전복양식 작업을 위한 영상 가이드 시스템

정경용* · 김응곤**

Image Guidance System for Working with Abalone Park

Kyeong-Yong Jeong* · Eung-Kon Kim**

요 약

최근 기후변화와 각 나라의 해양확보로 인하여 수산자원의 급감을 해결하기 위한 친환경 양식업이 부각되고 있다. 해양 양식업 작업의 편의성을 제공하기 위해 어업용 선박 크레인을 사용한다. 본 논문에서는 영상처리기를 이용하여 기존의 선박 크레인의 작업환경을 개선하고 영상장비를 통해 입력받은 작업영역의 영상정보를 모니터링 및 분석하여 영상을 최적화하고, 작업자에게 편리하고 높은 가시성을 갖도록 하는 실시간 영상 가이드 시스템을 제안한다.

ABSTRACT

Recent climate change and ensure each country's marine fisheries resources due to the sharp decline to address the eco-friendly farming has emerged. Marine aquaculture operations to provide ease of use for the fishing ship cranes. In this paper, we use the default handler for the shipping cranes and improve the working environment of the received video equipment in the work area through the monitoring and analysis of visual information to optimize the image, convenient and high visibility for workers to have real-time video guide system is proposed.

키워드

Vertical Edge Stream, Edge Detection, Edge Detector, Continuous, Aquaculture Farm
해양양식 관리기, 선박 크레인, 크레인 영상 시스템, 에지기법

1. 서 론

1.1 연구의 목적 및 방법

최근 해양생태계에서는 선박에 의한 환경오염으로 인한 생태계파손과 기후변화에 따른 수온상승 등 여러 가지 형태의 자연 변화가 일어나고 있다[1]. 또한 수산자원의 과다한 남획으로 어획량이 감소하고 있다. 이러한 변화는 궁극적으로 보다 안정적이며 친환경적인 기르는 어업 육성인 해양 양식업의 확대를 가져오고 있다[2]. 해양 양식업으로 가두리양식어업, 축제식

양식어업, 수하식양식어업, 바닥식양식어업 등 다양한 양식기술이 활용되고 있다. 이들 해양 양식업은 작업선에 무거운 짐을 끌어 올리거나 이동시키는 소형 어업용 선박 크레인 사용이 확대되고 있다.

어업용 선박 크레인은 어선에 장착할 수 있는 크레인으로 어장의 작업 환경에 적합하도록 설계되어 양식장까지 이동하여 양식물의 채취, 선적, 이송, 하역, 먹이 급이 및 청소 등 다양한 역할을 수행하는 수산 작업용 장비이다[3].

지금까지 개발된 어업용 선박 크레인은 해상 작업

* 순천대학교 컴퓨터학과(angel@sunchon.ac.kr)

** 교신저자(corresponding author) : 순천대학교(kek@sunchon.ac.kr)

접수일자 : 2014. 01. 06

심사(수정)일자 : 2014. 02. 17

게재확정일자 : 2014. 03. 10

시 수동으로 크레인을 조작하는 조작자와 크레인 위치를 확인하고 작업을 지시하는 조력자가 함께 필요하였다. 또는 1인 조작자의 작업 시에는 조작자가 크레인을 멈추고 작업 현장을 직접 눈으로 확인 후 크레인을 조작해야 하는 불편함과 시간적 낭비가 있었다.

그림 1. 어업용 선박 크레인 작업 모습
Fig. 1 Fishing ship look crane work

양식장은 바둑판의 형태로써 수산물이 서식할 수 있도록 조성해 놓은 사각형의 공간과 그 둘레를 사람이 걸어 다닐 수 있을 정도의 너비로 만들어 놓은 통로의 집합으로 구성되어 있다.

크레인을 통해 전복이 서식하고 있는 공간에 전복의 먹이인 다시마를 급이 하는 방식으로 운영되고 있으나 규모가 큰 양식장의 경우 크레인 조종 시 원거리에서 작업 공간이 제대로 보이지 않는다. 이에 따라 먹이 투하에 대한 공간 파악이 어렵고, 정확하고 빠른 급이 작업에 대한 제약이 따르게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 영상처리 기반의 작업 제시 시스템을 개발하여 최소 인원으로 정확하고, 신속한 먹이 투하를 가능하게 하여 작업의 효율성을 극대화 할 수 있게 한다.

최근에 이러한 불편함을 해소하고 작업 능력을 향상 시키면서 작업의 편리성과 안정성을 높이는 방안으로 선박 크레인 부분에 카메라를 장착하는 연구를 진행하고 있다[4].

본 논문에서는 초기의 어업용 선박 크레인 영상 가이드 시스템을 분석하고 좀 더 개선된 영상 가이드 시스템 설계와 단순하게 영상을 모니터에 전달하는 부분을 넘어서 입력되는 영상의 안정성을 높이기 위해 양식장의 레일을 인식시킨다.

영상 처리 기법 중 가장 널리 이용되는 양식장의 전

복 서식 공간과 양식장 둘레 테두리를 객체로 추출하기 위한 기술, 즉 물체가 어디에 있으며, 물체의 모양과 크기, 텍스처가 어떠한지를 말해주는 기술인 에지 기술과 중심 추출을 위한 Camshift 알고리즘을 접목시켜 작업자의 편리성을 확보하는 영상가이드 시스템을 제안한다.

II. 어업용 선박 크레인 영상 시스템의 개선사항

2.1 기존 어업용 선박 크레인 영상 시스템 개요

어업용 선박 크레인의 영상 가이드 시스템은 작업 영역의 영상을 카메라로 분석하여 크레인의 조작자에게 작업의 모니터링을 제공하는 실시간 영상 기반 시스템이다. 카메라의 시야는 필요한 작업 영역을 볼 수 있도록 설치, 크레인의 이동에 의한 붐, 아우터 붐, 집게의 각도가 지속적으로 변하는 환경에서도 모니터링하고자 하는 영역을 비추고 사용자에게 작업 영역의 영상을 제공한다[5].

영상처리는 고화질의 유선 카메라와 카메라하우징이 있다. 크레인의 최장 길이는 15m 이내이므로 USB 케이블을 통해 영상을 전송하고 작업자는 소형의 모니터를 통해 실시간으로 작업 사항을 확인하며 작업을 진행하게 된다. 모니터의 크기는 7인치~10인치에 해상도는 800*600 이상으로 제공하며 초당 20 프레임 이상의 영상을 작업자에게 제공할 수 있도록 한다.

크레인의 위치 변경 시에도 장착된 카메라의 시야가 항상 작업 영역을 향하도록 설치하도록 하는 과정이 필요하다.

해상 크레인은 해수에 의한 특수한 환경에 노출된다. 카메라의 오염을 방지하기 위해 카메라 하우징을 사용해야 한다.

그림 2. 개선된 영상 가이드 시스템 설계
Fig. 2 Improved video guide system design

영상처리 기술로 분석된 영상에서 블렌딩이 적용된 선으로 표현되고, 운전자의 정확한 작업을 유도하기 위해 Camshift 기법으로 중심점을 알려준다. 이는 영상처리 작업 제시 시스템의 핵심 기능으로써 작업자 시야의 사각 지대를 완벽하게 보완할 수 있게 되는 장점이 있다[6].

그림 3. 제안된 영상처리 기반의 작업 시스템
Fig. 3 Image processing system based on the proposed work

2.2 Canny기법과 Camshift기법을 이용한 추출

에지를 이용한 추적 기법은 많은 연산이 필요하지 않고 구현이 쉬우며 픽셀 밝기를 이용한 방법보다 조명 변화에 강인하게 동작하는 특성이 있다. 가장 기본적인 개념은 현재 화소와 주변 화소간의 기울기 값이 큰 부분을 표시하여 고주파 영역과 저주파 영역을 구분해내는 것이다.

본 연구에서는 추출된 영상을 많은 에지 검출 기법들 가운데 가장 널리 활용되고 있는 Canny 에지 검출 기법을 사용한다[7]. Canny 에지 검출기가 다른 검출기들에 비해 SNR(Signal to Noise Ratio)이 높고, 효율적인 극대점을 응답해주기 때문이다[8].

케니 에지 추출 (Canny Edge Detection) 방법은 다음과 같이 5가지 순서로 실행된다[9].

- ① Smoothing : 이미지를 블러링 처리하여 노이즈를 제거
- ② Finding gradients : Sobel Operator를 사용하여 큰 매그니튜드(magnitude)를 갖는 에지 검출
- ③ Non-maximum suppression : 에지의 매그니튜드가 maximum인 경우만 에지로 사용
- ④ Double thresholding : 두 개의 임계값 (T_{low} , T_{high}) 을 사용하여 에지 결정

- ⑤ Edge tracking by hysteresis : 첫번째 임계값 (T_{high})보다 magnitude가 높은 픽셀을 에지로 설정하고, 설정된 픽셀에 인접하고 두번째 임계값 (T_{high})보다 높은 magnitude를 갖는 픽셀을 에지로 재설정. 두번째 에지로 설정된 픽셀에 대하여 Edge tracking by hysteresis 반복 수행

Canny에지 검출기를 사용하기 위해 Gaussian필터를 적용하여 영상 내 잡음의 영향을 줄여준다. 다음에 Roberts 마스크나 Sobel 마스크 등을 이용하여 수직/수평 에지를 검출한다.

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \approx |G_x| + |G_y| \quad (1)$$

G_x 와 G_y 는 각각 수직, 수평 에지 검출기로 검출된 결과며 에지의 방향은 다음 수식을 통해 결정할 수 있다.

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (2)$$

검출된 기울기 방향에서의 극대점을 검출하면 에지의 방향성에 따라 검출되는 에지들 외의 에지들을 감쇄하면서 단일 선 에지를 결과로 나타내도록 한다 [10].

본 연구에서는 양식장의 에지 검출만 추출하기 위하여 다음과 같은 검출 조건식을 적용한다.

$$E^i(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } Ew^i \geq Cw^i \times 0.5 \\ 0, & \text{if } Ew^i < Cw^i \times 0.5 \end{cases} \quad (3)$$

$$E^i(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } Eh^i \geq Cw^i \times 0.17 \\ 0, & \text{if } Eh^i < Cw^i \times 0.17 \end{cases} \quad (4)$$

여기서 Ew^i , Eh^i 는 각각 에지요소의 너비와 높이를 나타내고, Cw^i 는 촬영된 영상의 수직 위치에 따른 이미 알고 있는 양식장의 수평 픽셀 정보를 이용하여 에지요소의 위치에서 추정된 양식장의 수평 픽셀 너비이다[11].

Camshift 알고리즘은 객체의 컬러 정보 즉 컬러 확률 분포를 이용해 위치뿐만 아니라 회전각도, 크기까지 빠르게 계산해서 추적할 수 있다. 그러므로 다른

객체가 현재 추적하는 객체에 어느 정도 겹치지 않는 한, 탐색 영역 같은 최소한의 정보를 갖고 실시간으로 객체가 어떻게 변하는지를 지속적으로 추적할 수 있다는 장점을 갖고 있다[12].

2.3 제안하는 알고리즘 설계

그림 4. 제안된 영상 검출 알고리즘 설계

Fig. 4 The proposed image detection algorithm design

[단계1] 믿음 측도 기반의 이미지 선명화를 위한 응축 행렬 계산

- ① 이미지 행렬 f 에 관해 최소 $f_{\min}$ 및 최대 $f_{\max}$ 의 계산
- ② 누적분포 C_f 의 계산
- ③ $f_1 = (f_{\max} - f_{\min}) * C_f + f_{\min}$ 에 의한 히스토그램 균등화
- ④ $f_1(f+1)$ 에 의한 새로운 이미지 f_2 의 출력
- ⑤ f_2 에 관한 새로운 누적 분포 C_f 의 계산
- ⑥ 새로운 이미지 f_2 에 관해 최소값 $f_{\min}$ 의 계산
- ⑦ $f_3 = f_{\min} - (1/a)\log(1 - C_f)$ 의 계산 (믿음 측도에 의한 히스토그램 변경)
- ⑧ $f_3(f_2+1)$ 에 의한 새로운 이미지 f_3 의 출력 (응집행렬)

=믿음 측도 기반조건 : 데이터분포 무관성, 관측자들의 다양한 스케일 측정, 불확실성 이론 결합

[단계2] 응축 행렬의 보통 집합 연산에 의한 이미지 기울기 계산

- ① 실제 이미지에 대한 소속 함수 형태의 결정
- ② 퍼지 헤지(hedge) 개념의 베타 퍼지화기의 설정
- ③ 소속 함수 값의 결정
- ④ 언어적인 속성의 베타에 의한 소속 함수 값들의

조정과 새로운 그레이 레벨 생성으로 진행
[단계3] 퍼지 마스크에 의한 기울기 조정과 퍼지 규칙 설정

- ① If P1 is Dark and P2 is Dark and P3 is Dark Then Gradient is D0,
- ② If P1 is White and P2 is Dark and P3 is Dark Then Gradient is D-1,0,

[단계4] 에지 검출을 위한 Canny 알고리즘 적용

- ① 표준편차 σ 의 증가되는 값들에 관해 단계 2~6을 반복한다.
- ② 측적 σ 의 가우스분포로 이미지 g 를 회선시킨다.
- ③ 각 픽셀에 관해 지역적 에지 표준 방향 $n = \nabla(G^*g)/|\nabla(G^*g)|$ 을 계산한다.
- ④ 최대가 아닌 것들의 삭제는 G_n^*g 의 1차 및 2차 미분이 0인 에지 위치를 찾는다.
- ⑤ 에지의 크기 $|G_n^*g| = |\nabla(G^*g)|$ 을 계산한다.
- ⑥ 잉여적인 반응을 제거시키기 위해 히스테리시스를 갖는 에지 임계를 설정한다.
- ⑦ 특징 합성 접근방식을 사용하여 다중 스케일에서 에지들에 대한 최종 정보를 집약한다.

[단계5] 중심점을 추출하기 위한 Camshift 알고리즘 적용

- ① 최초 바운딩 박스 형태의 관심 영역 설정
- ② 관심 영역의 중점과 사이즈로 조금 확장시킴
- ③ row image를 hsv image로 변환
- ④ hsv image에서 관심영역의 histogram 생성
- ⑤ histogram back-projection으로부터 2D 컬러 확률 분포 이미지 생성.
- ⑥ 생성된 컬러 확률 분포를 가지고 Mean-Shift 알고리즘을 적용한다.
- ⑦ 선택된 영역에서의 중점을 찾는다. zero moment를 찾는다.

$$M_{00} = \sum_x \sum_y I(x, y) \quad (5)$$

x, y를 위한 first moment를 찾는다.

$$M_{10} = \sum_x \sum_y xI(x, y), M_{01} = \sum_x \sum_y yI(x, y) \quad (6)$$

선택 영역의 평균을 찾는다.

$$x_c = \frac{M_{10}}{M_{00}}, y_c = \frac{M_{01}}{M_{00}} \quad (7)$$

$I(x, y)$: position(x, y)의 화소값

⑧ 중점으로부터 새로운 영역을 설정한다.

⑨ 중점이 변하지 않거나 Threshold값 이하 또는 정해진 반복 횟수까지⑦, ⑧ 단계 반복한다.

⑩ 계산된 x, y, z, theta 값을 저장한다.

Second moment

$$M_{20} = \sum_x \sum_y x^2 I(x, y), M_{02} = \sum_x \sum_y y^2 I(x, y) \quad (8)$$

주축의 방향

$$\theta = \frac{\arctan \left(\frac{2 \left(\frac{M_{11}}{M_{00}} - x_c y_c \right)}{\left(\frac{M_{20}}{M_{00}} - x_c^2 \right) - \left(\frac{M_{02}}{M_{00}} - y_c^2 \right)} \right)}{2} \quad (9)$$

$$a = \frac{M_{20}}{M_{00}} - x_c^2, b = 2 \left(\frac{M_{11}}{M_{00}} - x_c y_c \right), c = \frac{M_{02}}{M_{00}} - y_c^2 \quad (10)$$

장축의 길이와 단축의 길이

$$l = \sqrt{\frac{(a+c) + \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}} \quad (11)$$

$$w = \sqrt{\frac{(a+c) - \sqrt{b^2 + (a-c)^2}}{2}} \quad (12)$$

⑪ 검출된 영역을 중심과 크기로 위치한다.

⑫ 다음 프레임으로 2단계부터 반복

에서 집계의 아래쪽 방향을 주시하도록 설정하여 촬영하였다.

그림 5. 아웃도름 옆 마운트에 카메라 장착
Fig. 5 Outdoorm mount for mounting the camera

그림 6에서와 같이 뒤쪽 배경까지도 추출되어 나온 것을 볼 수가 있다. 그림 6에 조건식(식3, 식4)을 적용하여 먼 거리의 배경 정보를 제거한다.

그림 6. 양식장 영상에 대한 Canny 에지 검출결과
Fig. 6 Aquaculture farm canny edge detection for image results

그림 7. 알고리즘 적용 및 합성된 영상
Fig. 7 Applying algorithms and image synthesis

본 논문에서 제안한 영상처리의 실험 및 구현을 위해 동적인 영상부분은 크레인 아우터 붐의 옆면에 긴 자 움직임을 응용한 마운트를 설치하여 크레인이 움직이더라도 카메라는 일정한 방향을 주시하도록 설계하였다. 다음의 그림 5처럼 선박 크레인의 이동에 의해 붐, 아우터 붐, 집계의 각도가 지속적으로 변하더라도 작업을 모니터링하는 카메라가 항상 크레인 위쪽

영상처리를 이용한 수산양식 관리기의 작업 가이드 시스템은 작업 지시를 위해 작업 방향지시를 사방향으로 표시하고 크레인이 정확한 위치에 도달하면 방향 지시가 사라지게 된다.

그림 8. 가이드시스템이 합성된 출력 영상
Fig. 8 Guide system outputs the synthesized image

IV. 결 론

본 논문에서는 어업용 선박크레인 시스템의 가이드 시스템을 분석하고 개선사항을 제안하고 구현하였다. 기존 선박 크레인에 작업자의 시야 확보를 위하여 작업장 영상을 실시간으로 수집하여 모니터링하기 위한 표시장치의 개선을 제시했으며 영상 처리 장치의 미흡한 부분 중 하나인 카메라의 동적 운동부분을 별도의 마운트에 카메라를 장착함으로 고정할 수 있었다. 소형선박 크레인 작업 향상을 위한 영상 가이드 시스템의 영상 부분에서는 양식장의 에지 기법을 사용하여 양식장의 레일을 인식시켰다.

크레인 작업자가 양식장내 목표물에 정확한 투입과 한번 작업한 지역과 미 작업 지역을 구분하여 작업의 능률의 향상을 가져오기 위해 영상에서 검출된 에지 검출 결과의 가공과 작업구간과 미 작업구간을 모니터에 표시해 줄 수 있는 부분이 연구되어야 할 것이다. 또한 선박 크레인 조작자가 크레인에 오르지 않고 원격에서 1인 혼자 영상 시스템이 모니터로 보내준 영상만으로 외부에서 작업할 수 있게 발전한다면 더욱더 인력 및 비용, 안전 측면에서 발전을 가져올 수 있을 것이다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2013년도 산학연 협력 기술개발사업(No. 2013-0243)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고 문헌

- [1] Y. Kang and C. Zhang, "Quantative Population Dynamic Model for Estimating Damages in Fishery Production in the Benthic Ecosystem of Abalone Culture Grounds," *J. Kor. Fish. Soc.*, vol. 36, no. 4, 2003, pp. 409.
- [2] M. Lee, "A Study on Determinants of Aquaculture Production," *Ocean Policy Research* vol. 25 no. 1, 2010.
- [3] H. Jeong, *The dynamic characteristics of small crane overturned improve management*. Institute of Control, Robotics and Systems, 2012.
- [4] I. Kim, "Design and Implementation of Real Time Monitoring System for Crane Automation," *Master's thesis*, Uiduk University, 2002.
- [5] S.-H. Yoo and K.-O. Kim, "The Image Guide System for The Work Improvement of The Fishing Industry Ship Crane," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 2, 2012, pp. 430-432.
- [6] K.-Y. Jeong, "Small fishing ship video guide for improved operation of the crane system," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 1, 2013.
- [7] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI-8, 1986, pp. 679-698.
- [8] S. E. El-Khamy, "A Modified Fuzzy Sobel Edge Detector," *Radio Science Conf. 2000. 17th NRSC '2000. Seventeenth National*, pp. C32/1-C32/9.
- [9] S. Park, J. Kim, S. Cho, S. Jung, and K. Lee, "A Recognition Algorithm of Car License Plate using Canny Edge Detection and CLNF Algorithm," *Korea Intelligent Systems Conf. Proc.*, vol.21, no.1, 2001, pp. 39-41.
- [10] S.-B. Park, "The 3D Pose Measuring Method Based on the Virtual Plane Information using Single Camera," *SoongSil National University Doctoral dissertation*, 2010.
- [11] J. Kim, Y. Han, and H. Han, "Detection of Various Sized Car Number Plates using Edge-based Region Growing," *J. of KISS: Software and Applications*, vol. 36, no. 2, 2009, pp. 122-130.

- [12] J. Lee, "Object Tracking Using CAMshift and Motion Template," Proc. of KFIS Spring Conf., vol. 17, no. 1, 2007, pp. 353-356.

저자 소개

정경용(Kyeong-Yong Jeong)

2010년 한국방송통신대학교 컴퓨터과
학과 졸업(이학사)

2014년 순천대학교 대학원 컴퓨터과
학과 졸업(이학석사)

※ 관심분야 : Augmented Reality, RFID, 멀티미디어, 컴
퓨터 그래픽스

김응곤(Eung-Kon Kim)

1980년 조선대학교 전자공학과 졸업
(공학사)

1986년 한양대학교 컴퓨터공학과 졸
업(공학석사)

1992년 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

1993년 ~현재 순천대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어,
HCI