

논문 2010-5-12

영역 중심 모멘트와 장선 특징을 이용한 아무르불가사리 다중개체 인식 기법

Recognition Technology for Multiple Objects of Asterias Amurensis Using Region Central Moment and Long Line Features

주란희*, 김성락**

Ran-Heui Chu, Seong-Nak Kim

요약 이 논문에서는 다양한 불가사리 영상을 판단하여 불가사리를 인식하는 기법을 제안하고자 한다. 아무르불가사리의 단일개체를 인식하는 경우는 불가사리의 오목 특성과 단선 특성을 이용하여 불가사리 여부를 판단할 수 있으나, 다중개체의 경우는 오목과 단선을 이용한 불가사리의 특징 추출이 불가능하기 때문에 불가사리로 인식할 수 없다. 따라서 다중개체의 영역 중심 모멘트와 장선을 이용하여 장선의 표준편차, 장선별 표준편차 값, 상대각 표준편차, 유효편차수 등의 특징을 이용한 인식 기법을 제안하고자 한다. 제안한 기법의 실험 결과 장선의 표준편차 조건이나 상대각의 유효편차수 조건을 만족하지 못하여 인식에 실패한 경우도 있었으나 약 95%의 높은 인식률을 보였다.

Abstract This study is going to suggest the technology to recognize a starfish by judging various starfish images. In case of recognition of single objects of the asterias amurensis, a starfish can be judged by using concave features and short line features but in case of multiple objects, it is impossible to extract the features of a starfish using concave features or short line so that it can't be recognized as a starfish.

Accordingly, it is going to suggest the recognition technology using the features such as numbers of standard deviation, relative degree standard deviation and valid deviation of a long line by using the region central moment and a long line of multiple objects. As a result of experiments of the suggested technology, there were cases that recognition failed because the conditions of the standard deviation of a long line or the numbers of valid deviation of the relative degree couldn't satisfy the conditions but around 95% of a high recognition rate was shown.

Key Words : 아무르불가사리(Asterias Amurensis), 다중개체(Multiple Objects), 인식(Recognition)

1. 서 론

급격한 산업화로 인한 이산화탄소 발생량의 증가로 지구 온난화 현상이 가중되고 있으며, 이러한 기후변화는 육상 및 해양생태계의 변화, 그리고 인류 건강에 직접적인 영향을 끼칠 것으로 전망된다^[1]. 생물학자들은

고농도의 이산화탄소가 해수를 이미 산성화시키고 있기 때문에 이들 조개류들이 껍질을 만들기가 어려울 것으로 예상하고 있다. 지금 이 생물들은 생존을 위해 더 강해진 포식성 불가사리와 경쟁해야 한다^[2].

바다의 해적이라고 불리는 불가사리는 고막, 새고막, 피조개, 가리비, 백합 등 유용패류를 무차별 포식하여 패류양식장을 황폐화하는 주요 해적 생물이다. 수명이 5년에서 10년인 불가사리는 해양 생태계에 뚜렷한 천적이 없고 재생력이 뛰어나 산란기 동안의 불가사리 포획 작

*관동대학교 컴퓨터학과

**관동대학교 컴퓨터학과

접수일자 2010.8.12 수정일자 2010.9.15

게재확정일자 2010.10.15

업이 가장 효과적이다^{3,4)}.

패류 양식장에 피해를 주고 있는 아무르불가사리를 포획하기 위한 영상 처리 기술에 대한 연구와 포획된 불가사리의 처리 방법과 활용 방법에 대한 연구가 활발히 진행 중이다⁵⁻⁷⁾. 기하급수적으로 늘어난 불가사리의 번식력을 감안할 때 어구어법에 의한 불가사리의 포획 방법은 한계가 있으므로 불가사리를 인식하기 위한 영상 처리 기술이 필요하다⁸⁾.

아무르불가사리는 변온동물이어서 단일 색상이 아니고 상황에 따라 색상이 변하며, 방사대칭인 특징은 있지만 상황에 따라 외형이 달라지므로 인식하기가 매우 어렵다. 특히, 불가사리 여러 마리가 군집해 있는 다중개체 인식은 단일 개체나 복합개체 영상에 비해 매우 어렵다.

단일개체의 아무르불가사리 여부 판단은 오목과 단선 특성으로 중심 모멘트를 선정하여 판단할 수 있으나 다중개체는 여러 마리의 불가사리가 군집해 있기 때문에 오목과 단선 특성으로 불가사리 여부를 판단할 수 없다. 이 논문에서는 다중개체의 영역중심 모멘트와 장선의 상대각 평균, 길이 편차 등의 특징을 이용한 아무르불가사리 인식 기법을 제안하고자 한다.

II. 칼라경계검출을 이용한 아무르 불가사리 영상의 경계검출

컬러 영상에서 경계선을 찾는 간단한 방법은 단순히 입력 영상을 그레이 스케일로 변환하는 것이다. 그러나 이 방법은 대부분의 컬러영상에서 경계를 정확히 추출하기가 어려우며, 특히 색상 정보에 의해 영역이 구분되는 경우에는 경계 추출이 더욱 어려워진다. 즉, 명도는 유사하지만 채도가 다른 영상의 경우 그레이스케일 정보만을 사용하여 경계선을 찾는 것은 불가능하다.

컬러 영상에서는 색 평면의 경계선을 찾아 유클리디언 거리(Euclidean distance)를 계산하는 방법으로 경계선을 추출하며, 이 방법은 다양한 색 모델을 사용할 수 있다. 입력 영상을 YUV 색 평면으로 나눈 후, 각 평면에 대하여 경계선 검출 필터를 사용하여 경계선 정보를 얻는다. 이를 각각 E_Y , E_U , E_V 라 하여 유클리디언 거리를 계산한다.

그레이 영상의 경계검출 방법으로 아무르불가사리 영상의 경계를 검출할 경우 영상정보의 손실로 인해 그 특

징을 추출하기가 매우 어렵다. 따라서 영상정보의 손실을 막기 위해 컬러 경계검출을 수행한 후 이진 영상으로 변환하여 경계를 검출한다.

먼저 컬러 경계검출을 통해 얻어진 영상에 대해 실험에 의해 얻어진 특정 임계 값(Threshold value) $\alpha=190$ 을 적용하여 이진화 한다. 임계값이 α 보다 작을 경우 잡음은 적어지지만 불가사리 영상의 손상이 심해지고 α 보다 클 경우 불가사리 잡음으로 인해 경계가 손상된다.

불가사리 영상의 경계 검출을 위해, 이진화 영상에서 일정한 밝기 값을 가지는 경계를 추적하여 불가사리의 경계 픽셀에 대한 순서화된 정보를 얻어낸다. 이진화된 영상에 대해 밝기 값 255를 가지는 영역에 대한 경계를 추적한다. 경계 추적을 통해 1픽셀 두께를 가지는 픽셀의 순서화된 연속체인(Continue chain) 정보를 얻을 수 있다⁹⁻¹⁰⁾.

영역 경계 검출 단계는 다음과 같다.

단계 1 : 영상의 y축과 x축의 순서대로 차례로 스캔하여 값이 255인 픽셀을 만나면 경계 픽셀로 표시 하고 경계 추적을 시작한다.

단계 2 : 단계 1에서 찾은 픽셀을 중심으로 마스크의 4번 위치에서 탐색을 시작하여 값이 255인 픽셀을 찾는다. 마스크 행렬은 중심 x 를 기준으로 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} 3 & 4 & 5 \\ 2 & x & 6 \\ 1 & 0 & 7 \end{bmatrix}$$

단계 3 : 단계 2에서 찾은 픽셀이 다시 중심 픽셀이 되어 주변 픽셀 값을 탐색한다. 이때 탐색 시작 위치는 (1)에 의해 결정된다. 이 과정을 마지막 픽셀까지 반복한다.

$$n'=(n+5) \ \& \ 7 \tag{1}$$

III. 구조적 특징을 이용한 아무르 불가사리 다중개체 인식

두 개 이상의 불가사리 개체가 군집해있는 것을 다중개체라 한다. 다중개체의 인식은 입력 영상의 전처리 과정 후 경계검출과 경계보정 및 경계연결을 통해 불가사리의 구조적 특징과 방사대칭 특성을 이용하여 불가사리 개체 여부를 판단한다.

1. 아무르 불가사리 다중 개체의 영역 중심 모멘트

가. 오목과 단선을 이용한 중심 모멘트의 선정

불가사리류의 몸은 전형적으로 방사대칭으로 돌출해 있는 5개의 별 모양 또는 오각형으로 생긴 팔을 가지고 있다. 아무르불가사리의 5개의 팔의 정점을 볼록 특징이라 하고 팔과 팔이 만나는 안쪽 경계 부분의 정점을 오목 특징이라 한다. 그림 1은 아무르불가사리 단일개체의 구조적 특징을 나타낸다.

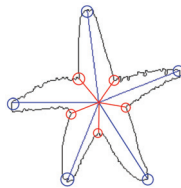


그림 1. 아무르불가사리 단일 개체의 구조적 특징
Fig. 1. Structural features of starfish for single object

불가사리는 구조적으로 5개의 팔을 가지고 있으므로 각각 5개의 오목과 볼록을 갖는다. 각 오목을 기준으로 이웃한 오목을 제외한 나머지 2개의 오목을 선으로 연결하면 별 모양의 내부 영역이 만들어지고 이 내부 영역의 중심을 중심 모멘트로 선정한다. 중심 모멘트에서 오목 점을 연결한 선을 단선이라 하고 볼록 점을 연결한 선을 장선이라 한다.

볼록은 오목에 비해 다른 물체에 의해 가려지거나 움직임에 의해 보이지 않는 경우가 많은 반면 오목은 불가사리의 움직임에 의한 영향에 둔감하다. 따라서 불가사리를 인식하기 위한 구조적 특징으로 볼록 보다 오목을 이용한다.

단선과 장선의 연결은 두 픽셀의 좌표 $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$ 를 지나는 직선과 같다. 직선의 기울기 m 은 $\tan\theta$ 로 두 좌표 값의 차로 (2)와 같이 표현되며, 기울기가 m 인 두 픽셀의 좌표를 지나는 선은 (3)과 같다.

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (2)$$

$$y = m(x - x_1) + y_1 \quad (3)$$

두 점의 연결을 위해 기울기가 같은 선상에서 경계 픽

셀을 찾아 연결해야하므로 x 와 y 값을 비교하여 변화량이 적은 것을 기준으로 하여 찾아야 한다. $m = 1$ 인 $y = x$ 함수를 기준으로 $m > 1$ 인 x 값이 y 값보다 변화량이 작으므로 x 값을 입력하여 y 값을 얻는 (3)을 적용하고, $m < 1$ 인 x 값이 y 값보다 변화량이 크므로 y 값을 입력하여 x 값을 얻는 (4)를 적용한다.

$$x = \frac{y + mx_1 - y_1}{m} \quad (4)$$

나. 볼록과 장선을 이용한 영역 중심 모멘트의 선정

다중개체의 경우, 오목과 볼록이 5개 이상 검출되기 때문에 오목에 의한 내부 영역에서 별 모양의 단선을 이용한 중심 모멘트를 선정할 수 없다. 따라서 입력 영상의 개체 영역에 대한 중심 모멘트를 선정하여 불가사리 영상을 판단한다.

그림 2은 다중개체의 영역 중심 모멘트와 장선의 연결을 나타낸다.

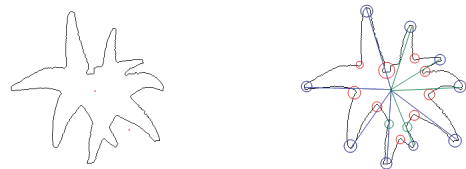


그림 2. 다중개체의 영역 중심 모멘트와 장선 연결
Fig. 2. Central moment of multiple objects and connected long lines

2. 영역 중심 모멘트와 장선을 이용한 아무르 불가사리 영상의 판단

영역 중심 모멘트와 장선의 특징을 이용한 아무르불가사리 영상의 판단은 입력영상에 대한 경계검출과 경계보정을 수행한 후 오목, 볼록, 장선, 단선 특징을 추출하여 단일개체 및 다중 개체 여부를 판단한다. 입력영상이 다중개체일 경우 장선의 길이와 각도에 대한 특징을 추출하여 불가사리 다중개체 여부를 판단한다. 그림 3은 중심 모멘트와 장선을 이용한 다중 개체 판단의 흐름도를 나타낸다.

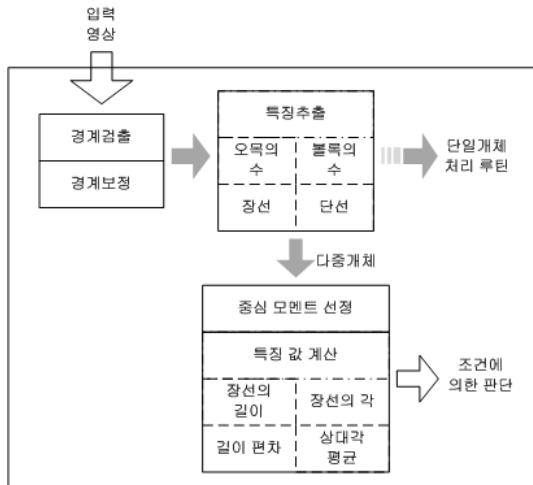


그림 3. 중심 모멘트와 장선을 이용한 다중 개체 인식 흐름도
Fig. 3. Diagram for recognition of multiple objects using center moment and long lines

추출된 불가사리에 대한 특징 값이 다음 조건을 만족할 경우 불가사리로 판단한다.

조건 1 : 오목과 볼록이 각각 6개 이상이다.

조건 2 : 각 장선의 표준편차가 허용 범위 이내다.

$$1.2 \leq \frac{stdev(long - len)}{long - n} \leq 1.9 \quad (5)$$

조건 2는 (5)와 같으며 이 식에서 $stdev(long - len)$ 는 장선 길이의 표준편차를 의미하고, $long - n$ 은 장선수를 의미한다. 허용오차의 범위는 실험치에 의한 결과이다.

조건 3 : 각 장선에 대한 상대각 편차가 상대각의 표준편차 이내인 장선의 비율이 0.6 이상이다.

$$long - n_{th} \leq n(relative - diff_i < relative - stdev) \quad (6)$$

조건 3은 (6)과 같으며 이 식에서 $long - n_{th}$ 는 장선 수의 임계값으로서 전체 장선 수의 60% 값을 가지며 $relative - diff_i$ 는 상대각의 편차를 의미하고, $relative - stdev$ 는 상대각의 표준 편차를 의미한다. 장선 수의 비율은 실험에 의해 얻은 임계값이다.

그림 2의 아무르불가사리를 조건 1로 판단하기 위해 추출된 오목의 수는 11이고 볼록의 수는 9다. 따라서 조건 1에 대해 참이다.

조건 2를 판단하기 위해 추출된 특징은 표 1과 같다.

표 1. 장선의 길이

Table 1. Length of long-lines

장선	길이
장선1	128.6
장선2	102.8
장선3	86.5
장선4	105.0
장선5	124.8
장선6	90.8
장선7	109.2
장선8	105.1
장선9	130.1

장선 1은 2사분면의 볼록 값들 중에서 180°에 제일 가까운 값을 찾아서 영역 중심 모멘트와 연결하여 첫 번째 장선을 만든다. 이후에는 시계방향으로 이동하며 같은 방법으로 반복하여 장선을 연결한다. 표 1에서 장선 길이의 표준편차는 15.76이고 장선 길이의 표준편차를 장선의 수로 나눈 값은 1.75다. 따라서 조건식 $1.2 \leq 1.75 \leq 1.9$ 에 대해 참이다.

조건 3을 판단하기 위해 추출된 특징은 표 2와 같다.

표 2. 장선의 각

Table 2. Degree of long-lines

장선 \ 특징	장선의 각	상대각	상대각 편차
장선 1	73	75.2	35.2
장선 2	108	35	5
장선 3	146.3	38.3	1.7
장선 4	178.4	32.1	7.9
장선 5	217.5	39.1	0.9
장선 6	249.4	31.9	8.1
장선 7	273.7	24.3	15.7
장선 8	304	30.3	9.7
장선 9	357.8	53.8	13.8

상대 각은 어떤 기준의 장선에 대하여 인접한 장선과의 각을 의미하는 것으로 예를 들어 장선 2의 상대 각은 장선 1을 기준으로 하는 상대각을 말한다. 표 2에서 상대각의 표준편차는 15.52다. 따라서 장선 1과 장선 7을 제외한 7개의 장선이 조건을 만족한다. 조건식에 대해 참이다.

결과적으로, 그림 2의 아무르불가사리 다중개체 영상

은 조건 1, 2, 3을 모두 만족하여 불가사리로 판단한다.

IV. 실험 및 결과

단일개체의 불가사리는 오목과 단선을 이용하여 중심 모멘트를 구한 후 불가사리를 인식하지만 다중개체는 여러 개의 아무르불가사리가 겹쳐져 정도에 따라 경계의 형태와 특징이 많이 변형된다. 실험은 다양한 형태의 아무르불가사리 다중개체 영상 40개로 실시하였다.

표 3은 오목과 볼록에 대한 실험 결과를 나타낸다.

표 3. 오목과 볼록의 수
Table 3. Number of concave and convex

장선수	오목수	볼록수
6	6	6
7	7.5	7
8	9	8
9	10	9

단일개체의 오목과 볼록의 수는 5개씩이므로 두 마리의 불가사리가 겹쳐져 있는 다중개체의 경우는 그 수가 최소 6개 이상이다. 아무르불가사리가 팔만 겹쳐진 경우에 오목의 수는 볼록의 수보다 크게 나오며 아무르불가사리가 몸이 겹쳐진 경우에는 오목과 볼록의 수는 같다.

표 4는 장선에 대한 실험 결과를 나타낸다.

표 4. 장선 특징
Table 4. Features of long-line

장선수	장선 평균길이	장선 표준편차	표준편차/장선수
6	101.03	8.17	1.36
7	94.41	11.31	1.62
8	103.02	11.88	1.49
9	94.95	15.42	1.71

표 4에서 장선길이의 표준편차를 장선수로 나눈 값은 각 장선이 평균값에서 떨어진 정도를 나타내며 허용범위는 최소 1.3에서 최대 1.8의 범위로 한다.

아무르불가사리가 몸이 많이 겹쳐질수록 장선의 수와 장선의 표준편차가 높아진다. 같은 장선의 개수에서도

아무르불가사리가 팔만 겹쳐진 경우가 장선의 표준편차가 높아지며 값이 큰 장선들이 많이 존재한다.

표 5는 장선 각에 대한 실험 결과를 나타낸다.

표 5. 장선 각의 특징
Table 5. Features of long-line angle

장선수	상대각 평균	상대각 표준편차	유효 편차수	유효율 (%)
6	60	13.76	4	67.7
7	51.43	14.85	4.5	64.3
8	45	21.59	5	62.5
9	40	16.70	6	66.7

표 5에서 상대각 평균은 장선과 장선 사이 각에 대한 평균값으로 장선 수에 적합한 팔 사이의 각을 나타내며, 상대각 표준편차는 상대각에 대한 편차의 흩어진 정도를 나타내며, 유효 편차수는 각 장선에 대한 상대각 편차가 장선의 상대각 표준편차 이내인 값을 가진 수로서 상대각 편차가 상대각 표준편차보다 크면 유효범위의 각을 벗어난 것으로 판단한다. 유효율은 유효 편차수에 대한 장선수의 백분율로 60% 이상이어야 한다.

아무르불가사리가 팔만 겹쳐진 경우에 상대각 표준편차가 높으며 유효편차 수는 겹쳐진 정도에 무관하게 차이가 적었다. 장선이 8개인 경우가 유효편차 수가 가장 표준에 근사했고 장선이 9개인 경우에는 유효율을 벗어난 경우도 있었다.

실험 결과 조건 2, 3을 만족하지 못하여 불가사리로 판단되지 않는 경우가 각 1건씩 있었으며 이 경우를 제외한 나머지 경우인 95%는 불가사리로 판단되었다.

V. 결론

지구온난화와 이상기후로 인한 유해생물의 유입은 현재 많은 어업인에게 피해를 주고 있으며 또한 불가사리 포획을 위하여 여러 가지 방법이 동원되어 막대한 비용이 낭비되고 있다. 이런 상황으로 인하여 아무르불가사리 처리방안에 대한 관심이 높아지고 있다.

이 논문은 아무르불가사리의 다중개체 영상에 대해 중심모멘트와 장선의 특징을 이용하여 불가사리를 판단하는 기법을 제안하였다. 이 기법은 단일개체 여부를 판단한 후 오목의 수가 6개 이상이면 단일개체 불가사리가

아닌 것으로 판단하여 다중개체 여부를 판단한다. 아무르불가사리로 판단하기 위해서는 불가사리의 여러 가지 구조적 특징을 이용하여 오목과 볼록의 수, 장선 길이, 상대각의 유효편차 수 등의 조건을 만족시켜야 한다.

실험 결과, 아무르불가사리의 팔만 겹쳐진 경우에 상대각 표준편차가 높았으며 겹쳐진 정도가 클수록 장선의 수와 장선의 표준편차가 높아졌다. 실험에서 조건 2, 3을 만족하지 못하여 불가사리로 판단되지 않는 경우가 각 1건씩 있었으며 이 경우를 제외한 나머지 경우인 95%는 불가사리로 판단되었다.

이 기법은 아무르불가사리의 구조적 특징인 볼록과 이 볼록 점과 영역 중심 모멘트를 연결한 장선이라는 매우 단순한 특징을 이용하기 때문에 효과적이며 유해 해양 생물인 아무르불가사리 포획에 많은 도움이 될 것으로 기대된다. 실험에서 인식에 실패한 다중개체 영상의 경우, 군집된 아무르불가사리 각각의 중심점을 이용해 특징을 추출하고 분석하여 입력 영상에 대한 인식률을 높이는 것이 향후 연구 과제라 하겠다.

[4] 장세한, “양식장 환경에 있어서 불가사리 역할의 재고”, 경상대학교 해양과학대학 논문집, 2000.

[5] Hatanaka, M. and Kosaka, M., “Biological studies on the population of the starfish, *Asterias amurensis*, in Sendai bay”, Tohoku J. Agric. Res., Vol. 9, No. 3, pp. 159-178, 1958.

[6] Park, M. S. and Kim, B. Y., “Feeding behaviour of the starfish, *Asterias amurensis* (Lutken)”, Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 34, 171. (in Korean), 1985.

[7] Fukuyama, A. K. and Oliver, J. S., “Sea star and walrus predation on bivalves in Norton Sound, Bering Sea, Alaska”, *Ophelia*, 24, pp. 17-36, 1985.

[8] 김승희, “불가사리 인식을 위한 TPDR 영역 경계 및 구조적 특징 검출”, 관동대학교 박사학위논문, 2007.

[9] 황선규, “영상처리 프로그래밍 by Visual C++”, 한빛미디어, 2007

[10] 강동중, 하중은, “Visual C++을 이용한 디지털 영상처리”, 사이텍미디어, 2003

참고문헌

[1] 국가환경정보센터, “지구온난화가 한반도에 미치는 영향”, 환경산업기술정보, 2008. 20호

[2] 한국동물학회, “기후변화에 강한 불가사리”, 중부매일신문, 2010년 04월 05일 (월) 20:57:49

[3] 윤대식, “불가사리 활용에 대한 기술동향”, (주)이비뉴스, 2009.08.05 09:30:03.

저자 소개

주 란 희(정회원)



- 1998년 관동대학교 전자계산공학과 (학사)
- 2003년 관동대학교 전자계산공학과 (공학석사)
- 2008년 8월 관동대학교 전자계산공학과 (공학박사 수료) 학위(학, 석, 박사)

<주관심분야 : 전산기구조, 영상처리, 컴퓨터비전>

김 성 락(정회원)



- 1973년 명지대학교 전자공학과(학사)
- 1979년 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1991년 단국대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1981년~1992년 관동대학교 전자계산소장
- 1995년~1997년 관동대학교 이공대학장

• 1981년~현재 관동대학교 컴퓨터공학과 교수
<관심분야 : 전자 전산기 구조, 문자 및 영상인식 등>