameras" Computer Graphics and Image Processing, Vol.7, pp.195-210.
2. J.Weng, P.Cohem, and M.Herniou, 1992, "Camera calibration with distortion models and accuracy evaluation," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.14, No.10, pp.965-980.
3. 이대원. 최동윤. 김현태. 이원희. 권두중. 한정대. 이승기. 2000. 착유 자동화를 위한 로봇 착탈 시스템. 축산시설환경학회. 6(2). 113-119
4. 손재룡, 강창호, 한길수, 정성립, 권기영, 2001. 영상처리에 의한 목표물 추적 시각 알고리즘 개발. 농업기계화연구소 논문집. 142-149.
5. 황현, 김시찬, 최동엽. 2002. 원격작업 지시를 이용한 생물산업 공정의 생력화(I). 한국농업기계학회지. 26(1). 21~28.