적응형 필터를 이용한 아무르 불가사리 인식

김종익* · 심현보** · 김성락***

The Amur starfishes recognition using the adaptive filter

Jong Ik Kim* · Hyun Bo Shim** · Sung Rak Kim***

본 연구는 한국과학기술정보연구원(KISTI)이 교육과학기술부 과학기술진흥기금으로 수행하는 'ReSEAT 프로그램'에 의해 수행되었습니다.

요 약

우리나라 패류 양식장에 큰 피해를 주는 것으로 알려진 아무르불가사리는 잠수부나 어망에 의해 여러 구역을 더듬어서 구제하고 있는 실정이다. 이를 좀 더 효과 적인 방법에 의해 빠른 시간에 많은 량의 아무르불가사리를 구제하기 위해서는 불가사리 인식이 불가피하다. 현재 불가사리 영상 획득 방법은 열악한 수중 환경에서 가시광선 영역을 이용하여 어두운 해저로부터 칼라 영상을 획득하는 데는 한계점이 있다. 이 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 수중에서 투과력이 우수하고 수중 부유물 잡음에 강한 적외선 영상을 이용하며, 획득된 적외선 수중 영상으로부터 불가사리 인식률을 높이기 위하여 전처리 과정에서 최적 적응형 필터 설계 방법을 제안하고, 제안한 적응형 필터를 이용한 아무르불가사리의 전체 인식률은 88.7%로 만족한 인식 결과를 얻게 되었다.

ABSTRACT

The Amur Starfishes, known as give huge damages to shellfish farms, are being removed by only divers and fish net in the wide areas. Therefore, increasing recognition rates of starfishes are desperately required to remove high amounts of Amur Starfishes effectively. Meanwhile, current technology of obtaining the images of starfish distribution has limitation of obtaining color images due to using visible light in the darkness seabed area. In this research, we have used infrared ray, which is very penetrated, and strong against noise that comes from floating objects under the water, in order to solve current problems. As a result, we have acquired better images to analyze recognition rates of starfishes, and also able to received much satisfied recognition rate results for 88.7% of Amur Starfishes by adopting the most suitable adaptive filter method.

키워드

적응형 필터, 아무르 불가사리, 이미지, 인식

Key word

Adaptive Filter, Amur Starfish, images, Recognition

-
- * 정회원 : 관동대학교 컴퓨터학과 시간강사
** 정회원 : 한국과학기술정보연구원 Reseat Program 전문위원
(교신저자, l4743@hotmail.com)
*** 정회원 : 관동대학교 컴퓨터공학과 교수

접수일자 : 2012. 12. 07
심사완료일자 : 2013. 02. 07

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.4.922>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

불가사리는 극피동물문, 불가사리강에 속하는 종류의 총칭으로 전 세계적으로 1,700여종이 되나 우리나라 연안에는 현재 약 200여종이 서식하고 있다. 아무르 불가사리는 얕은 바다에서부터 수심 200m 이상 300m 정도의 전 해역에서 서식하고 있으며 생명력과 번식력이 강하고 천적이 미약한 불가사리들은 퇴적물의 상태와 상관없이 어디서나 분포하고 재생력이 강하여 패류 양식장뿐만 아니라 연안 생태계 파괴의 주범이라고 할 수 있다[1-2].

이 논문에서는 불가사리 구제의 한 방법으로 불가사리 인식을 위한 영상 처리에 중점을 두고 있다.

불가사리인식을 위한 영상 처리 방법은 카메라로부터 획득한 영상을 전처리 과정을 거쳐서 불가사리의 오목점과 볼록점 특징을 추출하며, 추출된 특징으로부터 개체를 인식한다.

현재 연구되고 있는 불가사리 인식 기술에 사용되는 영상 획득은 열악한 수중 환경에서 가시광선 영역을 이용하는 방법으로 어두운 해저로부터 갈라 영상을 획득하는 데는 한계점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 수중에서 투과력이 우수하고 수중 부유물 잡음에 강한 적외선 영상을 이용하며, 획득된 적외선 수중 영상으로부터 불가사리 인식률을 높이기 위하여 전처리 과정에서 최적 적응형 필터 설계 방법을 제안한다.

첫 번째로 수중로봇을 이용하여 아무르 불가사리의 영상획득의 범위는 수중의 특수성을 고려 10m~50m로 국한하여 영상을 획득 한다.

일반적으로 해저 10m 이상에서는 태양 빛의 투과 정도가 매우 미약해 날씨가 흐릴 때는 가시광선을 이용하여 영상을 획득하기에는 매우 어려우나 투과력이 강하며 저 전력으로 수중영상을 획득할 수 있는 적외선 투광기를 이용하여 수중영상을 획득한다.

두 번째로 인식 향상을 위해서는 적외선에 의해 획득한 아무르불가사리 영상을 히스토그램의 판단 함수에 의해 적응형 고역 통과 필터(high pass filter), 저역 통과 필터(low pass filter), 전역 통과 필터(all pass filter)로 분류하는 적응형 필터(adaptive filter)를 제안한다.

세 번째로 이 논문에서 제안된 적응형 필터에 의해 처리된 아무르불가사리 영상의 분류률을 성능평가하기 위하여 볼록 특징점과 오목 특징점을 이용한 ‘특징 추출

기법’으로 불가사리 인식률을 검증한다.

II. 적외선과 적외선 영상

적외선은 1800년에 허셀(F.W.Herschel)이 가시광선 스펙트럼의 끝보다 긴 파장 쪽에 열 효과가 큰 부분이 있음을 발견하게 되어 알려지게 되었고, 1835년 앙페르는 이것이 가시광선과 같은 종류의 광파임을 밝혀냈다[3].

적외선은 에너지 전달형태의 일종으로 파장 범위가 약 0.8~1000 μ m의 파장을 갖는 전자파의 일종이다. 적외선 파장으로 보면 매우 넓은 영역을 차지하기 때문에 몇 개의 영역으로 나누어서 설명하고 있다[4].

이 논문에서는 환경이 열악한 수중에서 영상을 획득하기 위하여 적외선 영역의 파장을 이용하여 영상을 획득한다.

다음 영상은 가시광선 영역의 영상과 적외선 영역의 영상을 비교 분석 하였다. 분석한 결과 가시광선에 의해 획득한 영상과 적외선에 의해 획득한 영상은 [그림 1]과 같다.

그림 1. 가시광선 영상과 적외선 영상
Fig. 1 Visible light images and infrared images

III. 불가사리 검출을 위한 적응형 필터

획득한 수중 영상의 경계검출은 기본적인 전처리 과정을 거친 후 각각의 검출 방법으로 경계를 검출한다. 불가사리 인식에서 중요한 부분은 경계 검출이고, 경계 검

출에서 중요한 부분은 전처리 과정이다. 경계 검출은 전처리 과정으로 인하여 다르게 나타날 수 있다.

이 논문에서는 경계 검출을 위한 효과적인 전처리 과정을 제안하고 경계 검출 과정은 일반적인 경계 검출 방법을 사용하여 불가사리를 인식한다.

제안된 방법은 입력된 적외선 영상을 경계를 검출하기 위하여 적응형 필터를 수행 후 경계 검출을 한다. 획득된 적외선 영상은 영상 처리에 적합한 크기인 256×256 픽셀 크기로 분할하여 처리한다.

적응형 필터는 히스토그램으로부터 판단 함수에 의하여 최적 처리 적응 필터를 적용한다. 적응 필터는 판단 함수에 의해 저역 통과 필터, 고역 통과 필터, 전역 통과 필터로 분류한다. 분류된 영상은 각각의 처리 과정을 수행 후 이진화 한다.

이진화 된 영상에서 명확한 불가사리 영역을 확보하기 위하여 팽창연산을 수행 한 후 라벨링 과정을 거쳐 경계를 검출한다.

그림 2. 불가사리 검출 흐름도
Fig. 2 Flowchart of starfish detection

경계 검출은 영상 인식의 성능을 좌우하는 아주 중요한 단계로서 경계 검출에서 두 영역 사이의 경계에 위치한 점들이며, 경계 검출은 영상 속에 위치한 경계점들을 찾는 작업이다. 경계 검출 된 영상에서 오목점과 볼록점 특징 추출 기법을 이용하여 불가사리 개체를 인식한다. 불가사리 개체를 인식하는 흐름도는 [그림 2]와 같다.

3.1. 히스토그램 추출

3.1.1. 그레이 변환

입력된 적외선 영상을 하나의 픽셀이 0~255 사이의 명암 값만을 가지고 있는 그레이 레벨 영상으로 변화한다.[5]

일반적인 환경에서 수중 영상 및 불가사리 영상은 빛이 없는 영상이기 때문에 적외선을 이용해서 불가사리 영상을 획득하면 색상이 없는 적외선 영역만 입력 받게 되므로 적외선 영상과 그레이 영상은 육안으로 차이를 느끼지 못한다. 적외선 영상들은 그레이 과정을 수행해도 영상이 손실이 작다.

[그림 3]에서 입력 영상 1, 영상 2, 영상 3, 영상 4는 수초 및 모래 위에 있는 불가사리 영상으로 빛이 차단된 수중 1.3m에 있는 불가사리를 적외선을 이용하여 촬영한 영상과 그레이로 변환한 영상이다.

그림 3. 입력 영상과 그레이 영상
Fig. 3 Input images and gray images

3.1.2. 히스토그램 분포

히스토그램(histogram)[5]은 밝은 영상, 어두운 영상, 명암비가 낮은 영상, 명암비가 높은 영상 등 각각의 속성

을 잘 표현한다. 히스토그램 영상에서 X축은 그레이스케일 값을 나타내고, Y축은 각각의 그레이스케일 값에 대한 픽셀 개수를 나타낸다. 입력 영상에 대한 히스토그램은 [그림 4]와 같다.

그림 4. 그레이 영상과 히스토그램 영상
Fig. 4 Gray image and histogram image

3.2. 판단 함수에 의한 영상 분류

[그림 4]에서와 같이 추출된 히스토그램분포에서 적응형 필터를 적용하기 위한 판단함수는 다음과 같은 순서로 처리 된다.

단계 1: 그레이스케일 값 0~255에서 5픽셀씩 나누어 총 51개 구간으로 구간적분을 한다. k 는 총 51개의 구간을 의미한다.

$$\int_{5k-5}^{5k} f(x)dx \quad (k=0 \dots 51) \quad (1)$$

단계 2: 구간 적분 함수에서 51개의 구간 중 최대값을 찾고 최대값을 $F_{\max}$ 라 한다. α 는 최대값 X축의 그레이스케일 값을 의미한다.

$$F_{\max} = \int_{\alpha}^{\alpha+4} f(x)dx \quad (2)$$

단계 3: $F_{\max}$ 을 기준으로 그레이스케일 값 0~ α 까지는 좌측 면적 합을 F_{low} 로 표시하고, $(\alpha+4) \sim 255$ 까지는 우측 면적 합을 F_{high} 로 표시한다.

$$F_{\text{low}} = \int_0^{\alpha} f(x)dx \quad (3)$$

$$F_{\text{high}} = \int_{\alpha+4}^{255} f(x)dx \quad (4)$$

단계 4: F_{low} 와 F_{high} 의 면적의 차이가 10% 미만이면 전역 통과 필터로 처리 한다.

단계 5: F_{low} 면적과 F_{high} 면적을 비교하여 $F_{\text{low}} > F_{\text{high}}$ 면 저역 통과 필터로 처리 한다.

단계 6: F_{low} 면적과 F_{high} 면적을 비교하여 $F_{\text{low}} < F_{\text{high}}$ 면 고역 통과 필터로 처리를 한다.

히스토그램 판단 함수에 의해 [그림 4]에서 입력 영상 1의 $F_{\max}$ 는 X축 51개의 구간 중에서 12번째에 속하고 $F_{\max}$ 의 값은 6859이며, F_{low} 의 값은 29909, F_{high} 의 값은 28768이다. $F_{\text{low}} - F_{\text{high}}$ 값이 1141이므로 F_{low} 의 10%값 2990보다 작으므로 전역 통과 필터로 판단 한다. 히스토그램 영상에서 $F_{\max}$ 부분은 흰색으로 표시하고, 히스토그램에 대한 차트 영상은 [그림 5]와 같다.

그림 5. 히스토그램 판단 영상
Fig. 5 Image of histogram decision

3.3. 적응형 필터 구현

적외선 불가사리 영상에서 불가사리 자체 색상으로 인하여 경계가 모호해진 영상과 불가사리 배경의 잡음으로 인해 생긴 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 적응형 필터 처리를 한다.

영상을 분류 하면 각 영상에 맞는 필터 값으로 처리하기 때문에 어떠한 상황에서도 불가사리의 인식률을 높일 수 있는 장점이 있다. 적응형 필터를 이용한 불가사리 검출 블록도는 [그림 6]과 같다.

[그림 6]에서 적응형 필터는 히스토그램 판단 함수를 이용하여 세 가지로 분류한 후 각각 필터 처리를 한다. 필터처리 방법은 공간적 필터방식으로 각각의 필터는 불가사리 경계 검출을 위한 마스크 값으로 처리한다.

그림 6. 적응형 필터를 이용한 불가사리 검출 블록도
Fig. 6 Starfish detection diagram using adaptive filter

3.3.1. 전역 통과 필터

1) 이진화 및 팽창 연산

판단 함수 F_{low} 와 F_{high} 의 면적의 차이가 10% 미만이면 영상의 손실을 보호하기 위해 지역 통과 필터나 고역 통과 필터를 사용하지 않고 원 영상을 바로 이진화 과정을 수행한다. 불가사리 영상은 잡음이 많은 영상과 경계가 모호한 영상으로 구별되지만 특별한 경우 전역 통과 필터를 사용한다. 판단 함수에 의해 F_{low} 와 F_{high} 의 면적 차이가 10% 미만인 영상을 그레이 및 이진화 한 후 팽창 연산을 한다.

모폴로지 기법인 팽창 연산은 잡음을 제거하는 용도로 많이 쓰이나, 이 논문에서는 불가사리 표피 자체가 이진화 된 단점을 보완하기 위하여 사용한다. 팽창연산을 수행한 영상은 [그림 7]과 같다.

그림 7. 입력 영상 1의 이진화 및 팽창영상
Fig. 7 Binary and dilation image of input image 1

3.3.2. 지역 통과 필터

1) 지역 통과 필터 마스크

판단 함수 $F_{low} > F_{high}$ 면 지역 통과 필터 처리한다. 영역이 뚜렷하지만 가장 큰 단점은 불가사리 표피 자체에 색상이 있기 때문에 경계 검출 시 불가사리 표피 부분까지 된다. 이러한 점을 해결하고, 표피 영역의 경계 대비를 줄이기 위해서 지역 통과 필터를 사용한다. 지역 통과 필터란 경계가 높은 부분을 무디게 하여 전체적으로 영상이 부드러워지는 효과를 갖는다.

각각에 대응되는 픽셀 값을 곱한 후 더하기 때문에 마스크 값을 그대로 사용하면 픽셀 값들이 그만큼 높아지는 경우를 방지하기 위해 전체 마스크 값으로 나눠줘야 한다. 지역 통과 필터 마스크 값은 [그림 8]과 같다.

$$\frac{1}{18} \times \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 6 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

그림 8. 지역 통과 필터 마스크
Fig. 8 Low pass filter mask

그림 9. 입력 영상 2의 지역 통과 영상
Fig. 9 Low pass image of input image 2

히스토그램 분포 함수에 의해 $F_{low} > F_{high}$ 영상을 그레이 및 지역 통과 과정을 수행한 영상은 [그림 9]와 같다.

2) 미디언 필터 및 이진화

불가사리 경계가 뚜렷해도 모래와 같은 작은 여러 잡음으로 인해서 경계가 모호해지는 경우가 있다. 이런 잡음은 경계 검출 시 잡음을 불가사리로 인식하는 영향을 줄 수 있다. 잡음 제거는 모폴로지 기법이 있지만 잡음이

효과 적으로 제거 된다는 장점에 비해 불가사리 영역까지 손실을 주는 큰 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해서 주변의 픽셀 정보를 이용하여 중간 값 픽셀을 가져오는 미디언 필터를 사용하여 잡음을 제거한다.

미디언 필터는 임펄스 잡음을 확실히 제거하고 경계 선도 잘 보존한다. 입력 영상의 (x, y) 좌표 주변 픽셀들의 값들을 오름 또는 내림차순으로 정렬하여 그 중앙에 있는 픽셀 값을 이용하는 필터이다. 미디언 필터는 경계 대상의 에지를 보존하고 잡음을 제거하는 하나의 방법이다.[6-7]

저역 통과 영상에서 미디언 필터 및 이진화를 수행한 영상은 [그림 10]과 같다.

그림 10. 입력 영상 2의 미디언 필터 영상
Fig. 10 Median filtering image of input image 2

3.3.3. 고역 통과 필터

1) 고역 통과 필터 마스크

불가사리는 구조적으로 5개의 팔을 가지고 있으며, 적외선에 의해 팔의 경계가 모호해지는 팔 부분이 있다. 이러한 부분의 경계를 높이기 위해서 제안하는 고역 통과 필터 마스크를 사용한다. 판단 함수 $F_{low} < F_{high}$ 면 고역 통과 필터 처리한다. 고역 통과 필터란 낮은 경계 부분을 좀 더 높은 경계로 하기 위하여 [그림 11]과 같이 높은 중심점과 낮은 이웃 값으로 제안한 고역 통과 마스크이다.

-0.5	-1	-0.5
-1	7	-1
-0.5	-1	-0.5

그림 11. 고역 통과 필터 마스크
Fig. 11 High pass filter mask

필터 처리 방법은 저역 통과 처리 방법과 같다. 히스토그램 분포 함수에 의해 $F_{low} < F_{high}$ 영상을 그레이 및 고역 통과 필터 과정을 수행한 영상은 [그림 12]와 같으며, 고역 통과 영상은 그레이 영상에 비해 불가사리 영역이 좀 더 명확하게 표현해 주는 효과를 보인다.

그림 12. 입력 영상 3의 고역 통과 영상
Fig. 12 High pass image of input image 3

2) 이진화 및 팽창 연산

이진화 방법은 물체와 배경의 분리, 일정한 농도 값 이상의 픽셀들만 추출해 영상의 전체적인 정보를 간략화 하는 등 많은 영상 처리 과정으로 사용된다. 그레이 처리 후 모호한 경계를 추출하기 위해 경계 강화를 시킨 후 이진화를 시킨다.

이진화 영상을 추출한 결과 불가사리 형태는 명확하게 추출되지만 경계 검출 시 불가사리가 하나의 영역으로 구성되어 있어야 하므로 팽창 연산이 필요하다.[5] 영상 처리에서 잡음을 제거하는 용도로 모폴로지 기법은 전처리 또는 후처리의 형태로 널리 사용하고 있다. 간단한 형태의 모폴로지 기법은 영상에서 잡음의 영향을 제거하는 용도로 사용한다.

이 논문에서는 잡음 제거에 효율적인 모폴로지 기법 중 하나인 팽창연산을 잡음 제거 용도로 사용하지 않는다.

불가사리 자체의 0과 255 값으로 나타난 이진화 영상을 해결하기 위해 팽창연산을 하여 불가사리 영역을 하나의 영역으로 나타낸다. 이진화 및 팽창연산을 수행 영상은 [그림 13]과 같으며, 이진화 영상을 팽창 연산한 결과 불가사리 표피 부분이 여러 점에서 하나의 영역으로 나타낼 수 있다.

그림 13. 입력 영상 3의 이진화 및 팽창 영상
Fig. 13 Dilation image of input image 3

3.3.4. 잡음 제거

불가사리 자체 이진화로 인하여 팽창연산을 수행하면 불가사리 표면을 하나의 영역으로 표현 할 수 있으나, 팽창으로 인하여 작았던 잡음 부분 또한 큰 잡음으로 생긴다. 라벨링 알고리즘을 이용하여 이진화 영상에서 물체와 배경을 구분하여 잡음을 제거한다.

라벨링(labeling)이란 이진화 영상으로부터 영상 내부에 있는 물체의 형태나 크기 특징을 이용하여 물체를 인식하는 방법으로 라벨링이라는 과정을 통해 각각의 물체를 구성하는 개개의 픽셀들을 하나의 영역으로 만들어 물체와 배경을 구분할 수 있다.[8]

픽셀 값이 0 또는 255로 이루어진 이진화 영상에서 라벨링을 수행하면 인접하여 연결된 영역들은 서로 다른 번호가 각각 붙여져 영역을 구별할 수 있도록 재구성된다. 라벨링을 이용하여 잡음제거를 수행한 영상은 [그림 14]와 같다.

그림 14. 잡음 제거 영상
Fig. 14 noise cancellation image

[그림 14]에서 입력 영상 1은 전역 통과 필터 결과 영상, 입력 영상 2는 지역 통과 필터 결과 영상이며, 이를 각각 잡음 제거한 결과 영상을 보여준다.

3.3.5. 경계 검출

경계 검출이란 이진화 영상에서 일정한 밝기 값을 가지는 영역의 경계를 추적하여 경계 픽셀의 순서화된 정보를 얻어내는 것이다. 먼저 입력 영상을 이진화 하고 이진화 영상에서 밝기 값 255를 가지는 영역에 대해 경계를 추적한다. 경계를 추적하면 1 픽셀 두께를 가지는 픽셀의 순서화(ordered)된 연속체인(chain) 정보를 얻는 것이 가능하다.[5] 불가사리 개체를 경계 검출한 영상은 [그림 15]와 같다.

그림 15. 경계 검출 영상
Fig. 15 Image of edge detection

IV. 실험 및 결과

적외선 투광기를 이용하여 영상을 획득한 후 히스토그램 판단 함수에 의해 F_{low} 와 F_{high} 의 면적이 10% 미만 영상, $F_{low} > F_{high}$ 영상, $F_{low} < F_{high}$ 영상으로 분류하여 적응형 필터 처리한다. 각각의 필터 처리 한 불가사리 영상은 경계 검출에서 오목점과 볼록점 특징을 검출한 후 불가사리를 인식을 한다. 실험에는 적외선 카메라는 1/4"SHARP CCD 이미지 센서, 420lines 해상도, 3.6mm 렌즈와 VL60 적외선수증라이트를 사용하였다.

수중카메라를 통하여 입력된 적외선 영상을 영상 처리에 적합한 크기인 256×256 크기로 분할하여 사용한다. 불가사리 검출을 위해 적응형 필터를 이용하여 전처리 과정을 거친 후 불가사리 인식을 한다.

전체적인 과정으로는 적외선 영상을 입력 받아 일반적인 그레이과정을 거친다. 그레이 영상의 히스토그램 판단 함수를 이용하여 영상을 분류한다. 분류된 영상은 적응형 필터를 수행 후 경계 검출한다.

경계 검출된 영상은 오목점과 볼록점 추출을 이용하여 불가사리를 검출 한다.

이 실험에서는 히스토그램 판단 함수를 이용하여 나누어진 영상들을 각각에 필터에 적용시키지 않고, 비교 분석을 위하여 모든 영상을 전역 통과 필터, 저역 통과 필터, 고역 통과 필터를 처리한 후 경계 검출 한다. 경계 검출 후 오목점과 볼록점을 추출하여 히스토그램 판단 함수에 의해 결정 된 결과 영상과 다른 결과 영상들을 비교한다.

4.1. 입력영상과 판단 함수에 의한 패턴 분류

일반적인 환경에서 수중 10~30m 밑 불가사리 영상은 일반 라이트를 사용하면 수중부유물로 인하여 잡음이 많으므로 적외선 투광기를 이용하여 영상을 입력받는다. 적외선은 색상이 없는 부분이기 때문에 색상이 흑백 영상이다. 적외선 입력 영상을 그레이 영상으로 변환한다.

4.2. 히스토그램을 이용한 패턴 분류

입력 영상을 그레이 변환 후 그레이 히스토그램 분포에서 판단 함수를 추출 하였다. 그레이 영상은 0~255까지 색상 정보를 가지고 있으므로 단위를 1~51로 보정한 다음 가장 빈도수가 많은 부분을 추출하여 기준을 정한다. 기준을 바탕으로 좌측과 우측의 면적을 비교하여 각각의 적응형 필터 처리 한다.<표-1>은 [그림 3]의 입력영상의 히스토그램 판단 결과표이다.

표 1. 히스토그램 판단 결과
Table. 1 Result of histogram decision

픽셀 개수 영 상	F_{max}	F_{low}	F_{high}	판단 함수	판단 결과
입력영상 1	6859	29909	28768	$F_{low} = F_{high}$	전역 통과 필터 적용
입력영상 2	8547	32673	24316	$F_{low} > F_{high}$	저역 통과 필터 적용
입력영상 3	7403	103	58030	$F_{low} < F_{high}$	고역 통과 필터 적용
입력영상 4	19828	23316	22392	$F_{low} = F_{high}$	전역 통과 필터 적용

4.3. 적응형 필터에 의한 필터링

4.3.1. 전역 통과 필터의 이진화

히스토그램의 판단 함수에서 F_{low} 와 F_{high} 의 면적의 차이가 10% 미만인 영상은 필터 처리로 인하여 영상의 손실이 많다. 이러한 영상은 특수 영상으로 판단하여 원 영상을 그대로 통과 시킨 후 이진화 과정을 바로 수행하였다.

비교 분석을 위하여 F_{low} 와 F_{high} 의 면적 차이가 10% 미만인 영상 외에도 다른 영상들도 전역 통과 필터 처리 과정을 수행하였다.

4.3.2. 이진화된 전역 통과 영상의 팽창 연산

모폴로지 기법인 팽창 연산은 잡음을 제거하는 용도로 많이 쓰이나, 이 논문에서는 불가사리 표피 자체가 이진화 된 단점을 보완하기 위하여 사용한다.

4.3.3. 저역 통과 필터

히스토그램 함수를 이용하여 또 하나의 영상은 경계가 뚜렷한 영상이다. 뚜렷한 불가사리 영상은 표피 부분의 영역을 무디게 하기 위해 저역 통과 필터처리를 한다. 제안한 3×3마스크를 이용하여 상단 X 방향부터 스캔 후 Y 방향으로 하나씩 스캔하여 각각의 결과 값을 새로운 데이터에 입력하여 저역 통과 처리 결과 영상을 만든다.

비교 분석을 위하여 $F_{low} > F_{high}$ 영상 외에도 다른 영상들도 저역 통과 필터 처리 과정을 한다.

4.3.4. 미디언 필터를 이용한 잡음 제거

저역 통과 영상에서 모래와 같은 잡음을 제거하기 위해 이진화 전에 그레이 영상에서 주변 픽셀 값을 이용하여 평균을 계산하는 미디언 필터를 이용하여 잡음을 제거한다. 미디언 필터를 이용하면 경계를 최대한 보존하여 잡음을 처리 할 수 있는 장점이 있다.

4.3.5. 이진화

그레이 영상으로부터 적절한 정보를 추출하기 위한 영상의 이진화 과정은 매우 중요하다. 좋은 이진화 영상을 얻기 위해서는 그레이 영상을 대상으로 다양한 임계값을 지정하여 최적의 임계값을 찾아야 하는데, 이 논문에서는 반복적 선택에 의한 임계값 설정 방법을 사용한다.

4.3.6. 고역 통과 필터

히스토그램 함수를 이용하여 세 번째 영상을 분류한다. 세 번째 영상은 불가사리 영상이 별 모양이므로 한부분에서는 경계가 모호해지는 경우가 있다. 경계를 강화하기 위해 고역 통과 필터 처리를 한다. 제안한 3×3 마스크를 이용하여 저역 통과 처리 방법과 동일한 방법으로 수행한다.

비교 분석을 위하여 $F_{low} < F_{high}$ 영상 외에도 다른 영상들도 고역 통과 필터 처리 과정을 한다.

4.3.7. 고역 통과 영상 이진화

그레이 영상으로부터 적절한 정보를 추출하기 위한 영상의 이진화 과정은 매우 중요하다. 좋은 이진화 영상을 얻기 위해서는 그레이 영상을 대상으로 다양한 임계값을 지정하여 최적의 임계값을 찾아야 한다. 이진화 방법은 저역 통과 이진화 방법과 동일하다.

4.3.8. 팽창 연산

고역 통과 필터 처리로 인하여 불가사리 표피까지 영역 경계가 강화 되어 불가사리 표피 자체가 이진화 된 단점을 보완하기 위하여 팽창 연산을 수행하였다.

4.4. 잡음 제거

불가사리 표피 부분을 처리하기 위해 팽창 연산을 사용하면 배경의 잡음 또한 처리가 되어 하나의 영역으로 생기게 된다. 불가사리 영역을 구분하기 위하여 라벨링 과정을 통해 각각의 물체를 구성하는 개개의 픽셀들을 하나의 영역으로 만들어 불가사리와 배경을 구분하였다.

4.5. 경계 검출

경계 검출은 개체의 외곽선을 따라 이동하면서 외곽선 픽셀의 위치 정보를 알아내는 방법으로 8개의 이동 가능한 방향이 존재하는 8-이웃 연결성을 고려한다. 외곽선 추적에 위해 개체의 외곽선 좌표를 찾은 후, 외곽선 추적 진행 방향을 시계 방향으로 변화시키면서 경계 검출을 하였다. 경계 검출한 영상은 [그림 16]과 같다.

전역 통과 필터 영상 경계 검출

저역 통과 영상 경계 검출

고역 통과 영상 경계 검출

그림 16. 경계 검출 영상
Fig. 16 Image of edge detection

4.6. 오목점과 볼록점 추출

오목점과 볼록점 추출의 첫 번째 단계는, 입력 영상에 대해 외곽선을 추출한 영상에서 영역 중심점을 추출한다. 히스토그램 판단 함수에 의해 분류된 영상의 영역 중심 좌표는 <표-2>와 같다.

표 2. 입력 영상의 영역 중심 좌표
Table. 2 The regional center Coordinates for input image

영상	영역 중심좌표	
	x	y
입력 영상 1	144	123
입력 영상 2	139	152

오목점과 볼록점 추출의 두 번째 단계는, 다방향 선형 스캐닝을 이용하여 후보 볼록점과 후보 오목점을 추출하고 임계치 보다 작으면 제거하여 최종 볼록점과 최종 오목점을 추출한다. 히스토그램 판단 함수에 의해 분류된 영상의 볼록 특징점 좌표는 <표-3>과 같다.

표 3. 입력 영상의 볼록 특징점 좌표
Table. 3 The convex point coordinates point for input image

영상	특징	후보볼록		최종 볼록	영상	특징	후보볼록		최종 볼록
		x	y				x	y	
입력 영상 1	①	86	102	②에 의해 제거	입력 영상 2	①	109	177	○
	②	89	92	○		②	110	178	①에 의해 제거
	③	114	175	○		③	111	115	○
	④	146	57	○		④	146	201	○
	⑤	169	188	○		⑤	147	200	④에 의해 제거
	⑥	170	187	⑤에 의해 제거		⑥	151	106	○
	⑦	186	79	○		⑦	154	107	⑥에 의해 제거
	⑧	188	82	⑦에 의해 제거		⑧	174	162	○

오목점과 볼록점 추출의 세 번째 단계에서는, 최종 볼록점 정보를 이용하여 외곽선 픽셀을 영역별로 나누고 각 영역별 픽셀과 중심점과의 거리가 가장 가까운 픽셀을 후보 오목점으로 선정한다. 최종 오목점을 추출하기

위해서 영역 중심과 후보 오목점을 연결한 단선의 길이와 영역 중심과 볼록점을 연결한 장선 길이의 평균의 비가 임계치보다 작은 최종 오목점을 추출한다. 히스토그램 판단 함수에 의해 분류된 영상의 오목 특징점 좌표는 <표-4>와 같다.

표 4. 입력 영상의 오목 특징점 좌표
Table. 4 The concave point coordinates point for input image

영상	특징	후보오목		단선길이	단선/장선 평균	최종 오목
		x	y			
입력 영상 1	①	132	100	25.942	0.405	○
	②	154	98	26.925	0.421	○
	③	158	121	14.142	0.221	○
	④	148	141	18.439	0.288	○
	⑤	130	126	14.317	0.223	○
	장선평균			63.933		
입력 영상 2	①	126	149	13.341	0.304	○
	②	135	134	18.439	0.421	○
	③	144	142	11.180	0.255	○
	④	144	154	5.385	0.123	○
	⑤	135	159	8.062	0.184	○
	장선평균			43.777		

히스토그램 판단 함수에 의해 분류된 영상에서 경계 검출의 추출된 최종 볼록점과 오목점의 영상은 [그림 17]과 같다.

그림 17. 특징 검출 영상
Fig. 17 Image of feature detection

제안된 적응형 필터로부터 처리된 아무르불가사리 인식을 위한 영상의 성능평가를 위해서는 ‘특징 추출 기법’으로 추출된 볼록 특징점과 오목 특징점 수를 구하였다. 불가사리 오목점과 볼록점을 추출한 결과는 <표-5>

와 같다.

표 5. 입력 영상의 오목점과 볼록점
Table. 5 The convex and concave point of input image

영상	목 표		전역통과영상		지역통과영상		고역통과영상		판단 함수
	볼록수	오목수	볼록수	오목수	볼록수	오목수	볼록수	볼록수	
입력 영상 1	5	5	5	5	5	5	5	5	$F_{low} = F_{high}$
입력 영상 2	5	5	5	5	5	5	5	4	$F_{low} > F_{high}$
입력 영상 3	5	5	5	5	5	4	5	5	$F_{low} < F_{high}$
입력 영상 4	7	7	7	3	7	5	7	3	$F_{low} = F_{high}$

제한한 적응형 필터 성능을 분석하기 위하여 표본 영상에서 사람이 직접 센 수인 목표 볼록수와 오목수를 비교 한다. <표-5>에서 판단함수에 의해 판단한 결과를 분석하면 다음과 같다.

입력 영상 1에서는 모든 필터 과정에서 목표와 동일한 볼록수와 오목수가 나왔지만, 판단 함수에 의해 판단된 전역 통과 필터를 이용하면 다른 필터 과정보다 한 단계 덜 수행하므로 빠른 결과를 얻을 수 있으므로 좋은 판단 함수 결과이다.

입력 영상 2에서는 전역 통과 필터와 지역 통과 필터 과정만 목표수와 동일하게 나왔으며, 판단 함수에 의해 결정된 지역 통과 필터가 포함되어 있으므로 좋은 판단 함수 결과이다.

입력 영상 3에서는 전역 통과 필터와 고역 통과 필터가 목표수와 동일하게 나왔으며, 판단 함수에 의해 결정된 고역 통과 필터가 포함되어 있으므로 좋은 판단 함수 결과이다.

입력 영상 4에서는 판단 함수 결과와 다른 지역 통과 필터 영상만 근접하므로 지금까지 연구한 결과로 비교한다면 예외의 결과라 할 수 있다.

<표-5>의 결과 방법인 판단 함수에 의한 판단 결과는 총 150개의 불가사리 영상을 이 연구에서 제한한 히스토그램 판단 함수에 의해 판단한 결과는 <표-6>과 같다.

표 6. 영상 인식 결과
Table. 6 The recognition result of input image

필터분류	분류 수	$F_{low} = F_{high}$	$F_{low} > F_{high}$	$F_{low} < F_{high}$	인식 비	인식 율
$F_{low} = F_{high}$	27	23	2	2	23/4	85.2%
$F_{low} > F_{high}$	35	3	30	2	30/5	85.7%
$F_{low} < F_{high}$	88	2	6	80	80/8	90.9%
					평균 인식 율	88.7%

적응형 고역 통과 필터에 해당된 영상은 총 영상 150개 중 88개로 판단되었으며, 판단된 88개의 영상을 인식한 결과 80개인 90.9%의 인식 결과를 보았다. 적응형 지역 통과 필터에 해당된 영상은 총 영상 150개 중 35개로 판단되었으며, 판단된 35개의 영상을 인식한 결과 30개인 85.7%의 인식 결과를 보았다. 적응형 전역 통과 필터에 해당된 영상은 총 영상 150개 중 27개로 판단되었으며, 판단된 27개의 영상을 인식한 결과 23개인 85.2%의 결과를 보았다. 분류된 영상에 의해 인식한 인식결과를 전체적으로 볼 때 연구의 결과는 만족한 인식률 88.7%를 보았다.

V. 결 론

우리나라 패류 양식장에 큰 피해를 주는 것으로 알려진 아무르불가사리를 잡수부나 어망에 의해 여러 구역을 더듬어서 구제하고 있는 실정이다. 이를 좀 더 효과적인 방법에 의해 빠른 시간에 많은 량의 아무르불가사리를 구제하기 위해서 먼저 선행되어야 할 것은 불가사리가 분포되어 있는 분포도의 D/B가 필수적이라 할 수 있다.

불가사리 분포도의 D/B는 불가사리의 인식이 선행되어야 하며 불가사리 인식은 불가사리 영상획득에 있

다고 해도 큰 무리는 아닐 것이다. 때문에 이 연구에서는 아무르 불가사리 인식을 위한 수중영상을 현재와 다른 방법에 의해 획득하여 전처리 과정에서 처리하게 되었다.

현재 연구되고 있는 불가사리 인식 기술에 사용되는 영상 획득 방법은 열악한 수중 환경에서 가시광선 영역을 이용한 칼라영상의 경우 어두운 해저로부터 영상을 획득하는 데는 한계점이 있다.

이 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 수중에서 투과력이 강하고 잡음에 덜 민감한 적외선을 이용하여 적외선 수중 영상을 획득하여 사용하였다.

적외선에 의해 획득한 수중 영상은 이 논문에서 제안된 적응형 필터에 의해 히스토그램의 분포 곡선으로부터 판단함수인 가장 큰 에너지를 중심으로 우측 에너지량이 크면 적응형 고역 통과 필터로 분류하고, 좌측 에너지량이 크면 적응형 저역 통과 필터로 분류하였다. 또한 좌/우측의 에너지량이 10% 이내일 경우 전역 통과 필터로 분류하여 불가사리 인식을 위한 입력영상으로 사용하였다.

제안된 적응형 필터로부터 처리된 아무르불가사리 인식을 위한 입력 영상의 성능평가를 위해 ‘특징 추출 기법’으로 추출된 볼록 특징점과 오목 특징점 수를 구하였다. 특징점에 의한 불가사리 인식을 검증한 결과 제안된 적응형 필터에서 히스토그램의 판단 함수에 의해 분류한 후 특징점을 추출하여 인식한 결과는 다음과 같다.

적응형 고역 통과 필터에 해당된 영상은 총 150개 영상 중 88개로 판단되었으며, 판단된 88개의 영상을 인식한 결과 80개인 90.9%의 인식 결과를 보았다. 적응형 저역 통과 필터에 해당된 영상은 총 150개 영상 중 35개로 판단되었으며, 판단된 35개의 영상을 인식한 결과 30개인 85.7%의 인식 결과를 보았다. 적응형 전역 통과 필터에 해당된 영상은 총 150개 영상 중 27개로 판단되었으며, 판단된 27개의 영상을 인식한 결과 23개인 85.2%의 결과를 보았다. 분류된 영상에 의해 인식한 인식결과를 전체적으로 볼 때 연구의 결과는 만족한 인식률 88.7%를 보았다.

수중 부유물 및 복잡한 배경으로 인하여 경계 검출이 어려웠던 부분을 전처리 과정에서 영상을 분류하여 각각에 필요한 과정을 수행하면 경계 검출 인식률을 높일 수 있으므로 연안 어장과 해양 생태계의 큰 피해를 주고

있는 불가사리 구제를 위한 불가사리 인식에 많은 도움이 될 뿐만 아니라 해양 생태계 보존 및 복원에 큰 효과를 얻을 것이다.

참고문헌

- [1] Ross, D. J., Johnson, C. R., Hewitt, C. L., “Impact of introduced seastar (*Asterias amurens*) on survivorship of juvenile commercial bivalves (*Fulvia tenuicostata*)”. Mar. Ecol. Prog. Ser., Vol. 241, pp. 99-112. 2002.
- [2] Ross, D. J., Johnson, C. R., Hewitt, C. L., “Variability in the impact of an introduced predator (*Asterias amurens*: Asteroidea) on soft-sediment assemblages”. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., Vol. 4105, pp. 1-22. 2002.
- [3] 지철근, “원적외선의 특성과 응용”, 한국원적외선학회 2000.
- [4] X. P. V. Maldague, “Infrared methodology and technology”, Gordon and Breach Science Publishers, Amsterdam, 1994.
- [5] 황선규, “영상처리 프로그래밍 by Visual C++”, 한빛미디어, 2007.
- [6] Gonzalo R. ARCE., and Michel P. McLoughlin., “Theoretical analysis of the max/median filter”, IEEE Transaction of acoustic, speech, and signal processing, Vol. 35, No. 1, 1987.
- [7] Hakan Guray Senel., Richard Peters, II., and Benoit Dawant., “Topological median filters”, IEEE Transaction on image processing, Vol. 11, No. 2, pp. 89-104, 2002.
- [8] 강동중, 하종은, “Visual C++을 이용한 디지털 영상처리”, 사이텍미디어, 2003.

저자소개

김종익(Jong-Ik Kim)

관동대학교 컴퓨터학과
공학박사
관동대학교 컴퓨터학과
시간강사

※ 관심분야: 패턴인식, 수증개체인식, 이미지처리

심현보(Hyun-Bo Shim)

명지대학교 컴퓨터학과
공학박사
한국과학기술정보연구원 Reseat
전문연구위원

※ 관심분야: 지문인식, 데이터베이스, 클라우드
컴퓨팅

김성락(Sung-Rak Kim)

단국대학교 컴퓨터학과
공학박사
관동대학교 컴퓨터학과 교수

※ 관심분야: 컴퓨터 구조, 패턴인식, 로봇