

# IPA를 활용한 건축 설계단계 VR 적용가능업무 평가

(The Evaluation of VR Applicable Work in Building Design Phase using IPA)

이동윤\*, 서명배\*\*

(Dongyoun Lee, Myoung Bae Seo)

## 요약

4차산업혁명 대표적인 기술인 VR(Virtual Reality) 기술이 다양한 산업분야에 사용되고 있으며, 건축분야에서도 실무에 사용하는 사례가 증가하고 있다. 건축분야에서 VR은 안전 및 실무 교육용, 건축물 홍보용 등 사용자가 단순하게 3D 모델링을 가상 현실에 구현하여 체험하는 정도로 사용되고 있다. 그리고 관련 연구로는 재난안전 대피 시뮬레이션, 설계교육용 컨텐츠 등 컨텐츠 및 가치화 시뮬레이션 개발에 대한 연구하는 수준이다. 실무에서 요구되고, 적합한 VR 기술 개발 및 방향성 제시에 대한 연구는 미비하다. 따라서 본 연구에서는 건축분야에 적합한 VR 기술 개발하기 앞서 적용가능한 업무를 도출하여 전문가들의 판단을 근거한 정량적인 평가 및 분석을 하고자 한다. 단, 현재 건축 전과정에서 VR의 필요성 및 적용 효과가 높을 것으로 판단되는 건축 설계단계를 대상으로 연구를 진행하였다. 도출된 건축 설계단계 VR 적용가능업무는 9개이며, 이를 업무를 대상으로 기대수준, 중요도, 적용도를 설문조사하여 IPA(Importance Performance Analysis)를 활용하여 평가 및 분석하였다. 그 결과, 건축 부재 설계 검토업무, 관련 이해관계자간의 의사결정을 위한 협업 업무에 대하여 VR 기술 및 컨텐츠 개발이 필요한 것으로 평가 및 분석되었다. 본 연구 결과는 향후 건축 설계단계에 적용할 VR 기술 개발에 있어 기초자료로 사용될 것이라 사료된다.

■ 중심어 : 가상현실 ; 건축 ; 설계 ; IPA

## Abstract

In the construction, VR(Virtual Reality) is simply used by users to implement and experience 3D modeling in virtual reality, such as safety, practical education, and promotion. The VR related research includes content development and visualization simulation such as disaster safety evacuation simulation and design education contents. Research on developing suitable VR and presenting directionality is insufficient, which is required in practice. Therefore, in this study, prior to the development of VR suitable for the construction, quantitative evaluation, and analysis based on the judgment of experts are performed. However, the research was conducted on the design stages, which are believed to have high needs and application effects of VR during the lifecycle of construction. There are nine tasks that can be applied to VR in the design stage, and these tasks were evaluated and analyzed using IPA(Importance Performance Analysis) by surveying the level of expectations, importance, and performance. As a result, it was evaluated and analyzed that VR and content development was necessary for the review of member interference and collaboration work for decision making among related stakeholders. The results of this study are expected to be used as basic data for the development of VR to be applied in the design stage to the future.

■ keywords : VR ; Construction ; Design ; IPA

## I. 서 론

VR(Virtual Reality)은 게임, 교육, 의료, 군사, 방송 등의 다

양한 분야에서 사용되고 있고, 4차 산업혁명의 대표적인 기술로도 손꼽히고 있다[1]. 시각적 표현기술 중 대표기술로 손꼽히는 VR은 가상의 환경을 실제처럼 구현하는 수단으로 체험적인 프로세스가 가능하며, 인간의 눈을 통해 거리와 깊이로 입체를 지

\* 정회원, 한국건설기술연구원 미래융합연구본부 건설자동화연구센터 박사후연구원

\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 미래융합연구본부 건설자동화연구센터 수석연구원

이 논문은 2020년도 한국건설기술연구원 주요사업인 「기상/증강현실 기반 스마트건설 가상화 시뮬레이션 기술 개발」 과제 일환으로 수행된 연구임

접수일자 : 2020년 10월 14일

제재확정일 : 2020년 12월 10일

수정일자 : 2020년 12월 07일

교신저자 : 서명배 e-mail : smb@kict.re.kr

각하는 인간공학적 방법에 근거한 공간디자인 분야에서도 3차원의 공간에서 실제와 같은 가상현실을 구현하는 연구들이 진행되고 있다[2]. 그리고 가상현실과 증강현실 기술을 혼합한 혼합현실의 기술도 개발되어 의료분야, 제조분야 등에서 교육측면에서 사용되는 시도들이 늘고 있다[3]. 최근 건축분야에서 VR 기술은 건축물의 시뮬레이션을 통한 시각적 사전검토, 문화재의 가상복원 검토 등으로 적용 가능하여 건축 설계분야에서 많은 가능성을 지니고 있는 기술로 주목받고 있다[2]. 또한 VR은 예비입주자들에게 실감적인 설명을 위한 모델하우스에서의 사용과 프로젝트 기획단계에서의 경관검토, 건설현장에서 작업자 안전교육 등에 사용되고 있다[4].

이와 같은 기술의 가능성에도 불구하고, 교육, 의료, 교통 등의 타분야에 비해 건축에서 VR이 적용되는 정도는 많이 부족한 실정이고, 적용되는 분야도 아직 시범적용하는 단계이다. 최근 관련 유사 연구들은 건축에 적용하기 위한 재난대피 시뮬레이션과 같은 VR의 컨텐츠 및 시뮬레이션기술 개발과 BIM 기반의 다면 투사 가능한 시스템 개발 등이 있다[5-7]. 그리고 국내에서 건축분야에서 VR이 많이 연구 및 개발되고 있는 분야는 안전 및 설계교육, 설계협업에 관한 것들인데, 이를 또한 실무에 사용되는 단계가 아닌 시범적인 단계에서 시뮬레이션을 구현하는 정도이다. 그리하여 VR을 건축에 적용하기 위해 다양한 측면에서 고안하여 컨텐츠 및 시스템 등을 개발하고자 하지만 대다수의 기존 연구들은 정성적인 판단에 근거하여 VR의 연구 범위를 선정하여 진행하였다. 그렇기 때문에 우선적으로 VR을 건축 적용하기 위해 가장 필요시 되고 적용 가능한 업무들을 평가 및 분석하는 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 건축 전과정 중 VR이 가장 효과적으로 적용될 것으로 판단되는 설계단계에서 VR이 적용 가능한 업무를 도출하고 평가 및 분석을 하고자 한다. 평가 및 분석은 전문가의 의견을 정성적으로 반영하여 항목을 구성하고, 설문조사를 통해 정량적으로 제시하고자 한다.

본 연구는 건축 설계단계에서 VR을 적용 가능한 업무를 도출하고 해당 업무들을 평가 및 분석하는 것이다. 따라서 건축 전과정 중 기획 및 설계단계에 해당하는 업무를 대상으로 연구를 진행하였다. 도출된 업무들은 1차 선별 및 2차 최종도출을 진행하였으며, 1차 선별은 국내외 VR을 적용한 사례가 있는 건축설계사를 대상으로 적용한 업무들을 고찰하여 선별하였다. 조사한 자료는 국내외 문헌 및 SNS(Social Networking Service) 등 각종 매체 및 웹사이트 등을 통하여 수집 및 조사되었다. 선별된 업무들을 정리한 후 국내 VR 전문업체 및 설계 전문가를 대상으로 2차례의 자문을 거쳐 적용 가능한 업무를 2개의 레벨로 분류하여 도출하였다. 도출된 업무를 평가하고 분석하기 위해서는 설문조사를 진행하였으며, 설문조사의 척도는 Expectation, Importance, Performance이며, 5점 척도로 진행하였다. 설문된 결과는 IPA(Importance Performance Analysis)를 활용하

여 적용 가능 업무를 분석 및 평가하였다.

본 연구 결과는 향후 VR 기술을 건축 설계단계에서 필요로 되는 분야에 개발 기술의 종류 및 방향성 등을 제시할 수 있는 가이드로 제공될 것이라 사료된다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 건축 VR 연구 트렌드 분석

본 연구를 진행하기 앞서 건축에서 VR을 적용한 연구동향을 살펴보기 위해 관련 논문들의 핵심 키워드를 분석하였다. 분석한 내용은 이동윤 외 1(2020)의 연구결과를 참고하였다[3]. 핵심 키워드 분석은 연도별 추이와 빈도분석, 연관도 분석으로 수행되었으며, 이들 중 본 연구에서는 빈도분석 및 연관도 분석을 내용을 참고하였다.

핵심 키워드 및 빈도분석 결과는 다음 표 1과 같으며, 핵심 키워드는 총 6개의 그룹으로 분류가 된다. 빈도분석 결과, 주요 키워드 그룹인 기술과 건설을 제외하면, 설계 그룹의 키워드 빈도가 높은 것으로 나타났다.

표 1. 그룹별 키워드 빈도 분석 결과

Group	Keyword	Appearance (%)
Technique	VR	935 (22.6)
	AR	632 (15.3)
	MR	30 (0.7)
	GIS	54 (1.3)
	Scanning	22 (0.5)
Building and Construction	Construction	453 (10.9)
	Building	240 (5.8)
	Architecture	190 (4.6)
Building	Design	160 (3.9)
	CAD	85 (2.1)
	BIM	358 (8.7)
	Visualization	132 (3.2)
Management	CM	27 (0.7)
	PM	32 (0.8)
	Assessment	12 (0.3)
	Real_Time	21 (0.5)
	Safety	70 (1.7)
Education	Education	71 (1.7)
	Classroom	6 (0.1)
	Teaching	12 (0.3)
Visual Simulation	3D	301 (7.3)
	4D	45 (1.1)
	Simulation	250 (6.0)
Total		4,138 (100)

이는 관리 및 평가와 교육에 비해 현재까지 설계단계에서 VR 적용의 가능성과 필요성이 높은 것으로 판단할 수 있다. 또한

연관성 분석에서도 BIM(Building Information Modeling), Design 등과 같은 설계 그룹의 키워드가 VR과 연관성이 높은 것으로 나타난다. 따라서 본 연구에서는 현재 VR이 건축에서 적용 가능성과 필요성, 현실성이 높은 단계라고 판단되는 설계 단계를 대상으로 요구되는 업무를 도출하고, 설계단계에서 VR을 적용할 시 우선적으로 요구되는 업무를 분석하고자 한다.

## 2. 국내외 설계사의 VR 적용사례

가상현실 기술 발전과 더불어 국내외 설계사들의 VR 적용사례는 지속적으로 증가하고 있다.

미국의 NBBJ의 로버트 맥킨 공동대표는 VR/AR(Augmented Reality) 솔루션이 건축디자인의 혁신도구가 될 것이라고 예측 하였으며 기 구축건축물의 홍보 및 컨텐츠 제공에 중점을 두고 가상현실 기술을 활용하고 있다[8]. 또한 설계단계에 디지털 목업 기반 가상현실 콘텐츠 제작을 통해 설계단계에서 시공시 문제요소에 대한 사전점검 및 이를 해소하기 위한 노력을 진행하였다. 미국의 AECOM은 VR 기술을 엔터테인먼트사업의 건축 설계, 조경디자인, 엔지니어링 업무에 활용할 예정이라고 밝혔다[9]. Perkins+Will에서는 VR장비를 사용하여 특정 고객들을 상대로 하는 VR 서비스와는 달리, 누구나 사용할 수 있는 Cardboard 고글 및 Web 기반의 플랫폼을 사용하여 보다 많은 지역주민들에게 리모델링 프로젝트의 VR 체험을 제공하고 있다[10]. Gensler의 경우 HMD 기기를 활용한 VR 솔루션 개발을 통해 BIM 모델 검증과 협업설계에 활용하고 있다[11]. CallisonRTKL 설계사는 디자이너로 하여금 실제 VR 가상체험을 통해 고객(건축주)의 입장에서 디자인의 공간 기능, 구조, 깨끗성, 편리성 등에 관해 자체 평가를 수행하고 있으며, 차후 설계 과정에서 교훈을 피드백하여 굿 디자인(good design)의 품질을 향상시키는 보조도구로서 VR을 활용하고 있다[12]. Stantec 설계사는 VR 기술을 초기 설계단계부터 클라이언트 참여, 현업부서 설계업무, 코디네이션, 홍보, 마케팅에 이르기까지 다양한 용도로 활용하고 있으며 클라이언트의 미팅 시 정기적으로 VR을 활용하여 프로젝트를 이해시키고, 커뮤니케이션의 주요 매체로 활용하고 있다[13]. HDR은 오피스건물의 리모델링 설계를 위해 현실세계와 가상현실을 결합하여 리모델링 공간의 크기, 마감, 색체 등 요구사항 충족 여부를 검토하고 있으며 가상의 디자인 솔루션을 실제 공간으로 가져와 디자인의 결합성과 상호작용을 평가하는 솔루션을 개발하였다[14].

국내의 마조조경설계사무소는 도시계획 및 조경설계 서비스를 제공하는 기업으로 VR 플랫폼을 활용하여 공동주택에 대한 VR 서비스를 제공하고 있다[15]. 아키페이스건축사사무소는 3D 설계, 가상현실에 특화된 벤처기업으로, 주택건축설계, VR, CG(Computer Graphics) 용역 서비스 제공하고 있으며 건축

주택, 전통건축, 모델하우스, 경관시뮬레이션 등 다양한 VR 용역서비스를 제공하고 있다[16].

표 2. 건축 설계사별 VR 활용 업무

회사명	내용
AECOM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 인터랙티브 VR 솔루션을 활용한 설계검토</li> <li>- 건축설계, 조경디자인, 엔지니어링업무</li> </ul>
Gensler	<ul style="list-style-type: none"> <li>- VR을 활용한 BIM 모델 검증 및 협업설계</li> <li>- 리모델링 공간의 크기, 마감, 색체 등 요구사항 충족 여부 검토</li> </ul>
EAH	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Digital mock-up을 구축하여 비용 및 시간투입 절감</li> <li>- 전문가와 디자이너팀 간 설계검토 및 의사결정</li> </ul>
HOK	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계팀 내의 의사소통 수단</li> <li>- 모델 공유를 통한 업무협의</li> </ul>
Perkins+Will	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역주민들에게 리모델링 프로젝트의 VR 체험 제공</li> <li>- 설계 코디네이션 업무 활용</li> </ul>
CallisonRTKL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Physical mock-up을 VR로 대체하여 virtual mock-up으로 검토함</li> <li>- 디자인의 공간 기능, 구조, 깨끗성, 편리성 등에 관한 자체 평가 수행</li> <li>- 디자이너의 가상공간체험과 교육</li> </ul>
Stantec	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 설계단계부터 클라이언트 참여, 현업부서 설계업무, 코디네이션, 홍보, 마케팅 등 다양한 용도로 활용</li> </ul>
Woods Bagot	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 디자인 프리젠테이션을 위해 VR 활용</li> <li>- 설계 프로젝트 클라이언트와의 커뮤니케이션 용도</li> </ul>
HDR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 리모델링 설계업무에 VR 활용</li> <li>- 시설물관련 부서와 디자인 문제에 관한 의사소통 도구</li> <li>- 디자인 세부사항이 조정 및 검토되어 신속한 의사결정</li> </ul>
(주)희림종합건축 사무소	<ul style="list-style-type: none"> <li>- VR을 활용한 홍보, 용역 서비스 제공</li> <li>- 설계업무단계에서 VR 활용을 위한 가이드 개발</li> </ul>
(주)아키페이스 건축사무소	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주택건축설계, VR, CG 용역 서비스</li> <li>- 건축주택, 전통건축, 모델하우스, 경관시뮬레이션 등 다양한 VR 용역서비스를 제공</li> </ul>

## 3. 국내외 건축 설계단계 VR 연구사례

류정립 외 2인(2010)은 주거단지 배치계획의 의사결정 지원에 AR기술 적용의 가능성을 검토하였다[17]. 이를 위해 내외부 촬영 및 실측, 스케치업 3D 모델 생성, 주동모델의 마커 등록,

AR도구(BuildAR), HMD(ITS-VR Pro AR)를 활용해서 주동 배치안을 검토하였다. 김정훈 외 1인(2016)은 온양박물관 전시시설의 관광/홍보를 위해 VR 기술을 적용하였으며 내외부 촬영 및 실측, 스케치업 3D 모델 생성, Unity를 활용한 VR 구현 및 활용성을 검토하였다[18]. 한종성(2015)은 전주한옥마을 VR 가상체험시스템을 구축 및 평가하였다. 이를 위해 내외부 촬영 및 실측, 3D Max 3D 형상 구현, Unity를 활용한 VR 구현 및 시험자 대상 체험 평가를 진행하였다[19]. 홍승완(2017)은 VR을 설계교육에 적용하였으며 무장애 설계안 평가에 활용하였다. 설계교육을 위해서 Grasshopper를 활용한 디자인 생성 및 3D 모델 생성, Unity를 활용한 VR 구현, HMD를 활용해 설계안의 기능과 형태의 정성적 평가를 진행하였다. 무장애 설계안 평가를 위해 BIM 3D 모델 생성, Unity 활용하여 휠체어를 탄 아바타를 제작하였으며 진입로의 형태, 크기, 경사도 등 체험을 통해 건축법규와 사회적 약자의 고충 간 문제를 발견하고, 설계안의 보완에 활용하였다[20].



그림 1. VR을 활용한 설계교육 및 설계검토

W. A. Abdelhameed (2013)는 교육 측면에서 VR 활용 가능성 및 효과를 검토하였다. 이를 위해 3d max, Sketch Up, AutoCAD 모델링을 진행하였고 VR을 통해 디자인 수정사항을 확인하여 디자인 인지도 향상, 즉각적 평가가 용이한 시스템을 개발하였다[21]. D. Broschart 외 1인 (2014)은 건축, 도시 계획 분야 AR Use cases를 제시하였으며 전쟁으로 인해 유실된 건물을 모바일 기반 AR로 체험하고 관련 역사를 음성으로 들려주도록 개발하였다[22]. J. Wang 외 3인 (2014)은 건물 데이터의 시각화를 향상시키고 의사결정을 지원하기 위해 BIM과 AR 도구를 사용하는 접근법을 제시하였다. BIM 데이터의 형상과 메타정보를 통해 AR 시스템 AAVS (AR for Architectural Visualization System)를 개발하였으며 특히 Maintenance module은 현실의 오브젝트에 대한 메타 정보를 AR로 시각화 하였다[23]. M. Gheisari (2014)는 실제 현장에서 획득한 파노라마 이미지를 통해 가상공간을 구축하고 BIM 데이터를 중첩시키는 Semi-AR 기법을 제시하였다. 파노라마 이미지를 통해 현장에 있지 않아도 현장과 유사한 AR 체험이 가능하다[24]. 이와 같은 기술을 보다 효과적으로 활용하기 위해 사용자의 시선을 추적하여 분석하는 기술개발 연구들도 활발히 진행 중이다[25].



그림 2. 파노라마 이미지와 BIM 데이터를 결합한 Semi-AR

J. Du 외 3인 (2018)는 Cloud 기반 BIM 메타 데이터를 해석하고 통신하는 BVRS라는 BIM-VR 실시간 동기화 시스템을 개발하였다. BVRS를 사용하면 BIM 모델 변경 사항이 자동으로 업데이트되어 Oculus Rift DK2와 같은 VR 헤드셋을 통해 실시간 디스플레이가 가능하다[26].



그림 3. 가상공간에서 BIM 메타데이터 시각화

#### 4. VR 소프트웨어 현황 조사

설계사무소 업무환경에서 디자이너가 3차원 디자인 도구와 연동하여 활용할 수 있는 주요 VR/AR 도구는 다양하게 존재한다. 대표적으로 살펴보면 VR분야에서는 Enscape, Lumion, Twinmotion과 VR/AR에서 동시에 활용 가능한 Entiti, Thingworx Studio, Unity, Unreal 등이 존재한다. Enscape의 경우 Revit, Sketchup, Rhino 플러그인 형태로 작동되며 Real Time Rendering을 통해 VR을 즉각적으로 적용할 수 있다는 장점이 있다. Lumion은 다양한 3D 파일 포맷을 지원하며 306 VR만 지원한다는 단점이 있는 반면 다양한 자체 라이브러리를 제공하는 장점이 있다. Twinmotion의 경우 Revit이나 ArchiCAD와의 연동성이 뛰어나고 다양한 자체 라이브러리를 보유하고 있으나 렌더시간이 오래 걸리는 단점이 존재한다. Unity는 VR/AR을 위한 가장 대중적인 플랫폼으로 모바일 구현에 장점이 있고 다양한 플랫폼과의 호환성이 좋다. Unreal 역시 대부분의 디바이스와 연동이 가능하며 높은 수준의 렌더링 퍼포먼스를 기반으로 한 고품질의 콘텐츠 제작이 가능한 장점이 있다.

### III. VR 적용가능업무 도출

#### 1. 개요

건축 설계단계 VR 적용가능업무를 도출하기 위해 국내외 주요 설계사의 VR 적용사례를 바탕으로 1차적으로 업무를 선별 하였으며, 1차 선별된 업무를 기반으로 VR을 적용한 경험이 있는 국내 설계사 전문가를 대상으로 자문을 진행하여 최종 요구 되는 업무를 도출하였다. 최종 도출된 요구업무는 Level 1, 2로 구분되어 도출되었으며, 이는 2번의 전문가 자문을 통해 선별되었다.

#### 2. 국내외 주요 사례기반 적용가능 업무 선별

건축 설계단계 VR 적용가능 업무는 국내외 주요 설계사의 사례를 기반으로 1차적인 업무 선별을 수행하였다. 1차적으로 선별된 업무들은 조사대상 설계사별 사례업무들의 주요 키워드로 정리하였다(표 3).

표 3. 회사별 VR 적용가능한 건축 설계업무

회사	업무
AECOM	설계검토, 외부경관검토
Gensler	설계검토, 협업
E4H	디지털 목업, 설계검토, 의사결정
HOK	설계검토, 의사소통, 협업
Perkins+Will	설계검토, 디지털 목업, 발표, 교육
CallisonRTKL	발표, 교육, 설계검토, 홍보, 마케팅
Stantec	설계검토, 발표, 협업
Woods Bagot	설계검토, 협업, 의사결정
HDR	설계검토, 홍보
(주)희림종합건축 사무소	도시경관검토, 홍보
(주)아키페이스 건축사무소	외부공간 설계검토, 도시경관검토

대부분 해외 설계사는 360VR 컨텐츠, 인터랙티브 컨텐츠를 제공하고 있으며, 주로 설계 검토, 의사결정, 홍보 등을 위해 활용하는 것으로 나타났다. 특히 HOK, NBBJ는 BIM-VR 도구를 활용하고 있으며, 주로 가상체험을 통한 외부경관, 공간, 동선, 간섭 검토에 활용하고 있다. 또한 특수 시설물, 병원설계 등 높은 엔지니어링 IT, 서비스시스템 도입이 요구되는 설계는 설계 후 시공 전(前)단계에서 physical mock-up이 필요한 경우를 대비한 VR 기술을 활용한 Digital mock-up을 통해 제작비용을 절감하는 효과가 있는 것으로 파악되었다.

국내 설계사의 경우, VR 기술의 도입 및 적용은 미비한 상황

이나, 해외 설계사 대비 기술의 활용용도 및 수준은 유사한 것으로 판단된다. 주로 VR이 적용가능한 업무로는 설계검토, 홍보, 도시경관 검토 수준의 업무가 있는 것으로 나타났다.

#### 3. 전문가 자문을 통한 최종 요구업무 도출

가상현실 적용가능업무가 가능한 최종업무를 도출하기 위해서 2차례의 전문가 자문을 통해 2개의 레벨로 업무를 선별하였다. 업무를 선별한 결과는 다음 표 4와 같다. 도출된 업무는 설계사를 대상으로 선별된 것으로 설계 검토, 의사결정, 발표, 홍보 등 4개의 대분류로 분류되었다. 디자인 검토의 경우 대지, 조경, 건물외피 등 외부경관을 검토하는 것과 건축물 공간규모, 단면, 동선, 계단, 마감 등의 전반적인 건축물 설계를 검토하는 것, 부재 간섭 및 충돌, 접합부위 상세점검 등의 부재 간섭 검토하는 업무로 구분되었다. 의사결정의 경우는 주관설계부서, 지원부서, 협력사간의 협의 등 각 관련부사간의 협력단계에서의 협업 업무와 특수시설물, 공간 요구사항, 디자인 목업 등과 같은 설계, 목업 등의 디지털 목업을 통한 외부의사결정으로 구분된다. 세 번째로 관계자간의 이슈사항을 결정하기 위한 발표업무와 발주자에게 보고 발표하는 등 발표 업무가 있다. 마지막으로 홍보는 주민대상으로 하는 홍보, 민간 발주처 대상으로 대표작 사례 등을 홍보하는 업무가 도출되었다.

표 4. 최종 VR 적용가능한 건축 설계업무

VR 적용가능업무			
Level 1	Level 2	상세내용	
A 설계 검토	1 외부경관	대지, 조경, 건물외피, 부대시설, 주차장, 진입로 등	
	2 건축물	건축/구조/MEP시스템, 공간규모, 단면, 동선, 코어, Elev., 계단, 마감 등	
	3 부재간섭	접합부위 디테일, 부재 충돌 등	
B 의사 결정	1 협업	주관설계부서/지원부서/협력사 간 협의, 의사결정, 이슈 논의 등	
	2 디지털 목업	특수시설물, 공간 요구사항, 이슈해결 등을 위한 디자인 목업	
C 발표	1 경영진 보고	건물디자인, 배치계획, 이슈사항 결정 등	
	2 발주처 보고	디자인 컨셉/이슈, 설계지침/요구사항 이행 등	
D 홍보	1 주민공청회	주민대상 설계사 선정평가, 요구사항/이슈 해결 등	
	2 발주처 홍보	민간발주처 대상 설계사 대표작, 사례 등 홍보	

## IV. IPA를 이용한 VR 적용가능업무 평가 및 분석

### 1. 분석개요

본 연구는 건축설계단계 VR 적용가능업무를 평가 및 분석하기 위한 것으로 앞서 도출된 설계단계 VR 적용가능업무를 대상으로 기대수준 및 중요도, 적용도의 척도를 기준으로 설문받아 IPA를 사용하여 분석하였다. 기대수준은 IPA 기법과 함께 유의미한 분석결과를 도출하기 위함이다. IPA 기법은 서비스 제공자가 서비스 이용자의 만족도 혹은 서비스 제공의 경영평가를 위하여 특정 서비스에 대하여 이용자가 무엇을 중요하게 여기고 있는지를 파악할 수 있으며, 각 항목의 중요도를 이용者 스스로 평가하도록 하여 중요도와 만족도를 비교 및 검토하여 대응전략을 검토할 수 있는 것이다[27]. 설문조사는 VR을 적용 또는 적용하기 위한 연구를 진행 중인 국내 설계사의 담당자 17명과 건축분야 VR 관련 연구를 진행하고 있는 연구자 8명, 건축분야 VR 컨텐츠 개발자 7명 등 총 32명을 대상으로 진행하였다. 각 평가척도별 설문조사는 5점 척도로 조사받았으며, 점수가 높을수록 척도의 의미가 높다는 것을 의미한다. 본 논문에서 기대수준은 해당 업무에 VR이 적용될 업무의 효율성, 생산성 등의 예상기대효과의 정도를 의미한다. 그리고 중요도는 해당 업무에 VR 적용의 필요성 및 중요성을 나타내고, 적용도는 해당 업무의 VR 적용을 위한 업무적용 및 연구진행 정도를 의미하는 것이다.

### 2. 설문조사결과 신뢰도 분석

설문결과의 신뢰도를 검증하기 위해 크론바흐(Cronbach)  $\alpha$  계수를 사용하여 신뢰도 평가를 실시하였다. 신뢰도 분석은 측정값의 일관성, 안정성, 예측가능성, 정확성 등과 관련된 개념으로 동일한 개념에 대해 측정을 반복했을 때 동일한 측정값을 얻을 가능성을 분석하는 것이다. 크론바흐  $\alpha$ 계수가 1에 가까울수록 좋은 신뢰도를 가지는 것을 의미한다. 일반적으로  $\alpha$ 계수가 0.8~0.9의 값이면 신뢰도가 매우 높은 것으로, 0.7 이상이면 설문의 결과가 신뢰성이 있는 것으로 판단한다[28]. 신뢰도 분석은 SPSS Statistics 프로그램을 사용하였다. 신뢰도 분석 결과, 최저 신뢰도 항목 수치가 0.751로 본 설문의 평가 자료는 건축설계단계 VR 적용 요구업무 우선순위를 분석함에 있어 타당하다고 판단하였다(표 5).

표 5. 설문조사 결과의 신뢰도 분석

VR 적용가능업무				평가척도	Cronbach- $\alpha$
A 설계 검토	1 외부경관	기대수준	0.825		
		중요도	0.822		
		적용도	0.803		
	2 건축물	기대수준	0.813		
		중요도	0.790		
		적용도	0.783		
	3 부재간섭	기대수준	0.818		
		중요도	0.911		
		적용도	0.782		
B 의사 결정	1 협업	기대수준	0.820		
		중요도	0.870		
		적용도	0.831		
	2 디지털 목업	기대수준	0.794		
		중요도	0.858		
		적용도	0.792		
C 발표	1 경영진 보고	기대수준	0.771		
		중요도	0.771		
		적용도	0.795		
	2 발주처 보고	기대수준	0.786		
		중요도	0.769		
		적용도	0.823		
D 홍보	1 주민공청회	기대수준	0.791		
		중요도	0.751		
		적용도	0.775		
	2 발주처 홍보	기대수준	0.802		
		중요도	0.910		
		적용도	0.895		

### 3. 분석결과

#### 가. Expectation 분석결과

각 업무별 기대수준을 설문받은 결과, 모든 업무에 있어 VR 적용에 대한 예상 기대정도는 높은 것으로 나타났다. 특히 건축물 설계 검토하는 업무에 대한 기대정도가 4.55로 높게 나타났으며, 이는 건축물 설계안의 정성적 평가 시 VR 적용한 자료는 평가의 추가적인 보조자료로 활용이 가능할 것으로 나타났다. 그리고 민간발주처 대상 홍보자료에 사용하는 것에 대한 기대정도도 높은 것으로 나타났다. 이는 기존의 고객 또는 잠재적인 고객인 민간 발주처 대상으로 효과적인 홍보가 가능할 것이라 기대하고, VR이 효과적인 의사전달도구의 역할을 다할 것이라 기대하기 때문인 것으로 나타났다.

표 6. 기대수준 결과

VR 적용가능업무			Expectation
A 설계 검토	1	외부경관	4.31
	2	건축물	4.55
	3	부재간섭	4.35
B 의사 결정	1	협업	4.12
	2	디지털 목업	3.91
C 발표	1	경영진 보고	4.15
	2	발주처 보고	4.30
D 홍보	1	주민공청회	3.82
	2	발주처 홍보	4.72
평균			4.25

## 나. IPA 결과

중요도 척도에 있어, 발주처에게 보고하는 발표(C-2)가 VR 적용하는 것에 가장 중요한 것으로 나타났다. 이는 발주처에 주요한 설계검토 및 변경 등을 보고하는 것이 실무자 입장에서 가장 중요한 것으로 해석가능하며, VR를 사용할 시 효과가 많을 것으로 분석된다. 또한 건축물의 설계검토(A-2)하는 것이 그 다음으로 중요한 것으로 나타났다. 기존 2D 도면으로 검토가 어려운 MEP(Mechanical Electrical and Plumbing)시스템 설계, 구조 등의 부분에서 설계 검토 시 VR을 활용하는 것이 중요할 것으로 판단할 수 있다. 그리고 나머지의 작업 및 업무 있어서도 VR 적용의 중요성이 있는 것으로 조사되었다. 적용도 척도에서는 설계 검토하는 업무들에 있어서 VR 적용 및 연구들이 활발하게 수행되고 있는 것으로 나타났다. 또한 발주처에 보고하는 용도와 예비 거주자들에게 홍보하는 용도로도 많이 적용되고 있는 것으로 조사되었다. 다만, 설계단계에서 주요한 의사결정의 업무에 있어서는 비교적 낮은 것으로 나타났고, 민간발주처 대상 설계사 대표작, 사례 등의 홍보를 위한 업무는 가장 낮은 것으로 조사되었다.

표 7. IPA 결과

VR 적용가능업무			중요도	적용도
A 설계 검토	1	외부경관	3.96	4.39
	2	건축물	4.22	4.09
	3	부재간섭	4.17	3.35
B 의사 결정	1	협업	4.00	3.26
	2	디지털 목업	3.57	3.39
C 발표	1	경영진 보고	3.83	3.43
	2	발주처 보고	4.39	3.70
D 홍보	1	주민공청회	3.83	3.78
	2	발주처 홍보	3.52	2.87
평균			3.94	3.58

IPA의 사차분면은 두 개의 척도에서 조사된 평균값을 기준으로 구분되었으며, 본 연구에서 도출된 9개의 적용가능한 업무의 IPA 결과는 그림 4와 같다.

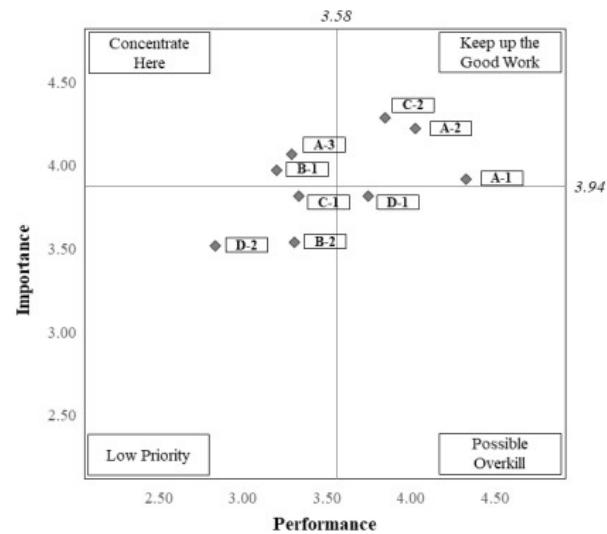


그림 4. IPA 사차분면 결과

설계 검토 업무 중 외부경관 검토(A-1) 및 건물 디자인 검토의 업무(A-2)는 VR 적용에 있어 높은 기대수준과 중요성만큼 업무에 적용되는 정도도 높은 것으로 나타났다. 이와 마찬가지로 발주처에 업무 보고 및 발표하는 업무(C-2)도 VR의 활용가치와 기대치는 높은 것으로 분석된다. 해당 업무에서 VR의 적용성은 현재로도 충분한 것으로 해석이 된다. 다만, 부재 간섭 등의 검토 업무(A-3) 및 여러 이해관계자간의 의사결정을 위한 협업 업무(B-1)는 VR 적용의 높은 기대수준과 중요성에 대비 기술의 적용도가 낮은 것으로 나타난다. 해당 업무들은 현재 업무에서 가시성과 현실성이 높은 컨텐츠를 활용하는 것이 요구되는 것에도 불구하고, VR의 활용성과 VR 구현의 상세기술의 개발 부족으로 인해 현재 적용되는 정도가 부족하다고 분석된다. 건축설계단계에서 의사결정을 위한 협업 및 소통이 중요함에 따라 BIM 뿐만 아니라 VR의 상세 기술을 잘 활용할 수 있는 방안에 대한 기술개발 등이 필요할 것으로 판단된다. 이는 설문에 참여한 전문가들의 공통적인 의견으로 의사결정의 중요성이 부각되는 부분이다. 또한 현재 2D 도면에서 판단하기 힘든 MEP 설계의 간섭체크, 구조 설계에서의 부재간의 간섭 검토 등 BIM 뿐만 아닌 VR을 통한 검토가능한 기술이 현업에 적용될 수 있는 방안 연구가 필요한 것으로 판단된다. 특히 MEP 설계의 간섭체크, 부재간의 간섭검토 등은 현업에서 가장 많이 필요로 되는 부분이며, 설문에 참여한 설계 전문가 대부분이 VR의 사용성에 있어 가장 유효할 업무라 판단하였다.

마지막으로 기대수준이 가장 높은 민간 발주처 대상으로 설

계사 대표작 사례 홍보 등의 업무(D-2)는 타 업무에 비해 중요도가 떨어지고, VR 적용도도 가장 낮은 것으로 나타난다. 이와 같은 이유는 VR을 적용함에 있어 실무에서 가장 효과적일 것이라 기대할 수 있지만 향후 잠재적 고객인 발주처 대상으로 홍보하는 마케팅 업무의 수요가 많지가 않을 뿐더러, 현재 VR 기술로 적용한 비용 대비 성과달성을 효과가 높지 않은 것으로 실무에서 판단하기 때문인 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 되짚어 본다면, VR을 건축설계단계의 업무와 실무에 효과적으로 적용되기 위해서는 상세한 컨텐츠 및 기술 개발도 필요하지만 가성비가 높은 기술력도 필요한 것으로 분석된다.

## V. 결론

본 연구는 가상의 환경을 실제와 유사하게 표현하여 업무의 효과를 극대화할 수 있는 VR을 건축 설계단계의 업무에 적용할 개발기술의 방향성을 제시하기 앞서 적용가능한 업무를 상세하게 제시하고자 한다. 이를 위해 업무별 VR 기술의 기대수준 및 중요도, 적용도를 판단하기 위해 VR 적용 사례가 있는 건축설계 전문가 대상 자문 및 설문조사를 진행하고 IPA를 통해 평가 및 분석을 실시하였다.

건축 설계단계에서 도출된 VR 적용가능한 업무는 총 9이며, 이들의 업무는 건축설계검토, 의사소통, 업무보고 및 발표, 홍보에 관련된 업무인 것으로 도출되었다. 기대수준과 IPA를 통한 업무별 평가 및 분석한 결과, 모든 업무에서 VR을 적용하는 기대수준은 높은 것으로 나타났으나, 건축 도면을 통한 건축부재 간접 등의 검토 업무 및 관련 이해관계자간의 의사결정을 위한 협업 업무는 VR 적용의 중요성에 대비 현업에 적용되는 정도는 낮은 것으로 나타났다. 이와 같은 업무를 대상으로 VR의 기술, 컨텐츠 개발 등이 필요한 것으로 분석된다. 또한 현재까지의 VR의 하드웨어 및 소프트웨어의 사용 비용이 비싸, 업무에 적용하는 것에 현업에서 부담이 되는 시사점도 제시되었다. 따라서 국내 VR 기술 개발 기업에서 원천 기술력을 확보 가능한 연구 등이 필요한 것으로 나타났다. 추가적으로 국내 건축 설계사에서 VR 기술의 도입 확산을 위해서는 기존기술을 대체할 만한 수준의 업무효과 입증, 다양한 Best Practices 발굴 및 홍보, 교육기관의 VR 교육 확대 및 인재양성, 공공발주 등 제도 반영 및 보상 등이 필요한 것으로 나타난다. 특히 설계사의 VR 기술 적용을 위해서는 문제해결, 의사결정, 코디네이션, 검토 등을 통해 프로세스 간소화 및 설계변경을 최소화하는 방향으로 접근하되, 이러한 컨텐츠의 개발 및 활용을 위해 투입되는 인적 및 물적 비용도 고려하여 추진될 필요가 있다.

본 연구에서 제시한 결과 및 시사점은 건축에 VR을 적용하고 실무에 활용하고자 하는 현재 단계에서 기술개발의 방향성과 요소기술 개발의 필요성 등에 참고할 수 있을 것으로 사료된

다. 또한 국내에서 VR을 활용한 사례가 있는 설계사와 VR 기술 개발업체의 전문가를 대상으로 업무를 도출하고 설문조사를 진행하였기 때문에 국내의 VR 기술 적용 수준에 맞춘 결과로 판단될 수 있다. 따라서 향후 유사 연구의 기초자료로 활용되는 것에 큰 이바지가 될 것이라 사료된다.

다만, 본 연구는 건축 설계단계를 대상으로만 VR을 적용가능한 업무를 도출하여 평가 및 분석하였다. 앞서 언급한 바와 같이 VR이 건축 설계단계에서 가장 효과적일 것이라는 연구를 참고하여 진행한 것이지만 분명 시공단계에서의 의사결정, 유지 관리단계에서의 시뮬레이션 등에도 VR의 적용성이 높을 것이다. 따라서 향후 시공단계 및 유지관리단계에서의 업무도 도출하여 평가 및 분석하는 연구가 요구된다. 또한 본 연구에서 평가 및 분석한 결과를 참고하여 각 업무별 요구되는 기술요소 및 요구수준 등을 도출하여 업무 특성에 맞는 요소 기술개발 연구가 진행되어야 할 것이다.

## REFERENCES

- [1] 박종진, 박종진, 김석태, 전한종, “게임엔진을 활용한 가상건축 시뮬레이션 적용가능성에 관한 연구,” *대한건축학회논문집-계획계*, 제22권, 제20호, 49-56쪽, 2006년 10월
- [2] 최상미, 김정호, 권순철, 이승현, “VR HMD에서의 비전 테라피 활용을 위한 기술 요소 연구,” *전자공학회논문지*, 제54권, 제12호, 161-168쪽, 2016년 12월
- [3] 류창주, 이상덕, 한승조, “MR 기반 침술 훈련 시스템을 위한 침술 컨트롤러 및 인체모형 설계,” *스마트미디어저널*, 제9권, 제2호, 86-91쪽, 2020년 06월
- [4] 이동윤, 서명배, “건설분야 가상현실기술 관련 연구 트렌드 분석,” *한국스마트미디어학회 학술발표대회 논문집*, 제9권, 제1호, 337-338쪽, 2020년 5월
- [5] 박형진, 서명배, “가상현실기반 지하공간 재나대피 시뮬레이션 개발,” *한국정보과학회 학술발표논문집*, 29-30쪽, 2017년 6월
- [6] 서명배, 박형진, “BIM 기반의 가상현실 다면 투사 시뮬레이션 시스템 구축,” *한국전산구조공학회논문집*, 제30권, 제3호, 231-238쪽, 2017년 06월
- [7] 서명배, “가상건설 활성화를 위한 BIM 재질 매핑 자동화 기술,” *스마트미디어저널*, 제9권, 제3호, 107-115쪽, 2020년 9월
- [8] NBBJ Virtual Reality Use Case, [https://www.youtube.com/watch?v=-5\\_V7z13vIg](https://www.youtube.com/watch?v=-5_V7z13vIg) (accessed Oct., 1, 2020).
- [9] AECOM Virtual Reality Use Case, <http://www.instavr.co/customer-stories/aecom> (accessed Oct., 1, 2020).
- [10] Perkins+Will Virtual Reality Use Case,

- <https://www.youtube.com/watch?v=T1TBmTPB3uw> (accessed Oc., 1, 2020).
- [11] Gensler Virtual Reality Use Case, <http://www.gensleron.com/fifty-on/2015/12/14/architectures-new-realities-in-a-virtual-world.html> (accessed Sep., 7, 2020).
- [12] CallisonRTKL Virtual Reality Use Case, <https://www.youtube.com/watch?v=BJuEXwPXa3c> (accessed Oct., 1, 2020).
- [13] Stantec Virtual Reality Use Case, <https://www.bdcnetwork.com/virtual-reality-how-three-firms-are-using-vr-technology> (accessed Oct., 1, 2020).
- [14] HDR Virtual Reality Use Case, <https://www.hdrinc.com/insights/virtual-world-on-fingertips> (accessed Oct., 1, 2020).
- [15] Mano Landscape Design Office Use Case, <http://vrmano.com/> (accessed Oct., 1, 2020).
- [16] Akispace Architects & Engineers Use Case, <http://www.archiface.com/> (accessed Oct., 1, 2020).
- [17] 류정립, 추승연, 조진성, “주거단지 배치계획을 위한 증강현실 기술의 활용방안에 관한 기초연구,” *한국주거학회논문집*, 제21권, 제4호, 89-97쪽, 2010년 8월
- [18] 김정훈, “가상현실 공간을 통한 건축 시각화 구현에 관한 연구: 온양민속박물관 건축물 공간을 중심으로”, *순천향대학교 석사학위논문*, 2016년 2월
- [19] 한종성, “문화관광 VR 콘텐츠에 관한 연구: 전주한옥마을 중심으로”, *전주대학교 석사학위논문*, 2015년 2월
- [20] 강영환, “VR기술을 활용한 암각화 박물관의 콘텐츠 개발 연구”, *한국콘텐츠학회논문지*, 제16권, 제10호, 443-453쪽, 2016년 7월
- [21] W. A. Abdelhameed, “Virtual Reality Use in Architectural Design Studios: A case of studying structure and construction,” *Procedia Computer Science*, vol. 25, pp. 220-230, 2013.
- [22] D. Broschart, P. Zeile, “Architecture - Augmented Reality Techniques and Use Cases in Architecture and Urban Planning,” *Conference REALCORP 2014*, pp. 75-82, May, 2014.
- [23] J. Wang, X. Wang, W. Shou, B. X. “Integrating BIM and augmented reality for interactive architectural visualization,” *Construction Innovation*, vol. 14, no. 4, pp.453-476, Sep, 2014.
- [24] M. Gheisari, M. Foroughi, P. J. Chen, J. Irizarry, “Integrating BIM and Panorama to Create a Semi Augmented Reality Experience of a Construction Site,” *International Journal of Construction Education and Research*, vol. 12, no. 4, pp. 303-316, Oct. 2016.
- [25] 박재승, 석윤찬, “시선추적형 가장현실기기를 통한 광고분석 시스템,” *스마트미디어저널*, 제5권, 제3호, 62-66쪽, 2016년 9월
- [26] J. Du, Z. Zou, Y. Shi, D. Zhao, “Zero latency: Real-time synchronization of BIM data in virtual reality for collaborative decision-making,” *Automation in Construction*, vol. 85, pp. 51-64, Jan. 2018.
- [27] G. Frank, “The importance-performance analysis : An evaluation and marketing tool,” *The Journal of Park and Recreation Administration*, vol. 3, no. 2, pp. 13-22, 1985.
- [28] Jum C. Nunnally, “Psychometric Theory 3E,” *McGraw-Hill*, pp. 1-752, 1994.

---

저자소개

---

**이동윤(정회원)**

2013년 경상대학교 건축공학과  
학사 졸업  
2015년 고려대학교 건축사회환경공학과  
석사 졸업  
2020년 고려대학교 건축사회환경공학과  
박사 졸업

<주관심분야 : 건축시공, 건설관리, 3D  
프린팅, 가상건설, BIM, 디지털트윈>

**서명배(정회원)**

1999년 조선대학교 전자계산학과  
학사 졸업  
2001년 조선대학교 전자계산학과  
석사 졸업  
2019년 세종대학교 컴퓨터공학과  
박사 수료

<주관심분야 : BIM, 3D 프린팅, 가상  
건설, 건설정보, 빅데이터, 인공지능>