

論 文

가상현실을 이용한 차세대 선박 시뮬레이터의 시스템 설계

임정빈*·박계각*

Design of Next-Generation Ship Simulator System Using Virtual Reality

Jeong-Bin Yim · Gyei-Kark Park**

〈 목 차 〉

Abstract

1. 서론

2. VRSS 시스템 설계

3. 실험

4. 결론

참고문헌

Abstract

The paper describes system design of next-generation Ship Simulator using Virtual Reality (VRSS), well known as human-computer interaction. VRSS system is required to have special condition that comprises multiple user participants such as captain, officer, pilot, and quartermaster. To cope with that condition, core technologies were explored and proposed multi-networking system with broker server. The evaluation of the proposed system was done with PC-based immersion-type VR device, constituted with HMD (Head Mounted Display), Head Tracking Sensor, Puck, Headphone, and Microphone. Using the VR device, assessment test was carried out in a virtual bridge with 3D objects, which are created by VRML (Virtual Reality Model Language) program. As results of tests, it is shown that the cybernetic 3D objects were act as if real things in a real ship's bridge. Therefore, interesting interaction with participants can be obtained in the system. Thus, we found that the proposed system architecture can be applicable to VRSS system construction.

* 정회원, 국립목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

1. 서론

선박 시뮬레이터는, 선박조종과 선박적응훈련을 교육하기 위한 장치이다. 이 장치는 실제 해상에서 실습하는 것 보다 안전하고, 단시간에 효과적으로 교육할 수 있는 장점이 있다. 따라서, 선진국은 물론 국내 대다수 해군, 해양경찰, 해양 및 수산계 교육기관 등에서 다양한 종류의 선박용 시뮬레이터를 이용하여 교육과 훈련을 하고 있다. 표 1은 현재 사용되고 있는 선박용 시뮬레이터의 종류와 목적을 나타낸다[1]-[3].

표 1. 선박용 시뮬레이터의 종류와 목적.

| 시뮬레이터 종류 | 목적 |
|------------|-------------------------------|
| 선박 조종 | ○ 선박조종술 습득과 조종 특성 연구 |
| ARPA/RADAR | ○ ARPA/RADAR 운용 및 Plotting 습득 |
| ECDIS | ○ ECDIS 운용 및 선박자동화 기술 습득 |
| INMARSAT | ○ 인공위성이론과 INMARSAT 기술 습득 |
| GMDSS | ○ GMDSS 운용 및 SAR 운용 습득 |
| 물류 | ○ 화물 적화계산 및 물류 연구 |
| 관성항법장치 | ○ 관성항법 원리 및 장치 운용술 습득 |
| 기관 | ○ 기관 운용 능력 배양 |

현재 국내외에서 사용하고 있는 대다수의 선박용 시뮬레이터는, 대형 건물에 대규모 컴퓨터 장비와 6축 유압 구동장치 및, 실물형태의 항법장치를 설치해서 사용하기 때문에 고가이며, 복잡하고, 업그레이드(upgrade)가 쉽지 않은 문제점을 갖고 있다. 이러한 문제점 해결을 위하여 가상현실(Virtual Reality: VR)을 선박 시뮬레이터에 적용하는 방안이 1997년에 이 연구 제안자 등에 의하여 보고된 바 있다[4].

VR이란 실제 존재하지 않지만 실제 존재하는 것과 동등한 효과를 낼 수 있는 효과를 의미하는데, VR을 적용한 선박 시뮬레이터는, 가상공간(virtual space)에 실제 도구와 유사한 효과를 낼 수 있는 가상도구(virtual tool)를 이용하기 때문에 위험을 배제할 수 있고, 시간과 장소의 제약을 받지 않으며, 소프트웨어로 구성되므로 업그레이드

드가 용이한 장점 등이 있다. 이 연구에서는 이러한 시뮬레이터를 간략하게 ‘가상현실 선박 시뮬레이터(Virtual Reality Ship Simulator: VRSS)’라 한다. 표 2는 기존 선박용 시뮬레이터와 VRSS를 비교한 것이다.

표 2. 기존 선박용 시뮬레이터와 VRSS의 비교

| 구분 항목 | 기존 시뮬레이터 | VRSS |
|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 경제성 | 실물 항법장치와 대규모 설치공간 사용으로 비경제적. | 소프트웨어 구성과 소규모 공간 필요하여 경제적. |
| 안정성 | 실물 선교 구동과 대규모 시스템 설치로 낮은 안정성. | 구동장치 필요 없고, 소규모 시스템 구성임으로 고 안정성. |
| 효율성 | 시스템 변경에 유연성 낮고, 단일 사용자 시스템이므로 비효율적. | 시스템 변경에 유연성 높고, 다중 사용자 시스템이므로 고효율적. |

가상현실을 적용하기 위한 연구는, 미국이 가장 활발하게 진행하고 있고, 일본, 영국, 독일 등의 선진국에서도 향 후 가상현실 기술이 산업에 미칠 파급효과가 클 것으로 예견하여 개발에 적극적이다. 한편, 국내의 경우에도 가상현실의 요소 기술이 선진국과 유사한 수준까지 확보되어 있기 때문에 VRSS 개발은 수년 내 실현될 것으로 전망된다[5-9].

그러나, 국내외적으로 VRSS에 관한 연구는 미비한 실정인데, 그 이유는, VRSS 개발에는 단순한 가상현실뿐만 아니라 ‘항해사의 선박운항경험’이라는 무형의 특수한 전문지식이 필요하다는 점을 들 수 있다. 또한, 가상현실 관련 연구자들이 갖고 있는 잘못된 인식 즉, ‘선박은 비행기나 자동차와 비교하여 속도가 느리고, 바다 표면에서 운동하기 때문에 개발하기 쉬울 것이다’는 견해도 그 이유가 있다고 생각된다.

일반적으로 선박운항에는 선장, 항해사, 도선사, 조타수 등의 공동작업이 필요하고, 육지와는 달리 험난한 해양환경이 존재하며, 선박조종 결과가 자

동차나 비행기와 같이 빠르게 발생하지 않기 때문에, 인간의 생체리듬을 선박조종에 적용하기가 어렵다. 따라서 1인 사용자를 대상으로 하는 자동차나 비행기 시뮬레이터와 비교하여 더 전문지식을 필요로 하기 때문에 가상현실 기술을 선박 시뮬레이터에 적용하기 위해서는 여러 가지 특수한 시스템 구축 방안이 필요하다.

이 논문에서는, VRSS 개발에 필요한 요소기술을 조사하고, 연구하여 VRSS 시스템의 설계 개념을 정립하였다. 특히, 선박 시뮬레이터만이 갖는 특수한 환경 즉, 선박조종 시의 선장, 항해사, 도선사, 조타수 등이 참여하는 다중 사용자 환경(multiple user environment)을 적용하여 VRSS 시스템을 설계하였다. 이 연구범위는, HMD(Head Mounted Display)를 사용한 몰입형 가상현실 장치(immersion-type virtual reality devices)를 이용하여 VRSS를 구축하고, 기존 VR 기술과 컴퓨터 운용체제의 다중 네트워킹 기술 등을 적용하는 것으로 제한하였다.

2. VRSS 시스템 설계

2.1 요소기술의 고려

VRSS 개발에 필요한 요소기술(core technologies)을 그림 1에 나타냈다. 이 요소기술의 구성은, 항해전문가 시스템(Navigational Expert System), 3차원 객체 모델링(3-D Object Modeling), 네트워킹(Networking), 인간-센서 인터페이스링(Man-Sensor Interfacing), 3차원 영상과 음향(3-D Visual and Sound) 등의 5가지로 요약할 수 있다.

그림 1의 요소기술들은, 상호 보완적인 측면이 강하기 때문에 각 요소기술들 사이의 상관관계를 고려하면서 개발해야하는 복합적인 특성을 갖는다. 따라서, 어느 하나의 요소기술이 개발되었다라도 다른 요소기술이 미개발 상태거나, 각 요소기술들 사이의 상호관계를 고려하지 않으면 VRSS 구현이 어렵다. 이 연구에서는, 우선 지금

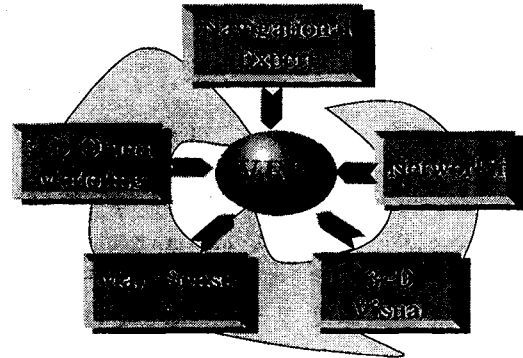


그림 1. VRSS 개발에 필요한 요소기술.

까지 연구 개발된 각 개별 요소기술들 사이의 상관관계를 분석한 후, 그 해결방안을 모색하고자 한다. 그리고, VRSS의 가상공간에서 선장 역할을 하는 cyber-captain, 항해사 역할을 하는 cyber-officer, 도선사 역할을 하는 cyber-pilot, 조타수 역할을 하는 cyber-quartermaster 등의 객체(object) 사이에 상호작용(interaction)을 유발할 수 있는 시스템 구성 방법을 도출하고자 한다.

[항해전문가 시스템]

그림 1의 요소기술 중에서, 항해전문가 시스템(Navigational Expert System)은, 해상경험이 풍부한 선장이나 항해사의 선박운항에 필요한 경험(experience)을 체계적인 지식(knowledge)으로 변환한 후, 항해관련 이론(선박조종론, 해양기상학 등)을 부가하여 데이터 베이스(Data Base: DB)로 구축한 시스템이다. 이 시스템을 구축하는 DB 내용 중에서 특히, 입출항 시의 선장, 항해사, 도선사, 조타수(이하 선박운용자)들 사이의 임무와 상황별 역할 및 조치방법 등은 VRSS 개발에 중요한데 그 이유는 다음과 같다. 기존의 선박 시뮬레이터는 실물 크기의 브릿지(bridge)에 실제 사람이 배치되어 그들이 선박운용자 역할을 한다. 그러나, VRSS의 경우에는 가상공간에 선박운용자들을 대신하는 사이버 인물(cyber-character)들이 나타나기 때문에, 어느 선박운용자가 내린 명령이나 취한 행동에 따라서 사이버 인물들이 정해진

행동규범에 의거하여 임무나 역할을 수행해야 한다. 예를 들면, VRSS를 이용하여 사용자 A가 선장임무를 시뮬레이션 하는 경우, 먼저 가상공간에서 선장 역할을 하는 cyber-captain과 사용자 A가 동일시(coincidence) 되도록 시스템 환경을 설정한 후, cyber-captain을 이용하여 명령을 내리면, cyber-officer와 cyber-quartermaster가 주어진 규범에 따라서 행동하도록 시스템이 구성되어야 한다. 이러한 항해 전문가 시스템의 개발에는, 방대한 자료 조사와 인간의 경험을 지식으로 변환하기 위한 지식관리 시스템(Knowledge Management System: KMS) 등이 필요하기 때문에 별도의 연구자 집단에 의하여 연구 개발될 것이 요구된다[10].

[3차원 객체 모델링]

그림 1의 요소기술 중에서, 3차원 객체 모델링(3-D Object Modeling)은 상선, 군함, 어선, 터그보트, 구명정 등과, 각종 항법장비 및 사이버 인물 등을 3차원 모델로 구성한 후, 이들 객체 사이에 상호작용이 발생되도록 속성(attribute)을 지정하고, 객체지향(object-oriented) 방식으로 가상공간을 구축하는 기술을 의미한다. 이와 같이 구축한 가상공간에서는 각 객체 사이의 충돌, 간섭, 우선순위 등을 발생시킬 수 있기 때문에 자연현상에서 발생하는 현상과 유사한 효과를 연출할 수 있다. 또한, 3차원 객체 모델링은, 가상공간에 구축한 cyber-ECDIS, cyber-ARPA/RADAR 등과 같이 동영상(dynamic image)이 필요한 객체의 경우, 실제 장비에서 나타나는 동영상이 그대로 구현될 수 있도록 속성과 기능 및 효과를 나타내어야 한다. 이러한 3차원 객체 모델링 작업에는 전문적인 저작도구(authoring tool)가 필요하다. 이 연구에서는 Superscape사의 3-D Webmaster를 이용해서 실험용으로 3차원 cyber-ship과 cyber-captain의 모델을 제작한 후, 이 모델을 이용하여 가상공간을 구축하는 실험을 하였다.

[네트워크]

그림 1의 요소기술 중에서, 네트워크(Networking)

(working)은 VRSS 시스템을 구성하는 Client와 Server 사이의 통신 형태를 말하며, 선장, 항해사, 조타수, 도선사 등의 다중 사용자가 존재하는 선박 시뮬레이터의 경우에는, 특별한 구조의 네트워킹 기술이 필요하다. 이 네트워킹 구성방법에 대해서는 아래의 '2.2 시스템 설계'에서 상세히 기술한다.

[인간-센서 인터페이스]

그림 1의 요소기술 중에서, 인간-센서 인터페이스(Man-Sensor Interfacing)은, 인간과 3차원 센서 사이의 신호처리 관계를 나타낸다. 현재, 가상현실 기술의 급속한 발전으로, 가상공간에 충분히 몰입할 수 있을 정도로 인간과 센서 사이의 인터페이스 기술이 발전되어 있다. 특히, HMD(Head Mounted Display)는 헬멧 형태의 디스플레이 장치로서, 사용자가 머리에 쓰고 눈앞에 설치된 2개의 LCD 안경을 통해서 가상공간에 몰입할 수 있기 때문에 가상현실 장치에 가장 일반적으로 사용된다. VRSS와 같이 다중 사용자에 의하여 여러 개의 HMD가 사용되는 경우에는, 각 사용자마다의 시야각(Field Of View: FOV)에 따른 가상공간 장면을 HMD의 LCD 안경으로 전송해야 한다. 그러므로 시스템 구성이 복잡해지고, 인터페이스 수가 증가하는 문제점이 있다. 그 외, 손의 움직임을 감지하기 위한 3차원 글러브(3-D Glove), 몸의 움직임을 감지하기 위한 3차원 머리와 몸통위치 추적장치(3-D Head and Body Tracking System) 등의 센서가 필요한데, 이 연구에서는 이러한 센서가 HMD의 본체에 모두 내장된 미국 FORTE사의 VFX-1 HMD를 사용하여 가상현실 장치의 구축 실험을 하였다.

[3차원 영상과 음향]

그림 1의 요소기술 중에서, 3차원 영상과 음향(3-D Visual and Sound) 부분은, 위에서 기술한 3차원 객체 모델링 작업과 연계되는 내용으로서, 객체를 3차원 모델링 한 후에 이 모델에 렌더링(rendering) 과정을 통하여 질감과 색을 입혀서

자연스러운 그래픽으로 구성하고, 부가적으로 3차원 음향을 삽입하는 과정을 나타낸다. 이러한 3차원 영상과 음향에 관한 연구는 본 저자 등에 의하여 연구 진행 중에 있고, 3차원 음향에 관한 연구는 본 저자 등의 참고 문헌[11],[12]에 상세히 기술되어 있다. 이 연구에서는, HMD에 부착된 LCD 안경에 3차원 영상을 구현하고, 마이크로폰과 헤드폰을 이용하여 3차원 음향을 구현한 후 실험을 하였다.

2.2 시스템 설계

그림 2는 VRSS에서의 다중 사용자 환경을 예로 나타낸 것이다. 그림 2에서, 항해사의 FOV에 형성되는 가상공간에 cyber-captain, cyber-pilot, cyber-quartermaster 등이 나타나면, 이들이 각각 개별적으로 움직이기 때문에 항해사의 FOV에 제시해야하는 상황이 복잡하게 된다. 이와 같은 다중 사용자 환경을 고려하기 위해서는, 다중 네트워킹(multi-networking), 다중 사건처리(multi-event management), 장면-사건 일관성(view-event coherence) 등의 기술이 필요하다.

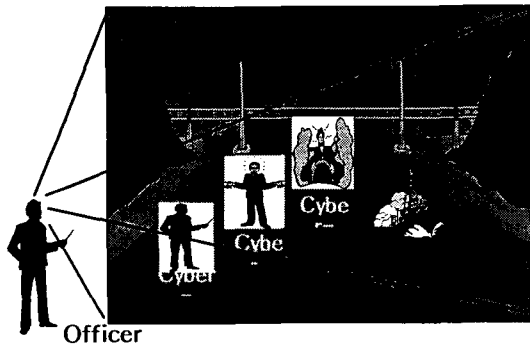


그림 2. 다중 사용자 환경의 예.

다중 사용자 환경에서, 다중 사건 발생시의 행위결정 처리방법의 개념도를 그림 3에 나타냈다.

그림 3은 3개의 Client와 1개의 Server로 구성된 시스템으로서, 각 Client에서 발생한 사건은 Server에 전달되고, 이 Server에서는 사건관리자

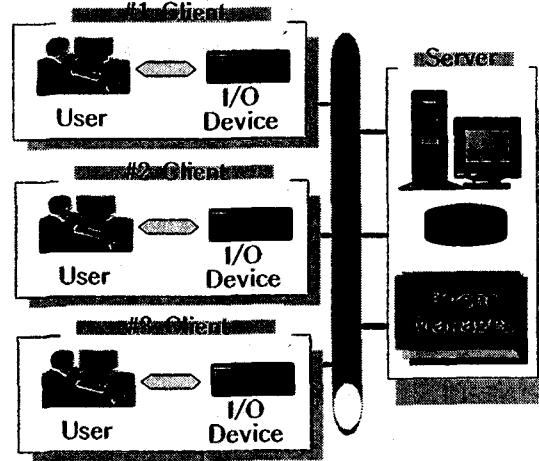


그림 3. 다중 사건 발생시의 행위결정 처리방법의 개념도.

(Event Manager)가 행위규칙을 이용하여 문제를 해결한 후, 그 결과를 각 Client에 전달한다. 각 Client에서는 결정된 행위에 대한 3차원 객체를 호출하여 장면을 렌더링한 후, 사용자에게 제시한다. 이와 같은 시스템을 구성하는 경우, Server에서 각 Client 사건을 모두 처리해야하기 때문에 Client 수가 증가하면 Server의 부하가 많이 걸리는 문제점이 있다. Client와 Server를 연결하는 네트워크 구조를 살펴보면, (1)1개의 Server에 여러 Client가 연결된 중앙집중형 구조, (2)각 Client 간에 네트워크를 설치한 완전분산형 구조, (3)여러 개의 Client를 한 그룹으로 묶어서 1개의 Server에 연결하고, 이러한 3-4개의 Server를 망으로 묶은 혼합형 구조, (4)혼합형 구조를 변경하여 Server를 또 다른 Bridge Server와 Broker Server를 이용하여 대규모 Client와 대규모 Server로 구성된 다중 Server-Client 구조가 있다 [13],[14].

동시에 여러 명의 피교육자가 VRSS를 사용하기 위해서는, 선장, 항해사, 도선사, 조타수를 하나의 Client 그룹으로 구성하고, 다시 이러한 Client 그룹이 여러 개 존재하는 시스템 구조가 필요하다. 이러한 시스템 구조에 적합한 네트워크 구조는, (3)의 혼합형 구조와 (4)의 다중

Server-Client를 고려한 구조가 적합할 것으로 예상된다. 그림 4는 지금까지 기술한 내용을 고려하여 구성한 VRSS 시스템의 네트워크 구조를 나타낸다.

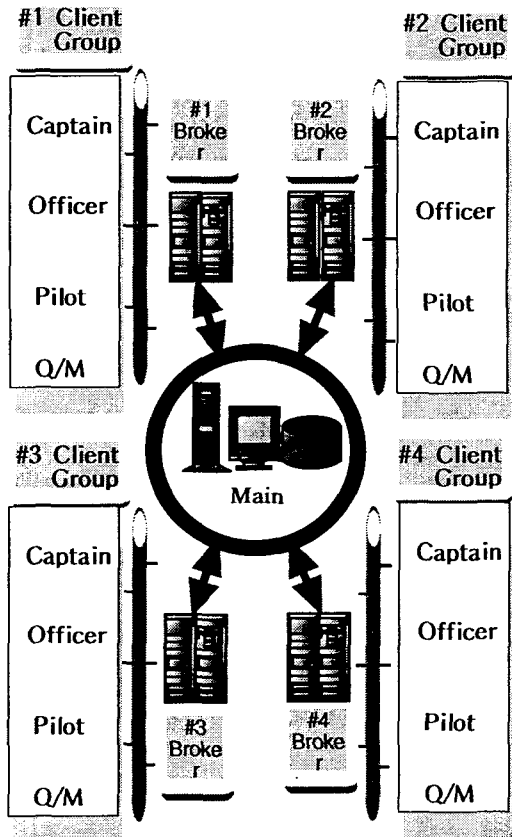


그림 4. 다중 사용자를 고려한 VRSS 시스템의 네트워크 구조.

그림 4는 중앙집중형 구조와 완전분산형 구조의 단점을 보완한 형태로서, Broker Server를 이용하여 각 Client 그룹을 관리하도록 하였다. Main Server는 가상공간 구축에 필요한 3차원 DB를 갖고 있고, 모든 하부 Server를 관리하며, 입기와 쓰기의 통제권과 보안 등의 임무를 담당한다. 그리고, 사용자 수의 증감을 조절할 수 있는 네트워크 통제 권한을 갖는다. Broker Server는 각 Client 그룹에서 요구하는 사용자 FOV에

대한 가상공간의 일부분에 대한 메시지만을 관리하고, Main Server로부터 각 Client 그룹에서 요청하는 데이터를 받아서 관리한다. 이러한 네트워크 구조는, 전체 네트워크의 부하를 줄일 수 있고, 시스템 확장을 보다 유연하게 할 수 있는 장점을 갖는다. 그리고, 사용자 수를 증감시키는 경우, 그림 4의 네트워크 체계를 그대로 유지하면서 간단하게 Broker Server와 Client 그룹만을 증감하면 된다.

3. 실험

3.1 실험용 하드웨어 구성

이 연구에서 제안한 그림 4의 VRSS 시스템 전체를 구축하기 위해서는 그림 1의 세부 요소 기술들이 모두 개발되어야 하는데, 현재 일부 요소 기술은 미개발 상태에 있거나 연구 중이기 때문에 제안한 시스템 전체를 구축하여 실험하는 것은 불가능하다. 따라서, 이 연구에서는, 제안한 VRSS의 시스템 구성방법의 일부 유효성을 확인하기 위하여 그림 5와 같이 하나의 Client 그룹에서 선장 임무만을 시뮬레이션하기 위한 하드웨어를 구성한 후, 여기에 3차원 선박 모델을 객체지향방식으로 구축하고 실험하여, 제안한 시스템을 평가하였다.

그림 5의 하드웨어 구성에서, 그림 4에서의 Main Server와 Broker Server의 역할을 PC로 대체하였고, 이 PC에 Interface Board를 통하여 HMD와 Hand Sensor를 접속하였다. 그리고, 이 PC에는 cyber-ship과 cyber-captain에 대한 3차원 객체 모델이 DB로 구축되어 있다. HMD에는, 3차원 그래픽을 표시하기 위한 LCD(Liquid Crystal Display)안경과, 사용자의 머리방향을 추적하여 FOV를 결정하기 위한 머리추적 센서(Head Tracking Sensor) 그리고, 3차원 음향을 제시하기 위한 스테레오 헤드폰(Stereo Headphone)이 내장되어 있다. 또한, 사용자의 구두 명령을 수신하기 위한 Microphone도 내장되어 있다. Hand Sensor는 사용자의 손에 쥐는 Puck

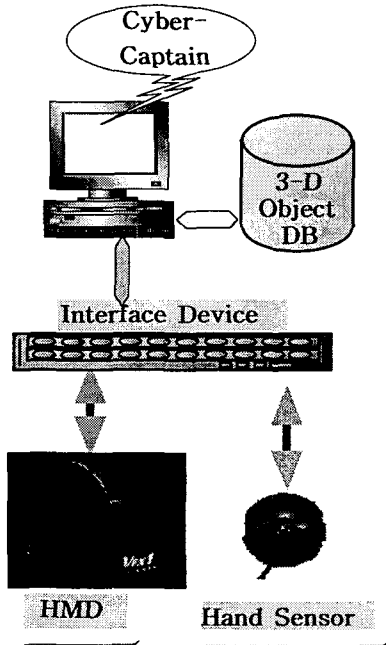


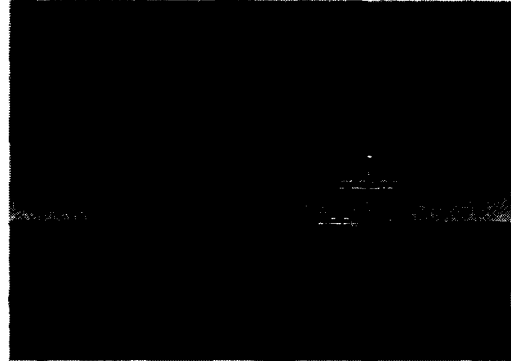
그림 5. 선장 임무를 시뮬레이션하기 위한 Client 그룹의 하드웨어 구성도.

형태의 센서로서, 가상공간에서 객체를 선택하는데 사용된다. Interface Board는 사용자의 FOV와 일치하는 방대한 양의 3차원 그래픽과 음향 데이터 및 각종 센서의 입출력 관계를 제어한다.

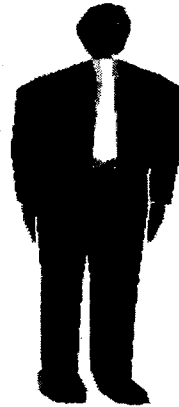
3.2 실험 및 평가

그림 6은 실험을 위하여 제작한 cyber-ship과 cyber-captain의 3차원 모델을 위의 그림 5의 실험장치에서 연출한 장면이다. 그림 (a)는 cyber-ship의 외관이고, 그림 (b)는 cyber-captain의 모습이며, 그림 (c)는 cyber-captain을 cyber-ship의 브릿지에 배치한 장면이다.

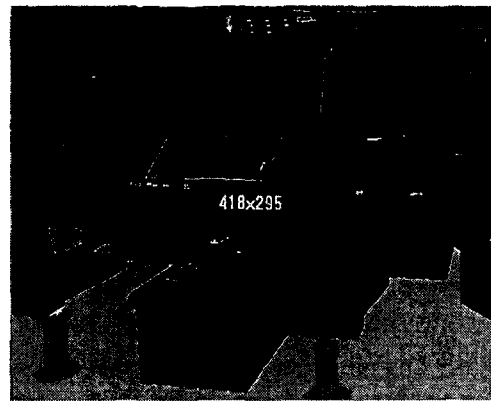
그림 6의 3차원 객체들은, 3-D Webmaster를 이용하여 제작한 것으로서, 객체들이 외부 신호에 의하여 제어되고, 사용자와 상호작용을 유발할 수 있도록 제작과정에서 프로그램을 삽입하였다. 이 프로그램은 SCL(Superscape Control Language) 라는 C언어와 유사한 VRML(Virtual Language



(a)



(b)



(c)

그림 6. 실험을 위하여 제작한 3차원 객체 모델과 브릿지 구성 장면. cyber-ship(a), cyber-captain(b), 브릿지 내부(c).

Modeling Language) 형태의 특수한 소프트웨어로 작성하였다.

실험방법은, 그림 6의 (c)에 나타난 가상 브릿지 내부에 cyber-captain을 구축하여 가상환경을 창출한 후, 사용자가 cyber-captain을 이용하여 브릿지 내부를 돌아다니게(wandering)하고, 사용자가 내린 음성 명령이 cyber-captain에게 전달되면, 이 명령에 의해서 cyber-captain이 다시 음성으로 가상공간에 명령을 내리는 기능을 수행하도록 하였다. 이러한 실험을 통하여 사용자가 입력한 여러 가지 사건을 cyber-captain이 처리할 수 있는지의 여부와, 사용자가 cyber-captain과 동일시되는 느낌을 받는지의 여부를 조사하여, 이 연구에서 의도하는 (1)3D 가상 객체들과 사용자 사이의 다중 사건 처리와, (2)상호작용 유발에 의한 동일시 및, (3)다중 사용자 환경의 지원 가능성 등의 3가지 파라미터로 평가하였다.

평가방법은, 기존의 선박 시뮬레이터를 사용해 본 경험이 있는 성인 남자 3인에게 그림 5의 실험 장치를 이용하여 cyber-captain을 작동시키게 한 후, 위에서 열거한 3가지 파라미터에 대한 느낌을 서면으로 작성토록 하였다. 여기서, 인간의 느낌을 평가하기 위한 구체적인 방법이 현재 연구 중이기 때문에 이 연구에서는 실험 참가자들의 평가의견을 종합하여 평가결과를 도출하였다.

평가결과, 3인 모두 'cyber-ship의 브릿지와 외관 등이 실제 선박과 유사한 느낌이 들었으며, cyber-captain과 사용자 사이에 상호작용이 발생하여 마치 자신이 선장이 된 듯한 흥미로운 느낌을 받았다'고 평가하였다. 그러나, 다중 사용자 환경의 지원 여부는 브릿지에 cyber-captain 이외의 또 다른 cyber-pilot, cyber-officer를 등장시켜서 이들 가상 객체 사이의 또 다른 상호작용을 유발시켜야 하는 복잡한 문제가 발생하여 이 연구에서는 확인할 수 없었다. 이 문제는 프로그램에 의하여 구현되어야 할 내용으로서, 앞으로 연구를 지속해서 프로그램을 개발해 나갈 예정이다.

위에서 기술한 실험 및 평가 결과를 요약하면, 이 연구에서 제안한 VRSS 시스템 설계의 전체에 대해서 평가할 수는 없었지만, 3차원 가상현실 장

치의 구성방법, 3차원 객체 모델링 방법, 객체와 사용자 사이의 상호작용 유발 방법 등이 유효함을 확인할 수 있었고, 이러한 요소기술을 확보할 수 있었다.

4. 결론

이 연구에서는, VRSS(Virtual Reality Ship Simulator) 구현의 기초가 되는 시스템을 설계하고, 설계한 시스템의 일부 유효성 평가 실험을 하였다. 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. VRSS를 구축하는 데 필요한 요소기술을 분석하여 시스템 구축에 필요한 설계 개념을 정립하였다.
2. HMD를 이용한 가상현실 실험 장치와, 3차원 객체지향방식으로 창출한 cyber-captain과 cyber-ship을 이용하여 상호작용 유발이 가능한 가상 브릿지 환경을 구축할 수 있었다.
3. 연구에서 제안한 설계 방법과 설계 개념들이 일부 유효함을 확인할 수 있었고, VRSS 개발에 필요한 요소기술을 확보할 수 있었다.

이러한 VRSS 개발에는 다양한 분야에서 연구 개발된 기술이 복합적으로 적용되어야 하기 때문에 방대하고, 오랜 연구 기간이 필요할 것으로 예상된다. 앞으로, 이 연구에서 제시한 설계 개념을 토대로 세부 요소기술을 점진적으로 연구 개발하면서 VRSS를 구축해 나갈 예정이다.

참고문헌

- [1] 연구소, 제9절 항공기 시뮬레이터, 국방과학기술조사서 2권, pp. 783-806, 1998. 1.
- [2] Manual for Raytheon PATHFINDER/ST ECDIS C20, Ryttheon Marine Company, 1995.
- [3] Manual for TRANSAS MARINE SIMULATOR SYSTEMS, Transas Marine

- Company, January 1996.
- [4] 이상집, "인공현실기술을 응용한 선박조종 시뮬레이터 구현에 관한 기초연구," *해양안전학회 학술발표논문집*, pp. 5-18, 1997. 5.
- [5] Bylinsky, "The Marvels of Virtual Reality," *FORTUNE*, pp. 94-100, June 1991.
- [6] Bajura, Henry Fuchs, and Ryutarou Ohbuchi, "Merging Virtual Objects with the Real World: Seeing Ultrasound Imaginary within the Patient," *Computer Graphics*, Vol.26, No.2, pp. 203-210, July 1992.
- [7] Reveaux, "Virtual Reality gets Real," *NEWMEDIA*, pp. 32-41, January 1993.
- [8] Studt, "Reality from Toys to Research Tools," *R&D Magazine*, pp.19-21, March 1993.
- [9] 김동현, "가상현실시스템을 위한 HCI의 현황과 발전 방향," *정보처리학회지*, 제5권, 제1호, pp.20-28, 1998. 1.
- [10] H. Matsumuta, M. Inaishi, S. Tsuruta, H. Imazu and A. M. Sugisaki, "Basic Research on an Expert System for Navigation at Sea," *J. of Japan Inst. of Navigation*, pp. 31-38, 1989. 9.
- [11] 임정빈, "가상현실 선박조종 시뮬레이터 구현을 위한 3차원음장 생성(I): 머리전달합수 모델링," *한국항해학회지*, 제22권, 제3호, pp. 17-25, 1998. 9.
- [12] 임정빈, "가상현실 선박조종 시뮬레이터 구현을 위한 3차원음장 생성(II): 음장제어," *한국항해학회지*, 제22권, 제3호, pp. 27-34, 1989. 9.
- [13] 정문열, "가상현실 시스템에서의 이벤트 핸들링 및 행위 결정," *정보처리학회지*, 제5권, 제2호, pp. 3-8, 1998. 3.
- [14] 송경준 외 4인, "대규모 분산 가상현실 시스템을 위한 다중 서버-다중 클라이언트 구조," *정보처리학회지*, 제5권, 제2호, pp. 9-16, 1998. 3.