

# 항만 BIM 플랫폼의 클라우드 서비스를 위한 IaaS+PaaS 통합 환경 개발

## Development of an Integrated IaaS+PaaS Environment for Providing Cloud Computing Service in a BIM Platform for Harbor Facilities

문현석<sup>1)</sup>, 현근주<sup>2)</sup>, 김원식<sup>3)</sup>

Moon, Hyoun-Seok<sup>1)</sup> · Hyun, Keun-Ju<sup>2)</sup> · Kim, Won-Sik<sup>3)</sup>

Received November 19, 2019; Received December 24, 2019 / Accepted December 24, 2019

**ABSTRACT:** Because the existing BIM platform is based on user services, the focus is on the development of SaaS (Software as a Service), which provides business services online. However, since a harbor is a security facility, the harbor BIM platform is preferably provided in a private form, rather than relying on the infrastructure environment provided by external cloud providers. Therefore, this study analyzes and reviews the main functions to be provided as SaaS services of the harbor BIM platform. The goal is to build a cloud-based harbor BIM platform that can provide this service to users. To this end, we built IaaS (Infrastructure as a Service) environment of the harbor BIM platform based on the open source Open Stack and integrate and develop PaaS environment with Open Shift applied with IaaS. We applied the GPU to the harbor BIM platform to verify the performance of the harbor BIM platform, and found that the rendering and loading times are improved. In particular, it is expected to reduce the cost of introduction and provide it as the basic cloud environment of similar BIM platform for infrastructure facilities.

**KEYWORDS:** Building Information Modeling, Harbor, Cloud Platform, IaaS, PaaS

**키워드:** 건설정보모델, 항만, 클라우드, 플랫폼, 인프라스트럭처 서비스, 플랫폼 서비스

### 1. 서론

BIM(Building Information Modeling)은 상호 협업을 통해 설계 및 시공을 효율화 하며, 정보의 통합관리와 대용량 BIM 데이터 처리를 위해 클라우드 환경의 구축이 필수적이다. 최근 국내외의 BIM 서버, 데이터 관리, 프로세스 처리, 프로젝트 관리 및 설계 협업 등 BIM 서비스 기업들은 관련 업무지원을 위한 온라인 기반 소프트웨어 서비스를 제공하고 있다. 이를 클라우드 환경에서는 SaaS(Software as a Service)라고 한다.

대표적인 BIM 설계 S/W 기업들은 컴퓨터 설치형 S/W에서 클라우드 환경으로 과금 방식을 채택한 S/W를 SaaS로 제공하고

있다. 이는 최근 BIM 관련기업들의 S/W 서비스 방향을 엿볼 수 있다. 이와 같이 대부분 BIM 플랫폼은 최종 사용자 중심의 업무 활용 기능의 서비스 제공에 중점을 두는 공용 클라우드 기반의 SaaS 플랫폼이며, 외부의 AWS(Amazon Web Service)나 MS Azure와 같은 사설 서비스를 적용하고 있다.

그러나 항만은 그 시설의 특성상 국가 보안시설에 해당하며, 대부분의 시설이 국가차원의 보안체계에 따라 관리되고 있어 외부 사설 클라우드 서비스를 그대로 이용하는 것이 어렵다. 최근 항만 분야에 BIM기술 적용 확대에 따라 플랫폼 개발에 관심이 증대되고 있다. 이러한 특성으로 항만 BIM 플랫폼은 기존 AWS나 일반 서버를 도입하는 것보다는 항만에 특화된 클라우드 환경을

<sup>1)</sup>정회원, 한국건설기술연구원, 미래융합연구본부 건설자동화연구센터, 수석연구원, 공학박사 (hsmoon@kict.re.kr) (교신저자)

<sup>2)</sup>정회원, 인제INC, 이사업팀, 부장, 공학석사 (kjhyun@injeinc.co.kr)

<sup>3)</sup>정회원, 인제INC, 이사업팀, 과장 (wskim@injeinc.co.kr)













제공하는 것이 요구된다. 이에 따라 해역별 항만을 관리·운영하는 항만공사 차원에서 항만 BIM 플랫폼을 독자적으로 운영할 수 있는 사설의 클라우드 환경을 구축하는 것이 필요하다.

또한 항만 BIM 데이터는 지형, 대형 구조물, 광역의 항만해역 및 지반정보 등을 포함하므로 대용량으로 구축된다. 기존의 일반 고성능 컴퓨팅 환경에서는 이러한 대용량 항만 BIM 데이터를 장기적으로 운용할 수 없다. 이는 컴퓨팅 성능의 저하에 따라 서버의 높은 H/W 및 S/W비용의 지속적 투입에 기인한다고 할 수 있다. 즉 주기적으로 컴퓨팅 성능 개선을 위해 유지운영 비용이 지속적으로 증가하게 된다. 그러나 항만 BIM 플랫폼을 클라우드 기반의 IaaS(Infrastructure as a Service) 및 PaaS(Platform as a Service) 환경을 구축할 경우 도입 기관은 별도의 시스템 H/W 도입 비용의 없이, 네트워크, 컴퓨팅, 저장소 등의 인프라 서비스뿐만 아니라 항만 특화 어플리케이션을 개발·배포할 수 있는 개발 환경을 온라인으로 제공할 수 있다. 향후 대형 토목구조물 관리

의 지속가능성을 확보하기 위해서는 이러한 IaaS+PaaS에 기반의 통합된 BIM 플랫폼 환경을 구축할 필요가 있다.

국내에서는 클라우드 기반 모바일 어플리케이션(Jun et al., 2012), 클라우드 BIM서버 기반의 뷰어(Yoon et al., 2013), 클라우드 BIM 기반 의료시설 설계지원 시스템 구축(Jung et al., 2019), 클라우드 기반 사용량 측정(Kim & kim 2016), 건축설계 지원위한 클라우드 서비스 기능 제안(An et al., 2014)과 같은 연구들이 발표된 바 있다. 그러나 이들 대부분은 BIM 플랫폼 구축을 위한 클라우드의 IaaS+PaaS 환경 개발 연구는 부족한 것으로 나타났다. 대부분 기존 클라우드 환경내에서 BIM 설계를 지원하는 서비스나 뷰어, 모바일 앱 등 SaaS기반의 사용자 서비스의 제공에 중점을 두고 있다. 해외의 경우 클라우드 기반 실시간 프로세스 관리(Jane et al., 2015), 프리팹을 위한 클라우드 기반 IoT 플랫폼(Xu et al., 2018), Private Cloud기반의 정보공유 환경(Zhang et al., 2017) 등의 연구가 진행된 바 있다. 이들 연구도 대부분 사용

Table 1. Analysis of BIM features by analyzing various BIM platform

Category	Features	BIM 360	ONUMA	BIM Cloud	Open BIM	Fm: Systems	BIM collab	ALLPLAN BIMPlus	BIM TRACK	axeobim	Simple BIM	LOD Planner	Bimserver org	Port BIM Platform [Browser]
														
Platform Type	Web based platform	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0
	Multi user support	0	0	0	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0
	Multi Device Support	0	0	0	0	0	X	0	0	0	X	X	X	X
	Open Source	X	△ (vieweronly)	X	0	X	X	X	X	X	X	X	0	0
Collab. Tool	Project creation / management	0	0	0	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0
	Model Review	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Model Combination	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0
	User Access	0	0	0	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0
	Report Generation	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	X	0
	Collision Detection	0	0	0	X	0	0	0	0	X	0	0	0	0
Dash-board	View model warranty expiration period	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Progress	0	0	X	X	0	0	0	0	X	X	0	X	X
	Issue Management	0	0	0	X	0	0	0	0	0	X	X	X	X
Support File Type	Analysis tool	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	0	0
	Export/ Import IFC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0
Extension	Revit & ArchiCAD Support	0	0	△ (ArchiCAD only)	X	△ (Revit only)	0	X	△ (Revit only)	△ (Revit only)	X	X	X	X
	API Support	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	X	0	0
Backup	Plug in Support	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	X	0	0
	Data Backup	0	0	0	X	X	0	0	0	0	X	0	X	X

자 업무 지원 기능을 제공하는 SaaS 서비스를 구축하거나 정보 공유 체계 및 IoT 환경을 지원하고 있다. 이러한 연구들은 대부분 SaaS 서비스 구축에 중점을 두고 있어 BIM플랫폼에 특화된 클라우드 컴퓨팅 자원제공 및 S/W개발 서비스를 구축하고 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 항만 BIM 플랫폼의 공통 및 특화기능을 도출하고 이를 제공하기 위한 가상 컴퓨팅 리소스 환경인 IaaS와 이를 기반으로 어플리케이션의 개발·배포를 담당하는 PaaS를 통합하는 항만 BIM 플랫폼을 구축하였다. 또한 항만 BIM 플랫폼의 성능을 검토하기 위해 GPU(Graphical Processing Unit)를 적용하였으며, 이에 따른 렌더링, 로딩 시간 및 가시화 성능을 검증하였다. 특히 항만 BIM 플랫폼 도입에 따른 비용효과도 검토하였다.

본 연구의 범위는 항만 BIM 플랫폼의 기능 정의와 함께 이를 서비스하는 클라우드 기반의 IaaS+PaaS 플랫폼을 구축하는 것이다.

본 연구를 통해 항만에 적합한 Private기반의 클라우드 BIM 플랫폼이 제공된다. 이에 따라 항만분야의 BIM 전환에 따른 플랫폼 도입 비용을 절감하며, 향후 유사한 인프라 BIM 플랫폼의 기초를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

## 2. 항만 BIM 플랫폼 구축 기능 프레임워크 구성

본 장에서는 BIM과 관련된 대표적인 클라우드 환경 서비스의 사례를 분석하여 항만 BIM 플랫폼이 필수적으로 구성해야 하는 기본적 기능과 특화된 기능을 도출한다. 그리고 향후 항만 BIM 플랫폼뿐만 아니라 인프라 분야의 클라우드 기반 BIM 플랫폼 구축을 위한 기반을 제공한다.

### 2.1 BIM 플랫폼 분석

#### 1) 해외 주요 BIM 플랫폼 및 솔루션 분석

본 연구에서는 일반 BIM S/W벤더사 등에서 제공하는 클라우드 기반의 솔루션뿐만 아니라 프로젝트 관리, 설계, 데이터 관리 등의 웹 서비스를 제공하는 BIM 플랫폼 25개(Table 1)를 조사하였다. 이는 전문가 논의를 거쳐 해외 주요 S/W벤더사에서 제공하는 BIM360, Trimble Connect, Tekla BIMsight와 같은 주요 범용적 플랫폼과 함께 해외에서 서비스 중인 다수의 플랫폼을 선정·조사한 것이다.

이를 통해 각 BIM 플랫폼들이 공통적으로 구축하고 있는 BIM 플랫폼 기능을 도출하고 활용목적에 따라 선택적으로 구축할 수 있는 특화 BIM 플랫폼 기능을 도출하였다(Table 1).

이를 위해 각 해외 BIM 플랫폼의 기능을 공통기능과 특화기능으로 구분하였다. 공통 및 특화기능의 구분과 기능 설명을 위해 각 기능별로 코드를 부여하였다. 공통기능의 경우 “CF(Common Features)\_000”으로 코드를 부여하였으며, 특화기능은

“SF(Special Features)\_000”의 코드를 부여하였다. 이러한 코드 체계에 따라 공통기능은 6개(CF\_001~CF\_006), 특화기능은 각 솔루션별로 적게는 9개, 많게는 16개의 기능을 도출하였고 전체 254개의 기능(SF\_001~SF\_254)을 정리하였다(Figure 1).

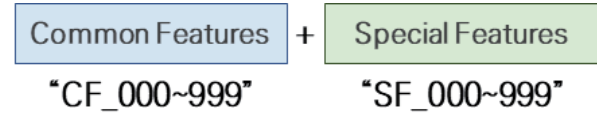


Figure 1. Feature code definitions in a BIM platform

#### 2) 플랫폼 기능 분석 결과

분석된 민간 BIM 플랫폼들은 자체 클라우드 환경이 아닌 AWS(Amazon Web Service)와 같이 Public Cloud를 적용하고 있었다. 조사된 25개의 BIM 플랫폼의 주요 기능을 살펴본 결과 260개의 기능(공통+특화기능)으로부터 전체 4개의 Categories, 7개의 Services, 31개의 Features를 도출하였다(Table 2).

Table 2. Cloud-based main BIM Services

N	Categories	Services	Features and Characteristics
1	Project	Project Management	Project, Workflow Management
2			Project details management
3			Project user information management
4			Archive, restore, and delete projects
5			Project life-cycle management
6			Space, asset, maintenance management
7			BIM shape information, property information management
8			Dashboard support to check project status
9			Project user collaboration support
10			Manage project and folder level access
11	BIM Viewer Service	BIM Viewer Service	Providing BIM Viewer service through WebGL based browser
12			Web based platform
13			IFC file support
14			Multi Device Support (PC, Phone, Tablet)
15			Provide example models on GitHub
16			Support file output formats such as ifcXML and ifcZIP
17			API service by IFC data standard
18	Data	Data Format and Conversion	Support for various applications and file formats (AutoDesk Revit, Trimble Prolog, VICO office, sketchup, Tekla Structures)
19			COBie Data Compatibility
20			Data import and export support
21	Extension Application	Application	Provides application to open and render data display and IFC models
22		Plug-in	Provide object information or data conversion plug-in
23			Connect to GIS (GIS), ESRI (GIS Software Developer), Google earth, etc. through plug-in

N	Categories	Services	Features and Characteristics
24		Library	Provide standard library for project execution
25			Share project user-created library
26	Cloud	Extension Application	Enable cloud-based collaboration
27			Cloud-based product lifecycle management
28			Render 3D images and perform analysis
29			Share BIM management tasks by the entire team
30			Store and manage large BIM files
31			Distributed processing support for simulating and rendering large models

4개의 Categories는 프로젝트, 데이터, 확장기능, 클라우드이며, 7개의 Services로는 프로젝트 관리, BIM 뷰어 서비스, 데이터 포맷 관리와 변환, 응용 프로그램, 플러그인, 라이브러리 및 클라우드 서비스로 분류되었다. 이에 대한 각 서비스별 기능을 각각 제시하고 있다.

프로젝트 관리에서는 프로젝트 상세 정보, 워크플로우 관리, 사용자 관리, 형상정보, 협업 및 권한 관리를 제공하고 있다. BIM 뷰어 서비스는 WebGL 기반의 온라인 뷰어, IFC(Industry Foundation Classes) 파일 지원, Multi Device 지원, Github의 예제모델 제공, ifcXML/ifcZIP 출력 지원과 API(Application Programming Interface) 서비스를 제공하고 있다. 데이터 포맷 및 변환에서는 다양한 S/W의 파일 포맷을 지원하고 COBie(Construction Operation Building Information Exchange) 데이터 호환과 데이터의 Import 및 Export 기능을 지원하고 있다. 응용 프로그램 서비스에서는 IFC 파일을 입력받아 시각적으로 렌더링이 가능한 서비스를 제공하고 있다. 플러그인으로는 객체정보나 표준화된 데이터 변환 플러그인을 제공하고, 이를 통해 ESRI, Google Earth 등과 GIS(Geographic Information System) 정보를 연결하도록 기능을 지원하고 있다. BIM 라이브러리는 표준 라이브러리를 제공하고 사용자가 작성한 라이브러리를 공유할 수 있도록 하고 있다. 특히 클라우드 서비스에서는 협업, 제품 수명주기 관리, 3D 렌더링 및 해석, 팀 파일 공유, BIM 데이터의 관리, 대용량 모델의 분산처리 지원 기능을 담당하는 것으로 파악되었다.

## 2.2 향만 BIM 플랫폼 주요 기능 정의

본 절에서는 상기의 BIM 플랫폼의 주요 기능 도출을 통해 BIM 플랫폼이 가져야 하는 공통기능과 특화기능을 Table 3에서 구성하였다. 공통기능은 BIM 플랫폼의 필수기능이고 특화기능은 사용자 요구에 따라 도메인별로 선택적으로 개발·구성할 수 있다. 다만 BIM 플랫폼에서는 모든 기능을 개발하고 활용할 수 있도록 PaaS 환경의 주요 기능 템플릿으로 구성해야 한다.

Table 3. Common & special features list for a BIM platform

Common Features	Special Features
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Web based platform</li> <li>• Individual and overall project management</li> <li>• Check project progress through Dashboard query</li> <li>• Check Work Flow</li> <li>• BIM Standard Data (IFC) Export / Import</li> <li>• Revit &amp; ArchiCAD (3D CAD program) file support</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D rendering support through WebGL-based browser support</li> <li>• Perform model collision checks</li> <li>• Markup function supports in-model display function</li> <li>• Management of subcontractor's work and supervisor reports through task scheduler</li> <li>• Assignment of authority per client, area unit, structure</li> <li>• Increase the number of projects that can be supported by scaling resources (CPU / MEM) through cloud scaling</li> <li>• Monitor and alarm on server performance, resources, and overall health of systems</li> </ul>

1) 공통기능 : 공통기능은 향만 BIM 플랫폼뿐만 아니라 모든 BIM 플랫폼이 구축해야 하는 필수 기능이다. 이러한 기능들은 대부분 모든 BIM 플랫폼에 기본 기능으로 탑재해야 하고 이를 기반으로 특화기능을 컴포넌트 형태로 연계·추가할 수 있도록 한다.

BIM 플랫폼 기능분석을 통해 도출된 주요 공통기능은 온라인 환경에서 서비스를 제공할 수 있도록 Web기반의 플랫폼을 적용한다. 이는 기본적인 SaaS플랫폼 환경으로 제공한다. 또한 데스크탑 및 모바일 모두에서 활용 가능하도록 Multi Device 환경을 지원할 수 있도록 Hybrid 웹 또는 앱 형태로 개발되어야 한다. 프로세스 관점에서는 개별 및 전체 프로젝트 관리 즉 CDE(Common Data Environment)를 기반으로 평가-설계-시공-유지보수에 대한 Workflow의 승인 관리가 필요하다. IFC 파일 뿐만 아니라 COBie 및 Excel 데이터가 상호 시스템을 통해 입력 및 출력 기능이 제공되어야 한다. 그리고 프로젝트의 전반적인 현황(진척도, 예산, 이슈 등)을 파악할 수 있도록 Dashboard 환경을 제공해야 한다. Custom 보고서 등이 시설자 산관리 및 현황(진도, 공정, 자원 등)파악을 위해 생성되어야 하며, Revit이나 ArchiCAD 등의 BIM S/W를 연계 지원해야 한다.

2) 특화기능: 특화기능은 기존공통기능에 추가적으로 활용목적에 맞도록 추가구성하는 기능이고 이는 공통기능 보다는 사용 우선순위가 상대적으로 낮다. 이러한 특화기능은 분석된 각 BIM 플랫폼으로부터 사용도가 높고 해당 플랫폼 내에서 공통기능 외에 특화된 서비스로 제공하고 있는 항목을 도출한 것이다. 우선 WebGL과 같은 온라인 브라우저 환경을 지원할 수 있도록 Open Web기술을 활용한 3D렌더링(시각화) 기능이 개발되어야 한다. 그리고 BIM 모델 검토 시 필요한 포인트에 Markup 처리를 하여 관련 프로젝트 담당자에게 내용 전달 기능을 부여해야 한다. 일일 진도율, 비용, 날씨, 위치 및 사용된 장비 등이 기재된 업무일지를 작성·보관·조회로 하청업체 직원과 관리 감

독자 상호간에 프로젝트 관리 등이 문서화되어야 한다. 관리자는 클라이언트, 면적단위, 건물 별로 사용자 및 그룹 단위의 권한을 할당하여 접근권한을 제어할 수 있다. 클라우드 자체의 특화된 기능으로는 클라우드 Scaling UP 기능 구성을 통해 IT 리소스 (CPU · MEMORY · HDD) 확장으로 지원 가능한 프로젝트 수 및 가용 용량을 가변적으로 증가시킬 수 있으며 서버 성능, 리소스 및 시스템의 전반적인 상태를 모니터링 하여 이상 발생 시 알람 발생 기능을 지원한다.

### 2.3 BIM 플랫폼 구축 Open Source 분석

상기의 BIM 플랫폼과 같은 유사한 BIM 플랫폼 구축을 위해 모든 기능을 처음부터 개발하는 것은 수많은 정량적 손실을 발생시킨다. 제시된 기본적인 공통 및 특화 기능을 소스코드(라이브러리)로 미리 제공하고 있다면, 이를 활용하여 좀 더 손쉽게 BIM 플랫폼을 구축할 수 있다. 이러한 BIM 플랫폼 구축을 위해 대표적인 오픈소스로는 BIMServer.center와 OpenBIM이 있다.

#### 1) BIMServer.center

BIMServer.center는 OpenBIM 기술과 유사한 BIM 워크플로우 기능을 사용하여 프로젝트에 참여하는 사용자간에 작업 공유, 변경사항 관리, 서비스 업데이트 등 효율적인 프로젝트 관리 기능을 제공한다.

이는 개방형 BIM 기술을 지원한다. 즉 사용자와 공동 작업 환경에서 프로젝트 개발 및 협업 워크플로우의 적용이 가능하다. 또한 BIM 프로젝트 파일을 관리 · 공유하며 권한 사용자간의 협업 기능을 제공한다. 이 외에도 공유 및 업데이트 기능과 다양한 어플리케이션 플러그인을 구성하여 BIM 플랫폼의 효율적 개발을 지원하도록 한다. 특히 온라인에서 활용 가능한 Web Viewer를 공통적으로 제공하고 있으나 여전히 최신의 인프라 분야 BIM 표준을 반영하고 있지 않다.

#### 2) OpenBIM (xBIM)

OpenBIM은 개방형 표준 및 워크 플로우에 기반한 건물의 협업 설계 및 개발 도구(Tool-Kit)를 제공하고 있다. 이는 개발자가 IFC 기반 응용 프로그램용 맞춤형 BIM 미들웨어를 만들 수 있는 오픈소스 소프트웨어 개발 도구를 제공하며 GitHub에서 소스 다운로드가 가능하도록 하였다. 또한 IFC 표준을 지원하는 풍부한 표준 API 제공을 통해 BIM 기능을 활용할 수 있다. 그리고 WebGL 기반의 브라우저가 포함 되어 3D 모델을 렌더링하고 시각화 할 수 있도록 하였다.

### 2.4 항만 BIM 플랫폼 구축 기능 정의

본 절에서는 상기의 BIM 플랫폼과 오픈소스 분석을 통해 항만

시설의 설계 · 시공 BIM 플랫폼 구축 시 공동 작업 공간에서 프로젝트 수행이 가능한 협업 Workflow 공간을 제공하고 IFC 표준 기반 BIM 데이터 파일을 이용, 설계 정보 공유 및 타 플랫폼과 호환성을 지원할 수 있도록 하는 기능을 정의하였다. 특히 항만 BIM 통합 플랫폼 구축을 위해서는 모든 기능을 구성할 수 없으므로 기존 BIM 플랫폼이나 오픈소스에서 제공하는 공통기능과 일부 특화 기능은 최대한 오픈소스 기능을 활용한다. 다만 항만 BIM 플랫폼으로서 항만시설물 운영 및 관리에 필요한 업무 프로세스의 파이프를 통해 추가적인 특화 기능을 제공할 수 있도록 한다(Table 4).

Table 4. Common & special features list for a BIM platform

<b>Common features of the integrated harborBIM platform</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WebGL based online BIM viewer</li> <li>• Provide collaborative work-flow for project in collaborative environment</li> <li>• Sharing design and maintenance information using IFC files</li> <li>• Manage and share all files in BIM projects and provide collaborative workspaces between authorized users</li> <li>• Distribute and manage business responsibilities within collaborative workspaces</li> <li>• Project Issue Management</li> </ul>
<b>Specialed functions of the integrated harbor BIM platform</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• System-linked APIs and interfaces related to harbor BIM data</li> <li>• Sharing harbor BIM Library Content</li> <li>• Standard XML (COBie) linkage of harbor BIM maintenance history management data</li> <li>• Content management based on harbor BIM standard IFC</li> <li>• harbor Specialized CDE Environment</li> <li>• Provide computing resources and development environment for the harbor BIM cloud platform</li> </ul>

또한 공통기능은 항만 BIM 통합플랫폼 안에서 BIM 프로젝트의 모든 파일을 관리하고 공유하며 권한을 받은 사용자간 파일을 열람하고 작업할 수 있도록 협업작업 공간을 제공하고 그 작업 영역 내에서 업무에 대한 담당자 할당을 통해 책임을 분배하고 항만 프로젝트 상에서 발생한 이슈 등을 관리하면서 BIM 기반의 항만 건설을 구축할 수 있도록 플랫폼 환경을 제공한다.

이러한 공통기능 외에 연구에서 개발하는 항만 BIM 라이브러리의 공유와 항만시설 BIM기반 유지이력관리 및 점검 예측에 관한 특화 기능이 포함된다. 유지이력관리를 위해서는 새롭게 정의되는 COBie 파일이 상호 교환되도록 한다. 또한 항만에서 활용되는 항만CALS, 항만장비관리(HEMS), 항만유지관리(POMS) 시스템의 프로젝트 및 시설물 정보를 항만 BIM 플랫폼과 연계하여 활용할 수 있도록 상호 데이터 호출 및 구현을 위한 API기능이 추가된다. 특히 항만 BIM 플랫폼에서 활용되는 모든 객체는 항만 BIM 형상표준인 IfcHarbour\_K를 통해 공통 관리되도록 하며, 항만 유지관리 및 클라우드 환경의 전산자원 할당 · 승인 등의 프로세스를 처리하도록 하는 항만 특화 CDE 환경을 제공한다. 마

마지막으로 향만 BIM 플랫폼 구축 및 운용을 위해 필요한 컴퓨팅 자원 환경을 주체별로 제공할 수 있도록 하는 IaaS 환경을 제공한다. 이와 함께 본 플랫폼은 IaaS 환경을 기반으로 다양한 향만 BIM 어플리케이션을 개발하고 VM 환경에서 미리 내장된 BIM S/W를 활용할 수 있도록 하는 PaaS 기반의 가상OS 환경도 제공한다.

## 2.5 향만 BIM 플랫폼 관점의 기존 플랫폼과의 차별성

### 1) 클라우드기반 BIM 플랫폼 관점의 차별성

#### 가) 사설 클라우드 구성을 통한 보안 강화 및 Customizing

향만 BIM 통합 플랫폼은 사설 클라우드 형태로 구성됨으로써 보통의 BIM 솔루션들이 제공하는 공용클라우드에 비해서 다른 사용자와 리소스를 공유하지 않아 내부 통제가 가능하기 때문에 제어와 보안 수준을 강화할 수 있으며, IT서비스를 향만 BIM 기반에 맞게 직접 구성해서 제공 가능하기 때문에 유연성이 있다.

#### 나) 클라우드 가상화 환경 통한 개발 인프라 제공

기존 BIM 클라우드 서비스들이 IT 인프라 관련 파일 및 문서 저장에 위한 스토리지 제공에 비해 향만 BIM 클라우드 관리 포털은 향만 운영기관과 기타 환경이 필요한 민간기업들에게 IT 가상화 환경을 제공하여 가상화 안에서 BIM 기반 향만 설계를 위한 개발 및 테스트를 진행할 수 있도록 자체 인프라를 구성할 수 있다.

다) 향만 BIM 클라우드 관리 포털을 통한 간소화된 가상화 생성 절차 제공

기존 오픈스택 상에서 가상화 생성을 위한 네트워크, 가상화 이미지, 자원 용량 선택 등 여러 절차를 진행한다. 그러나 향만 BIM 통합 플랫폼은 쉽고 빠르게 사용할 수 있도록 IaaS와 PaaS 관리포털을 통합 구현하여 기존 클라우드 사용 시의 어려움을 해소하고 특히 가상화 생성단계를 최소 2단계로 줄여 타 클라우드 운영 환경 대비 효율성을 증대시킬 수 있다.

#### 라) 오픈스택 Community 활용을 통한 원가 절감

클라우드 환경을 Open Source 기반인 오픈스택 커뮤니티로 구축하여 기존 Public 클라우드와 고전적인 자체 서버 도입에 비해서 솔루션 구축비용을 절약할 수 있다.

### 2) 향만관점의 차별성

가) 향만 BIM 통합 플랫폼을 통해 향만 구축을 위한 협업 시스템 및 통합 관리 환경 구축

향만 생애주기관련 향만 설계 및 유지보수 절차 등이 모두 분리되어 있어 향만 프로젝트를 시공부터 유지보수까지의 진행사항을 한눈에 확인해 볼 수 없다. 이를 향만 BIM 통합 플랫폼 통해 관리함으로써 향만 프로젝트 최초 기획에서부터 시공 후 유지관리까지의 향만 생애 주기를 설계자부터 시공사, 유지보수 업체 모두 단일의 향만 BIM 통합 플랫폼 안에서 작업을 진행할 수 있

도록 환경을 제공하는데 특징이 있다. 이는 BIM에서 데이터를 공유하고 협업하는 CDE를 지원한다.

#### 나) 향만 BIM 통합 플랫폼 구축을 통한 빅데이터 구축

기존 향만 유지관리 대한 점검이력 데이터를 향만 BIM 통합 플랫폼에 반영하고 향만유지관리시스템과의 연계를 통해 앞으로 생성될 데이터와 함께 향만 유지관리 빅데이터를 구축하여 추후 향만 시설물 교체 주기 및 정밀점검 주기 파악 등 유지관리 성능 예측에 활용된다.

## 3. 향만 BIM 플랫폼의 클라우드 컴퓨팅 환경 개발

본 장에서는 클라우드 기반의 향만 BIM 플랫폼 구축을 위해 IaaS 및 PaaS의 통합된 환경을 제시한다. 일반적으로 국내외 BIM 플랫폼 등은 IaaS나 PaaS를 별도 구축함이 없이 SaaS 환경만을 제공하는 Public Cloud 방식을 채택하고 있다. 그러나 향만의 경우 보안시설로 관리 등급이 높으며, 각 향만에 위치에 향만 운영사가 자체적으로 운영 유지관리를 수행하므로 공용 클라우드 보다는 사설 클라우드 방식으로 제공됨이 바람직하다. 그러나 향만 BIM SaaS 플랫폼은 일부 유지운영 위탁기업 및 부분적으로 민간에 대해 공용 방식으로 제공하는 Hybrid 클라우드 방식을 적용할 수 있다.

### 3.1 향만 BIM 플랫폼의 IaaS 환경 구축

#### 1) 향만 BIM 플랫폼의 IaaS 개발 가능 정의

본 연구에서 개발하는 향만 BIM 플랫폼의 클라우드 IaaS 환경은 향만시설물 관리 및 운영자가 별도의 서버를 구축하지 않고 온라인을 통해 클라우드 환경에서 서버 및 IT인프라 환경(네트워크, 스토리지)을 제공할 수 있다. 이를 위해 본 연구는 사용자가 클라우드 환경을 쉽고 편하게 활용할 수 있도록 IaaS 클라우드 관리 포털을 구현하였다. 이는 사용자가 필요로 하는 클라우드 자원을 신청하고, 할당하며, 모니터링하는 기능을 담고 있다.

이에 대한 향만 BIM 클라우드 IaaS의 기능을 다음 Table 5와 같이 정의하였다.

연구에서는 IaaS 구축을 위해 정의된 플랫폼 기능을 기반으로 오픈소스 기반의 오픈스택(Open Stack)을 적용하였다. 이는 2010년 Rackspace와 NASA의 주도로 개발된 클라우드 플랫폼의 공개 S/W 프로젝트이다. Open Stack은 컴퓨팅, 저장장치, 네트워크 자원으로 구성된 대규모 자원을 제어하고 관리하는 클라우드 운영체제로서 클라우드 관리자는 웹 환경을 통해 자원을 제어하고 서비스를 관리할 수 있으며, 서비스 이용자는 가상의 인프라 서비스를 동적으로 제공받고 운영할 수 있는 특징이 있다.

Table 5. Definitions of IaaS features in a Harbor BIM platform

Division	Features Definition
User policy	Provide roles, permissions, and supplementary policies for each user
Resource allocation	VM allocation for harbor BIM development, operation, and test on request
	Portal site configuration for business collaboration between harbor BIM users
	Storage Configuration for harbor BIM Library Delivery
Billing system	Billing policy based on assigned VM usage
Monitoring	Monitoring function for platform resource management

특히 라이선스 비용이 거의 없는 개방형으로 지원되므로 도입 비용이 매우 저렴하다.

### 2) 항만 BIM 플랫폼의 IaaS 구성

본 연구에서는 항만 BIM 플랫폼의 인프라 자원 환경 구축을 위해 오픈소스 기반의 오픈스택 플랫폼을 활용하여 IaaS 클라우드 환경을 구축하였다. 또한 이를 웹 환경에서 손쉽게 운영 및 관리할 수 있도록 하는 IaaS 관리 포털을 개발하였다.

항만 BIM 플랫폼은 각 기관별 가상 VM(Virtual Machine) 및 인프라를 제공할 뿐만 아니라 IFC, COBie, 라이브러리 및 유지 관리 빅데이터 등 표준객체 정보를 공유하기 위한 데이터 허브를 제공한다.

우선 Open Stack의 설치는 OS패키지, 오픈스택패키지, 패키지

를 관리하며 배포 역할을 수행하는 Repository, 자동화배포도구인 Packstack이 적용되었다. 이에 따라 항만 BIM IaaS 클라우드 플랫폼 H/W의 성능과 용도에 맞는 설정을 통해 물리서버 1대에 오픈스택을 설치하고 VM환경을 구성하기 위해 오픈스택의 Nova (컴퓨팅서비스), Glance (이미지서비스), Cinder (블록스토리지서비스), Neutron (네트워크서비스), Keystone (인증서비스) 등의 기술을 활용하여 세부기관 개발환경 및 항만 BIM 클라우드 관리포털을 구현하는데 필요한 자원을 VM으로 제공하였다.

IaaS 클라우드 관리 포털은 VM위에 OS와 WAS, 웹 미들웨어 및 DB를 설치하여, 오픈스택의 API를 통해 가상화 자원을 제어 및 관리하고, 모니터링 기능을 구현하였다.

### 3) 항만 BIM 플랫폼의 IaaS 관리 포털 구현

본 연구는 항만 BIM IaaS 클라우드 관리 포털을 개발하기 위해 화면 및 기능설계를 수행하였다. 항만 BIM IaaS 클라우드 관리포털의 설계 핵심은 비전문가의 항만 BIM 통합플랫폼에 대한 손쉬운 접근성과 신속한 VM 구성에 중점을 두고 있다. 또한 향후 본 항만 BIM 플랫폼의 실제 운영자와 기관별 플랫폼 관리자, 사용자별로 역할 및 권한을 구분하여 개발하였다. 기능 메뉴별 역할 및 권한은 플랫폼 운영자가 높은 관리 등급(Level1)을 가지며, 기관별 플랫폼 관리자는 Level2, 사용자는 Level3의 낮은 권한을 갖는다.

이를 구현하는 항만 BIM 플랫폼의 IaaS 환경은 다음의 화면 (Figure 2)과 같이 개발되었다.

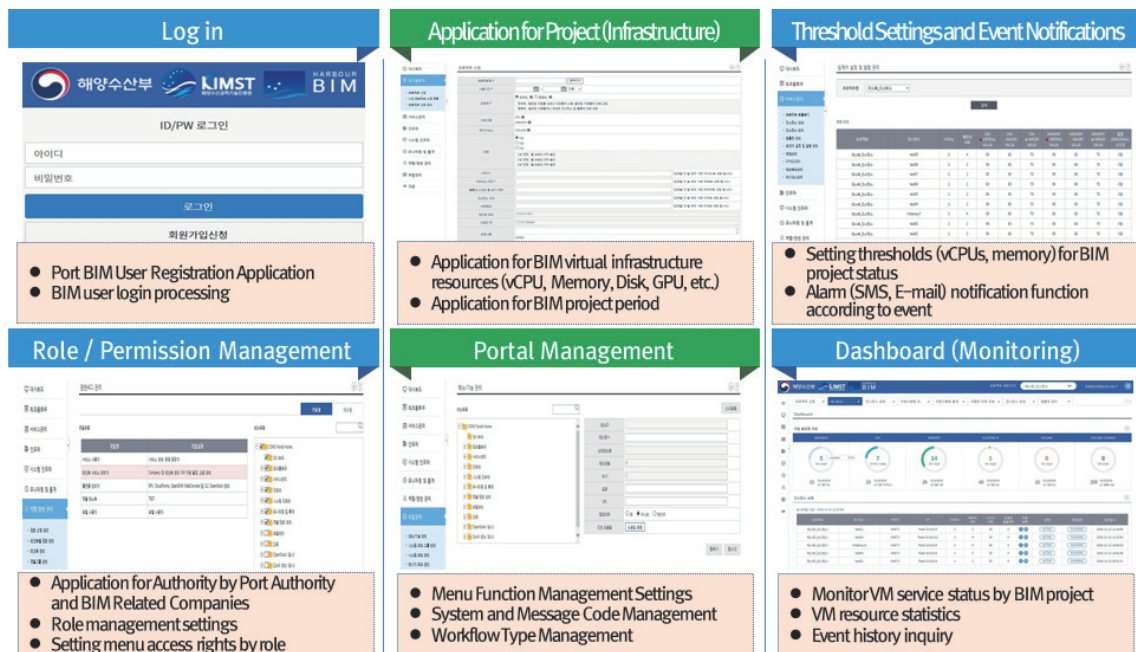


Figure 2. Management screens of IaaS environment for a Harbor BIM platform

각 세부 화면별 세부 기능은 다음과 같다.

가) 로그인 : 주체별 로그인 기능 제공, 신규 사용자의 승인, 권한 부여 기능

나) 대시보드 : 기관별, 사용자별로 생성한 VM 및 가상자원에 대한 할당량 및 사용량 정보, VM 상태 정보 출력 기능

다) 프로젝트 신청: 플랫폼 운영 및 관리자의 기관별 가상자원(가상자원 사용기간, vCPU, Memory, 저장소 등) 신청 기능

라) 프로젝트 관리 : 플랫폼 운영자 및 기관별 관리자는 각 사용자가 신청한 가상자원에 대한 승인·보류·반려 가능. 자원승인 후 클라우드 포털에서 자동으로 Open Stack과 API 연동을 통해 자원신청 요건에 따라 자원 생성 수행

마) 인스턴스 생성 : 가상자원이 생성되며, 각 기관별 사용자는 VM을 손쉽게(3단계) 활용 가능

- 1 Step : OS 및 서버 사양 선택 (예: CentOS + vCPU 4 Core/ Memory 8G / Disk 40Gb)
- 2 Step : 오토스케일 여부, 로드밸런싱 여부 및 설정
- 3 Step : 방화벽 설정

바) 임계치 관리 : 생성된 사용자별 VM 모니터링을 통해 지정된 임계치 초과시 알람(SMS·E-mail) 송출 기능. 이는 인스턴스마다 CPU, Memory 사용률에 따라 관리

사) 기타 기능 : 백업, 즐겨찾기(개인화 기능), 라이브러리, IFC, 협업도구, 빅데이터 등 향만 BIM 통합 플랫폼 구성하는 개별 모듈 기능을 개발하기 위해 미리 VM생성을 위해 템플릿(OS+서버스펙+미들웨어) 생성하는 기능과 모니터링 및 통계 기능 제공

### 3.2 향만 BIM 플랫폼의 PaaS 환경 구축

1) 향만 BIM 플랫폼의 PaaS 개발 기능 정의

PaaS는 향만 BIM 플랫폼에 내장된 다양한 템플릿 리소스를 활용하여 클라우드 환경에서 사용자의 어플리케이션을 개발, 배포 및 관리할 수 있도록 개발환경을 제공하는 오픈소스 플랫폼인 Openshift가 적용된다. 이는 개발되는 어플리케이션의 빌드 및 배포 자동화로 안정적이고 빠른 웹 서비스 환경을 제공한다. 이에 대한 PaaS 기능은 다음 Table 6과 같이 정의한다.

상기의 기능은 Open shift에서 제공하는 기능 중에서 향만 BIM 플랫폼의 PaaS 환경에 필요한 주요 기능을 도출 정리한 것이다. 크게 일반서비스, 컴퓨팅 자원, 모니터링 및 개발도구 지원 서비스를 제공한다.

세부적인 기능으로는 컨테이너 관리를 위한 관리자 및 운영자 관리 기능을 제공한다. 특히 대쉬보드를 통해 자원(CPU, 메모리), 네트워크 사용량을 표시하고 프로젝트 현황을 시각적으로 보여준다. 관리자 측면에서는 서비스의 승인, 관리, 할당을 절차적으로 담당하는 워크플로우 기능을 제공한다. 서비스 관리 측면에서는 프로젝트 생성, 관리와 컨테이너 부하 증가에 따른 확장

Table 6. Definitions of PaaS features in Harbor BIM platform

Division	Function definition
General service	User / administrator access and menu structure control, account authentication and management, security management by security policy, usage metering and billing function, event management for threshold generation
Computing	Catalog inquiry by service, VM and container auto scaling according to load, and application resource limit management
	Provisioning: The ability to automatically configure services such as containers, VMs, storage, and networks. Function to manage allocated resource and installation status information, resource allocation / use / performance inquiry management function and resource isolation function
Monitoring	Function to monitor status / performance such as HOST / Hypervisor / VM and collect and provide information, monitoring target item, monitoring cycle, threshold setting, and event management and interworking function
Development Tool	Build on the developed source and distribute the built binary file to the development server and verification server

및 어플리케이션 버전관리, 자동 배포 및 관리 기능을 핵심으로 제공한다. 모니터링에서는 프로젝트 상태, 자원 사용량 모니터링, 컨테이너 동작여부 및 이벤트에 따른 위험상태를 수준별로 구분하는 기능을 제공한다. 이외에도 자원 사용량에 대한 통계 및 로그 기능과 사용자의 권한 관리 기능을 제공한다.

2) 향만 BIM 플랫폼의 PaaS 구성

이러한 기능들은 OS를 가상환경에서 제공하도록 Docker Container를 처리하는 Engine을 적용한다. 이는 하나의 호스트에서 다양한 환경이 필요한 다수의 어플리케이션을 실행할 수 있도록 하는 격리된 공간을 제공한다. 또한 각 컨테이너 운영에 필요한 다양한 개발 언어 런타임, 미들웨어, DB 등의 어플리케이션 이미지를 제공한다. 모니터링 기능은 컨테이너별로 가능하도록 기능을 지원하며, Memory, CPU, Network의 사용량을 시각화 그래프로 대쉬보드에서 제공한다. 그리고 라우터(Router)를 통해 들어오는 사용자의 요청을 자동으로 컨테이너 사이에 분산시켜 안정적인 시스템 운영을 가능하게 하는 자동 부하 분산 기능을 제공한다. 마지막으로 PaaS의 핵심인 개발환경을 제공하는 것으로서, Git, Jenkins 컨테이너 이미지를 제공하여 개발하고 이를 빌드하며, 배포, 테스트를 통합 지원한다.

3) 향만 BIM 플랫폼의 PaaS 관리 포털 구현

상기의 PaaS 주요 기능과 개발 환경 제공을 통해 다음과 같이



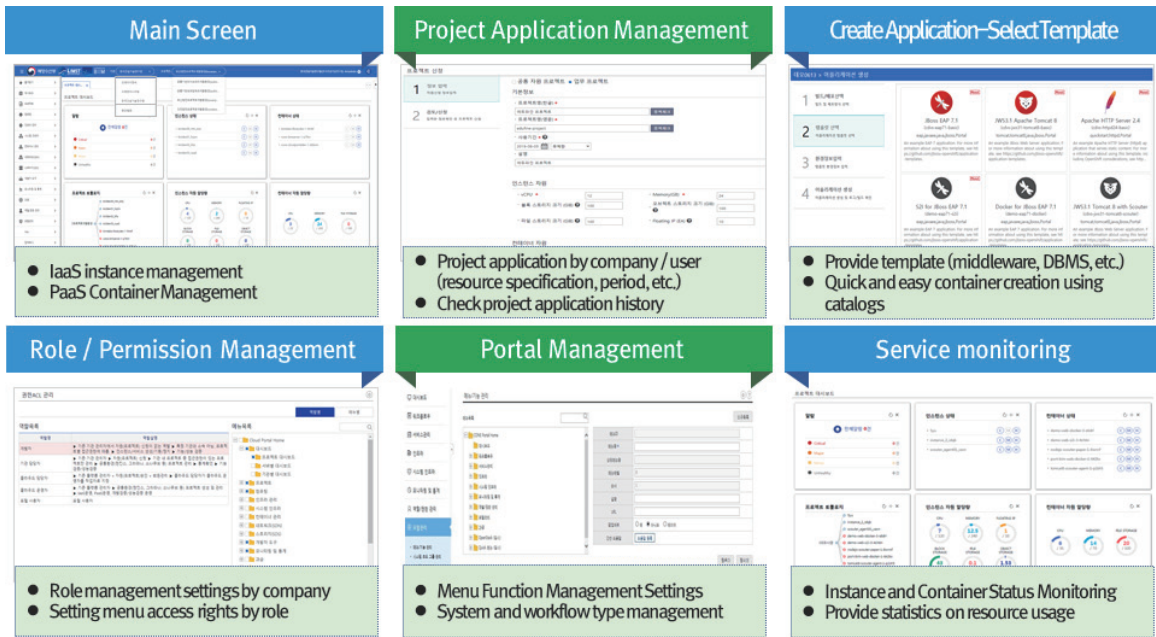


Figure 3. Main features of PaaS environment for a Harbor BIM platform

PaaS 관리 포털을 개발하였다. 이는 사용자의 활용성과 IaaS 환경과의 연계를 위해 PaaS 및 IaaS를 통합한 관리 포털을 구축하였다. 기본적으로 PaaS 플랫폼 환경에서 IaaS 기능을 절차적으로 지원한다. 상기의 그림(Figure 3)은 PaaS와 IaaS를 통합한 관리 포털을 나타낸 것이다.

각 세부 화면별 세부 기능은 다음과 같다.

가) 메인화면 : 대시보드, 업무 워크플로우(PaaS 환경 개발업무 절차), 프로젝트 생성, 관리, 서비스 임계치(CPU, Pod) 설정을 담당하는 서비스 관리, 프로젝트 상태 및 자원사용량을 나타내는 모니터링 및 통계화면 제공, 역할 및 권한 신청을 할 수 있는 기능을 메뉴형태로 제공

나) 워크플로우 제공 : 본 기능은 자원(CPU, 메모리, 볼륨)을 할당 신청, 프로젝트 신청, 개발환경 구성을 위한 템플릿 선택 및 관리, 소스 개발 및 배포와 서비스 이관 기능 제공

다) 프로젝트 생성 : 프로젝트 생성에서는 개발하고자 하는 프로젝트 환경 설정 기능 제공. 프로젝트 생성 단계에서 프로젝트 명칭, CPU 및 메모리 할당, 템플릿 선택에서 프로젝트에 맞는 개발 템플릿(예:.net)을 선택하고 이에 대한 환경설정 값을 입력. 최종 선택한 환경에 맞도록 설정하고 서비스를 생성

라) 개발환경 템플릿 제공 : 개발 프로젝트에 필요한 다양한 개발환경의 서비스 템플릿을 제공함

- 빌드팩 : .NET, JAVA, JSP, NODE JS, PHP, Python
- M/W : Jboss, Tomcat
- DB : MySQL, Maria DB, Mongo DB
- 빌드/배포 도구 : Jenkins

4) 항만 BIM PaaS 플랫폼 기반 개발 배포 프로세스

본 절은 상기의 워크플로우 제공 기능에서 정의한 항만 BIM 플랫폼의 PaaS 환경에서의 어플리케이션 개발 절차를 제시한다. 이는 PaaS 환경의 워크플로우 메뉴에 탑재되어 있으며, 각 단계별로 상세한 개발 절차를 나타내고 있다. 또한 각 단계의 절차에서 해당 기능으로 접근할 수 있도록 하는 기능 및 메뉴를 제공하고 있다. 다음의 Figure 4는 항만 BIM 플랫폼의 PaaS 환경에서 어플리케이션 개발 단계를 나타낸 것이다.

Resource Application	Application Creation	Development	Published and Release
1. Resource Allocation Application for PaaS Service	2. Create an application based on the assigned VM	3. Source development and deployment to PaaS environment	4. Application development & deployment
Select resource specification	Create project	Source development in Local PC environment	Build pipeline selection
Resource allocation application	Select template	Choose my project	Build and deployment
Approval	Application creation complete	Build and deploy development environment	Confirm Publish Results
Complete service configuration	Configuration of the Service Build Pipeline	Container Log Inquiry	Release management
	Service build		

Figure 4. PaaS utilization process in harbor BIM platform

가) 자원 신청 : 우선 PaaS 서비스 구축을 위한 자원 할당을 신청하고 자원 스펙을 선택하여 자원 할당을 요청하며, 담당자는 이를 승인하여 서비스를 구성

나) 어플리케이션 생성 : 사용자 요청에 의해 승인되어 할당된 VM 위에 자유롭게 어플리케이션을 구축하도록 하는 환경을 제공. 이를 위해 프로젝트를 생성하고 원하는 개발환경에 맞는 템플릿을 선택하여 어플리케이션 생성을 완료, 그런 다음 서비스 빌드 파이프라인 구성을 통해 서비스를 빌드

다) 개발 : 어플리케이션 생성 후 본격적인 소스 개발 및 배포

를 수행하는 기능 제공. 우선 로컬 PC 환경에서 소스 개발을 진행하고 나의 프로젝트 선택 후 개발환경 빌드 및 배포하며, 컨테이너 로그를 조회

라) 이관 및 릴리즈 : 개발된 어플리케이션을 서비스할 수 있도록 배포하는 기능을 제공. 우선 빌드 파이프라인을 선택하고 운영 빌드 및 배포를 수행, 이관 결과를 확인하고 릴리즈 관리 수행

### 3.3 항만 BIM 플랫폼(iaaS+PaaS)의 운영체제 구축

연구에서 개발된 항만 BIM 플랫폼의 iaaS+PaaS 통합 환경에서 사용자 주체별로 어떻게 플랫폼을 활용할 수 있는지를 확인하기 위해 다음 Figure 5와 같이 운영체제를 구축하였다.

Rights Management List		
Role division	Role by authority	Example of use
BIM Users (Consignment Company)	• Port BIM design and maintenance using assigned VM	• Engineering company, port maintenance operator, consignment company, etc.
Port Operation Company	• Request for virtual resource infrastructure required for port design, construction and maintenance • VM and project management	• Port Authority, etc.
National Port Authority	• Resource Request Approval and Resource Management in the Port BIM Cloud • Integrated Cloud Infrastructure Management	• Managers of National Information Resource Center

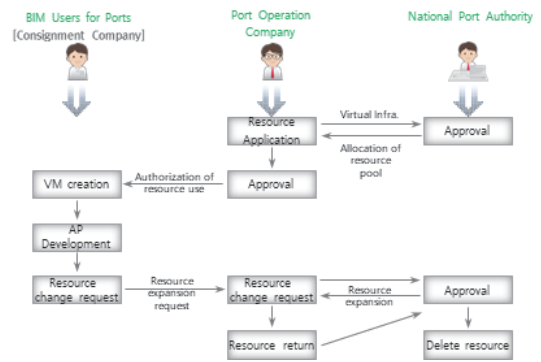


Figure 5. Operation process for iaaS environment in a Harbor BIM platform

항만 BIM 플랫폼은 기본적으로 사실 클라우드 환경을 제공하므로 운영주체는 항만관련 기관과 그 사용자로 한정한다. 사용주체는 우선 BIM 어플리케이션을 개발하고 직접 플랫폼의 세부기능을 활용하는 위탁기관 인력 등을 포함하는 BIM 사용자, 항만 BIM 플랫폼에서 iaaS와 PaaS환경을 생성하고 프로젝트를 관리하는 민간 항만 운영사, 그리고 항만 BIM 플랫폼 자체를 보유하고 운영하는 항만공사의 전산관리자로 구분한다.

iaaS환경과 PaaS환경에서의 자원 신청 및 승인절차는 플랫폼 환경이 통합되었으므로 동일하다. 우선 항만 BIM 플랫폼에서 프로젝트 생성과 관리를 담당하는 민간 항만 운영사는 가상 인프라 자원을 신청하면, 항만공사는 자원 풀을 할당하여 승인하게 된다. 그리고 해당 항만 운영사의 민간 위탁기관이 가상자원이 필

요할 경우에는 항만 운영사가 이를 승인하고 사용자별 권한 부여를 통해 VM을 생성한다. 이후 iaaS 환경에서 가상 OS 접속을 통해 미리 구축된 어플리케이션을 활용할 수 있다. 또한 개발 환경이 제공되어 다양한 어플리케이션을 개발할 수 있다. 이에 대한 자원변경이 요청되면, 항만 운영사는 변경요청사항을 수집하여 항만공사에 자원 확장의 요청을 보내고 항만공사는 이를 승인하여 변경에 대응할 수 있도록 한다.

## 4. 항만 BIM 플랫폼의 검증 및 활용 체계

### 4.1 항만 BIM 플랫폼의 GPU 적용 검증

본 항만 BIM 플랫폼은 디지털화된 항만지형 및 구조물을 포함한 대용량의 BIM 데이터를 다루므로 이들의 고속의 가시화 처리를 위해 클라우드 서버에 별도의 GPU(Graphics Processing Unit)를 탑재하였다. 이는 BIM 데이터의 그래픽 가시화 처리와 사용자 뷰어로의 로딩속도 개선을 목적으로 적용되었다.

본 연구에서는 기존 클라우드 환경에서 GPU가 적용되기 전과 항만 BIM 플랫폼에서 제공하는 GPU가 적용된 경우 2가지를 상호 비교하였다. 이를 통해 항만 BIM 모델인 테트라포드를 대상으로 클라우드 환경에서의 고용량 BIM 데이터 로딩속도와 가시성 처리를 검증하였다. 우선 본 항만 BIM 플랫폼의 비교 전 Autodesk Viewer를 통해 기 사용시스템의 GPU 적용 여부에 따른 항만 BIM 라이브러리 모델(테트라포드)의 렌더링 및 페이지 로딩 시간을 비교하였다. 이는 크롬 브라우저에서 개발자 도구를 사용하여 성능을 측정하였다. 이는 GPU를 제외하고 동일한 H/W 환경에서 테스트한 것이다(Figure 6).

Items	Non-GPU	GPU
Rendering Time	2,626 ms	1,247 ms
Page Loading Time	18.74 s	8.61 s

Figure 6. Rendering & Loading Time Test

그 결과 GPU가 없을 경우 렌더링 시간은 2,626ms(2.62초), 페이지 로딩시간은 18.74초로 테스트 되었다. 반면에 GPU가 적용된 경우 렌더링 시간은 1,247ms(1.24초), 페이지 로딩시간은 8.61초로 GPU를 적용하지 않은 경우에 비해 성능은 각각 53%, 55%가 개선됨을 알 수 있다.

이러한 검증을 통해 GPU의 적용여부가 플랫폼에서 모델 렌더링 및 로딩 시간이 상당히 개선됨을 알 수 있었다. 이에 따라 항만 BIM 플랫폼의 PaaS에 템플릿으로 구성한 BIMserver.center의 오픈소스를 기반으로 GPU의 적용여부에 따른 케이스에 대한

BIM 라이브러리의 품질을 다음 Figure 7과 같이 비교하였다.

Figure 7과 같이 CPU와 메모리 등 동일한 플랫폼 H/W환경에

Items	Non-GPU	GPU
CPU	Intel Xeon 2.59	Intel Xeon 2.59
MEM	16G	16G
GPU	Microsoft Basic Display	NVIDIA Tesla V100 32G

Figure 7. Quality test based on GPU application in harbor BIM platform

서 GPU 적용 여부에 따라 가시성을 검토한 결과 GPU가 없는 경우 케이스의 형상이 제대로 표현되지 않았다. 그러나 GPU를 적용한 결과 설계된 형상 그대로 화면에 표출되는 것을 파악할 수 있었다.

#### 4.2 항만 BIM 플랫폼 IaaS 환경 구축 비용 절감

본 절에서는 일반 로컬 서버구축, AWS도입 및 항만 BIM 클라우드 플랫폼 구축에 대한 도입비용을 상호 비교하였다. 다음 Table 7은 항만 BIM 플랫폼의 서비스로 제공하는 기능을 구축하는 경우에 대하여 각각 도입비용을 산정한 것이다.

Table 7. Comparison of platform introduction cost for developing a harbour BIM platform (unit: 10<sup>3</sup> won)

Usage	Server Spec (CPU/MEM/DISK)	Cost	AWS (Mon)	BIM IaaS Cloud
Schema Verification	4core/16G/1T	4,500	223	10,194
Library Creation	4core/16G/1T	4,500	223	
Portal Development	8core/32G/1T	6,500	372	
Maintenance Performance Prediction	4core/16G/1T	4,500	223	
Test-Bed	4core/16G/1T	4,500	223	
Extra Cost	-	-	127	
Total	24core/96G/5T	24,500	1,396	
Sub (1 year)		24,500	16,752	10,194
Reduction Ratio		58 %	40%	-

위의 표와 같이 개별서버와 AWS(Amazon Web Service) 그리고 오픈스택 커뮤니티를 사용한 항만 BIM 통합플랫폼 구축비용 비교를 통해 본 항만 BIM 플랫폼이 일반적인 서버 구축비용 대비 58%, AWS대비 40%의 도입 비용이 절감되는 것으로 나타났다.

#### 4.3 항만 BIM 플랫폼 IaaS+PaaS의 활용 체계

클라우드 기반의 항만 BIM 통합 IaaS+PaaS 플랫폼은 항만 BIM 기반기술 사용자에게 인프라 환경을 가상화 형태로 제공하고, 해당 사용자들이 개발된 내용을 테스트 및 배포에 반영할 수 있도록 지원한다. 또한 이렇게 개발된 어플리케이션은 SaaS의 형태로 사용자에게 서비스 될 수 있다. 사용자는 가상화 자원 신청 및 승인된 자원을 통해서 BIM 기반의 항만 설계, 개발 테스트 및 상용 환경을 구성하는 시스템 개발자와 항만 BIM IaaS플랫폼 상에서 진행할 프로젝트와 사용자 생성 권한 관리 및 사용자가 신청한 자원에 대한 승인 등의 절차를 진행하는 시스템 운영자로 나눌 수 있다.

1) 시스템 개발자 : 개발자는 항만 BIM IaaS 플랫폼 가상화 환경을 사용하기 위한 자원 신청을 담당한다. 그리고 할당된 자원을 통해 PaaS 환경에서 항만 BIM데이터 Hub 및 개발환경, 테스트 진행 후 상용 환경에 반영한다.

2) 시스템 운영자 : 운영자는 항만 BIM 통합 IaaS 플랫폼에서 운영할 프로젝트 생성/삭제 및 관리를 담당한다. 또한 사용자 권한 관리에 따라 접근 권한을 부여하고 사용자가 신청한 자원에 대한 승인/반려를 진행할 권한을 갖는다.

### 6. 결론 및 고찰

본 연구에서는 항만 BIM 플랫폼의 주요 기능을 분석 및 도출하고 클라우드 환경으로 제공될 수 있도록 IaaS+PaaS 통합된 환경 구축 및 이를 통한 항만 사례모델을 활용하여 플랫폼을 검증하였다. 이를 위해 세부적으로 항만 BIM 플랫폼이 포함해야 하는 핵심기능을 도출하기 위해 해외의 대표적인 BIM 플랫폼을 분석하였다. 또한 이러한 항만 BIM 플랫폼을 구축하기 위해 클라우드 환경에서 컴퓨팅 자원을 가상으로 제공하는 IaaS와 이를 기반으로 어플리케이션의 개발·배포를 수행하는 PaaS의 통합체계를 제안하였다. 일반적인 BIM 플랫폼들은 아직 BIM 환경에 특화된 IaaS와 PaaS환경을 제공하고 있지 않다. 향후 디지털 데이터의 통합체계에 따라 플랫폼간의 연계체계도 필수적일 것으로 판단된다. 대부분의 BIM 플랫폼은 AWS, MS Azure와 같은 Public Cloud를 적용하는 추세이다. 그러한 항만은 국가 보안시설이며, 시설의 운영체계가 기존 시설과는 차이를 보이므로 Private Cloud 형태의 자체 클라우드 체계를 구축하는 것이 바람직하다. 연구에서 개발된 항만 BIM 플랫폼 IaaS환경은 기존 플랫폼과 다르게 PaaS환경을 통합하여 제공하고 있다. 이는 높은 사용성 및 관리 효율성을 확보할 목적으로 개발되었다. 또한 항만 BIM 플랫폼의 성능을 검토하기 위해 GPU적용 여부에 따른 항만 BIM 라이브러리인 케이스, 테트라포드에 대하여 렌더링, 페이지로딩 시

간 및 가시성을 테스트하였다. 그 결과 GPU의 적용시 시간 측면에서는 약 50%이상 개선되었다. 그리고 모델의 뷰 가시성이 개선된 것으로 나타났다. 이러한 결과 향만과 같이 대형 구조물 및 지형을 포함하는 BIM 플랫폼의 경우 GPU의 적용이 필수적이다.

향만 BIM 플랫폼은 도입 및 개발비용을 최소화하기 위하여 일 반서버, AWS 및 향만 BIM 플랫폼의 도입 비용을 비교하였다. 그 결과 오픈소스를 적용한 향만 BIM 플랫폼이 두 H/W환경과 비교 하여 비용측면에서 40~58%의 비용 절감효과가 있는 것으로 나 타났다. 본 연구에서 개발된 IaaS+PaaS 환경은 향만 BIM 플랫폼 의 SaaS 서비스 구축을 위한 기반으로 적용되어야 할 것이다.특 히 향만공사별로 구축하여 해역별 향만 BIM 플랫폼 상호간 연계 하여 다양한운용이 가능하다.

본 향만 BIM 플랫폼은 대용량의 향만 BIM 성과품을 클라우드 환경에 효율적으로 관리하고 이를 기반으로 사용자가 원하는 향 만 BIM 서비스를 통합적으로 구축할 수 있다는 점에서 기존 연구 와는 차별화된다. 특히 사설형태의 BIM 플랫폼 구축을 위해 최적 화된 가상 컴퓨팅 환경과 개발 환경 제공뿐만 아니라 이를 통해 구축되는 서비스 시스템인 SaaS환경을 단일의 클라우드 플랫폼 상에서 운영되도록 하는 차별화된 BIM 플랫폼이 될 수 있다. 기 존 BIM 플랫폼은 외부 클라우드 환경을 임대하여 SaaS서비스만 을 제공하므로 컴퓨팅 환경 제공과 다양한 인프라 시설 적용 측 면에서 본 BIM 플랫폼이 강점을 가질 수 있다.

향후 IaaS+PaaS의 통합된 클라우드 컴퓨팅 기술 도입으로 향 만 BIM 플랫폼 인프라 구매 비용 및 시스템 유지비용이 절감될 수 있을 것이다. 또한 유사한 BIM 플랫폼 개발시 Open Source 에 의한 클라우드 개발 환경으로의 손쉬운 전환이 가능하다. 특 히 본 플랫폼은 앞으로 구축되는 유사한 BIM 플랫폼 개발 표준 및 기초를 제공할 수 있을 것이다.

## 감사의 글

이 논문은 2019년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥 원의 지원을 받아 수행된 연구(생애주기별 향만시설 통합 운영관 리를 위한 BIM 기반기술 개발)입니다.

## References

- Allplan BIMplus (2019). <https://portal.bimplus.net> (Aug. 29, 2019).
- An, M. G., Choi, J. M., Lee, J. W., Yoon, S. W. (2017). "A Proposal of the Usage Metering Functions on Cloud Computing-Based Building Information Modeling (BIM) and the Law for the Open BIM Ecosystem", *Journal of KIBIM*, 4(2), pp. 17-24.
- Autodesk BIM360, (2019). <https://www.autodesk.com/bim-360/> (Aug. 23, 2019).
- axeobim (2019). <https://axeobim.fr> (Aug. 26, 2019).
- BIM Track (2019). <https://bimtrack.co>, (Aug. 26, 2019).
- BIMcloud (2019). <http://https://www.graphisoft.com/bimcloud/overview/> (Aug. 24, 2019).
- BIMcollab (2019). <http://https://www.bimcollab.com/en/default> (Aug. 28, 2019).
- BIMserver.center (2019). <https://bimserver.center> (Sept. 20, 2019).
- fm:systems (2019). <http://fmsystems.com> (Aug. 28, 2019).
- Gangyan Xu, Ming Li, Chun-Hsien Chen, Yongchang Wei(2018). "Cloud asset-enabled integrated IoT platform for lean prefabricated construction", *Automation in Construction*, 93, pp. 123-134.
- Jane M., Peter E.D.L., Sam H., Robert C., Chris R. Oluwole O.(2015). "Real time progress management: Re-engineering processes for cloud-based BIM in construction", *Automation in Construction*, 58, pp. 38-47.
- Zhang J., Liu Q., Hu Z., Lin J., Yu F.(2017). "A multi-server information-sharing environment for cross-party collaboration on a private cloud", *Automation in Construction*, 81, pp. 180-195.
- Jun, J. H., Lee, S. H., Eom, S. J. (2012). "Analysis of Applying the Mobile BIM Application based on Cloud Computing", *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 17(5), pp. 342-352.
- Jung, S. H., Lee, B. S., Choi, Y. K. (2019). "A Study on The Construction of Cloud BIM-based Medical Facility Design Support System", *Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 25(6), pp. 39-46.
- Kim, B. K., Kim, J. S. (2016). "A Proposal of the Usage Metering Functions on Cloud Computing-Based Building Information Modeling (BIM) and the Law for the Open BIM Ecosystem", *Journal of KIBIM*, 6(3), pp. 49-56.

LOD Planner (2019). <https://www.lodplanner.com> (Sept. 05, 2019).

ONUMA, (2019). <http://http://onuma-bim.com> (Aug. 24, 2019).

simplebim (2019). <http://www.datacubist.com/> (Sept. 25, 2019).

xBIM (2019). <https://docs.xbim.net/index.html> (Aug. 24, 2019).

Yoon, S. W., Kim, B. K., Choi, J. M., Kwon, S. W. (2013). "A

Prototype BIM Server based viewer for Cloud Computing BIM Services", *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, 33(4), pp. 1719–1730.