



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0117841
(43) 공개일자 2024년08월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06T 7/00 (2017.01) A01K 61/10 (2017.01)
A01K 75/00 (2006.01) G06T 3/40 (2024.01)
G06T 7/11 (2017.01) G06T 7/13 (2017.01)
G06T 7/155 (2017.01) G06T 7/194 (2017.01)
G06T 7/60 (2017.01) G06T 7/70 (2017.01)

(52) CPC특허분류

G06T 7/0004 (2013.01)
A01K 61/10 (2017.01)

(21) 출원번호 10-2023-0010166

(22) 출원일자 2023년01월26일

심사청구일자 2023년01월26일

(71) 출원인

국립부경대학교 산학협력단

부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)

(72) 발명자

이경창

부산광역시 기장군 정관읍 모전1길 9, 304동 601호(정관동일스위트3차)

백수연

부산광역시 남구 유엔평화로41번길 122 썬샤인 에코시티 5차 302호(대연동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

오위환, 나성곤, 정기택

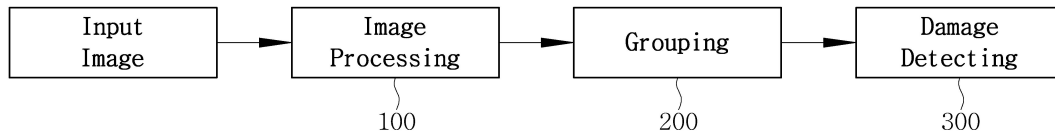
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 메쉬 홀 그룹핑(Mesh-hole Grouping) 알고리즘을 적용하여 인접한 그물코 간의 집합 형성을 통해 촬영된 영역 그대로 그물 파손 검사를 진행할 수 있도록 한 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법에 관한 것으로, MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위하여 적어도 하나의 프로세서를 포함하는 전자 장치가, 입력 이미지에서 그물의 픽셀 값을 0, 그물코의 픽셀 값은 1로 변환한 바이너리 이미지를 출력하는 이미지 프로세싱부; 각 그물코의 좌상단 좌표, 너비, 높이, 넓이를 측정하고 라벨링하고, 측정된 좌표와 너비 및 높이를 이용한 바운딩 박스를 통해 기준 그물코와 인접한 그물코를 탐색하여 집합으로 묶는 메쉬 홀 그룹핑부; 각 그물코 집합에 대해 넓이 비교를 진행하고 임계값 이상으로 탐지된 그물코를 탐색하여 해당 그물코의 위치를 나타내는 그물 파손 검출부;를 포함하는 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

A01K 75/00 (2022.02)
G06T 3/4015 (2024.01)
G06T 7/11 (2017.01)
G06T 7/13 (2017.01)
G06T 7/155 (2017.01)
G06T 7/194 (2017.01)
G06T 7/60 (2013.01)
G06T 7/70 (2017.01)

(72) 발명자

김현희

부산광역시 남구 분포로 113, 233동 1301호(용호동, 엘지메트로시티)

김형준

부산광역시 부산진구 거제대로 37, 204동 2102호(양정동, 현대아파트)

강정호

부산광역시 남구 황령대로492번길 18, 509호(대연동, 영 스퀘어)

케루젤 타티아나

부산광역시 남구 수영로 283, 101동 1704호(대연동, 벽산e-솔렌스힐)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1425170708
과제번호	S3282183
부처명	중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명	한국산학연합회
연구사업명	중소기업연구인력지원
연구과제명	프로젝트기반 로봇융합 스마트제조 인력양성사업
기 여 율	1/1
과제수행기관명	부경대학교산학협력단
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위하여 적어도 하나의 프로세서를 포함하는 전자 장치가,

입력 이미지에서 그물의 픽셀 값을 0, 그물코의 픽셀 값은 1로 변환한 바이너리 이미지를 출력하는 이미지 프로세싱부;

각 그물코의 좌상단 좌표, 너비, 높이, 넓이를 측정하고 라벨링하고, 측정된 좌표와 너비 및 높이를 이용한 바운딩 박스를 통해 기준 그물코와 인접한 그물코를 탐색하여 집합으로 묶는 메쉬 홀 그룹핑부;

각 그물코 집합에 대해 넓이 비교를 진행하고 임계값 이상으로 탐지된 그물코를 탐색하여 해당 그물코의 위치를 나타내는 그물 파손 검출부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 이미지 프로세싱부는,

YCbCr 변환과 CLAHE(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)을 통해 그물 형태를 추출한 후, Otsu Thresholding와 Morpholgy 연산을 통해 바이너리 이미지로 변경 및 그물 형태를 보강을 하고,

픽셀 반전을 통해 그물의 픽셀 값은 0, 그물코의 픽셀 값은 1인 바이너리 이미지를 출력하는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 패조류의 성장을 막기 위해 붉은색의 방오도료를 그물에 도포하는 특성에 따라 RGB channel에서 R Channel과 다른 Channel 간의 색차를 이용하여 그물의 형태를 추출하는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서, RGB 외에 HSV, YCbCr, Lab color space을 통해 그물의 색이 붉지 않아도 그물의 형태를 추출하며, 뒷배경의 노이즈를 줄일 수 있는 color space을 탐색하는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서, RGB를 기반으로 휘도 성분인 Y와 색차 성분인 Cb, Cr로 변환하는 YCbCr color space을 선택하고,

$$Y = 16 + (65.481 \times R) + (128.553 \times G) + (24.966 \times B)$$

$$Cb = 128 - (37.797 \times R) - (74.203 \times G) + (112.0 \times B)$$

$$Cr = 128 + (112.0 \times R) - (93.786 \times G) - (18.124 \times B)$$

각 성분에 대해

$$Y = (K_R \times R) + (K_G \times G) + (K_B \times B)$$

$$C_b = B - Y$$

$$C_r = R - Y$$

으로 정의하고,

Cb는 파란색에서 밝기 성분을 뺀 값, Cr은 붉은색에서 밝기 성분을 뺀 값인 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서, YCbCr color space에서 그물 추출을 위해,

다른 color space의 채널에 비해 그물의 형태를 정확히 추출하고 뒷배경에 대한 노이즈가 적은 Cr 채널을 사용하는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 7

제 2 항에 있어서, 이미지 프로세싱부는,

이미지의 픽셀을 전경과 배경 두 가지 클래스로 분리하고 그 후 각 클래스 내에 intensity의 분산을 최소화하거나 클래스 간의 분산을 최대화 하는 방식을 통해 입력된 이미지에 대해 자동으로 임계값을 계산하는 Otsu Thresholding을 이용하는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 8

제 2 항에 있어서, 이미지 프로세싱부는,

Cr channel에서 haze 영역만 대비가 더욱 낮아져 해당 영역은 배경과 그물 간의 클래스를 분리하기 어려워지는 문제를 해결하기 위하여,

영역별로 이미지의 대비를 증가시키는 CLAHE(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)을 사용하고,

CLAHE는 하나의 이미지를 n-by-n 그리드로 나누고, 각 그리드에 대해 1개의 histogram을 생성하여 픽셀의 분포를 조정하는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 9

제 2 항에 있어서, 이미지 프로세싱부는,

사각형, 타원형 또는 십자형의 구조화 요소 커널을 사용하여 입력된 이미지의 픽셀 형태와 커널 형태를 비교하고, 두 형태가 완전히 겹치지 않을 때 이미지 픽셀 값을 0으로 바꾸는 침식 연산, 픽셀 값을 1로 바꾸는 팽창 연산을 복합적으로 사용하는 Morphology 연산으로 그물의 형태를 보강하는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 메쉬 홀 그룹핑부는,

각 그물코를 구별하고 인접한 그물코를 선별하기 위해 상/하/좌/우/대각의 픽셀 간의 연관성을 비교하며 이를 통해 각 그물코 라벨링을 하고 그물코의 좌상단 좌표, 너비, 높이, 넓이를 측정하는 8-way connectivity를 사용하는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 각 그물코의 좌상단 좌표와 너비, 높이를 통해 출력할 수 있는 바운딩 박스를 이용하고,

각 그물코에 대해 바운딩 박스를 이미지에 나타낼 경우 인접한 그물코 간에는 바운딩 박스가 겹치는 것을 이용하여 하나의 기준 그물코에 대해 바운딩 박스가 겹치는 그물코를 인접한 그물코로 선별하여 최소 2개부터 최대 8개까지 집합을 형성하는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 그물코의 형태가 정사각형 형태로 나타나는 경우에서의 인접한 그물코 간에 바운딩 박스가 겹치지 않는 문제를 해결하기 위하여,

바운딩 박스의 크기를 증감시키는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 13

제 1 항에 있어서, 그물 파손 검출부는,

메쉬 홀 그룹핑부에서 생성된 그물코 집합 배열을 입력받고, 입력된 각 집합 내에서 그물코 간의 넓이 비교를 통하여 그물 파손을 탐지하고,

그물 파손 탐지는,

$$TG = \{HG_i\}, i = 1, 2, \dots, n$$

$$HG_i = \zeta(H_j), j = 1, 2, \dots, m$$

$$A_i = avg(HG_i)$$

$$D_i = H_m - H_{m-1}$$

$$LD = \{LD_1, LD_2, \dots, LD_k\}$$

$$LD_k = [D_i > A_i ? H_m : Null]$$

$$RD = [N(LD_k) > T ? LD_k : Null]$$

으로 정의되고,

TG는 입력되는 전체 그물코 집합, HG_i는 기준 그물코에 대해 인접한 그물코들로 구성된 각 집합이며, H_j는 HG_i를 구성하는 그물코들을 의미하고, ζ(H_j)는 그물코들을 넓이에 따라 오름차순으로 재배열한 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서, A_i, D_i는 HG_i의 평균 넓이와 1번째와 2번째로 넓은 2개의 그물코 간의 넓이 차이이고, LD는 A_i와 D_i의 비교를 통해 잠재적으로 파손이라고 탐지된 그물코들의 집합, N(LD_k)는 LD_k가 탐지된 횟수를 의미하며, RD는 임계값 T를 넘는 N(LD_k)에 대해 LD_k를 실제로 파손된 그물코로 지정하는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 15

제 14 항에 있어서, HG_i 집합 내에는 서로 비슷한 넓이를 가진 그물코들로 구성되고, 집합 내에서 파손이 있을 경우, 최소 그물코 2개의 넓이와 비슷한 것을 이용하여,

HG_i를 그물코의 넓이에 대해 오름차순으로 정렬하여 파손된 그물코가 가장 마지막 원소로 배열되어 H_m이 되며 D_i를 계산하여 A_i와 비교하고,

집합 내에 파손된 그물코가 없을 경우 D_i는 매우 작은 수가 되어 탐지 대상에서 벗어나며, 파손의 크기가 클수록 D_i가 커져 탐지가 되는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치.

청구항 16

적어도 하나의 프로세서를 포함하는 전자 장치에서 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 동작이 수행되고,

YCbCr 색상 모델의 Cr channel과 CLAHE(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)을 사용하여 수중 이미지에서 그물 형태를 추출하고 대비를 증가시키는 단계;

Ostu Thresholding을 통해 이미지를 바이너리 이미지로 변환하고 Morphology 연산을 통해 이진화 과정에서 끊어진 그물을 보강하는 단계;

기준 그물코와 인접한 그물코를 탐색하여 이들을 하나의 집합으로 묶는 Mesh-hole Grouping 기법을 사용하여 Grouping하는 단계;

Mesh-hole Grouping을 통해 묶인 각 그물코 집합의 평균 넓이와 1번째와 2번째로 넓은 2개의 그물코 넓이 차를 비교하여 Damage Detecting하는 단계;

전체 그물코 집합에 대한 비교 연산 후, 모든 집합에서 동일한 그물코에 대해 임계값 이상으로 파손이라고 탐지했을 경우 해당 그물코의 위치를 바운딩 박스를 통해 표시하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 방법.

발명의 설명**기술 분야**

[0001] 본 발명은 수중 그물 파손 탐지에 관한 것으로, 구체적으로 메쉬 홀 그룹핑(Mesh-hole Grouping) 알고리즘을 적용하여 인접한 그물코 간의 집합 형성을 통해 촬영된 영역 그대로 그물 파손 검사를 진행할 수 있도록 한 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 가두리 양식장에서는 양식어가 그물을 깨물거나, 그물 밖의 어류가 양식어류를 사냥하기 위한 포식 활동에 의해 그물의 파손이 발생한다.
- [0003] 또한 그물에 패조류가 성장하면서 그물의 무게가 무거워져 해저면과 마찰에 의해 그물에 구멍이 생기기도 하며, 양식어가 패조류를 뜯어먹으면서 그물에 파손이 생긴다.
- [0004] 이러한 파손은 양식어에 대한 손실을 야기하기 때문에 지속적인 관리와 빠른 대처가 필요하다.
- [0005] 현재 양식장에서는 다이버를 직접 투입하거나 그물 전체를 교체하는 것으로 그물 파손을 관리했다. 하지만, 이는 가두리 양식장의 크기가 클수록 사람이 직접 그물을 관리하는 것은 비효율적이며 그물 교체 또한 어렵다.
- [0006] 이로 인해 최근 무인 잠수정인 ROV(Remotely operated Vehicle) 또는 AUV(Autonomous Underwater Vehicle)를 통해 사람이 직접 수중에 투입되지 않고도 수중 그물 상태를 확인할 수 있고, 이를 통해 획득한 수중 영상으로 그물 파손을 탐지하는 연구가 진행되고 있다.
- [0007] 하지만, 실제 가두리 양식장에서는 조류에 의해 그물이 울렁거릴 뿐만 아니라 ROV와 그물 간의 거리가 일정하지 않다. 이로 인해 획득한 영상에서 그물코 간의 넓이가 서로 다르게 보이는 원근감이 발생하게 된다.
- [0008] 도 1은 원근감으로 인한 그물코 간의 픽셀값 차이를 나타낸 구성도이다.
- [0009] 원근감으로 인해 원래는 모두 같은 넓이로 제작된 그물코가 도 1에서와 같이 카메라에 가까울수록 크게 보이고 멀리 있을수록 작게 보이게 된다.
- [0010] 이는 그물코의 넓이를 통해 그물 파손을 찾고자 할 때, 카메라에 가까운 그물코의 경우 파손이 아님에도 넓이가 넓게 측정되어 오탐을 유발하는 원인이 된다.
- [0011] 이와 같이 실제 양식장에서는 조류로 인해 발생하는 원근감이 발생하며, 이로 인해 그물 파손이 작게 보여 탐지가 어렵거나 정상인 그물이 파손으로 탐지될 수 있으므로 원근감에 대한 해결이 필요하다.
- [0012] 한편, 종래 기술에서는 수중 그물 파손 탐지 연구는 이미지 처리를 이용한 파손 탐지, 딥러닝을 이용한 파손 탐

지가 진행되었다.

- [0013] Yun-peng Zhao et al.은 이미지 처리 기법을 통해 그물 파손을 탐지하였다.
- [0014] ROI(Region of interest) 내의 이미지를 Ostu Thresholding을 이용해 바이너리 이미지로 만들고 그물 구멍 면적에 따른 기울기 히스토그램을 계산하여 그물 파손을 탐지하였다. 설계한 알고리즘 평가를 위해 비선형 파도 수로에서 손상된 그물을 설치하여 그물 파손 탐지 실험을 진행했다.
- [0015] Jeong et al.은 Deep CNN(Deep Convolutional Neural Networks)를 이용해 그물의 찢김 여부를 판단하였다. 타원 생성 함수를 이용해 정상적인 그물 이미지에 찢김 현상을 구현하였다. 훈련 데이터 수를 증가시키기 위해 회전, 반전, 평행이동 등의 Affine transformation과 파도, 조류 등의 움직임 변형을 구현하는 warping 기법을 사용했다. 5-Fold 교차 검증을 통해 4가지의 Deep CNN 비교하는 실험을 진행했다.
- [0016] Liao et al.은 multi-scale fusion과 MobileNet-SSD 모델을 이용하여 수중 이미지를 개선하고 그물 파손을 탐지했다. 이를 위하여 원양 양식장에서는 정상 이미지를 획득하고, 손상된 이미지는 데이터 이미지 처리 소프트웨어와 실내 양식장에 손상된 그물을 설치하여 획득했다. 획득한 이미지를 기반으로 그물 파손 인식에 대해 3개의 CNN 모델을 비교하고 최종적으로 MobilNet-SSD를 사용하여 그물 인식을 진행했다.
- [0017] 그러나 이와 같은 종래 기술의 이미지처리 또는 딥러닝을 통해 그물 파손을 탐지하는 기술들은 원근감을 제거하기 위해 추가적인 이미지 변환 과정을 필요로 하고, 해당 과정 중에서 이미지가 잘리면서 실제 촬영되고 있는 영역에 비해 적은 영역에 대해서만 그물 파손 검사를 진행하게 되는 문제가 있다.
- [0018] 따라서, 수중에서 조류로 인해 발생하는 원근감에 관계없이 가두리 양식장의 그물 파손을 효율적으로 탐지할 수 있도록 하는 새로운 기술의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0019] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2020-0067743호
- (특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2012-0042230호
- (특허문헌 0003) 대한민국 공개특허 제10-2007-0076922호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0020] 본 발명은 종래 기술의 수중 그물 파손 탐지 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 수중에서 조류로 인해 발생하는 원근감에 관계없이 가두리 양식장의 그물 파손을 효율적으로 탐지할 수 있도록 하는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0021] 본 발명은 메쉬 홀 그룹핑(Mesh-hole Grouping) 알고리즘을 적용하여 인접한 그물코 간의 집합 형성을 통해 촬영된 영역 그대로 그물 파손 검사를 진행할 수 있도록 한 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0022] 본 발명은 Mesh-hole Grouping 알고리즘을 적용하여 각 그물코의 바운딩 박스가 인접한 그물코 간에는 겹치는 것을 이용하여 기준 그물코에 대해 인접한 그물코를 탐색하고, 탐색된 그물코와 기준 그물코를 하나의 집합으로 묶음으로써 원근감으로 인해 발생하는 각 그물코 간의 넓이 차이를 줄일 수 있도록 한 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0023] 본 발명은 Mesh-hole Grouping 알고리즘을 적용하여 바이너리 이미지의 그물코를 구별하기 위해 라벨링하고, 바운딩 박스를 이용해 기준 그물코와 인접한 그물코를 선별하여 집합으로 묶고, 형성된 집합 내에서 넓이 비교를 통해 그물 파손을 탐지하고 전체 집합의 탐지 결과를 비교하여 전체 집합에서 동일하게 탐지된 파손의 위치를 최종적으로 이미지에 표시하여 효율적인 그물 파손 검출이 가능하도록 한 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0024] 본 발명의 다른 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0025] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치는 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위하여 적어도 하나의 프로세서를 포함하는 전자 장치가, 입력 이미지에서 그물의 픽셀 값을 0, 그물코의 픽셀 값은 1로 변환한 바이너리 이미지를 출력하는 이미지 프로세싱부; 각 그물코의 좌상단 좌표, 너비, 높이, 넓이를 측정하고 라벨링하고, 측정된 좌표와 너비 및 높이를 이용한 바운딩 박스를 통해 기준 그물코와 인접한 그물코를 탐색하여 집합으로 묶는 메쉬 홀 그룹핑부; 각 그물코 집합에 대해 넓이 비교를 진행하고 임계값 이상으로 탐지된 그물코를 탐색하여 해당 그물코의 위치를 나타내는 그물 파손 검출부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 방법은 적어도 하나의 프로세서를 포함하는 전자 장치에서 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 동작이 수행되고, YCbCr 색상 모델의 Cr channel과 CLAHE(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)을 사용하여 수중 이미지에서 그물 형태를 추출하고 대비를 증가시키는 단계; Ostu Thresholding을 통해 이미지를 바이너리 이미지로 변환하고 Morphology 연산을 통해 이진화 과정에서 끊어진 그물을 보강하는 단계; 기준 그물코와 인접한 그물코를 탐색하여 이들을 하나의 집합으로 묶는 Mesh-hole Grouping 기법을 사용하여 Grouping하는 단계; Mesh-hole Grouping을 통해 묶인 각 그물코 집합의 평균 넓이와 1번째와 2번째로 넓은 2개의 그물코 넓이차를 비교하여 Damage Detecting하는 단계; 전체 그물코 집합에 대한 비교 연산 후, 모든 집합에서 동일한 그물코에 대해 임계값 이상으로 파손이라고 탐지했을 경우 해당 그물코의 위치를 바운딩 박스를 통해 표시하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0027] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0028] 첫째, 수중에서 조류로 인해 발생하는 원근감에 관계없이 가두리 양식장의 그물 파손을 효율적으로 탐지할 수 있도록 한다.

[0029] 둘째, 메쉬 홀 그룹핑(Mesh-hole Grouping) 알고리즘을 적용하여 인접한 그물코 간의 집합 형성을 통해 추가적인 이미지 변환 과정 없이 촬영된 영역 그대로 그물 파손 검사를 진행할 수 있도록 한다.

[0030] 셋째, Mesh-hole Grouping 알고리즘을 적용하여 각 그물코의 바운딩 박스가 인접한 그물코 간에는 겹치는 것을 이용하여 기준 그물코에 대해 인접한 그물코를 탐색하고, 탐색된 그물코와 기준 그물코를 하나의 집합으로 묶음으로써 원근감으로 인해 발생하는 각 그물코 간의 넓이 차이를 줄일 수 있도록 한다.

[0031] 넷째, Mesh-hole Grouping 알고리즘을 적용하여 바이너리 이미지의 그물코를 구별하기 위해 라벨링하고, 바운딩 박스를 이용해 기준 그물코와 인접한 그물코를 선별하여 집합으로 묶고, 형성된 집합 내에서 넓이 비교를 통해 그물 파손을 탐지하고 전체 집합의 탐지 결과를 비교하여 전체 집합에서 동일하게 탐지된 파손의 위치를 최종적으로 이미지에 표시하여 효율적인 그물 파손 검출이 가능하도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 원근감으로 인한 그물코 간의 픽셀값 차이를 나타낸 구성도

도 2는 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치의 구성도

도 3은 그물코 측정값 설명을 위한 구성도

도 4는 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 방법을 나타낸 플로우 차트

도 5는 본 발명에 따른 이미지 프로세싱 과정을 나타낸 흐름도

도 6은 RGB를 이용한 그물 추출의 일 예를 나타낸 구성도

도 7은 다양한 color space에서 그물 추출의 예를 나타낸 구성도

도 8은 Otsu Thresholding 과정을 나타낸 구성도

도 9는 Morphology 연산 결과를 나타낸 구성도

도 10은 그물코 라벨링 결과를 나타낸 구성도

도 11은 각 그물코에 대해 바운딩 박스를 이미지에 나타낸 구성도

도 12는 준 그물코에 대해 바운딩 박스가 겹치는 그물코는 인접한 그물코로 선별한 집합의 일 예를 나타낸 구성도

도 13은 바운딩 박스 크기 증감의 일 예를 나타낸 구성도

도 14는 파손의 위치를 붉은색 바운딩 박스를 사용하여 나타낸 구성도

도 15는 정상 그물 이미지와 파손 생성 결과를 나타낸 구성도

도 16은 붉은색 바운딩 박스를 이용하여 생성된 파손 위치를 모두 나타낸 구성도

도 17은 20도 회전으로 후 일부가 검은색으로 대체된 이미지 구성도

도 18은 sine 변환 적용 결과를 나타낸 구성도

도 19는 임계값 T에 따른 알고리즘의 정확도, 정밀도, 재현도 변화 그래프

도 20은 Image Prcessing 과정에서 그물 형태 손실로 인한 FP 결과를 나타낸 구성도

도 21은 바운딩 박스 증감에 따른 잘못된 집합 형성의 일 예를 나타낸 구성도

도 22는 실제 파손에 대한 그물 파손 탐지 실험을 위한 실험 기구의 일 예를 나타낸 구성도

도 23은 실제 파손 탐지 결과를 나타낸 구성도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하, 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0034] 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.

[0035] 도 2는 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치의 구성도이고, 도 3은 그물코 측정값 설명을 위한 구성도이다.

[0036] 본 개시에서 사용되는 용어는 본 개시에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 개시에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 개시의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0037] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0038] 특히, 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위들은 적어도 하나의 프로세서를 포함하는 전자 장치로 구현될 수 있고, 기능이나 동작을 처리하는 방식에 따라 전자 장치에 적어도 하나의 주변 장치가 연결될 수 있다. 주변 장치들은 데이터 입력 장치, 데이터 출력 장치, 데이터 저장 장치를 포함할 수 있다.

[0039] 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법은 수중에서 조류로 인해 발생하는 원근감에 관계없이 가두리 양식장의 그물 파손을 효율적으로 탐지할 수 있도록 한 것이다.

[0040] 이를 위하여, 본 발명은 메쉬 홀 그룹핑(Mesh-hole Grouping) 알고리즘을 적용하여 인접한 그물코 간의 집합 형성을 통해 촬영된 영역 그대로 그물 파손 검사를 진행할 수 있도록 하는 구성을 포함할 수 있다.

- [0041] 본 발명은 Mesh-hole Grouping 알고리즘을 적용하여 각 그물코의 바운딩 박스가 인접한 그물코 간에는 겹치는 것을 이용하여 기준 그물코에 대해 인접한 그물코를 탐색하고, 탐색된 그물코와 기준 그물코를 하나의 집합으로 묶음으로써 원근감으로 인해 발생하는 각 그물코 간의 넓이 차이를 줄일 수 있도록 하는 구성을 포함할 수 있다.
- [0042] 본 발명은 효율적인 그물 파손 검출이 가능하도록 하기 위하여, Mesh-hole Grouping 알고리즘을 적용하여 바이너리 이미지의 그물코를 구별하기 위해 라벨링하고, 바운딩 박스를 이용해 기준 그물코와 인접한 그물코를 선별하여 집합으로 묶고, 형성된 집합 내에서 넓이 비교를 통해 그물 파손을 탐지하고 전체 집합의 탐지 결과를 비교하여 전체 집합에서 동일하게 탐지된 파손의 위치를 최종적으로 이미지에 표시하는 구성을 포함할 수 있다.
- [0043] 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치는 도 2에서와 같이, 입력 이미지에서 그물의 픽셀 값을 0, 그물코의 픽셀 값은 1로 변환한 바이너리 이미지를 출력하는 이미지 프로세싱부(Image Processing)(100)와, 각 그물코의 좌상단 좌표, 너비, 높이, 넓이를 측정하고 라벨링하고, 측정된 좌표와 너비 및 높이를 이용한 바운딩 박스를 통해 기준 그물코와 인접한 그물코를 탐색하여 집합으로 묶는 메쉬 홀 그룹핑부(Mesh-hole Grouping)(200)와, 각 그물코 집합에 대해 넓이 비교를 진행하고 임계값 이상으로 탐지된 그물코를 탐색하여 해당 그물코의 위치를 나타내는 그물 파손 검출부(Damage Detecting)(300)를 포함한다.
- [0044] 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0045] 도 4는 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 방법을 나타낸 플로우차트이다.
- [0046] 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 방법은 크게 이미지 프로세싱(Image Processing) 단계, 메쉬 홀 그룹핑(Mesh-hole Grouping) 단계, 그물 파손 검출(Damage Detecting) 단계를 포함한다.
- [0047] Image Processing 단계에서는 수중 이미지에서 그물 형태를 추출하고 대비를 증가시키기 위해 YCbCr 색상 모델의 Cr channel과 CLAHE(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)을 사용한다.(S401)
- [0048] Otsu Thresholding을 통해 이미지를 바이너리 이미지로 변환하고 Morphology 연산을 통해 이진화 과정에서 끊어진 그물을 보강한다.(S402)
- [0049] 이어, Grouping 단계에서는 기준 그물코와 인접한 그물코를 탐색하여 이들을 하나의 집합으로 묶는 Mesh-hole Grouping 기법을 사용한다.(S403)
- [0050] 이를 통해 양식장의 수중 환경에서 조류로 인해 이미지에 그물코 간의 원근감이 발생하여도 그물 파손 탐지가 가능하다. 또한, 원근감을 없애기 위해 이미지를 변환[6]하지 않고 그물 파손 탐지가 가능하다.
- [0051] 그리고 Damage Detecting 단계에서는 Mesh-hole Grouping을 통해 묶인 각 그물코 집합의 평균 넓이와 1번째와 2번째로 넓은 2개의 그물코 넓이 차를 비교한다.(S404)
- [0052] 이어, 전체 그물코 집합에 대한 비교 연산 후, 모든 집합에서 동일한 그물코에 대해 임계값 이상으로 파손이라고 탐지했을 경우 해당 그물코의 위치를 바운딩 박스를 통해 나타낸다.(S405)
- [0053] 이미지 프로세싱(Image Processing) 단계를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0054] 도 5는 본 발명에 따른 이미지 프로세싱 과정을 나타낸 흐름도이다.
- [0055] YCbCr 변환과 CLAHE(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)을 통해 그물 형태를 추출한 후, Otsu Thresholding와 Morpholgy 연산을 통해 바이너리 이미지로 변경 및 그물 형태를 보강을 한다.
- [0056] 이후, 픽셀 반전을 통해 그물의 픽셀 값은 0, 그물코의 픽셀 값은 1인 바이너리 이미지를 출력한다.
- [0057] YCbCr color space에 관하여 설명하면 다음과 같다.
- [0058] 도 6은 RGB를 이용한 그물 추출의 일 예를 나타낸 구성도이다.
- [0059] 실제 양식장에 설치된 그물은 패조류의 성장을 막기 위해 붉은색의 방오도료를 그물에 도포한다. 이러한 양식장 그물의 특성에 따라 RGB channel에서 R Channel과 다른 Channel 간의 색차를 이용하여 그물의 형태를 추출한다.
- [0060] 패조류가 없고 방오도료가 잘 부착되어 있는 깨끗한 그물은 RGB 채널 간의 색차를 이용해 도 6의 (a)와 같이 그

물 형태를 추출할 수 있다.

[0061] 하지만 방오도료가 점차 벗겨져 패조류가 자라거나, 배경에 다른 물체들이 있는 경우 도 6의 (b),(c)와 같이 RGB color space을 이용했을 때 각 상황마다 적절한 색차 이미지가 달라지며, 그물을 추출하기 어렵다.

[0062] 따라서, RGB 외에 HSV, YCbCr, Lab color space을 통해 그물의 색이 붉지 않아도 그물의 형태를 추출하며, 뒷배경의 노이즈를 줄일 수 있는 color space을 탐색한다.

[0063] 그 중 RGB를 기반으로 수학적 식 1에 따라 휘도 성분인 Y와 색차 성분인 Cb, Cr로 변환하는 YCbCr color space을 선택한다.

수학적 식 1

$$Y = 16 + (65.481 \times R) + (128.553 \times G) + (24.966 \times B)$$

$$Cb = 128 - (37.797 \times R) - (74.203 \times G) + (112.0 \times B)$$

$$Cr = 128 + (112.0 \times R) - (93.786 \times G) - (18.124 \times B)$$

[0064]

[0065] 각 성분에 대해 수학적 식 2로 나타낼 수 있으며 Cb는 파란색에서 밝기 성분을 뺀 값, Cr은 붉은색에서 밝기 성분을 뺀 값이다.

수학적 식 2

$$Y = (K_R \times R) + (K_G \times G) + (K_B \times B)$$

$$C_b = B - Y$$

$$C_r = R - Y$$

[0066]

[0067] 도 7은 다양한 color space에서 그물 추출의 예를 나타낸 구성도이다.

[0068] 특히, YCbCr color space에서 Cr channel은 도 7과 같이 다른 color space의 채널에 비해 그물의 형태를 정확히 추출하고 뒷배경에 대한 노이즈가 적은 것을 확인할 수 있다.

[0069] 이에 따라 최종적으로 그물 추출을 위해 YCbCr color space의 Cr 채널을 사용한다.

[0070] Otsu Thresholding 과정을 설명하면 다음과 같다.

[0071] 도 8은 Otsu Thresholding 과정을 나타낸 구성도이다.

[0072] 이미지를 바이너리 이미지로 변환하기 위해 가장 많이 사용되는 방법은 지정된 임계값을 기준으로 픽셀의 값을 0과 1로 나누는 것으로 이를 Thresholding이라 한다.

[0073] 임계값에 따라 바이너리 이미지의 출력물이 달라지며 모든 상황에 적절한 바이너리 이미지를 출력하는 임계값을 찾는 것은 어렵다. 이러한 문제를 해결하는 Thresholding 알고리즘이 Otsu Thresholding이다.

[0074] Otsu Thresholding은 이미지의 픽셀을 전경과 배경 두 가지 클래스로 분리한다. 그 후 각 클래스 내에 intensity의 분산을 최소화하거나 클래스 간의 분산을 최대화 하는 방식을 통해 이미지에 가장 적절한 임계값을 선택한다.

[0075] 이처럼 입력된 이미지에 대해 자동으로 임계값을 계산하는 Otsu Thresholding은 바이너리 이미지를 통한 이미지 처리에 유용하다.

[0076] 본 발명에서 사용하는 Cr channel은 대비가 매우 낮은 특성을 가진다.

[0077] 또한, 도 8의 (a)와 같이 수중의 탁한 환경으로 인해 이미지에 haze가 있을 경우, Cr channel에서 haze 영역만

대비가 더욱 낮아져 해당 영역은 배경과 그물 간의 클래스를 분리하기 어려워진다.

- [0078] 이로 인해 도 8의 (c)처럼 Thresholding을 거친 후 haze 영역의 그물 형태가 손실되는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 영역별로 이미지의 대비를 증가시키는 CLAHE(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0079] CLAHE는 하나의 이미지를 n-by-n 그리드로 나누고, 각 그리드에 대해 1개의 histogram을 생성하여 픽셀의 분포를 조정한다. 전체 이미지에 대해 1개의 histogram을 이용하여 픽셀의 분포를 조정하는 Histogram Equalization에 비해 부드러운 대비 증가가 가능하여 Equalization 과정 중 발생하는 노이즈 또한 줄일 수 있다.
- [0080] Morphology 연산에 관하여 설명하면 다음과 같다.
- [0081] 도 9는 Morphology 연산 결과를 나타낸 구성도이다.
- [0082] Morphology는 영상 분야에서 노이즈 제거를 위해 사용되는 형태학적 연산이다.
- [0083] 사각형, 타원형 또는 십자형의 구조화 요소 커널을 사용하여 입력된 이미지의 픽셀 형태와 커널 형태를 비교한다. 두 형태가 완전히 겹치지 않을 때 이미지 픽셀 값을 0으로 바꾸는 것이 침식 연산, 픽셀 값을 1로 바꾸는 것을 팽창 연산이라 한다. 침식 연산은 어두운 영역의 노이즈를 제거하고, 팽창 연산은 밝은 영역의 노이즈를 제거한다.
- [0084] 이러한 침식 연산과 팽창 연산을 복합적으로 사용하여 노이즈 제거와 그림 8과 같이 그물의 형태를 보강할 수 있다.
- [0085] 메쉬 홀 그룹핑(Mesh-hole Grouping) 단계를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0086] 도 10은 그물코 라벨링 결과를 나타낸 구성도이다.
- [0087] Mesh-hole Grouping은 수중 환경에서 조류로 인한 그물의 울렁거림으로 발생하는 원근감을 해결하기 위한 것이다.
- [0088] 원근감으로 인한 그물코 넓이 차이는 그물코 간의 거리가 멀수록 두드러지게 나타나고, 인접할수록 넓이 차이는 근소하다. 이에 따라 하나의 그물코에 대해 인접한 그물코들을 선별하고 집합으로 형성하는 것이다.
- [0089] 각 그물코를 구별하고 인접한 그물코를 선별하기 위해 8-way connectivity를 사용하여 도 10에서와 같이 그물코들을 라벨링한다.
- [0090] 8-way connectivity는 상/하/좌/우/대각의 픽셀 간의 연관성을 비교하며 이를 통해 각 그물코 라벨링 뿐만 아니라 그물코의 좌상단 좌표, 너비, 높이, 넓이 또한 측정할 수 있다.
- [0091] 도 11은 각 그물코에 대해 바운딩 박스를 이미지에 나타낸 구성도이고, 도 12는 준 그물코에 대해 바운딩 박스가 겹치는 그물코는 인접한 그물코로 선별한 집합의 일 예를 나타낸 구성도이다.
- [0092] 본 발명은 그리드를 나누지 않고도 인접한 그물코를 선별할 수 있도록 한 것으로, 이를 위해 각 그물코의 좌상단 좌표와 너비, 높이를 통해 출력할 수 있는 바운딩 박스를 이용한다.
- [0093] 각 그물코에 대해 바운딩 박스를 이미지에 나타낼 경우, 도 11에서와 같이 인접한 그물코 간에는 바운딩 박스가 겹치는 것을 확인할 수 있다.
- [0094] 따라서 하나의 기준 그물코에 대해 바운딩 박스가 겹치는 그물코는 인접한 그물코로 선별할 수 있으며, 인접한 그물코의 개수는 도 12에서와 같이 최소 2개부터 최대 8개까지 선별되어 집합을 형성할 수 있다.
- [0095] 도 13은 바운딩 박스 크기 증감의 일 예를 나타낸 구성도이다.
- [0096] 그물코의 형태가 도 13에서와 같이 정사각형 형태로 나타나는 경우 인접한 그물코 간에도 바운딩 박스가 겹치지 않는 문제가 발생할 수 있으나, 바운딩 박스의 크기를 증감시킴으로써 해결할 수 있다.
- [0097] 이를 통해 원근감으로 인해 그물코 간의 넓이 차이가 생겨도 넓이를 이용한 그물 파손 탐지가 가능하며, 원근감을 없애기 위한 변환 과정이 필요 없다.
- [0098] Mesh-hole Grouping 기법에 대한 Pseudo code는 표 1과 같다.

표 1

Algorithm Mesh-hole Grouping

```

1  Input Binary image data
2  Initialize :
3  N(L) = Number of label
4  X, Y, W, H, A = Mesh-hole's left-top point, width, height, area
5  HG = {H1, H2, H3, ..., Hm}, Adjacent mesh-hole group
6  TG = {HG1, HG2, HG3, ..., HGn}, Total mesh-hole group
7
8  for i from 1 to Number of label
9      Make a i-th mesh-hole standard bounding box, Si
10     Increase Si size
11     for j from 1 to Number of label
12         Make j-th mesh-hole bounding box, Hj
13         Increase Hj size
14         If occlusion Si and Hj
15             Input Hj in HGi
16     end for
17     Input HGi in TG
18 end for

```

[0099]

[0100] 그물 파손 검출(Damage Detecting) 단계를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0101] 도 14는 파손의 위치를 붉은색 바운딩 박스를 사용하여 나타낸 구성도이다.

[0102] 그물의 파손은 다양한 원인에 의해 그물이 끊어지면서 생기는 것으로 파손된 그물코는 인접한 그물코에 비해 넓이가 넓어진다.

[0103] 이에 따라 Damage Detecting 단계에는 수학적 3 내지 수학적 8에 따라서 Grouping 단계에서 생성된 그물코 집합 배열을 입력받고, 입력된 각 집합 내에서 그물코 간의 넓이 비교를 통하여 그물 파손을 탐지한다.

수학적 3

[0104]

$$TG = \{HG_i\}, i = 1, 2, \dots, n$$

수학적 4

[0105]

$$HG_i = \zeta(H_j), j = 1, 2, \dots, m$$

수학식 5

[0106]

$$A_i = \text{avg}(HG_i)$$

수학식 6

[0107]

$$D_i = H_m - H_{m-1}$$

수학식 7

[0108]

$$\begin{aligned} LD &= \{LD_1, LD_2, \dots, LD_k\} \\ LD_k &= [D_i > A_i ? H_m : Null] \end{aligned}$$

수학식 8

[0109]

$$RD = [N(LD_k) > T ? LD_k : Null]$$

- [0110] 수학식 3의 TG는 Damage Detecting 단계에 입력되는 전체 그물코 집합을 의미하며 수학식 4의 H_i 는 기준 그물코에 대해 인접한 그물코들로 구성된 각 집합이며, H_j 는 H_i 를 구성하는 그물코들을 의미하고 $\zeta(H_j)$ 는 그물코들을 넓이에 따라 오름차순으로 재배열한 것이다.
- [0111] 수학식 5 및 수학식 6의 A_i , D_i 는 H_i 의 평균 넓이와 1번째와 2번째로 넓은 2개의 그물코 간의 넓이 차이이다.
- [0112] 수학식 7의 LD는 A_i 와 D_i 의 비교를 통해 잠재적으로 파손이라고 탐지된 그물코들의 집합이다.
- [0113] 수학식 8의 $N(LD_k)$ 는 LD_k 가 탐지된 횟수를 의미하며, RD는 임계값 T를 넘는 $N(LD_k)$ 에 대해 LD_k 를 실제로 파손된 그물코로 지정한다.
- [0114] H_i 집합 내에는 서로 비슷한 넓이를 가진 그물코들로 구성되어 있을 것이며 이러한 집합 내에서 파손이 있을 경우, 최소 그물코 2개의 넓이와 비슷할 것이다.
- [0115] 이에 따라 H_i 를 그물코의 넓이에 대해 오름차순으로 정렬하면 파손된 그물코가 가장 마지막 원소로 배열되어 H_m 이 되며 D_i 를 계산하여 A_i 와 비교한다.
- [0116] 집합 내에 파손된 그물코가 없을 경우 D_i 는 매우 작은 수가 되어 탐지 대상에서 벗어나며, 파손의 크기가 클수록 D_i 가 커져 쉽게 탐지할 수 있다. 하지만 이미지의 테두리에 위치하는 그물코들은 그물코가 잘리면서 크기가 작아지기 때문에 해당 집합에 포함된 파손되지 않은 그물코가 파손으로 탐지될 수 있다.
- [0117] 따라서, T를 사용해 일정 횟수 이상 탐지된 경우만 실제 파손으로 분류하며 도 14에서와 같이 파손의 위치를 붉은색 바운딩 박스를 사용하여 나타낸다.
- [0118] 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법을 적용한 그물 파손 탐지 실험에 관하여 설명하면 다음과 같다.
- [0119] 도 15는 정상 그물 이미지와 파손 생성 결과를 나타낸 구성도이고, 도 16은 붉은색 바운딩 박스를 이용하여 생

성된 파손 위치를 모두 나타낸 구성도이다.

- [0120] 본 발명에 따른 Mesh-hole Grouping 알고리즘을 통한 그물 파손 탐지 실험을 위해 실제 양식장에서 수중 그물 영상을 획득하고 그물 이미지를 수집하였다.
- [0121] 양식장의 그물 파손은 어류의 물어뜯음이나 쓸림에 등에 의해 발생하지만, 이러한 원인으로 인해 파손이 발생할 때까지는 꽤 오랜 시간이 걸린다.
- [0122] 이로 인해 수중에서 실제 파손된 그물 이미지를 수집하는 것은 어려운 작업이다. 따라서 도 15에서와 같이 수집한 정상 그물 이미지에 포토샵을 이용해 파손을 생성하였다.
- [0123] 해당 파손들에 대해 Mesh-hole Grouping 알고리즘은 도 16과 같이 붉은색 바운딩 박스를 이용하여 생성된 파손 위치를 모두 나타내었다.
- [0124] 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법이 평가를 다음과 같이 진행하였다.
- [0125] 도 17은 20도 회전으로 후 일부가 검은색으로 대체된 이미지 구성도이고, 도 18은 sine 변환 적용 결과를 나타낸 구성도이다.
- [0126] 먼저, 평가 데이터셋 구축에 관하여 설명하면 다음과 같다.
- [0127] 그물 파손 탐지 알고리즘 평가를 위해 Data Augmentation을 통해 정상 그물 이미지와 파손된 그물 이미지를 증감시켰다. Data augmentation은 사용자의 데이터셋을 회전, 반전, 색 변환, 확대/축소 등과 같이 다양한 방법을 통해 규모를 키우는 방법을 의미한다. 딥러닝 모델의 훈련 데이터셋 규모를 키움으로써 모델의 정확도를 높이고 overfitting을 줄이기 위한 방법으로 주로 사용되고 있다.
- [0128] 본 발명에서는 Affine Transform, sine 변환을 사용하여 데이터를 증감하고 다양한 조건에서 Mesh-hole grouping 알고리즘을 평가한다.
- [0129] Affine Transform은 2-by-3 행렬을 사용하며 6개의 원소를 통해 이미지를 변환하는 방법이다. Transform의 결과물들은 모두 평행사변형 형태로 나타나며, 이동 변환, 크기 변환, 대칭 변환, 회전 변환이 이에 속한다.
- [0130] 본 발명에서는 대칭 변환, 회전 변환만 사용하며, 수학식 9와 수학식 10의 변환 행렬에 따라 이미지를 회전 및 대칭시킬 수 있다.

수학식 9

$$M = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \end{bmatrix}$$

[0131]

수학식 10

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & a \\ 0 & 1 & b \end{bmatrix}, M = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \end{bmatrix}$$

[0132]

- [0133] 이미지에 회전 변환을 적용할 시 도 17과 같이 이미지의 일부분이 검은색으로 대체된다. 이를 제거하기 위해 경계선의 픽셀 값으로 해당 영역을 대체하거나 원본 이미지를 이어 붙여 없앨 수 있으나 그물 파손 탐지 실험에서 오탐을 유발하는 원인이 될 수 있으므로 +90°, -90° 회전 변환만 사용한다.
- [0134] Mesh-hole Grouping 알고리즘은 수중 환경에서 조류로 인해 발생하는 원근감을 해결하기 위한 것이다.
- [0135] 따라서 이미지에 파도나 조류로 인한 그물의 울렁거림을 나타낼 수 있도록 Sine 변환을 사용한다.
- [0136] Affine Transform과 Sine 변환을 사용해 표 2와 같이 정상 이미지 240장, 파손이 있는 이미지 360장으로 총

600장의 데이터셋을 구축하였다.

표 2

Image Property	Number of Data
Normal	240
Damaged	360
All Image	600

[0137]

[0138] Confusion Matrix를 통한 평가 및 분석에 관하여 설명하면 다음과 같다.

[0139] 평가 데이터셋을 이용한 그물 파손 탐지 결과를 Confusion Matrix 분류하였다.

[0140] Confusion Matrix는 실제 결과값과 모델의 예측값을 비교하여 모델이 얼마나 정확한 예측값을 도출하는지를 평가할 수 있는 matrix이다. TP(True Positives), FN(False Negatives), FP(False Positives), TN(True Negatives)로 결과를 분류한다.

[0141] 본 발명에서 TP는 실제 파손 개수와 탐지된 파손 개수가 동일한 경우, FN은 실제 파손 개수보다 탐지된 파손 개수가 적은 경우, FP는 실제 파손 개수보다 탐지된 파손 개수가 많은 경우, TN은 실제 파손이 없는 정상이며 탐지된 파손도 없는 경우로 표 3과 같이 분류한다.

표 3

탐지 결과값		
	P	N
P	TP $N(Real) = N(Detect)$	FN $N(Real) < N(Detect)$
N	FP $N(Real) > N(Detect)$	TN $N(Real) = 0 \& N(Detect) = 0$

[0142] $N(Real)$: 실제 파손 개수, $N(Detect)$: 탐지된 파손 개수

[0143] 분류된 결과에 따라 모델의 정확도, 정밀도, 재현도를 분석할 수 있다.

[0144] 정확도는 전체 중 알고리즘이 바르게 탐지한 비율, 정밀도는 알고리즘이 파손이라고 탐지한 것 중 실제 파손이었던 비율, 재현도는 실제 파손인 것 중 알고리즘이 파손이라고 탐지한 비율을 의미하며 수학적 11, 수학적 12, 수학적 13으로 나타낸다.

수학식 11

$$\text{정확도} = \frac{TP + TN}{TP + FN + FP + TN}$$

수학식 12

$$\text{정밀도} = \frac{TP}{TP + FP}$$

수학식 13

$$\text{재현도} = \frac{TP}{TP + FN}$$

Damage Detecting 단계의 임계값, T를 2에서 7로 변화시키면서 알고리즘의 탐지 결과를 Confusion Matrix로 정리하고 각 결과의 정확도, 정밀도, 재현도를 도 19의 그래프로 나타내었다.

도 19는 임계값 T에 따른 알고리즘의 정확도, 정밀도, 재현도 변화 그래프이고, 도 20은 Image Processing 과정에서 그물 형태 손실로 인한 FP 결과를 나타낸 구성도이다.

T가 4 미만인 경우, 도 20에서와 같이 Image Processing 단계에서 그물 형태가 손실되어 파손된 것처럼 보이는 그물코를 모두 파손되었다고 탐지함으로써 재현도는 높지만 정밀도, 정확도가 낮게 나타났다.

T가 5 이상인 경우, 도 21과 같이 바운딩 박스의 크기 증감에 따른 잘못된 집합 형성과 더불어 작은 파손에 대한 탐지율이 낮아지면서 정밀도는 높아지지만 이미지의 모든 파손을 탐지할 수 없으므로 정확도와 재현도가 낮게 나타났다.

도 21은 바운딩 박스 증감에 따른 잘못된 집합 형성의 일 예를 나타낸 구성도이다.

임계값, T가 4일 때 정확도가 가장 높지는 않으나 정확도, 정밀도, 재현도가 모두 고르게 나타나므로 현재 알고리즘에서 안정적인 임계값으로 결정하였다.

임계값이 4일 때, 분류 결과는 표 4와 같으며 그물 파손 탐지 알고리즘의 정확도는 0.86, 정밀도는 0.86, 재현도는 0.89로 나타났다.

표 4

		탐지 결과값	
		P	N
실제값	P	292	37
	N	46	225

실제 파손에 대한 그물 파손 탐지 실험에 관하여 설명하면 다음과 같다.

도 22는 실제 파손에 대한 그물 파손 탐지 실험을 위한 실험 기구의 일 예를 나타낸 구성도이고, 도 23은 실제 파손 탐지 결과를 나타낸 구성도이다.

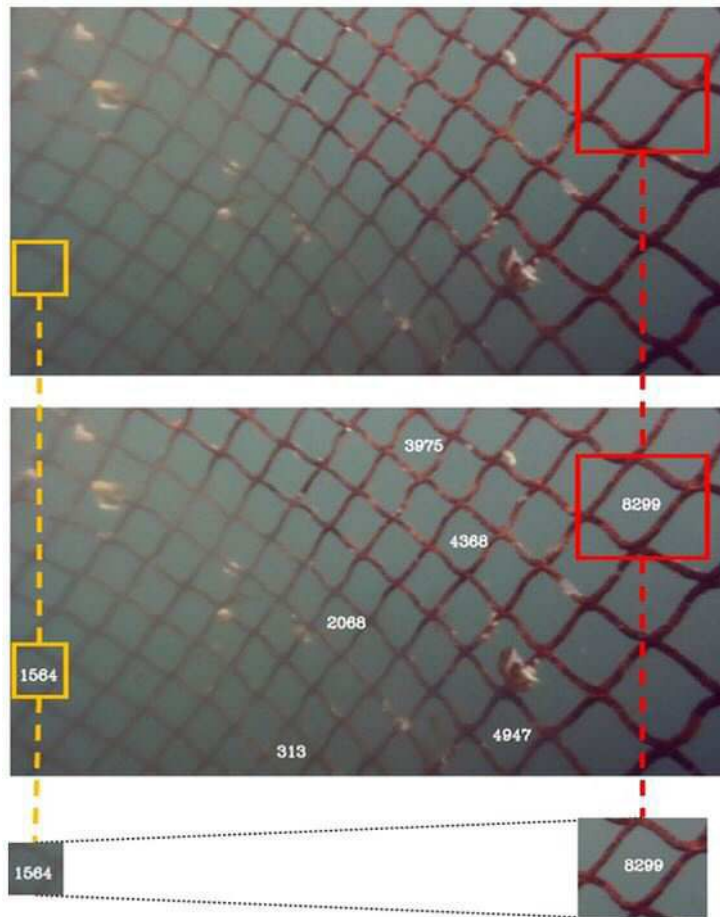
- [0158] 양식장에서 획득할 수 없었던 실제 파손에 대한 탐지 실험을 진행하기 위해, 직접 그물을 구입하여 파손을 만들었다. 그물은 실제 양식장에서 방오도로로 인해 붉은색을 띄는 그물과 동일하도록 붉은 그물로 선택하였다. 그물을 수중에 띄우기 위해 도 22와 같은 실험기구를 제작하였다. 실험기구는 그물을 걸 수 있는 1m 길이의 프레임과 수중에 띄우기 위한 3개의 부표로 구성되어 있다. 실험기구에 직접 파손을 만든 그물을 걸고 수중에 투입하여 실제 파손 이미지 또한 수집하였다.
- [0159] 수집한 이미지들을 통해 파손 탐지 실험을 진행한 결과는 도 23과 같다. 실제 그물 파손에 대해서 Mesh-hole Grouping 알고리즘은 파손을 탐지하고 위치를 빨간색 바운딩 박스를 이용해 표시하였다.
- [0160] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 MHG 알고리즘을 이용한 양식장의 그물 파손 탐지를 위한 장치 및 방법은 Mesh-hole Grouping 알고리즘을 적용하여 각 그물코의 바운딩 박스가 인접한 그물코 간에는 겹치는 것을 이용하여 기준 그물코에 대해 인접한 그물코를 탐색하고, 탐색된 그물코와 기준 그물코를 하나의 집합으로 묶음으로써 원근감으로 인해 발생하는 각 그물코 간의 넓이 차이를 줄일 수 있도록 한 것이다.
- [0161] 본 발명은 Mesh-hole Grouping 알고리즘을 적용하여 바이너리 이미지의 그물코를 구별하기 위해 라벨링하고, 바운딩 박스를 이용해 기준 그물코와 인접한 그물코를 선별하여 집합으로 묶고, 형성된 집합 내에서 넓이 비교를 통해 그물 파손을 탐지하고 전체 집합의 탐지 결과를 비교하여 전체 집합에서 동일하게 탐지된 파손의 위치를 최종적으로 이미지에 표시하여 효율적인 그물 파손 검출이 가능하도록 한 것이다.
- [0162] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [0163] 그러므로 명시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 하고, 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구 범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

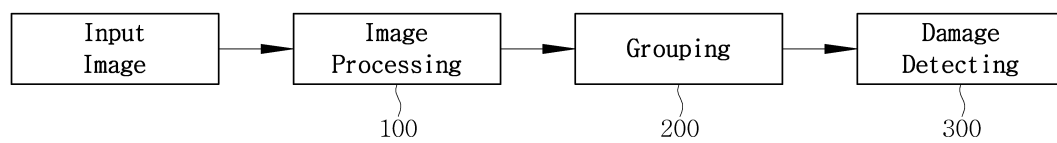
- [0164] 100. 이미지 프로세싱부
200. 메쉬 홀 그룹핑부
300. 그물 파손 검출부

도면

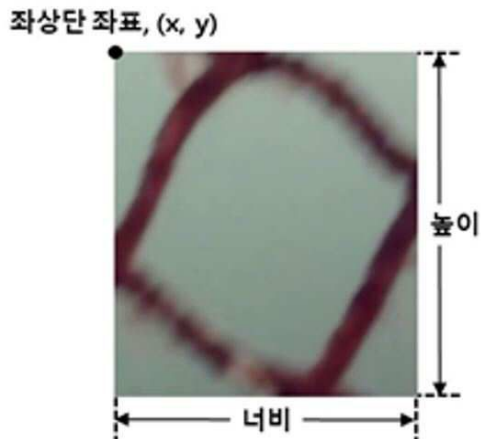
도면1



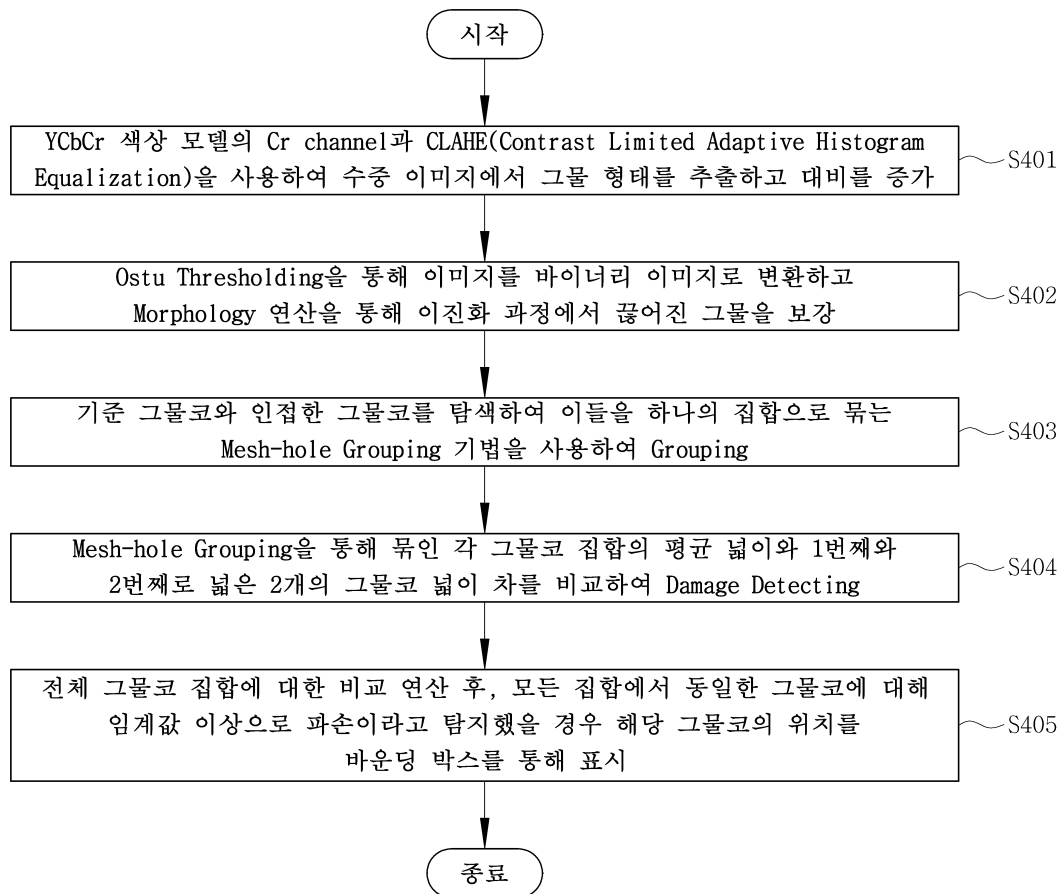
도면2



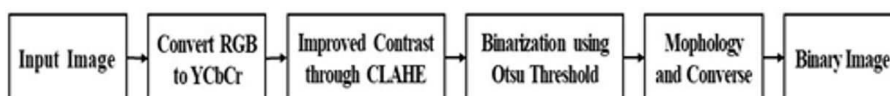
도면3



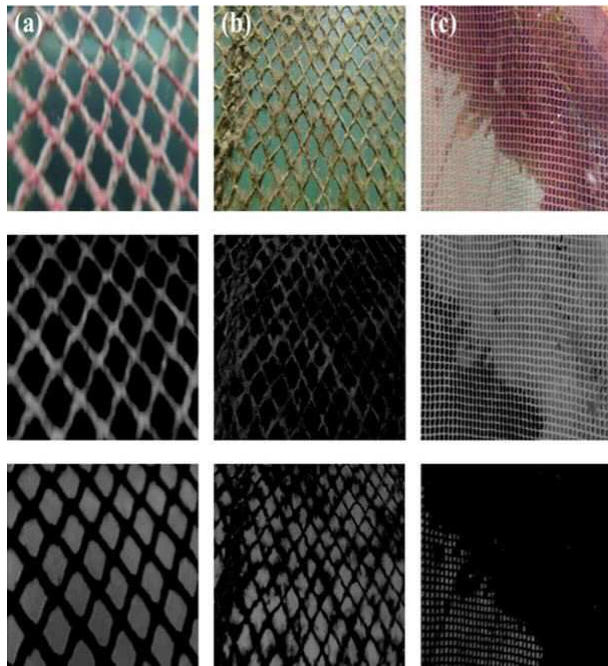
도면4



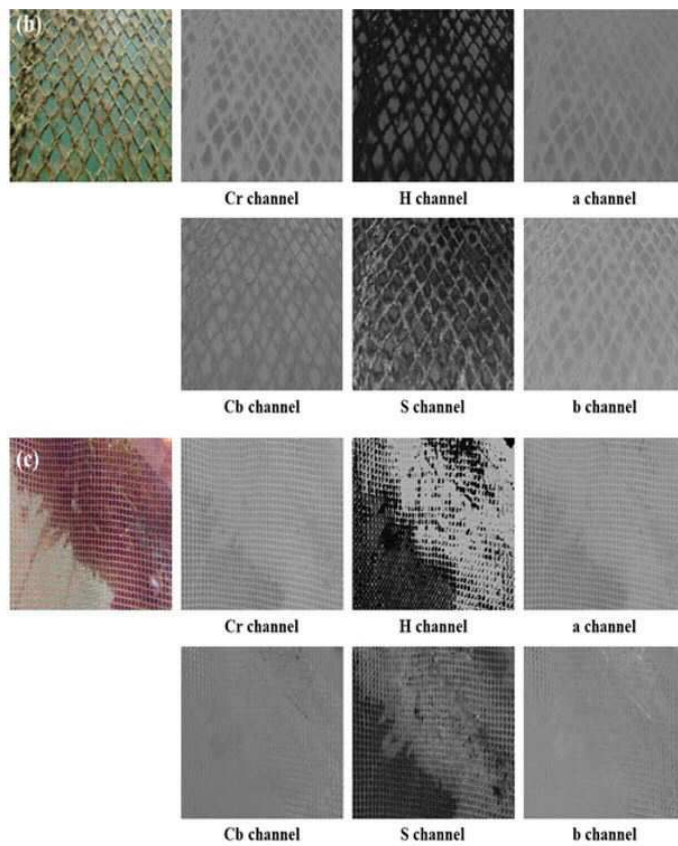
도면5



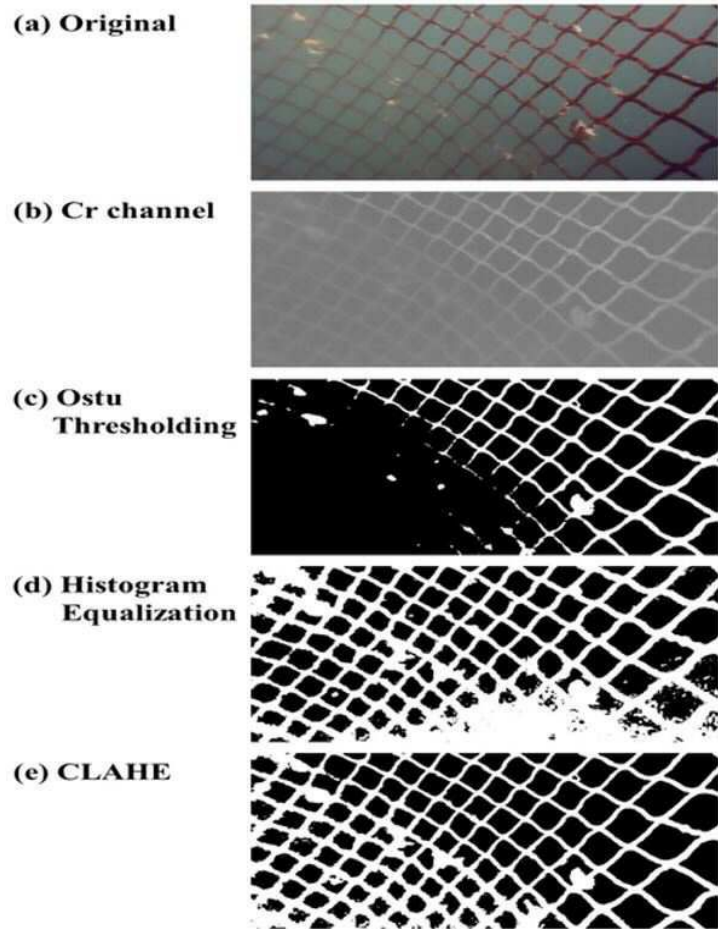
도면6



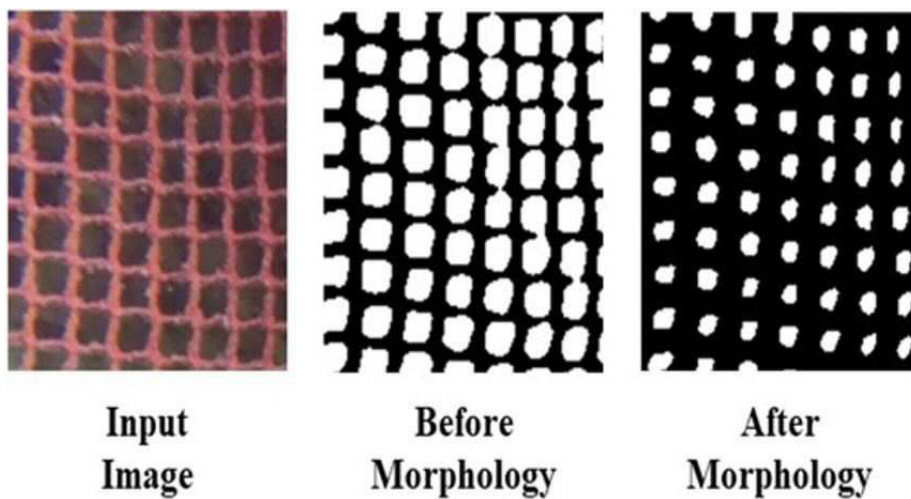
도면7



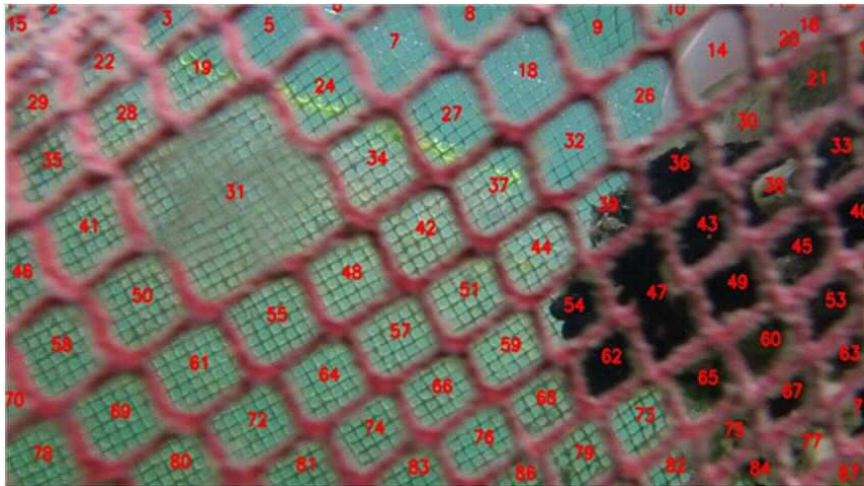
도면8



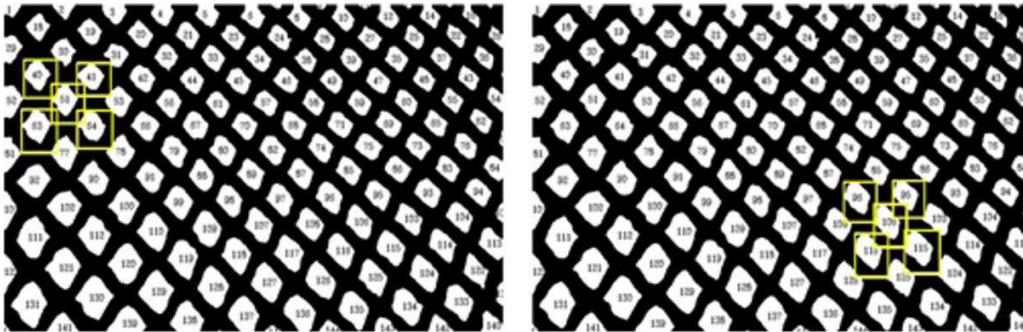
도면9



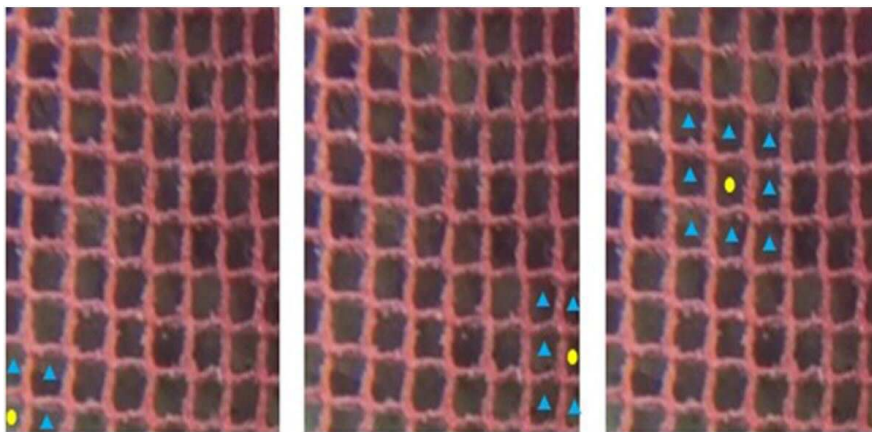
도면10



도면11



도면12

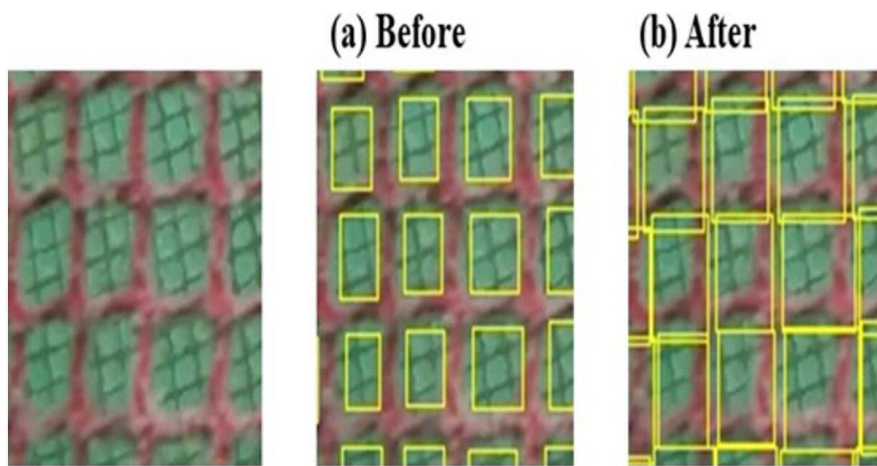


$N=3$

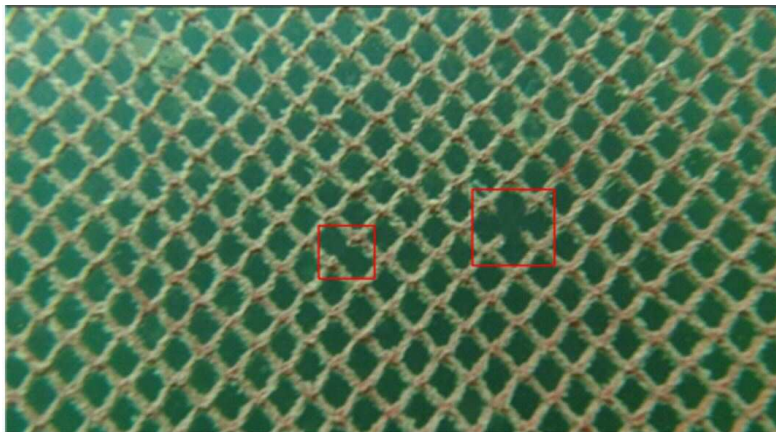
$N=5$

$N=8$

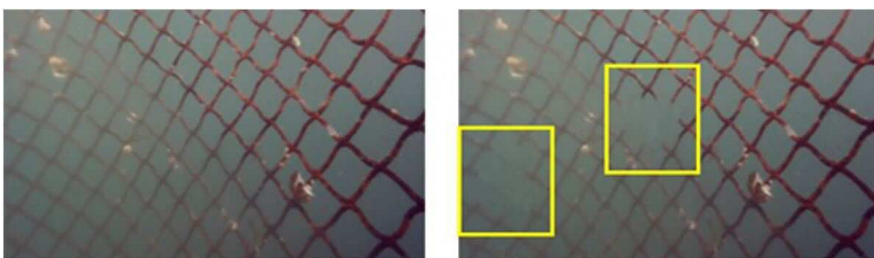
도면13



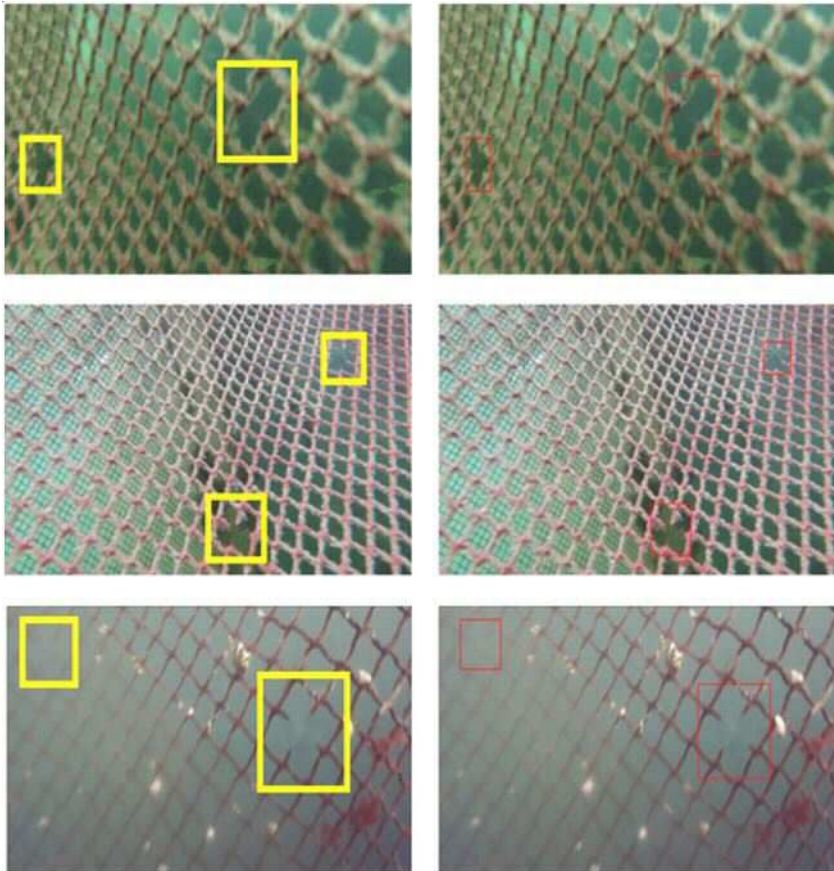
도면14



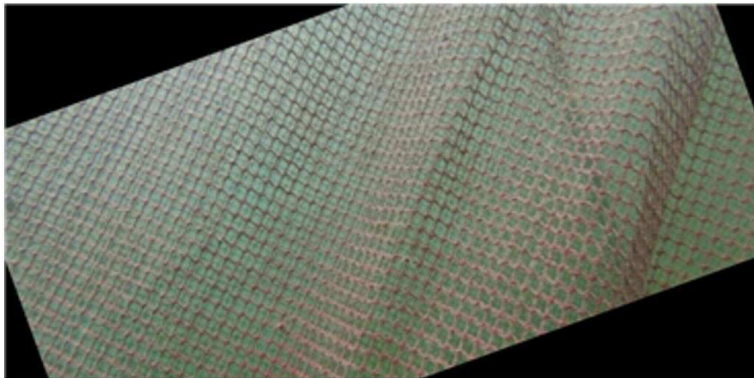
도면15



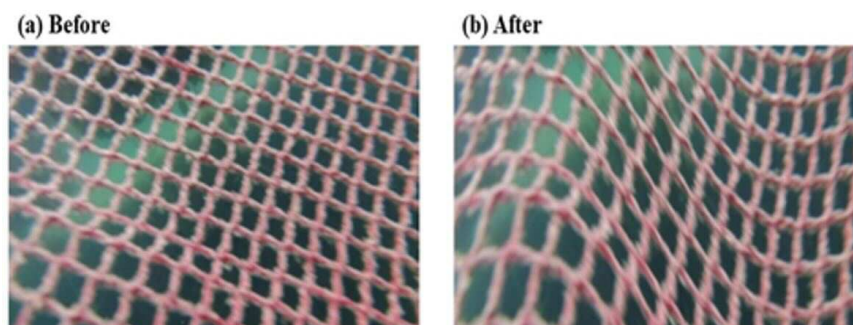
도면16



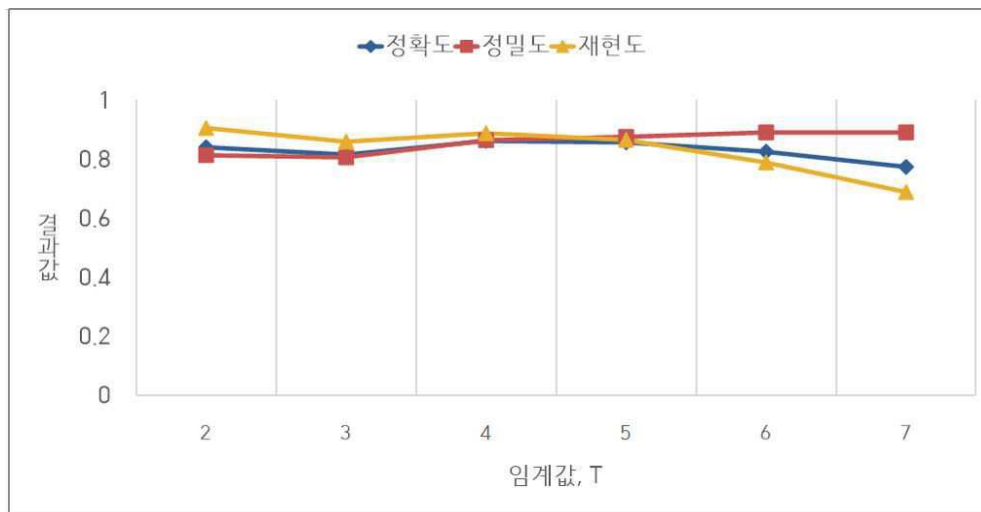
도면17



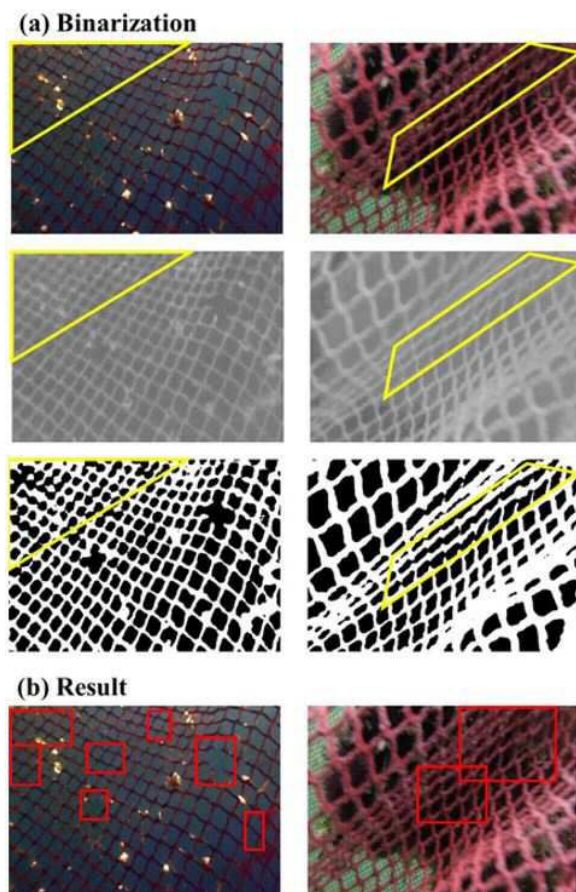
도면18



도면19

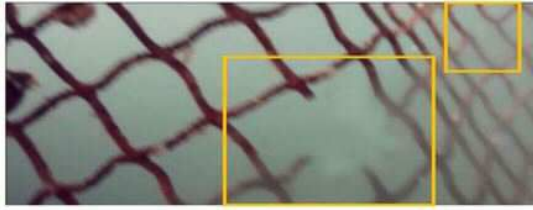


도면20

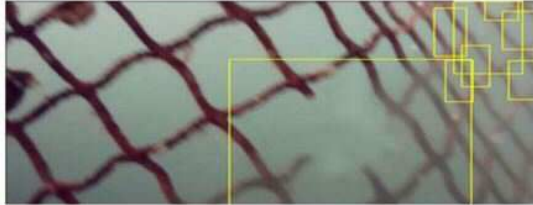


도면21

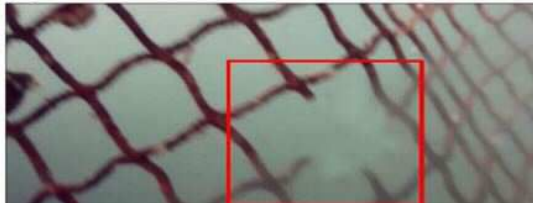
(a) Input Image



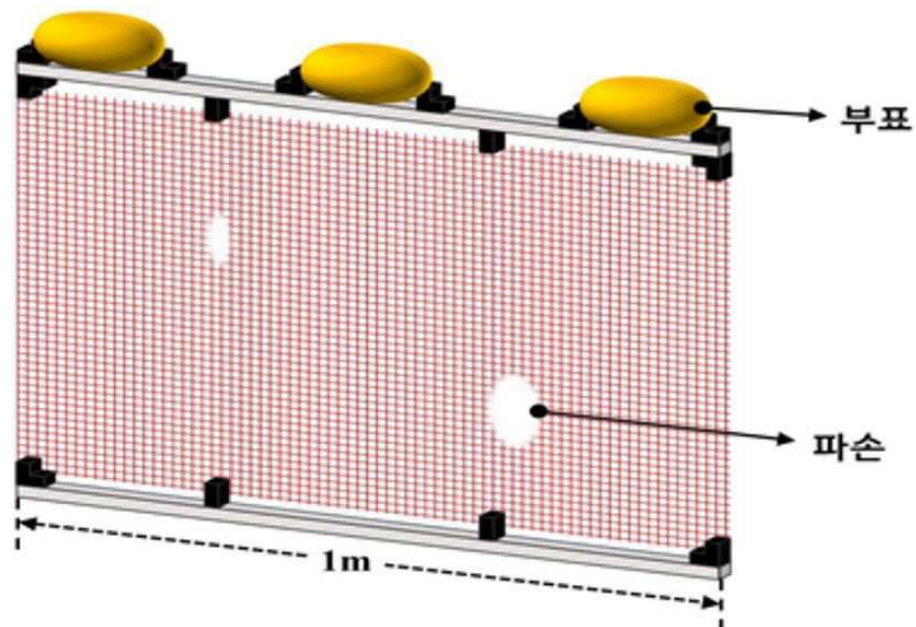
(b) Mesh-hole Grouping



(c) Result



도면22



도면23

