

로봇 착유기를 위한 3차원 위치정보획득 시스템

김 웅* · 권두중 · 서광욱* · 이대원*

축산기술연구소

3D Image Processing System for an Robotic Milking System

Kim, W.*, Kwon, D. J., Seo, K.W.* and Lee, D. W.*

National Livestock Research Institute

Summary

This study was carried out to measure the 3D-distance of a cow model teat for an application possibility on Robotic Milking System(RMS). A teat recognition algorithm was made to find 3D-distance of the model by using Gonzalez's theory.

Some of the results are as follows.

1. In the distance measurement experiment on the test board, as the measured length, and the length between the center of image surface and the measured image point became longer, their error values increased.
2. The model teat was installed and measured the error value at the random position. The error value of X and Y coordinates was less than 5mm, and that of Z coordinates was less than 20mm. The error value increased as the distance of camera's increased.
3. The equation for distance information acquirement was satisfied with obtaining accurate distance that was necessary for a milking robot to trace teats, A teat recognition algorithm was recognized well four model cow teats. It's processing time was about 1 second. It appeared that a teat recognition algorithm could be used to determine the 3D-distance of the cow teat to develop a RMS.

(Key words : RMS, Manipulator, Camera calibration, Image processing algorithm, Stereo vision)

서 론

우리의 축산업은 노동력의 감소와 노령화에 따른 일손 부족, WTO체제에 따른 시장 개방으로 어려움을 겪고 있으며, 앞으로도 계속될 전망이다. 이런 여건을 극복하기 위

해서는 생산성 향상 및 생산비 절감과 품질 향상을 통한 국제경쟁력을 갖추어야 한다.

현재 낙농은 낙농가의 감소와 호당 사육두 수가 크게 증가하고 있는 실정이다. 이로 인해 경영의 전업화가 가속되고 있으며, 노동력 부족이라는 문제를 안고 있다. 이를 해결

* 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과(Department of Bio-mechatronics SungKyunKwan University)

Corresponding Author : D. W. Lee. Department of Bio-mechatronics, SungKyunKwan University, Suwon, Korea.

하기 위해서는 기자재의 자동화와 기계화가 시급한 실정이다.

낙농에서의 기계화는 최근까지 많은 부분에서 일어나고 있으며, 노동력 해소와 생산비 절감에 많은 기여를 하였다. 하지만 경영자의 연령이 낮아지고 지식수준은 높아져서 좀 더 많은 부분에 있어서의 기계화를 원하고 있는 추세이다.

현재 세계의 낙농은 유럽의 선진 낙농국가를 주축으로 여러 분야에서 자동화를 통해 발전하고 있다. 우리나라 또한 세계화에 발맞추어 농업 여러 분야에서 자동화가 빠르게 진행되고 있다. 현재 여러 곳에서 자동화 등 기술 집약적 농업을 이루기 위해 힘쓰고 있으며, 노동력 해결과 고부가가치산업으로의 발전을 이룩하기 위해 노력하고 있다.

특히 낙농에서 농작업 노동력의 26.1%를 차지하고 있으며, 낙농가에게는 여가시간의 구속이라는 문제를 안고 있는 착유부분은 세계 여러 나라에서 자동착유시스템을 개발·완료하여 시판중이며, 현재 우리나라 공급가는 2억여원에 달하여 우리나라 농가에게는 사실상 적용이 불가능한 상황이다.

본 연구는 기술 집약적 낙농업의 발전과 노동력 절감, 착유시설의 국산화를 통한 농가 시설비 절감을 위해 수행되었으며, 연구의 목적은 대상체인 소의 유두를 판별하고 각 유두의 3차원 위치를 측정하여 로봇착유기에 적용가능성을 모색하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시스템 구성

시스템은 카메라 2대를 150mm 간격으로 평행하게 장착하고 정적인 상태에서 거리 측정이 가능하게 설계되었다. 카메라는 삼성전자 SDC-460 모델의 CCD 카메라를 사용하였으며, 렌즈는 카메라와 소가 스톨(Stall)에 입

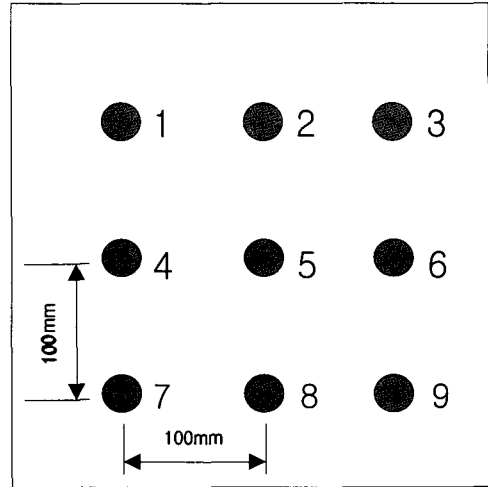


Fig. 1. The board testing an image processing.

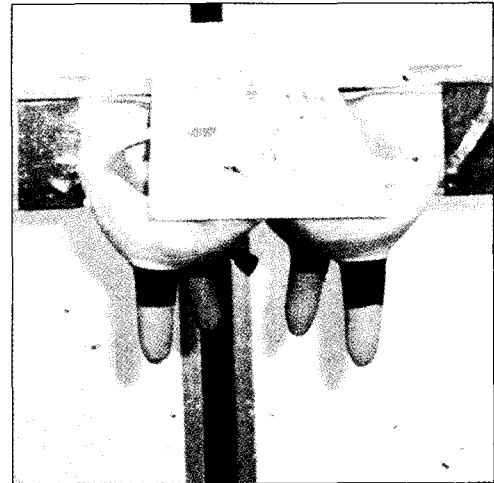


Fig. 2. A cow teat model.

실험을 때 유두의 위치를 감안하여 4mm 렌즈를 사용하였고, 영상처리를 위한 시스템으로 Matrox사의 Meteor-II 프레임 그레버와 펜티엄 III 800MHz CPU를 탑재한 데스크탑 컴퓨터를 사용하였다.

실험은 예비실험으로 가로, 세로 100mm 간격의 흑점을 찍은 판을 카메라로부터의 거리를 일정간격으로 움직이면서 3차원 영상좌표를 계산하여 검증해 보았으며, 이를 근거로 유두의 위치를 알아보기 위해서 실제 유

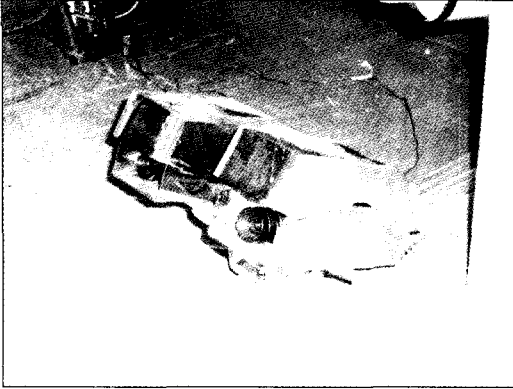


Fig. 3. The stereo vision system.

방과 흡사한 모형 유방을 제작하여 임의의 거리에 두고 3차원 실 좌표를 계산해 보았다.

2. 영상처리 알고리즘

유두의 3차원 위치정보를 얻고자 두 대의 카메라로부터 획득한 이미지는 각각의 유두를 인식하고, 두 개의 이미지로부터 3차원 위치정보를 계산하게 된다.

3차원 위치정보를 얻기 위해 획득된 이미지는 유두를 배경으로부터 분리하기 위하여 전처리를 해야 한다. 추출하고자 하는 유두는 털이 없는 부분으로 분홍색 계통의 색상을 띠고 있다. 본 연구에서는 RGB 데이터를 HSI 색상계로 변환하였으며, 색상계의 HSI 모형에서 H(Hue)에 해당하는 부분을 유두 색상에 맞춰 필터의 임계값을 정하여 전처리를 하였다.

전처리가 끝난 이미지는 유두 부분을 중심으로 한 집음이 포함된 영상이다. 영상으로부터 좀 더 정확한 유두의 형상을 얻기 위해 Opening 알고리즘을 적용하였다. 그 후 Labeling에 의해 노이즈라고 생각되는 부분을 다시 제거 후 네 개의 유두를 매칭시켰다.

네 개 유두에 대한 영상좌표가 왼쪽 영상과 오른쪽 영상에서 구해지면 같은 유두라고 판단된 두 영상좌표로부터 3차원 위치 정

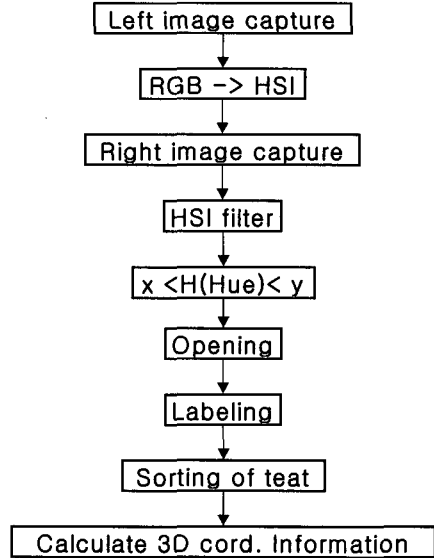


Fig. 4. Block diagram of teat recognition algorithm.

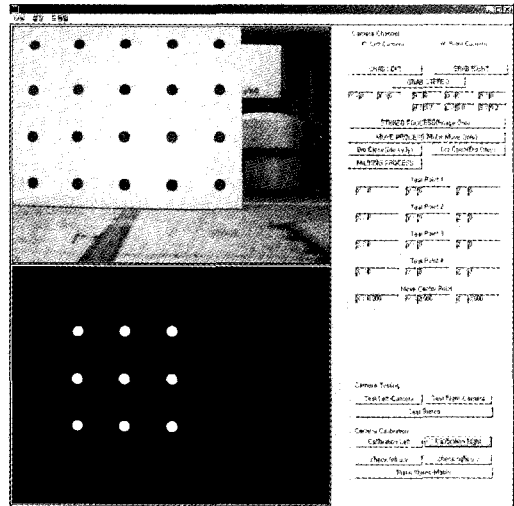


Fig. 5. Computer screen for teat recognition algorithm.

보를 계산한다.

3. 3차원 위치정보 획득

3차원 위치정보를 계산하는 방법은 Gonzalez⁽⁴⁾가 제안한 방법을 사용하였다. 두 카메라

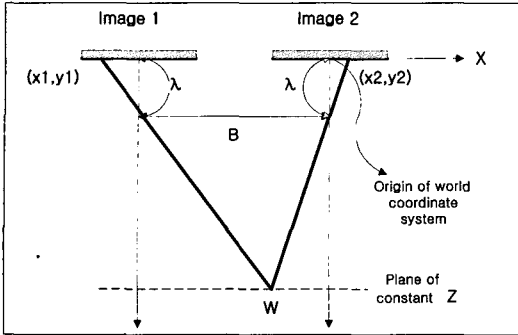


Fig. 6. Stereo vision geometry between two cameras.

의 초점 거리는 모두 λ 이다. 각 카메라의 x, y 축과 물체의 x, y 축은 평행하다고 하면 각 영상면의 화상좌표는 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 이고, 물체의 좌표는 영상의 좌표계와 동일한 것을 사용했을 때 $(u_1, v_1, w_1), (u_2, v_2, w_2)$ 이라 하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$u_1 = \frac{x_1(\lambda - w_1)}{\lambda}, \quad u_2 = \frac{x_2(\lambda - w_2)}{\lambda} \dots\dots\dots (1)$$

첫 영상면의 $x-y$ 좌표계는 둘째 영상면의 $x-y$ 좌표계와 평행하지만 x 축상으로 렌즈의 거리 B 만큼 떨어져 있으므로 다음과 같다.

$$u_2 = u_1 + B, \quad w_2 = w_1 = w \dots\dots\dots (2)$$

이를 사용하면

$$u_1 + B = \frac{x_2}{\lambda}(\lambda - w) \dots\dots\dots (3)$$

$$u_1 = \frac{x_1}{\lambda}(\lambda - w) \dots\dots\dots (4)$$

을 얻으며, (3), (4) 식으로부터 양변을 각각 감산하여

$$w = \lambda - \frac{\lambda B}{x_2 - x_1} \dots\dots\dots (5)$$

을 얻는다. 이것은 물체의 점에 대한 두 영상의 x 좌표, x_1, x_2 를 알면 깊이 w 를 구할 수 있다.

결과 및 고찰

1. 예비실험

스테레오 영상처리에 의한 거리측정에서 먼저 테스트보드에 흑점 9개를 찍은 후 그 점들의 거리측정을 수행한 결과는 Table 1과 같다.

거리(Z 축) 측정에서는 700mm 거리에 있을 때 8.98mm부터 1200mm에서는 73.2mm로 측정되었다. 이는 거리가 멀어질수록 오차가

Table 1. Error value of each point on the test-board

(unit : mm)

Distance(mm) point	700	800	900	1000	1100	1200
1	0.44	17.4	34.1	50.4	58.7	79.9
2	14.9	2.81	19.2	36.9	48.9	63.9
3	7.89	10.8	23.4	39.6	52.1	71.8
4	5.53	15.7	29.8	45	55.4	75.8
5	19.5	0.35	15.1	31.6	45.6	71.8
6	10.2	7.6	25.5	39.6	52.1	67.8
7	0.76	17.4	31.9	50.4	62.1	79.9
8	16	6	21.3	36.9	52.1	71.8
9	5.53	12.5	25.5	45	55.4	75.8
Ave.	8.98	10.1	25.1	41.7	53.6	73.2

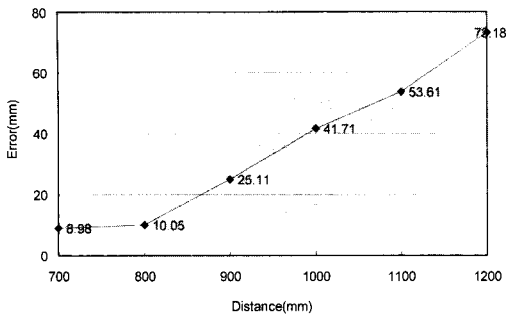


Fig. 7. Mean error value of between the measured length from two cameras and calculated length.

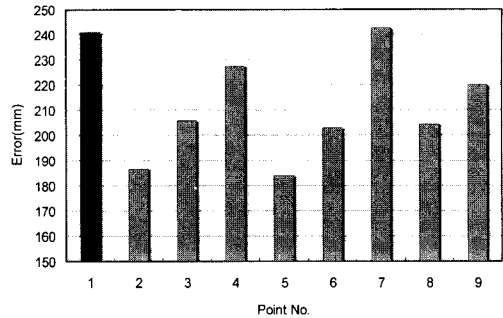


Fig. 8. Error value of each point between the measured length and calculated length from two cameras.

커지는 것으로 나타났으며, 각 점별 오차는 화상면에서 중앙에 위치할수록 오차가 적어지고 중앙에서 멀어질수록 오차가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 렌즈의 왜곡에 의해 발생하는 오차로 판단된다.

2. 모형유두인식 및 위치측정

위에서 제시한 영상처리 알고리즘과 거리 인식방법으로 모형유두의 거리를 측정하여 보았다. 모형유두의 위치를 두 카메라의 기준좌표계에 대해서 중앙에 위치하도록 하여 측정한 결과는 다음과 같다.

X축과 Y축은 평균 5mm 이내로 나타났으며, Z축의 경우 최대 20mm 가량의 오차가 발생하였다. 이는 영상처리 시 유두의 끝점

을 찾는 데 있어서 노이즈에 의한 정확한 유두 끝점을 찾지 못하여 발생하는 결과로 판단되며, 거리를 계산하는데 있어 화상처리 시 2~3 Pixel 정도의 차이에도 매우 민감하게 계산되는 거리계산식에 문제가 있는 것으로 판단된다.

위 결과는 착유컵을 유두에 장착할 경우 착유컵의 내경이 약 20mm로 최대 10mm 이상의 오차가 발생하였을 때 착유컵을 유두에 장착할 수 없게 된다는 결론을 얻을 수 있다.

영상처리소요시간은 1초 내외로 나타났으며, 착유작업 시 유두의 움직임을 감안한다면 처리속도는 문제가 되지 않는 것으로 판단된다.

Table 2. Error value of teats on udder model

(unit: mm)

Teat No.	Computed			Measured			Absolute Error		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	73.8	49.8	787.3	75	50	800	1.2	0.2	12.7
2	-76.4	50.9	810.5	-75	50	800	1.4	0.9	10.5
3	36.7	38.9	938.1	40	40	920	3.3	1.1	18.1
4	-40.6	39.3	931.7	-40	40	920	0.6	0.7	11.7

요약 및 결론

인 용 문 헌

본 연구는 스테레오 영상시스템을 이용하여 모형 유두의 3차원 거리정보를 측정함으로써 로봇착유기에 대한 적용가능성을 판단하기 위하여 수행하였다. 3차원거리정보를 얻기 위해 Gonzalez가 제시한 방법을 적용하였으며, 유두인식을 위한 알고리즘을 제시하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 테스트 보드에 의한 거리측정실험은 거리가 멀어질수록, 측정하는 점이 화상면의 중앙에서부터 멀어질수록 오차가 증가하는 것으로 나타났다.

2. 임의 위치에 모형유두를 설치하여 측정한 결과 X, Y축은 5mm이내, Z축은 거리가 800mm일 때 최대 20mm가 발생하였으며, 이는 거리가 증가함에 따라 오차가 커지게 되어 카메라와 거리가 증가할수록 오차는 증가하였다.

3. 거리정보획득을 위한 식은 착유작업 시 필요한 정밀도에 만족하지 못하였으며, 유두 인식 알고리즘은 유두 4개가 잘 인식되었고 처리속도가 1초 내외로 나타나 로봇착유기에 적용이 가능한 것으로 판단된다.

1. 이성현, 최광재, 유병기. 1998. 착유로봇의 연구동향 및 전망. 한국농업기계학회지 23(6):641-647.
2. PD Dr. Dieter Ordolff, 1997. Melken Technik Arbeitsorganisation Automatisierung, 착유생산성 제고방안, 한국축산시설환경학회, 제3회 학술심포지움 19-63.
3. 이영진, 장동일. 2001. 로봇에 의한 착유컵 착탈시스템 개발을 위한 기초연구. 한국농업기계학회 하계 학술대회 논문집 4(2): 159-164.
4. Ralfel C, Gonzalez and Richard E. Woods. 1992. Digital image processing. Addison Wesley Longman.
5. Zahid Hussain. 1991. Digital Image Processing. Ellis Horwood. 204-208.
6. Ioannis Pittas. 1993. Digital Image Processing Algorithms. Prentice Hall.