

수중드론을 활용한 선박 선저검사용 수중 카메라 영상보정에 대한 연구

하연철¹, 박준모^{2*}

¹부산대학교 선박해양플랜트기술연구원

²동명대학교 전자및의공공학부

A Study on Underwater Camera Image Correction for Ship Bottom Inspection Using Underwater Drone

Yeon-chul Ha¹, Junmo Park^{2*}

¹The Korea Ship and Offshore Research Institute, Pusan National University

²School of Electronic and Biomedical Engineering, Tongmyong University

요 약 일반적으로 운항 중인 선박이나 건조 중인 선박의 선저에는 많은 해양 생물들이 부착된다. 이러한 현상으로 인해 선박 표면의 거칠기가 증가하여 선박속도의 손실이 발생하게 되고 결과적으로 경제적 손실 및 환경오염 등의 발생을 초래하게 된다. 본 연구에서는 선박 선저에 부착된 해양생물 및 선저 상태를 검사하는 수중드론 등의 카메라 영상을 획득/활용한다. 획득된 해당 영상은 관리자 육안확인에 의해 해양 생물들에 따른 거칠기 등을 판단하게 된다. 이에 영상을 보정하는 필터 알고리즘을 원본 영상에 적용함으로써 해양 생물들 부착 여부 등에 대한 올바른 판단에 도움을 줄 수 있다. 수중 영상의 보정 알고리즘에는 다양한 필터가 필요하며, 어두운 수중 환경에 맞는 조명이 판단에 많은 영향을 미치므로 조명의 밝기 정도에 따른 해양 생물 부착 여부 판단에 대한 내용도 소개하고자 한다. 본 연구에서 적용된 보정 알고리즘 및 각 알고리즘별 조명 밝기에 따른 연구테스트 결과는 많은 분야에 적용 가능할 것으로 사료된다.

- 주제어 : 선저검사, 수중드론, 난반사 보정 알고리즘, 수중 조명, PSNR

Abstract In general, many marine organisms are attached to the bottom of a ship in operation or a ship in construction. Due to this phenomenon, the roughness of the ship surface increases, resulting in loss of ship speed, resulting in economic losses and environmental pollution. This study acquires / utilizes camera images attached to ship's bottom and underwater drones to check the condition of bottom. The acquired image will determine the roughness according to marine life by the administrator's visual confirmation. Therefore, by applying a filter algorithm to correct the image to the original image can help in the correct determination of whether or not attached to marine life. Various correction filters are required for the underwater image correction algorithm, and the lighting suitable for the dark underwater environment has a great influence on the judgment. The results of the research test according to the calibration algorithm and the roughness of each algorithm are considered to be applicable to many fields.

- Key Words : Inspection of the ship's bottom, Underwater drone, Diffused reflection correction algorithm, Underwater lights, PSNR

Received 03 December 2019, Revised 23 December 2019, Accepted 27 December 2019

* Corresponding Author Junmo Park, School of Electronic and Biomedical Engineering, Tongmyong University, 428, Sinseon-ro, Nam-gu, Busan, Korea. E-mail: jmpark@tu.ac.kr

I. 서론

국내는 선진해양국에 비하여 수중드론 개발 분야에 늦게 뛰어 들었으나, 한국해양연구원에서 1993년에 수심 300m급 ROV 를 국내 최초로 개발한 이래, 1997년에는 200m급 AUV 인 “보람호”를 개발하여 수조시험을 성공적으로 수행하였다. 또한 해양수산부가 2001년부터 6년간 120여억 원을 투입해 한국해양연구원과 함께 개발한 6,000m급 심해 무인 잠수정을 만들어 2006년 5월 3일에 진수식을 가졌으며, 해미래의 성공적인 개발을 이루었다.

국외에서는 일반 작업 목적의 무인 잠수정이 상품화되어 시판되고 있으며, 기능의 다양화와 고도화 및 시스템의 소형화를 위해 계속적인 연구가 진행 중에 있다.

국내 · 외적으로 발전되는 기술력에 따른 수중드론의 활용은 다양한 분야에 유용하게 이용할 수 있으며, 기존의 해양 모니터링 용도를 확장하여 조선업계의 선박 공정 분야에까지도 많은 활용이 기대된다.

현재 우리나라 연안해역 및 항내 운용중인 선박뿐만 아니라 건조 중인 선박에서도 선저에 해양생물 부착현상 발생으로 인한 경제적 손실 및 환경오염 등은 오래전부터 화두가 되어온 심각한 문제이다.

조선사의 경우 이러한 현행 문제점 해결 방법으로 일정 시기별 다이버 투입을 통한 선저 상태 모니터링을 실시하고 있다. 그러나 이는 또 다른 시간적, 경제적 문제점을 대두시키고 있는 현실이다.

선저 상태 모니터링의 방법에는 다이버가 직접 바다속 선저에 카메라를 가지고 들어가 영상을 촬영한 후, 해당 영상을 육지에 있는 관리자가 해양 생물들의 부착 상태 등 확인 후 제거 여부를 결정한다.

또 다른 방법에는 카메라 등이 부착 된 수중드론 등의 무인 장비를 이용해 수집 된 영상의 확인을 통해 이루어지는 경우가 있다.

결국 카메라에 의해 수집 된 영상을 기반으로 관리자의 후속 조치가 이루어지는데, 이러한 영상은 바다속 촬영을 위한 조명과 촬영을 실시한 사람 또는 장비의 선체 선저와의 거리 정도에 따라 다른 결과를 초래하며, 또한 조치 결정 여부에 많은 영향을 미친다.

따라서 본 논문에서는 이러한 문제점 해결을 위해 수중드론을 활용한 수중 영상의 보정 알고리즘 기법 및 해당 기법별 수중 조명 밝기 차이에 따른 연구 및 테스트를 통해 수중에서 획득한 영상의 식별성 제고를

위한 방법 적용에 대해 소개하려고 한다.

본 논문에서 II장에서는 수중 영상의 난반사 보정 알고리즘에 대한 관련 연구 및 각 알고리즘의 구현/테스트, 구현된 난반사 보정 알고리즘을 활용하여 거리에 따른, 그리고 수중 조명 밝기에 따른 PSNR을 활용한 테스트 및 결과 분석에 대해 III장을 통해 제시하고 있다. 끝으로, IV장에서는 결론 및 향후 연구를 제시한다.

II. 본론

2.1 난반사 보정 알고리즘 개발

본 장에서는 난반사 보정 알고리즘 개발에 대해서 설명하고자 한다. 수중에는 작은 모래나 플랑크톤과 같은 미생물에 이르는 다양한 이물질이 수중에 떠다니기 때문에 혼탁도가 높다. 이로 인해 광량을 감소시키고 영상을 흐리게 만들며 그로 인한 난반사가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하고자 본 장에서는 난반사 보정 알고리즘 개발에 대한 설계 및 구현에 대해 소개하고자 한다.

난반사 보정을 위한 다양한 필터 중 median, homomorphic, sharpen filter를 사용하였다. 영상 질의 저하를 가져오는 요인으로 여러 가지 잡음이 존재하는데 그 중 가장 큰 영향을 미치는 것인 speckle이다. coherent source와 noncoherent detector에서 얻어지는 신호에서 상대적인 위상 중첩에 의한 얼룩무늬 패턴이다. 이런 speckle은 근본적인 영상의 저하를 가져오고, 사람이 영상을 인지하고 진단하는데 영향을 미치는데, 이를 줄이기 위해 많은 연구가 수행되어 온 필터가 median, homomorphic 등이기 때문이다[1].

2.1.1 median filter

중간 값 필터라고 불리는 median filter는 각 픽셀에서 인접한 픽셀(해당 픽셀 주변의 정 사각형 주변)을 중간 값으로 대체하여 노이즈를 줄일 때 사용되는 이미지 처리 필터이다. 일반적인 선형 필터의 경우 출력 픽셀의 값을 입력 픽셀 값의 가중 합으로 결정한다. 식 (1)은 median filter의 핵심 알고리즘이며, $h(k, l)$ 은 필터의 계수이다[2-6].

$$g(i, j) = \sum_{k, l} f(i + k, j + l) h(k, l) \quad (1)$$

Fig. 1은 median filter의 동작 구조를 간단히 설명한 것이며, Fig. 2의 경우는 실제 구현 한 median filter를 수중에서 획득한 영상을 활용하여 적용한 결과이다.

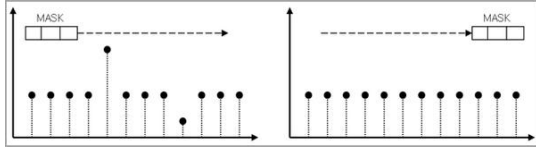


Fig. 1. Before(left) and after(right) application of median filter

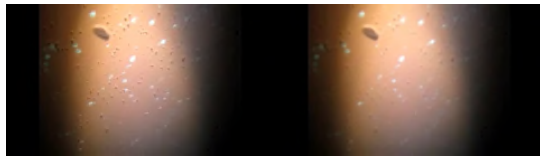


Fig. 2. Before(left) and after(right) median filter processing

2.1.2 homomorphic filter

homomorphic filter는 신호 및 이미지 처리를 위한 일반화된 기법으로, 선형 필터 기술이 적용된 다른 도메인에 대한 비선형 매핑과 원래의 도메인으로 다시 매핑되는 방법으로 이미지 처리가 진행된다. 조명과 반사율은 곱셈 적 노이즈로 생각할 수 있으므로 로그 도메인에서 필터링하여 줄이는 방식을 사용한다. 또는 로그 도메인에서 저주파를 억제하고 고주파를 증폭하는 방식이 적용된다[2-6].

Fig. 3은 homomorphic filter를 실제 수집한 바다 속 선체 선저의 영상에 대해 적용한 원래 값과 결과 값이다.

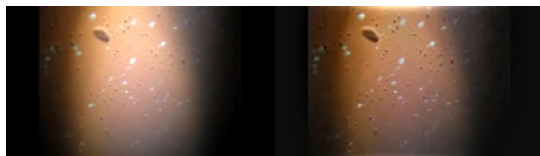


Fig. 3. Before(left) and after(right) application of homomorphic filter

2.1.3 sharpen filter

sharpening은 날카로운 느낌(객체의 윤곽이 두렷하게 구분되는)이 나도록 영상을 변경하는 필터링 기법이다. 블러링을 적용하여 부드러운 영상을 활용해, 반대로

날카로운 영상을 생성하는 방식을 사용하고 있다[2-6].

Fig. 4는 sharpen filter의 적용 전, 후 결과 값이다.

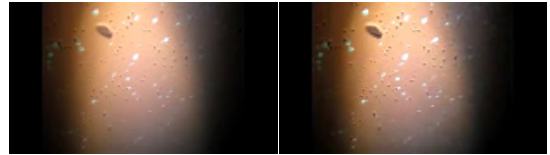


Fig. 4. Before(left) and after(right) application of sharpen filter

2.1.4 PSNR

최대 신호 대 잡음비(Peak Signal-to-noise ratio, PSNR)는 신호가 가질 수 있는 최대 전력에 대한 잡음의 전력을 나타낸 것이다. 주로 영상 또는 동영상 손실 압축에서 화질 손실 정보를 평가할 때 사용된다. 최대 신호 대 잡음비는 신호의 전력에 대한 고려 없이 평균 제곱 오차(MSE)를 이용해서 계산할 수 있다.

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) \quad (2)$$

$$= 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{MSE} \right)$$

식 (2)에서 MAXI은 해당 영상의 최대값으로서, 해당 채널의 최대값에서 최소값을 빼서 구할 수 있다. 예를 들어 8bit 그레이스케일영상의 경우는 255 (255 - 0)가 된다. 로그스케일에서 측정하기 때문에, 단위는 db이며, 손실이 적을수록 높은 값을 가진다. 무손실 영상의 경우에는 MSE가 0이기 때문에 PSNR은 정의되지 않는다[7].

III. 테스트 및 결과 분석

3.1 테스트 케이스 및 결과

3.1.1 테스트 환경

테스트를 위한 환경은 경남 하동 소재 부산대학교 선박해양플랜트기술연구원 실험동의 크기 975×488×132 (W×L×H)cm인 인공 수조를 활용하였고, Table 1과 같은 스펙을 가진 수중드론을 이용해 영상을 수집하였다. Fig. 5와 같은 인공 수조에서 실제 수중과 유사한 탁도 등의 조건을 위해 물을 채운 후 약 3주 후 테스트를 실시하였으며, 물속 부유물 등이

달라붙거나 걸릴 수 있는 조건을 위해 격자 모양의 플라스틱 구조물을 인공 수조에 넣었다.



Fig. 5. Artificial water pool for testing

Table 1. Underwater drone features for testing

Physical		Camera & Lights	
Length	373 mm	Image Sensor	Sony IMX219 8-megapixel
Width	399 mm	Video	1080p at 30fps
Height	133 mm	Still Picture	3280 x 2464
Weight(with Ballast)	~4 kg	Lens Size	1/4 "
Weight(with out Ballast)	~3 kg	Angle of View	62 degrees
Construction	HDPE, aluminum, acrylic	Tilt Range	±60 degrees
Main Tube	217.5/∅100 /∅94 mm	Tilt Servo	SG90
Battery Tube	217.5/∅55/∅51 mm	Lights	6 LED
Ballast Weight	200 g		
Battery Connector	XT60/T		

수중드론에 장착된 조명을 제어하여 53럭스(lx), 103럭스, 154럭스, 204럭스, 248럭스에 대하여 조도를 설정하여 실험하였다. 상기 조도는 조도계로 0.5m거리에서 직접 측정한 결과를 이용하였다. 그리고 다양한 필터 중 median과 sharpen filter를 이용해 테스트 하였다. median filter의 커널사이즈는 5를 사용하였으며,

sharpen filter는 원본이미지 흐림 정도와 선명화정도(Alpha), 선명화정도(Beta)의 값을 각각 10, 1.5, -0.5의 기본 값으로 설정하여 테스트 하였다.

3.1.2 Case1

카메라와 객체 간 동일 거리를 기준으로 수중 조명의 밝기 값을 변수로 설정한 후 각 난반사 보정 알고리즘 필터를 적용한 결과 값 간의 PSNR을 비교하였다.

본 케이스에서는 카메라와 해당 객체 간 거리는 1m로 가정하였으며, 난반사 보정 알고리즘 필터로는 median과 sharpen을 사용하였다. Table 2는 각 알고리즘 필터에 해당하는 수중 조명 밝기별 PSNR 결과 값이다.

Table 2. Comparing PSNR Results in Case1

구분	53(lx)	103(lx)	154(lx)	204(lx)	248(lx)
median	45.334	46.130	45.586	46.099	46.436
sharpen	38.249	36.961	37.290	36.191	36.798

3.1.3 Case2

기준이 되는 조도 값(53lx)을 기반으로 카메라와 해당 객체간 거리와 수중 조명의 밝기를 변수로 하는 PSNR 결과 값을 확인하였다. Table 3은 각 거리와 거리별 수중 조명의 밝기 기반의 결과 값을 PSNR을 이용해 도출한 결과이다.

Table 3. Comparing PSNR Results in Case2

Items	53(lx)	103(lx)	154(lx)	204(lx)	248(lx)
1m	Reference lighting value	12.095	11.501	11.625	11.537
2m		18.137	11.210	11.078	10.832
3m		19.575	11.814	11.067	10.726

3.2 테스트 케이스 결과 분석

3.2.1 Case1

카메라와 해당 객체간 거리를 1m로 가정하고 두 가지 난반사 보정 알고리즘 필터를 적용한 결과 값은 아래와 같다.

Fig. 6은 median filter 알고리즘을 적용한 결과이다. 커널 사이즈를 7로 설정하여 테스트하였고, 원본영상의 salt&pepper noise(소금-후추 잡음)가 제거된 것을 확인할 수 있다.

Items	Original	After filtering
53 (lx)		
103 (lx)		
154 (lx)		
204 (lx)		
248 (lx)		

Fig. 6. Application value of median filter based on underwater lighting

Fig. 7은 수중 조명밝기 기반의 sharpen filter 알고리즘 적용한 결과이다. 객체의 윤곽을 뚜렷하게 처리하여 필터 적용 후 영상이 보다 선명하게 보이는 것을 확인할 수 있다.

Items	Original	After filtering
53 (lx)		
103 (lx)		
154 (lx)		
204 (lx)		
248 (lx)		

Fig. 7. Application value of sharpen filter based on underwater lighting

Fig. 8은 median과 sharpen filter를 활용하여 알고리즘 필터가 적용되지 않은 원본 사진 대비 각 수중 조명 밝기별 알고리즘 필터를 적용하여 추출한 영상 간 PSNR 비교 결과 값이다. 가로는 수중조명에 따른 조도 (lx)이며, 세로의 단위는 db이다.

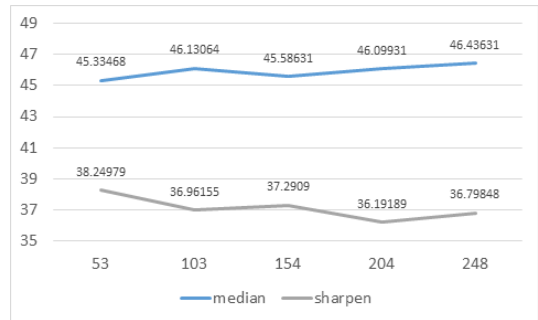


Fig. 8. Results of median, sharpen filtering

median filter를 사용할 경우, 조도를 248(lx)로 설정하여 필터를 적용했을 때, 원본영상 대비 가장 우수한 알고리즘 적용 값을 보였다.

sharpen filter를 사용할 경우, 53(lx)로 설정하여 필터를 적용했을 때, 원본영상 대비 가장 우수한 알고리즘 적용 값을 보였다.

3.2.2 Case2

카메라와 객체간 거리 및 그 거리에 해당하는 해당

객체를 위한 수중 조명 밝기별 테스트의 결과 값은 아래와 같다.

Fig. 9는 각 1m, 2m, 3m 거리 기반의 수중 조명 밝기 변화에 따른 기준영상(53(lx))과의 PSNR 비교 결과 값이며, 가로는 수중조명에 따른 조도(lx), 세로의 단위는 db이다.

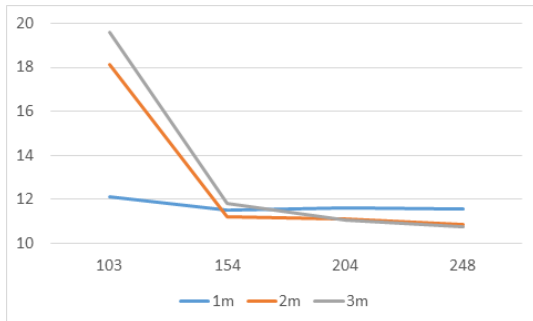


Fig. 9. PSNR result according to change of brightness based on each distance

카메라와 해당 객체간 거리 차이와 관계없이 알고리즘 필터를 적용하지 않고, 단순 수중 조명 밝기 차이로만 테스트를 해 본 Case2에서는 103(lx)의 조명 밝기 일 때, 원본영상 대비 다른 밝기 기준보다 우수한 결과 값을 보였다. 이는 상대적으로 육지보다 어두운 환경인 물속에서 조명을 무조건 밝게 하는 것만이 우수한 품질의 영상을 획득할 수 있게 하는 것이 아니라는 것을 알 수 있다.

IV. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 선박의 선저검사용 수중드론 및 수중 카메라에서 추출한 영상에 대한 난반사 보정 알고리즘 기법들에 대해서 구현 및 테스트 하였다. 또한 바다 속 환경에서 수집하는 영상 확인의 주요 변수가 될 수 있는 카메라와 객체간 거리, 해당 객체 촬영 시 적용한 수중 조명의 밝기 값을 활용한 테스트를 실시하였다.

테스트 결과 다양한 바다 환경에 모두 맞출 수 없다는 한계를 발견할 수 있었으나, 여러 가지 알고리즘 필터의 적용과 조명의 밝기에 따른 각 알고리즘 필터의 적용 결과 및 특성을 알 수 있었으며, 거리와 수중 조명 밝기 기준이 우수한 수중의 영상 획득에 반드시

필요한 변수임을 이해할 수 있었다. 이에, 향후에는 물리적으로 우수한 품질을 보장하는 카메라와 보다 다양한 조건의 수중 조명의 환경에서 테스트를 실시한다면 더 구체적인 수중 환경에서의 영상 획득 및 보정에 관한 연구가 될 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서 구현 및 테스트 된 결과는 수중뿐 아니라, 거리와 밝기의 변수가 따르는 다양한 다른 환경과 분야에서도 유용하게 활용될 것으로 생각한다.

ACKNOWLEDGMENTS

이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신산업진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (S0249-19-1023, ICT/SW 융합 환경에서의 선박 검사 및 보수용 수중드론 개발)

REFERENCES

- [1] Yong Sun Kim, Duk Oon Lee, and Jong Beom Ra, "Subjective Quality Enhancement in 2D B-mode Ultrasound Images", Proceedings of the 17th Workshop on Image Processing and Understanding, 2005 (in Korean).
- [2] N. Limare, J.L. Lisani, J.M. Morel, A.B. Petro, and C. Sbert, "Simplest Color Balance", Image Processing On Line, 2011.
- [3] G. Bianco, M. Muzzupappa, F. Bruno, R. Garcia, and L. Neumann, "A New Color Correction Method for Underwater Imaging", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol XL-5/W5, 2015.
- [4] Kim Han Bo ram, "Implementation and Performance Comparison of Automatic White Correction Algorithm", Master's Thesis, Chungnam National University, 2012 (in Korean).
- [5] Seo Yun Su, "Design and Implementation of Underwater Diffuse Compensation System for Digital Image Processing Kiba," Master's Thesis, Incheon University, 2013 (in Korean).
- [6] Lee Hyun Suk, "A Study on Real-World Photography of Underwater Photography", Master's Thesis, Kyungsoong University, 2000 (in Korean).

[7] Wikipedia, https://ko.wikipedia.org/wiki/최대_신호_대_잡음비

저자 소개

하 연 철 (Yeon-Chul Ha)



2000년 2월 : 창원대학교

전자공학과(공학석사)

2007년 8월 : 창원대학교

전자공학과(공학박사)

2012년 3월~현재 : 부산대학교

교수

관심분야 : 수중드론, 조선해양

ICT융합, 전기추진선박

박 준 모 (Jun Mo Park)



1993년 2월 : 인제대학교

의용공학과(공학사)

1996년 2월 : 인제대학교

의용공학과(공학석사)

2008년 8월 : 부산대학교

의공학협동과정(공학박사)

2018년 2월 ~현재 : 동명대학교

전자및의용공학부 교수

관심분야 : 신호처리, 뇌 신경계 신호 분석