

# 건설업계에 Augmented Reality(증강현실) 적용을 위한 기초 연구

## A Basic Study to Apply Augmented Reality on Construction Industry

장 병 철\* · 전 영 준\*\* · 박 은 수\*\*\* · 이 태 식\*\*\*\*  
Byung Chul Chang · Young Joon Jun · Eun Soo Park · Tai Sik Lee

### 요 약

지난 수십 년 동안 컴퓨터와 정보기술의 발달로 가상현실 (Virtual Reality) 을 이용한 시스템이 활발히 연구되었다. 가상현실은 건설관리 업역에서도 이용되는데 건설공정을 시각화 할 수 있으며 건설 환경 및 자원을 고려한 시뮬레이션을 통해 프로젝트 및 건설관리에 많은 도움을 준다. 그러나 가상현실은 모든 것을 컴퓨터 그래픽으로 표현함으로써 실제 세계와 같은 현실감을 표현하는 데에는 어려움이 있다. 따라서 현실세계와 가상의 세계를 혼합하여 표현하는 Mixed Reality 가 대두되고 있으며 이 중에서도 현실세계에 무게를 둔 증강현실 (Augmented Reality) 에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

본 연구를 통해 국내 건설업계에 Augmented Reality를 소개하고자 하였으며 해외 연구사례 및 동향을 분석하여 국내 건설업에 Augmented Reality를 적용할 수 있는 방안을 모색하였다. 마지막으로 제안된 방안의 실현을 위한 지속적인 연구가 요구되는데 이를 위해 향후 연구 전략을 수립하였다.

키워드: Mixed Reality, Augmented Reality, 증강현실, 자동화

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

지난 수십 년 동안 컴퓨터와 정보기술의 발달로 가상현실 (Virtual Reality) 을 이용한 시스템이 활발히 연구되었다. 가상현실은 건설관리 업역에서도 이용되는데 건설 공정의 시각화, 건설장비의 효율적인 운용방안을 위한 시뮬레이션, 안전관리를 위한 가상현실의 이용, 가상현실을 이용한 모델하우스, 그리고 웹 기반의 현장 검토 등이 있다. 이러한 방법들은 건설공정을 시각화 할 수 있으며 건설 환경 및 자원을 고려한 시뮬레이션을 통해 프로젝트 및 건설관리에 많은 도움을 준다. 그러나 가상현실은 모든 것을 컴퓨터 그래픽으로 표현함으로써 실제 세계와 같은 현실감을 표현하는 데에는 어려움이 있다. 따라서 현실세계와 가상의 세계를 혼합하여 표현하는 Mixed Reality 가 대두되고 있으며 이 중에서도 보다 현실세계에 기반을 둔 증강현실

(Augmented Reality) 이 건설 산업에 적합하여 많은 연구가 이루어지고 있다. 증강현실은 가상현실 기술의 확장판으로써 컴퓨터를 이용해 만든 정보들을 사용자가 실제로 바라보는 현실세계에 투영하여 볼 수 있도록 한다. 이에 따라 건설 중인 현장에서 완공된 구조물을 미리 볼 수 있으며 도로 공사 시 지하매설물의 종류와 위치를 굴착을 하지 않고 확인할 수 있다.

본 연구의 목적은 우리나라 건설업계에 증강현실과 관련된 연구가 활성화 되지 않았기에 이와 관련된 기술의 개요 및 연구 동향을 살펴보고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 국내 건설업계에서 생소한 Augmented Reality를 소개하고자 한다. 기본적인 개념은 Augmented Reality 전반에 걸쳐 조사하였으며 해외 연구사례는 토목분야를 중심으로 조사하였다. 문헌고찰을 통해 기본 개념 및 해외 연구사례 및 동향을 분석하였고 이를 바탕으로 브레인스토밍을 하여 국내 건설업에 Augmented Reality를 적용할 수 있는 방안을 제안하였다. 마지막으로 제안된 방안의 실현을 위해서 지속적인 연구가 요구 되는데 이를 위해 향후 AR 연구를 위한 전략을 수립하였다.

## 2. Augmented Reality (AR)

\* 일반회원, 한양대학교 토목공학과 석사과정  
bcc@hanyang.ac.kr

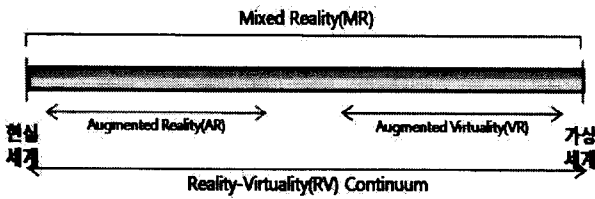
\*\* 일반회원, 한양대학교 토목공학과 박사수료, 공학석사

\*\*\* 일반회원, 한양대학교 토목공학과 박사수료, 공학석사

\*\*\*\* 종신회원, 한양대학교 건설환경시스템공학과 교수, 공학박사

본 연구는 교육과학기술부의 두뇌한국21(BK21)사업과 중소기업청의 산학공동기술개발지원사업으로 이루어진 것으로 본 연구를 가능하게 한 해당 기관에 감사드립니다.

## 2.1 AR의 개요

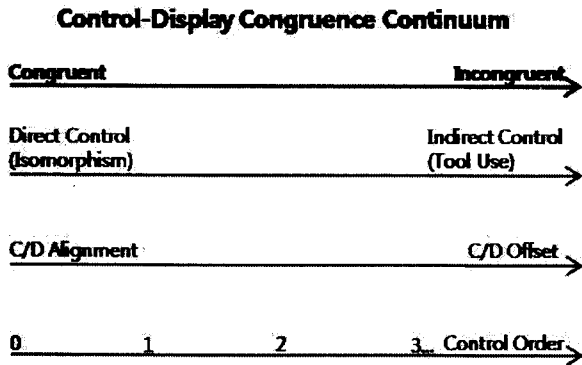


출처: Milgram, P., and Colquhoun, H. Jr., "A taxonomy of real and virtual world display integration."

그림 1. 현실세계와 가상세계의 연속성

1994년 Milgram의 Mixed Reality 분류에 의하면 그림 1과 같이 현실세계와 가상세계는 연속되어 있다고 하고 이를 Mixed Reality라고 한다.

그림1에서 현실세계는 사람이 생활하는 환경을 뜻하고 가상세계란 모든 것이 컴퓨터로 만들어진 가상공간이고 이 두 공간은 연결되어 있음을 알 수 있다. 공간이 현실세계에 가까워질수록 현실의 장면을 디지털 콘텐츠로 강화한 Augmented Reality(AR)가 되고 반대의 경우 Augmented Virtuality(VR)가 된다. VR은 가상세계에 현실적인 면을 강화한 것이다. 일반적으로 AR이 현실세계에 기반을 두고 있으므로 현실세계의 문제를 다루기에 더 적합하다.



출처: Milgram, P., and Colquhoun, H. Jr., "A taxonomy of real and virtual world display integration."

그림 2. Congruence Continuum의 요소

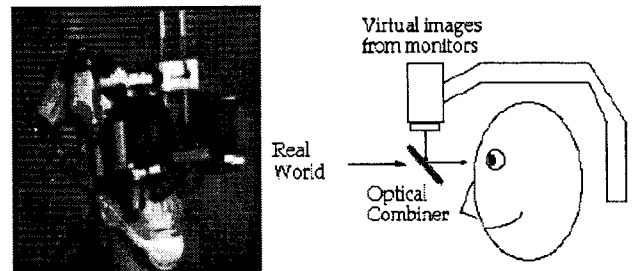
AR은 현장에서 사용자가 다루고 있는 요소에 대한 정보의 보강이 필요할 시에 적합하다. 자연적인 업무 도중 현장에서 즉시 꼭 필요한 정보를 제공 받음으로써 업무 효율이 증가한다. 반대로 VR은 모든 상황이 컴퓨터로 만들어짐으로써 건설 공정의 시각적인 시뮬레이션을 만드는 등에 적합하다. 이에 따라 AR은 건설업과 같은 산업에 매우 다양하게 적용될 수 있다.

또한, 1999년의 Milgram과 Colquhoun은 Mixed Reality 상에서 사용자의 작동 동작과 이에 상응하는 작동 공간상의 응답의 일치성에 대해 연구하였다. 이는 그림 2에 나타

나있다. Direct control은 사용자의 움직임이 보이는 화면 또는 장비에 얼마나 직접적으로 작용하는 가이다. Control display (C/D) alignment 는 작동장비와 화면 표시 공간과의 상대적인 위치를 의미한다. 이 표에 나타난 작동 동작과 이에 상응하는 작동 공간의 응답의 일치성은 사용자가 작업을 하는 상황과 기술적인 방법에 따라 좌우되며 이에 따라 좀 더 일치하는 것이 있고 일치하지 않는 것이 있다.<sup>1)</sup> 예를 들어, 굴착 장소의 매설물을 AR을 통해 보여주는 백호의 경우 사용자의 시야와 기기의 작동이 보이는 화면과 일치하는 경우이다. 반면에, AR을 이용한 재난관리 시스템의 경우 중앙관제소의 화면에는 재난관리가 필요한 지역들의 전체적인 조감도가 보이고 AR을 이용하여 현장의 센서가 감지한 재난 정보를 화면에 표시하게 된다. 이 경우에는 실제 보이는 화면과 재난 감지 작동의 일치성이 다소 떨어진다고 볼 수 있다.

## 2.2 AR의 기본적인 작동원리

AR시스템은 주로 Head Mounted Device(HMD)라고 불리는 머리에 착용할 수 있는 디스플레이어 장비와 현실세계의 영상과 가상 영상을 합성하는 컴퓨터로 이루어진다. 이 중에서 see-through HMD의 경우로 기본적인 작동원리를 알아본다.



출처: 한국교육학술정보원 이슈리포트, "증강현실 기반 체험형 학습 모델 해외 연구 동향"

그림 3. See through HMD

See-through HMD의 경우 그림 3과 같이 구성되어 있다. 사용자의 눈앞에 반거울을 사용하여 현실의 세계를 보면서 컴퓨터에서 생성된 가상객체의 영상 또한 거울에 반사하여 눈으로 현실세계와 가상의 영상이 겹쳐서 보이도록 한다. Video see-through HMD의 경우 디스플레이어 옆에 장착된 카메라를 통해 촬영된 현실세계의 영상과 컴퓨터를 통해 만들어진 가상의 그래픽을 합성하여 안경과 같은 디스플레이어를 통해 보여준다.

현실영상과 가상의 그래픽을 합성할 시 정확한 영상을 얻어 내기 위해서는 가상객체들이 2D 화면에서 같은 위치에 자리해야 하는 이 문제를 registration이라고 한다. 이를

1) Milgram, P., and Colquhoun, H. Jr., "A taxonomy of real and virtual world display integration.", Mixed reality: Merging real and virtual worlds, 1999, pp. 5-30

위해 마커라는 컴퓨터가 인식하기 쉬운 물체를 이용하여 현실세계와 가상영상 간의 상대적 좌표를 추출하여 registration을 하게 된다.<sup>2)</sup>

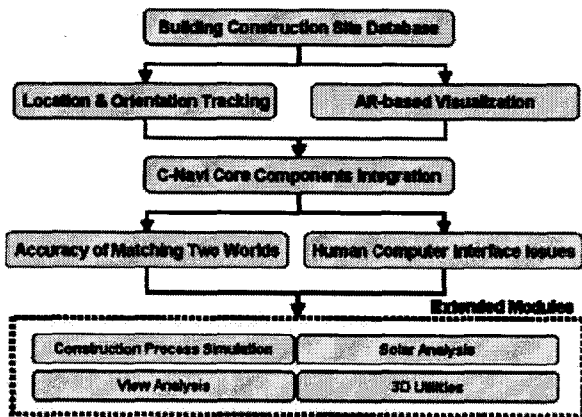
### 2.3 건설업계에 AR 적용의 적합성

건설산업의 특성상 스케일이 크고 공사 기간이 길에 따라 설계도, 시방서 등의 공사 관련 자료 및 정보의 분량이 매우 많으며 건설공사 기간 동안 설계변경 등에 의해 정보가 자주 변한다. 이와 함께 건설 프로젝트에는 발주자, 시공자, 설계자 등의 많은 참여자가 건설현장, 설계사무소 등 다양한 곳에서 프로젝트에 참여하게 된다. 이에 따라 현장 상황을 실시간으로 이해하거나 접하기가 어려우며 원격으로 문제를 접하고 의견을 나누는데 한계가 있다. 따라서, 실내에 있어도 현장의 상황을 느낄 수 있고 현장에 있어도 중요 정보들을 접근할 수 있는 AR의 적용이 시급하다.

## 3. 선행 연구 사례

### 3.1 국내 연구 사례

2006년 임준포 외에 의해 모바일 증강 현실 기술을 이용한 건설관리 시스템이 연구되었다. 이 연구에서는 외부 공간에서 모바일 AR 기술을 이용하여 건물 대지를 시뮬레이션하고 관리하는 시스템으로써 C-Navi라는 새로운 4D 공정 시뮬레이션을 개발하였다. 이는 시간기반의 가시화 방법으로 관련된 정보를 디스플레이하고 통합시킨다.



출처: 임준폰, 한수연, 최진원, "모바일 증강 현실 기술을 이용한 건설관리 시스템"

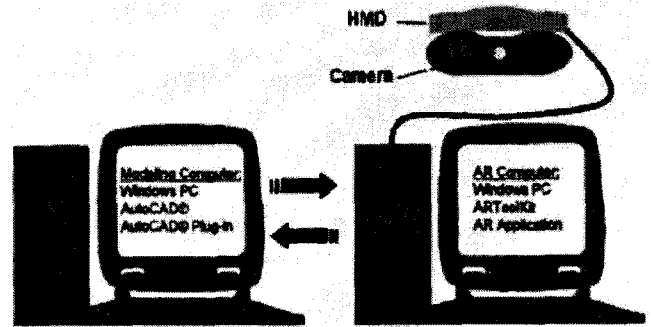
그림 4. C-Navi 개발과정

C-Navi는 그림 4와 같은 단계로 진행되었다. 첫째, 3D로 해당 건물을 모델링한 후, 주변 건물과 길 등의 2D 정보를 데이터베이스화함. 둘째, 'CityScape'라는 3D GIS 엔진을

기반으로 위치와 방향을 추적하는 모듈을 개발함. 셋째, ARToolkit(Billinghurst et al, 2001)을 수정하여 증강현실 기반의 시각화 작업을 시행함. 넷째, 앞서 구성된 모든 요소를 통합함으로써 C-Navi의 핵심엔진을 구성함. 다섯째, 그래픽 사용자 인터페이스를 디자인하고, 마지막으로 4D CAD 모듈, 태양열 분석 모듈, 조망분석 모듈로 구성된 세 가지 부가 시뮬레이션 모듈을 완성시킴.<sup>3)</sup>

### 3.2 해외 연구 사례

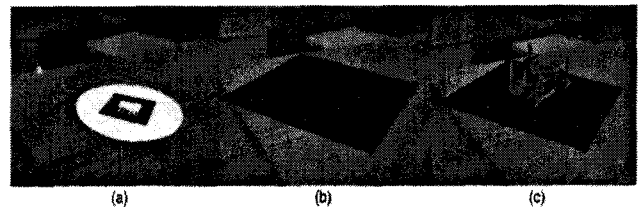
2000년과 2002년에 Dunston 외에 의해 Augmented Reality computer-aided drawing(AR CAD) 프로토타입을 개발하였다. 이는 AR 개념과 기술들을 건설된 시설물에 적용하기 위해 기초적인 연구이다. AR CAD는 기본적으로 기존의 CAD에 AR 개념을 응용하여 실제적으로 공간적으로 느낄 수 있는 3D 설계 모델이다.



출처: Phillip S. Dunston and Xiangyu Wang, "Mixed Reality-Based Visualization Interfaces for Architecture, Engineering, and Construction Industry"

그림 5. AD CAD 프로토타입 구성 요소

그림 5는 AD CAD 프로토타입의 구성 요소이다. Modeling computer에서 AutoCAD를 통해 설계된 3D 도면을 AR Computer가 3D 가상 모델로 전환하고 이를 HMD의 카메라가 촬영한 현실영상과 합성하여 HMD를 통해 현실에 가상모델이 겹친 것처럼 보여준다(그림 6).



출처: Phillip S. Dunston and Xiangyu Wang, "Mixed Reality-Based Visualization Interfaces for Architecture, Engineering, and Construction Industry"

그림 6. AD CAD 프로토타입의 결과물

2) 한국교육학술정보원 이슈리포트, "증강현실 기반 체험형 학습 모델 해외 연구 동향", 2006

3) 임준폰, 한수연, 최진원, "모바일 증강 현실 기술을 이용한 건설관리 시스템", 대한건축학회 논문집, 22권 2호, 2006, pp. 139-145

그림 6의 (a)는 HMD를 통해 보이는 현실세계의 영상이다. 여기서 중심의 네모난 카드는 트래킹 마커로서 가상영상의 위치를 지정해주는 registration 역할을 한다. (b)는 Auto CAD로 설계한 가상모델을 표현할 가상영상의 플랫폼을 마커 위에 합성하였고, 결국 (c)와 같이 마커로 지정된 위치의 플랫폼위에 가상모델이 투영된다.

이와 같은 연구를 통해 설계도면의 시설물을 현실에 투영할 수 있는 발판을 마련하였다.<sup>4)</sup>

#### 4. 건설업에 AR 적용 방안

위의 AR관련 선행 연구들을 통해 AR이 건설업에 효과적으로 적용될 수 있음을 확인하였다. 따라서, AR이 아직 생소한 국내에서 이를 연구할 필요성을 느꼈으며 이를 위해 AR의 건설업계에 적용 가능한 방안들을 모색하였다.

첫째, 입체적인 설계도이다. 현재까지는 도면상의 설계도나 3D CAD를 이용한 2차원적인 설계도면이 주를 이루었다. 입체적인 설계도를 통해 사업 참여자 간의 불충분한 이해를 통해 발생하는 의견충돌을 줄일 수 있으며 구조물의 특성이나 시공 시 주의할 점들이 특별하게 표시되어 보다 확실한 건설이 가능하다. 또한 이를 통해 기존의 평면적인 설계도면을 공간적으로 느낄 수 있으며 시설물의 완성된 상태를 기존의 2차원적인 조감도나 모형보다 생생하게 확인할 수 있다.

둘째, 건설현장에서의 직접적인 사용이다. 3차원으로 설계된 도면을 공사 현장에 AR을 통해 투영함으로써 시공 시 보이는 데로 시공을 할 수 있다. 이 경우 건설노무자의 작업 시 이해부족을 막을 수 있으며 공사 시 직감에 의존하여 발생하는 오차를 줄일 수 있다.

셋째, 건설 공사 시 AR을 통해 전체적인 건설공정과 현재의 진행상황을 비교함으로써 공사의 진척을 확인할 수 있다.

넷째, 현장에서 촬영되는 영상들을 원격에 있는 전문가가 보고 AR을 통해 현장에 적용할 기술적인 조언, 중요정보 및 설계 변경 등을 가상영상으로 보내어 현장에 투영시킬 수 있다. 이를 통해 현장과 참여자간의 거리가 멀어 발생하는 금전상, 시간상 낭비를 줄일 수 있고 참여자간 실시간적인 의사소통이 가능하여 클레임을 방지할 수 있다.

다섯째, 건설 현장에서 AR을 통해 실시간으로 지반에 대한 정보, 지하 매설물 현황, 설계상세 등의 정보를 제공할 수 있어 현장에서의 의사 결정이 쉬워진다.

#### 5. 향후 AR 연구를 위한 전략 수립

앞에서 언급한 AR 적용 방안들을 실현시키기 위해서는

아직 AR 기술 및 건설업 적용 기반에 부족한 점이 많으므로 향후 AR 연구에 대한 전략을 수립해야 한다.

첫째, 급속도로 발전하는 디지털 콘텐츠를 조작하고 인간 대 인간간의 상호작용을 활용할 수 있는 환경이 우선적으로 구축되어야 효율적으로 지각할 수 있는 AR 시스템의 연구가 가능하다.

둘째, 현장의 직접적인 접근과 디지털 정보를 통해 현장의 계획, 운영, 조사를 지원할 수 있는 인터페이스 시스템의 개발이 필요하다.

셋째, 첫 번째와 두 번째 전략은 핵심기술의 개발과 휴먼팩터의 연구를 통해 이루어져야 한다.

넷째, AR 시스템의 보편적인 이용을 위해서는 보다 편리하고 뛰어난 휴대용 장비의 개발이 이루어져야 하며, 제한된 환경에서만 적용 가능한 현재의 기술 수준을 끌어올려 보다 광범위하고 도전적인 환경에 적용시킬 수 있도록 하여야 한다.

다섯째, AR 시스템을 통해 건설현장 작업에 디지털 정보를 이용 시 효율성 및 안전성이 검증되어야 한다. AR 시스템 이용 시의 효율성과 안전성이 검증되어야만 AR 시스템의 개발의 당위성이 확보된다.

여섯째, 인간의 공간 인지 형태를 파악해야 한다. AR 시스템은 인간의 공간 지각에 상응하여 가상 정보를 제공한다. 따라서 인간의 공간 인지 형태가 시스템에 적용되어야 보다 현실감 있고 정확한 AR 시스템 구축이 가능하다.

마지막으로, 현장에 AR 시스템 구축을 위해서는 공사 참여자간 이해와 AR 시스템 효과의 확인이 필요하다. AR 시스템의 적용을 위해서는 현장의 다양한 공사 참여자들에게 wearable computer 등과 같은 고가의 장비들이 제공되어야 한다. 이에 따라 AR 시스템의 효과가 입증되어야만 현장에서 AR 시스템이 사용될 것이며 이러한 수요가 있어야만 지속적인 AR 시스템의 연구가 가능하다.

#### 6. 결론

국내에서는 Augmented Reality 연구 사례가 드물며 실제적으로 건설업에 AR을 적용시키기에는 건설업의 특성상 현실적인 제약 및 어려움이 있다. 그러나 기존 연구 사례들을 통해 AR을 건설업에 적용시킬 수 있는 적합성이 확인되었으며 효과적으로 쓰일 것임을 확실하게 된다. 또한 얼마 안 있어 컴퓨터 게임 세대의 신진인력들이 건설업계에서 주된 활동을 할 것이라 기술적인 거부감도 없을 것이다. 따라서 본 기초 연구를 통해 AR의 개요와 기본적인 작동 원리를 알아보았으며 국내외의 선진 연구 사례를 통해 AR의 현황과 연구동향을 파악할 수 있었다. 선진 연구 사례를 파악하면서 문제점 및 향후 국내 건설업계가 AR 적용을 할 수 있는 방안을 제시하였으며 이를 실현하기 위해 연구 전략을 수립하였다.

이 연구를 통해 AR이 국내에도 널리 알려져 국내 업계에서도 활발한 연구가 이루어지고 기술 적용이 이루어졌으면 하는 바이다.

4) Phillip S. Dunston and Xiangyu Wang, "Mixed Reality-Based Visualization Interfaces for Architecture, Engineering, and Construction Industry", Journal of Construction Engineering and Management, December 2005, pp. 1301-1309

## 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 두뇌한국21(BK21)사업과 중소기업청의 산학공동기술개발지원사업으로 이루어진 것으로 본 연구를 가능하게 한 해당 기관에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 박소영, 최진원, "기존 건축물의 효율적인 정보 관리를 위한 증강현실 기술 응용에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 21권 8호, 2005, pp. 37-44
2. 임준폰, 한수연, 최진원, "모바일 증강 현실 기술을 이용한 건설관리 시스템", 대한건축학회 논문집, 22권 2호, 2006, pp. 139-145
3. 한국교육학술정보원 이슈리포트, "증강현실 기반 체험형 학습 모델 해외 연구 동향", 2006
4. 한국전자통신연구원 보고서, "VR 현실감 향상 (Augmented Reality) 기술 개발", 1999
5. Milgram, P., and Colquhoun, H. Jr., "A taxonomy of real and virtual world display integration.", Mixed reality: Merging real and virtual worlds, 1999, pp. 5-30
6. Phillip S. Dunston and Xiangyu Wang, "Mixed Reality-Based Visualization Interfaces for Architecture, Engineering, and Construction Industry", Journal of Construction Engineering and Management, December 2005, pp. 1301-1309

---

## Abstract

Through the past decades variable researches on Virtual Reality(VR) has been performed and acceptable by the computer and information technology development. VR has been used usefully also on construction industry. It can visualize the construction process and simulates the construction operation considering environment and resources. However, VR has hardness to expressing the real world reality. Therefore, Mixed reality which is the blend of real world and virtual world is being emerged. Specially researches on Augmented Reality is actively performed.

This study will focus on Augmented Reality technologies and research trend. Finally, the study will suggest schemes to apply Augmented Reality on Korean Construction Industry.

**Keywords : Mixed Reality, Augmented Reality, Automation**

---