

BIM 기술개발 현황분석을 통한 기술개발요소 도출 및 중요도 평가에 관한 연구

An Study on the Element Technologies of BIM and Importance Analysis of Them through Technology Development Status Analysis

김지윤¹ 이다운¹ 송아름¹ 윤석현^{2*}

Kim, Ji-yun¹ Lee, Da-un¹ Song, A-Reum¹ Yun, Seok-heon^{2*}

Department of Architectural Engineering, Gyeongsang National University, Jinju-si, Gyeongnam, 660-701, Korea ¹
Professor, Department of Architectural Engineering, Engineering Research Institute,
Gyeongsang National University, Jinju-si, Gyeongnam, 660-701, Korea ²

Abstract

In order to facilitate the application of BIM technologies in construction projects, a lot of developed countries such as Singapore and the United States are developing a technology development road-map of BIM. In order to develop it, current status of BIM technology in domestic projects must be analyzed in advance. In this study, the element technologies of BIM was identified and the current status and the importance priorities of them were analyzed and evaluated. The result shows that the level of technology developments is behind that of other advanced countries in most of the elements. In technology importance analysis, the BIM based preliminary planning technology and the standards for BIM service contracts are ranked in the high position and their developments are also delayed in Korea. The results of this analysis could show the direction of BIM technology development and also be used for developing the technology roadmap of BIM.

Keywords : BIM, design process, technology development, importance analysis

1. 서 론

1.1 연구의 목적

최근 들어 대형화, 복잡화된 비정형 건축물들이 등장하면서 2D설계의 한계 및 설계정보 공유의 한계가 발생하면서 건축분야의 생산성 향상이 필요하게 되었고 시공분야의 수출은 활발하나 설계분야의 기술수준은 국제경쟁력이 시공분야에 비해 미흡하여 중동, 동남아, 러시아 등의 해외 건설시장에서 BIM을 적용한 발주요건 강화로

글로벌 시장에 대한 경쟁력 강화가 필요하게 되었다. 또한 국내 건축 산업 분야 정보기술의 발전으로 BIM에 대한 기대와 도입이 지속적으로 증가하고 있으나 국내 설계분야의 정보환경 취약성과 다수 중소기업의 도입역량 부족으로 BIM 기술수준 양극화가 심화되고 확산이 지체되고 있다[1].

기존 설계단계에서 발생하는 2D 설계로 인한 도면 오류, 변경처리 어려움, 설계변경, 재시공, 공사지연, 품질저하 등의 문제점들은 BIM 기술을 통해 어느 정도 해결이 가능할 것으로 판단된다. 이를 위해 본 연구에서는 국내의 BIM 기술현황 및 해외 BIM 로드맵 사례에 대해 분석하고 현행 설계 단계에서의 한계점을 분석하여 BIM 기술개발에 필요한 요소기술들을 도출하고 요소기술에 대한 국내외 기술수준을 분석하였다. 또한 BIM 요소기

Received : June 17, 2014

Revision received : September 1, 2014

Accepted : September 1, 2014

* Corresponding author : Yun, Seok-Heon

[Tel: 82-55-772-1755, E-mail: gfyun@gnu.ac.kr]

©2014 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

술에 대한 중요도 및 우선순위를 평가하기 위해 AHP(쌍대비교)분석을 실시하여 BIM 기술개발에 대한 방향을 제시해 보고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구의 절차는 다음과 같다. 우선, 국내외 BIM 기술 현황에 대해 분석하고 해외 BIM 로드맵에 대한 사례들을 통해 기술 개발에 대한 요소 기술들을 분석하였다. 다음으로 기존 설계단계의 프로세스와 BIM을 적용한 프로세스 및 BIM 통합발주 프로세스를 작성하고 BIM 요소기술별 현황 및 한계에 대해 분석하였다. 그리고, BIM기술수요조사를 위한 설문지를 작성하여 이를 국내 BIM관련 업무에 종사하는 실무자와 연구하는 기관 등을 대상으로 설문조사를 실시하여 국내외 BIM기술수준에 대해 분석하고 필요한 요소기술들을 도출하였다. 마지막으로, BIM 요소기술에 대한 중요도 및 우선순위를 평가하기 위하여 AHP 분석을 실시하였다. 이를 도식화하면 Figure 1과 같다.

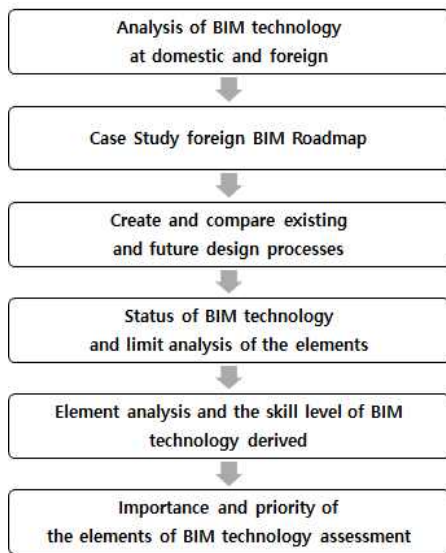


Figure 1. Research methods and procedures

2. 이론적 배경

2.1 국내외 BIM 현황비교

2.1.1 국내 BIM 현황

국내 설계분야는 80년대 수작업시대로부터 90년대

CAD로 변모, 정착되었으며 2000년대 후반부터 BIM이 활용되기 시작하였다. 하지만 절대다수가 중소형 영세구조이며 대형설계사의 경우도 경험기술 축적기반이 취약하고, 인프라 부족으로 BIM 적용범위가 제한적이다. 또한 2차원적 업무형태로 BIM과 CAD의 혼용으로 설계환경 개선에 어려움이 있어 미래지향적 BIM기반의 실무적 설계환경 개선이 필요하다.

2.1.2 해외 BIM 현황

선진국의 경우 20세기 초부터 설계분야의 경험기술을 체계적으로 축적해 왔으며 이를 기반으로 오늘날 국제 설계시장의 대부분을 점유하고 있다. 건설 산업과 IT기술과의 융합에 관한 관련기술 개발 및 연구 활동이 오래 지속되어 왔고, 생산성증대, 에너지자원 등 사회적 문제의 해결방안으로 BIM 기술을 도입하고 지속적인 건설 프로세스 혁신에 의하여 건설생산성을 높이려고 노력 중이다. 하지만 미국, 유럽 등 선진업체들이 고부가가치 영역 기술 분야를 독점함으로써 후발업체들의 시장진입이 어렵다. Table 1은 국내외 BIM 현황을 비교한 결과이다[2].

Table 1. Analysis of BIM technology at domestic and foreign countries

Domestic	Foreign
Small-scale structure, vulnerable to the accumulation of experience in technology	Accumulated experience to be systematically described
BIM lack of infrastructure, limited coverage	On the convergence of technology and research related to technology development and active
Form two-dimensional work, BIM and CAD design environment to improve the mix of difficult	Companies have developed proprietary high-value areas late-comers to the market in check
BIM-based design of future practice, it is important to improve the environment	Increase productivity, and social issues, such as energy resources BIM solution to one of the full-scale introduction

2.3 해외 BIM 로드맵 사례분석

2.3.1 미국

미국 USACE(US Army Corps of Engineers)는 지난 2006년 BIM 기술실행 및 개발을 위한 중, 장기 로드맵을 작성하여 2020년까지 목표달성을 위

해 지속적으로 수정 보완을 수행하고 있으며 현재 교육, 통합, 협업, 자동화, 혁신 5개의 그룹으로 나누어 요소기술들을 개발하여 BIM 기술의 발전을 주도하고 있다[3].

2.3.2 영국

BSI(British Standards Institution) 위원회인 B/555에서 개발한 로드맵 전략에 따라 컴퓨터 모델링 기반 국가 표준, 도면 및 문서를 포함한 건설 정보 교환 방법 및 자국 건설 산업 성숙도 모형을 기반으로 지침, 분류체계, 라이브러리 체계가 연관된 프레임워크를 구성하여 산업 구성원들이 각 단계별로 현실적인 BIM을 적용하도록 유도하고 있다[4].

2.3.3 싱가포르

싱가포르는 정부 정책을 통한 BIM 수요확대, BIM 교육 및 전문가 양성에 초점을 맞추어 로드맵을 제시하였고 모바일 및 소프트웨어 도입, 시설, 자산관리, 프로세스의 변화 등의 기술개발을 목표로 하고 있다[5].

2.3.4 핀란드

핀란드의 부동산공사(Senate Properties)에서는 2001년 BIM 활용을 위한 파일럿 프로젝트를 진행한 후 2007년 10월 개방형 BIM 포맷인 IFC 도입을 위한 가이드를 발표하였고 분야별 기술개발을 위한 단기, 중기, 장기 로드맵을 제시하여 정보교환, 데이터통합, LCC 프로세스, 가이드라인 등의 기술개발을 목표로 BIM 도입 인프라를 구축하였다.[6]

2.3.5 호주 및 뉴질랜드

호주 및 뉴질랜드에서는 NBIM(National Building Information Modeling Initiative) 전략보고서를 통해 조달, BIM 가이드라인, 교육 및 프로젝트 운영, 데이터 및 라이브러리 생산, 정보교환 프로세스, 규제 프레임워크 개발을 위한 정책전략을 제안하였다. 또한 호주의 CRC(Cooperative Research Centre) Construction Innovation의 'Construction 2020'은 친환경건축, 발주자 요구 충족, 사업 환경 개선, 노동력 개선, 정보교환 및 커뮤니케이션 기술, 가상 프로토타입, 운영 및 유지관리, 등에 초점을 맞추어 기술 개발하는 로드맵을 수립하였다[7][8].

BIM 해외 로드맵 사례들을 분석한 결과 제도 정책개발 및 교육을 제외한 기술 개발의 분야 및 요소 기술들을 종합 정리하면 Table 2과 같다.

Table 2. Group and elements of the BIM technology

	Technology field	Element technologies
1	Design process	Drawing Generation, Energy Analysis, Progress reviews, Structural analysis, Lighting analysis, Program validation, LEED analysis,
2	Interoperable data	Interfaces for common information sharing, Common model and source data servers
3	Collaboration integrated	Interference management, Library management, Quantity design quality(Visual check, standards check, model integrity)
4	Life-cycle operation, Maintenance management	Building system analysis, asset Management, space management/ tracking, disaster planning, operation & maintenance record modeling
5	Automation technology	Augment Reality, Mobile technology, 4D,5D,xD modeling, Seamless integration of BIM and GIS,

3. 건설 프로세스 분석을 통한 요소기술 도출

본 연구에서는 BIM 기술요소를 도출하기 위하여 건설프로젝트의 프로세스를 분석하였고, 프로세스를 3단계로 구분하였으며, Figure 2와 같다.

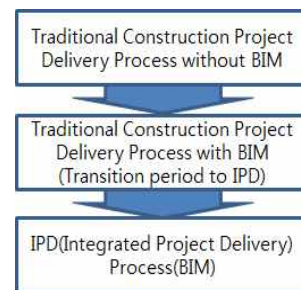


Figure 2. Construction process changes with BIM

3.1 BIM 적용 단계별 프로세스 분석

3.1.1 기존 건설 프로세스

BIM 도입 이전의 기존 설계 프로세스는 2D도면을 중심으로 모든 산출물들이 개별적으로 생산되는 과정이다. 이 프로세스에서는 각 산출물에서 사용되는 정보들이 재활용이 어렵고 각 프로세스의 참여자들이 상호 협업하거나 의사소통 할 수 있는 도구나 방법이 매우 제한적이다.

3.1.2 기존프로세스에 BIM을 적용한 과도기적 프로세스

이 단계는 기존의 전통적 설계프로세스의 한계로 인해 부분적으로 BIM을 적용하기 시작하였으나, 기존과 동일하게 2D도면이 중심이 되고 각 프로세스에서 필요에 의해 개별적으로 BIM을 적용하는 단계이다. BIM을 적용한 과도기적 프로세스에서는 BIM 정보가 중심 설계정보로 활용되지 못하여 정보의 재활용이나 BIM업무의 효율성이 떨어지고 기존업무에 BIM 업무가 추가되어 업무 부담이 과중된다. BIM 기술의 효율적인 활용을 위한 다양한 도구와 기준, 표준 등이 개발 중에 있고 시범적인 수준으로 진행 중에 있으며 업체들의 BIM 적용 및 참여에 대한 인센티브 또는 유도 정책이 필요한 단계이다.

3.1.3 BIM 통합 발주 프로세스

이 단계는 BIM 통합 발주 프로세스는 BIM 설계정보가 중심이 되고 각 프로세스 단계별 필요한 정보를 생성하여 설계정보의 효율성이 증대되고 다양한 IT기술의 접목으로 전반적인 건설기술 수준이 향상되는 단계이다. 따라서 생산이 효율화되고 설계 기간과 비용을 단축할 수 있으나 사업 수행방식을 BIM 기반의 IPD(Integrated Project Delivery) 형식으로서의 전환이 필요하다. 프로세스들의 한 가지 예시로 IPD를 적용한 BIM 통합발주 프로세스를 작성한 결과는 Figure 3과 같다. 본 연구에서는 프로세스 분석을 통해 BIM 요소기술을 도출하고자 하였다.

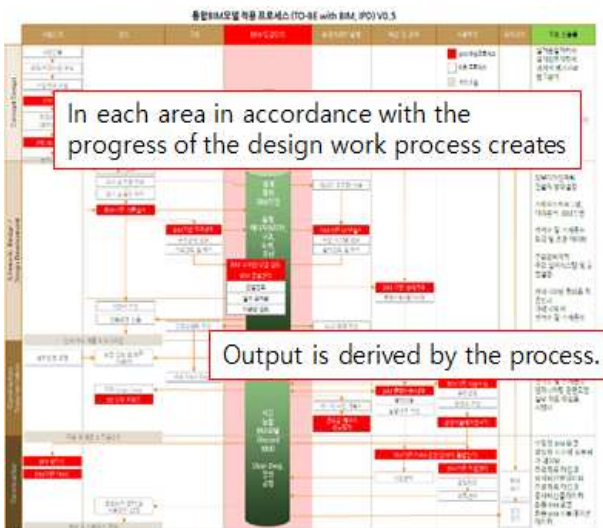


Figure 3. BIM application process with IPD

3.2 BIM 요소기술 분석

기존 프로세스에 BIM을 적용하였을 때 필요한 요

소기술을 분석하기 위해 기획 및 사업관리, 건축설계, BIM기반 모델링 기본품질검토, 제기준 및 법규 검토, 품질관리 및 시스템 도입, 법규검토, 구조설계, 설비설계, 에너지 분석, 물량산출 및 견적, 시공 계획(시공성 검토), 유지관리의 12가지 항목으로 구분하여 활용 현황, 사용가능한 도구, 국내외 기술수준에 대해 분석하고 각 항목에 대한 세부항목을 구성하였다.

4. BIM 요소기술 도출 및 우선순위 분석

4.1 BIM 기술수준 분석

4.1.1 조사 개요 및 방법

BIM의 요소기술 도출 및 국내외 수준에 대한 사전현황 조사를 위해 설문지를 작성하여 이를 국내 BIM관련 업무에 종사하는 실무자와 연구하는 기관 등을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 본 설문 조사를 통해 현재 국내외 BIM 기술 수준에 대해 확인하고 각 분야, 기술그룹의 필요한 요소기술 및 관련 사례 및 소프트웨어에 대해 파악하고자 하였다.

조사방법은 직접 배포와 메일을 통해 발신하는 방법을 사용하였으며, 국내의 주요 BIM관련 전문 업체들의 실무담당자들을 대상으로 하였다. 최대한 각 분야의 고른 응답을 위하여, BIM 소프트웨어 관련 업체, 시공사, 설계사, 대학교 등으로 적절한 비율을 유지하도록 하였으며, 응답자의 구성은 Figure 4와 같다.

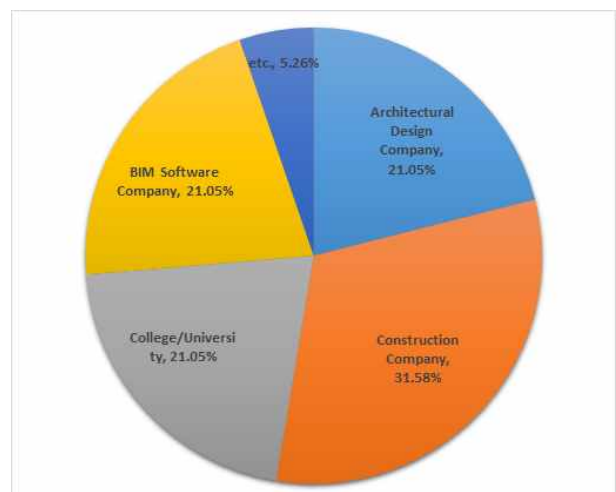


Figure 4. Configuration of the respondents

설문내용은 크게 기획 및 발주/표준, 건축설계 및 디자인, 협업관리, 시공관리, 첨단기술응용, 유지관리의 6가지 분야로 나누고 각 분야별 기술그룹의 요소기술에 대해 국내외 수준을 각각 5단계 : 1(매우낮음) ~ 5(매우높음)로 나누어 5점 척도로 조사하였고 각 기술그룹별 요소기술에 대해 추가적인 내용과 그 수준평가 및 요소기술관련 사례/소프트웨어에 대한 설문 조사를 실시하였다.

4.1.2 분석 결과

본 조사의 기술 개발의 분야 및 요소기술들은 BIM 해외 로드맵 사례들을 분석한 결과를 바탕으로 기획 및 발주표준, 건축설계 및 디자인, 협업관리, 시공관리, 첨단기술 응용, 유지관리의 6개의 그룹으로 구분하였으며, 이들 각 그룹은 세부 요소기술들로 세분화하였다.

각 분야들에 대한 BIM 기술 수준을 전체적으로 분석해본 결과, 국내 기술은 전반적으로 해외 기술에 비해 미흡한 것을 볼 수 있다. 해외의 경우 다양한 소프트웨어 개발사들을 중심으로 BIM의 다양한 요소기술들에 대한 기술개발이 이루어지고 있는 반면, 국내의 경우는 BIM을 도입하기 시작하는 수준으로써, 기존의 BIM 기술들을 실제 사업에 부분적으로 적용하는 정도이다. 세부적으로는 유지관리(1.58) 분야가 국내 수준이 가장 낮은 것으로 나타났으며 가장 높은 분야는 건축설계 및 디자인(2.44) 분야였다. 해외 수준과의 차이가 가장 작은 분야도 건축설계 및 디자인(1.01) 분야였고 해외 수준과의 차이가 가장 큰 분야는 기획 및 발주표준(1.41) 분야였다. 분야별 분석결과는 Figure 5와 같다.

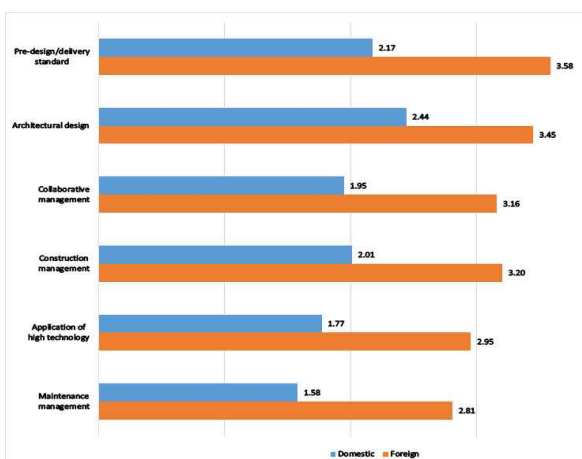


Figure 5. Analysis of BIM technology level at domestic and foreign

4.2 BIM 요소기술 분야별 중요도 및 우선순위 평가

4.2.1 개요 및 방법

앞에서 도출된 BIM 요소기술에서 기술개발을 위한 분야별 중요도와 우선순위를 평가하기 위해 관련 업무 종사자, 실무자, 연구기관 등을 대상으로 설문을 통한 AHP(쌍대비교)분석을 실시하였다. AHP는 어떤 문제를 최상위 수준으로부터 점차적으로 중요도가 낮은 하위수준의 문제(목표)로 계층구조를 만들고 계층구조 내 각 요소에 대한 상대적인 중요도를 판단할 수 있는 쌍대비교행렬을 구성함으로써 정량적 요소는 물론 정성적인 요소를 동시에 고려할 수 있는 방법이다. 따라서 AHP분석을 통해 BIM 요소기술에 대한 분야별 항목의 중요도를 파악해 보고자 한다[9].

AHP분석의 쌍대비교에 사용되는 척도는 5점 척도(Likert 척도)를 이용하였고 그 내용은 Table 3와 같다.

Table 3. 5-point Likert scale levels

Priority	Levels
1	Not a priority
2	Low priority
3	Medium priority
4	High priority
5	Essential

AHP 분석의 신뢰성 검증은 각 평가요소들 사이의 상대적 중요도를 평가하는 경우 전문가 개개인의 판단상의 오차 정도를 측정하는 방법인 일관성 비율(Consistency Ratio : 'CR')을 계산함으로써 가능하다. 일반적으로 CR은 그 값이 작을수록 판단의 일관성이 크다고 볼 수 있으며, CR이 10%(0.1)보다 작을 경우 응답자가 상당히 일관성 있게 이원비교를 수행한 것으로 판단된다(Saaty, 1982). 따라서 아래의 일관성 비율(CR)을 사용하여 일관성의 강도를 측정하는 것이 가능하다.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \cdot (1/RI) \quad (1)$$

여기서, CI(Consistency Index)는 일관성 지수로서, 일관성에 대한 편차를 나타내며, λ_{max} (largest eigenvalue)는 이원비교행렬의 가장 큰 고유치를 나타낸다.

n은 비교되는 기준의 수를 나타내며, RI(Random Index)은 일관성 지수로서, 1부터 9사이의 난수를 사용해서 구성한 비교행렬의 CI들의 평균값. 경험적

자료로부터 얻은 행렬의 차원별 평균무작위 지수를 의미한다[10].

조사방법은 앞의 BIM 기술수요 설문조사와 마찬가지로 직접 배포와 메일을 통해 수집하는 방법을 사용하였으며, 주로, 국내의 주요 BIM관련 전문 업체들의 실무담당자들 및 관련 연구자들을 대상으로 하였다. 각 분야별 쌍대비교를 위한 설문지를 작성하였고, 그 기본형식은 Table 4와 같다.

Table 4. Example of the weight and priorities survey

Aspect of evaluation	Priority					Aspect of evaluation
Pre-design/delivery standard	5	4	3	2	1	Pre-design/delivery standard
...	5	4	3	2	1	...

4.2.2 분석 결과

각 항목별 중요도 및 우선순위 측정 결과는 Table 5과 같으며 Figure 6은 이를 그래프로 표현한 결과이다.

Table 5. Weight and priority assessment

Aspect of evaluation	Weight	Priority	CI / CR
Pre-design/delivery standard	0.353	1	
Architectural design	0.271	2	
Collaborative management	0.166	3	CI = 0.1681
Construction management	0.101	4	CR = 0.1355
Application of high technology	0.059	5	
Maintenance management	0.050	6	

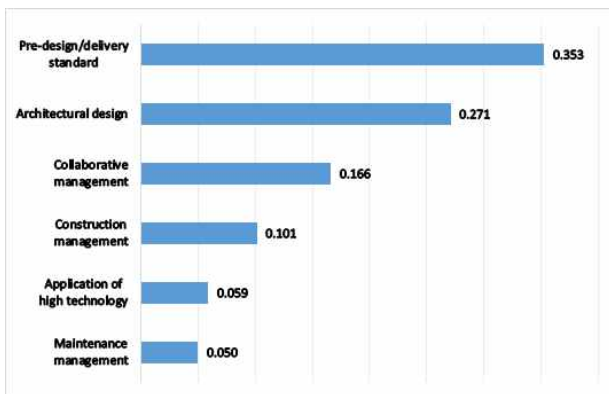


Figure 6. Result of weight and priority assessment

각 항목별 가중치 산정결과 기획 및 발주표준, 건축설계 및 디자인, 협업관리, 시공관리, 첨단기술응용, 유지관리의 상대적 우선순위에 대한 조사 결과는 Figure 5와 같이 기획 및 발주표준이 가장 높은 우선순위로 평가되었으며 다음으로 건축 설계 및 디자인, 협업관리, 시공관리, 첨단기술응용, 유지관리 순으로 평가되었다. 이러한 조사의 중요도 결과를 분석해 보면 기획 및 발주표준(0.353)으로 가장 높은 중요도를 가지는 것으로 평가되었고 다음으로 건축설계 및 디자인(0.271), 협업관리(0.166), 시공관리(0.101), 첨단기술응용(0.059), 유지관리(0.050) 순으로 평가되었다.

5. 결론

본 연구에서는 BIM 기술을 활용하여 기존 건설 프로젝트에서의 문제점을 해결하기 위해 기존 설계 프로세스 및 현재의 BIM 프로세스에 대한 한계를 분석하고 분석한 결과를 바탕으로 보완된 BIM 설계 정보가 중심이 되는 BIM 통합 발주 프로세스를 작성하였으며 BIM 요소기술별 현황 및 한계를 파악하였다. 또한 BIM 기술수요 설문조사를 통해 추가적인 요소기술을 도출하고 국내 BIM 분야별 기술수준이 해외기술에 비해 미흡하다는 결과가 도출되었다. 특히 유지관리(1.58) 분야가 국내 수준이 가장 낮은 것으로 나타났으며 기획 및 발주표준(1.41)분야가 해외수준이 차이가 가장 많이 나는 것으로 나타났다. 이러한 BIM 요소기술 분야별 중요도 및 우선순위를 평가하기 위해 AHP(쌍대비교) 분석을 실시하였고 중요도 및 우선순위는 기획 및 발주표준(0.353)으로 가장 높게 평가되었고 건축설계 및 디자인, 협업관리, 시공관리, 첨단기술응용, 유지관리 순으로 평가되었다. 향후 연구에서는 우선순위 결과를 바탕으로 기술개발 방향 및 로드맵 개발에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

요 약

현재 미국과 싱가포르 등 많은 나라들에서 실제 건설 프로젝트에 BIM 기술 도입을 촉진시키기 위해 BIM기술개발 로드맵을 개발 중에 있다. 이것을 개발하기 위해서는 최근 국내 프로젝트에서 BIM기술들의 현황을 사전에 분석해야만 한다. 본 연구에서 우리는 BIM의 요소 기술을 정의하고 현황을 분석했다. 또한 도출된 요소기술들에 대한 중요성과 우선

순위를 평가하였다. 그 결과 대부분의 요소기술들은 해외보다 뒤떨어지는 수준이었고 특히 기획 및 발주 표준 분야가 중요성 및 우선순위는 높게 평가되었으나 현재 국내의 수준은 가장 뒤처지는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 향후 BIM 기술개발 방향 및 로드맵 개발에 도움을 줄 것으로 판단된다.

키워드 : BIM, 설계프로세스, 기술개발, 중요도분석

Acknowledgement

This research was supported by a grant (13AUDP-CO67817-01) from Architecture & Urban Development Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.

References

1. KIM KP, Park SH, Comparative analysis of the BIM status in the UK and US for improving the efficiency of construction project management process in Korea, *Project Management Review*, 2012 Feb;2(2):1-16.
2. BuildingSmart Korea, Kyunghee University, Seoul National University, SungKyunKwan University, JungLim Architecture, GS E&C, Open BIM-based design environment development in order to improve the productivity of building design, Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(Korea); 2013 Feb, 250p. Report No. :2012-연구기획-D01.
3. Engineer Research and Development Center, The US Army Corps of Engineers Roadmap for Life-Cycle Building Information Modeling(BIM) Final report, Washington DC: US Army Corps of Engineers(US). 2012 Nov. 52 p. Report No. :SR-12-2.
4. British Standards Institution, bsi: B/555 Roadmap, Design, Construction & Operational Data & Process Management for the Built Environment[Internet], British Standards Institution; 2013 Jun, Available from: http://shop.bsigroup.com/upload/Construction_downloads/B555_Roadmap_JUNE_2013.pdf.
5. Cheng T, Singapore BIM Roadmap[Internet], Singapore Building & Construction Authority(BCA); 2013 Nov. Available from: <http://www.bimmepaus.com.au/libraries/resources/BMA%20Forum%202012/singapore%20bim%20roadmap%202012-rev.pdf>
6. buildingSMART Finland, Common BIM Requirements 2012[Internet], buildingSMART Finland, 2012 Mar. Available from: <http://www.en.buildingsmart.kotisivukone.com/3>
7. John Mitchell, Jim Plume, Mark Tait, Peter Scuderi, Wayne Eastley, National Building Information Modeling Initiative Volume1 : Strategy[Internet], buildingSMART Australasia, 2012 Jun, 64 p. Available from: http://buildingsmart.org.au/wp-content/uploads/2014/03/NationalBIMInitiativeReport_6June2012.pdf
8. Keith H, Peter B, Construction 2020 : A Vision for Australia's Property and Construction Industry, 1st rev, Australia:CRC Construction Innovation; 2004 Jun, 56 p.
9. Choi MS, An Evaluation of the Priority Order in Developing the Construction Technologies for Environment friendly Apartment Houses - Laying Stress on the Viewpoints of Contractors, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 2007 Sep;23(9):213-20.
10. Park GY, A Study on Development Plans to Citizen Participatory Budgeting of Local Government - Focus on relative importance and priorities based on AHP [dissertation], [Daejeon(Korea)]: Pai Chai University; 2011, 166 p.