

내시경을 이용한 근거리 3차원 정보 획득 알고리즘

The 3D Information Acquisition Algorithm in Near Distance by a Endoscope

서광욱*	민병로*	김 옹*	정문영**	이대원*
	정희원	정희원		정희원
K. W. Seo	B. R. Min	W. Kim	M. Y. Jung	D. W. Lee

1. 서론

최근 첨단기술의 발달에 의하여 여러 시스템의 자동화를 위하여 로봇을 응용하기 위한 많은 연구가 수행되고 있다. 작업의 특성에 따라 응용되는 로봇기술은 어느 정도 차이는 있겠으나 로봇의 경우 대상을 인식하고 위치를 검출하는 기술개발이 선행되어야만 대상물에 대한 작업이 가능하다. 특히, 근거리에서의 정밀한 거리판단 및 제어는 갈수록 소형화되는 자동화 산업에 있어서 중요한 분야이다[5].

영상 시스템을 이용하여 작업하고자 하는 대상체의 3차원 위치 정보를 얻기 위해서 가장 널리 쓰이고 있는 방법이 카메라 2대를 이용한 스테레오 비전이다[2]. 하지만 여러 문제점들 때문에 정확한 3차원 정보를 얻기 위해서 세밀한 보정이 필요한 실정이며 보정에 있어서도 다음과 같은 문제점들이 있다.

첫째, 같은 제품의 카메라일지라도 입력되는 영상의 색성분 및 노출정도, 초점 등의 물리적 특성이 완전히 일치하지 않는다. 둘째, 두 카메라의 CCD센서는 서로의 위치 차이 때문에 서로 틀어진 영상을 갖게 되어 각각의 보정이 필요하다[1][6]. 센서의 위치는 민감한 부분이기 때문에 세밀한 오차라 해도 영상에서는 많은 픽셀차이를 나타내고 그만큼 큰 실제거리 오차를 불러오게 된다[3]. 셋째로, 고 분해능 단위거리의 국부영역 근거리 측정을 위해서는 2개의 영상센서에 의한 측정은 공통화각의 한계와 장치 부피에 의한 장애를 가진다[4].

따라서, 본 연구에서는 영상처리에 의해서 대상체 인식이 되었을 때, 위에서 제시된 문제점을 줄이고 내시경을 사용하여 협소한 영역에서 근거리의 깊이 정보를 측정하기 위한 알고리즘을 제시하고 그 가능성을 판단하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시스템 구성

영상 수신 장비는 올림푸스사(일본)의 GIF-200 위내시경을 사용하였고, 내시경에 의한 영상을 NTSC 형태의 아날로그 신호로서 프레임 그라버(Frame grabber)에 의해 컴퓨터에 변환되어 입력된다. 본 연구에서 사용된 컴퓨터 사양은 Pentium4 2.4GHz 의 CPU에 RAM 1GB, Video RAM 128MB이다.

* 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과

** 신진테크

영상수신보드는 Matrox사의 Meteor II PCI 프레임 그래버를 사용하였으며 영상수신 및 처리 제어는 VC++ 6.0으로 프로그래밍 하였다. 그림 1은 내시경으로부터 PC로 영상이 수신 되는 계략도를 나타내고 있다.

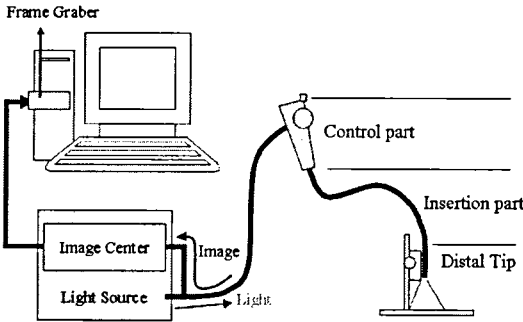


Fig. 2 The diagram of imaging system.

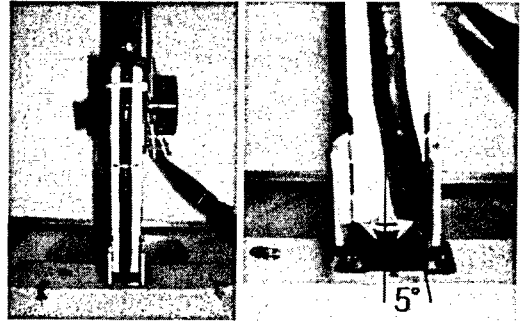


Fig. 3 3D information imaging system.

일반적으로 연성 내시경은 스킵프 전체가 연성을 유지하지만 CCD센서가 위치한 단말부는 핸들부의 제어에 따라 전후·좌우로 130°씩 회전을 하며 시야를 확보한다. 따라서, 단말부의 끝에서 대상까지의 거리를 측정할 수 있도록 내시경을 수직으로 향하고 단말부의 회전 중심을 고정시키기 위하여 스탠드 장치를 구성하였다. 내시경의 영상 센서는 스탠드에 의하여 1mm 씩 수직 이동을 하였다. 또한, 고정된 단말부의 회전 중심에 의하여 좌·우 5°의 각도를 회전 할 수 있도록 하였다(그림 2).

나. 3차원 정보 획득 알고리즘

내시경 단말부의 CCD가 좌우로 5°씩 이동하며 목표물 P를 인식했을 때 그림 3과 같이 각 위치에서 P의 상이 맺힘으로써 각도 θ_L , θ_R 을 초점거리와 CCD의 단위소자 크기에 의하여 구할 수 있다. 식-(1), 식-(2)는 θ_L , θ_R 를 구하는 식을 나타내고 있다. 여기서, f 는 초점거리(Focal length : mm)이며, u 는 CCD 단위소자 크기(Cell size : mm)를 나타낸다. 또, P_L 과 P_R 은 영상의 중심에서 P까지 픽셀거리(Pixel)이다.

$$\theta_L = \tan^{-1}\left(\frac{f}{P_L \times u}\right) \quad \text{식-(1)}$$

$$\theta_R = \tan^{-1}\left(\frac{f}{P_R \times u}\right) \quad \text{식-(2)}$$

또한, 영상 위치 차이에 의하여 $\triangle PO_L O_R$ 이 생성된다. 따라서, 단말부 각 위치에서의 중심과 P가 이루는 삼각형에 의해서 다음 식이 성립한다.

$$a = b \cos(\theta_L + 5^\circ) + c \cos(\theta_R + 5^\circ) \quad \text{식-(3)}$$

$$b = a \cos(\theta_L + 5^\circ) + c \cos \theta_C \quad \text{식-(4)}$$

$$c = a \cos(\theta_R + 5^\circ) + b \cos \theta_C \quad \text{식-(5)}$$

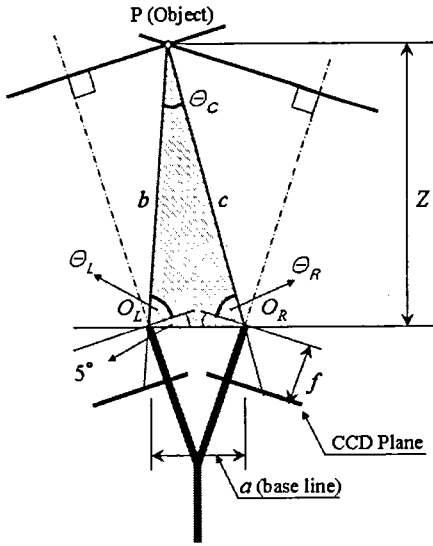


Fig. 4 3D Information acquisition.

따라서, 식-(6)에 의해서 b c 가 구해지면 다음 식과 같이 단말부 끝에서 P 까지의 수직 거리 Z 를 구할 수 있다.

$$Z = b \sin\theta_1 \quad (\theta_1 < \theta_2) \quad \text{식-(7)}$$

$$Z = c \sin\theta_2 \quad (\theta_1 > \theta_2) \quad \text{식-(8)}$$

Table 1 Specification of the endoscope.

Factor	Value
Focal length	2.8mm
Cell size	6.5 μ m
CCD size	2.4mm
Working Distance	10~25mm
FOV(Field of view)	6~19mm

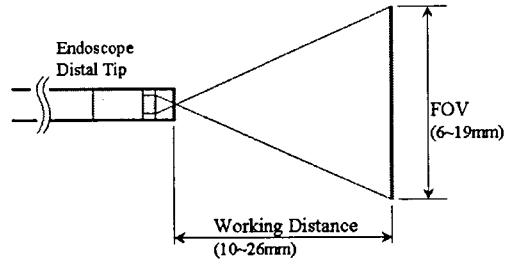


Fig. 5 Working distance and FOV.

2-3. 실험 방법

앞에 제시된 알고리즘을 검증하기 위하여 실험장치를 구성하였다. 내시경은 영상을 보기 위한 적정 거리(Working Distance)가 10~25mm이며, 초점거리(Focal length)는 2.8mm, CCD센서의 길이는 2.4mm, 단위소자당 크기(Cell size)는 6.6 μ m이다. 따라서, 내시경으로부터 볼수 있는 정적 시야는 6~19mm이다. 표 1은 내시경의 광학 특성을 나타내고 있으며, 그림 4는 내시경 단말부에서 작업거리 및 시야를 그림으로 나타낸 것이다. 따라서, 내시경의 작업 환경에 알맞도록 실험 구간을 10~25mm로 설정 하였으며, 1mm씩 수직이동하며 목표물의 거리를 측정하였다.

여기서, a 는 두 카메라의 중심간 거리(mm), b 는 좌측 카메라 중심에서 대상체 P 까지 거리(mm), c 는 우측 카메라 중심에서 대상체 P 까지 거리(mm), θ_C 는 b 와 c 가 이루는 각도(deg.)를 나타낸다.

위의 식-(3), 식-(4), 식-(5)에 의해서 다음과 같은 행렬식이 완성되고 b c 가 구해진다.

$$\begin{bmatrix} b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & \cos\theta_2 \\ 1 & \cos\theta_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ a \cos\theta_1 \end{bmatrix} \quad \text{식-(6)}$$

여기서, $\theta_1 : \theta_L + 5^\circ$, $\theta_2 : \theta_R + 5^\circ$

3. 결과 및 고찰

측정 범위는 10~25mm로 하였으며, 1mm씩 수직 상승 하며 측정 하였다. 그림 5는 프로그램에 의해서 3차원 위치 정보를 얻는 화면이다.

측정 결과 평균 0.2mm의 오차를 나타내었으며, 최대오차 및 최소오차는 각각 0.56mm와 0.0mm로 나타났다. 그림 5는 각 거리별 측정 데이터를 그래프로 나타낸 것이며, 그림 6은 거리별 오차를 나타낸 것이다. 각 거리별 측정 데이터를 보면 상관관계(R^2)가 0.9987로 나타났으며 분해능을 1mm단위로 보았을 때 평균 20%의 오차를 나타냈다.

실험 결과를 볼 때 실험 3차원 깊이 정보를 획득하기 위한 목표물의 거리가 시스템으로부터 얼마만큼 떨어져 있는지가 오차를 발생시키는 가장 큰 요인으로 나타났다. 내시경 영상의 적정 거리인 15mm를 중심으로 거리가 멀어질수록 오차가 크게 나타남을 알 수 있다. 이러한 오차는 내시경 영상의 적정 거리에서 멀어질수록 시야의 한계에 다다르기 때문이다.

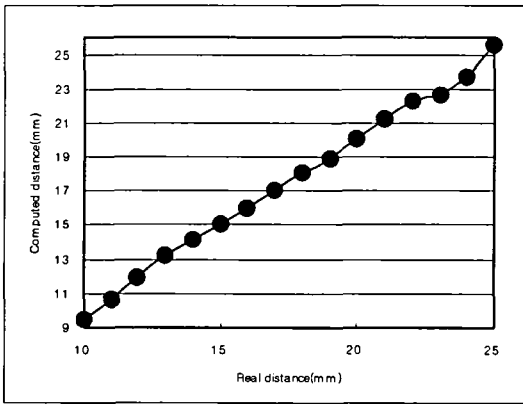


Fig. 6 Measurement of distance.

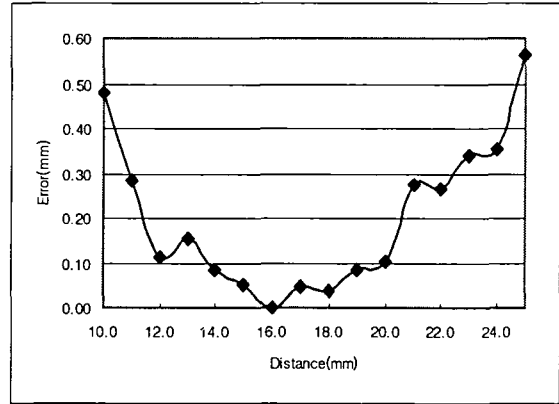


Fig. 7 Distance measurement errors.

4. 요약 및 결론

생산 및 관리 등 산업의 다양한 분야에 있어서 로봇의 개발과 제반 시스템의 자동화는 필수 과제로 여겨지고 있다. 특히, 근거리에서의 정밀한 거리판단 및 제어는 갈수록 소형화되는 자동화 산업에 있어서 중요한 분야이다. 이에 먼저 선행되어야 할 과제가 물체를 인지하고 정확한 위치를 판별하는 영상 시스템의 개발이다.

본 연구에서는 정확한 3차원 위치 정보를 획득하기 위해서 기존의 영상 캘리브레이션을 이용한 3차원 위치 획득이 아닌 내시경의 소형 카메라 1대를 이용하여 각도변화를 줌으로써 발생하는 영상차를 이용하여 3차원적 깊이 정보를 획득하고자 하였다.

10~25mm까지의 근거리를 1mm 단위로 측정한 결과 평균 0.2mm의 오차를 나타내었으며 최대 0.56mm의 오차를 나타내었다. 측정의 분해능이 1mm임을 감안할 때 오차율은 20%임을 알 수 있으며, 10~25mm의 측정 구간에 있어서 실제 거리와의 상관관계(R^2)는 0.9987로 높게 나타났다.

따라서, 카메라 2대를 가지고 하는 3차원 정보 획득 알고리즘보다 소형이고 더 정확함을 알 수 있었다. 시야를 더 넓게 가지며 고해상도의 영상 센서를 이용하면 근거리의 정밀제어가 필요한 작업 및 장치에 있어서 좀 더 성능을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] Y.Do, S.-H.Yoo, and D.-S.Lee, 1998. "Direct calibration methodology for stereo cameras," SPIE Conf. Vol. 3521: Machine vision systems for inspection and mertology VII pp.54-65.
- [4] 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.
- [5] 이한식. 2000. 지능로봇트 제어를 위한 영상정보의 실시간 3차원 위치측정. 산업과학기술 연구소 논문집 1(2). 31-36.
- [6] 崔益守. 1999. 스테레오 비전에서 일치점 분석을 이용한 깊이정보 추출. 조선대학교. 박사학위논문.