

CAFFE 모델을 이용한 수량 측정 및 스테레오 비전을 이용한 거리 및 너비측정

손원섭 · 김응곤*

Quantity Measurement by CAFFE Model and Distance and Width Measurement by Stereo Vision

Won-Seob Kim · Eung-Kon Kim*

요 약

CAFFE 모델을 이용하여 클래스의 특정 종의 수량 측정하는 방법과 스테레오 비전을 이용하여 물체의 길이와 너비를 측정하는 방법을 제안한다. 물체의 너비를 구하는 방법은 좌측 센서와 우측 센서의 대상의 좌표 값을 비교하여 센서부터 물체까지의 거리를 계산한다. 그 후 거리와 영상 속의 대상의 길이를 구해 물체의 실제 길이의 근사 값을 계산한다.

ABSTRACT

We propose a method to measure the number of specific species of class using CAFFE model and a method to measure length and width of object using stereo vision. To obtain the width of an object, the location coordinates of objects appearing on the left and right sensor is compared and the distance from the sensor to the object is obtained. Then the length of the object in the image by using the distance and the approximate value of the actual length of the object is calculated.

키워드

CAFFE Model, Distance Measurement, Quantity Measurement, Stereo Vision, Width Measurement
카페 모델, 거리 측정, 수량 측정, 스테레오 비전, 너비 측정

1. 서 론

국토면적이 좁고, 산지가 많은 대신 삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라의 지적 특성상 수산물을 통한 동물성 단백질 공급의 의존이 크며, 이에 맞는 식문화가 형성되어 있다. 남획과 해양환경의 악화로 잡는 어업을 통한 수산물 공급이 제한됨에 따라 양식장 산업의 식량 공급 역할이 더욱 커지고 있다[1].

양식장에서 생육 과정에서 여러 번에 걸쳐 크기를 분류하는 작업이 수행되며, 현재까지 분류작업은 수작업 혹은 눈대중으로 이루어지고 있는 등 원시적으로 작업환경 개선이 필요한 상황이다[2].

직접적인 접촉이 없이 목표물까지의 거리를 측정하는 기술은 양식장뿐만 아니라 군사용 응용이나, 지상 주행 등 여러 분야에서 다양하게 활용할 수 있다[3].

본 연구에서 제안하는 시스템은 CAFFE 모델을 이

* 순천대학교(kek@scnu.ac.kr)

* 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과

• 접수일 : 2019. 07. 21

• 수정완료일 : 2019. 08. 03

• 게재확정일 : 2019. 08. 15

• Received : Jul. 21, 2019, Revised : Aug. 03, 2019, Accepted : Aug. 15, 2019

• Corresponding Author : Eung-Kon Kim

Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University.

Email : kek@scnu.ac.kr

용하여 관심 대상의 수량을 측정하고 스테레오 비전 센서를 이용하여 물체의 너비를 측정한다.

II. 관련 연구 분석

2.1 CAFFE를 이용한 영상 객체 인식 방법

CAFFE는 SVM과 같은 간단한 이진 분류 알고리즘으로 다른 객체와 장면을 쉽게 구별할 수 있게 변환한다. 이미지를 일련의 레이어로 전달하여 각 레이어가 그 아래의 레이어 출력을 계산한다.

예를 들면 첫 번째 레이어는 짧은 직선과 같은 가장 기본적인 이미지를 인식할 수 있다. 다음 레이어는 다른 기본 모양을 조합하여 상위 수준의 이미지로 인식한다. 더 많은 레이어를 결합하면 더 높은 수준의 개념을 인식할 수 있다.

이미지가 레이어를 통과할 때마다 입력 이미지에서의 모양에 따라 다른 방식으로 활성화되고 각 레이어의 다양한 활성화를 요약하는 부동 소수점 벡터가 출력되어 1000개 이상의 바이너리 분류기에 전달한다. 각 분류기는 특정 객체와 장면을 식별하여 예 또는 '아니오'로 대답하도록 훈련되어 있다. 또한, 텍스트 설정 파일만 변경함으로 CNN 구조를 바꿀 수 있어 쉽게 사용할 수 있다[4].

2.2 스테레오 비전 센서 거리 측정

두 장 이상의 영상으로부터 거리정보를 구하는 것을 스테레오 비전이라 한다. 좌우 영상 정보를 정합하여 그 시차 정보를 추출하고 이를 이용하여 영상촬영 위치로부터 물체까지의 길이를 구하는 것이다[5].

스테레오 카메라의 종류에는 평행 축 스테레오 카메라와 교차 축 스테레오 카메라가 있다. 평행 축은 교차 축과 비교하여 주 시각제어가 필요 없으며 관련 수식도 고정적이고 거리 측정에 쉬우므로 본 연구에 선 평행 축 스테레오 비전 센스를 사용한다[6].

III. 시스템 설계

시스템의 전반적인 흐름은 [그림 1]과 같다. 비디오 촬영이 시작되면 프레임마다 구하고자 하는 대상의 수량과 특정 대상 너비를 각각 구하고 화면에 표시한다.

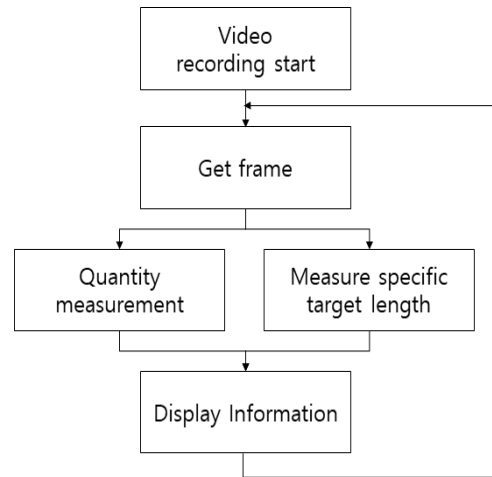


그림 1. 시스템 흐름도

Fig. 1 System flowchart

수량 측정에서는 프레임이 갱신되면 CAFFE model의 신경망에 프레임을 넣어 프레임 속에 있는 클래스들을 분류한다. 분류한 클래스가 원하는 클래스이면 카운터를 증가시키고 모든 클래스의 판별이 끝나면 수량을 화면에 표시한다. 그림 2는 위의 설명을 흐름도로 나타낸 것이다.

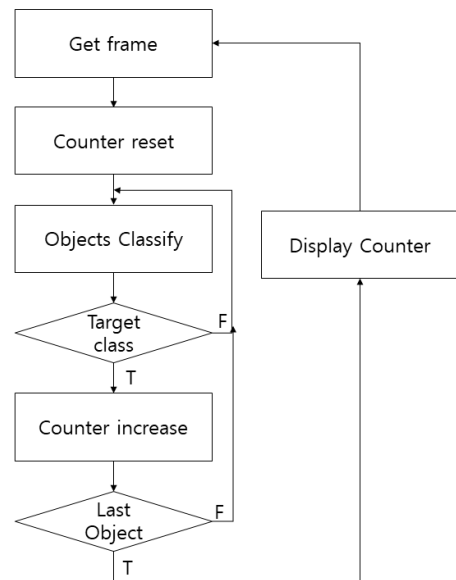


그림 2. 수량 측정 흐름도

Fig. 2 Quantity measurement flowchart

스테레오 비전 시스템의 구성도는 아래 [그림 3]과 같다. Cam 1과 Cam 2의 사이를 약 50mm 정도로 두고 같은 각도로 Obj를 바라는 방향으로 Cam을 배치한다[7].

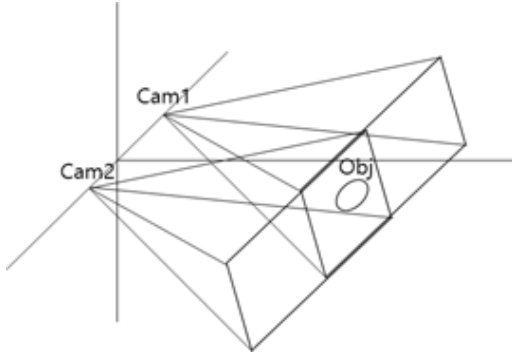


그림 3. 스테레오 비전 시스템 구성도
Fig. 3 Stereo vision system concept

스테레오 비전 시스템으로부터 물체까지의 거리를 측정하고 이로부터 물체의 너비를 구하기 위한 식은 (1), (2) 와 같다. (x1: cam1의 왼쪽 점의 x, x2: cam2의 오른쪽 점의 x, x3: cam2 왼쪽 점의 x, y1: cam1의 왼쪽 점의 y, y2: cam2의 오른쪽 점의 y, y3: cam2 왼쪽 점의 y)

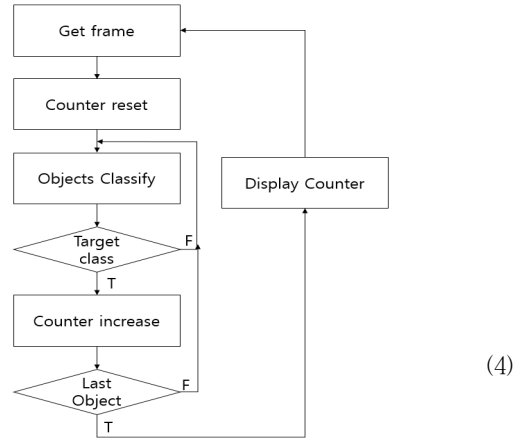
$$D = \frac{C_1}{\sqrt{(x_3 - x_1)^2 - (y_3 - y_1)^2}} \quad (1)$$

$$W = \frac{D \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{C_2} \quad (2)$$

(1), (2)에서 C1과 C2를 유도한 식은 (3), (4)이다.

$$C_1 = D \sqrt{(x_3 - x_1)^2 - (y_3 - y_1)^2} \quad (3)$$

$$C_2 = \frac{D \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{W}$$



C1은 거리 보정 상수여서 영향을 미치는 외부요인은 비전 센서의 종류, 비전 센서 간의 거리, 표시되는 해상도가 있다. C2는 너비 보정 상수로서 영향을 미치는 외부요인은 비전 센서의 종류와 표시되는 해상도가 있다.

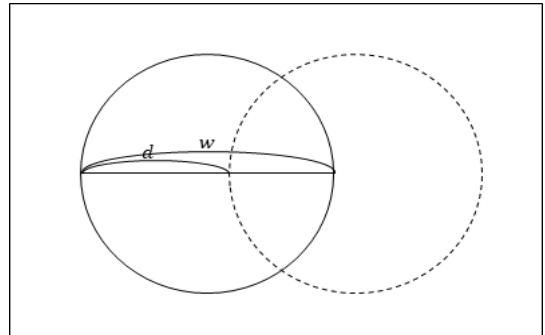


그림 4. 너비 및 거리 측정 도식화
Fig. 4 Schematic of width and distance measurement

그림 4는 너비 및 거리 측정을 도식화한 그림이다. 점선으로 표시된 도형은 좌측 비전 센서로부터 얻은 측정 대상이고 실선으로 표시된 도형은 우측 비전 센서로부터 얻은 측정 대상이다.

동일 대상의 같은 좌표상에 위치하는 임의의 한 점을 기준으로 좌·우측 비전 센서의 차이에 대한 길이를 구하고 C1을 곱하면 실제 거리를 구할 수 있다.

거리를 알면 사물의 너비를 측정 대상의 너비를 구할 수 있다. 거리*C2*w를 계산한 결과 값이 실제 사물의 너비이다.

스테레오 비전 시스템의 작동 흐름은 그림 5와 같다. 좌측 비전 센서의 좌우 끝점과 우측 비전 센서의 좌우 끝점을 지정한다. 좌측 끝점(또는 우측 끝점)끼리의 선분의 길이를 구하고 C1을 곱해서 비전 센서부터 물체까지의 거리를 구한다. 거리와 물체의 좌측 끝점과 우측 끝점의 길이와 C2를 곱하여 물체의 너비를 구하고 출력한다.

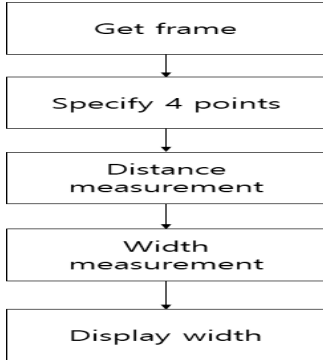


그림 5. 스테레오 비전 시스템 흐름도
Fig. 5 Stereo vision system flowchart

IV. 실험 및 결과

카메라 2개를 이용해서 특정 종의 수량 측정과 관심 대상까지의 거리와 너비를 구하고자 한다. 계측 장비의 구성도는 그림 1과 같다. 점과 물체까지의 길이(D)를 구하고 D를 이용하여 obj의 너비(W)를 1m 이하의 길이에서 10% 미만의 오차율로 구하는 것이 이 연구의 목표이다.

실험 환경에 사용된 장치의 사양은 표 1과 같다. 가로 600, 세로 450의 해상도로 비전 센서 사이의 거리는 50mm로 설정하고 진행하였다.

표 1. 장치 사양

Table. 1 Device Specifications

Left vision sensor	Logitech HD Webcam C920
Right vision sensor	Logitech HD Webcam C920
Left vision resolution	600*450
Right vision resolution	600*450
Distance between vision sensor	50mm

수량 측정의 실험은 caffe을 이용해 학습한 모델인 SSD(Single Shot MultiBox Detector)를 이용하여 진행 하였다[8].

거리 및 너비 측정의 실험 방법은 길이 측정 장비 및 너비측정이 완료된 사물을 놓고 310mm부터 810mm까지 20mm 간격으로 촬영한다. 보정 상수 C1, C2를 (3)식과 (4)번 식을 이용해 구한다. 그 후 보정 상수를 평가하기 위해 임의의 물체를 촬영 후 (1)식을 이용해 물체까지의 거리를 구한 다음 (2)식을 이용해 물체의 너비를 구한다.

그림 6은 수량 측정 및 거리 측정과 너비 측정 실험 환경 사진이다.



그림 6. 실험 환경

Fig. 6. Experiment environment

표 2. 보정상수 계산

Table. 2 Calibration constant calculation

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
p1	126, 64	142, 70	142,74	149, 76
p2	295, 67	268, 69	249,73	234, 76
p3	24, 83	67, 87	80, 92	102, 97
p4	188, 84	189, 89	183, 74	183, 93
RD	330	450	530	690
d	103.755	76.903	64.560	51.478
C1	34239	34606	34217	35519
w	164.015	122.010	103.012	81.049
RW	207	207	207	207
C2	261.473	265.240	263.751	270.165

표 3. 거리 및 너비 측정
Table. 3 Measure distance and width

	D(mm)	W(mm)	RD(mm)	RW(mm)
Case 1	321.986	207.841	310	207
Case 2	424.793	211.634	410	207
Case 3	521.797	210.754	510	207
Case 4	564.736	198.219	610	207
Case 5	679.533	202.674	710	207

RD는 실제 물체까지의 거리를 RW는 실제 물체의 너비를 d, w은 그림4에 표현된 선의 길이를 D, W는 측정 완료된 사물까지의 거리와 사물의 너비를 나타낸다.

표 3의 실험에서 사용된 상수 C1, C2의 값은 각각 34835.5821, 264.9693로 표 2의 경우를 포함한 25회의 실험에서 구한 상수 값의 평균으로 계산하였다.

거리에 대한 오차율은 최고 8%, 평균 3% 이내의 오차율을 기록했고 너비에 대한 오차율은 최고 4%, 평균 2% 이내의 오차율을 기록했다. 따라서 요구되는 1000mm 이하 길이에서 10% 미만의 조건에 충족한다. 이는 수작업에 의한 측정 및 정밀하지 못한 측정 도구를 사용하여 오차가 발생 되었다고 추측된다.

더 좋은 결과 값을 위해 추천하는 몇 가지 기법들이 있다. 광각 카메라 영상의 왜곡 보정 방법, 뉴로-저지 추론시스템을 이용한 방법 등을 이용하면 영상의 왜곡이 감소하여 더욱 정확한 길이를 측정할 수 있게 개선할 수 있으리라 추측된다[7][9-10]. 또한, 관심 대상에 홀 처리와 스무딩 필터링을 수행하면 노이즈를 제거하는 데 효과적이다[7], [11].

IV. 결론

본 연구에서는 CAFFE 모델을 이용해서 관심 대상의 수량을 측정하고 스테레오 카메라를 이용하여 거리를 측정하였다.

1000mm 이내의 거리에 대한 평균 3% 오차율과 너비에 대한 평균 2% 오차율이 나타났기에 거리 및 너비 측정에 대해 만족할 만한 성과를 거두었다.

현재 수량 측정은 프레임 속에 나타난 대상의 수만

측정하는데 연속된 영상에서 가려지거나 다른 요인으로 인해 측정하지 못한 대상이 다음 프레임에 나오거나 화면 밖으로 나가거나 새로 들어온 대상들을 추적하여 수량 측정을 하여 보다 정확한 수량을 측정할 수 있도록 개선할 필요가 있다.

거리와 너비의 계측 장비와 측정 프로그램의 수작업으로 작동하고 미세한 수치를 측정할 수 없다 보니 오차가 발행하는데 이를 정밀한 도구를 사용하고 사람의 개입을 최소화하는 방향으로 개선할 필요가 있다.

본 연구에서 제안하는 시스템을 양식 환경에서 사용한다면 두 개의 카메라로 양식하고 있는 물고기의 수량과 너비를 측정할 수 있어 양식업에 종사하는 사람에게 많은 도움이 될 수 있다고 사료한다.

감사의 글

본 연구는 중소벤처기업부와 한국산업기술진흥원의 “지역특화산업육성사업(R&D, P0002816)”으로 수행된 연구결과입니다.

본 논문은 2019년도 한국전자통신학회 봄철 학술대회 우수논문입니다.

References

- [1] J. Kim and E. Kim, “Design of Drone for Underwater Monitoring and Net Cleaning for Net Cleaning for Aquaculture Farm,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 6, 2018, pp. 1379-1386.
- [2] N. Kugou, Y. Chio, D. Lee, T. Kim, and Y. Kim, “A Study on the Development of a Fish Measuring System,” *J. Institute Control, Robotics and Systems*, vol. 2018, no. 5, 2018, pp. 281-282.
- [3] J. Kim, “An Efficient Algorithm for 3-D Range Measurement using Disparity of Stereoscopic Camera,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 5, no. 6, 2001, pp. 1163-1168.
- [4] G. Jang and J. Park, “Visual Object Recognition Based On Deep Neural Networks Implemented by CAFFE,” *Communications of Korean Institute of Information Scientists and*

Engineer vol. 33, no. 8, 2015, pp. 49-54

- [5] S. Yang and J. Beak, "Distance Detection between Vehicles using Stereo Vision," *J. Korea Navigation Institute*, vol. 6, no. 1, 2002, pp. 27-36.
- [6] S. Yoon, "Distance and Speed Measurements of Moving Object Using Difference Image in Stereo Vision System," *J. Natural Science in Pyongtaek University*, vol. 12, no. 6, 2006, pp. 37-55.
- [7] W. Son and E. Kim, "A Distance and Width Measurement System Using Stereo Vision Sensors," *J. of the of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Busan, South Korea, 2019.
- [8] Liu, Wei , Anguelov, Dragomir , Erhan, Dumitru , Szegedy, Christian , Reed, Scott , Fu, Cheng-Yang and Berg, Alexander C. "SSD: Single Shot MultiBox Detector," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2016. no. 9905, 2016, pp. 21-37.
- [9] K. Kim, S. Han, and J. Park, "A Distortion Correction Method of Wide-Angle Camera Images through the Estimation and Validation of a Camera Model," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8. no. 12, 2013, pp. 1923-1932262-268.
- [10] H. Seo and W. Yim, "A Compensation for Distortion of Stereo-scopic Camera Image Using Neuro-Fuzzy Inference System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 5. no. 3, 2010, pp. 262-268
- [11] D. Lee, D. Lee, S. Kim, T. Kim, and J. Yoo, "Real-time moving object tracking and distance measurement system using stereo camera," *J. Broadcast Engineering*, vol. 14, no. 3, 2009, pp. 366-377.

저자 소개

손원섭 (Won-Seob Son)



2019년 2월 : 순천대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
2019년 ~ 현재 순천대학교 컴퓨터공학과전공 석사 과정

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스

김응곤 (Eung-Kon Kim)



1980년 2월 : 조선대학교 공학사
1986년 2월 : 한양대학교 공학석사
1992년 2월 : 조선대학교 공학박사

1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터공학과 교수
※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, HCI