

# 혼합현실 도입 오피스 건물 리모델링 프로젝트 설계 의사결정 지원

한무열<sup>1</sup> · 백관엽<sup>2</sup> · 이경태<sup>3</sup> · 고선주<sup>4</sup> · 김주형<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>한양대학교 건축공학과 석사과정 · <sup>2</sup>정림건축 CM운영 본부장 · <sup>3</sup>한양대학교 건축공학과 박사과정 ·  
<sup>4</sup>한양대학교 건축공학과 석사과정 · <sup>5</sup>한양대학교 건축공학과 교수

## A Study on Supporting Design Decision Making in Office Building Remodeling Projects by Introducing Mixed Reality

Han, Mooyeul<sup>1</sup>, Baek Kwanyup<sup>2</sup>, Lee, Kyung-Tae<sup>3</sup>, Ko, Seonju<sup>4</sup>, Kim, Ju-Hyung<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Hanyang University

<sup>2</sup>Management Director, CM Operating Dept, Junglim Architect

<sup>3</sup>Doctoral Student, Department of Architectural Engineering, Hanyang University

<sup>4</sup>Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Hanyang University

<sup>5</sup>Professor, Department of Architectural Engineering, Hanyang University

**Abstract :** In the remodeling projects, clients without architectural expertise have limitations in presenting requirements accurately. In some cases, designers and contractors may not recognize their demands exactly, and deliver final products that are different from the clients' intentions. 3D modeling visualizing final products in previous has been regarded as a solution to enhance understanding and communication. However, this approach has the limitation that the final results are presented as a virtual outputs. In the remodeling project, an alternative, mixed-reality, is likely to reinforce the reality as it enables to present remain structure and the parts to be built together. This paper examines the mixed reality as a solution to support decision making of clients and practitioners in remodeling projects. The examinations is conducted in high-rise office remodeling projects by means of action-research. Clients and practitioners, overview product models presented in the format of 2D drawings, BIM and mixed reality asked to evaluate the effectiveness of each methods in 12 standards. The results have shown that mixed reality has improved the sense of reality, making it easier to predict results, but recognizing patterns is difficult in some areas such as the floor, and it caused dizziness.

**Keywords :** Remodeling, Decision making, Mixed Reality, Action Research

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

건축 리모델링은 건축물의 노후화 억제 또는 기능 향상 등을 위하여 대수선을 하거나 일정 범위에서 증축을 하는 것을 말한다(건축법 제2조 개정, 2017). 리모델링 프로젝트의 경우 클라이언트가 실제 사용 또는 운영 후 교체에 대한 필요 및 요구사항을 경험에 근거해 구체적으로 제안하면서 의사결정에 더 적극적으로 관여하는 경향이 있다(Cho & Kim, 2018). 그러나 사용 경험은 있지만 건축분야 전문지식

이 없는 클라이언트가 대다수이며, 이들은 전통적인 2차원 표현방식(평면도, 입면도 등)만으로는 자신들의 요구사항을 제시하고, 의사결정 내리는데 한계가 존재한다. 이로 인해 프로젝트 초기에 제시한 요구사항의 범위 및 내용에 대한 변경을 지속적으로 요청하기도 한다. 의도와 다른 최종 결과물을 인도받아 만족하지 못하는 경우도 많다(Kim et al., 2006). 이런 한계를 극복하기 위해, 클라이언트를 이해시키면서 프로젝트 참여자들의 오류도 최소화 할 수 있는 의사소통 도구의 필요성이 제기 되고 있다(Park, 2019).

3차원 모델을 기반으로 하는 BIM을 도입할 경우 시각적인 이해를 통한 참여자 간의 협업 향상 및 효율성 향상이 가능하며, 이 경우 상당한 비용 및 시간 절약, 오류 및 누락 감소, 건설 생산성 향상 등의 편익이 있음이 밝혀졌다(Zhao, 2017). 하지만 BIM 역시 향후 이어질 건물을 객체 단위로 가상으로 시각화하는 것에 그치기 때문에 텍스처어의 사실적

\* **Corresponding author:** Kim, Ju-hyung, Department of Architecturce Engineering, Hanyang University, Seoul 04763, Korea  
**E-mail:** kcr97jkh@hanyang.ac.kr  
**Received** September 19, 2020; **revised** December 2, 2020  
**accepted** December 2, 2020

인 표현을 추구하는 3D 그래픽 보다 현실감이 떨어지는 경우가 있다. 가상의 모델을 현실과 함께 표현하는 혼합현실은 이러한 한계를 일부 보완할 수 있을 것으로 보이며, 실제 대상(context)과 디지털 객체 간의 상호 작용을 가능하게 하는 기술이다(Lim, 2007). 건설 리모델링 사업에 이를 도입할 경우, 실제로 존재하는 기존 구조체나 공간의 윤곽을 토대로 추가로 시공되는 부분만을 BIM모델에서 추출하여 함께 보여줌으로써, 설계 단계에서 프로젝트 참여자들이 최종적으로 만들어질 결과를 보다 사실적으로 판단해 의사결정을 내리는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

건축분야에서 클라이언트에게 혼합현실을 적용해 본 경험이 거의 없기 때문에, 이를 적용하고, 혼합현실을 적용함으로써 나타나는 행동과 과정을 분석하는 실험연구를 진행한다. 연구자가 직접 실험에 참여하여 실험조건을 변경하면서, 클라이언트가 요구사항을 얼마나 정확히 정의하는지 관찰하고 탐구할 수 있다.

실험연구는 교육학에서 자주 쓰이는 방법으로 이번 연구에서는 질적, 양적분석을 모두 활용하여 진행했다.

이 연구 방법은 현장에 대상자들을 두고 실험하여 ‘계획→실행→행동→관찰→결과’의 반복적인 과정을 통해 자신의 가설을 실험하고 탐구하는 방식이다(Kemmis & McTaggart, 1998).

본 논문에서는 리모델링 프로젝트에서 혼합현실 기술도입의 효용성을 검증하고자 한다. 리모델링 프로젝트의 의사결정 내용 일부를 선정해, 이 의사결정의 지원 효용성을 판단할 수 있는 준거를 정의한다. 제안된 판단준거를 기준으로 의사결정 필요 정보 생성 도구(예: 2D CAD, BIM 등) 및 혼합현실 방식을 비교하여 각각의 장단점을 분석하고자 한다.

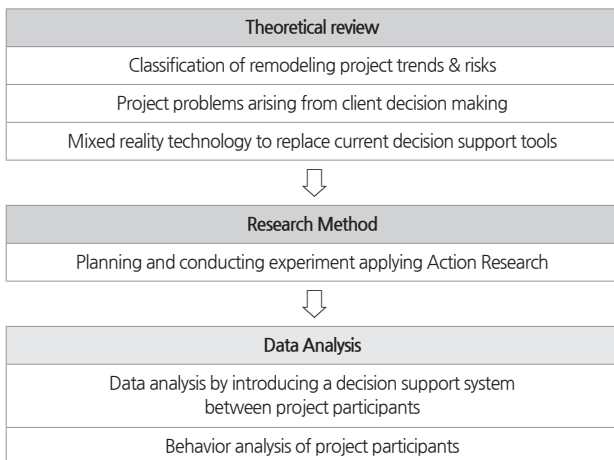


Fig. 1. Research Flow

## 2. 선행연구

### 2.1 리모델링

#### 2.1.1 리모델링 프로젝트 추진 사유

국내에서 리모델링 프로젝트를 추진하는 이유는 재건축에 비해 짧은 공기로 인해 공사비를 절감할 수 있기 때문이다(Yoon, Jung & Yu, 2017).

과거 리모델링 프로젝트가 단순히 건물 유지 기능을 중시했던 것과 달리, 현재는 거주자의 생활의 질적인 향상을 위해 리모델링 프로젝트를 진행하게 되며, 이 경우 리모델링 프로젝트 종류는 <Table 1>과 같이 정리가 가능하다.

Table 1. Reasons for promoting remodeling project (Korea Institute for Industrial Economics & Trade, 2001)

Factors	Diversification of remodeling project	
Social environment	<b>Structural reinforcement</b> - Improvement of seismic performance for facility-equipments	<b>Disaster and crime prevention</b> - Fire fighting equipment improvement - Self-generators installation
	<b>Elderly support</b> - Railing installation - Threshold removal	<b>Environmental considerations</b> - Heavy water use - Asbestos problems
Requirements diversification	<b>Information response</b> - Increase in power capacity - Response to OA system	<b>Usage alteration</b> - Usage method alteration
	<b>Comfort improvement</b> - Improvement of air conditioned environment	<b>Image improvement</b> - Interior remodeling
	<b>Energy saving</b> - Installation of energy saving air conditioning system	<b>Extension</b> - Space expansion - Floor expansion construction
Building function	<b>Renewal</b> - Landscape succession	<b>Preservation</b> - Preservation of historical site
	<b>Equipments update</b> - Air conditioner, heating and power equipment	<b>Safety</b> - Measures against corrosion and deterioration of rebar - Fall prevention of outer tiles
	<b>Waterproof performance</b> - Renewal of external windows	<b>Decontamination</b> - Rust removal

#### 2.1.2 설계단계 및 시공단계의 중요성

리모델링 진행과정(process)에서 리스크 발생 비중은 설계단계가 37.59%, 시공단계가 36.32%이며 총 70% 이상의 많은 리스크가 발생한다. 이에 따라 설계단계 및 시공단계 리스크 발생 원인을 파악하고 감소하는 방안이 필요하다(Hong & Ahn, 2004). 리모델링 프로젝트 진행 과정 중 사업 타당성분석단계에서 프로젝트 참여자가 클라이언트의 초기 의사결정을 확인하기 때문에 기획 단계에서 리스크 항목을 찾아내는 것이 중요하다(Jung, 2004).

<Table 2>는 설계단계, 시공단계에서 대표적으로 생기는 리스크 요인을 나열했다. 이를 바탕으로 설계단계 및 시공단계에서 생기는 리스크에 대해 프로젝트 참여자들이 자각하고 리스크를 줄이는 것이 중요하다.

Table 2. Factors causing risk in design and construction phase

Project Phase	Risk factors
Planning and design	Permission/legal regulations
	Communication between project participants
	Undefined design range
	Design errors and omissions
Contract and construction	Damage and collapse of structure
	Difference of design/site condition
	Design changes
	Low productivity

## 2.2 의사결정

### 2.2.1 클라이언트의 의사결정으로 인한 프로젝트 문제점

대다수의 클라이언트는 프로젝트 참여자에게 주관성이 개입된 대화 바탕으로 의사전달을 하게 되며, 정량적이지 않고 추상적인 표현들 때문에 프로젝트 참여자는 클라이언트의 요구사항에 대해 정확히 이해하지 못하는 한계점에 노출된다(Lee, 2007). 이로 인해 프로젝트 참여자는 클라이언트에게 전달받은 요구사항을 설계에 반영하지만, 제대로 된 요구사항을 인지하지 못할 경우 설계오류가 발생하게 된다.

이와 더불어, 클라이언트의 의사결정변복으로 인해 프로젝트참여자는 클라이언트의 의견을 다르게 이해하는 상황이 발생하여 객관적인 판단이 어려워진다(Yoo, 2008; Hong, 2017). 결과적으로 설계변경 및 재시공을 하게 되며 공사기간 증가와 함께 공사비용이 늘어나 경제적 손실이 발생하게 된다.

이처럼 클라이언트가 의사 결정하는 과정에서 문제가 발생되고 있는 상황이며, 클라이언트 요구사항 내용 및 관리의 문제점에 대해 <Table 3>같이 정리했다.

Table 3. Problems with details and management of client requirements (Yoo, 2008 reconstitution)

Item	Problem
Requirement content	Limited representation
	Lack of client requirement details
	Non-professional requirements
	Information shortage for major decision making
	Ambiguous scope of requirements
Requirement Management	Frequent changes in requirements
	Uncertainty of suitable suggestion timing according to requirement content
	Unilateral client requirement alteration
	Lack of documentation of client requirements
	No checklist for client requirements management
	Lack of awareness of importance of setting client requirements at the start of a project

### 2.2.2 프로젝트 의사결정 준거

프로젝트를 통한 건물 내용연수 증가에 따른 투자대비 수익상승 및 수익장출기간의 증가에 대한 부분과 효율적인 건물 운영과 경제적인 설비시스템의 채택 및 변경을 통한 경비의 절감 부분, 그리고 건물 매각 시 건물가치평가 금액의 상승을 통한 최대이익실현 등이 경제적으로 의사결정 할 수 있는 방안이다(Oh, 2002).

노후 건물의 사회적 요구 및 기능 변화에 적응할 수 있도록 주거 기능 회복, 에너지 절약, 자원절약, 거주자의 쾌적 등을 고려한 환경친화적 리모델링이 요구된다(Lim et al., 2001).

기존 내부공간의 성능개선 과정에서 나타난 문제점에 대한 내용을 정리 후 공간구성 및 면적변화에 대해 개선현황을 파악하여 초기 프로젝트 구상계획을 진행하는 것이 중요하다(Nam et al., 2009).

이처럼 리모델링 프로젝트 시 크게 경제성, 환경성, 공간성의 대안으로 의사결정이 일어나게 된다. 의사지원에 도움을 주는 도구에 대한 실용성 파악이 가능도록 분류별(경제성, 환경성, 공간성)에 관한 세부적인 준거를 <Table 4>와 같이 작성했다.

리모델링 프로젝트를 성공적으로 수행하기 위해서는 의사결정 준거에 대한 목적을 올바르게 파악할 수 있는 지식과 프로젝트의 이해를 도울 수 있는 기술이 필요하다(Cho & Kim, 2018).

## 2.3 혼합현실

### 2.3.1 혼합현실의 정의

Milgram and Kishino (1994)는 혼합현실을 '현실과 가상영역 사이에서 현실성과 가상성의 증강(Augment)을 통해 현실에서 가상환경으로 확장 되는 증강현실연속체(ARC; Augmented Reality Continuum)'라고 정의하였다. <Fig. 2>와 같이 혼합현실의 개념은 단순화된 표현으로 설명된다.

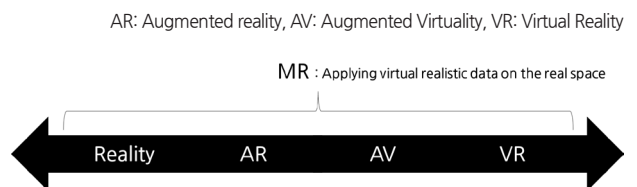


Fig. 2. Reality-virtuality continuum (Milgram et al., 1994)

혼합현실은 실제 대상에 시각화한 디지털객체를 결합하고, 사용자가 혼합 환경을 실제처럼 느끼고 자각할 수 있도록 도와주어 의사결정을 지원하는 도구로 활용이 가능하다(Kim et al., 2009).

Table 4. Standards influencing remodeling projects

Classification	Standards	Explanation
Economical	Improvement in life quality (Yu, 2017)	Improving the life quality of community (Yu, 2017)
		Reflection of social factors (Yu, 2017)
	Corporate awareness increase (Lee, 2007)	Users' corporate awareness (Hwang, 2002)
		Meeting the role and expectations as community members (Yu, 2017)
		Feedback between participants to achieve project objectives (Yu, 2017)
		Improve usability and efficiency of quality (Yu, 2017)
	Requirements proposal (Lee, 2007)	Presenting a new way to solve the limitations of expressing requirements (Ryu, 2008)
		Technology necessity to support understanding of clients with frequent requirements changes (Lee, 2007)
	Business performance (Yu, 2017)	Respond to business changes (Yu, 2017)
		Obtaining market opportunities (Yu, 2017)
	Business cost reduction (Yoon, 2012)	Labor and material cost reduction can be confirmed (Jeon, 2002)
		Reduce initial construction costs through the system (Yoon, 2012)
		Cost prediction of construction and project, and feasibility analysis are performed collectively using the system (Kim, 2012)
	Shortening the business duration (Jeong et al, 2010)	Accurate foundation and temporary facility planning (Jeong et al. 2010)
Change order process simplification (Jeon et al. 2010)		
Project participants' decision making improvement (Yu, 2017)	Experience of use, maintenance, delivery, trade, and investment (Yu, 2017)	
	Civil complaint management (Yu, 2017)	
	Increased Productivity and profitability (Yu, 2017)	
	Obtaining market opportunities (Yu, 2017)	
Environmental	Interference check (Kim, 2010)	Identify the intersection of walls, floors, and ceilings (Kim, 2004)
		Identify the finish of luminaire and ceiling inspection holes (Kim, 2004)
		Identify curtain wall slab interference (An, 2010)
		Check the ceiling height (An, 2010)
	Stability (Bae et al. 2005)	Pay attention to disaster prevention such as falls and drops (Bae et al. 2005)
	Building improvement (Bae et al. 2005)	Completion drawing accuracy (Bae et al. 2005)
		Deterioration prediction (Bae et al. 2005)
Judgement of technology for demolishing and construction methods (Bae et al. 2005)		
Spatial	Visual presentation (Ju, 2007)	Providing popular and differentiated designs (Kim & Woo, 2012)
		Identifying objects using width (Ju, 2007)
		Visual shape information support showing the layout and composition of the space (Ju, 2007)
	Spatial presentation (Ju, 2007)	Present the direction of the initial plan by explicitly expressing user requirements and architectural functions of the space, such as shape, size, and relationship between spaces (Ju, 2007)

### 2.3.2 의사결정 필요 정보 생성 방식(CAD, BIM) 고찰

과거에는 Computer Aided Design(이하 CAD)이 도입되어 업무의 효율화, 설계의 정확성, 설계의 표준화 등으로 의사결정에 도움을 주어 프로젝트의 신속한 처리와 생산성 향상을 가져왔지만, 건설 산업이 커지고 다양화 되면서 CAD로는 구현이 불가능한 정보(도면생산, 자동 산출, 객체 정보 등)가 생기게 되었다.

이에 따라 객체의 2차원 형상정보만 확인 가능한 CAD의 한계를 극복하기 위해 BIM이 도입되었으며, 그 결과 객체 관련 정보에 대한 표현 및 추가를 통해 건물 정보 수량산출 및 건축 프로젝트의 생애주기를 확인할 수 있게 되었다(Kang, 2019). 객체정보, 물량산출, 공간성 등을 표현할 수

있게 되어 이해에 도움을 줄 수 있지만, 객체의 텍스처어를 세부적으로 표현하는 데에는 한계가 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 가상 모델을 현실에 사실적으로 표현 가능한 혼합현실기술을 사용하면 이러한 한계를 극복할 수 있으며, 사용자에게 편안하고 자연스러운 몰입이 가능하게 하여 의사결정에 도움을 준다(Shin & Cha, 2008).

기존 논문에서 국내 건축물에 혼합현실기술을 사용하여 리모델링 프로젝트 진행한 사례를 다룬 연구는 없었으며, 기기활용에서 나타날 수 있는 클라이언트의 의사결정을 다룬 논문 또한 없었다. 따라서 본 논문은 혼합현실기술을 리모델링 프로젝트에 사용하여 프로젝트 참여자간 어떤 방식으로 의사결정에 도움을 줄 수 있는지에 대해 검증하고자 한다.

### 3. 혼합현실을 활용한 실험연구

#### 3.1 실험연구 기획

##### 3.1.1 실험연구 개요

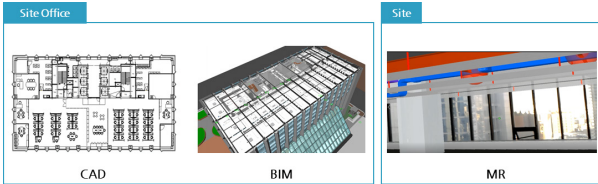


Fig. 3. Actual 'S' site according to the communication support system

리모델링 공사 중인 종로구 S 건물의 10층을 실험 장소로 선정하였다. 실험참가자는 총 6명으로 클라이언트(전문가 2명, 비전문가 2명), 프로젝트참여자(설계사 1명, 시공사 1명)로 구성되어 있다.

의사지원에 도움을 주는 도구의 종류로는 2D CAD, BIM, 혼합현실기술로 선정하였으며, 2D CAD와 BIM은 현장사무실에서 실험하였고, 혼합현실기술은 실제 프로젝트 현장에서 실험을 진행했다.

##### 3.1.2 의사결정

리모델링 기존 설계 시 의사결정에 중점을 두는 바닥, 기둥, 보의 결정에 관한 4가지의 실험을 진행했다(Fig. 4).

###### 1) 카펫타일 종류 및 패턴에 대한 의사결정

리모델링 오피스건물의 편안한 공간(쾌적성, 기능성, 안락성 등)에 대한 인식이 높아지고 있으며, 이러한 공간적 특성은 종류, 색채, 형태 등이 합쳐져 나타난다(Min & Choi, 2014).

이를 바탕으로, 서로 다른 카펫타일 디자인 3가지 종류를 확인하고, 이에 따른 의사결정을 하였다.

###### 2) 공조시스템 위치확인에 대한 의사결정

노후화 된 건축물은 현재와는 다른 공정으로 인하여, 구조적인 안전성, 증축공사와 같이 복잡한 공정프로젝트를 진행함에 많은 문제를 가지고 있다. 또한 공조시스템 적용에 대한 개념과 인식이 없었기 때문에 층별 높이가 현재 건축물의 높이보다 현저하게 낮아서 공조시스템 설치에 어려움을 겪는 경우가 많다. 따라서 리모델링 설계 작업 가운데 설비 증축 부분과의 간섭여부를 확인하는 것이 가장 중요하며 위치에 대한 의사결정이 필요하다(Lee, 2010).

###### 3) 커튼월 적용과 미적용에 대한 의사결정

커튼월은 창호주위의 열손실 저감과 각종기구 부착, 구조체 노출에 따른 은폐로 내외부적으로 미관이 향상되어 사용자들에게 쾌적성과 근무환경이 개선되는 효과가 발생된다. 커튼박스가 미적용 될 경우에는 공간개방성이 증대되고, 비용이 절감되지만, 에너지 손실이 발생되고, 노출로 인하여 마감미가 미려하지 못하다.

4) 기둥마감과 보마감의 적용과 미적용에 대한 의사결정  
기둥마감과 보마감 적용 시, 주요구조부의 내구성 향상, 충돌에 따른 사용자의 안전성을 확보할 수 있으며, 스위치, 조명기구 등의 기구설치와 다양한 색상 선택이 가능하다. 반면 기둥마감과 보마감 미적용시 공사비절감, 공간개방성증대, 실사용면적증가 등의 장점이 있지만, 구조부 훼손 시, 유지관리비가 증가될 우려가 있다.

이러한 설명을 바탕으로 리모델링이 진행 중인 오피스에 의사소통지원시스템으로 선정된 CAD, BIM, MR기기를 활용하여, 4가지 종류의 실험을 각각 2분(min)씩 진행했다.

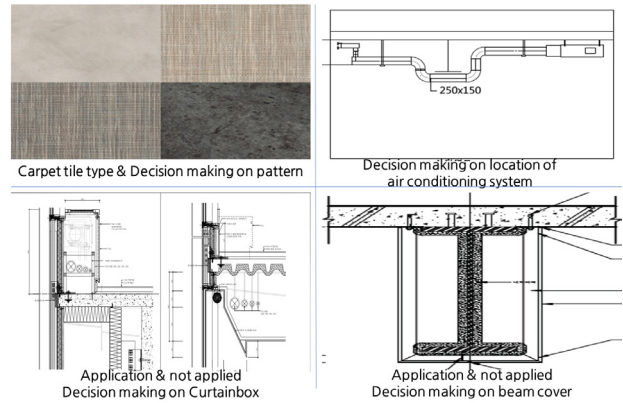


Fig. 4. Sample model used in Action Research

### 3.2 데이터 수집과정

인터뷰와 영상 등을 활용해 질적 연구를 수행하였고, 리커트 척도(예시)를 활용한 설문조사를 통해 양적 연구를 수행하였다. 클라이언트와 프로젝트 참여자 간 의사결정 지원도구를 활용해, 2D CAD, BIM, 혼합현실기술의 의사영향력 차를 분석하는 것이 본 실험의 목표이다.

#### 3.2.1 동영상 촬영

##### 1) 혼합현실기술 실험 진행 시 카메라 세팅

① 현장실험은 참여자가 직접 움직이면서 실험에 참여하기 때문에 움직임(손가락질, 걷기, 돌러보기 등)이 많을 것



Fig. 5. MR set up the camera during an experiment

로 예상되어, 최대 근접 거리에서 동영상 촬영을 진행했다.

② 그 이외에 원거리에서 찍을 수 있는 영상의 각도를 확보하고, 실험자들의 의사결정 요인에 대한 동선에 따라서 카메라를 셋팅하여 동영상 촬영을 진행했다.

2) 2D CAD, BIM 실험 진행 시 카메라 세팅

① 카메라로 근접하게(표정, 행동 등)찍을 수 있는 범위가 한정됨에 따라 1개의 카메라에 2명씩 나오도록 근접 촬영했다.

② 4개의 모서리(동,서,남,북)를 기준으로 카메라를 세팅했다.



Fig. 6. CAD, BIM set up the camera during an experiment

### 3.2.2 실험에 대한 설문지

4가지 의사결정 실험을 통해 파악 할 수 있는 것은 현장여건 파악, 색상/패턴, 공간적 이해로 분류했다. 각 분류에 해당하는 세부적인 문항을 통해 긍정적 반응과 부정적 반응을 측정하는 리커드 척도(Likert, 1932)를 사용했다(Table 4). 의사결정 지원도구 별 실험이 끝날 때 마다, 참여자의 의사결정유무에 대해 1점~5점(1점: 매우 아니다. 2점: 아니다, 3점: 그저 그렇다, 4점: 그렇다, 5점: 매우 그렇다)까지 판단하도록 했다.

### 3.2.3 준거에 따른 설문지

2.2.2 프로젝트 의사결정 준거에 대한 이론고찰을 바탕으로 의사결정에 영향을 미치는 12가지 준거를 추출한 후, 항

목에 해당하는 설문지를 제작했다. 대상자에게 각 의사결정 지원도구를 사용 후 설문지를 작성하도록 했다.

Table 5. Questionnaire items according to decision support system

Categories	Questions
Site condition identification	Q1. Did it help deciding for curtain box application?
	Q2. Did it help decide for finishing methods of beam?
	Q3. Did it help decide the ceiling height and finishing methods?
	Q4. Did it help identifying the location of piping layout?
	Q5. Was it easy to identify the location of air conditioning system and luminaires?
Color/Pattern	Q6. Did it help decide the floor pattern?
	Q7. Did it help identifying the floor pattern?
Spatial understanding	Q8. Does the current decision support system help identifying the spatial understanding of remodeling and the present condition?
	Q9. Is the current decision support system easy to understand the scope of remodeling work?

## 4. 의사결정 분석결과

### 4.1 동영상 분석

실험연구의 실험조건에 따라 대상자에게 시각적(Visual)으로 나타나는 반응(표정, 행동, 대화 등)을 분석→비교→판단하였다(Table 6).

(1) 경험이 있는 클라이언트

건축에 대해 전문적 지식이 있는 클라이언트는 정합적이고 신속한 의사결정을 중요시한다. 즉, 다른 사람과의 상호작용을 도와주기 위한 혼합현실기술은 의사표현의 문제가 발생하면, 현실감과 공간성을 제공하여, 사업비용, 사업기간 등 경제적인 현황을 수월하게 이해할 수 있는 환경을 제공

Table 6. Video analysis

Test subjects	Video analysis
Client (professional)	<ul style="list-style-type: none"> <li>It was discovered that clients were unable to focus on the experiment by doing other things (yawning, cellphon use) during the CAD experiment.</li> <li>MEP and space size that can be expressed in 3D is difficult to check on CAD</li> </ul>
Client (non-professional)	<ul style="list-style-type: none"> <li>During CAD and BIM experiments, despite BIM's 3D representation of the drawing data, unlike other test subjects, clients tilted their heads and seemed to find it hard to understand asking simple questions like this, "What is an air conditioning system?" or "What is a curtain box?"</li> <li>Non-professionals, participating as clients, required separate detailed explanations to understand basic architectural knowledge and 3D data.</li> <li>During 3D implementation of mixed reality device at the actual site, clients felt realism and understood it more easily by saying, "This is the air conditioning system!" In addition, a distinctly different attitude from previous experiments was observed, such as active and engaged decision-making.</li> <li>Even non-professionals found it easy to understand when immersed in a three dimensional object space.</li> </ul>
Project participants	<ul style="list-style-type: none"> <li>It seemed that the participants focused on the situation at the experiment site and understood the data.</li> <li>On application of mixed reality devices on site, participants identified the location of errors occurred in drawing data. For example, during an experiment to check the air conditioning system, they confirmed that the air conditioning system data is spaced out from the actual ceiling and gave feedback such as "This error cannot produce accurate data.", "Mechanical, electrical, and plumbing interferences should be expressed in detail. However it is expected to help us understand the draft design".</li> </ul>

하므로, 신속한 의사결정에 도움이 될 것으로 판단된다.

(2) 경험이 없는 클라이언트

건축에 대한 사전지식이 부족한 경험이 없는 클라이언트는 CAD나 BIM을 통해 시각적으로 보아도 가능여부를 판단하는데 어려움을 겪는다.

반면, 혼합현실기술을 사용하면 현장에서 현실감과 공간성을 확인하여, 부재, 마감재 등의 위치와 현실적인 Scale 파악이 가능해짐에 따라 의사결정에 상당한 도움이 될 것으로 판단된다.

(3) 프로젝트 참여자

프로젝트참여자는 3D모델링을 접목한 혼합현실기술 사용으로 데이터정보를 시각화하여 간섭 및 오류를 쉽게 검토할 수 있다. 즉, 공정 시뮬레이션, 사전 시공성을 3D객체의 공간으로 분석하여, 리모델링시공 시, 재작업 발생을 예방함으로써 손실비용을 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

4.2 설문지 분석

4.2.1 실험대상에 관한 설문지 분석

실험연구를 진행한 후 설문결과에 따른 분석을 <Table 7>과 같이 했고, 의사결정 지원도구별 현장여건파악, 색상/패턴, 공간적 이해분류로 나뉜 문항에 대한 결과를 <Fig. 7>과 같이 도출했다.

혼합현실에 대한 설문은 대체적으로 긍정적인 결과를 보였지만, 색상/패턴 분류 문항에서 세밀한 구현에 한계가 있어 부정적인 의견이 제시되었다.

4.2.2 의사결정 준거 분석

대상자 의사결정에 필요한 12가지 준거를 바탕으로 리모델링 프로젝트에서 2D CAD, BIM, 혼합현실기술 도입 시 어떤 영향을 끼치는지에 대해 <table 8> 같이 종합적인 의견을 정리했다.



Fig. 7. Results according to practical research experiment

5. 결론 및 논의

클라이언트는 리모델링 프로젝트 진행 시 다른 건축 프로젝트보다 요구사항에 대해 구체적으로 제한하는 경향이 있다. 하지만 의사결정 활용 정보 생성 방식(2D CAD, BIM 등)만으로는 자신의 요구사항을 프로젝트 참여자에게 의사 전달하는데 있어 한계가 존재한다.

본 논문은 혼합현실기술을 실제 리모델링 프로젝트 현장에 도입하여 클라이언트 및 프로젝트 참여자는 혼합현실 방식을 경험하고 이 경험을 통해 판단하는 과정을 분석하는 실험연구를 통하여 의사결정 보조효과에 대해 점검했다.

최종적으로 실험연구를 통한 양적, 질적 분석을 진행한 결과 의사결정에 도움을 줄 수 있는 준거를 통하여 혼합현실 기술 사용이 리모델링 프로젝트에 도입되었을 때 의사결정 필요 정보 생성 방식보다 더 나은 의사결정 보조가 가능하였고 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

① 2D CAD는 전문적인 용어에 대해 이해가 필요하며, 구현이 불가능한 건물의 구조, 표현이 생소한 객체에 대해 설명하기 어렵다. 그로인해, 건축에 대한 시공적 경험 혹은 전문적 지식이 있어야 2D CAD 이해가 가능하다.

Table 7. Analyzing the action research questionnaire

Decision support system	Decision factors	Analysis
CAD	Site condition identification	It was possible to check the finishing materials as it had already been commercialized, but it was only possible to understand questions 1-3 with professional knowledge
	Color, pattern	Able to check for color and pattern
	Spatial understanding	Viewing office drawings in 2D does not help to comprehend space as there are a lot of restrictions on spatiality and require imagination.
BIM	Site condition identification	As the office drawings were checked in 3D, it was confirmed that the results of 1-3 were greatly improved without professional knowledge. In particular, positive results were given for questions that confirm indirect matters.
	Color, pattern	Able to check for color and pattern
	Spatial understanding	The office drawings in 3D helped to improve the spatial understanding, but was unable to fully understand due to limited internal visualization.
Mixed Reality	Site condition identification	Realistic identification and improvement of understanding is possible by combining the space in the field with 3D data.
	Color, pattern	Checking for color and pattern is difficult due to limitation on the realization of detailed parts.
	Spatial understanding	The effects of spatial understanding and grasping the space composition is high due to excellent realism.

Table 8. Analysis on decision-making by project participants

Standard	Subject	Analysis
Life quality	Client (professional)	CAD requires professional knowledge.
	Client (non-professional)	Improvement of life quality is possible if data on information utilization and space operation can be obtained.
	project participants	Improvement of subjects' life quality is expected if convenience is provided to the subjects during the 3D implementation process.
Enterprise awareness	Client (professional)	Implementing decision making systems, such as BIM and mixed reality, will be perceived as a professional enterprise as they are rarely used in current construction projects.
	Client (non-professional)	The use of BIM and MR devices will be perceived as a company that assist to understand decision-making, and a future-oriented company respectively.
	project participants	Implementation of decision-making systems, such as BIM and mixed reality, will be perceived as a professional enterprise as they are rarely used in current construction projects.
Client requirements	Client (professional)	Identification of decision factors is straight-forward using 3D modeling and will be more convenient if modeled on a 1:1 scale.
	Client (non-professional)	Realistic verification of client requirements is possible only when they are able to understand how the work will be performed and utilized into the actual space.
	project participants	Requirements must be recognized through 3D implementation.
Business performance	Client (professional)	Incase of difficult pre-performance measurement due to lack of expertise, model should be used to assist in decision making and high quality performance measurement that reflects on characteristics and purpose of the business.
	Client (non-professional)	The visualization process of business purpose is essential.
	project participants	Measuring performance is easy if 3D is implemented in reality.
Cost reduction	Client (professional)	Quick decision-making which helps reduce business costs are possible when space is easier to understand.
	Client (non-professional)	Visualization reduces time required for decision-making which saves project cost.
	project participants	Understanding among participants is fast if 3D is implemented in reality because it is felt on actual scale. In addition, the construction duration will be reduced due to fewer design changes.
Duration	Client (professional)	Using the BIM tool reduces the duration because understanding difficult to access spaces is easy.
	Client (non-professional)	If the schedule network is not immediately available on the computer, it is difficult to figure out how the project will proceed therefore the duration will be extended.
	project participants	The duration is reduced as decision making is helped through implementation of 3D in reality.
Client Decision-making	Client (professional)	Realistic visual data can reduce differences in drawing interpretation among members.
	Client (non-professional)	Confirmation of participants requirements at the actual remodelling site by 3D implementation assists in decision making as space scale and realism is felt.
	project participants	Data (educational needs, equipment problems) required to create mixed reality is difficult, but 3D implementation in reality helps decision making.
Safety	Client (professional)	Planning for environmental improvement and reduction of work preparation period is possible through realism.
	Client (non-professional)	It is doubtful whether it will help in terms of safety even though the site conditions can be identified through 3D.
	project participants	Realistic feeling will help improve the work environment.
Building improvement	Client (professional)	Visuals before and after improvement can be checked and improvement measures can be devised using BIM.
	Client (non-professional)	Improvement measurements can be made in 3D on actual site by application of mixed reality device, so identifying the changes by implementation is easier.
	project participants	Confirming deterioration in 2D is impossible. 3D and realism is required.
Indirect matters	Client (professional)	When there is a sense of reality, interior shape is easy to grasp, however identification of material texture and cross-sectional shape are difficult.
	Client (non-professional)	In the absence of experience and expertise, 3D implementation makes understanding easier.
	project participants	The MR device is good for identifying indirect information because it is possible to be felt in real scale, but it still lacks in details.
Suggestion for direction	Client (professional)	3D process is required for easier understanding of MEP space and indirect matters.
	Client (non-professional)	It is possible to easily understand spatial composition and increase usability if space can be visually identified.
	project participants	The 3D implementation can help with spatial understanding and suggest the direction of spatial planning.
Space layout	Client (professional)	Comparison of spatial layout data is possible during decision making process.
	Client (non-professional)	Compared to 2D, which is only able to identify the space zoning, visual comprehension of layout and composition of space is possible through 3D and realism.
	project participants	3D implementation helps confirm the space layout.



② BIM은 3D공간구현을 통해 클라이언트의 이해를 돕고, 의사결정에도 일조함을 알 수 있었다. 일관적이고 효율적인 데이터로 클라이언트가 프로젝트 참여자의 도움없이 수량 산출, 건축프로젝트 생애주기 등 건물의 정보에 대해 직접적인 검토가 가능하다.

③ 혼합현실 기술은 MEP 간접현황, 설계 현황 등에 관하여 현실적인 파악과 이해력 향상이 가능하며, 결과적으로 가상의 공간을 현실로 구현하여 프로젝트 클라이언트 요구조건에 대해 신속한 의사결정을 도와준다.

하지만 혼합현실기술을 적용한 기기 착용 시 실제 객체에 디지털 객체를 덧씌우는 시간차로 인하여 몇몇 실험참여자들이 눈 통증, 머리 어지럼증 등을 호소했다.

현재 혼합현실기기 장비의 성능적 한계로 인해 빛이 최대한 차단되는 장소에서 실험결과를 도출하였다. 자재의 색상, 패턴 등 복잡하고 세밀한 부위를 충분히 구현해내지 못한 한계가 있었고, 혼합현실 기술을 사용하기 위해 대상자들에 대한 혼합현실기술의 관련지식 교육이 필요했으며, 프로젝트 참여자가 3D모델링을 혼합현실모델링 데이터로 변환하는 과정에서 시간이 다소 소요된다는 한계점은 향후의 연구에서 해결해야할 것이다.

## References

- Cho, K.M., and Kim, T.H. (2018). "Risk Factors Influencing the Delays on the Remodeling Construction Works - Focused on Office Building Projects-" *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, JKIBC, 18(4), pp. 385-394.
- Choi, K.S., Lee, H.K., Park, Y.H., and Paek, J.H. (2003). "A Study on validity of CM at Risk for Discount Store Remodeling Projects." *Architectural Institute of Korea*, 23(2), pp. 527-530.
- Gang, J.M., and Lee, G.J. (2019). "A Study on the BIM Practice in Architectural Office." *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 39(1), pp. 154-155.
- Hong, J.H., Yeom, D.J., Choi, S.J., and Kim, Y.S. (2017). "A Study of the Decision Support Model to Select an Appropriate Alternative Plan in Apartment Remodeling." *Architectural Institute of Korea*, 33(3), pp. 41-50.
- Hong, S.W., and Ahn, Y.S. (2004). "A Study on Countermeasures for the Strategic Risk Management of Remodeling in Construction Projects." *Architectural Institute of Korea*, 20(11), pp. 153-160.
- Jensen, P. A., and Maslesa, E. (2015). "Value based building renovation - A tool for decision-making and evaluation." *Building and Environment*, 92, pp. 1-9.
- Ju, J.J., Kim, C.H., and Jeong, E.Y. (2007). "A Study on the Analysis of Satisfaction Index in Library Remodeling." *Architectural Institute of Korea*, 23(8), pp. 53-62.
- Kemmis, S. (1998). "System and lifeworld, and the conditions of learning in late modernity." *Curriculum Studies*, 6(3), pp. 269-305.
- Kim, J.H., Yoon, S.M., and Lee, S.Y. (2006). "Classifying Building Industry Clients and Investigating Their Attitude and Behavior: Supplement Research on Individual Clients." *Architectural Institute of Korea*, 8(4), pp. 123-130.
- Kim, K.T. (2009). "A study on the implementation of USN technologies for safety management monitoring of architectural construction site." *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, JKIBC, 9(4), pp. 103-109.
- Kim, Y.H., and Park, H.J. (2005). "Environmentally Friendly Remodeling of Interior Space : Implementation of Construction Process." *Journal of Korean Institute of Interior Design*, 14(6), pp. 270-279.
- Kim, Y.H., Lee, S.W., and Lee, J.S. (2009). "e-Learning Technology based on Mixed Reality." *Electronics and telecommunications trends*, 24(1), pp. 90-100.
- Lee, J.H., Han, S.H., and Cheon, S.U. (2009). "Recognition of Safety Sign Panel for Mixed Reality Application in a Factory Layout Planning." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 14(1), pp. 42-49.
- Lee, S.G. (2007). "Survey on Mixed Reality R&D." *Journal of the Korea Computer Graphics Society*, 13(2), pp. 1-15.
- Likert, R. (1932). "A technique for the measurement of attitudes." *Archives of psychology*.
- Min, J.H., and Choi, G.S. (2014). "Study on Color & Texture Image of Finishing Material by Interior Component - Centered on Interior Design Style Type-" *Journal of Korean Society of color Studies*, 28(4), pp. 75-87.
- Park, D.J. (2010). "A Study on Application BIM for Project Parties Decision-Making Support of Construction Pre-Design." MS thesis, Dong-Eui Univ., Busan.
- Park, H.J., Seo, M.B., and Ju, K.B. (2019). "A Study on Development of Design Support Tool for Building 3D Printing." *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 20(12), pp. 182-189.
- Webb, E.J. (1981). "Nonreactive measures in the social sciences." Houghton Mifflin School.
- Yoo, H.K., Kim, H.J., Kim, S.A., Hong, J.S., Lee, K.U.N., Kim, S.Y., and Lee, J.W. (2014). "AR Book Contents Authoring System on Augmented Reality." *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 2014(6), pp. 1335-1337.
- Yoo, S.Y., Yi, J.S., Kim, S.B., Choi, S.I., Jang, H.S., and Jun, J.K. (2008). "A Study on the Integrated Management

Methods of the Claim in Apartment Housing Project through Analysis of Moment of Truth.” *Architectural Institute of Korea*, 24(4), pp. 161-171.

Yu, C.S. (2017). “Analysis of Differences in Decision Making Process according to the Business Type and Role of Construction Project Clients.” MS thesis, Hanyang Univ., Seoul.

Zhao, X. (2017). “A scientometric review of global BIM research: Analysis and visualization.” *Automation in Construction*, 80, pp. 37-47.

---

**요약 :** 리모델링사업에서 건축적 전문 지식이 없는 클라이언트의 경우 요구사항을 정확하게 제시하는데 한계가 있다. 그 결과, 시공자와 설계자는 요구를 정확하게 인지하지 못해 클라이언트의 의도와 다른 설계를 진행하기도 한다. 이를 극복하기 위해 3차원 모델링 방법이 도입되고 있지만, 향후 지어질 결과를 가상으로 보여주는 이러한 방식도 한계가 있다. 리모델링 프로젝트의 경우 남겨진 구조물에 새로 지어질 부분을 더해 이해도를 높일 수 있는 증강현실을 도입할 경우 프로젝트 참여자의 이해도를 높일 수 있을 것으로 기대된다. 이에 본 연구에서는 고층 오피스 건물 리모델링 프로젝트를 대상으로 혼합현실을 도입했을 때 클라이언트가 설계 내용을 어느 정도 이해할 수 있고, 이를 바탕으로 의사결정을 원활하게 내릴 수 있는지를 검증하고자 한다. 실험연구를 통해 클라이언트, 프로젝트참여자가 2D CAD 도면, BIM, 혼합현실을 각각 체험한 후 12가지 의사결정 준거별로 어느 정도 지원 효과가 있는지 분석했다. 혼합현실의 경우 현실감 향상을 통해 향후 결과를 예측할 수 있는 장점이 부각된 반면, 바다과 같은 일부 부위의 경우 패턴 인식에 어려움이 있었고 어지럼증을 호소하는 단점이 파악되었다.

**키워드 :** 리모델링, 의사결정, 혼합현실(MR), 실험연구

---