JANT 한국항행학회논문지
Journal of Advanced Navigation Technology

항공 우주 해상

J. Adv. Navig. Technol. 24(5): 343-347, Oct. 2020

선박 수중 3D 입체 지도 소프트웨어 개발

Development of 3D-Map Software for Ship Hull in Underwater

오 말 근[1] · 김 홍 렬[1] · 홍 성 화[2*]
[1]목포해양대학교 승선실습과정부
[2]목포해양대학교 항해정보시스템학부

Mal-Geun Oh[1] · Hong-Ryeol Kim[1] · Sung-Hwa Hong[2*]
[1]Department of Onboard Training, Mokpo National Maritime University, Jeollanam-do, 58628, Korea
[2]Division of Navigational Information System, Mokpo National Maritime University, Jeollanam-do, 58628, Korea

[요 약]

본 논문에서는 수중에서의 물체위치추적 소프트웨어와 수중선저 입체지도 생성 소프트웨어를 개발하였다. 선저청소로봇을 위한 소프트웨어로써 선저 청소로봇의 위치를 추적하고 음파통신의 음영지역을 발견함으로써 센서의 정위 구현을 목표로 하였다. 수중에서 로봇의 위치를 추적하기 위하여 개발된 소프트웨어는 수중의 초음파통신에 변수로 작용하는 파도의 고저와 세기를 적용하였다. 선(lines)들을 이용하여 그려진 선박의 도면을 스캔하여 OpenGL을 이용하여 입체지도를 형성하는 소프트웨어를 개발하였다. 이는 청소로봇이 비가시적인 수중 선저에서의 위치파악이 용이하며, 선저의 굴곡으로 인한 초음파통신 음영지역을 쉽게 발견함으로써 그에 따른 센서의 정위를 구현하여 원활한 통신 상태를 유지하는데 활용될 수 있다.

[Abstract]

This paper presents the development of a software for tracking the location of objects in the water and for creating a three-dimensional hull map. The objective of this software, as a software for underwater hull cleaning robot, is to map the location of underwater hull cleaning robot and to locate the position of sensor by identifying the shaded area of acoustic communication. For the software designed for mapping the location of cleaning robot in the water, the height and intensity were applied as variables for underwater ultrasonic communication. The software for creating a three-dimensional hull was developed by OpenGL using scanned lines from a blueprint of a ship. This software can help identifying the location of underwater hull cleaning robot without actual visibility and can be used to maintain a stable communication status by locating the position of sensor by easily spotting the shaded area of acoustic communication caused by the curved area of the bottom of the ship.

Key word : Ship hull, stereoscopic map, Acoustic-wave, OpenGL, Cleaning robot.

https://doi.org/10.12673/jant.2020.24.5.343

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-CommercialLicense(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.

Received 10 June 2020; **Revised** 15 July 2020
Accepted (Publication) 14 October 2020 (30 October 2020)

***Corresponding Author; Sung-Hwa Hong**

Tel: +82-61-240-7272
E-mail: shhong@mmu.ac.kr

Ⅰ. 서 론

우리나라는 세계 1위의 선박조선 국가로서 선박건조 관련 산업용 로봇의 수요처가 많고, 선박건조의 고효율, 신뢰도 확보 차원에서 선박 관련 로봇 연구 개발 필요성이 증대되고 있다. 또한 조선건조 산업의 특성으로 인하여 작업자가 기피하는 용접작업, 도장작업, 고소작업, 수중작업 등 극한 상황에서의 엄무가 많이 요구되고 있는 실정이다[1],[4].

따라서 해양장비개발 산업에서의 수중로봇은 선박수리를 위한 수중용접, 대형선박의 선저부분 안전검사, 침몰선박 수중절단 및 인양, 수중청소작업 등 많은 부분에서 사용된다.

현재 국내의 경우에 선저검사와 청소는 다이버에 전적으로 의존하고 있으나, 안전성과 작업의 비효율성 문제로 인하여 검사 및 청소용 수중로봇의 개발이 절실히 요구되고 있다.

이러한 자동 청소용 수중로봇을 상용화하여 사용하기 위해서는 선저의 입체도면 생성과 선저면에서의 물체위치 추적의 오차를 줄이기 위한 정위 시스템 개발이 요구되고 있다.

수중환경에서의 무선통신은 지상에서와는 다른 몇 가지 특징을 가지고 있다. 지상에서 통신매체로 사용하는 RF파는 수중환경에서 전파의 산란과 극심한 감쇠현상으로 인해 전달 손실이 매우 크기 때문에 일반적으로 음파를 사용한다. 음파를 사용하는 통신은 약 1.5 km/s의 속도를 가짐으로, 지상에서 매체를 사용하는 RF통신보다 큰 전달 지연 (propagation delay) 시간을 가진다[2].

하지만, 음파신호는 수중에서 공기보다 빠른 속도를 가지며, 수 km 이상의 먼 거리까지 전파되는 특성을 가지고 있기 때문에 원거리에서도 탐지가 가능하다는 장점을 갖는다. 또한 3차원 위치추적이 가능하여[3] 목표물에 대한 위치측정에 오류율을 줄일 수 있다.

따라서 본 논문에서는 수중음향장치를 활용하여 수중의 선저 로봇 위치 추적을 위한 3D S/W를 개발함으로써 UUV (unmanned underwater vehicles)의 수심 및 위치연산을 가능하게 하며, 실시간으로 데이터를 얻을 수 있도록 선박의 설계도를 스캔하여 선저의 입체적 모양을 3D 지도로 표현한다.

Ⅱ. 초음파의 특성과 표적 위치 측정의 원리

2-1 초음파의 특성

초음파의 일반적인 특성은 저가이며, 인체에 무해하고, 신호처리가 비교적 간단하다. 또한 작동시 구동에너지를 줄일 수 있으며, 비가시적인 특징을 가지고 있다[5]. 따라서, 초음파의 전파속도는 좌표계의 거리계산에 있어서 아주 중요한 값을 의미한다.

그러므로 선저면 물체의 정위를 구현하기 위한 C-언어를 이용한 프로그램에서 발신과 수신의 시간차를 속도와 같이 곱하여야 하기 때문에 전파속도는 꼭 필요한 데이터이다.

일반적으로 음속에 영향을 주는 요소는 여러 가지가 있는데, 이들을 고려해 볼 때에 음속 V는 수식 (1)과 같다.

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \tag{1}$$

여기서 E는 전파매질의 부피탄성률이며, ρ는 전파매질의 밀도이다. 초음파가 매질내를 전파하는 속도는 매질의 밀도와 압축률(compressibility)에 의존한다. 따라서 수중에서는 상온(20 ℃)을 기준으로 했을 때에 초음파의 속도는 1482.1 m/s이다.

음파는 전파매질과 측정목표물의 재질에 따라 반사강도도 영향을 받기 때문에 일반적으로 반사물의 밀도와 음파 전달속도가 클수록 반사가 잘되므로 반사된 에너지가 크며, 이는 수신신호를 더 명확하게 해준다.

지향성은 초음파 센서의 고유 공진주파수와 센서의 진동자 크기와 관계가 있으며, 지향성이 센서가 탐지 할 수 있는 범위를 직접결정하고 주파수의 고저에 따라 분해능과 통신거리를 결정할 수 있다. 본 연구에서는 거리가 1 km 이내이므로 정밀도를 높이기 위하여 고주파 센서를 선정하기로 결정하였다.

2-2 표적 위치 측정의 원리

그림 1과 같이 S_1 센서의 좌표 (0,0)에서 발신한 초음파가 표적물 (ROV; remotely operated vehicle)까지의 도달 시간과 수신한 신호의 시간차를 이용하여 r_1을 구할 수 있으며, r_2는 S_2 센서의 좌표 (a,0)에서 위와 동일한 방법을 이용하여 수식 (2), (3)과 같은 수식을 얻을 수 있다.

$$r_1 = \sqrt{x'^2 + y'^2} \tag{2}$$

$$r_2 = \sqrt{(x' - a)^2 + y'^2} \tag{3}$$

위의 두 수식을 이용하면,

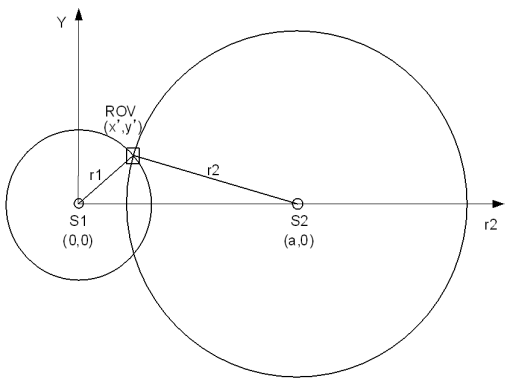

그림 1. 초음파를 이용한 위치좌표측정도
Fig. 1. Diagram of position coordinate measurement using ultrasonic waves

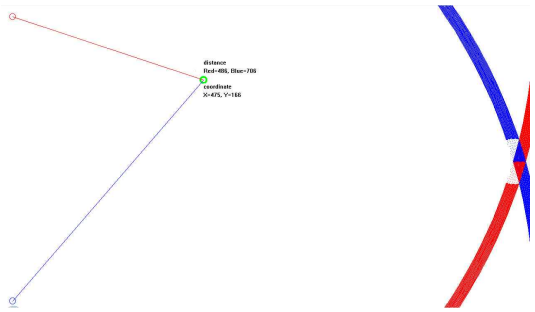

그림 2. C언어를 이용한 물체위치 및 거리 시뮬레이션
Fig. 2. Object position and distance simulation using C language

$$x' = \frac{r1^2 - r2^2 + a^2}{2a},\ y' = \sqrt{r1^2 - x'^2} \qquad (4)$$

위의 수식 (4)와 같이 표적물의 위치 데이터 (x',y')를 얻을 수 있다.

Ⅲ. 위치 추적 시뮬레이션과 선저 3D 지도 생성

3-1 위치 추적 시뮬레이션

그림 2는 Visual C++을 이용하여 평면에서의 목표물 위치추적 시뮬레이션을 하였다. 목표물이 수중의 랜덤 (random)한 위치에 있다고 가정하여 트랜스듀서에서 전파하는 두 초음파가 물체에 도착하였을 때의 목표물의 좌표(위치)를 계산할 수 있도록 하였다. 이는 초음파가 물체에 도달하였을 때 물체의 거리와 시간을 이용하여 물체의 좌표를 계산한 프로그램이다.

또한 수중에서 초음파통신에 변수로 작용할 수 있는 물체의 위치, 파도의 높고 낮음, 파도의 세기, 수중과 공기 중에서의 통신 유무를 포함하여 계산하였으며, RGB (red, green, blue) 값을 적용하여 가상의 위치점에 먼저 도달하는 초음파 값을 결정하고 좌표상의 위치를 표시하도록 하였다. 선체의 표면을 선으로 나타내는 도면에서 그림3은 선과 Offsets plan을 이용한 정면도를 나타내며 그림4는 측면도를 그림 5는 선체를 깊이방향으로 절단한 반폭도를 나타내며 표1은 새누리호의 주요치수를 표시하였다.

3-2 선저 3D 입체 지도 생성

목표물(ROV)이 이동함에 따라 선저면의 굴곡에 의한 통신음영지역에 도달하여 목표물과의 초음파통신이 이루어지지 않아 위치파악 및 명령프로그램을 전송을 할 수 없게 된다. 따라서 수중선저 입체 지도를 생성함으로써 선저의 통신음영지역을 파악하여야 하며, 선박 선저 면에서의 목표물의 위치를 실시간 관찰하기 위하여 선저의 입체도면이 필요하다.

따라서 선저면의 입체지도는 목포해양대학교 실습선 새누리호를 모델로 입체 도면을 생성하였다.

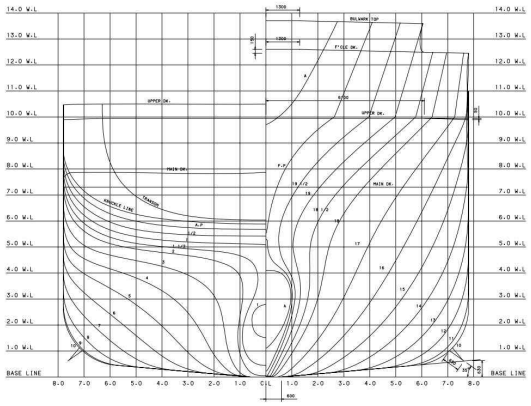

그림 3. Lines와 offsets plan을 이용한 정면도
Fig. 3. Body plan using lines and offsets plan.

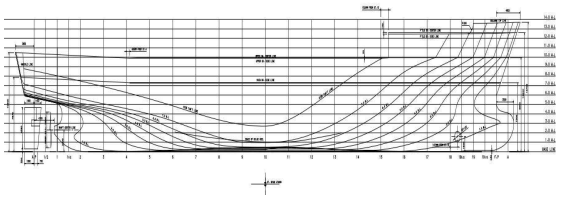

그림 4. Lines 와 offsets plan을 이용한 측면도
Fig. 4. Sheer plan using lines and offsets plan.

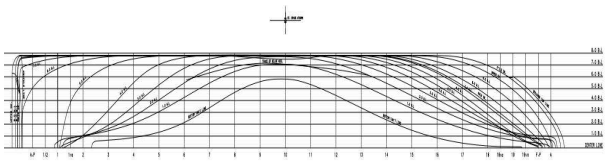

그림 5. Lines와 offsets plan을 이용한 반폭도
Fig. 5. Half breadth plan using lines and offsets plan.

표 1. 새누리호의 주요 치수
Table 1. Principal dimensions of SAENURI

Length O. A.	102.70 m
Length B.P	94.00 m
Breadth (MLD)	15.60 m
Depth to upper deck (MLD)	9.90 m
Depth to main deck (MLD)	7.30 m
Draft(Design)	5.40 m
Block coeff.	0.5658
Midship coeff.	0.9258
Prismatic coeff.	0.6112
LCB(from midship)	FWD.0.257 m
Displacement(design)	Abt. 4,600 Tons

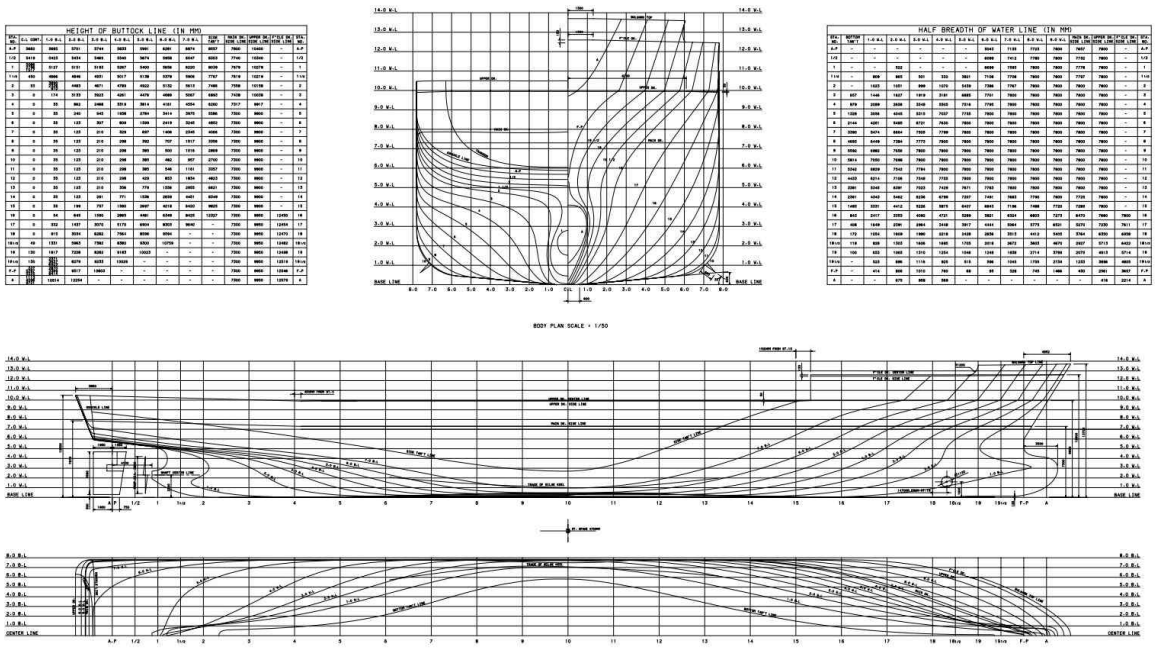

그림 6. 선도와 Offsets plan
Fig. 6. Lines and offsets plan (Source: Coordinate design section, Drawing No:2G-0700-002-00,SAENURI)

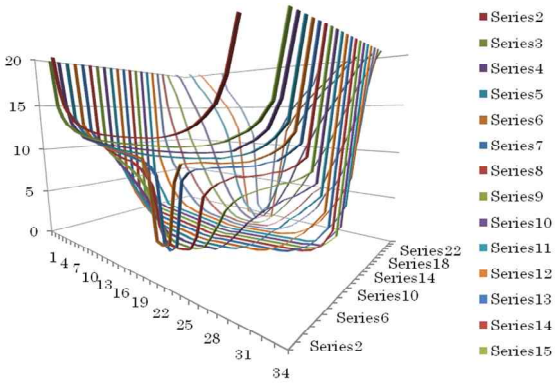

그림 7. Excel을 이용한 선체의 3차원 좌표
Fig. 7. 3-D coordinates of the hull using Excel.

그림 6과 같이 선도를 이용한 새누리호의 3D 도면을 제작하였으며, 이를 바탕으로 선체의 구간길이, 선수와 선미의 굴곡, 선저의 굴곡, 선체의 높이를 적용하여 사실적으로 표현하기 위한 도면 생성을 위해 그림 7과 같이 Excel 프로그램을 이용한 기본적인 3차원 좌표 작업을 실시하였다.

Excel을 이용한 선도 좌표제작을 바탕으로 복잡한 3차원 장면을 생성할 수 있는 실리콘 그래픽사의 프로그램인 OpenGL (open graphics library)을 이용하였다. 또한, 그림 8과 9는각각 선체와 선저의 OpenGL을 이용하여 생성한 3차원 입체도면을 보여주고 있다.

따라서 선체와 선저의 입체도면은 x, y, z축으로 회전이 가능

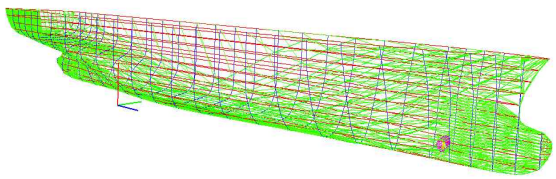

그림 8. OpenGL을 이용한 선체의 옆 도면
Fig. 8. Side view of the hull using openGL

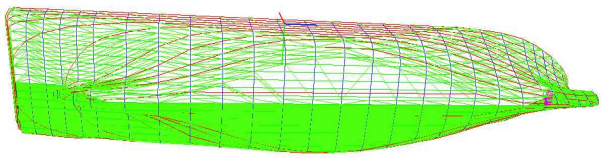

그림 9. OpenGL을 이용한 선저의 도면
Fig. 9. Bottom view of the hull using openGL

하게 하여 전면 확인이 가능하게 하였으며, 이들의 특성을 이용하여 선체를 비롯한 선저의 모습을 쉽게 확인할 수 있어 초음파통신을 이용한 선저면 청소로봇의 위치가 확인 가능하고 선저의 곡면으로 인하여 생기는 음영지역을 쉽게 발견할 수 있다.

Ⅳ. 결 론

본 논문은 Visual C++을 이용하여 수중에서 물체의 위치

를 추적할 수 있는 S/W를 개발하였으며, OpenGL을 이용하여 목포해양대학교 새누리호의 3D 도면을 스캔함으로써 선저입체지도를 생성하는 S/W를 개발하였다.

이들의 위치추적 S/W는 수중에서의 초음파통신에 영향을 미칠 수 있는 파도의 고저와 세기, 수상과 수중간의 통신 유무를 변수로 적용하여 음파통신의 진원지에서 물체까지의 거리 및 좌표를 생성할 수 있었다. 또한, 먼저 물체에 도달하는 초음파를 표시해줌으로써 위치추적의 오율을 줄일 수 있었으며, 선체 3D-지도생성 S/W는 전면을 확인할 수 있도록 회전이 가능하게 하여 선저의 통신음영지역을 쉽게 발견할 수 있었다.

기본적으로 S/W를 사용함으로써 수중물체의 안정적인 위치좌표를 획득할 수 있고, 선박의 선저 면에서 작업이 수행되는 데이터를 실시간으로 얻을 수 있으며, 원할한 초음파통신을 위한 센서의 위치를 결정하기에 용이할 것으로 사료된다.

REFERENCES

[1] S. Y. Lee and H. J. Yoon, “A study on development of technology system for deep-sea unmanned underwater robot of S. Korea analysed by the application of scenario planning ,” *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol. 8, Issue 1, pp. 27-40, 2013.

[2] C. H. Hwang and G. M. kim, “Doppler frequency estimation for time-varying underwater acoustic communication channel,” *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 40, No. 1, pp. 187-192, 2015.

[3] G. Roxnouski, Z. Kowakxul, and P. Racrynshi, “Control and driving of a robot for underwater ship hull operation,” in *The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics 2001 (CADSM 2001)*, Lviv-Slako: Ukraine, pp. 179-182, 2001.

[4] G. Roxnouski, “Artificial manual network controller for underwater ship hull operation robot,” in *The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics 2003 (CADSM 2003)*, Slavske: Ukraine, pp. 371-374, 2003.

[5] A. A. Carvalho, L. V. S. Sagrilo, I. C. Siba, J. M. A. Rebelo, and R. O. Carneval, “On the reliability of an automated ultrosonic system for hull impection in ship-based on production units,” *Applied Ocean Research*, Vol. 25, pp. 235-241, 2003.

오 말 근 (Mal-Geun Oh)
1998년 : 목포해양대학교 항해학부 (공학사)
2001년 : 목포해양대학교 항해학부 (공학석사)
2015년 : 목포해양대학교 해양전자통신컴퓨터공학과 (공학박사)
현재 : 목포해양대학교 승선실습과정부 초빙교수
※관심분야 : 해상통신, 위성통신, 마이크로파통신

김 홍 렬 (Hong-Ryeol Kim)
1993년 2월 : 호원대학교 전기공학과 (공학사),
1997년 2월 : 전남대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)
2002년 8월 : 목포대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
2012년 3월~현재 : 목포해양대학교 승선실습과정부 부교수 ,새누리호 기관장
※관심분야 : 센서 및 제어공학,내연기관

홍 성 화 (Sung-Hwa Hong)
1990년 3월 ~ 1996년 2월 : 고려대학교 컴퓨터학과 (이학사)
2000년 9월 ~ 2002년 8월 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (공학석사)
2000년 9월 ~ 2002년 8월 : 고려대학교 전자컴퓨터공학과 (공학박사)
2009년 3월 ~ 2011년 8월 : 동양미래대학교 소프트웨어정보학과 교수
2011년 8월 ~ 현재 : 목포해양대학교 항해정보시스템학부 부교수
※ 관심분야 : USN, 홈네트워크, 센서 네트워크, 임베디드 시스템, 계측제어