
무인잠수정의 자율운항시스템을 위한 시뮬레이터 개발

이영일* · 민종수* · 송진국** · 김용기*

A Development of Simulator for Autonomous Navigation System of UUV

Young-il Lee* · Jong-Soo Min* · Jin-Kook Song** · Yong-Gi Kim*

“이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임”
(KRF-2007-521-D00433)

요 약

시뮬레이터의 목적은 새로운 기술의 검증방법을 제공하거나 새로운 기술을 특정 응용분야에 적용시키기 위한 효율적인 방법을 제공하는 것이다. 무인잠수정의 개발 과정에 있어, 시뮬레이션은 고비용과 위험성을 내포하는 현장 시험의 효율적인 대안으로 제시 될 수 있다. 본 논문에서는 RVC 지능시스템 모델에 기반을 두어 개발된, 무인잠수정을 위한 자율운항시스템의 성능검증을 위해 3D 시뮬레이터를 설계 및 구현한다. 제안하는 시뮬레이터는 환경관리자(Environment Manager), 객체(Object), 그리고 3차원 뷰어(3D Viewer)로 구성된다. 구성요소 중 객체는 운항환경을 구성하는 지형, 장애물, 무인잠수정과 같은 물리적인 요소를 모델링한 것이다. 이러한 객체들은 환경관리자에서 표현하는 대상에 맞게 생성하고 초기화 된다. 환경관리자는 생성된 객체들이 상호 작용할 수 있도록 중개자 역할을 수행하고 3차원 뷰어에게 3차원 표현에 필요한 정보를 전달한다. 3차원 뷰어는 전달 받은 정보를 바탕으로 OpenGL의 프리미티브를 조합하여 3차원적으로 시각화한다.

ABSTRACT

The goal of a simulator is to provide for the testing of new technologies and to facilitate the eventual transfer of these technologies to the applications. In the Development Step, Simulation can provide a cost effective alternative to expensive and hazardous field testing. In this paper, a 3D simulator is developed to test UUV navigation system based on RVC model. The simulation system consists of a environment manager, objects and a 3D viewer. Objects are modeling all physical elements such as map, obstacle and UUV which reside in a underwater environment. Those objects are created and initialized by environment manager. The environment manager plays the role of intermediary which allows created objects to interact with each other, and transmits information on the objects to 3D viewer. The 3D viewer analyzes the received information and visualizes 3D graphic by using OpenGL primitives.

키워드

3D 시뮬레이터, 무인잠수정, 자율운항시스템, RVC 모델

* 경상대학교 컴퓨터과학과
** 진주산업대학교 컴퓨터공학과

I. 서론

무인잠수정(UUV, Unmanned Underwater Vehicle)은 해양환경 개발의 필요성이 증가되고 있는 현 시점에서 효율적이고 경제적인 심해탐사용 도구로 인식되고 있다. 무인잠수정은 심해 조사나 연근해 탐사, 극지방의 해양 조사와 같은 학술적인 임무와 어군탐사, 해양 오염 감시, 송유관 조사 및 수리 등과 같은 산업적인 임무, 그리고 기뢰 제거나 적 지역을 감시 조사하는 군사적인 임무를 수행할 수 있다. 시뮬레이터의 목적은 새로운 기술의 검증방법을 제공하거나 새로운 기술을 원래의 응용분야에 적용시키기 위한 효율적인 방법을 제공하는 것이다. 무인잠수정의 개발 과정에 있어, 시뮬레이션은 고비용과 위험성을 내포하는 현장 시험(field testing)의 효율적인 대안으로 제시 될 수 있다[1]. 무인잠수정의 개발단계에서 시뮬레이션을 이용한 관련연구로는 다음과 같은 연구들이 있다. FAU에서는 Ocean Explorer와 같이 모듈화를 통해 개발한 무인잠수정에 구성 모듈들을 장착하기 위한 시각화 테스트와 임무완수 후 재검토하는 기능을 구현하는 3차원 시뮬레이터에 대한 연구가 이루어졌다[2]. 펜실베이니아 주립대학의 ARL에서는 무인잠수정의 지능임무제어기를 개발하고 시험하기 위한 시뮬레이션 환경 연구를 수행하였다[3]. 이 외에도 무인잠수정의 충돌회피와 오류 제어를 위한 제어 알고리즘을 검증하기 위한 시뮬레이터가 개발 되었다[4][5][6].

본 논문에서는 RVC 지능시스템 모델에 기반하여 개발된 무인잠수정을 위한 자율운항시스템의 성능검증을 위한 3D 시뮬레이션 시스템을 설계 및 구현한다. 자율운항시스템 개발에 필요한 시뮬레이션 환경을 구현하기 위해 본 논문의 시뮬레이터는 환경관리자(Environment Manager), 객체(Object), 그리고 3차원 뷰어(3D Viewer)로 구성된다. 시뮬레이터의 각 구성요소는 자율운항시스템과 연동되며 객체지향기법으로 추상화시킨 모델로 나타낸다. 시뮬레이터의 구성요소 중 객체는 운항환경을 구성하는 지형, 장애물, 무인잠수정과 같은 물리적인 요소를 모델링한 것이다. 이러한 객체들은 환경관리자에서 표현하는 대상에 맞게 생성하고 초기화 된다. 환경관리자는 생성된 객체들이 상호 작용할 수 있도록 중개자 역할을 하고 3차원 뷰어에게 3차원 표현에 필요한 정보를 전달한다. 3차원 뷰어는 전달 받은 정보를 바탕으로 OpenGL(Open Graphic Library)의 프리미티브를 조합

하여 3차원적으로 시각화한다.

2장에서는 자율운항시스템 개발의 기반이 되는 RVC 지능시스템 모델에 대해 간략히 살펴본다. 3장에서는 자율운항시스템의 검증을 위한 시뮬레이션 시스템의 구성요소인 환경관리자, 객체, 그리고 3차원 뷰어의 설계 및 구현에 관해 기술한다. 4장에서는 개발된 시뮬레이션 시스템의 성능검증을 위한 다양한 시나리오 기반의 모의실험 결과 및 분석을 기술한다. 마지막으로 5장에서는 본 연구에 대한 결론을 내린다.

II. RVC 지능시스템 모델

무인잠수정의 자율운항시스템은 실시간 환경정보가 알려지지 않은 해저환경에서 주어진 임무를 원만히 수행하기 위해 영역전문가 수준의 임무계획, 계획제어, 그리고 의사결정과 같은 고수준 기능을 보유한 지능형 소프트웨어를 의미한다[7]. 자율운항시스템은 항해계획 시스템[8], 충돌회피시스템[9][10], 충돌위험도산출시스템[11] 등과 같은 부시스템으로 구성되는데, 이들은 각기 다른 특성을 가지므로 시스템 통합시 각 구성요소 간의 상호 이질적인 특성 융화, 구성요소의 일관성 극대화, 모듈별 독립화 그리고 향후 개선작업의 용이성 등을 충분히 고려하여야 한다. 이와 같은 장점을 살려 효율적으로 시스템을 통합하기 위해서는 무인잠수정의 특성을 고려한 시스템 모델 및 아키텍처가 필요하다.

경상대학교 인공지능연구실에서는 구성요소의 구조적 및 기능적 독립성 보장, 반응형 및 속고형 기법의 상호 융화 극대화에 초점을 맞춘 RVC(Reactive Layer-Virtual World- Considerative Layer) 지능시스템 모델을 제안하였다[12][13]. 또한 RVC 지능시스템 모델을 채용하여 RVC 지능시스템 모델이 내포한 장점을 충분히 살리고 여기에 다양한 요소를 추가하여 서버/클라이언트 기반 가상세계시스템을 개발하였다. 개발된 RVC 지능시스템 모델의 장점으로는 시스템의 각 부분에서 적용하는 이질적인 기법 간 자연스러운 융화를 이끌어내고, 구성요소의 독립화를 극대화한다. 또한 각 구성모듈은 정보유통을 위한 정보를 가상세계에 선 선언하므로 모듈간 인터페이스 정의가 매우 용이하다. 특히 구성요소의 독립성을 극대화하므로 병렬적 개발이 가능하고, 유연하고 플랫폼 독립적인 TCP/IP 프로토콜을 적용하여

플랫폼 독립적인 시스템 구성과 자연스러운 로드 밸런싱을 유도한다.

그림 1은 RVC 지능시스템 모델의 개념도이다. RVC 지능시스템 모델은 반응형 및 숙고형 기법의 상호융화 극대화와 구성요소의 구조적 및 기능적 독립성 보장에 초점을 맞춘 지능시스템 모델이다. 이 모델은 숙고형 기법들이 주로 기호기반의 환경에 적절하다는 점에 착안하였는데, 반응형 기법들이 존재하는 반응층은 불확실한 실세계 문제를 해결하여 기호화된 형태의 정보를 제공하고, 숙고적 기법이 존재하는 숙고층은 반응형 기법들이 처리한 정보를 이용하여 문제를 해결한다. 이때 양계층의 정보교환을 위하여 공유정보 저장영역을 이용하는데, 이는 반응층에서 생산된 정보를 실시간으로 표현하고, 숙고층은 필요시 표현된 정보를 소비한다.

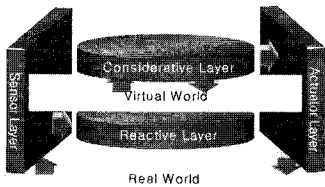


그림 1. RVC 지능시스템 모델
Fig. 1. RVC Intelligent System Model

III. 3D 시뮬레이션 시스템

시뮬레이션 시스템이란 무인잠수정과 관련된 모든 현상, 요인, 물체, 장치 등을 모델링하고 여기에 자율운항시스템을 가상적으로 장착한 후 무인잠수정의 전반적인 운항 과정과 운항 중에 등장하는 주변객체들을 컴퓨터를 통해 모의 실험하는 소프트웨어를 의미한다. 시뮬레이션 시스템에서는 입력으로 작용하는 각종 센서, 속도계, 항법장치와 출력으로 작용하는 추진장치, 조타장치를 모델링하여 자율운항시스템과 상호작용토록 한다.

3.1 시뮬레이션 시스템 구조

무인잠수정의 자율운항시스템은 각종 센서로부터 운항에 필요한 환경정보를 입력 받고, 이러한 정보를 분석하여 다음 행동에 대한 결정을 내린 후, 추진 장치부나

조타 장치부에 새로운 동작 명령을 전달한다. 가상세계 시스템 모형도에서 시뮬레이션시스템의 구현 대상은 그림 2와 같다. 시뮬레이션 시스템은 그림 3과 같이 자율운항시스템과 물리적 장치간의 상호작용을 시뮬레이션하고 처리결과를 3차원으로 디스플레이 하는 역할을 수행하며, 환경 관리자, 객체, 그리고 삼차원 뷰어와 같은 구성요소를 지닌다.

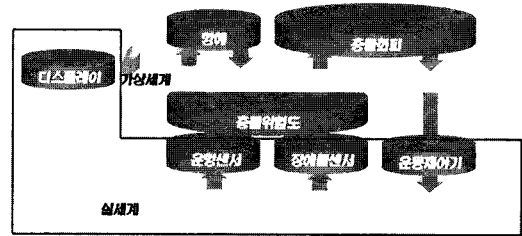


그림 2. 시뮬레이션시스템의 구현대상
Fig. 2. Implementation Target of Simulation System

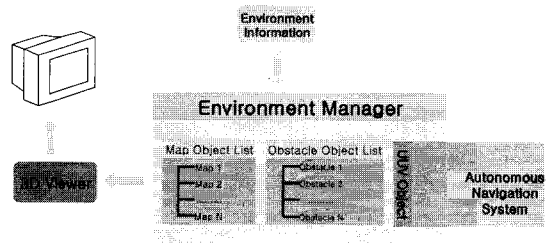


그림 3. 시뮬레이션시스템의 구조
Fig. 3. The Architecture of Simulation System

3.2 환경 관리자(Environment Manager)

환경관리자는 외부로부터 환경정보를 입력받아 무인잠수정의 운항에 영향을 주는 환경요소와 현상들을 모델링하고 내포된 객체의 상호작용을 가능하게 한다. 시뮬레이션에서 자율운항시스템은 환경관리자가 생성한 각종 정보를 참조하여 임무를 수행하게 된다. 환경관리자의 주된 역할은 시뮬레이션 환경을 구성하고 관리하는 것으로 시뮬레이션에 필요한 각종 객체를 생성하고 속성을 초기화하며 객체들의 상호작용을 조율한다. 그림 4는 환경관리자의 구조를 보여준다.

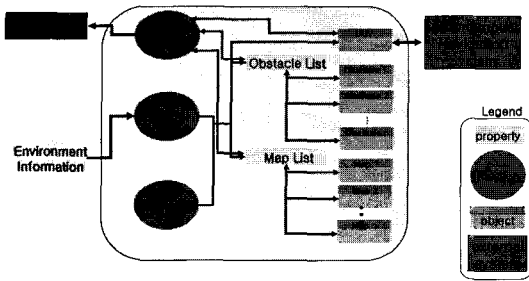


그림 4. 환경 관리자 구조
Fig. 4. The Architecture of Environment Management

3.2.1 환경 정보

환경정보는 시뮬레이션 시스템에서 무인잠수정의 운항 환경적인 요소를 나타내는 정보이며 객체의 속성을 초기화하는데 이용된다. 이러한 환경정보는 시뮬레이션이 시작되기 전에 환경관리자에게 입력되고, 환경관리자의 생성함수는 입력된 내용을 분석하여 시뮬레이션에 필요한 객체를 생성하게 된다. 그림 5는 환경관리자에 입력되는 파일 구조이며, 파일을 구성하는 환경정보 값의 내용 및 의미는 표 1에서 보인다.

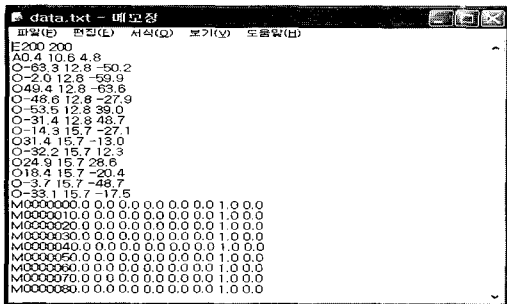


그림 5. 환경 정보의 파일 구조
Fig. 5. File Architecture of Environment Information

표 1. 환경정보 값의 내용 및 의미
Table. 1 Contents and Meaning of Environment Info.

대상	기호	입력 내용	예
지역	E	-전체지역 범위	E200 200
UUV	A	-UUV의 위치값	A-67.3 3.3 81.4
Obst.	O	-장애물의 위치값	O-7.8 0.0 -29.4
지형	M	-격자의 상대 위치값 -네 꼭지점의 높이값 -스팟의 높이값 -단위법선 벡터값	M00001317.2 8.6 12.9 7.2 17.2 -0.7 0.1 0.7

3.2.2 구성 함수

환경관리자의 구성함수로는 CREATE_함수, REMOVE_함수, 그리고 INTERMEDIATE_함수가 있으며 이 함수의 호출을 통하여 무인잠수정의 시뮬레이션 환경을 구성한다.

1) CREATE_함수

CREATE_함수는 외부로부터 입력된 환경정보를 분석하여 지도, 장애물, 무인잠수정 객체를 생성한 후, 지도객체와 장애물객체를 각각의 객체리스트에 등록하는데 이러한 객체 리스트는 생성된 객체를 유지하고 다른 객체가 참조 할 수 있도록 한다. 또한 무인잠수정객체의 상태를 초기화 시킨 후 자율운항시스템 또는 타 객체와 연결시키는 역할을 수행한다.

2) REMOVE_함수

REMOVE_함수는 환경관리자에 등록되어 있는 지도객체나 장애물객체들 중에서 더 이상 고려하지 않아도 되는 객체들 즉, 현재 시뮬레이션 중인 무인잠수정의 운항 및 표현 영역을 벗어나 시뮬레이션에 영향을 주지 못하는 객체들을 제거하는 역할을 수행한다.

3) INTERMEDIATE_함수

환경관리자로부터 생성된 각 객체들은 고유의 역할을 수행하기 위해 타 객체의 정보를 필요로 한다. 이러한 객체들은 자신의 요구 사항을 INTERMEDIATE_함수에 전달하고, 그 함수는 요구 내용을 분석하여 해당 객체에 대한 정보를 찾아서 요구한 객체에게 되돌려준다. 다시 말해, INTERMEDIATE_함수는 생성된 객체들이 서로 상호 작용할 수 있도록 중개자 역할을 하며, 환경관리자에 등록 되어있는 객체들의 정보를 수집하여 3D 뷰어에 전달하는 역할도 수행한다.

3.3 객체(Object)

객체는 운항 환경의 물리적인 요소들을 시뮬레이션에서 사용할 수 있도록 객체지향기법을 적용하여 모델링한 것이다. 이러한 객체들은 환경관리자에서 생성 관리되며 표현 대상에 따라서 고유한 속성과 함수를 가지는데, 본 논문의 시뮬레이션시스템에서는 무인잠수정, 장애물, 그리고 지도객체를 가진다.

3.3.1 지도객체

임무수행을 위해 투입되는 무인잠수정은 운항에 필

요한 지형정보를 임무 시작 전에 입력 받거나, 운항 중에 센서를 통하여 획득한다. 하지만 시뮬레이션 시스템에서는 이러한 지형에 관한 정보를 지도객체를 참조하여 획득한다. 지도객체란 점과 구역의 개념을 이용하여 지도의 지형정보를 시뮬레이션에서 사용할 수 있도록 표현한 것으로 시뮬레이션이 시작되기 전에 환경정보 내용을 분석하여 환경관리자에 의해 생성되고 객체리스트에 등록되어 관리된다. 그림 6은 지도객체를 모델링한 것으로, 지도객체는 계층구조를 가지며 기본 단위는 점이며, 일정한 범위 내의 점들이 모여 구역을 만든다. 이러한 구역들은 집합을 이루어 지도객체를 형성하게 된다. 지도객체는 구역들의 시작위치를 정하고, Visible 속성 값을 설정하는 VALIDATE_함수와, 무인잠수정 객체와 같이 실행 중 지형정보가 필요한 객체의 요구에 대해 정보를 제공해 주는 SEARCH_함수를 가지고 있다.

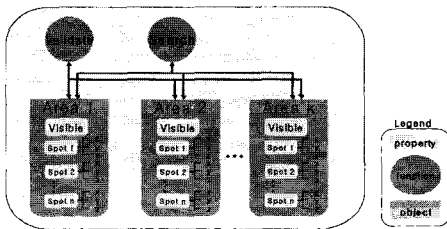


그림 6. 지도객체 모델
Fig. 6. Map Object Model

1) 점(Spot)

점은 특정 지점의 위치값을 표현하기 위한 것으로 환경관리자의 절대좌표계를 따르며 $P_n(X, Y, Z)$ 의 값을 가진다. 이러한 점의 좌표값은 3D 뷰어에서 지형을 표현할 때 이용되며, 또한 무인잠수정객체의 SONAR_함수를 통해 장애물의 위치값 계산에도 참조된다.

2) 구역(Area)

구역은 일정한 범위내의 점들로 이루어진 집합으로 3D 뷰어에서 지형을 표현할 때 사용되는 최소단위이다. 구역은 지도객체의 VALIDATE_함수에 의해 결정되는 Visible이라는 속성값을 가지는데 이 값은 3D 뷰어에서 현재 화면상의 특정 구역이 표현될지의 여부를 결정하는데 이용된다.

3.3.2 장애물객체

장애물객체란 무인잠수정이 임무를 수행하기 위해 특정 지역으로 자율항해를 수행하면서 소나를 통해 탐지되는 모든 물리적인 객체를 의미한다. 장애물은 운동성에 따라 고정장애물과 이동장애물로 구분되는데, 본 논문의 시뮬레이션과 연동되는 충돌회피시스템은 이동장애물만을 고려하기 때문에 본 논문에서는 이동장애물만을 모델링 하였다. 장애물객체는 환경관리자에게 입력된 환경정보를 바탕으로 생성되고 장애물객체 리스트에 등록되어 유지된다. 모든 장애물객체는 기본적으로 위치를 나타내는 Position, 모양을 나타내는 Shape, 크기를 나타내는 Size 속성을 갖는다. 장애물객체는 이러한 기본적인 속성 외에 이동장애물이 가지는 속력을 나타내는 Velocity, 가속도를 나타내는 Acceleration, 그리고 진행방향을 나타내는 Heading 속성도 가진다. 또한 장애물객체는 이동장애물의 상태 변화를 표현하기 위해 DYNAMIC_함수를 가진다.

3.3.3 무인잠수정객체

무인잠수정객체는 시뮬레이션의 대상이 되는 무인잠수정의 특징을 고려하여 모델링 하는데, 무인잠수정객체의 속성이나 함수는 대상 무인잠수정의 성능이나 모양에 의해 결정된다. 본 논문의 시뮬레이션에서 사용되어진 무인잠수정 객체는 국방과학 연구소의 UUV를 대상으로 모델링 하였다[14]. 무인잠수정 객체는 선체의 상태를 나타내는 Pitch, Roll, Yaw, 절대좌표계상의 무인잠수정 위치를 나타내는 Position, 그리고 무인잠수정의 프로펠러 추진력의 세기를 나타내는 P_Rpm 속성을 가진다. V_Fin은 수직 방향타의 각 값을 가지고 있으며, F_H_Fin, T_H_Fin은 각각 선두, 선미 수평타의 각 값을 가지는 속성이다. CHANGE_함수는 자율운항시스템으로부터 전달 받은 명령을 분석하고 운동방정식에 적용시켜 무인잠수정객체의 속성값을 변경시키는 역할을 한다. SONAR_함수는 무인잠수정의 주변 환경정보를 수집하는 소나를 모델링한 것으로 INTERMEDIATE_함수를 통해 장애물과 지형에 대한 환경정보를 수집한 후 이를 자율운항시스템으로 전달한다.

3.4 3D 뷰어(3D Viewer)

3D 뷰어는 시물레이션의 전체적인 수행과정을 3D 그래픽으로 디스플레이 하는 구성요소이다. 3D 뷰어는 환경관리자로부터 정보를 입력받아 OpenGL 프리미티브 [15]를 사용하여 시물레이션 과정을 삼차원으로 시각화한다. 본 논문에서는 지형이나, 장애물, 무인잠수정과 같은 복잡한 대상을 표현하기 위하여 기본적인 프리미티브들을 조합하여 시물레이션에 필요한 객체들을 표현한다.

3.4.1 장애물 및 무인잠수정 객체의 표현

무인잠수정이 운항하는 해저에는 다양한 모양의 장애물이 존재하지만 본 논문에서는 장애물의 모양을 구형 장애물, 넓은 장애물, 그리고 높은 장애물과 같은 3가지로 단순화하였다. 구형 장애물은 가로 세로의 비율이 같은 장애물이며, 넓은 장애물은 수평방향으로 긴 장애물, 높은 장애물은 수직방향의 장애물을 나타낸다. 그림 7은 무인잠수정 객체를 3D 뷰어에서 삼차원객체로 표현한 것이다. 무인잠수정객체의 상태값을 참조하여 진행방향, 수직 및 수평 방향타의 움직임을 실제 무인잠수정처럼 시각적으로 표현하였다.

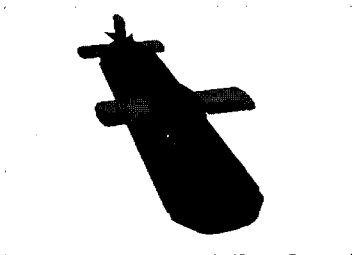


그림 7. UUV 객체의 3D 표현
Fig. 7. 3D Display for UUV Object

3.4.2 지도객체 표현

시물레이션에서 지형은 사각형 격자를 이어서 표현하며 격자들의 높이값 차이는 지형의 굴곡을 나타내는 효과에 이용된다. 이러한 격자들은 지도객체의 점들을 이용하여 생성하는데 그림 8과 같이 한 개의 격자는 중앙에 한 개의 점이 위치하고, 점의 위치값을 기준으로 일정한 간격의 네 꼭짓점(apex)을 가진다. 한 격자의 꼭짓점은 네 개의 점 사이에 위치하고, 꼭짓점의 높이 값은 수식 (1)과 같이 계산한다. 위와 같은 지형 표현방법은

점들을 연결하여 표현하는 것 보다 점 사이의 높이차를 줄여서 실제 지형과 비슷하게 나타내는 효과가 있다. 격자는 지형을 3차원뷰어에서 표현하는데 이용되며, 점의 위치값은 무인잠수정객체 같이 지형정보를 필요로 하는 객체에 의해 참조된다.

$$AP_h(r,c) = \frac{(S_h(r,c) + S_h(r,c+1) + S_h(r+1,c) + S_h(r+1,c+1))}{4} \quad (1)$$

여기서 $S_h(r,c)$ 는 (r,c) 에 위치한 점의 높이값을 의미한다.

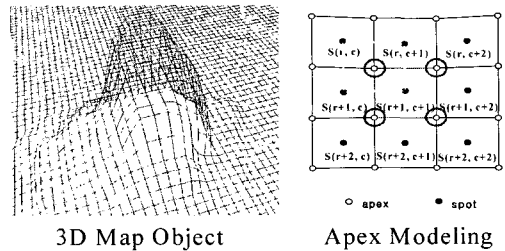


그림 8. 지도객체의 3D 표현
Fig. 8. 3D Display for Map Object

IV. 시물레이션 및 검증

본 논문에서는 무인잠수정을 위한 자율운항시스템의 성능검증 및 시각화를 위해 3D 시물레이션 시스템을 설계 및 구현하였다. 개발된 3D 시물레이션 시스템의 검증을 위해 본 장에서는 두 가지 관점에서 실험을 수행한다. 첫째, 3D 시물레이션 시스템 자체의 검증을 위해서는 국방과학연구소에서 개발한 UUV 심도제어 시물레이터의 결과를 이용하여 두 시스템을 비교 및 분석한다. 둘째, 무인잠수정의 자율운항시스템을 구성하는 충돌회피시스템 및 충돌위험도산출시스템과의 연동성능을 검증하기 위해서는 무인잠수정과 장애물의 여러 가지 조우상황을 적절하게 조합한 시나리오를 설정하여 실험을 수행한다.

4.1 시물레이터의 자체성능 검증

국방과학연구소에서는 수중운동체의 모형인 UFA

선형을 개발하고, 이를 기반으로 UFA 심도제어 기술을 제안하였다[14]. 그리고 제안한 심도제어기의 성능검증을 위해 UFA 개발 및 운용을 통해서 정밀화된 UFA 운동방정식에 근거한 시뮬레이션을 수행하였다. 본 논문에서는 이 결과를 이용하여 본 논문에서 제안하는 3D 시뮬레이션 시스템 자체의 성능검증을 수행한다. 그림 9는 UFA 심도제어 시뮬레이터의 시뮬레이션 결과를 추출한 데이터로서 각각 X-Y 평면상의 무인잠수정 이동경로 및 시간의 흐름에 따른 수심의 변화를 의미한다. 이 데이터 값은 본 논문에서 개발한 시뮬레이터에 순차적으로 입력되며, 시뮬레이터의 3D 뷰어가 생성한 무인잠수정객체의 이동 경로는 그림 10과 같다. 시뮬레이션 결과에 보이듯이 무인잠수정객체는 데이터가 의미하는 동작을 충실하게 실행하여 국방과학연구소의 UFA 심도제어 시뮬레이션 궤적과 동일한 결과를 나타내었다.

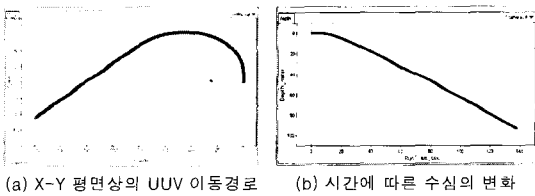


그림 9. ADD의 UFA 심도제어 시뮬레이션 결과
Fig. 9. The Results of Depth Control Simulation

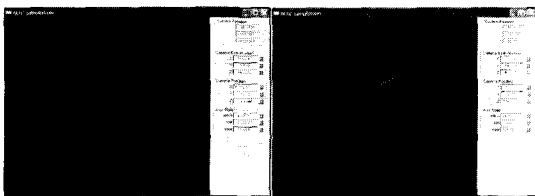


그림 10. 3D 뷰어가 생성한 시뮬레이션 결과
Fig. 10. Simulation Results by 3D Viewer

4.2 타 시스템과의 연동성능 검증 및 분석

본 논문에서 개발한 시뮬레이터와 자율운항시스템을 구성하는 충돌회피시스템 및 충돌위험도산출시스템과의 연동성능을 검증하기 위해 표 2와 같이 여러 가지 조우상황을 적절하게 조합한 여섯 가지의 시나리오를 설정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 본 절에서는 여섯 가지의 시나리오들 중 시나리오 6에 대한 시뮬레이션 결과를 분석하도록 한다. 서로 다른 세 개의 이동장애물이 존재하는 시나리오 s6에서 첫 번째 장애물의 시작점

과 목표점은 각각 $O_5(-20,150,-10)$ 와 $O_6(13,-60,-10)$ 로 무인잠수정의 좌측 전방에서 정면으로 다가오는 경우이며, 두 번째 장애물은 각각 $O_5(30,-10,-17)$ 와 $O_6(-2,160,-17)$ 로서 뒤쪽에서 추월하는 형태이며, 마지막 장애물은 $O_5(0,200,-10)$ 와 $O_6(0,-20,-10)$ 로 정면에서 무인잠수정에 접근하는 형태로 배치되어 있다. 그림 11의 시뮬레이션 결과에서 보이듯 무인잠수정은 $P(0,63,-10)$ 지점에서 접근하는 1번 장애물 $O_1(-11,87,-10)$ 을 탐지하여 $P(7,84,-17)$ 지점으로 회피명령을 내리며, 이어서 탐지되는 2번 장애물 $O_2(18,58,-17)$ 에 대해 $P(-7,105,-24)$ 지점으로 회피하여 합리적이고 효과적인 충돌회피가 수행되었음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 개발한 시뮬레이션 시스템이 무인잠수정의 자율운항 기술을 검증함에 있어 타 시스템들과 효율적으로 연동됨을 보여준다.

표 2. 시뮬레이션 시나리오
Table 2. Scenarios of Simulation

#	Scenario		
	Description	P_{start}	P_{goal}
s1	No Obstacle	(0,0,-10)	(65,210,-35)
s2	Head-on Situation	(0,0,-10)	(-10,210,-35)
s3	Head-on+Crossing	(0,0,-10)	(-10,210,-10)
s4	Crossing+Overtaking	(0,0,-10)	(-20,210,-17)
s5	Crossing I +Crossing II	(0,0,-10)	(-20,210,-17)
s6	Head-on I +Head-on II +Overtaking	(0,0,-10)	(0,210,-10)

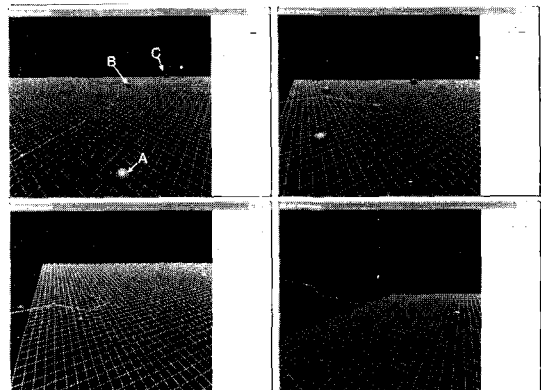


그림 11. 시나리오 s6에 대한 시뮬레이션 결과
Fig. 11. Simulation Result for Scenario s6

V. 결 론

본 논문에서는 RVC 지능시스템 모델에 기반을 두어 개발된 무인잠수정을 위한 자율운항시스템의 성능검증을 위해 3D 시뮬레이션 시스템을 설계 및 구현하였다. RVC 지능시스템 모델을 기반으로 시뮬레이터를 개발함으로써 서로 다른 기법의 융화, 시스템 일관성 유지, 그리고 실시간 처리 시스템 구현 등의 특성을 고려할 수 있으며, 또한 클라이언트/서버 체계를 따르기 때문에 일관성 유지, 독립성 극대화, 부하배분이라는 장점을 지닌다. 개발된 3D 시뮬레이션 시스템의 성능검증을 위해 두 가지 관점에서 실험을 수행하였다. 3D 시뮬레이션 시스템 자체의 검증을 위해서는 국방과학연구소에서 개발한 UUV 심도제어 시뮬레이터의 결과를 이용하여 두 시스템을 비교 및 분석하였으며, 무인잠수정의 자율운항시스템을 구성하는 충돌회피시스템 및 충돌위험도 산출시스템과의 연동성능을 검증하기 위해서는 무인잠수정과 장애물의 여러 가지 조우상황을 적절하게 조합한 시나리오를 설정하여 실험을 수행하였다. 두 관점의 실험결과에 대한 분석을 통해 본 논문에서 개발한 시뮬레이터는 기 개발된 자율운항 기술의 검증에 있어 고비용과 위험성을 내포하는 현장 시험의 효율적인 대안으로 적합함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2007-521-D00433)

참고문헌

[1] Tuohy, S. T., "A Simulation Model for AUV Navigation," Symposium on AUV Technology, pp. 470-478, 1994.
 [2] Chen, X., Marco, D., Smith, D., An E., Ganesan, K., Healey, T., "6 DOF Nonlinear AUV Simulation Toolbox," OCEANS '97. MTS/IEEE Conference Proceedings, pp. 1070-1074, 1997.
 [3] Michael W. Roeckel, Robert H. Rivoir, Ronald E.

Gibson, Stephen P. Linder, "Simulation Environments for the Desing and Test Of an Intelligent Controller for AUVs," Winter Simulation Conference, 1999.

[4] Momence, M. L., "An Environment simulator for a KBS Controlled Underwater Vehicle," In Proc. Int. Symp. on Unmanned Untethered Submersible Technology, pp.561-566, 1987.
 [5] Oravec, J. J., "Simulated Performance of an Obstacle Avoidance Algorithm for an AUV," In DARPA/CSDL Symposium on Modeling and Simulation, 1988.
 [6] Ong, S. M., "A Mission Planning Expert System with Three-dimensional Path Optimization for the NPS MODEL 2 Autonomous Underwater Vehicle," Master Thesis, Naval Postgraduate School, 1990.
 [7] 이영일, 정희, 김용기, "무인수중로봇을 위한 지능형 자율운항시스템," 정보과학회논문지, Vol. 34, 2007.
 [8] 조재희, 지민수, 김용기, "무인선박의 항해시스템을 위한 항로계획 기법," 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol. 15, No. pp. 349-354, 2005.
 [9] Lee, Y. I., Kim, Y. G., Kohout, L. J., "An Intelligent Collision Avoidance System for AUVs using Fuzzy Relational Products," Information Sciences, Vol. 158, 2004.
 [10] Lee, Y. I., Noe, C. S., Kim, Y. G., "Implication Operators in Fuzzy Relational Products for a local path-planning of AUVs," NAFIPS-FLINT 2002, New Orleans, 2002.
 [11] 김은경, 강일권, 김용기, "충돌회피를 위한 충돌위험도 결정 시스템", 한국퍼지 및 지능 시스템 학회 논문지, Vol. II, No. 6, pp.524 -527, 2001.
 [12] 김창민, 김용기, "무인자율항체를 위한 지능제어 아키텍처에 관한 연구" 한국군사과학기술학회지, controller Vol. 4 No. 2, pp.249-255, 2001.12.
 [13] 김용기, "지능형 자율운항 제어 기술(2단계)," 국방과학연구소 보고서, 2003.
 [14] 김현식, "지능제어를 이용한 Underwater Flight Vehicle의 심도 제어에 관한연구," 박사학위 논문, 부산대학교, 2001.
 [15] Richard S. W. Benjamin, L., "OpenGL Super Bible," Addison-Wesley Professional, 2004.

저자소개



이 영 일(Young-il Lee)

1999년 경상대학교 컴퓨터과학과
(이학사)

2001년 경상대학교 컴퓨터과학과
(공학석사)

2005년 경상대학교 컴퓨터과학과(공학박사)

※관심분야 : 충돌회피시스템, 자율항해시스템, 무인
로봇, 퍼지관계급



민 종 수(Jong-Soo Min)

1999년 경상대학교 컴퓨터과학과
(이학사)

2005년 경상대학교 컴퓨터과학과
(공학석사)

※관심분야: 시뮬레이터, 자율항해시스템



송 진 국(Jin-Kook Song)

1988년 홍익대학교 전자계산학과
(이학사)

1990년 홍익대학교 전자계산학과
(이학석사)

1998년 홍익대학교 전자계산학과(이학박사)

1998년~현재: 진주산업대학교 컴퓨터공학과 교수

※관심분야: 컴파일러, 프로그래밍 언어론



김 용 기(Yong-Gi Kim)

1978년 서울대학교 전기공학과
(공학사)

1987년 University of Montana
전산학과 (MS)

1991년 Florida State University 전산학과(Ph. D.)

1992년~현재: 경상대학교 컴퓨터과학과 교수

※관심분야: 퍼지시스템, 지능시스템, 무인수중로봇