

BIM과 이기종 솔루션 데이터 통합을 고려한 시설물관리 시스템 아키텍처 개발에 관한 연구

A Study on BIM-based Facility Management System Architecture Development considering the heterogeneous solution data integration

강 태 옥* 최 현 상**
Tae Wook Kang Hyun Sang Choi

요 약 본 연구의 목적은 BIM과 다양한 이기종 솔루션 데이터 통합을 고려한 시설물 관리 시스템 아키텍처를 개발하는 것이다. 이기종 솔루션 데이터는 시설물 관리 시스템, 자산 관리 시스템, 시설물 센서 데이터베이스 시스템 뿐 아니라 모델러로부터 생성된 파일이 될 수도 있다. 본 연구에서 이기종 솔루션 데이터 통합을 위한 고려사항을 도출하고 이를 구현하기 위해 ETL (Extract, Transform and Load)을 사용한 BIM기반 데이터 통합 방법을 제안한다. 이와 관련된 연구동향을 조사하고, BIM기반 이기종 솔루션 데이터 통합 지원 아키텍처 개발을 위한 유스케이스를 도출하였다. 이를 통해 BIM기반으로 시설물 객체와 관련된 데이터를 확인할 수 있도록 FM 데이터베이스 스키마를 개발하였다. 마지막으로 아키텍처 적용 가능성을 확인하기 위해 제안된 방법을 이용하여 프로토타입을 구현하였다.

키워드 : BIM, 시설물관리, 통합, 상호운용성, 아키텍처

Abstract The purpose of this study is to develop an efficient BIM-based FM(Facility Management) system architecture to integrate the heterogeneous solution data related to FM. The heterogeneous solution data can be an FM system, asset management system, or facility sensor database systems, as well as files created by a modeler.

In this study, we define the consideration for the external heterogeneous data integration related to BIM-based FM and propose the methodology. To implement it, trends in related studies were reviewed and general use cases of BIM-based FM were derived to develop the architecture for the integration between BIM and the heterogeneous solution data. The component architecture was designed to implement the use cases, and the schema was developed for the prototype by using the proposed architecture.

Keywords : BIM, FM, integration, interoperability, architecture

1. 서 론

시설물 관리자는 관리해야할 시설물이 많을수록 특정 시설물에 문제가 발생되었을 때 시설물 공간 위치, 형태, 시공 정보, 유지보수 이력, 유지관리 업체 정보 등을 확인하는 데 반복적인 비용을 소모한다. 이런 이유로 최근에 이러한 정보들을 통합하여 관리할 수 있는 방법으로 BIM에 기반 한 시설물 관리 시스템이 연구되고 있다. 최근 다양한 유스케이스를 BIM(Building Information Modeling)기반으로 수행하기 위한 다양한 연구 및 프로토타입이 개발되고 있으며 이기종 솔루션

데이터를 통합하는 상호운용성이 큰 이슈로 부각되고 있다. 건설분야 원활한 정보 상호운용을 위해서 빌딩스마트 협회에서는 IFC(Industry Foundation Class)를 개발해 표준화하고 업계의 요구사항을 수용하려고 노력하고 있으나 실무적 차원에서 이기종 솔루션 간 정보를 교환할 때 일부 정보가 손실되거나 변형되는 등의 문제가 보고되고 있다[9].

본 연구 목적은 BIM과 다양한 이기종 솔루션 데이터 상호운용성을 고려한 시설물 관리 시스템 아키텍처를 개발하는 것이다. 본 연구에서는 BIM기반 FM(Facility Management)에서 사용할 데이터를 변환

[†]This work was researched by the supporting (2013) BIM/GIS Platform based construction spatial information integration operation technology development

* Tae Wook Kang, Senior Researcher, ICT Lab, Korea Institute of Construction Technology, ktw@kict.re.kr

** Hyun Sang Choi, Research Fellow, ICT Lab, Korea Institute of Construction Technology, hyunsang@kict.re.kr

하고 정의하기 위해 ETL(Extract Transform Load)개념을 적용하여 아키텍처를 설계한다. 아키텍처의 적용성을 확인하기 위해 시설물 관리와 관련한 이기종 솔루션 데이터 통합을 지원하는 BIM 기반 시설물 관리 시스템 프로토타입을 개발한다. 이를 통해 시설물 관리와 관련된 이기종 솔루션 데이터를 BIM 기반으로 효과적으로 통합할 수 있음을 보인다.

2. 연구 방법

본 논문의 연구 방법은 다음과 같다. 우선 연구 목적과 관련된 최신 연구동향을 살펴본다. 4장에서는 BIM 기반 FM시스템과 이기종 솔루션 데이터의 효과적 통합을 위한 고려사항과 프레임워크를 도출하고 시스템 아키텍처 설계를 위한 유스케이스를 정의한다. 이후 FM과 관련된 외부 이기종 솔루션 데이터를 통합하는 방법을 제안한다. 제안된 데이터 통합 방법을 고려한 BIM 기반 FM 데이터베이스 아키텍처 설계를 제안하고 제안된 아키텍처의 적용성을 확인하기 위해 프로토타입 프로그램을 개발한다. 이를 통해 시사점을 도출한다. 마지막 장에서는 결론 및 향후 연구에 대해 논의한다.

본 연구에서 이기종 솔루션 데이터 통합을 고려한 아키텍처 및 프로토타입 개발하기 위해 사용된 데이터는 한국건설기술연구원의 시설물 관리에 사용된 것으로 본 연구 목적에 대한 고려사항과 유스케이스 도출에 활용되었음을 밝힌다. 참고로 연구원 시설물 관리팀은 건물 23개동에 대해 공간별로 구분하여 시설물 관리를 하고 있다. Fig. 1은 연구 흐름도이다.

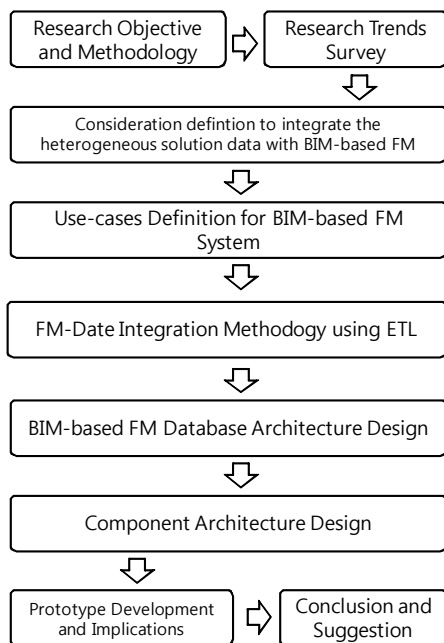


Figure 1. Research flow

3. 관련 연구 동향

3.1 국내 관련 연구

BIM기반 시설물 관리 시스템 개발에 관한 연구로는 3D 그래픽 모델을 활용한 교량 구조물 유지관리 정보 시스템 개발에 관한 연구가 있으며[11], 이 연구에서는 3D 환경의 구조물 유지관리를 위해 필요한 시설물의 부재 속성정보를 데이터베이스에 담아두고 자료는 신속하게 조회할 수 있도록 설계하였다. 이 연구는 프로토타입을 개발해 적용성을 검증하였으나 데이터베이스에 데이터를 저장하고 조회할 수 있는 구조에 초점을 맞추고 있으며 이기종 솔루션 상호운용성은 다루고 있지 않다. Ko[6]는 CAFM(Computer Aided Facility Management) 구축 시 BIM 데이터를 사용하려 할 때 BIM기반 CAFM개발에 들어가는 비용이 크다는 점을 지적하고 FM단계에서 활용할 수 있는 BIM 데이터를 IFC와 COBie(Construction Operations Building Information Exchange)기반으로 이용할 수 있는 방법을 제안하였다. 다만, 방법 제안에 그쳤으며 시연을 통한 활용성 검증에는 이루지 못하였다. Lim[11]은 모바일 BIM기반 유지관리시스템을 통해 유지관리 주체 간에 원활한 정보교환을 통한 의사소통 증진과 계획 및 사후 관리 업무를 데이터베이스화하여 원활한 업무를 지원하는 것에 초점을 맞추고 있다. An[1]은 BIM기반 시설물유지관리시스템을 위한 요구사항 정의를 위해 자문을 통해 COBie를 바탕으로 요구정보 데이터를 검토하고 필수정보, 권장정보, 선택정보로 나누었으며 국내 시설물유지관리시스템을 구축할 때 참조할 만한 데이터를 제안하였다.

3.2 해외 관련 연구

해외 연구 동향은 다음과 같다.

Saurabh[12]은 시설물 관리 현장에서 시설물 관리자가 현재 위치를 확인하는 방법을 결정하는 기술인 RFID(Radio Frequency Identification Tags), WLAN(Wireless LAN), IMUs(Inertial Measurement Units)의 성능을 비교하였다. Vanlande[13]는 IFC를 이용하여 시설물 관리에 필요한 데이터를 공유하는 방법을 제안하고 이를 고려한 프로토타입을 개발하였다. Hao[3]는 FM을 위한 의사결정 시스템 프레임워크를 제안하고 있으며 웹기반 프로토타입 시스템을 구현해 유용성을 확인하였다.

IFC와 같은 통합 표준 파일 기반 데이터 공유와는 다른 차원의 데이터 통합 접근 방법으로 Gökçe[2]이 수행한 에너지 관리 시스템에서 ETL을 이용해 데이

터를 추출, 변환, 적재하여 시스템을 구현한 사례가 있다. 관련 연구에서 단일 통합 정보 모델은 프로젝트 이해 당사자 간 데이터베이스를 다르게 사용하는 환경에서는 활용이 어려움을 지적하고 있다. 다른 연구에서는 다양한 이기종 솔루션 데이터로부터 ETL과정을 통해 추출되어 적재된 공간 데이터는 DW(Data Warehouse)에 대한 데이터 분석요구를 지원할 수 있는 구조를 가져야 한다고 밝히고 있다[7].

대부분의 연구가 데이터가 모델링된 후 저장된 IFC나 COBie를 기반으로 시설물을 관리하거나 에너지 관리를 위한 데이터를 활용하는 데 초점이 맞춰진 연구이며 FM을 목적으로 한 이기종 솔루션의 데이터를 추출하고 BIM 객체와 통합하는 연구는 부족하다.

4. 시스템 아키텍처 디자인

4.1 통합을 고려한 시설물 관리 고려사항

BIM과 이기종 솔루션 데이터 통합을 고려한 시설물 관리 시스템 아키텍처 개발 시 고려사항을 도출하기 위해 한국건설기술연구원에서 관리하고 있는 현재 시설물 관리 체계를 분석하고 시설물 관리 담당자와 면담을 하였다. Table 1은 시설물 관리 프로세스를 분석한 표이다.

분석한 결과 행정과 관련된 MIS 부분을 제외하고는 아직 수작업으로 처리하는 경우가 많았으며 엑셀 프로그램 등을 이용해 관련 데이터를 요약하고 관리하는 경우가 많다.

시설물 유지보수 작업은 각 시설물을 유지보수 할 수 있는 업체에 외주를 주고 있었으므로 시설물에 문제가 발생하였을 경우 아래와 같은 데이터를 얻는 것이 중요하였다.

- 1) 유지보수작업 및 시설물 위치는 어디인가?
- 2) 유지보수작업 업체가 누구인가?
- 3) 시설물 유지보수보증기간이 언제까지인가?
- 4) 시설물 유지보수는 지금까지 어떻게 해 왔는가?
- 5) 유지보수 방법은 무엇인가?
- 6) 유지보수 비용은 통상 얼마였는가?
- 7) 유지보수 전후 효과와 결과는 무엇인가?

1)은 보통 시설물관리자와 업체가 각각 현장방문과 도면 확인을 통해 위치와 시설물 종류를 확인하고 있었다. 나머지 항목들은 시설물 관리자 입장에서 유지보수 비용, 시간, 효율에 관련된 것들로 이력정보가 보관된 문서들과 도면, 유지보수현황을 요약관리하고 있는 엑셀파일 등을 이기종 솔루션에서 만들어진 데

이터 등을 Fig. 2와 같이 별개로 관리하고 있다.

Table 1. Facility Management Process Phases (KICT)

No	Phase	Sub-Phase	Actor
1	Issue raised / Confirm		Facility User
2	Maintenance Request		
3	Work Planing		Facility Manager
4		Site Check	
5		Work Place / Structure / Records Check (ex - Drawings, Reports, Office files etc)	Document Archive Manager
6		MIS Maintenance Work Records Check	Facility Manager
7	Subcontractor Cost Estimation Request		Facility Manager
8		Work Plan Review	FM Subcontractor
9		Site Check	
10		Related Documents Request / Review	
11		Cost Estimation	
12	Cost Estimation Review		Facility Manager
13	Work Payment Request		
14	Payment Approved		Administrator
15	Agreement		Administrator
16	Working		FM Subcontractor
17	Results Review		
18		Site Check	
19		Work Review / Results Submitted	
20	Results Confirm		Facility Manager
21		Results Review	
22		Results Document Archiving	
23	Results Notification		Facility Manager
24	Bill Payment		Administrator

참고로 시설물 관리 부서에는 이러한 엑셀 데이터 등을 데이터베이스로 이용하여 별도 시설물 관리를 구축하려는 프로토타입 프로그램 개발이 시도되고 있었다. 별도 프로그램을 개발한 이유는 엑셀은 널리 알려져 있고 실무적이며 사용하기 편리하나 시설물과 관련된 데이터를 보고서를 생성하거나 이와 연계된 자료들을 신속히 탐색할 때 불편하였기 때문이다.

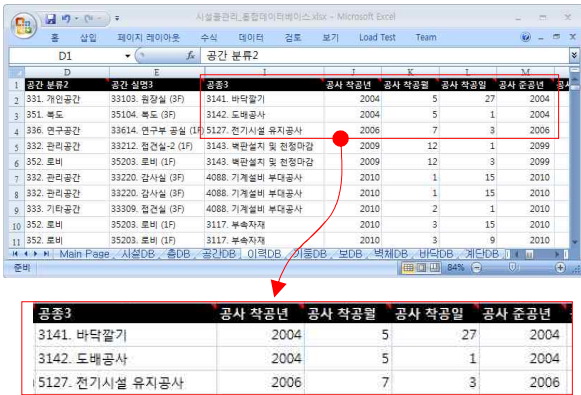


Figure 2. Facility Management Excel Data [8]

분석된 결과 문제점은 시설물 관리자와 업체가 서로 의사소통할 때 필요한 데이터가 분산되어 있어 원하는 데이터를 수집하는 데 시간이 오래 걸린다는 것이고 시설물 위치 등을 확인할 때 청사진 도면 등을 통해 위치를 확인하는 데 걸리는 시간이 많다는 것이다. 그리고 시설물 관리자가 공사개요를 작성하거나 업체가 작업견적작업을 할 때 필요한 정보를 수집하는 단계가 반복적이고 중복적인 작업이 많았다. 특히, 시설물 관리 현장을 확인하고 기존에 유지보수 작업을 한 결과가 보관된 프린트된 문서, 청사진 도면 등을 확인하는 데 많은 시간이 소모되고 있고 이를 요약해서 관리한 유지보수 이력 역시 엑셀데이터로 별도로 관리되고 있어 별개 중복 관리되는 데이터들로 인해 유지보수 작업과정에서 실수할 가능성도 있었다.

만약 이기종 솔루션에서 관리되는 데이터를 중복 관리되는 데이터를 통합하더라도 사용자마다 각자 확인하기를 원하는 데이터나 데이터에 대한 활용 지식이 다르기 때문에 모든 데이터가 모든 사용자에게 보여 진다면 정보를 탐색하고 사용하는 데 문제가 있을 수 있다. 그러므로 이기종 솔루션에서 얻은 데이터라도 사용자 역할별로 적절히 가공해서 보여줄 필요가 있다. 예를 들면 시설물관리자의 경우 누가 언제 시설물을 유지보수 관리 하였는지에 대한 데이터를 확인하고 싶을 것이고 시설물 유지관리 하청업자는 어떻게 유지보수 하였는지에 대한 이력정보를 확인하고 싶을 것이다.

이런 이유로 시설물관리 시스템 아키텍처를 설계할 때 아래와 같은 점을 고려할 필요가 있다.

- 1) 시설물 객체 중심 관리: 시설물 객체를 중심으로 필요한 데이터를 탐색해 얻을 수 있는 방식이 필요하다.
- 2) 데이터 통합성: 이기종 솔루션 별로 각자 관리되고 있는 데이터를 추출하고 변환해 통합할 수 있

어야 한다.

- 3) 사용자 역할 고려: 사용자 역할 별로 필요한 데이터만 사용자에게 제공될 필요가 있다.

1)번 고려사항과 관련해 데이터베이스 구조를 BIM 객체 중심으로 관련 데이터를 연계해 놓을 필요가 있으며 이를 위해 BIM객체와 시설물 관리 데이터를 연계할 수 있도록 객체 GUID(Global Unify Identification)을 이용할 필요가 있다. GUID는 시설물 관리를 하는 동안에 각 객체들 유일하게 구분할 수 있어야 하며 한번 생성되면 변경되지 않은 연속성을 유지할 수 있는 것이어야 한다.

2)번 고려사항을 지원하기 위해서는 이기종 솔루션 데이터를 효과적으로 통합할 수 있어야 한다. 데이터 상호운용성을 지원하기 위한 파일 기반 통합 모델인 IFC나 시설물 관리용으로 개발된 COBie파일을 고려할 수 있으나 본 연구에서는 ETL을 고려한다. IFC나 COBie로 데이터를 통합하려면 결국 이기종 솔루션 데이터를 각자 추출해 사용하려는 데이터 형식의 스키마로 변환하는 과정이 필수적이다. 아직은 모든 이기종 솔루션이 IFC나 COBie 출력을 지원하지 않고 추출과 변환과정에서 시설물 관리의 요구사항이 고려되어야 하므로 ETL을 이용해 추출, 변환, 데이터베이스 적재 과정을 개발할 필요가 있다.

3)번 고려사항은 데이터베이스 구조를 역할별로 지원할 수 있도록 스키마를 개발함으로써 해결할 수 있다.

아래 Table 2는 한국건설기술연구원에서 관리하는 시설물 관리 데이터를 분석해 역할에 따른 필수 데이터 항목을 본 연구 목적에 맞게 구분한 것이다.

Table 2. FM data considering the user role

No	User Perspective	Information
1	Modeler	Facility, Storey, Classification Code, Object name, Object GUID
2	User	Manager, Space No
3	Owner	Manager, Space No, Space area
4	Manager	Date, Space area, Space perimeter, Space volume, Space height
5	Sub-contractor	Floor maintenance = {Floor finish, Partial repair, Repair rate, Date} Wall maintenance = {Wall finish, Partial repair, Repair rate, Date} Ceiling maintenance = {Ceiling finish, Partial repair, Repair rate, Date}

시설물 사용자는 FM일반 정보와 공간 면적 등 활용에 관련된 정보를 주로 확인하며 시설물 관리자는 일반적인 관리정보와 공간 및 공간에 포함된 MEP요소

에 대한 일반적인 정보를 접근한다고 가정한다. 그리고 시설물 관리를 위한 하청업자는 유지보수할 공간에 대한 일반 정보와 유지보수 이력정보에 접근하기를 원한다고 가정한다. 앞서 언급한 고려사항을 반영할 수 있도록 유스케이스를 개발하기 위한 시나리오를 아래와 같이 정의하였다.

- 1) 사용자가 BIM기반 FM뷰어를 실행한다.
- 2) 사용자가 FM서버에 로그인한다. 사용자 계정에 따른 역할은 미리 데이터베이스에 설정되어 있어야 한다. 예를 들어 사용자, 시설물관리자, 시설물 하청업자 등에 따라 접근하는 정보의 종류를 결정한다.
- 3) FM서버로부터 FM와 BIM객체를 FM뷰어에 로드한다.
- 4) 사용자가 특정 시설물 객체를 BIM 뷰어에서 탐색하고 필요한 데이터를 확인하기 위해 선택한다.
- 5) 사용자가 BIM뷰어에 질의한 BIM객체의 시설물 관련 데이터를 확인하고 사용한다.

Fig. 3는 이를 UML로 표현한 유스케이스(Use-case) 다이어그램이다.

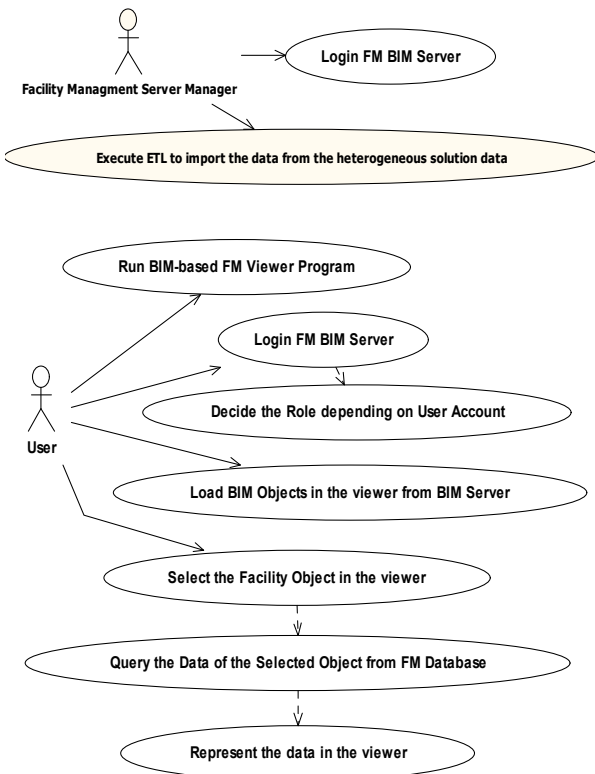


Figure 3. BIM-based FM system Use-case Diagram (UML)

각 유스케이스에 대한 세부 내용은 Table 3와 같다.

Table 3. BIM-based FM system Use-case Description

No	Use-case	Description
1	Login FM BIM Server	Login FM BIM Server to access FM database
2	Execute ETL to import the data from the heterogeneous solution data	Load FM database as extracting, transforming the data for the heterogeneous solution data integration related to FM
3	Run BIM-based FM Viewer Program	Execute the BIM-based FM viewer by client user
4	Decide the Role depending on User Account	To use the facility data, decide the user role depending on the account
5	Load BIM Objects in the viewer from BIM Server	Load the BIM objects from BIM server
6	Select the Facility Object in the viewer	Navigate and select the facility object to check the FM data
7	Query the Data of the Selected Object from FM Database	Query the data of the selected object to FM database of the server
8	Represent the data in the viewer	Represent the data on the viewer properties windows

4.2 ETL을 이용한 이기종 솔루션 데이터 통합 방법

데이터 통합을 위한 방법은 주로 IFC와 같은 표준 통합 파일 포맷 기반 접근과 ETL, SOA(Service Oriented Architecture)와 같은 데이터 교환 및 통합 프레임워크를 제공하는 접근 방법 크게 두 가지로 발전되어 왔다.

각 방법의 장단점이 있으나 표준 통합 파일 포맷은 이기종 솔루션이 해당 포맷을 지원하지 않는다면 실무적으로 활용되기 어려운 문제가 있다. ETL과 같이 프레임워크를 제공하는 방식은 이기종 데이터 교환을 위한 드라이버(Driver)를 제공할 수 있다면 효과적인 데이터 통합 방법이 될 수 있다.

다음 Fig. 4는 본 연구에서 제안하는 ETL을 이용한 BIM기반 데이터 통합 프레임워크이다. 통합 FM 데이터베이스를 구축하기 위해서는 각 데이터 소스로부터 드라이버를 이용해 데이터를 추출하고 얻어진 데이터를 통합하기 위해 통합 데이터베이스 스키마 구조로 적절히 변환한 후 적재하도록 한다. BIM시설물 객체와의 연계는 GUID(Globally Unique Identifier)를 이용하도록 하며 이와 관련된 외부 이기종 데이터 소스끼리 연계할 수 있도록 미리 정의해 놓는다.

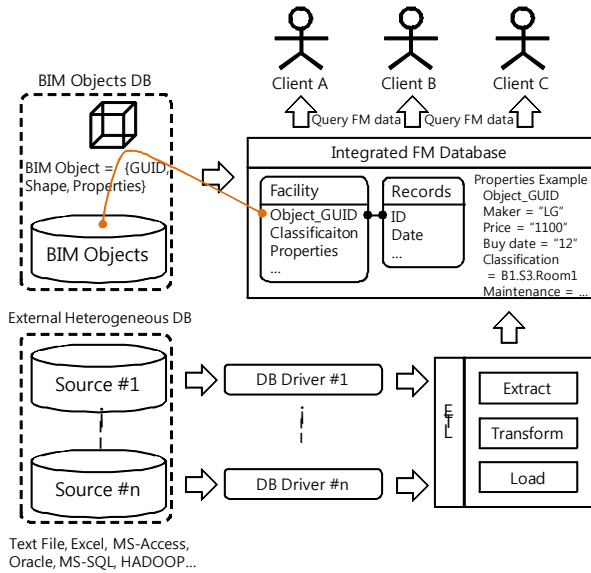


Figure 4. BIM-based FM Data Integration Framework

ETL 처리는 다양한 방식을 사용할 수 있으나 본 연구에서는 오픈소스인 Talend를 사용하였다. 참고로 Talend는 다양한 데이터 형식과 연결하기 위한 드라이버를 다음 Fig. 5와 같이 제공하고 있으며 BPMN (Business Process Model and Notation)을 지원해 편리하게 처리 방식을 프로그래밍할 수 있다.

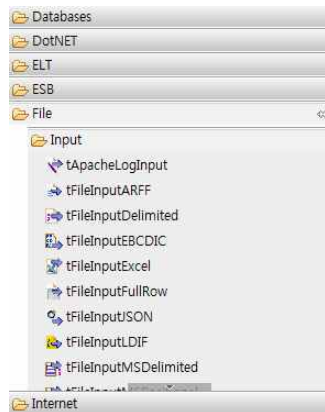


Figure 5. ETL Support Drivers (Talend)

다양한 파일 형식 뿐 아니라 MS-Access나 MS-SQL과 같은 데이터베이스 내 데이터들도 손쉽게 추출할 수 있는 컴포넌트들을 제공하고 있다.

본 연구에서 사용된 외부 데이터 파일은 한국건설기술연구원에서 시설물 관리용으로 사용한 엑셀 파일로 14개의 시트로 구성되어 있으며 기둥, 창문과 같은 부재를 포함하고 있으나 실제로는 공간을 기준으로 시설물 관리를 하고 있었다. 부재는 별개 청사진 도면과 종이로 된 문서철로 관리되고 있었다. 시설물 유지

보수와 관련된 데이터를 포함하는 주요 엑셀시트 내용은 아래와 같다.

시설DB = {시설, 시설범주1, 시설범주2, 시설ID, 시설주소, 대지면적(m²), 지역/지구, 연면적(m²), 건축면적(m²), 건폐율(%), 구조, 용도, 층수, 설명}

공간DB = {시설 층, 공간 분류1, 공간 분류2, 공간 설명3, 공간 ID, 관리자, 공간 번호(NO), 공간 변경일 (Date), 공간 면적(m²), 공간 둘레(mm), 공간 부피, 공간 천정고(mm), 공간 사용자 수(명), 공간 바닥 마감 부분수리(년), 수선율(%), 전면수리(년), 최종수선일, 공간 벽 마감, 부분수리(년), 수선율(%), 전면수리(년), 최종수선일, 공간 천정 마감, 부분수리(년), 수선율(%), 전면수리(년), 최종수선일, 공간 바닥 구조체}

시설DB와 공간DB는 시설물의 일반 정보와 공간을 유지보수할 때 이력사항 및 관리자를 기록해 놓은 것이다. 이 데이터들을 FM 데이터베이스에 통합하기 위해 엑셀파일의 각 시트를 구성하는 항목을 ETL 메타데이터 형식으로 정의한다. ETL 메타데이터는 데이터를 정보 처리하기 위해 아래와 같은 형식으로 데이터 스키마를 정의한 것이다.

ETL 메타데이터 = {항목 이름, 항목 유형, 항목 값 길이}

여기서 항목 유형은 정수형, 실수형과 같은 데이터 유형을 의미한다. 아래는 Talend를 사용해 메타데이터를 정의한 결과이다.

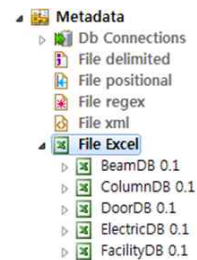


Figure 6. ETL Metadata Definition

이 메타데이터를 이용해 엑셀파일의 각 시트 데이터 스키마를 명확히 정의하여 읽고 4.3절에 설계된 데이터베이스 스키마의 각 테이블 항목으로 데이터 맵핑할 수 있다. 이러한 맵핑 과정은 여러 가지 방식으로

구현이 가능하나 본 연구에서는 오픈소스를 사용하였으며 Talend의 tMap 컴포넌트를 활용한다. tMap 컴포넌트는 출발지가 되는 테이블과 목적지가 되는 테이블을 지정하고 출발지의 테이블의 항목을 어떻게 목적지로 맵핑을 할지 변수와 수식(Expression)을 정의함으로써 해당 필드의 값을 적절히 변환할 수 있다.

다음 Fig. 7은 tMap을 이용해 테이블의 각 항목을 목적지로 맵핑하는 과정으로 최상단 그림은 목적지 테이블의 각 항목별로 맵핑 방식을 구성하고 있는 그림이며, 그 아래 그림은 최상단 그림을 확대한 것으로 각각 출발지 테이블에서 변수와 수식으로 맵핑하는 모습이고, 맨 아래 그림은 변수와 수식에서 목적지 테이블로 맵핑하는 모습이다.

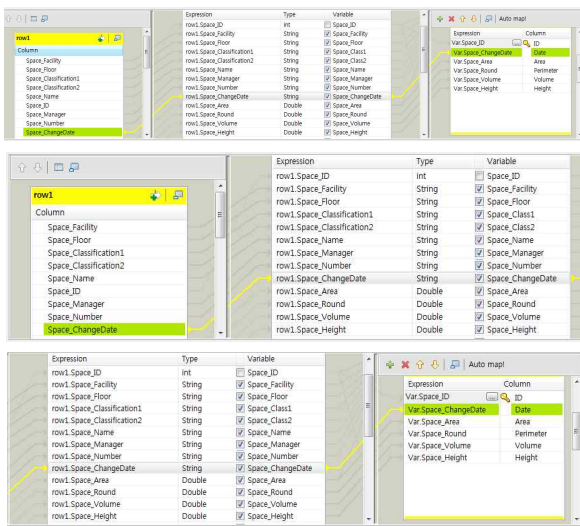


Figure 7. BIM-based FM Database Schema

이런 방식으로 외부 이기종 데이터들을 FM 데이터 베이스로 효과적으로 통합할 수 있다. Fig. 8은 앞서 설명한 FM 데이터베이스와 통합하는 방법을 표현한 처리 흐름도이다.

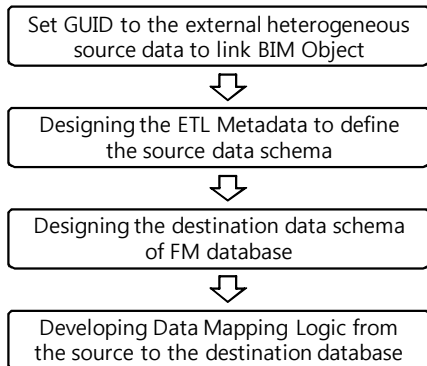


Figure 8. Work flow to integrate the heterogeneous solution data with BIM-based FM

4.3 BIM 객체 통합을 고려한 DB 구조

본 연구 사례에 사용된 시설물 관리 용 외부 데이터를 활용하여 BIM객체에 기반한 데이터 질의가 가능하도록 FM을 위한 데이터베이스 스키마를 개발하였다.

시설물 관리에 사용된 방식은 관리자가 공간을 중심으로 포함된 시설물들을 일괄적으로 관리하는 식이었으며 공간의 바닥, 벽체, 천장을 구분해 변경이력을 관리하고 있으므로 이를 고려해 사용자가 필요한 정보를 적절히 질의할 수 있도록 Fig. 9와 같이 설계하였다. BIM객체 기반 데이터 통합을 위한 테이블 Join 연산을 위해 BIM객체 GUID를 포함하도록 한다.

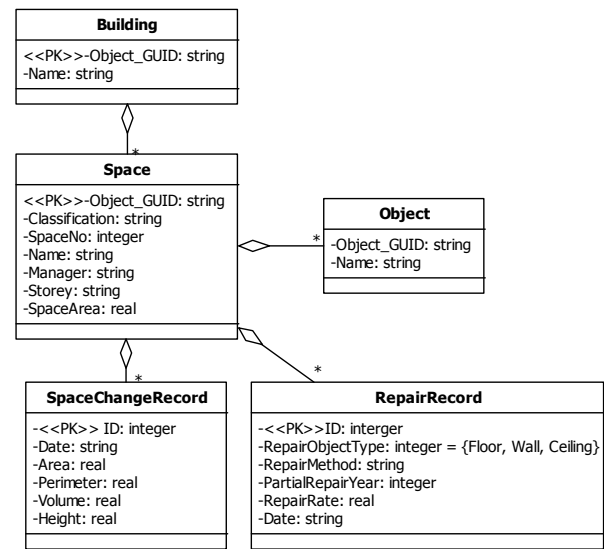


Figure 9. BIM-based FM Database Schema

설계된 각 테이블의 세부 내용은 Table 4와 같다. FM 데이터베이스 구조는 시설물 관리 목적이나 조직에 따라 다루는 데이터 형식이나 속성이 다를 수 있으므로 이에 맞게 시스템이 개발되어야 한다. 본 연구에서 제시하는 데이터베이스 구조는 일반화된 시설물 관리 목적으로 활용되기 위한 목적으로 개발되기 보다는 외부 이기종 데이터를 어떻게 BIM 객체와 연계시키고 통합하는 방법을 제시하기 위한 목적으로 스키마를 설계한 것임을 밝힌다.

Table 4. FM Database Schema Scription

No	Table	Description
1	Building	1. Object_GUID: BIM object GUID of the building 2. Name: Building name
2	Space	1. Object_GUID: BIM object GUID of the space 2. Classification: Space Information Classification Code

No	Table	Description
		3. SpaceNo: Space ID 4. Name: Space name 5. Manager: Manager name 6. Storey: Storey name which contains this space 7. SpaceArea: Recent space area
3	Object	1. Object_GUID: BIM object GUID of the object 2. Name: Object name
4	Space Change Record	1. ID: Primary key of this table 2. Date: Change date 3. Area: Space area 4. Perimeter: Space Perimeter 5. Volume: Space volume 6. Height: Space height
5	Repair Record	1. ID: Primary key of this table 2. RepairObjectType: Repair object type such as Wall, Floor, Ceiling 3. RepairMethod: Repair method 4. PartialRepairYear: Facility repair duration(Year) 5. RepairRate: Facility repair rate 6. Date: Repair date

4.4 컴포넌트 아키텍처

본 연구와 관련된 시설물 관리 시스템에 필요한 필수적인 컴포넌트를 도출해 보면 다음과 같다.

1. BIM 뷰어: BIM기반 시설물 객체들을 그래픽으로 시각화하여 탐색하고 데이터를 확인할 수 있는 BIM기반 뷰어가 필요하다.
2. BIM 서버: BIM객체 정보를 관리하는 서버가 필요하다.
3. FM 데이터베이스: FM을 위한 정보를 통합하고 관리할 데이터베이스가 필요하다.
4. ETL 컴포넌트: FM 데이터베이스 스키마에 맞게 ETL처리를 하기 위한 컴포넌트가 필요하다.

이를 위해 이기종 솔루션 데이터 통합을 위해 Talend ETL 오픈소스를 활용해 처리 로직을 개발하였다. 3차원 공간에서 수많은 BIM 객체를 탐색하고 가시화를 지원하기 위해 오픈 소스인 OpenCASCADE와 Orge3D를 이용한 BIM 뷰어를 활용하여 FM 객체 데이터를 확인할 수 있도록 한다. 기타 BIM서버를 웹사이트에서 관리하기 위해 오픈소스인 Struts 프레임워크를 활용한다. 이와 관련된 컴포넌트 아키텍처는 아래 Fig. 10과 같다.

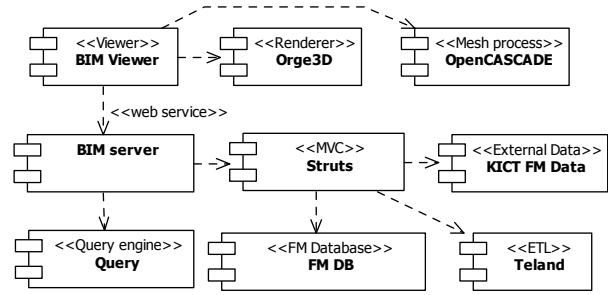


Figure 10. BIM-based FM Component Architecture (UML)

각 컴포넌트의 세부 내용은 아래와 같다.

Table 5. BIM-based FM Component description

No	Stereo type	Component	Description
1	Viewer	BIM Viewer	In the BIM viewer developed in-house, IFC geometry is visualized by mesh processing using OpenCASCADE, and attribute information is extracted and shown in the property set.
2	Renderer	Orge3D	Mesh processed results in the IFC geometry information is rendered.
3	Mesh process	Open-CASCADE	Parsing the geometry information in an IFC file received from the server, and processing it by mesh.
4	BIM server	BIM server	Using FM server, BIM server, and ETL module, information interoperability between heterogeneous systems is supported, and SOAP-based Open API is supported for exchange with the viewer.
5	MVC	Struts	Struts is an open-source framework, which supports the Model-View-Control pattern, to assist BIM server management.
6	FM Database	FM DB	In a database where required data from the external heterogeneous solution
7	ETL	Talend	From the external heterogeneous solution data, required data for user is extracted, transformed, and loaded into the FM DB.
8	External Data	KICT FM Data	It is an 엑셀-based DB for FM used for this study, which was created by the Korea Institute of Construction Technology.

5. BIM기반 시설물 관리 프로토타입 시스템 개발

디자인된 아키텍처를 이용해 시설물 관리 프로토타입 프로그램을 개발하였다. 본 시스템과 정보를 상호 운용할 데이터는 한국건설기술연구원에서 본관 1동에 대해 최근 BIM기반 FM을 목적으로 구축한 엑셀 기반 데이터와 Revit으로 모델링된 BIM객체를 활용하였다. 시설물 객체 정보 분류 코드 체계는 건설교통부에서 2006년에 발표된 건설정보 분류체계를 이용하였다.



Figure 11. Documents related to KICT FM

프로토타입 프로그램을 실행하면 계정 ID와 패스워드를 입력하고 미리 내부적으로 정해진 사용자 계정별 역할에 따라 User, Facility Subcontractor, Facility Manager 로 로그인한다.

BIM Viewer에서 객체를 선택할 경우 다음 Fig. 12

User Role

Property	Value
Manager	박정호
Space No	112.1

Facility Manager Role

Property	Value
General information	
Classification	336, 연구공간
Name	대외협력실
Space maintenance	
Date	2011.01.01
Date	2011.01.01
Area	178.5180
Perimeter	666.77
Volume	589109.40
Height	3300

Facility Subcontractor Role

Property	Value
Floor finish	T3무색면 타일
Partial repair [Floor]	10
Floor repair rate	15
Date [Floor]	1997.11
Wall finish	예열전 페인트
Partial repair [Wall]	
Wall repair rate	
Date [Wall]	1997.11
Ceiling finish	T9압면흡음흡스
Partial repair [Ceiling]	
Ceiling repair rate	
Date [Ceiling]	1997.11

Figure 12. FM Prototype System based on BIM-FM Platform

와 같이 오른쪽 속성창에 시설물 관리와 관련된 데이터베이스와 통합된 외부 데이터가 각 사용자 역할별로 속성 창에 표시되도록 하였다.

프로토타입을 통해 제안한 아키텍처를 이용한다면 효과적으로 이기종 솔루션의 데이터를 추출 및 변환 처리하여 FM 데이터베이스와 통합할 수 있음을 보였다. 또한, 객체 GUID를 활용해 BIM 시설물 객체 기반으로 데이터를 쉽게 질의해 확인 할 수 있음을 알 수 있다.

6. 결론

본 연구는 사용자 관점별 필요한 정보를 FM관련 이기종 솔루션에서 BIM객체 중심으로 추출, 변형하여 통합할 수 있는 효과적인 아키텍처를 제안하고 프로토타입 시스템을 구현해 보았다. 이를 통해 제안된 아키텍처가 이기종 솔루션에서 필요한 데이터를 손쉽게 추출하여 FM 데이터베이스와 통합할 수 있음을 확인하였고 BIM 객체 기반으로 관련 데이터를 신속하게 탐색할 수 있음을 보였다. 제안한 아키텍처를 사용하면 다른 이기종 솔루션 데이터들도 손쉽게 FM 데이터베이스와 통합할 수 있음을 알 수 있다.

향후 제안된 아키텍처를 바탕으로 좀 더 다양한 이기종 솔루션 데이터와 연계될 수 있도록 아키텍처의 DB 구조와 ETL처리 방식을 좀 더 일반화할 계획이다. 다양한 시설물 관련 이기종 데이터를 일관된 방식으로 처리할 수 있다면 효과적으로 시설물 관리 의사결정에 필요한 데이터를 손쉽게 추출하여 처리할 수 있다. 이를 바탕으로 데이터 처리 방식을 정규화하여 이기종 데이터를 처리하고 효과적으로 마이닝할 수 있는 방법을 연구할 계획이다. 또한, 활용 목적에 따라 시설물 관리가 가능한 플랫폼을 개발해 교량과 같은 인프라스트럭처 시설물 관리를 BIM기반으로 운용할 수 있는 방법을 연구할 계획이다.

References

[1] An, H. K; Lee, S. K; Yu, J. H; Jang, H. S; Son, B. S. 2012, Information Requirements Analysis for BIM-based Facility Management Systems, Architectural Institute of Korea, 28(11):133-142.

[2] Gökçe, H. U; Gökçe, K. U. 2012, Multi dimensional energy management and optimization system for energy efficient building operations, University of Alberta, Department of Civil & Environmental Engineering, Markin/CNRL

- Natural Resources Engineering Facility 9105, 116th St Edmonton, Alberta, Canada.
- [3] Hao, Q; Xue, Y; Shen, W; Jones, B; Zhu, J. 2010, A Decision Support System for Integrating Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, and Condition-Based Maintenance. Construction Research Congress, 470-479.
- [4] Hwang, J. R; Kang, T. W; Hong, C. H; A Study on The Correlation Analysis Between IFC and CityGML for Efficient Utilization of Construction Data and GIS Data, Korea Spatial Information Society, 20(5):49-56.
- [5] Kang, T. W; Hong, C. H; Hwang, J. R; Choi, H. S. 2012, The External BIM Reference Model Suggestion for Interoperability Between BIM and GIS, Korea Spatial Information Society, 20(5):91-98.
- [6] Ko, Y. H. 2008, A Study on the Development of a BIM-Based Building Process of CAFM Basic Data, Seoul National University of Technology.
- [7] Konstantin K; Carol A. G; Alex Z. 2003, Statistical tools for regional data analysis using FM, Proceedings of the ACM International Symposium on Advances in FM, 41-48.
- [8] Korea Institute of Construction Technology. 2013, Development of Building Information Modeling Based Facility Management System of KICT.
- [9] Lim, J. I; Kim, J. W; Kwon, H. D; Yoon, S. W; Kwon, S. W; Chin, S. Y. 2008.6, IFC test between commercial 3D CAD application using IFC, Korea Institute of Construction Engineering and Management, 9(3).
- [10] Lim, H. S. 2011.7, BIM-based Mobile System for Facility Operation Improvement, Yonsei University.
- [11] Park, M. K. 2011.8, Using BIM technology in facility maintenance management system development, Pusan National University.
- [12] Saurabh T; Asli A; Burcu A; James G; Lucio S, E; William E. 2010, Analysis of three indoor localization technologies to support facility management field activities, Proceeding of the international Conference on Computing in Civil and Building Engineering.
- [13] Vanlande, R; Nicolle, C; Cruz, C. 2008.12, IFC and building lifecycle management, Automation in Construction, 18(1):70-78.

논문접수 : 2013.07.05

수정일 : 2013.08.19

심사완료 : 2013.08.23