

무인잠수정의 3차원 경로계획을 위한 시뮬레이션 시스템 개발

신성철,* 선휘준**

*해군사관학교, **신경대학교

A Development of Simulation System for 3D Path Planning of UUV

Seoung-chul Shin*, Hwijoon Seon**

*Naval Academy, **Shingyeong University

E-mail : seochul@hanmail.net, dongkuler@naver.com

요 약

무인잠수정의 자율 운항기술을 연구함에 있어 가장 근본적인 기술 중의 하나가 소나를 이용해 실시간으로 획득되는 해저지형이나 장애물에 대한 정보를 이용하여 임무수행을 위한 3차원 경로계획을 수립하는 것이라 할 수 있다. 무인잠수정의 3차원 경로계획은 장애물 회피 제어기술을 기반으로 유도제어, 동역학 모델, 해양환경 및 탐지소나 모델 등이 다양하게 고려되기 때문에, 경로계획을 연구 개발함에 있어 알고리즘을 검증하기 위한 시뮬레이션 시스템이 필요하다. 본 논문에서 개발한 시뮬레이션 시스템은 다양한 해양환경을 설정할 수 있고, 설정된 장애물들을 회피하여 경유지를 지나 목적지까지 이동하는 무인잠수정을 C++와 OpenGL을 이용하여 가시화함으로써 3차원 경로계획 알고리즘을 검증할 수 있다. 또한 어떠한 개발환경에서 연구된 무인잠수정의 경로계획 알고리즘도 검증할 수 있는 범용성을 제공한다.

ABSTRACT

In studying an autonomous navigation technique of UUV(Unmanned Underwater Vehicle), one of the many fundamental techniques is to plan a 3D path to complete the mission via realtime information received by sonar showing landscapes and obstacles. The simulation system is necessary to verify the algorithm in researching and developing 3D path planning of UUV. It is because 3D path planning of UUV should consider guide control, the dynamics, ocean environment, and search sonar models on the basis of obstacle avoidance technique. The simulation system developed in this paper visualizes the UUV's movement of avoiding obstacles, arriving at the goal position via waypoints by using C++ and OpenGL. Plus, it enables the user to setup the various underwater environment and obstacles by a user interface. It also provides a generalization that can verify path planning algorithm of UUV studied in any developing environment.

키워드

Unmanned Underwater Vehicle(UUV, 무인잠수정), 3D Path Planning(3차원 경로계획), Simulation(시뮬레이션)

1. 서 론

해양환경 개발의 필요성이 증가됨에 따라 해양 연구 분야에서부터 군사 분야에 이르기까지 무인잠수정(UUV, Unmanned Underwater Vehicle)의 활용은 효율적이고 경제적인 도구로 인식되고 있다. 무인잠수정은 심해조사나 연근해 탐사, 극지방의 해양 조사와 같은 학술적인 임무와 어군탐사, 해양오염 감시, 송유관 조사 및 수리 등과 같은 산업적인 임무, 그리고 기뢰 제거나 적 지역의 감시 및 정보수집 등과 같은 군사적인 임무 등을

수행할 수 있다. 이와 같이 여러 분야에서 무인잠수정의 자율 운항기술에 대한 관심과 연구가 집중되고 있으나 수중 환경에서의 무인잠수정 활동은 수중 환경의 불확실성과 수중 운동체의 비선형 운동 등으로 인하여 많은 어려움이 존재한다.

무인잠수정의 자율 운항기술을 연구함에 있어 가장 근본적인 기술 중의 하나가 소나를 이용해 실시간으로 획득되는 해저지형이나 장애물에 대한 정보를 이용하여 임무수행을 위한 3차원의 경로계획(Path Planning)을 수립하는 것이라 할 수 있다. 무인잠수정의 경로계획 수립은 장애물 회피

제어기술을 기반으로 무인잠수정의 유도제어 기법, 동역학 모델, 해양환경 모델 및 탐지소나 모델 등이 고려되어야 한다. 이와 같은 다양한 요인들이 작용하는 무인잠수정의 3차원 경로계획 기술을 연구개발함에 있어 알고리즘을 검증하기 위한 시뮬레이션 시스템은 반드시 필요하다.

II. 무인잠수정의 자율운항

무인잠수정의 자율운항 시스템은 실시간 환경 정보가 알려지지 않은 해저에서 주어진 임무를 원만히 수행하기 위한 임무계획, 경로제어, 그리고 의사결정과 같은 고수준의 기능을 보유한 지능형 소프트웨어를 의미한다[1]. 무인잠수정 자율운항에서의 근본 기술 중의 하나는 실시간으로 변하는 해저환경 데이터를 활용하여 경유지를 거쳐 목적지까지 가장 안전하고 빠른 경로를 찾아 임무를 수행하기 위한 3차원의 경로계획을 수립하는 것이다. 경로계획 수립에 있어 주행성 분석(Traversability Analysis)과 장애물 탐지(Obstacle Detection)는 해결되어야 할 과제로서 지금까지 많은 연구들이 수행되어 왔다.

무인차량이나 무인로봇에서의 주행성 분석은 크게 전역 주행성 분석(Global Traversability Analysis)과 지역 주행성 분석(Local Traversability Analysis)으로 구분된다. 전역 주행성 분석은 위성, 레이더 등으로부터 입수되는 계획된 지역의 광역 스케일의 지형도로부터 산, 골짜기, 호수 등을 오프라인적으로 식별하는 것이고, 지역 주행성 분석은 반경 수 미터에서 수십 미터 이내의 지역에 대해 센서로부터 얻어진 정보를 기반으로 해당 지역의 통과가능 여부를 온라인적으로 판단하는 것이다[2].

장애물 탐지는 근접 센서를 통해 주행과 안전에 방해가 되는 사물과 지형을 인지하는 것이다. 장애물 탐지는 센서의 한계, 지형환경의 예측 불가능성으로 인해 결코 쉬운 문제가 아니며 지난 수년 동안 많은 연구들이 진행되고 있다.

III. 시뮬레이션 시스템

본 연구에서 개발한 시뮬레이션 시스템은 다양한 해저 환경에서 경유지를 지나 목적지까지 이동하는 무인잠수정을 가시화함으로써 경로계획 생성 알고리즘을 검증할 수 있는 시스템이다. 이를 위하여 시뮬레이션 시스템에서는 해저지형 및 장애물들을 사용하여 수중환경을 설정할 수 있고, 원활한 임무수행을 위해 무인잠수정의 경유지 및 목적지를 설정할 수 있다. 시뮬레이션 시스템은 Visual Studio 6.0 C++에서 MFC를 사용하여 개발되었으며, 그래픽 API (Application Program Interface)인 OpenGL을 사용하여 무인잠수정의

이동을 가시화하였고, 이산사건 시뮬레이션 툴인 CSIM18[3]을 이용하여 객체지향으로 구현되었다.

가. 구성요소

그림 1의 시뮬레이션 시스템 구조는 크게 3부분으로 구성되어 있다.

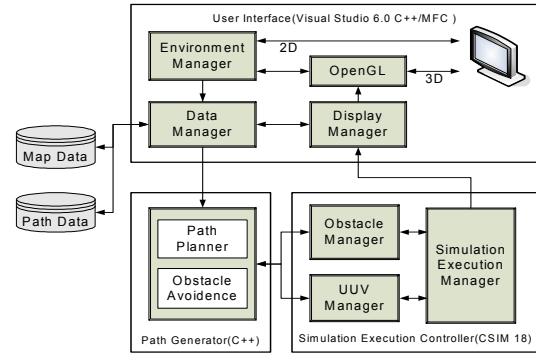


그림 1. 시뮬레이션 시스템 구성도

시뮬레이션 수행 관리자(Simulation Execution Manager)는 CSIM18의 기능을 이용하여 이산사건 시뮬레이션의 전반적인 수행을 담당한다. 이 모듈은 CSIM18 엔진의 시뮬레이션 시간에 의해 각 객체들을 제어하고, 경과시간에 따른 장애물들의 위치를 결정하고, 무인잠수정의 경로설정을 위한 자료를 제공하며, 무인잠수정의 새로운 위치를 경로 생성자로부터 전달받고, 시뮬레이션 시스템의 각 객체들에게 시뮬레이션 수행에 필요한 자료를 제공하는 기능을 수행한다.

사용자 인터페이스(User Interface)는 첫째, MFC를 이용하여 사용자가 시뮬레이션이 수행될 해저지형과 장애물 같은 환경요소의 설정과 둘째, 경로 생성자가 사용하는 무인잠수정의 시작위치, 경유지, 목적지 등을 입력할 수 있으며 셋째, 입력된 정보를 바탕으로 OpenGL을 이용하여 3차원으로 가시화함으로써 사용자가 설정한 환경요소를 확인/수정할 수 있게 한다. 또한 저장된 환경요소 정보를 시뮬레이션에 사용할 수 있으며, 시뮬레이션에서 생성된 자료의 저장 및 변환 기능을 제공한다.

경로 생성자(Path Generator)는 사용자 인터페이스를 통하여 설정된 정보들을 이용하여 무인잠수정의 3차원 경로계획을 생성하는 기능을 수행하며 시뮬레이션 수행 관리자의 제어에 따른다. 경로계획 생성은 이미 알려진 정보(지형이나 장애물)를 기초로 하여 경유지를 지나 목적지까지 무인잠수정의 경로를 생성하는 전역경로 생성부분, 수립된 전역경로를 따라 운항하면서 소나를 이용해 습득되는 실시간 지형 및 장애물에 대한 정보를 고려하여 현 위치에서 다음 경유지까지의 무인잠수정의 경로를 생성하는 지역경로 생성부분으로 구분된다. 경로계획 생성은 경로생성 알고리

즘과 기계공학적 요소 및 해양음향학적 요소가 포함되어 있어 세부 내용은 본 논문의 범위를 벗어난다.

나. 모델링

시물레이션 시스템에서는 OpenGL을 사용하여 무인잠수정, 장애물, 해저지형을 모델링하였다. 무인잠수정의 모델링은 본 연구와 연관 연구를 수행한 연구팀[4]에서 수행하였으며, 소프트웨어 재사용 측면에서 모델링 자료를 제공받아 본 연구에서 사용하였다. 무인잠수정의 모델링은 그림 2와 같다.



그림 2. UUV 객체의 3D 모델링

장애물이란 무인잠수정이 임무를 수행하기 위해 자율항해를 하면서 소나를 통해 탐지되는 모든 물리적인 객체로서, 타원형과 원형의 두 종류로 구분하여 모델링하였다. 정형화되지 않은 장애물은 타원형과 원형의 장애물들을 적절히 배치함으로써 실 장애물과 유사하게 모델링을 할 수 있게 하였다. 해저지형은 OpenGL의 NURBS(Non-Uniform Rational B-Spline)[6] 함수를 사용하였고, 8×8개의 제어점을 이용하여 사용자가 해저지형을 모델링하거나 장애물들을 해저에 위치시킴으로써 대략적인 모델링을 할 수도 있다.

다. 환경 관리자

환경 관리자는 시물레이션 수행에 필요한 환경적 요소 및 임무수행을 위한 전역경로 설정기능을 제공한다. 시물레이션 수행 영역은 정육면체로 하였으며, 해저를 2차원 좌표 화면으로 제공하여 환경 및 경로를 설정할 수 있게 하고, OpenGL을 이용하여 3차원으로 가시화함으로써 사용자가 설정된 정보를 확인하여 수정 및 저장을 할 수 있게 하였다.

그림 3은 NURBS의 각 제어점에 높이를 입력하여 해저지형을 설정한 화면이다.

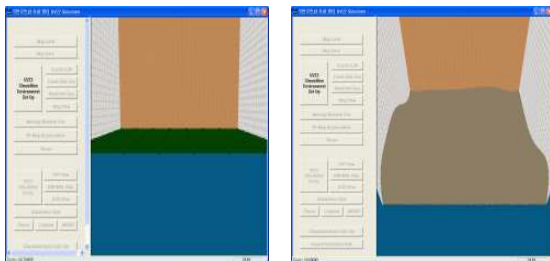


그림 3. 초기화면과 해저지형 설정 화면

본 연구에서의 장애물은 원형과 타원형을 조합

하여 실 장애물과 유사하게 모델링할 수 있게 하였다. 장애물은 운동성에 따라 고정 장애물과 유동 장애물로 구분될 수 있으나, 본 연구팀의 경로 계획 생성 알고리즘 1단계 연구에서는 유동 장애물을 고려하지 않았고, 장애물 종류를 판단하는 것은 본 연구의 범위를 벗어나기 때문에 이러한 정보는 타 장비로부터 제공된다고 가정하였다. 따라서, 본 연구에서의 장애물은 모두 고정 또는 정지된 것으로 구현되었다.

경유지는 경로계획 생성 알고리즘에서 전역/지역 경로계획 수립에 사용되어지는 자료로서, 2차원 좌표 화면에서 높이를 입력하여 경유지를 순서대로 설정할 수 있다. 그림 4는 경유지 설정 화면과 해저지형 및 장애물이 설정된 화면을 보여주고 있다.

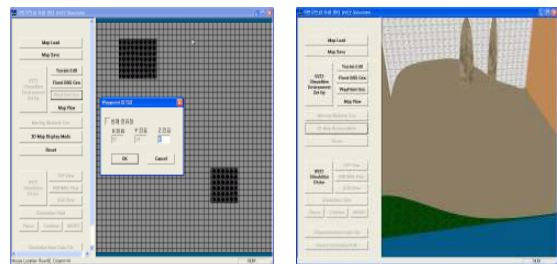


그림 4. 경유지와 장애물 설정 화면

라. 디스플레이 관리자

디스플레이 관리자는 시물레이션 환경의 설정, 확인 및 수정 과정을 2차원과 3차원으로 가시화하고, 경로 생성자에서 생성된 경로를 따라 이동하는 무인잠수정을 3차원으로 가시화한다. 3차원 가시화 단계에서 시점좌표(View Coordinate) 변화에 따른 렌더링 속도가 현저히 늦어져 실시간 애니메이션 수행 시 많은 지연이 발생되었기 때문에, 모든 객체를 OpenGL의 보류모드(retained Mode)인 디스플레이 리스트(Display list)를 사용하여 구현하였다.

라. 자료 관리자

자료 관리자는 시물레이션에서 사용되는 모든 자료를 유지관리하며, 필요한 자료 변환기능을 수행한다. 개발환경은 서로 상이하지만 연관 연구를 수행하는 다른 연구팀에서도 시물레이션에 사용되는 각 정보를 활용할 수 있도록 하기 위해서 사용자 인터페이스를 이용해 설정한 환경관련 정보 및 전역경로 설정 정보를 공통형식으로 표현하여 제공할 수 있게 하였다. 또한 무인잠수정의 위치좌표는 극좌표와 오일러좌표 모두 사용 가능하며, 모든 장애물은 원형 장애물들이 부분 중첩되어 있는 형태로 표현하여 제공하였다.

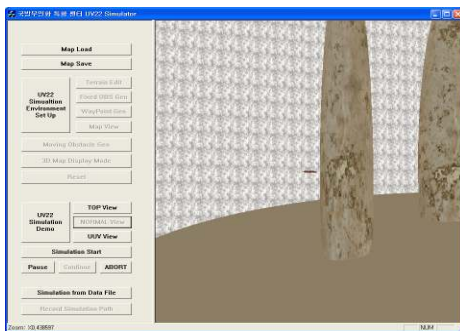
본 연구의 경로생성 알고리즘에서는 해저에 장애물을 위치시킴으로써 대략적인 해저지형을 사용하였다. 이런 경우, 많은 장애물로 인한 지연

및 경로생성 결과의 부정확성이 발생될 수 있다. 따라서, 정확하고 신속한 경로계획 수립을 위해서 해저지형 및 장애물의 표현 및 자료 제공부분은 향후 계속 연구되어야 되는 부분이다.

IV. 시뮬레이션 수행

개발된 시뮬레이션 시스템은 3가지의 수행 방법을 제공하는데 첫째, 타 연구팀에서 생성된 무인잠수정의 경로를 온라인으로 입력받아 무인잠수정의 이동을 디스플레이하는 기능 둘째, 저장된 시뮬레이션 환경정보와 경로를 이용해 무인잠수정의 이동을 재생하는 기능 셋째, 설정(저장)된 환경정보를 이용하여 직접 무인잠수정의 경로를 새로 생성하면서 디스플레이하는 기능이다. 온라인으로 경로를 입력받거나 저장된 정보를 이용하여 무인잠수정의 이동을 재생시키는 기능은 경로계획 생성 알고리즘 개발단계에서 알고리즘(타 연구팀의 연구결과 포함)의 정확성을 검증하는데 필요하다.

시뮬레이션 시스템은 경로계획 생성 알고리즘 개발자가 알고리즘을 검증할 수 있도록 그림 5와 같이 3가지 모드로 시뮬레이션을 수행할 수 있으며, 수행 도중 모드를 상호 전환할 수 있다. UUV_View 모드는 무인잠수정의 외부에서 무인잠수정을 바라보는 모드로써 무인잠수정의 이동 상황을 전체적으로 확인할 수 있다. TOP_View 모드는 무인잠수정을 중심으로 시뮬레이션의 상단(해수면)에서 하단을 보는 것으로 무인잠수정의 주변모습을 볼 수 있는 모드이다. PILOT_View 모드는 무인잠수정에서 진행방향을 보는 모드로서 무인잠수정의 이동을 좀 더 정확하게 확인할 수 있는 모드이다.



(a) UUV_View 모드



(b) TOP_View 모드 (c) PILOT_View 모드

그림 5. 뷰모드에 따른 실행 화면

V. 결 론

본 논문에서는 무인잠수정의 3차원 경로계획 알고리즘의 검증을 위하여 임무수행을 위해 자율운항하는 무인잠수정과 시뮬레이션 환경을 3차원으로 가시화하기 위해 C++와 MFC 그리고 OpenGL을 이용한 시뮬레이션 시스템을 개발하였다. MATLAB을 이용하는 다른 연구팀들 사이에 상호연관성이 많아 자료가 상호호환이 되어야 했으며, 연구 결과를 3차원으로 가시화하는데 있어 범용성을 가지는 시스템 개발이 필요했다. 따라서 개발된 시뮬레이션 시스템에서는 다른 연구팀에서 수행된 모델링 자료를 재사용하였으며, 본 연구에서 개발된 시뮬레이션 시스템을 이용해 설정된 환경정보 등과 같은 자료들을 연관 연구팀들과 교환하여 활용 가능하게 함으로써 상호운용성을 제공하고, 소프트웨어 개발비용의 절감 및 개발기간을 단축할 수 있었다.

본 연구에서 개발된 시뮬레이션 시스템은 어떠한 개발 환경에서 연구된 무인잠수정의 자율운항을 가시화할 수 있는 범용성을 제공함으로써 자율운항 기술의 검증도구로 폭넓게 활용될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 국방무인화기특화연구센터의 연구비 지원으로 이루어진 "3차원 경로계획 및 실시간 수중회피 제어기술 연구" 1단계 연구결과 일부입니다.

참고문헌

- [1] 이영일, 정희, 김용기, "무인수중로봇을 위한 지능형 자율운항시스템", 정보과학회논문지, Vol. 34, 2007.
- [2] 진강규, 이현식, 이윤희, 이영일, 박용운, "무인로봇을 위한 3D 월드모델에 기초한 Binary 장애지형의 판정", 한국군사과학기술학회지, 제 12권, 제 4호, pp. 516-523, 2009.
- [3] 『User's Guide CSIM18 Simulation Engine』, Mesquite Software, Inc., 1994.
- [4] 정완균, 도낙주, "학습기반 자율운항제어기술연구", 국방무인화기특화연구센터 1단계 최종보고 자체평가, 8. 2009.
- [5] 광준기, 백정렬, 『Inside Secrets Visual C++5.0』, 삼각형, 1997.
- [6] 최현호 역, 『OpenGL SUPERBIBLE 제 3판』, 정보문화사, 2005.