

4 자유도 모션 플랫폼을 이용한 잠수함의 운동감 재현과 스테레오 다채널 가시화

허정순¹ · 한순흥^{2†}

¹한국과학기술원 기계공학과, ²한국과학기술원 해양시스템공학과

Submarine Behavior Simulation based on 4-DOF Motion Platform and Stereoscopic Multi-Channel Visualization

Zhenshun Xu¹ and Soonhung Han^{2†}

¹Department of Mechanical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology

²Department of Ocean Systems Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology

Received 14 February 2012; received in revised form 23 July 2012; accepted 31 July 2012

ABSTRACT

Modeling and simulation is important for military training. People can feel perspective when stereoscope images are created using multi-channel visualizations. A submarine oscillates when the submarine is just below the surface of the sea, so that the reconnaissance becomes difficult. Also, the operator should read the information of the target within 6 seconds using the periscope. The operator must have experience. To solve these problems, stereoscopic multi-channel visualization has been tested. The iCAVE system of KAIST provides a large-scale screen, 7 PCs, and 14 projectors to create the stereoscope images. To simulate the motion of a submarine just below the ocean surface, a 4-DOF motion platform is used. The motion data is transmitted to the visual system and the motion platform through the UDP protocol. Variety of weather conditions are created using the Vega Prime software. The stereoscopic multi-channel visualization and the motion platform system created a realistic simulation system.

Key words: Motion platform, Multi-Channel visualization, Submarine, Stereo, UDP

1. 서 론

한 국가의 잠수함 전력이 그 나라의 잠수함 척수나 무기체계의 성능에 의해서만 평가되는 것이 아니라 승조원의 능력에 의해 잠수함의 생사가 결정되기 때문에 반복적인 훈련을 통하여 승조원의

높은 숙련도를 키워야 한다. 또한 잠수함에서 스노켈 항해를 하거나 잠망경을 통하여 수면 위를 관찰할 때 해수면 근처에서 항행하면 과도에 의한 잠수함의 움직임이 심해지면서 잠망경 정찰이 어려워진다. 특히 수중에서 표적의 식별 또는 수면을 관찰하고자 할 때 불과 6초만에 표적의 종류, 침로, 속력을 읽어 낼 수 있어야 하는데 이를 위해서는 많은 경험과 숙련된 기술이 필요하게 된다^[1]. 그러나 잠수함을 직접 바다에 띄우고 훈련하는 것

[†]Corresponding Author, shhan@kaist.ac.kr
©2012 Society of CAD/CAM Engineers

은 많은 비용이 들고 위험할 뿐만 아니라 기후의 제약을 받기 때문에 육상에서 훈련을 진행할 수 있는 모의 시스템이 필요하다.

본 연구에서는 KAIST가 보유하고 있는 iCAVE system을 이용하여 stereoscope 영상의 다채널 가시화를 진행하였다. 선박 운동에 대한 계산 결과를 4자유도의 모션 플랫폼에 적용하여 해수면 근처에서의 잠수함의 움직임을 나타내었고 UDP통신을 통하여 잠수함의 모션 데이터를 가시화 시스템과 모션 플랫폼에 전송하여 가시화와 모션 플랫폼을 동기화시켰다. 상업용 시스템인 Vega Prime을 이용하여 잠수함의 잠망경 훈련 시나리오를 구성하여 승조원이 기후조건이나 표적의 상태를 바꿔가면서 가상 훈련을 진행할 수 있도록 하였다.

2. 관련 연구

2.1 멀티채널 가시화

Ship's bridge simulator은 노르웨이 Kongsberg Maritime에서 개발한 선박 조종 시뮬레이터이다^[12]. Royal Norwegian Navy에서는 Ship's bridge simulator를 7-채널을 가진 시스템에 적용하여 수평시야를 210도로 확장하였다. Full Mission Bridge Simulator은 한국해양연구원 해양시스템안전연구소에서 개발한 시뮬레이터로서 대형 영상 투영장비인 고해상도 시뮬레이터용 Graphics Beam Projector를 이용하여 원형의 스크린에 그 이미지를 투사하고 있는데 수평 시야 각은 225도이고 수직 시야 각은 32.5도이다. Bohemia Interactive Australia에서 개발한 VBS2(Virtual Battlespace)의 한 예로 Laser shot boat crew and gunnery trainer는 무장/비무장 전투 훈련이 가능한 시뮬레이션으로서 3자유도를 제공하는 모션 플랫폼을 이용하여 운동감을 사용자에게 전달해주고 2, 4, 6, 8개 스크린으로 구성된 CAVE system을 이용하여 가시화를 하였다^[10]. Per Backlund은 Half-Life 2 게임 엔진을 이용하여 소방관 훈련 시뮬레이션인 Sidh를 개발하였고 이를 CAVE system에 적용하였다^[8].

하지만 이와 같은 훈련 시스템들은 멀티 채널 가시화 기법을 사용하고 있지만 2차원적인 영상을 구현하거나 모션정보를 구현하기 위하여 사용

하는 모션플랫폼의 자유도는 2-3자유도이다.

2.1.1 잠수함 시뮬레이터와 가시화

허필원(2006)은 공개용 국제표준인 X3D를 이용하여 잠수함 모델을 개발하였고 가시화 엔진으로서 Xj3D를 사용하여 저가이고 플랫폼 독립적인 잠수함 M&S 가시화 시스템을 구성하였다. 다채널 가시화 및 2자유도의 모션 플랫폼을 적용하여 몰입감을 증대하였으며 HLA/RTI를 이용하여 모션 플랫폼, Joystick, 다채널 가시화 등 다른 환경에서 개발된 시뮬레이션 모듈들을 연동하였다^[6]. Seo(2010)이 개발한 전투실험증의 하나인 대어뢰전 전투 시스템(Anti-torpedo Combat System)은 기만기를 사용하여 잠수함의 효과적인 어뢰회피 행동을 보여주는 효과도 분석 시뮬레이터로서 공학급과 교전급 모델을 HLA/RTI를 이용하여 연동하였고 가시화 툴인 SIMDIS를 이용하여 대어뢰전 효과도를 분석한 결과를 가시화하였다. 이규열(2010)이 개발한 수중 운동체 전용 시뮬레이션은 수중운동체의 개념 설계 단계에서 필요로 하는 임무 효과도 및 체계 성능의 분석이 주 목적이며 가시화 툴인 SIMDIS를 이용하여 실시간으로 가시화 하고 있다^[28]. 홍정완(2010)이 개발한 합성환경 기반의 가상시험 테스트베드는 수중 대잠전 교전 모델의 무기체계효과도 분석을 위한 것이다^[29]. Xiao(2010)는 가상현실 기술을 이용하여 잠망경 시뮬레이션을 구현하였다. 이 연구에서는 Stencil buffer algorithm을 이용하여 잠망경의 clipping window를 표현하였고 잠망경의 zoom in/out기능을 구현하였으며 visible range of LOD(Load of Detail)를 변화시켜서 서로 다른 Magnification하에서의 물체의 LOD도 조정할 수 있도록 설계하였다^[9].

Table 1은 관련 연구에 대한 비교표를 보여준다. 숙련된 기술과 많은 경험을 쌓기 위한 훈련용 시뮬레이터들이 많이 개발되었음에도 불구하고 잠수함의 실제 모션 데이터를 이용하여 모션 플랫폼을 구동한 사례는 많지 않다. 또 CAVE system을 이용한 가시화 시스템들은 스테레오 영상보다는 mono영상이 위주이고 많은 경우에 CAVE system에서 사용하는 큰 스크린 대신 작은 모니터에서 훈련 시나리오를 구동하기 때문에 표적의 사이즈나 거리감에 대한 현실감과 몰입감이 부족하게 된다. 이와 같은 한계점을 Table 1에서 비교하였다.

Table 1 Comparison of the related work^[26]

	멀티채널	Mono VS stereoscope	연동	모션플랫폼	가시화 툴	purpose
Ship's bridge	Y		Network	Y	Seaview	Multi-application
Full Mission bridge simulator	5채널	mono		N	Vega Prime	함정 훈련
VBS	8채널		N	Y	Real Virtuality	미션 리허설, 작전 훈련
소방관 훈련 시뮬레이터	Y	mono		N		소방훈련
이효광 (2005, 2007)	N	mono	RTI	N	VEGA/OSG	잠수함 가시화
허필원 (2006)	8채널	mono	HLA/RTI	2-dof	Xj3D	저가, 플랫폼 독립적인 다채널 가시화
Seo (2010)	N	mono	HLA	N	SIMDIS	대어뢰전 효과도 분석
이규열 (2010)	N	mono	HLA/RTI	N	SIMDIS	임무효과도 성능 분석
홍정완 (2010)	N	mono	TENA	N	Delta3D	무기체계 효과도 분석

3. 해결 방법

3.1 스테레오 영상의 다채널 가시화

본 연구에서는 위에서 언급한 문제점들을 고려하여 스테레오 영상의 다채널 가시화 기술을 이용한 가상현실 시스템을 구축하였다.

가상현실은 넓이, 높이, 깊이의 삼차원 내에서 시각적으로 경험될 수 있는 실제적이거나, 또는 상상 속 환경의 모의실험이다. CAVE는 대형 스크린과 영사기로 가상의 공간을 재현할 수 있는 대표적인 몰입형 가상현실 환경시스템으로써 여러 가지 장비를 이용하여 움직임이나 소리, 촉각 등을 제공하여 현실감을 줄 수 있는 시스템이다.

본 연구에서는 offset이 존재하는 2-D 이미지를 이용하여 3-D 이미지들을 생성하기 때문에 기본적으로 2-D 이미지들이 CAVE system에서의 구현에 대하여 설명하도록 한다. 이런 2-D 이미지들을 생성할 수 있으면 여기에 같은 기법을 적용하여 스테레오 영상을 생성할 수 있다.

a) Geometric calibration technology

CAVE system에서 이미지를 투사하는 스크린이 평면 일 경우 이미지의 왜곡이 생기지 않지만,

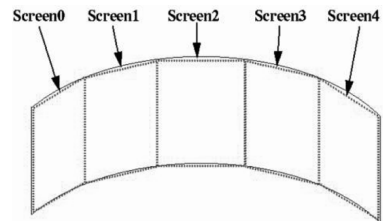


Fig. 1 Concept of the Multi-Channel^[30]

KAIST의 iCAVE처럼 스크린이 원형인 경우 이미지가 끝부분으로 갈수록 왜곡이 심하게 생긴다. 이와 같은 경우 보통은 원형의 스크린을 여러 개의 채널로 나누어 가시화 하게 된다. 각각의 채널은 평면의 채널로 생각하고 이미지를 투사하며 여러 개의 평면 채널에 투사된 이미지가 서로 연결되어 원형의 이미지를 생성하게 된다(Fig. 1 참조).

b) Edge blending

멀티 채널에서 서로 인접한 두 채널은 겹치는 부분이 존재하는데 이는 smooth한 영상을 만들기 위함이다. 그런데 이렇게 채널과 채널이 겹치게 되면 겹치는 부분에서 edge image fusion 문제가 생기게 된다. 한 채널당 한 대의 프로젝터를 사용한다고 하면 겹치는 부분에서는 모두 2대의 컴퓨터



Fig. 2 Overlapping of the channels^[30]

가 이미지를 투사하기 때문에 이미지들이 서로 어긋나게 되고 겹치는 부분이 다른 부분에 비해 더 밝게 된다. 이 문제를 해결하기 위하여 edge blending 기법을 적용해야 한다(Fig. 2 참조).

c) Synchronizing technology

각 채널 당 한대의 컴퓨터가 연결되어 있기 때문에 여러 채널에서 가시화 프로그램을 동시에 실행해도 컴퓨터의 사양에 따라 가시화의 속도가 조금씩 다르기 때문에 사용하는 모든 컴퓨터를 동기화 해야 한다. 동기화에는 TCP/UDP 통신을 사용하거나 그래픽 툴에서 제공하는 동기화 기능을 사용할 수 있다.

3.2 모션 플랫폼

모션 플랫폼은 모션 시뮬레이션이라고도 하는데 사용자에게 실제와 유사한 운동감을 전달해 줄 수 있는 장치로서 시각적 이미지나 소리와 동기화되며, 결과적으로 사용자에게 시각적, 청각적, 촉각적 감각을 전달해 주게 된다. 모션 플랫폼은 x, y, z방향으로의 선형 운동뿐만 아니라 roll, pitch, yaw 운동도 제공해 주기 때문에 6자유도의 운동을 모두 구현해 줄 수 있다.

본 연구에서는 모션 플랫폼을 이용하여 잠수함의 거동을 재현하였다. 잠수함은 선박의 3개축을 따르는 병진운동, 즉 xyz 방향에 대하여 전후동요(surge), 좌우동요(sway), 상하동요(heave), 그리고 축에 대한 회전운동인 횡동요(roll), 종동요(pitch), 및 함수동요(yaw)라고 불리는 6자유도로 운동이 있다. 본 연구에서는 해수면 근처에서의 잠수함의 거동을 구하기 어려워 수상선의 선체 운동의 계산 결과를 이용한다.

3.3 모션 데이터의 장비 간 통신

데이터 통신은 잠수함의 모션 데이터를 가시화 시스템과 모션 플랫폼에 동시에 전송해준다. 본 연

구에서는 데이터 통신으로 UDP통신을 이용한다. UDP는 Internet Protocol Suite의 주요 프로토콜 가운데 하나로 IP를 사용하는 네트워크 내에서 컴퓨터들 간에 메시지들이 교환될 때 제한된 서비스만을 제공하는 통신 프로토콜이다. 멀티미디어 데이터와 같은 경우 특성상 일부가 손실이 되어도 크게 문제가 되지 않고 그래픽이나 모션 데이터들을 실시간으로 전송해야 하므로 속도가 상당히 중요한 요소로 작용하기 때문에 UDP통신을 사용하는 것이 훨씬 더 효율적이다^[18].

3.4 범용 M&S틀

3차원 시뮬레이션의 가시화를 구현하기 위해서는 3차원 객체를 모델링 할 수 있는 모델링 도구와 모델 포맷이 필요할 뿐만 아니라 이렇게 제작된 3차원 모델을 가시화 할 수 있게 해주는 렌더링 엔진도 필요하게 된다.

Multigen Creator은 Multigen Paradigm사에서 개발한 M&S 소프트웨어로서 visual simulation에서 사용되는 비주얼 데이터베이스를 빠르고 효율적으로 구축할 수 있다. Vega Prime은 3D visualization application의 개발에 사용할 수 있는 가시화 엔진으로서 유연성과 확장성이 뛰어나다. Vega Prime에서는 Creator에서 개발한 모델을 사용하기 때문에 두 소프트웨어는 밀접한 연계성을 가지고 있으며 이런 밀접한 연계성으로 인해서 신뢰성 있고 강력한 기능의 실시간 시뮬레이션의 가시화를 가능하게 한다^[15]. Fig. 3 참조는 Vega Application 시스템 구조를 나타내고 있다.

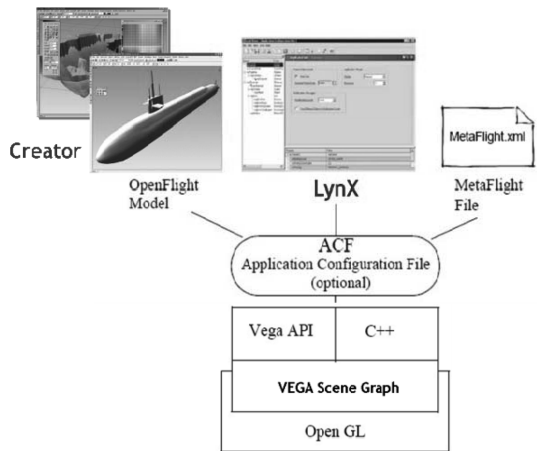


Fig. 3 Vega Application system^[16]

4. 구현과 실험

4.1 KAIST의 iCAVE system

본 연구에서 사용하게 될 iCAVE(iCAD Computer Aided Virtual Environment) system은 7 채널로 구성된 멀티 채널 시스템으로서 7개의 컴퓨터와 14개의 프로젝터를 사용하여 120도의 스크린에 이미지를 투사게 된다(Fig. 4 참조). 각각의 컴퓨터는 2개의 프로젝터에 연결되어 있고 2개의 프로젝터는 같은 위치에 오른쪽 영상과 왼쪽 영상을 투사하게 된다. 스크린은 평면이 아닌 구형으로 되어 있는데 모든 빛과 색상, 대비가 일정하다고 가정할 경우, 사람의 시각적 예민함은 물체에 대한 직선거리에 의존하기 때문에 구형의 투사면이 평면의 투사면보다 더 현실감 있는 이미지를 제공할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 두 개의 프로젝터에서 생성된 이미지가 겹쳐서 3차원적인 영상을 만들어낸다.

4.1.1 구현환경

4.1.1.1 소프트웨어:

운영체제: Window XP SP2

모델링: Mutigen Creator

가시화: Vega Prime

구현: Microsoft Visual Studio. NET 2003

데이터 통신: UDP - 모션 데이터 전송/ TCP - 다채널 동기화

GPU기종: 지포스 GTX560 ENGTX560 Ti D5 1GB DirectCU II

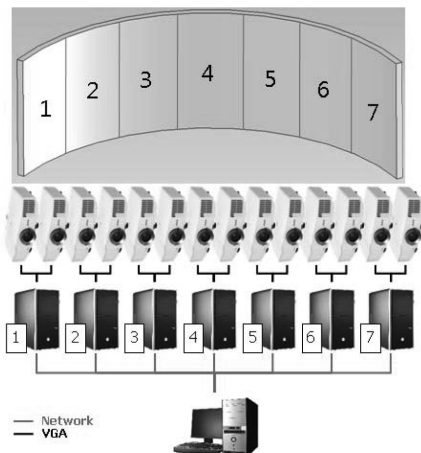


Fig. 4 iCAVE system^[26]

4.1.1.2 하드웨어:

가상환경: 7-channel iCAVE system

프로젝터: EPSON EB-G5300

Rendering PC: Intel Core2Duo E8500

Screen: 120도 cylindrical silver screen

모션 플랫폼: Simuline 4자유도 모션 플랫폼

4.1.2 대형 스크린

본 연구에서 사용한 대형 스크린은 120도의 원형 스크린인데 구형의 투사 면이 평면의 투사 면보다 더 현실감 있는 이미지를 제공할 수 있다는 장점이 있다.

사람의 오른쪽과 왼쪽 눈에서 생성되는 이미지는 완전히 겹치는 이미지가 아니라 약간의 offset이 존재하며 이런 offset으로 인하여 물체의 위치가 3차원적으로 인식된다. 이와 같은 원리를 이용하여 한 대의 컴퓨터에 연결된 두 대의 프로젝터에서 각각 오른쪽 시야와 왼쪽 시야에 해당되는 이미지를 생성하는데 이 두 이미지는 offset이 존재하는 2-D 이미지들이다. 이 두 영상을 동일한 채널에 투사하여 오른쪽 눈은 오른쪽 영상에 해당하는 이미지만 보게 하고 왼쪽 눈은 왼쪽 영상에 해당하는 이미지만 보게 함으로써 깊이 감을 제공하는 3차원적인 영상을 생성할 수 있다.

Smooth한 영상을 얻기 위하여 채널과 채널이 서로 겹치는 부분이 존재하는데 이 부분에서는 4개의 프로젝터에서 생성되는 이미지가 투사되기 때문에 서로 겹치지 않는 부분에 비해 화면이 훨씬 더 밝게 나타나므로 서로 연결된 부분이 부자연스럽게 보인다. 본 연구에서는 OpenGL기반의 Edge Blending 기법을 이용하여 이와 같은 문제를 해결하였다.

Vega Prime에서 제공하는 Distributed rendering 모듈을 이용하여 멀티채널 동기화를 진행하였다. Distributed rendering에서는 pipeline ID와 IP주소로 master와 slaver을 할당해 주는데 slaver은 master의 동작과 동기화되게 된다.

4.1.3 모션 플랫폼

사용하게 될 모션 플랫폼은 heave, surge, roll, pitch의 4자유도를 제공하는 모션 플랫폼이다.

잠수상태의 잠수함은 수직면 방향에서 자유도를 갖게 된다. 이에 비하여 수상선박은 중동요와 상하동요 운동이 상대적으로 작고 그 크기가 해상

의 파도와 수선면의 정역학에 의해 결정되므로 조종운동 관점에서 수직면 방향의 자유도는 다루지 않고 있다. 상대적으로 깊은 곳이라면 잠수함에 작용하는 외력에는 변화가 거의 없을 것이며, 잠수함이 해수면에 접근함에 따라 파랑하중이 잠수함에 상하동요와 종동요를 일으키는 외란으로 작용한다. 그러므로 본 연구에서는 파도와 바람에 의한 잠수함의 상하동요(heave)와 종동요(pitch), 추진력에 의한 전후동요(surge), 축에 대한 회전운동인 횡동요(roll)에 대해서만 다룬다.

본 연구에서는 수상선체의 운동계산 결과를 잠수함의 운동으로 대체하려고 한다. 잠수함의 실제 운동 데이터를 얻기 어려우며 수상선체의 운동계산 결과 대신 사용 가능하고 여기에서는 실제 데이터를 사용했다는 것에 중점을 두었다. 선체 운동을 계산 하는 과정에서 선체의 톤수(무게)를 다양하게 설정할 수 있고, 추진력의 세기에 의해 선체의 속도가 결정되고 Rudder 각도에 의해 나아가는 방향이 결정된다. 바람의 세기와 방향, 파도의 높이와 방향도 설정 가능하며 이런 값들은 선체의 roll, pitch 값에 영향 준다(Fig. 5 참조).

4.1.4 UDP 데이터 전송과 시스템 통합

본 연구에서는 잠수함 대신에 실제 선박 시뮬레이터에서 나온 모션 데이터 패킷을 클라이언트인 가시화 프로그램과 모션 플랫폼에 전송한다(Fig. 6 참조). 모션 데이터 패킷은 잠수함의 x, y, z 방향으로의 position과 속도, heading, roll, pitch 각도와 각 가속도 정보를 포함하고 있다.



Fig. 5 Motion platform^[26]

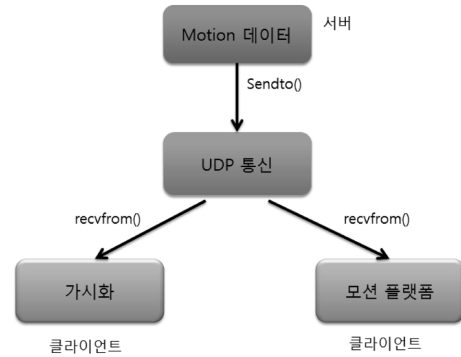


Fig. 6 UDP communication^[26]

선체의 운동계산 결과는 5 Hz의 단위로 모션 정보를 계산한다. 모션 플랫폼이나 가시화 시스템과 같은 경우 100 Hz 이상으로 데이터가 업데이트 되어야만 사용자가 가시화 영상이나 모션의 끊김을 감지하지 않기 때문에 5 Hz 간격으로 얻은 두 데이터 사이를 선형적으로 20 등분하여 100 Hz로 데이터를 계산한 후 모션 시스템과 가시화 시스템으로 전송하였다.

4.2 시나리오 구성

Stereoscope 영상의 다채널 가시화와 4자유도 모션 플랫폼의 운동 구현을 이용하여 잠수함의 잠망경 시뮬레이션을 구성하였다. 잠망경은 수상항해 중에 올리고 항해하지만 잠망 전에 잠망경은 세일 안으로 내린다. 잠수함이 부상하기 전 수면 상을 확인하기 위해 잠망경 심도에서 수면상의 그림자를 확인할 때도 사용할 수 있다. 그리고 접촉된 표적을 확인하고자 할 경우 잠망경을 표적으로 향하고 올리자마자 그 표적을 6초 정도 관찰하여 선박의 종류, 침로, 속도 등을 읽어 낸다. 그리고 2초 동안 360도 회전하여 전 수면을 확인하고 즉시 내린다.

시뮬레이션을 진행하는 순서는 아래와 같다. 먼저, 지휘관이 잠수함의 이동상태, 표적의 이동 상태, 기후조건을 세팅하면 승조원은 blind 상태에서 시뮬레이션에 참석하게 된다. 승조원은 잠망경을 물위로 올리고 6초 동안 표적의 상태를 확인하게 되는데 키보드를 이용하여 잠망경을 조작할 수 있다. 잠망경은 위아래나 좌우로 움직일 수 있고, zoom in/out 기능도 가지고 있다. 시뮬레이션이 종료하면 승조원은 표적의 상태를 지휘관에게 보고하고 지휘관은 이 결과를 평가하여 승조원의 숙련도를 평가한다.

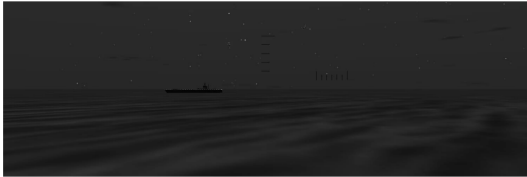
Table 2 x-axis velocity, roll angle and pitch angle^[26]

x 방향 속도 범위	0 ~10노트 (0-5.14 m/s)
roll 각도 범위	-10도~10도
pitch 각도 범위	-10도~10도

잠망경 심도에서 잠수함의 운동범위를 Table 2에 나타내었다. 현재 한국 해군에서 운용하는 209급 디젤 잠수함의 수상과 수중에서의 최대 속도를 참조하여 잠수함의 속도범위를 결정하였고 roll와 pitch 각도는 -10도에서 10도 사이에서 변한다고 설정하였다.

가시화 시스템에서 View Frustum의 범위를 조정하여 잠망경의 시야 각과 zoom in/out 기능을 구현하였다.

실제 해수면에서 일어나게 되는 기후조건도 고려하였다. 해수면에서의 기후조건을 적절하게 설정하여 열악한 환경에서의 잠망경 훈련이 가능하게 하였다. 시간은 낮이나 밤으로 설정할 수도 있는데 잠망경을 통해 보이는 낮의 해수면과 밤의 해수면은 큰 차이를 보이게 되며 밤에 해수면을 관찰하여 표적을 파악하는 것이 훨씬 어렵다(Fig.

**Fig. 7** Example of the weather condition^[26]**Table 3** Weather conditions^[26]

시간	낮/밤
안개 상태	없음/얇음/질음
구름 상태	맑음/구름 많음/먹구름/태풍
파도 높이	0~5 m
바람 세기	0~5 m/s
바람 방향	동서남북

Table 4 Conditions of the observing objects^[26]

종류	수상함	항공기	헬리콥터
세부종류	USS Winston S. Churchill(적군) 이지스구축함(아군) Xin Los Angeles	P-3C (아군/적군)	슈퍼링스 (아군/적군)
개수	1-3대	1-2대	1-2대
이동속도	12.6~23.15 m/s	0~208 m/s	0~64.6 m/s

7 참조). 안개나 구름의 상태, 바람의 세기 및 방향, 파도의 높이도 승조원의 숙련 정도에 따라서 적절하게 조절해야 한다. Table 3에서 시뮬레이션에서 설정 가능한 기후의 상태 변화를 자세하게 나타내고 있다.

표적은 잠수함이 잠망경을 통하여 관찰하게 되는 대상이다. 여기에서는 수상함과 항공기, 및 헬리콥터를 대상으로 한다. 각각의 수상함과 항공기 및 헬리콥터는 아군일 수도 있고 적군일 수도 있으며 컨테이너선일 수도 있다. 승조원은 표적의 세부 종류에 대해서도 읽을 수 있어야 하는데 이는 표적의 위치를 정확하게 알아내기 위해서다. 이 표적들은 서로 다른 위치에서 서로 다른 방향으로 이동하도록 설정하고 배치하는 표적의 개수나 유형도 변화게 된다. 이런 상태는 승조원의 숙련 정도에 따라 차츰 복잡하게 설정하여 승조원이 복잡한 상황에서도 정확하게 표적의 침로나 속도를 읽어낼 수 있게 훈련이 가능하다(Table 4).

승조원의 숙련 정도는 표적을 읽어내는 소요된 시간과 정확도로 나타낸다. 승조원은 표적의 종류나 개수는 육안으로 보이는 것에 의하여 판단하고 잠망경에 나타나는 눈금에 의하여 표적과의 거리나 이동 거리를 측정한다.

4.3 실험 결과

첫째, 잠수함의 운동에 대하여 offset이 존재하는 2D 이미지를 생성하였고 view frustum을 조정하여 오른쪽과 왼쪽 시야에 해당하는 이미지를 이용하여 3D 스테레오 이미지를 생성하였고, edge blending, 동기화 등 기술을 이용한 대형 스크린의 다채널 가시화를 하였다.

둘째, 선체 운동 계산결과를 이용하여 모션 플랫폼을 구동하고, 선체 운동 계산 결과를 이용하여 잠수함의 4자유도 모션 재현하였으며, UDP 데이터 통신을 이용하여 다채널 가시화 시스템과 모션 플랫폼의 동기화하였다.

셋째, 훈련 순서에 맞게 시나리오를 구성하고 실제 기후와 무기체계의 모델을 가시화하여 잠망경을 통한 잠수함의 훈련이 가능하도록 시물레이션 환경을 구현하였다.

3. 결 론

본 논문에서 진행한 연구에 대한 기여도를 세가지로 요약할 수 있다.

첫째, 3D 스테레오 영상을 이용한 대형 스크린의 다채널 가시화를 통하여 영상의 거리감과 방향감을 제공하여 효과적으로 표적을 파악하는 훈련에 도움을 주었다. 작은 모니터에서 진행되는 시물레이션과 달리 대형 가시화는 표적의 위치가 실제 거리만큼 떨어져 있다고 느끼게 함으로써 몰입감과 현실감을 증강시킨다⁸⁾.

둘째, 선체 운동 계산결과를 이용하여 모션 플랫폼을 구동함으로써, 사용자에게 실제 탑승감을 제공하고 시각적 감각과 촉각을 동시에 제공하여 현실감을 증강시켰다. 승조원이 직접 잠수함에 탑승하지 않고도 잠수함의 움직임에 익숙해 지는 데 도움이 된다.

셋째, 기후조건과 같은 효과 제시를 통하여 잠망경 시물레이션의 가상 환경 구축하였는데, 가상 군사 훈련 시스템으로의 적용 가능성을 검토하였고, 잠망경을 사용하는 탱크나 기타 군사훈련에도 적용이 가능하다.

앞으로 추가연구가 필요한 부분은 다음과 같다.

iCAVE system에 포함된 Fog, Light, Sound와 같은 4D 효과를 이용하여 시물레이션을 구현한다면, 더 현실적인 시나리오를 가지는 시물레이터를 개발할 수 있다.

잠망경을 이용하여 표적을 관찰하는 승조원과 잠수함을 조종하는 승조원 사이의 Interaction을 구현하는 시물레이션을 구축할 수 있다.

잠망경을 이용하여 표적의 상태를 파악하는 것도 중요하지만, 이런 상황에 놓였을 때 잠수함이 어떠한 조치를 취할지에 대한 연구도 필요하다.

잠망경을 통하여 관찰한 표적이 적함일 경우 표적의 침로나 속도를 이용하여 잠수함에서 어뢰를 발사했을 경우 명중률에 관한 연구를 진행할 수도 있다.

충돌 위험이 있을 경우 긴급 잠항하는 시나리오를 구현할 수도 있다.

감사의 글

본 연구는 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다(UD110039DD).

참고문헌

1. Kim, H.S., 1999, *SUBMARINE*, Eulyoo Publishing Co., 210 p.
2. Thor I. Fossen, 1994, *Guidance and Control of Ocean Vehicles*, Chichester, New York: Wiley, 480p.
3. Lee, J.-H., 2001, *Tight Integration of Graphics and Motion in a VR Game Simulator with a 1-DoF Motion-chair*, MS. Thesis, KAIST, 71 p.
4. Lee, H.-K., Hur, P.W., Park, J.K., Ha, S.H., 2007, Real-time 3D Visualization of Underwater Vehicle Simulation, *2007 Proceedings of the Society of CAD/CAM Engineers Conference*, pp. 401-407.
5. Cho, H.-Y., 2010, *Event-Based Control of 4D Effects Using MPEG RoSE*, MS. Thesis, KAIST, 55 p.
6. Hur, P.-W., 2006, *HLA-based Integration of Underwater Vehicle Simulations Using X3D Multi-channel Visualization and a Motion Platform*, MS. Thesis, KAIST, 84 p.
7. Kim, Y.-S., 2004, *Design and Implementation of Multichannel Visualization Module on PC Cluster for Virtual Manufacturing Simulation*, MS. Thesis, KAIST, 59 p.
8. Per Backlund, Henrik Engström, Cecilia Hammar, 2007, Sidh - a Game Based Firefighter Training Simulation, *11th International Conference Information Visualization (IV'07)*, pp. 899-907.
9. Xiao, J., Hu, D., Liu, M., 2010, Key Technologies in Semi-physical Periscope Scene Simulation System, *2010 International Forum on Information Technology and Applications*, pp. 390-393.
10. Bohemia Interactive Simulations, 2010, *Discussion Paper: Maritime Capabilities in VBS2*, Version 1.0, pp. 1-24.
11. KCEI Company. <http://www.kcei.com/>
12. Kongsberg Maritime Simulation & Training. <http://www.km.kongsberg.com>
13. BLUE PAPER, <http://blue-paper.tistory.com/479>
14. Submarine Inside, <http://www.navy.mil.kr/submarine/index.html>
15. Multigen-Paradigm, Inc, 2005, *Creator Desktop Tutor Version 3.0*, 278 p.
16. Multigen-Paradigm, Inc, 2005, *Vega Prime Desk-*

- top Tutor Version 2.0*, 122 p.
17. Kim, T.G., 2011, Defense M&S Short-term Technical Lecture Note.
 18. Yoon, S.W., 2003, *TCP/IP Socket Programming*, FREELEC, 547 p.
 19. Simuline Motion Platform Communication Catalog.
 20. Li, N., Liu, G., Wang, L., 2009, Design and Realization of Aerodrome Control Simulation Multi-Channel Display System, *2009 Fifth International Conference on Image and Graphics*, pp. 702-705.
 21. David F. McAllister, 2002, Display Technology: Stereo & 3D Display Technologies, *Encyclopedia of Imaging Science and Technology*, Volume II. New York: Wiley & Sons. pp. 1327-1344.
 22. Oliver Bimber, Ramesh Raskar, 2005, Spatial Augmented Reality Merging Real and Virtual Worlds, A K Peters, Ltd. 393 p.
 23. Ramesh Raskar, Michael S. Brown, Ruigang Yang, Wei-Chao Chen, Greg Welch, Herman Towles, Brent Seales, Henry Fuchs, 1999, Multi-Projector Displays Using Camera-Based Registration, *IEEE Visualization 99, Oct 1999, San Francisco, CA*.
 24. James T. Hing, Paul Y. Oh, 2008, A Motion Platform Integrated UAV Pilot Training and Evaluation System for Future Civilian Applications, *ASME 2008 Dynamic Systems and Control Conference*, October 20-22, 2008, Ann Arbor, Michigan, USA.
 25. Alfred T. Lee, Steven R. Bussolari, 1989, Flight Simulator Platform Motion and Air Transport Pilot Training, *NASA Ames Research Center and Massachusetts Institute of Technology*.
 26. Xu, Z., 2012, *Simulation of Periscope Based on 4-dof Motion Platform and Stereoscopic Multi-channel Visualization*, MS. Thesis, KAIST, 68 p.
 27. Xu, Z., Han, S.H. 2012, Submarine Behavior based on 4-dof Motion Platform and Stereoscopic Multi-channel Visualization, *2012 Proceedings of the Society of CAD/CAM Engineers Conference*, pp. 577.
 28. Lee, K.-Y., Chi, S.-D., Kim, M.-H., Lee, S.-S., Han, M.-C., Ha, S., 2010, Development of Simulation Framework for Measuring Performance of Submarine System/Subsystem, *Proceedings of the Annual Autumn Meeting, SNAK*, changwon, pp. 177-188.
 29. Hong, J.W., Park, Y.M., Park, S.C., Kwon, Yongjin (James), 2010, A Technology on the Framework Design of Virtual based on the Synthetic Environment Test for Analyzing Effectiveness of the Weapon Systems of Underwater Engagement Model, *Journal of the Korea Society for Simulation*, 19(4), pp. 291-299.
 30. Electronic Visualization Laboratory. <http://www.evl.uic.edu/IE/index3.php>
 31. Seo, K.-M., Hong, J.H., Kim, T.G., 2010, DEVS-Based Underwater Warfare Simulation Development for Effectiveness Analysis, *2010 Summer Simulation Multi-Conference*, Ottawa, Canada, July 11-15, 2010.



허 정 순

2009년 Yanbian University of Science and Technology
2009년~2012년 한국과학기술원 기계공학과 석사
관심분야: Virtual Reality, Modeling and simulation, Computer Graphics



한 순 흥

카이스트 기계공학과 교수이며, 2008년부터 해양시스템공학과 학과장을 맡고 있다. 2001년~2002년 사이에 본 학회의 부회장을 맡았으며, 2001년~2004년 사이에 웹저널인 International Journal of CAD/CAM(www.ijcc.org)의 편집장으로 활동하였다. 2001년~2003년 사이에 STEP센터(www.kstep.or.kr)의 회장, 2003년에 전자거래학회(www.calsec.or.kr)의 회장을 맡았으며, 관심 분야는 STEP, 가상현실 응용, 지능형 CAD이다. 홈페이지 <http://icad.kaist.ac.kr>, 미국 미시건 대학에서 1990년 박사학위