

트랜스포터 교육을 위한 증강현실 기반의 Interactive U-Manual 시스템에 관한 연구

김충현**, 이경호*, 한은정***, 이정민**

A Study on Augmented Reality based Interactive U-Manual for the Education of Transporter

Chunghyun Kim**, Kyungho Lee*, Eunjung Han*** and Jungmin Lee**

ABSTRACT

As the workers are getting old, they need to be expert in their fields. Expertise is an invaluable means of shipbuilding industries because of the technological advancements. Therefore, the workers have to attend training seminars and upgrade their technical knowledge. In shipbuilding industries, most workers operate transporters based on experience not on learning from specialization in the shipyard. It is needed for the workers of transporters to be educated technical manual and system. Thus, this research shows that educational system which is interactive and very effective with Augmented Reality(AR) for the non-specialist workers. The educational interactive system based on AR is very supportive and worth for the workers. This study considers the system which makes the workers reduce malfunction of the products and mistakes.

Key words : Transporter, Augmented Reality, U-Manual, Head Mounted Display

1. 서 론

조선 산업의 경우 다른 산업과는 달리 생산현장에서 제품(예, 트랜스포터)의 잘못된 운용은 큰 사고를 야기할 수 있으며 특히 기술의 난이도가 증가하고 있는 상황에서 현재 산업 인력의 고령화 현상은 전문 기술 인력의 수급에 대한 필요성을 강조시키고 있는 상황이다. 이에 따라 생산현장에서 제품의 지속가능성을 위하여 올바르게 제품이 생산될 수 있도록 비전문가에게 기술적으로 지원할 수 있는 체계적이고 효과적인 교육이 뒷받침되어야 한다. 특히 조선 산업 현장에서 선박을 설계할 때는 전체적으로 설계를 하지만 생산 시에는 부위별로 블록을 제작하고 난 후에 탑재 공정에서 블록들을 합쳐서 하나의 거대한 선박을 만들기 때문에 거대한 블록을 이동시키고 탑재하는데

트랜스포터나 굴리앗 크레인을 사용하여야 한다. 이러한 운송 장비는 선박 건조 시 결정적 역할을 하기 때문에 관리 및 운용이 중요하다. 또한 Fig. 1과 같이 대형 블록을 옮겨야 하는 트랜스포터의 경우 현재 체계적인 교육보다는 경험에 의한 운용이 이루어지고 있고 단순히 사수와와의 1:1 도제 형식에 의한 교육이 이루어지고 있는 실정이다. 이러한 1:1 도제형식의 경우 빠른 인수인계가 가능하다는 장점은 있지만 운전자에게 종속적이고 사수의 경험에 의한 교육이 이루어진다는 점에서 정확하지 않은 교육이 이루어질 수 있다는 단점을 가지고 있다. 따라서 생산의 실패와 큰 사고를 일으킬 수 있는 원인이 될 수 있다. 본 연구에서는 이러한 위험 요소를 파악하여 체계적이고 높은 교육의 효과를 위하여 사용자와 시스템과의 양방향 교육시스템을 구축하기 위해 증강현실 기술을 적용하여 연구를 진행하였다. 양방향 교육시스템은 단순히 사용자가 실감이 나도록 정보를 보는 것이 아니라 사용자가 직접 각각의 모드별 정보를 통해 가시화된 영상을 볼 수 있는 시스템이다. 이는 이해도를 높이고 시스템과 사용자간의 Interaction을 뜻한다.

*중신회원, 교신저자, 인하대학교, 조선해양공학과

**학생회원, 인하대학교 대학원

***정회원, 인하대학교 조선해양공학과

- 논문투고일: 2010. 03. 05

- 논문수정일: 2010. 09. 01

- 심사완료일: 2010. 09. 04

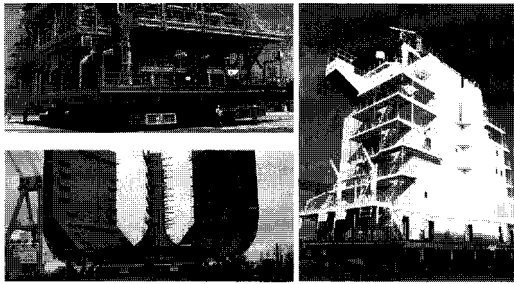


Fig. 1. Example of Transporters used in the Shipyards.

주로 교육용으로 많이 적용되는 가상현실 기술보다는 증강현실 기술을 적용하여 사용자에게 몰입감과 현실감을 제공하여 이해도를 높이고자 한다. 또한 현실에 기반을 두어서 필요한 부분만 모델링하여 보여 주기 때문에 가상현실보다는 제작비용이나 시간이 절감된다는 장점을 지니고 있다. 본 논문에서는 트랜스포터의 효과적인 운용과 정비 방법을 교육하기 위한 증강현실 기반의 시스템을 제안하고 3D 게임 엔진을 사용하여 렌더링의 품질을 높이고자 한다. 증강현실 기반의 U-Manual은 사용자에게 전문적인 제품 운용을 할 수 있도록 지원하는 효과적인 방안이 될 수 있으며 이것은 제품의 지속가능성을 저해하는 전문 인력의 부족에 따른 제품생산의 실패요소를 줄일 수 있는 효과적인 방안이 될 수 있다고 판단된다.

2. 관련 연구

현재 증강현실을 적용하기 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있는 가운데 교육 분야가 가장 성공적인 적용사례로 손꼽히고 있다. 이러한 이유는 사용자에게 가상공간에 대한 몰입감을 주어 다감각적인 경험을 통해 학습효과를 높일 수 있기 때문이다¹⁾. 증강현실을 교육 분야에 적용한 연구로 첫 번째 시스템인 Brain Anatomy Tutor를 소개하고자 한다. 콘텐츠가 지닌 상호작용성, 몰입감, 현실감, 확장성 등의 장점을 통해 의사는 위급상황에서의 숙달된 처치와 상황에 휩싸이지 않는 합리적 판단력을 키울 수 있으므로 실제 상황에서 의료 과오를 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 두 번째 연구로는 자동차 산업에서는 증강현실을 이용하여 공장라인 배치 시뮬레이션²⁾과 자동차 차체 라인에서의 간섭체크 시스템³⁾, 운전 중의 도로 정보를 가시화 하여 보여주는 운전자 지원 시스템⁴⁾ 등을 연구한 바 있으며 본 논문에서는 자동차 정비 지원을 위한 BMW사의 Maintenance Application을 소개한다.

2.1 Brain Anatomy Tutor(ICT Centre)

CSIRO ICT Centre에서는 뇌의 해부학적 구조에 대한 시각적 교육을 목적으로 증강현실을 활용한 Brain Anatomy Tutor를 개발하였다. 마커 위에 두개골 형상이 증강되면 교육자는 4가지 모드인 Skull, Brain, MRI Slice, VM Slice 중에서 하나 이상을 선택할 수 있으며 증강된 형상을 통해 시각적인 교육이 가능하게 된다. 해부학적 실험이나 관찰이 어려운 두개골의 내부 구조를 증강현실을 통해 Fig. 2와 같이 가시화 시켜줌으로써 현실감 있고 효과적인 교육이 이루어 질 수 있으며 이를 바탕으로 교육자의 흥미를 끌어 교육 몰입도 또한 높일 수 있다. 사용자는 펜을 통해 직접 제어 하며 시점 변환이나 모드설정을 할 수 있다⁴⁾.

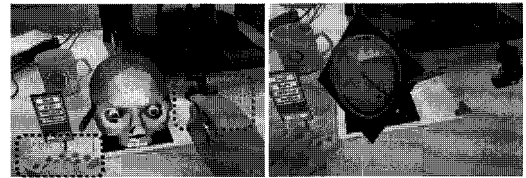


Fig. 2. Augmented Reality Brain Anatomy Tutor.

2.2 Maintenance Application(BMW)

BMW에서는 증강현실을 활용하여 자동차 정비에서 정비사를 지원하기 위한 증강현실 시스템을 개발한 바 있다. 운전자가 자동차의 정보를 담고 있는 스마트키를 정비소에 간다면 스마트키에 담겨 있는 정보를 활용하여 정비할 부분에 있어서의 모든 과정을 정비사에게 3차원 영상으로 가시화시켜 주고 음성 또한 지원해 줌으로써 능숙하지 않은 정비사도 정비 매뉴얼 없이 능숙한 정비수행이 가능하게 된다. 자동차의 기능과 성능이 복잡해지고 관련 정비 매뉴얼 또한 복잡해짐에 따라, 이러한 증강현실을 통해 정비사를 효과적으로 지원함으로써 신속하고 성공적인 정비가 이루어지도록 한다⁵⁾(Fig. 3).



Fig. 3. Maintenance Support system based on AR at BMW Inc.

3. U-Manual 적용 기술

3.1 증강현실

사용자에게 지식을 효과적으로 전달하기 위하여 증강현실 시스템을 제안하였다. 증강현실은 Fig. 4와 같이 현실세계를 기반으로 필요한 부분만을 컴퓨터로 생성하여 정교하게 정합하여 보여주는 기술이다. 즉 현실세계 환경과 가상 환경을 무조건 합성하였다고 증강현실 또는 증강가상이라고 하지 않으며, 합성된 실세계와 가상 환경과는 서로 유기적인 관계가 존재하여야 한다. 실세계 환경과 가상 환경을 합성한 영상을 사용자가 보았을 때, 사용자가 합성된 흔적을 느끼지 못하도록 실세계 환경과 가상세계 환경 안에 3차원으로 정확한 정합(Registration)이 이루어져야 한다. 그리고 모든 작업은 실시간에 이루어져야 한다^[5].

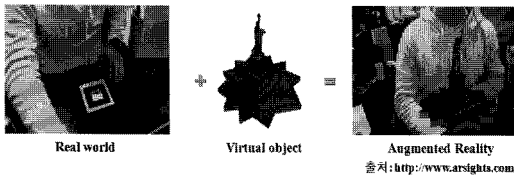


Fig. 4. Augmenting virtual 3D Object on the Marker.

3.1.1 구현과정

증강현실의 기본적인 처리흐름은 다음과 같다. 현실 세계에 가상의 물체를 정확하게 정합하기 위해서는 기준점이 필요하게 된다. 본 논문에서는 사용방법이 간단한 2차원 마커를 사용하였다. 카메라를 통하여 입력된 영상에서 마커를 추출하는 영상처리 단계가 이루어지며 추출된 마커로부터 원본 패턴 비교 과정이 이루어진다. 이후 추출된 마커의 꼭지점들로부터 좌표변환에 의하여 정합을 하기 위한 좌표가 계산되며 이에 따라 영상을 증강시키는 것으로 증강현실은 완료된다. 밑의 Fig. 5는 증강현실 구현과정을 나타내는 것이다. 이에 보다 자세한 증강현실 과정을 단

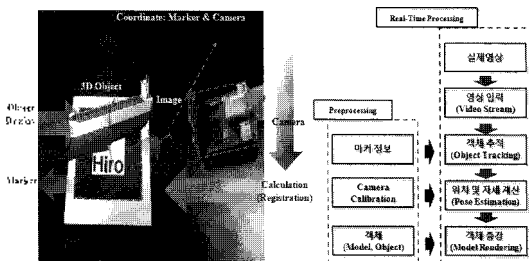


Fig. 5. Process flow of Augmented Reality.

계별로 보여 주는 것은 다음 절에서 자세히 소개하고자 한다.

3.1.2. 마커와 패턴의 검출

마커를 검출하기 위해서 입력된 영상의 이진화(Binarization)와 꼭지점 추출 및 원형도를 활용한다. 다음은 원형도인 Table 1과 간단한 이진화 알고리즘 식인 (1)을 나타내고 있다.

Table 1. Roundness

종류	원	정사각형	정삼각형
화상			 $(\sqrt{3}/2) \times r$
면적	πr^2	r^2	$\frac{\sqrt{3}r^2}{4}$
주위길이	$2\pi r$	$4r$	$3r$
원형도	1.0	$n/4 = 0.79$	$n\sqrt{3}/9 = 0.60$

$$g(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } f(x,y) \leq T \\ 255 & \text{if } f(x,y) > T \end{cases} \quad T: \text{ 임계값} \quad (1)$$

원본 패턴과 일치하는 마커를 찾기 위하여 패턴분석 알고리즘으로서 Template Matching 알고리즘이 사용된다. Template Matching을 통한 패턴인식에서 사용되는 비교기준치 중에서 가장 간단한 방법으로는 템플릿과 검사 대상영상의 픽셀의 밝기 값의 차이를 누적하는 Mean Absolute Difference(MAD)법과 밝기 값의 차이를 제곱하여 누적하는 Mean Square Error(MSE)의 방법이 있는데 여기서는 MAD방법을 이용한 알고리즘 식 (2)와 식 (3)을 구현하였다^[7].

$$MAD = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N |T(x_i, y_j) - I(x_i, y_j)| \quad (2)$$

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N |T(x_i, y_j) - I(x_i, y_j)|^2 \quad (3)$$

3.1.3 마커의 트래킹 및 정합

마커를 실시간으로 트래킹(Tracking)하는 것은 사용자와 마커의 위치 변화를 계산하는 변환 행렬로써 실시간으로 이루어져야 하며 현실감을 높이기 위하여 정확한 정합이 이루어질 수 있도록 해야 한다. 본 논문에서는 ARToolKitPlus^[8]를 사용하여 ARToolKit^[8]의 객체 추적 딸림을 보완하고 메모리 관리와 고정 소수

점 연산 방식을 적용하였다. 대부분 ARToolKitPlus는 모바일 환경에서 안정적으로 수행이 가능하도록 설계가 되어 있어서 본 연구에서는 내부 수행 과정을 ARToolKit이 아닌 ARToolKitPlus 라이브러리를 사용하였다. Fig. 6은 마커 트래킹과 3D 가상의 물체를 정합하는 과정을 나타낸다^[9]. 정합은 실제 사용자가 보는 실제 환경에 가상의 물체가 합쳐지거나, 가상으로 생성된 물체를 융합될 때 부자연스러움을 최소화시켜 적절히 배치하는 기술을 말한다. 적절한 위치에 가상의 물체를 배치하기 위해서 카메라와 마커의 상대 3차원 좌표를 얻어 이를 활용하여 정합을 한다.

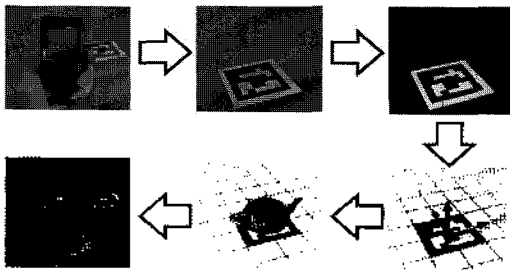


Fig. 6. Basic work flow of an AR application using fiducial marker tracking.

3.1.4 오브젝트 모델링

현실에 가상의 물체를 모델링하기 위하여 네트워크를 이용한 개발환경에 맞추어진 VRML(Virtual Reality Modeling Language)을 사용하였다. VRML은 html과 같이 text기반의 저작도구를 사용하여 직접 코드를 작성하여 넣는 것을 제외하면 크게 Cosmo Worlds와 같은 전용 저작도구를 사용하는 방법과 Fig. 7과 같이 3D MAX^[10] 혹은 Maya^[10]와 같은 3D전용 모델링 툴을 활용하여 직접 변환하여 사용하는 방법으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 전용 저작도구는 장면이 복잡할 경우 새밀한 정합이 어렵다는 단점이

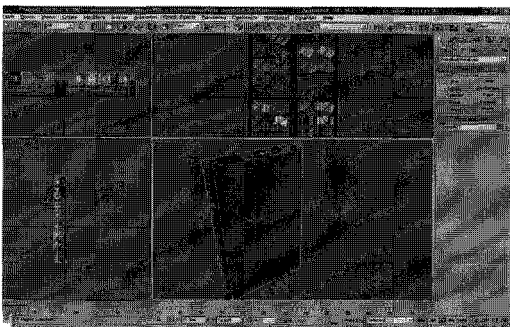


Fig. 7. 3D Modeling of Transporter using 3D MAX.

있기 때문에 3D MAX에서 모델링 후 파일 변환하는 방법을 사용하였다^[7].

3.2 게임 엔진을 활용한 렌더링 개선

렌더링이란 3차원상의 물체에 대한 기하학적 정보를 이용하여, 이를 2차원 스크린상의 이미지로 변환하는 것을 말한다. 기존의 그래픽 라이브러리는 DirectX 3D^[11]나 OpenGL^[12]을 사용하였다. 일반적으로 DirectX 3D나 OpenGL와 같은 Low-level 3D API를 이용하여 렌더링 엔진이 구현된다. 또한 OpenGL과 DirectX는 모두 그래픽스 가속 하드웨어의 API이고, 이 가속기의 역할은 Rendering Pipeline을 구현하는 것이다. Microsoft에 의해 개발된 DirectX는 OpenGL과 달리 Windows 플랫폼 전용이다. 또한 렌더링 기능을 담당하는 DirectX Graphics 이외에 DirectSound 등 게임 제작에 필요한 다양한 API를 제공하여 이른바 multimedia API로 불리며 실제 게임 개발에 많이 사용되고 있다^[13]. 하지만 DirectX 3D는 너무 잦은 업데이트로 축적의 어려움과 호환성의 문제를 지니고 있으며 OpenGL은 DirectX 3D에 비해 최적화가 어렵다는 단점을 가지고 있고 업데이트가 늦기 때문에 그에 따른 다양한 하드웨어 지원이 빈약하다. 이러한 기존의 그래픽 라이브러리의 경우 호환성 및 렌더링의 비효율성으로 인해서 실시간 렌더링의 최적화가 불가능하다. 이에 렌더링의 최적화를 위해 본 논문에서는 게임 엔진을 활용하였다. 대부분의 게임 엔진은 게임의 세부적인 구성 요소들로 제작되어 게임의 요소들과 효율적으로 연동되기 위해서 구성요소와 라이브러리들의 연계작업이 중요하다. 이러한 게임엔진은 각 엔진의 인터페이스를 가지고 설계가 되는데 본 논문에서는 공개 게임 엔진인 OGRE 3D^[14]라는 게임 엔진을 사용한다. 공개 엔진 경우에는 소스가 대부분 공개되어 있고 커뮤니티가 활성화되어 있기 때문에 정보의 이용이 쉽다는 장점을 가지고 있다. 또한 3D API를 지원하고 3D MAX에서 OGRE EXPORTER를 사용하여 Mesh파일과 Material파일을 생성하여 다중 애니메이션과 메시 LOD(Level of Detail)를 지원할 수 있다. 밑의 Fig. 8은 OGRE 3D의 주요 객체들 사이의 관계를 나타내는 UML 다이어그램을 나타낸 것이다.

다이어그램에서 OGRE를 구성하는 가장 기본적인 클래스는 SceneManager, Entity, SceneNode이다. 이중 SceneManager는 장면관리자라고 하며 화면상에 보이는 모든 것을 관리하고 물체를 배치 관리한다. 또한 기본적으로 Octree 장면 관리자를 사용하게 되면

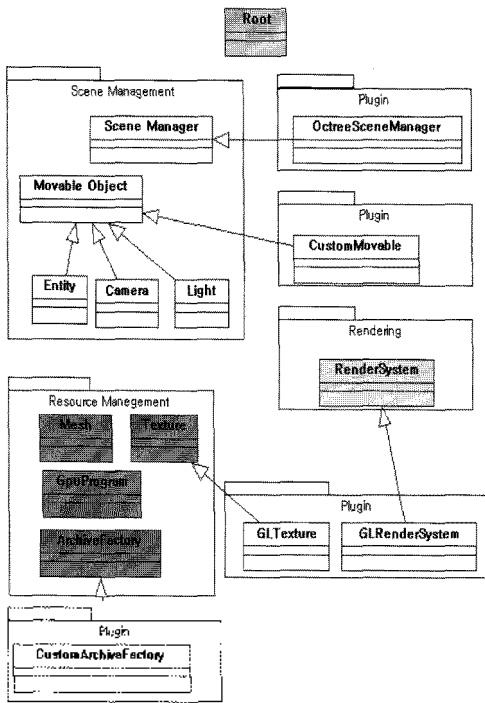


Fig. 8. UML Diagram for OGRE 3D's Class.

애드온으로 다른 장면 관리자도 사용할 수 있게 구성이 되어져 있다. Entity는 장면에 렌더링 할 수 있는 물체의 한 종류이다. 쉽게 말하자면 트랜스포터는 Entity라고 보면 된다. 하지만 광원이나 카메라 등은 Entity에 속하지 않는다. SceneNode는 자신에게 붙여진 모든 물체들의 위치와 방향을 관리하며 이 클래스가 있기 전까지는 렌더링이 되지 않는다. 또한 클래스를 생성하고 Entity를 붙여야만 화면에 보이게 된다. 또한 OGRE는 Light, Shadow, Viewport 등의 생성자를 다양하게 사용할 수 있다.

4. 트랜스포터 U-Manual 개발

특수 차량의 경우 운용 교육 시 사수의 경험에 의한 도제형식의 교육이 이루어지고 있으며 이는 제품 생산의 실패를 가져올 수 있는 중요한 원인이 되고 있다. 또한 비전문적인 운전자에게 운용에 필요한 전문적인 기술 매뉴얼을 효과적으로 전달 및 교육 할 수 있는 시스템에 대한 연구를 하였다. 그로 인해 증강현실 기반의 Interactive한 교육 시스템은 비전문가에게 전문적인 행위를 할 수 있도록 지원하는 효과적인 방안이 될 수 있으며 이것은 제품의 지속가능성을 저해하는 전문 인력의 부족에 따른 제품생산의 실패 요소

를 줄일 수 있는 효과적인 방안이 될 수 있을 것이라 판단된다. 본 장에서는 구체적인 매뉴얼 시스템의 구성 및 구현 과정과 시나리오에 대해 기술하고자 한다.

4.1 시스템 구성 및 구현 과정

Fig. 9의 시스템 구성에서 보는 것과 같이 교육자는 기존의 매뉴얼 책자를 카메라를 통하여 실제 영상을 입력 받아 마커의 패턴을 추론하여 3D 트랜스포터의 모델링을 가시화시켰다. 기존의 증강현실 모듈인 ARToolkit으로 교육자의 입력과 시나리오에 따라 모델이 움직이게 된다. 그리고 OGRE 3D라는 게임 엔진을 사용하여 보다 원활한 렌더링이 가능하도록 개선했다. 교육자는 키보드와 마우스를 통해 트랜스포터의 운전 방향과 각 요소별 부품의 사양을 확인할 수 있다.

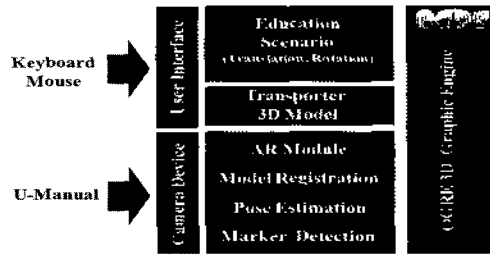


Fig. 9. Composition of U-Manual System.

4.2 시스템 구현 과정

본 절에서는 U-Manual의 구현 과정을 단계적으로 설명하고자 한다. 초기 교육자에게 현실감과 몰입감을 주기 위해 3D 모델링 후 사상과정을 거친 후 각각의 모드에 따라 다중 애니메이션을 구성한다. 다음 단계로 3D 모델은 WRL3 3DS 파일형식으로 되어 있다. 이것을 OGRE EXPORTER를 통해 mesh파일 형태로 변환을 한다. 생성된 mesh파일은 기존의 OGRE에 적용하여 사상여부와 광원, 모델링, 그림자 등을 확인한다. 마지막으로 생성된 파일을 AR환경의 프로젝트에 적용하여 마커에 증강시킨 후 터치스크린을 조작하여 교육자가 원하는 모드에 따라 트랜스포터의 움직이는 방향을 쉽게 이해 할 수 있다.

4.3 터치 패널 조작에 따른 트랜스포터 운전모드

마커를 통해 증강된 버튼 이미지와 관련된 트랜스포터의 운전 모드는 보통의 자동차처럼 핸들이 아닌 터치 패널과 조향 핸들을 복합적으로 같이 사용한다.

또한 144개의 바퀴를 장착하여 운송이 되기 때문에 운전 모드에 따라 움직이는 궤적이 다르기 때문에 블록 운반 시 그 상황에 맞는 운전 모드를 택하여 운전을 해야 한다. Fig. 10은 터치 패널의 모드별 버튼을 나타낸다. 각각의 운전 모드는 간단한 그림으로 표현이 되어 있다. Table 2는 모드별 운전방향의 움직임에 대한 설명이다. 일반적으로 매뉴얼 책자를 보면 교육자가 운전 방향을 이해하기가 어렵게 표현이 되어 있다. 기존의 교육 시 운전방향에 대한 정보나 이해도가 떨어지는 경우가 많다. 이에 실제 환경에 쓰이는 패널을 사용하여 교육자의 이해도를 높이고자 하였다.

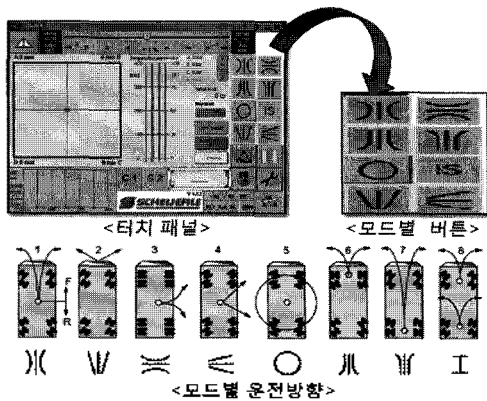


Fig. 10. Transporter Operate Touch Screen Manual.

Table 2. Kind and Explanation of Transformer porter operation mode

번호	조향 프로그램	서술
1	일반운전	조향대가 차량의 중심에 있음
2	대각선 일반운전	세로 액슬의 조향각
3	가로운전	조향대가 차량의 바깥 방향에 있음
4	대각선 가로운전	세로 조향각이 가로 조향 액슬과 대각선으로 놓임
5	회전운전	조향 중심이 차량의 중심에 있음
6	앞으로 일반운전	조향대가 차량의 앞에 놓임
7	뒤로 일반운전	조향대가 차량의 뒤에 놓임

5. U-Manual 적용 결과

선체 블록 및 대형 기자재의 운반을 위하여 트랜스포터가 사용되지만 현재 국내에서는 트랜스포터 운전자를 위한 체계적인 교육 시스템이나 자격 여부를 가늠할 수 있는 기준이 없는 실정이다. 따라서 트랜스포터 운전자를 위한 증강현실 기반의 교육용 매뉴얼 프

로토타입을 통하여 트랜스포터 운용 교육 분체점의 해결 가능성을 보여주었다. Fig. 11은 직접 U-Manual을 적용하여 트랜스포터를 증강시킨 영상이다. 사용자는 웹캠을 마커에 비추서 모니터를 통해 3D 트랜스포터를 증강시킨 영상을 확인할 수 있다. 또한 사용자는 모니터 오른쪽상단의 패널을 마우스로 클릭하여 트랜스포터의 운전 방향표시 및 움직임을 애니메이션을 통해 쉽게 확인을 할 수 있다. 마커의 경우 매뉴얼에 마커를 넣어 사용자가 매뉴얼을 보면서 학습할 때 마커를 통해 객체를 증강시키고 사용자와의 인터페이스 측면을 고려하여 체험형 교육에 적합한 Interactive Manual을 구현할 수 있었다.

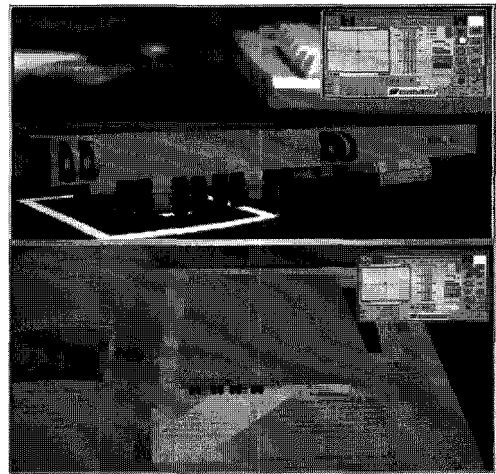


Fig. 11. Resort of U-Manual Implementation.

6. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문에서는 증강현실 기술을 활용하여 교육자가 쉽게 이해할 수 있도록 트랜스포터 운용 시 기존의 매뉴얼 책자가 아닌 증강현실을 이용한 U-Manual을 통해 양방향 인터페이스를 갖춘 운용 매뉴얼을 구축하였다. 현재의 트랜스포터 운용 교육의 단점을 개선하여 교육자로 하여금 운전방향에 대한 이해도를 높이고 트랜스포터의 각 파트별 스펙을 인지하여 정비 시 신속 정확한 유지보수의 수행이 가능케 하였다. 현실감의 향상과 원활한 가시화를 위하여 OGRE 3D라는 게임엔진을 사용하여 사용자와의 Interaction과 Interface 및 시나리오를 활용하여 몰입감과 이해도 향상에 도움이 될 수 있을 것이라 판단된다. 이러한 U-Manual은 기술적 난이도가 높은 교육 시에 좀 더 높은 교육적 효과를 가져 올 수 있을 것이고 이에

따라 전문 인력의 수급에 도움이 될 것이라고 기대된다. 보다 정확한 U-Manual의 효과를 검증하기 위해 12명의 학생과 2명의 엔지니어를 대상으로 평가를 수행하였다. Fig. 12는 증강현실기반의 U-Manual시스템과 매뉴얼 책자 습득하는 두 가지 방식으로 같은 상황에서 시간을 측정한 것으로 증강현실기반의 매뉴얼에서 습득하는데 시간이 매뉴얼 책자를 습득하는 시간보다 3배 이상 단축되었으며 특히 평가 집단에서의 결과를 바탕으로 편차 및 정규분포의 결과가 상당히 우수하게 측정이 되었다. 이것은 증강현실 환경에서의 교육자의 이해도 향상 및 개개인의 능력 차이에 따른 의존성이 보다 낮다는 것을 의미한다. 즉, 정보전달 측면에서 증강현실 기반 교육시스템이 효과적인 결과를 가져 올수 있다는 것을 확인할 수 있다. 향후 연구로는 교육에 필요한 시나리오를 구성한 후 트랜스포터 직접 체험형 교육을 구축하여 교육자가 HMD(Head Mounted Display)를 이용하여 트랜스포터를 직접 눈앞에 보면서 시나리오에 따라 정비하고 운용할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

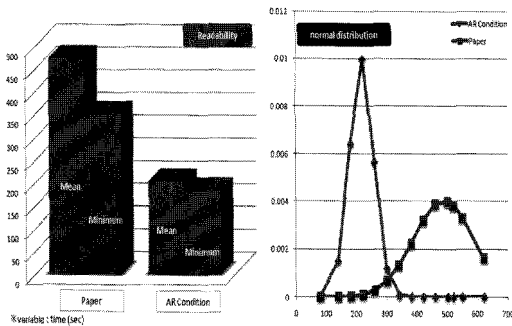


Fig. 12. Readability measurement and normal distribution.

감사의 글

본 논문은 2007년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-331-D00558).

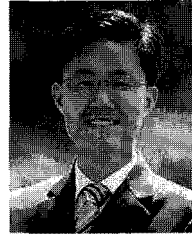
참고문헌

1. 이종환, 한순홍, 천상우, “공장 배치 계획에서 혼합 현실의 적용을 위한 안전표시판 인식”, 2008 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp. 150-158, 2008.
2. 박홍석, 최홍원, “조립 시스템 제어프로그램 생성을 위한 AR기술”, CAD & Graphics, pp. 156-158, 2008.
3. Dr. Klaus Bengler, Robert Passaro, “Augmented Reality in Cars”, BMW Group.
4. Brain Anatomy Tutor, <http://www.ict.csiro.au/>
5. 김동근, “리프트 트랜스포터 운전자를 위한 증강현실 응용 시스템에 관한 연구”, 석사학위 논문, 인하대학교, 2009.
6. 한국 교육학술 정보원, “KERIS 이슈리포트: 증강현실 기반 체험형 학습 모델 해외 연구 동향”, 2008.
7. 이성호, 이정민, 김동근, 한영수, 이재준, “제품의 유지보수를 위한 시각 기반 증강현실 기술 개발”, CAD/CAM, Vol. 13, No. 4, pp. 265-272, 2008.
8. ARToolkit, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
9. Daniel Wagner and Dieter Schmalstieg, “ARToolkitPlus for Pose Tracking on Mobile Devices”, Computer Vision Winter Workshop 2007, 2007.
10. Autodesk, <http://usa.autodesk.com/>
11. Direct X, <http://www.microsoft.com/>
12. Open GL, <http://www.opengl.org/>
13. 한정현, “게임엔진: 렌더링”, 한국 CAD/CAM 학회지, 제10권, 제2호, pp.31-33, 2004.
14. OGRE, <http://www.ogre3d.org/>



김 충 현

2009년 한국산업기술대학교 메카트로닉스공학과 학사
 2009년~현재 인하대학교 조선해양 공학과 석사과정
 관심분야: Ubiquitous, Augmented Reality, Data Mining, Design for safety



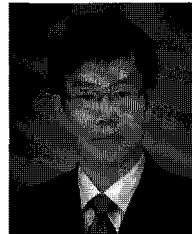
이 경 호

1988년 서울대학교 조선해양공학과 학사
 1990년 서울대학교 조선해양공학과 석사
 1998년 서울대학교 조선해양공학과 박사
 1990년~2003년 한국해양연구원 선임연구원
 2002년~2003년 University of Maryland Visiting Researcher
 2003년~현재 인하대학교 선박해양공학과 부교수
 관심분야: Artificial Intelligence in Design, Simulation-Based Design, Data Mining, Evolutionary Computation, Ubiquitous, Augmented Reality, PLM



한 은 정

2002년 신라대학교 국어국문학과 학사
 2005년 동서대학교 소프트웨어학과 석사
 2007년 숭실대학교 미디어학과 박사
 2007년~2008년 University of British Columbia Post-doc.
 2008년~현재 인하대학교 조선해양공학과 BK21 연구교수
 관심분야: Computer Vision, Image Processing, Augmented Reality, Ontology, HCI, Mobile Content, Image Recognition, IT 조선 융합



이 정 민

2008년 인하대학교 조선해양공학과 학사
 2010년 인하대학교 조선해양공학과 석사
 2010년~현재 인하대학교 조선해양공학과 박사과정
 관심분야: Ubiquitous, Augmented Reality, PLM, Data Mining, Design for safety