

고소작업대 조종훈련용 시뮬레이터

기재석*

*인천대학교 정보통신 대학원

Aerial Working Platform Training Simulator

Jae Sug Ki*

*Graduate School of Information and Telecommunications, University of Incheon

Abstract

Aerial working platform is recently used broadly in heavy industry and construction field and also the utilization of it is growing. However, the raise of critical incident caused by unskilled operator is increased gradually. To reduce and prevent such incident, the training for operating is essential. It's not easy to cover the requirements for the training with real platform because of the high price of it, safety and weather condition.

This paper proposes a simulator for the training based on virtual reality to give the training safely regardless to the weather condition and the simulator is deliverable in lower price than real one. The simulator proposed in this paper is available to be set according to the level of trainee's skill managing and be also applied for the design of general heavy equipment training simulator.

Keywords : Heavy Equipment Training Simulator, Critical Incident, Safety, Virtual Reality

1. 개요

작업의 효율성으로 인해 여러 산업 현장에서 중장비를 사용하고 있으나 조작미숙에 의한 안전사고가 증가 추세이며, 사고 발생 시 중대 사고를 유발하기 쉽기 때문에 장비 작동에 대한 훈련 및 안전교육이 매우 중요하다.

이러한 이유로 중장비는 충분한 조작훈련(Operating training)과 안전교육(safety training)이 요구되고 있어 교육 수요가 계속 증대되고 있는 실정이나 대부분 교육이 실 장비를 통해 이루어지기 때문에 실제 장비의 고가로 인해 경제적 어려움이 있는 것이 현실이며, 대부분의 교육생들이 많은 시간대기를 하면서 자신의 차례를 기다려야 한다. 또한 야외에서 실 장비로 교육 시 날씨에 영향을 받을 수 있기 때문에 기후에 관계없이 안전하게 교육을 받을 수 있는 교육환경이 필요하다.

본 연구에서는 중공업회사나 건설현장에서 그 수요가 계속 증대되고 있는 고소작업대를 대상으로 가상현실(Virtual reality) 기반의 조종 훈련용 시뮬레이터개발을 제안한다.

가상현실은 컴퓨터 그래픽 기술을 기반으로 시각, 촉각, 청각, 후각, 미각의 효과를 느낄 수 있는 다양한 디바이스를 활용하여 생생한 3차원 인공세계(Artificial world)에 인간이 몰입할 수 있도록 가상의 환경(Virtual environment)을 만드는 기술이다[5, 7].

가상현실을 응용한 훈련용 시뮬레이터는 주로 국방 분야에서 많은 응용사례를 찾아볼 수 있었으나 점차 다양한 분야로 확대되어 응용이 되고 있으며, 특히 의료분야와 안전 분야[3, 8] 등에서 괄목할 만한 효과를 보고 있다.

의료분야에서는 주로 인체해부 및 외과 수술 훈련용 및 시술 시험용으로 가상현실 기반의 시뮬레이터가 미국을 중심으로 활용도가 점차 증대되고 있으며[1, 4], 안전 분야에서는 대표적으로 청소년 및 성인들을 상대로 안전운전에 대한 훈련 및 교육에 미국, 영국, 일본 등을 중심으로 활발하게 사용이 되고 있으며[6], 재난관련 응급조치 및 재난대응 훈련용으로도 응용분야가 확대되고 있다[2].

이처럼 가상현실 기반의 훈련용 시뮬레이터의 활용 범위가 점차 증대되고 있으나 산업용 증장비에 대한 훈련용 시뮬레이터는 그 필요성에도 불구하고 아직은 개척을 해야 할 분야이다[9, 10].

본 연구에서는 고소작업대를 대상으로 실 장비 교육이 가지고 있는 문제점을 보완하여 안전하게 기후의 영향을 받지 않으며, 실 장비에 비해 약 25% 수준의 경제적인 비용으로 대기 없이 모든 교육생이 동시에 훈련할 수 있는 훈련용 시뮬레이터 개발을 제안한다.

제안하는 시뮬레이터는 실 장비 조작과 가급적 동일한 효과를 얻을 수 있도록 조작반의 동적 특성을 고려해서 개발하며, 바스켓에 탑승한 조작자의 전면 영상(Front view)을 조작 반에서 오는 신호에 따라 실시간으로 생성하여 모니터에 묘사하도록 개발한다.

본 연구에서 제안하는 시뮬레이터의 하드웨어와 소프트웨어의 구성에 대하여 제 2장에서 설명하며, 제 3장에서는 제안하는 시스템을 운영하기 위한 프로그램의 모듈구조와 운영절차에 대하여 설명한다. 마지막으로 향후 시스템의 발전 방향에 대하여 제4장에서 결론으로 제시한다.

2. 시스템 구성(System architecture)

제안하는 시뮬레이터와 유사한 장비로 자동차, 선박 그리고 항공기와 같은 조종 훈련이 필요한 장비에 대한 시뮬레이터에 대한 사례[6]는 많이 있으나, 고소작업대에 대한 시뮬레이터 개발 사례는 본 연구가 처음으로 파악되고 있다.

대부분의 교육 및 훈련용 시뮬레이터는 예산과 사용 목적에 따라 다소 차이는 있으나 공통적으로 영상을 전시하는 디스플레이장치와 장비를 운영하기위한 콘트롤(Control) 장치가 기본적으로 필요하며, 추가적으로 실제 장비에 탑승하는 느낌을 주기위해 실 장비 모형과 실장비의 동적 특성을 훈련 자에게 전달하기 위한 모션(Motion) 장치를 장착하기도 한다.

제안하는 고소작업대 조종훈련용 시뮬레이터는 주어진 예산으로 개발할 수 있도록 설계를 하며, 크게 하드

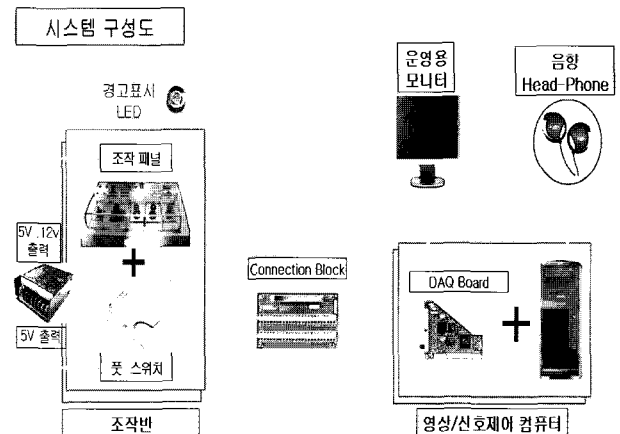
웨어 부문과 소프트웨어 부문으로 나누어 설계를 한다.

하드웨어 부문에서는 실제 차량의 조작 반(Operating part)을 모의한 조작 반 부분과 영상을 렌더링(Rendering)하고 조작 반으로부터 입력되는 신호를 처리하는 영상(Scene)/신호(Signal) 제어 PC부분으로 나누어지며, 이러한 장치들은 콘솔에 설치되어 운용된다.

소프트웨어 부문에서는 외부 입출력 부분을 정의하고 이러한 외부 입출력(Input/output)을 고려한 내부 처리부분을 설계하게 된다. 따라서 소프트웨어 부문에서는 크게 외부 입출력 부분과 내부처리 부분으로 나누어 개발한다.

2.1 하드웨어 구성

제안하는 고소작업대 조종훈련용 시뮬레이터는 <그림 1>과 같이 실제 차량의 조작 반을 모의한 조작 반 부분과 영상을 구성 및 렌더링하고 조작 반으로부터 입력되는 신호를 처리하는 영상/신호 제어 PC부분으로 나누어진다.



<그림 1> 시스템 구성도

2.1.1 조작 반(operation part)

조작 반은 <그림 1>에서 보는 것과 같이 실제 조작 반과 형태와 기능상 유사하도록 설계하기 위해 입력전원을 포함하고 실차의 바스켓 내부의 조작 패널을 모의한 조작패널 및 풋 스위치 그리고 실습과정에서 평가기준에 의해 교육생에게 경고신호를 줄 수 있는 경고 표시 LED로 구성된다. 조작반의 각각의 구성에 대한 설명은 아래와 같다.

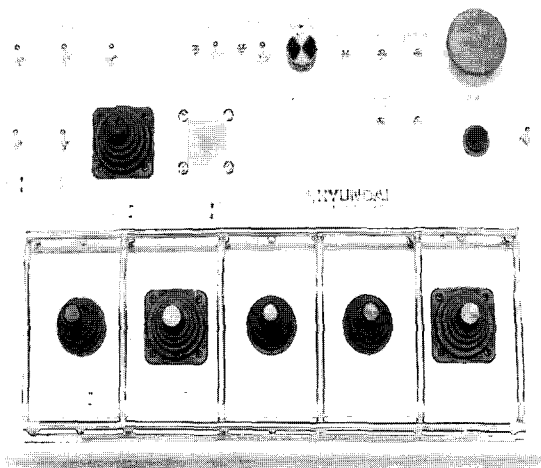
조작패널은 각종 스위치와 그리고 조작레버로 구성된다. 이러한 전자 부품들은 전기적 신호원이 있어야 작동되므로 조작패널은 입력전원이 필요하게 된다. 또한 조작패널에 사용되는 전자부품의 신호를 받는 영상

및 신호제어 PC 의 외부입력 한계전원이 5V의 전압이므로 220V의 현재 일반전원에서 5V의 전압으로 변환해주는 변환기능이 있어야 한다. 또한 조작패널 내부에 장착 되므로 크기 또한 소형이면서도 안정된 5V의 출력을 내야하며 장시간 사용 시에도 발열상태가 양호해야 한다. 따라서 본 시뮬레이터 개발에서는 이러한 조건을 만족하는 입력전원으로서 SMPS(Switching Mode Power Supply) 의 상용제품을 사용한다.

고소작업대 차량 조종을 승선바구니 내에서 조종을 하고자 할 경우 풋 스위치를 발로 밟아야 조작 패널의 조종이 가능하다. 이러한 실차의 조종과 동일하게 본 시뮬레이터도 풋 스위치를 적용하여 <그림 2>와 같이 개발하였다. 개발하는 풋 스위치는 ON/OFF 신호를 출력하는 스위치로서 발로 밟았을 때 ON 신호가 출력되고 발을 떼었을 때 OFF 신호가 출력된다.

승선 바구니에서 실제 작업을 하면서 고소작업대 차량을 조종하는 것이 바로 조작패널 부분이다. 조작패널에는 <그림 2>과 같이 각 제어 스위치 및 조종 레버가 포함되어 있다. 본 시뮬레이터의 조작패널은 실제 차량의 승선바구니 내에 있는 조종구성과 동일하게 구성되어 있을 뿐만 아니라 크기도 동일하다. 따라서 사용자는 본 시뮬레이터를 통해 고소작업대 차량의 조종을 훈련함으로써 실차의 능숙한 조종이 될 수 있도록 되어 있다.

또한 조작패널에는 본 시뮬레이터에 관련된 1개의 LED 와 11개의 ON/OFF 스위치, 3개의 아날로그 (Analog) 스위치를 조합하는 회로 보드가 필요하게 된다. 특히 3개의 아날로그 신호는 한 개의 입력전원만 사용하므로 레버의 동시조작 중 전압 강하로 인한 신호미약을 방지하여야 한다.



<그림 2> 조작 패널의 외형

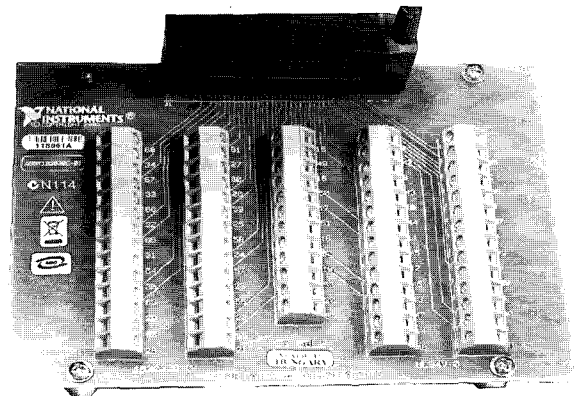
고소작업대 조종 훈련용 시뮬레이터는 교육생이 차량의 주행 또는 바스켓 조작 실습을 할 때, 실습 중 잘못된 조작으로 인해 제한 사항들을 벗어나는 경우가 발생하게 된다. 이러한 경우 교육생에게 경고음을 울리도록 함과 동시에 경고 램프를 점등시켜 조작의 잘못된 경우를 알리도록 되어 있다.

2.1.2 영상 및 신호 제어컴퓨터

제안하는 시뮬레이터의 영상 및 신호제어 컴퓨터는 그림 1에서 보는 것과 같이 조작 반 내 조작패널의 각 전자부품에 대한 신호 선들을 모두 모아서 각각의 신호선에 대한 번호를 부여하는 연결블록과 연결블록으로부터 들어오는 신호를 받아 처리하는 DAQ(Data Acquisition) 보드 그리고 3차원 모델 데이터를 가시화하는 영상 렌더링용 컴퓨터로 구성된다.

조작패널의 각종 스위치 및 조작레버를 통한 입력신호는 영상과 상호 연동 되어져야 한다. 이러한 연동을 위해 전자부품의 각종 신호 선들은 한곳으로 모아져야 하며 신호 선들에 대한 구별이 이루어 져야 한다. 이러한 분석은 시뮬레이터를 개발하는데 있어서 선행되어야 하며 디지털 신호와 아날로그 신호를 구별하고 이러한 신호의 개수를 분석해서 모두 받을 수 있는지도 고려하여야 한다.

따라서 본 시뮬레이터는 공통으로 쓰는 하나의 접지방식의 12개 디지털 신호와 역시 공통으로 쓰는 하나의 접지방식의 3개 아날로그 신호를 모두 처리 할 수 있도록 총 68개의 입력단자를 가진 연결 블록을 선택하여 콘솔 데스크 내 단자함으로 구성하여<그림 3>와 같이 연결블록을 개발한다.



<그림 3> 연결 블록(Connection block)

데이터 수집이란 빛, 온도, 압력 및 소리와 같은 물리적 현상을 측정하는 것이다. 이 측정되는 신호는 모두 전기적 신호로 변환되어 컴퓨터로 입력되어 제어

될 수 있다. 이때 제어에 필요한 것이 바로 데이터 수집 보드이다.

본 시뮬레이터에서는 조작패널의 각종 스위치 및 조작 레버를 사용자가 조작하여 연결블록을 통해 데이터 수집 보드로 신호가 들어오게 되면 API를 이용한 프로그래밍을 통해 신호를 제어 할 수 있도록 설계된다.

실제 작업장과 같은 3차원 모델링을 렌더링 할 플랫폼(Platform)이 필요하다. 또한 렌더링 시 하나의 씬(Scene)에 포함된 점, 선 및 면으로 구성된 여러 폴리곤(Polygon)들을 자연스럽게 눈에 거슬리지 않도록 처리할 수 있어야 한다.

본 시뮬레이터에서는 목적에 부합하는 최적의 장비를 선정하기 위해 모의 영상 프로그램을 활용해 대상 장비들을 실험을 하였으며, 이 결과 팬텀-4 Dual CPU, 1 Gbytes 메모리 그리고 256 Mbytes 그래픽 메모리를 사용하여 보다 안정적으로 제어 및 영상 렌더링을 할 수 있도록 장비를 구성 하였다.

디스플레이 장치는 21 인치 LCD 모니터를 사용하며, 이를 통해 운용자에게 영상정보를 제공한다. 그러나 하나의 영상 채널에서 제공할 수 있는 영상시야 각에 제한이 되어 있으므로 운용자에게 실제와 같이 넓은 시야각의 정보를 제공하기 어렵다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 2 개의 보조 영상 채널을 제공하며, 영상 외에 조작자의 위치 파악할 수 있도록 목표물과의 거리 정보 등을 제공하여 훈련효과를 높일 수 있도록 개발한다.

2.1.3 콘솔 데스크

제안하는 시뮬레이터의 하드웨어 구성인 조작패널과 영상 및 신호제어 컴퓨터는 전체 하나의 콘솔 데스크 내에 조립되는 형태가 된다. 따라서 콘솔 데스크 는 3차원 영상용 모니터를 탑재해야 하고 영상 및 신호PC를 수납 가능해야 하며 조작패널도 또한 수납 될 수 있어야 한다.

그러므로 본 시뮬레이터의 콘솔 데스크 는 안정성, 견고성, 내구성 및 사용 편의성 등을 고려하여 설계한다.

2.2 소프트웨어 구성

제안하는 시뮬레이터의 소프트웨어는 크게 외부 입출력 부분과 내부 처리 부분으로 나눌 수 있다.

외부 입출력부분은 조작패널 및 풋 스위치로부터 들어오는 각종 입력신호와 경고LED, 운영용 모니터 음향 헤드폰 등의 출력신호를 처리한다. 내부 처리부분은 신호 입출력 제어모듈과 영상 제어 모듈로 나누어지며 각 모듈은 다음과 같이 설계한다.

2.2.1 신호 입출력 제어 모듈

신호 입출력 제어모듈은 조작패널로부터 연결블록을 통해 입력되는 전압 신호를 DI(Digital input) 인지 또는 AI(Analog input) 신호인지 여부 그리고 어느 스위치의 신호인지를 구분하여 처리하고, 교육생이 실습 중 제한 범위를 이탈하거나 감점처리의 기준을 벗어났을 경우 교육생에게 경고를 주기 위한 DO(Digital output) 신호를 처리하여 경고 LED를 ON/OFF로 제어하는 모듈이다.

2.2.2 영상 제어 모듈

영상 제어모듈은 먼저 3차원 모델의 집합인 3차원 영상 데이터베이스를 기반으로 실시간영상을 생성하여 가상의 주행코스 및 작업장 벽면을 가시화하고 주변 환경 및 실제 작업장의 음향 효과도 제어 한다.

다음으로 신호 입출력 모듈로부터 받은 정보들을 통해 영상과 연동하여 실제 교육생이 조작반의 레버 또는 스위치를 조작하였을 때, 실차와 동일한 움직임을 가시화하도록 처리하는 모듈이다.

또한 3차원 데이터베이스는 3차원의 폴리곤을 구성하는 좌표정보, 실제 작업장 및 실제 고소대 차량의 좌표 정보 등이 포함되어 있다.

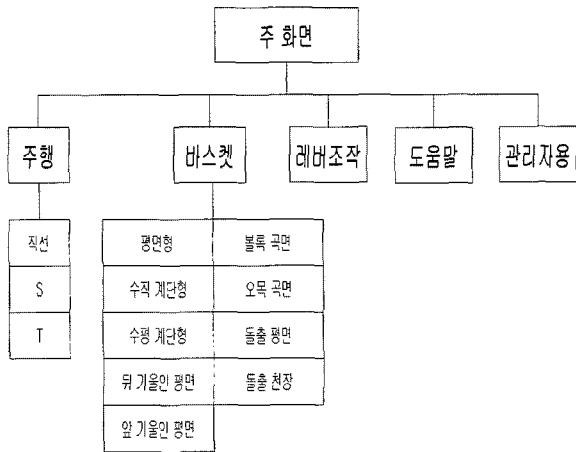
3. 운용 프로그램

3.1 운용 프로그램 모듈구조

제안하는 시뮬레이터의 운용 프로그램의 전체 모듈은 <그림 4>와 같다. 아래 <그림 4>에서 보는 바와 같이 교육생은 초기 주 선택 화면에서 주행 또는 바스켓 실습을 선택할 수 있다.

주행 실습에서는 다시 3가지의 코스를 선택하여 실습을 할 수 있게 된다. 그리고 바스켓 실습에서도 주행과 마찬가지로 다시 9 가지의 각 레벨별로 과정선택을 통해 실습을 진행할 수 있다.

레버조작은 단순히 바스켓의 붐대(Boom)에 대한 레버조작 실습을 하기 위한 메뉴이고 도움말은 고소차량의 조작패널 각 부품 기능과 부품에 대한 간단한 설명으로 조작패널에 대해 교육생에게 도움을 주기 위한 메뉴이며 관리자용은 고소작업대 차량의 실습을 하는데 있어서 제한 시간과 감점처리 점수를 지정할 수 있도록 하기 위한 메뉴로서 암호를 숙지한 관리자가 설정하는 것이다.



<그림 4> 운용 프로그램의 개념도

3.2 평가방법

제안하는 시뮬레이터에서는 훈련효과를 높이기 위해 교육생 개개인의 훈련 과정 및 결과를 평가할 수 있도록 주행 및 바스켓 단위 실습과제를 종료하기 전에 실습과정에서 발생한 감점 및 실격 등의 기능평가를 아래 <그림 5>와 <그림 6>과 같이 하도록 설계한다.

주행 실습에 있어서 평가는 통과와 실격으로 나누어 지는데, 경계선에 바퀴가 접촉하는 경우, 정지 지점에서 오차 ±300mm 범위 이내에 정착하지 못한 경우 그리고 제한 시간을 초과하는 경우에 실격이 되고 그렇지 않으면 통과로 평가 한다.

바스켓 실습의 경우는 통과와 실격 그리고 감점으로 평가를 한다. 감점의 경우는 매 감점 상황이 발생하면 10점씩 감점을 하는데, 가상 벽과의 간격이 제한 범위를 벗어나는 경우, 벗어난 상태에서 10초가 경과한 경우 그리고 지정한 진행코스의 제한 범위를 이탈하는 경우에 10점씩 감점을 한다. 실격처리를 하는 경우는 바스켓 또는 차체가 벽 또는 장애물에 부딪히는 경우, 제한 시간을 초과하는 경우 그리고 최종 점수가 60점 미만일 경우이다.

관리자는 주 선택 화면에서 관리자용 아이콘을 선택 하여 암호를 입력하고 주행 및 바스켓 실습부문의 제한시간 설정 및 바스켓의 감점레벨 조정 등의 설정을 할 수 있도록 하여 훈련생의 수준에 따라 평가 수준을 설정할 수 있도록 한다.

4. 결 론

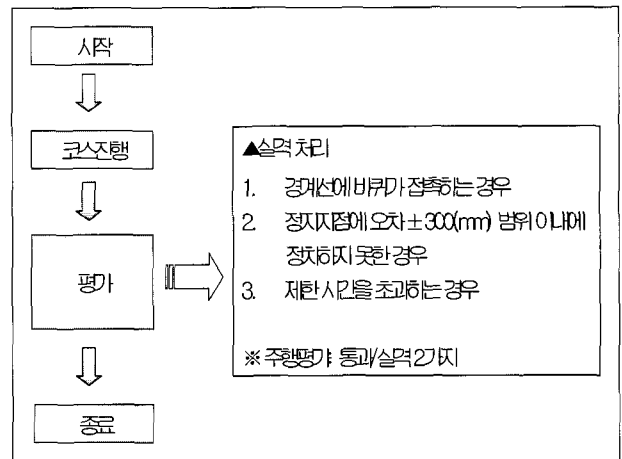
가상현실을 이용한 훈련용 시뮬레이터는 주로 국방 분야에서 활용이 되어 왔으나 민간분야에서도 그 활용

도가 점차 증대되어 가고 있다. 특히 의료분야와 안전 분야에서는 매우 빠르게 활용도가 증대되고 있다.

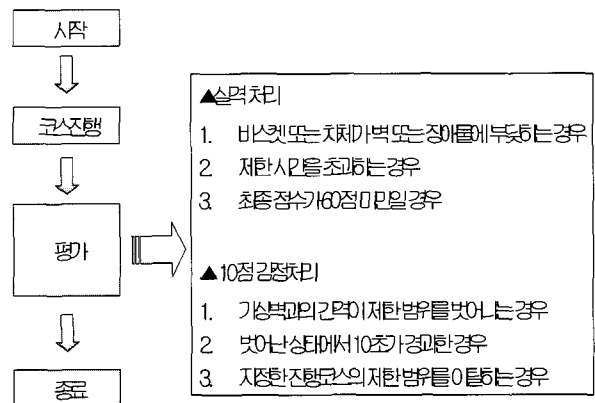
본 연구에서 제안하는 시뮬레이터는 가상현실을 이용해 고소작업대의 조작을 안전하게 훈련할 수 있도록 실 장비의 조작과 최대한 유사하게 개발한다.

제시하는 시뮬레이터는 교육환경에 영향을 받지 않고 안전하게 훈련을 할 수 있으며, 실 장비에 비해 약 25% 수준의 저렴한 비용으로 교육생의 수준에 맞도록 훈련할 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

본 시뮬레이터는 제한된 예산으로 개발되어 사용자가 보는 영상의 시야각이 45°에 불과해 목표점에 가까이 갈 경우 주변 환경에 대한 정보가 제한적으로 전달 될 수밖에 없다.



<그림 5> 주행실습 평가방법



<그림 6> 바스켓 실습 평가방법

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 영상의 시야각을 120이상으로 넓혀야 되나 개발 단가가 증대되는 문제가 발생한다. 향후 개발 장비, 특히 영상 컴퓨터와 LCD 모니터 가격이 하락할 것으로 전망됨에 따라 교육생에 보다 실제와 같은 영상정보를 줄 수 있는 설계 방안이 현재의 개발비용으로 개발이 가능할 것으로 판단된다.

제안하는 시뮬레이터의 설계개념은 고소작업대 뿐만 아니라 교육 및 훈련이 필요한 각종 중장비와 농기계 등에도 활용할 수 있으며, 안전사고를 많이 유발시키는 산업용 기계의 사용법 및 안전 교육에도 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 참고 문헌

- [1] Aggarwal, R., Black, S. A., Hance, A., Darzi, A., and Cheshire, N. J. W., "Virtual Reality Simulation Training Can Improve Inexperienced Surgeons' Endovascular Skills.", *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 31(2006): 588-593.
- [2] Command Sim Fire, "CommandSim Technology.", <http://commandsim.com/technology.html>, 2005
- [3] Denby, B., Schofield, D. J., McCalamon M and Walsha, T., "Hazard Awareness Training for Mining Situations Using Virtual Reality.", *Proceedings APCOM, 27th International Symposiums on Computer Applications in the Minerals Industries, IMM (1998): 695-705.*
- [4] Gupta, S. C. et al., "Introduction of New technology to Clinical Practice: A guide for Assessment of New VR Applications.", *The Journal of Medicine and Virtual Reality*, Spring(1995): 22-30.
- [5] Ki, J., " A Design Procedure for Safety Simulation System Using Virtual Reality.", *Journal of the Safety Management & Science*, 1(1999): 69-77.
- [6] Leitao, J. M., Alexand ra, M., Jorge, A., S., Augusto, S. and Nunes, F, "Evaluation of Driving Education Method in a Driving Simulator.", ISBN, Braga, Portugal(2000): 68-76.
- [7] Mills, S., and Noyes, J., "Virtual Reality: An Overview of User-related Design Issues", *Interacting with Computers*, 11(1999): 375-386.
- [8] Nichols, S. and Patel, H., "Health and Safety Implication of Virtual Reality: a Review of Empirical Evidence.", *Applied Ergonomics*, 33(2002): 251-271.

- [9] Nomura, J., and Sawada, K., "Virtual Reality Technology and Its Industrial Applications.", *Annual Reviews in Control*, 25(2001): 99-109.
- [10] Vora, J., Nair, S., Gramopadhye, A. K., Duchowski, A. T., Melloy B. J., and Kanki, B., "Using Virtual Reality technology for Aircraft Visual Inspection Training: Presence and Comparison Studies.", *Applied Ergonomics*, 33(2002): 559-570.

저자 소개

기재석



한양대학교 산업공학과에서 공학사, 공학석사, 공학박사 학위를 취득하고 현재 광운대학교 전자공학과 연구교수로 재직 중임. 관심분야는 Modeling & Simulation으로 특히 가상현실을 이용하여 산업에서 필요로 하는 훈련 및 교육용 장비 개발에 있음.

주소: 서울 노원구 월계동 447-1 광운대학교 화도관 602호(139-701)