

증강현실 기반 안전관리 시스템 사용자 인터페이스 구축에 관한 연구

최정민*, 고성화, 김윤정, 옥종호

*서울산업대학교 건축공학과

e-mail:cjm8230@snut.ac.kr, ockjh@snut.ac.kr

A Study on the Development of the Safety Management System User Interface of the Augmented Reality

Jeong-Min Choi*, Seong-Hwa Ko, Yun-Jeong Kim, and Jong-Ho Ock

*Dept of Construction Engineering, Seoul National University of Technology

요 약

최근 건설프로젝트가 대형화 복잡화됨에 따라 건설산업의 안전사고 재해자수는 매년 증가추세를 보이고 있다. 각 건설사에서 개발되어 활용하고 있는 건설안전관리시스템의 형식적인 운용과 참여자들에게 시각적인 자료 제공의 미비로 이해도가 떨어지는 시스템을 사용하고 있는 것이 주요 원인으로 분석된다. 따라서 최근 부각되어지는 증강현실시스템(Augmented Reality, AR)을 이용하여 실제 현장과 동일한 환경에서 시각화된 3D시뮬레이션을 통하여 사용자 이해도와 현장감을 높일 수 있는 시스템 개발이 요구되어진다. 본 연구에서는 건설안전관리 시스템의 효율적인 의사소통 지원이 가능하도록 개선된 시각화 기술을 적용하여 “증강현실 기반 안전관리시스템”의 인터페이스 구성을 제안하였다. 이를 위해 건설안전관리의 이론적 고찰과 시스템을 분석하고, 시각화 개선을 위한 증강현실시스템을 분석하였다. 이를 통해 도출된 시각화 화면 구성요소를 조합하여 “증강현실기반 안전관리시스템의 안전대책 시뮬레이션 VIEW”를 제안하였다.

1. 서론

1.1. 연구배경 및 목적

최근 발표되는 전체산업의 안전사고 재해자수를 살펴보면 2007년 8,202명, 2008년 6,942명에서 나타나는 듯이 매년 감소 추세를 보이고 있으나, 건설업의 안전사고 재해자 수를 살펴보면 2006년 14,362명, 2007년 19,050명, 2008년 20,473명으로 오히려 증가되고 있으며, 전년 동기 대비 재해자는 7.5%(1,423명), 사망자수는 6.2%(39명) 증가를 보이고 있다.¹⁾ 이처럼 최근 건설 프로젝트가 대형화, 복잡화됨에 따라 사망 등 중대재해의 비율은 오히려 증가하고 있는 실정이다.

시공능력에서 국내건설업체들은 선진국과 어깨를 나란히 할 정도로 치열한 경쟁대열에 올라가 공사입찰에 참여하고 있는 실정인데 반하여, 재해발생 유형을 보면 추락, 낙하, 등의 사용자 부주의와 안전불감증 등 재래형 재해가 비중을 가장 크게 차지하고 있다.²⁾

이러한 재래형 안전사고를 예방하기 위해서는 무엇보다도 안전관리에 대한 교육이 각 참여자들에게 체계적으로 이루어져야 하나 작업에 대한 안전관리의식은 아직도 전근대적인 범주를 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 또한 대형 현장의 경우 일률적인 교육을 실시하고 실제 참여자들의 이해도가 낮은 교육이 이루어지고 있어 많은 문제점이 야기되고 있다.

1) 해빙기안전보건 가이드라인, 한국산업안전보건공단, 2009.02

2) 채준석, 안전관리기법에 관한 실증적연구, 안전경영과학회, 2000. 03

소규모 현장의 경우에는 이러한 안전교육조차 제대로 이루어 지지 않아 사고의 위험에 더 크게 노출되어 있다.

국내의 건설현장 안전관리의 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째 각 참여자들의 안전교육을 위해서는 교육을 주관하는 관리자가 각 직종별 작업의 전 과정을 이해하고 교육에 임하여야 하나, 이런 이론과 실습을 병행할 수 있는 인력이 거의 없는 실정이다. 두 번째 원인으로 불안정행동을 예방할 수 있는 각 직종에 대한 자료나 교재도 전무한 실정이다. 세 번째로 안전교육내용을 살펴보면 교육자체를 간소화시키거나 형식적으로 하는 관행이 만연되어있고, 네 번째로 원도급자가 하도급 작업과정과 방법을 모르는 상태에서 안전교육의 진행이 이루어지고 있다.³⁾

안전관리교육의 실효성을 높이기 위한 일환으로 각 참여자들과 안전관리 교육을 듣는 사람들로 하여금 이해도를 획기적으로 높이고 현장감과 현실감을 극대화 할 수 있는 새로운 시각화된 기술과 접목된 안전관리 시스템이 요구되어지고 있다. 또한 교육수준과 인지능력이 떨어지는 현장 작업자들에게 안전교육을 효과적으로 전달하기 위해서는 그들에게 익숙하고 현장감이 있는 별도의 학습과정이 필요로 하게 된다.

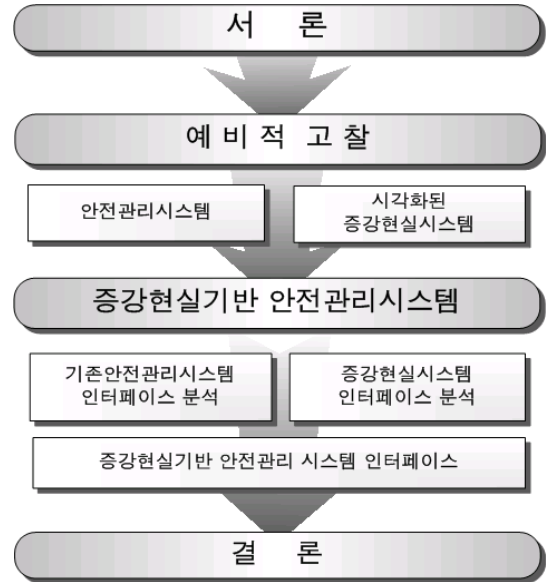
이를 위해 건설안전관리시스템에 시각화기술적응, 증강현실시스템 적용기법을 이용하여 대응책을 연구한다. 연구의 목적은 시각화 기술을 활용하여 공간에 따른 안전리스크를 시각화하여 전달함으로써 관리자의 안전관리 활동 지원 및 근로자들의 안전교육을 효율적으로 수행할 수 있도록 개선하기 위함이다.⁴⁾

1.2. 연구 범위 및 방법

본 연구는 증강현실기반 안전관리시스템에 관한 연구가 초기 단계임을 감안하여 시작 단계로서 기존의 안전관리시스템 사용자 화면 인터페이스를 분석하여 새로운 시각화된 화면 인터페이스 구성을 제안하는 것을 연구범위로 선정하였다.

이를 위해 본 연구의 진행과정을 살펴보면 우선 증강현실 기술에 대하여 분석하고 본 연구에 적용할 안전관리시스템을 분석한다. 증강현실의 시각화기술 인터페이스 구성과 안전관리시스템의 사용자 인터페

이스 분석을 통하여 시각화 기술의 적용방안을 모색한 후, 최종적으로 증강현실 기반 안전관리 시스템의 사용자 화면 인터페이스 구성을 제안하는 것으로 본 연구를 진행한다. 다음 그림 1은 연구방법을 도식화 한 것이다.



[그림 1] 연구방법

2. 건설 안전관리시스템

2.1. 건설 안전관리 시스템 개요

건설현장의 안전관리는 재해를 예방하여 근로자를 각종 위험으로부터 보호하는 한편, 시공자나 건축주의 경제적 손실을 억제하며, 공정의 순조로운 진행과 간접적인 건설경비를 관장하는 예방공학인 것이다. 이와 같은 목적으로 안전관리의 주요항목으로는 크게 네 가지 범주로 분류해 볼 수 있다.⁵⁾

[표 1] 안전관리 주요항목

분류	내용
안전 교육시스템	안전재해 예방을 목적으로 이루어지는 교육 처음 해당현장에 나온 노무자들에게 실시 됨
안전 조회 및 체조	현장 안전 관리자의 주관 하에 매일 이루어짐.
Checklist Checksheet	노무자들의 안전한 현장작업을 목적으로 함 현장의 장비 및 여러 가지 상황을 체크
안전 장비	현장에서 작업 중 착용하게 되는 안전장비를 말함.

건설회사 안전관리시스템을 보면 인명존중을 통한 회사이미지 제고와 수주경쟁력 확보, 근로자 참여유

3) 채준석, 안전관리 기법에 관한 실증적 연구, 안전경영과학회, 2000. 03
4) 김현수, 증강현실을 통한 안전관리에 관한 연구, 건설관리학회, 2007.10

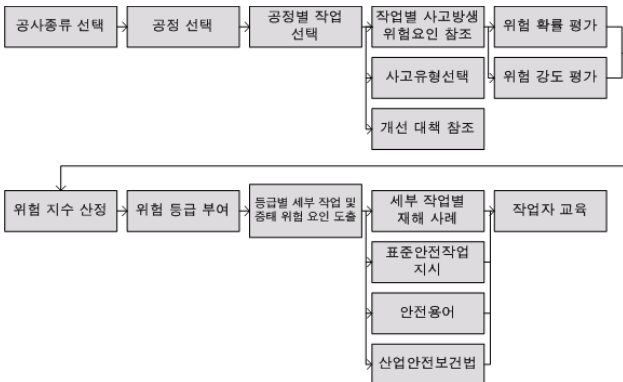
5) 이광표, 시각화 기술을 이용한 안전관리 방법제안, 건설관리학회, 2008.11

도를 목적으로 구축되었다. 다음 그림은 건설회사 안전관리시스템 화면을 나타내고 있다.



[그림 2] OO 건설 안전관리시스템

구축된 시스템의 프로세스를 살펴보면 그림 3에서처럼 공사종류선택, 공정선택, 공정별 작업선택을 하게 된다. 작업별 위험 요인과 위험 강도를 산출하고 위험성 평가방법을 선택한다. 위험이 높은 작업을 수행하기 전에는 해당 작업자에게 관련 사항을 주시킴으로써 사고 발생을 미연에 방지할 수 있는 기능을 제공한다.



[그림 3] 안전관리시스템 작업프로세스

이러한 일련의 작업과정을 거쳐 작업자들에게 표준안전 작업지시와 작업자 교육을 통하여 안전사고 예방을 위한 활동을 전개해 나간다.

2.2. 기존 건설 안전관리의 문제점

앞서 구분한 안전관리 주요 항목별로 기존환경에서의 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 첫 번째로 안전교육시스템의 경우 기본적인 사항만 숙지하고 예방보다는 사후 대책을 위해 이루어지는 소극적인 안전관리대책으로 그치고 있는 실정이다. 작업자들의 현장감 있는 교육이 이루어져야 하나 미진한 실정이다. 두 번째로 안전조치 및 제조 항목에서는 재해

상황에 대한 대책이라기보다는 노무자들의 몸상태를 확인하는 소극적인 대책을 보이는 등 형식적인 행사에 그치고 있다. 일일작업 전에 현장상황에 맞는 주요 안전관리 항목을 노무자들에게 인식시킬 수 있어야 한다. 세 번째로 Check List와 Check Sheet의 경우 보여주기 위한 사항으로 그칠 수 있다. 또한 노무자들의 안전이 우선이라기보다는 구조물의 문제점을 체크하는 상황으로 변질되고 있는 실정이다. 단순히 문서와 2D로 작성된 이미지만으로 변화되는 현장상황을 이해하기에는 한계가 따른다. 네 번째로 안전장비의 경우 보호구에 대한 필요성을 관리자와 노무자 모두의 인지부족으로 인하여 많은 문제가 발생하고 있다. 또한 재해의 상황이 바뀌고 있음에도 불구하고 장비의 발전은 미비한 상황이다. 참여자들 모두에게 안전장비 미착용의 위험성을 시각적으로 확인시켜 안전장비착용의 필요성을 인식시킬 수 있어야 한다.

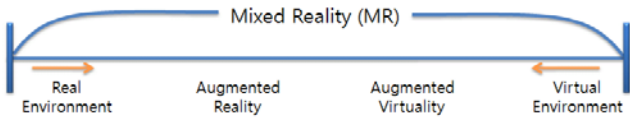
결국 이러한 문제들은 참여자들에게 현실감있는 3D 시뮬레이션자료의 공유를 통한 개선이 이루어져야 한다.

3. 증강현실 시스템

3.1. 증강현실 시스템 개요

본 연구에서 기존의 안전관리시스템에 시각화 된 기술의 적용을 위해서 증강현실⁶⁾ (Augmented Reality, AR) 기술을 더하고자 한다. 증강현실은 현실세계와 흡사한 가상공간 내에서 사용자가 몰입하여 가상의 환경이나 물체를 조작하는 가상현실과는 달리 현실과 가상환경이 결합된 환경을 일컫는다.⁷⁾ 현실세계에 가상의 물체가 중첩되어 실시간으로 가상의 물체를 탐색할 수 있다는 장점을 가진다. 아래의 그림 3은 (Milgram and Kishino, 1994) 혼합현실 (Mixed Reality, MR) 내에서 증강현실의 개념적 위치를 잘 설명해 주고 있다.

6) 현실 환경을 기반으로 컴퓨터에서 생성한 가상의 객체정보를 부가함으로써 보다 향상된 몰입감을 제공하고 현실세계에 대한 사용자의 인식을 향상시키는 기술을 일컫음. 사용자가 눈으로 보는 현실 세계와 부가정보(3D/4D 모델)를 갖는 가상세계를 합쳐 하나의 영상으로 보여주는 가상현실의 하나임.
7) 박소영, 건물정보 통합 데이터베이스와 증강현실기술을 이용한 건물정보 탐색에 관한 연구, 2004.10

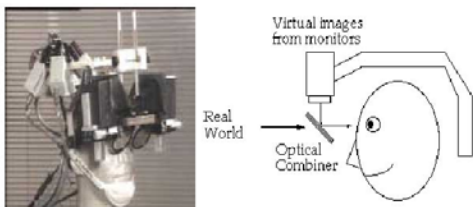


[그림 4] Milgram의 Reality-Virtuality Continuum(그림 만들기)

연속선 위에서 오른쪽 끝(virtuality)은 우리가 잘 알고 있는 가상 환경이며 이것은 완전히 창조된 공간이다. 왼쪽 끝(reality)은 그것에 대비되는 현실 환경이다. 그리고 이 두 개의 끝점 사이에는 가상 환경과 현실 환경이 혼합된 증강가상(augmented virtuality: AV)과 증강현실(augmented reality:AR)이 있다. 증강가상은 가상 환경을 기반으로 실제 세계의 영상 또는 정보가 부분적으로 더해지는 것이며 증강현실은 현실 환경을 기반으로 가상의 영상 또는 정보가 부분적으로 부가되는 것이다. 8)

3.2. 증강현실 시스템 종류

증강현실시스템의 종류로는 크게 HMD장비를 활용한 시스템과 데스크탑 증강현실시스템으로 나눌 수 있다. HMD 증강시스템의 경우 특수한 디스플레이 장치가 필요하며, 이를 See Through Head Mounted Display(HMD)라고 일컫는다. HMD는 머리에 쓰는 안경과 비슷한 디스플레이 장치로 이루어졌다. 그림 4는 장비의 구성을 보여주고 있다.



[그림 5] See through HMD를 이용한 증강현실

바깥 세계를 직접적으로 볼 수 없는 HMD를 사용하고, 바깥 세계로부터의 영상은 카메라를 눈 주위에 붙여 사용자의 시점의 영상을 얻게 된다. 이 장비의 특징은 모든 정합⁹⁾이 정확히 이루어졌고, 실시간으로 동작하며, 1인칭 시점을 갖고 있다. 이러한 방법은 더 나아가, 바깥 세계의 영상을 비디

8) Milgram. p, Kishino. K, A taxonomy of mixed reality visual display, IEICE Special issue on Networked Reality, 1994
 9) 실제환경과 가상환경을 융합하는 과정을 정합이라고 한다. 종합에는 기하학적 좌표들이 일치하도록 하는 기하학적 정합, 광학적 성질들이 일치되도록 하는 광학적 정합, 사용자 시점의 변화 등으로 발생하는 시간차를 해결하는 시간적 정합이 있으며 그 외에도 지각되는 감각을 일치시키려 하는 감각적 정합이 있다.

오로 얻어 내기 때문에, 컴퓨터 비전기술을 이용하여 좀 더 정확히 가상 객체를 원하는 위치에 정확히 위치시켜 보여 줄 수 있다.

데스크탑 증강현실시스템의 경우 카메라를 사용하게 되면 디스플레이 장치의 이용도 불편하고 비용도 만만치 않은 HMD를 사용하지 않아도 된다. 그림 6의 오른쪽에 보여지는 것처럼, 보통의 모니터에서 카메라 영상과 컴퓨터 그래픽 가상 객체를 합성한 것을 사용자에게 보여 줄 수도 있다. 그러나 이때 보는 방향이나 지점과 상호작용 하는 지점이 달라서 사용성이 떨어질 우려가 있다. 이러한 형태의 증강현실 시스템을 소위 증강현실이라고 부르며, 이의 변형으로 작고 손에 들 수 있는 PDA AR, 큰 projection 화면을 이용하는 projection based AR 등도 있다.



[그림 6] 모니터와 카메라를 이용한 증강현실 시스템

4. 증강현실기반 안전관리시스템

4.1. 기존 안전관리 시스템 인터페이스

건설 안전관리시스템의 전체적인 화면 구성을 살펴보면 그림 7과 같이 메인화면, 위험성평가(위험성평가관리·위험성평가일반), 재해사례, 표준안전작업지침(건축/주택·토목·플랜트), 안전용어, 안전관련법규(법·시행령·시행규칙·규칙), 사용자관리, 게시판관리, 기타메뉴 등으로 구성되어 있다.



[그림 7] OO건설 안전관리시스템 메인화면

안전관리 주요업무중 하나인 일일안전작업 계획서 작성과정을 살펴보면 협력업체 안전담당 또는 현장소장이 작성하여 담당기사가 공사총괄 공정 및 안전 작업을 지시한다. 다음으로 안전 관리자가 안전 작업지시 및 취합보고를 하고 현장소장의 승인을 받는 순서로 하여 일일 작업일지가 완성된다.

[그림 8] OO 건설 일일 안전작업계획서

완성된 안전관리시스템의 화면 구성을 살펴보면 8에서처럼 위험요인과 안전대책들이 문서화되어 나열되어 있어 실제 작업자가 이해하기에 어려운 점이 따른다. 현장상황 묘사도의 경우 그림으로 그려진 2D적인 요소로 작성되어 있어 현장감이 떨어진다.

조치사항의 경우 안전관리자와 현장기사에 의해 안전조치를 취해야 한다. 확인절차가 필요한 경우

조치 전, 후 현장 사진을 첨부하여 지적사항 및 조치 결과를 확인한다. 이런 일련의 과정은 협력업체 안전담당자나 현장소장을 통해 지적사항이 통보되고 그에 따른 시정조치가 이루어진다.

하지만 이 역시 현장상황을 2차원적인 형식으로 표현하기 때문에 건축현장의 구체적인 조치결과를 확인하는데 한계를 가진다.

4.2. 증강현실 기반 안전관리 시스템 인터페이스

인터페이스 디자인은 사용자가 사용하기 쉽게 사용할 수 있는 화면 구성을 말한다. 즉, 사용자들이 필요한 정보를 빠르고 신속하게 흡수할 수 있도록, 시각적인 그래픽 환경을 만들어야 한다. 본 연구에서 계획하고 있는 건설안전관리시스템의 사용자 인터페이스는 그림 9와 같다.

현장의 안전 관리자와 노무자들은 별도의 공간에서 관리시스템 화면을 통해 공정상황, 위험요인 등을 확인할 수 있다. 안전 관리자는 실시간으로 업데이트 되는 현장 내의 위험상황을 한 눈에 체크할 수 있게 되고, 작업자들의 위치와 비교하여 경고 및 대책을 실행할 수 있다.

본 연구에서 제안한 증강현실기반 안전관리시스템의 화면은 크게 두 개로 분할되어 있다. 화면의 좌측부분은 위험 요인에 대한 정보가 표시되고, 우측 부분은 증강현실이 적용된 화면의 안전대책 시뮬레이션이 표시되게 된다.. 또한 사용자들은 각 화면에 위험요인체크 버튼을 이용하여 공사현장의 안전저해 요소에 대한 정보를 얻을 수 있으며, 여기에는



[그림 9] 증강현실 기반 안전관리시스템 인터페이스

시스템에서 평가된 위험 강도와 등급에 따라 작업장의 시뮬레이션 정보가 나오게 된다. 그리고 예상 작업인원의 배치와 작업반경 설정을 통하여 작업자의 위험 노출정도를 확인할 수 있다.

시스템의 화면은 일반업무, 안전교육, 안전관리로 3가지 구성요소가 표시되어 진다. 첫 번째 일반업무 구성요소로는 안전관련 법규, 안전용어, 표준안전작업지침, 작업일보와 각종 서식 등으로 기존의 2D의 화면을 그대로 사용하여 하단에 표현된다. 두 번째로 안전교육 구성요소의 화면 배치를 살펴보면 안전교육계획과 일일작업교육계획으로 일종의 안전교육의 맵으로서 사전교육 실시의 기반이 된다. 이 요소들은 화면의 우측에 배치된다. 세 번째로 안전관리는 구성요소는 안전작업계획서 및 회의, 주간안전작업계획서, 안전점검 check list, 안전점검 내역사진으로 구성된다. 이는 안전계획단계에서 고려되어 진 것과 시공후의 안전관리에 대한 미래의 위험도를 파악하고 건설현장의 유동성을 수용할 수 있도록 하는 것이다.

본 연구에서 제안된 사용자 인터페이스를 살펴보면 사용자가 안전관리에 필요한 정보를 시공 전에 증강현실을 통해 시각적으로 확인함으로써 이해도를 높이고, 외부의 위험요인들을 가했을 때, 발생할 수 있는 안전사고에 대해 미리 예측 및 대응방법을 알 수 있게 된다.

5. 결론

본 연구에서는 건설안전관리 시스템의 효율적인 의사소통 지원이 가능하도록 개선된 시각화 기술을 적용하여 “증강현실 기반 안전관리시스템”의 인터페이스 구성을 제안하였다. 이를 위해 건설안전관리의 이론적 고찰과 안전관리시스템을 분석하고, 시스템의 시각화 개선을 위한 증강현실시스템을 분석하였다. 도출된 시각화 화면 구성요소를 조합하여 “증강현실기반 안전관리시스템의 안전대책 시뮬레이션 VIEW”를 제안하였다.

이 연구를 통해 도출된 결과는 다음과 같다.

- (1) 건설 안전관리 주요항목을 분석한 결과 안전교육 이해도를 높일 수 있는 시각화된 자료의 미비로 교육의 실효성이 떨어지고 있다고 판단되었다.
- (2) 국내외 문헌 고찰 결과 증강현실기반을 이용하는 산업의 경우 주교 게임산업이나 제조업에서

활용되고 있다고 조사되었다. 본 논문에서는 건축공사를 대상으로 연구의 범위를 확장하고 안전관리시스템의 시각화자료의 개선방안을 제시하기 위해 인터페이스 모델을 제안하였다.

증강현실기반의 안전관리시스템 인터페이스 모델은 건설안전관리의 시각화 기술의 개선함으로써 안전관리자의 효율적인 안전관련 의사결정을 지원하고 노무자에게는 이해도를 증가시켜 건설산업 중대재해율을 감소시키는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 해빙기안전보건가이드라인, 한국산업안전보건공단, 2009.02
- [2] 김현수, 증강 현실 적용을 통한 안전관리에 관한 연구, 한국건설관리학회 2008학술발표대회, 2007.10
- [3] 채준석, 안전관리 기법에 관한 실증적 연구, 안전경영과학회, 2000
- [4] 변재형, 증강현실을 활용한 사용자참여 디자인 방법에 관한 연구, 실내디자인학회, 2003.03
- [5] 이광표, 시각화 기술을 이용한 안전관리 방법 제안, 한국건설관리학회, 2008.11
- [6] VRD시각인터페이스의 상대적 평가를 위한 연구
- [7] 박종근, 빌딩공사의 안전관리정보시스템 개발, 안전학회, 2005
- [8] 김영수, 건설사업관리 안전관리 정보시스템 개발, 안전학회, 2004
- [9] 안혜리, 증강현실 기술을 활용한 미술교육, 미술교육논총, 2006
- [10] 박소영, 건물정보 통합 데이터베이스와 증강현실기술을 이용한 건물정보 탐색에 관한 연구, 2004.10
- [11] 이경호, 해양장비 운용 및 교육을 위한 증강현실 시스템 개발, 2008.5
- [12] Milgram. p, Kishino. K, A taxonomy of mixed reality visual display, IEICE Special issue on Networked Reality, 1994