

# BIM기반 건축 파사드 디자인 자동화를 위한 IDM 개발에 관한 연구 - 음계비례를 중심으로 -

허규석\*, 추승연\*\*

## A Study on IDM Development for Automation of BIM-based Architectural Facade Design - Focused on Musical Proportion -

Kyu-Souk Heo\* and Seung-Yeon Choo\*\*

### ABSTRACT

Existing construction industry is composed of several processes with various characteristics. The tendency of current construction industry is getting complicated and diversified; it has limitation to solve problems through existing processes. As a problem-solving method, BIM (Building Information Modeling), environment to manage building life cycle from design and construction to management, is being suggested. Currently, BIM is only focused on technology development by engineers, and the automation of architectural theories is insufficiency except architectural design modeling. Therefore, this research aims to back up these drawbacks through intellectual curtain wall arrangement by using musical proportions. In order to apply to construction automation, analysed of musical proportions method are performed. The BPMN-based Process Map is listed to develop IDM for the application to BIM Software.

**Key words** : Musical Proportion, Architectural Design Rules, Architectural Design Automation, BIM, IFC, IDM

### 1. 서 론

#### 1.1 연구 배경 및 목적

기존 건설 산업은 다양한 특성을 가진 여러 프로세스로 구성이 되어 있다. 최근 건설 산업의 경향은 대규모화, 복잡화 및 다양화가 되어가고 있으며, 산업의 특성상 다양한 입부 주체들 간의 커뮤니케이션과 협력 작업의 과정을 거치면서 생성된 정보들은 정보의 생성, 수정, 전달 등의 과정으로 재가공 되면서 방대한 양의 정보가 생성된다. 이러한 정보들을 관리하기 위해서는 기존의 프로세스로 해결하기에 많은 한계가 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위한 대안으로 제시된 것이 건물의 전 생명주기(즉, 건축물의 기획, 설계,

시공, 사후관리)의 정보를 통합하고 관리할 수 있는 BIM(Building Information Modeling)이다. BIM은 기본적으로 빌딩 객체들(벽, 슬래브, 창, 문, 지붕, 계단 등이 각각의 속성)을 표현하며 서로의 관계를 인지하여 건물의 변경 요소들을 즉시 반영한다. 또한 3차원 모델링을 기반으로 하여 정보의 사용 및 재사용과 교환을 용이하게 하며, 건축 산업의 기획단계에서부터 설계, 시공, 유지관리 및 철거 단계의 생명주기(Lifecycle)동안 필요한 모든 정보 및 조직, 업무 및 공정 등을 통합관리 할 수 있다.

하지만 현재의 BIM은 엔지니어 위주의 기술개발이 주류를 이루고 있으며 건축디자인 모델링 이외의 기능, 즉 건축이론의 자동화에 대한 개발 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 음계비례라는 건축이론을 도입하여 BIM기반의 파사드 디자인 자동화를 하기 위해 IDM의 구성요소인 Process Map을 개발하고, 이를 추후 MVD(Model View Definition) 개발을 위한 기초 자료로 활용될 수 있도록 하고자 한다.

\*학생회원, 경북대학교 건축도목공학부 대학원

\*\*교신저자, 성회원, 경북대학교 건축도목공학부

- 논문투고일: 2010. 03. 10

- 논문수정일: 2010. 09. 08

- 심사완료일: 2010. 09. 15

이러한 자동화를 이용하여 디자이너의 편리성을 확보할 수 있을 것이며, 좀 더 다양하고 창의적인 디자인이 가능해질 것이라 사료된다. 나아가 컴퓨터가 디자인의 도우미(Design Assistant)로서의 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

1.2 연구 범위 및 방법

건축에서 이용되는 객체들은 벽(Wall), 기둥(Column), 문(Door) 등 아주 다양하게 존재 하지만 본 연구에서는 범위가 광범위해질 수 있으므로 커튼월의 멀리온 배열에 음계비례를 적용하도록 하였다. 또한 본 연구에서는 Autodesk사의 Revit Architecture, Gehry Technologies사의 Digital Project 등 다양한 BIM 소프트웨어가 존재하나 그 중 Graphisoft사의 ArchiCAD를 기준으로 선정하여 Process Map을 작성하였다. 음계비례의 건축 파사드 디자인 자동화를 위한 방법은 다음과 같다. 첫째, 음계비례에 관한 연구를 바탕으로 정리 및 분석을 하였다. 둘째, 분석된 자료를 토대로 하여 문제점을 도출하고 해결 방안을 제시한다. 셋째, 문제점 해결을 위하여 객체지향 CAD의 음계비례 자동화를 BPMN을 기반으로 하여 Process Map을 작성하고 Process Map의 각 액티비티에 대한 리포트 및 ER을 작성하였다. 마지막으로 한계점에 대하여 논의하고 앞으로 연구가 나아가야 할 방향을 제시하였다.

2. IFC와 IDM 기술

2.1 IFC(Industry Foundation Classes)

최근 들어 BIM에 대한 관심이 증가하면서 표준건설모델에 관한 연구가 진행 중이다. 현재 AEC(Architecture, Engineering & Construction) 분야의와

FM(Facility Management) 분야의 국제표준 정보모델인 IFC가 국제 기구 buildingSMART International(이하 buildingSMART)에 의해 연구되고 있다.

buildingSMART에 의해 개발되고 있는 IFC는 건물의 건설전반에서 발생하는 다양한 데이터를 표현할 수 있도록 개발되었으며, 건물의 생명주기 동안에 발생하는 데이터를 표현할 수 있다. IFC는 건물을 구성하는 공간과 창문, 문, 기둥, 벽체, 보, 천정 등과 같은 부재들의 클래스에 대한 모델을 기초로 하여 공통적으로 활용될 수 있는 데이터 표준 스펙을 제공하기 때문에 건축분야 뿐만 아니라 관련업종간의 IFC를 지원하는 소프트웨어의 경우 데이터의 상호호환성을 향상시킬 수 있다. 이러한 IFC는 물리적인 건물요소들을 다룰 뿐만 아니라 일정, 공간요소, 조직, 건설비용, 이력정보 등을 전자적으로 표현한 표준 정보 모델이다.

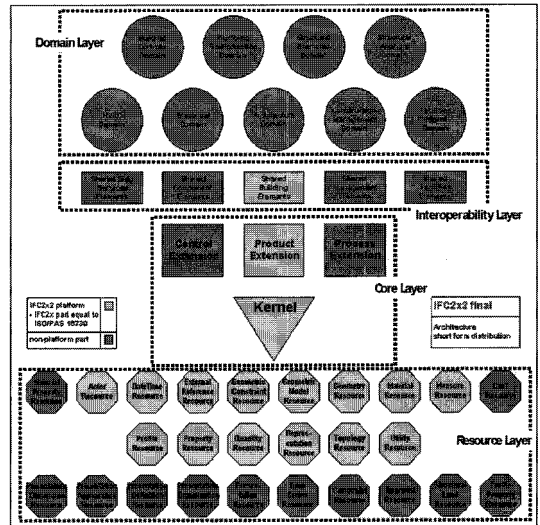


Fig. 1. The System of IFC2x3 Model Structure.

Table 1. Layers of IFC2x3 Model Structure

IFC 모델의 구성 레이어	
Domain Layer	IFC 모델의 최상위 레벨로서, 건축, 구조, 시설물관리, 시공관리와 같은 도메인을 정의한다.
Interoperability Layer	다수의 건물 시공정보와 시설물 관리정보에서 공통적으로 사용되는 엔티티들로 구성된다. 대부분의 공통 건물 엔티티들은 이 레이어에서 정의된다. Shared Building Elements : 보, 기둥, 벽체 및 문에 대한 정보를 표현. Shared Building Services Elements : 음향 특성, 유량흐름, 컨트롤러와 같은 엔티티들을 표현. Shared Facilities Elements : 자산, 임대자, 가구종류와 같은 정보를 표현.
Core Layer	건설산업에 국한되지 않는 추상적인 개념들을 표현하는 엔티티들을 포함한다. Kernel : IFC 모델 상위레벨의 엔티티에 사용되는 담당자, 조직, 프로세스, 프로덕트 및 상관관계에 해당하는 정보를 표현한다.
Resource Layer	기하형상, 재료, 단위, 수량, 날짜, 시간, 경비와 같은 건물에 국한되지 않는 일반적인 정보를 표현하기 위한 엔티티들을 가진다. 레이어의 엔티티들은 상위레벨의 엔티티 특성을 정의하는데 사용된다.

Fig. 1은 IFC2x3의 모델 구조이다. IFC 모델의 구성 체계는 리소스(Resource), 코어(Core), 도메인(Domain), 상호운용성(Interoperability)과 같이 표현의 유연성과 정보의 확장성을 확보하기 위하여 총 4개의 레이어로 구성된다. IFC 2x3의 각 레이어에 대한 상세한 내용은 Table 1에서 보는 바와 같다.

**2.2 IDM(Information Delivery Manual)**

IDM은 소프트웨어의 호환성 보조회계로 건축물의 생명주기 상에서 각 참여주체들 사이에서 정보교환의 요구 발생시, 참여주체가 필요로 하는 정보만을 설명서 형태로 보여준다.

IFC 기반 정보를 활용한 소프트웨어 간의 정보교환의 중요성이 커지고 있으나 IFC 포맷을 이용한 실무적인 데이터 교환에 있어 각 주체별로 필요로 하는 정보가 다르기 때문에 정보 전달 과정에 있어 데이터 손실이 발생한다거나 부정확한 정보가 전달되는 등의 문제점이 발생되고 있다.

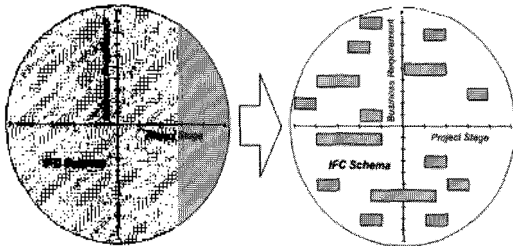


Fig. 2. The Schema of IFC (Left) and IDM (Right).

IDM은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 사용자 관점에서 IFC 데이터를 개발하는 방법론으로 IFC 포맷을 이용하여 정보를 교환할 때 사용자가 어떠한 정보를 필요로 하는지 IFC View와 프로세스 모델 등의 형태로 정의하고 분류하는 정의서이다.

IDM은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 IFC에서 지원하는 프로젝트의 전체 스키마 중 특정 소프트웨어 개발에 IFC 정보를 정의 및 분류하는 개념이라 할 수 있다.

IDM의 구성은 위의 Fig. 3에서 보는 바와 같이 Process Map(PM)과 ER(Exchange Requirement), FP(Functional Part)로 구성되어 있다.

Process Map은 업무의 프로세스와 각 단계별 수행 사항, 업무 참가자 및 기관, 교환되는 정보를 이해시키며 프로세스의 시작과 끝, 이벤트의 발생과 의사결정 순간들을 보는 이토 하여금 보다 알기 쉽게 설명하

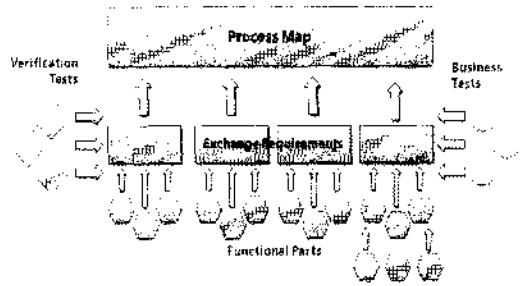


Fig. 3. IDM Components and work flow<sup>1)</sup>.

다. 또한 본 연구에서는 Process Map 작성을 위하여 업무 프로세스를 더 효과적으로 표현할 수 있고, 교환되는 정보를 구체적으로 정의할 수 있는 BPMN을 기반으로 Process Map을 작성하고 작성된 Process Map을 기반으로 ER을 도출하고자 한다.

ER은 각 단계에서 교환되는 정보요구사항을 구체적으로 도출한 문서이며 기술적인 측면과 MVD<sup>2)</sup>의 범위를 정의하기 위한 기준이다. 정보교환 모델의 생성은 프로그래밍을 전공하지 않은 미전문가들도 쉽게 작성할 수 있어야 하므로 UML<sup>3)</sup> 다이어그램과 같은 전문적인 툴보다는 보다 간단하고 표준화된 역설이나 도표 등으로 표현하는 것이 표준이라 할 수 있다.

**2.3 BPMN(Business Process Modeling Notation)**










BPMN은 IDM의 Process Map을 도식화하기 위한 하나의 표기법이다. BPMN은 비즈니스 프로세스를 가시화 하기 위한 모델링 기법으로 2004년 5월 BPMI (Business Process Management Initiative)에 의해서 개발되었다. BPMN의 주된 목적은 프로세스를 설계하는 비즈니스 분석가로부터 프로세스의 실행기술을

<sup>1)</sup>Jeffrey Wix, IDM Technology General Overview, AEC3.

<sup>2)</sup>MVD는 작성되었던 IDM을 BIM 소프트웨어 상에서 사용할 수 있도록 시스템적으로 구현하는데 필요한 개발자 관점의 정의서이다. IDM과는 달리 MVD 문서는 BIM 소프트웨어의 개발자에게 필요한 것으로, 각 상용 BIM 소프트웨어의 개발자는 IDM 분석서를 통해 작성된 각 분야별 요구사항들로 BIM 소프트웨어를 개발할 때 필요하다.

<sup>3)</sup>UML(Unified Modeling Language)은 객체지향적 분석과 설계를 위한 대표적인 그래픽 언어이며, 객체 기술에 관한 국제표준화 기구인 OMG(Object Management Group)에서 이미 산업계의 표준으로 인정하고 있다. 또한 UML은 풍부한 구성요소를 가지고 있으며 개발하고자 하는 시스템을 바라보는 관점에 따라 다양하고 상세하게 표현할 수 있지만 정확성을 보장하지 못하고 전문지식이 부족하면 사용하기 어렵다는 단점이 있다.

Table 2. Signature and explanation of BPD

요 소	표 기 법	내 용
순서 흐름 (Sequence Flow)		액티비티가 하나의 프로세스 내에서 수행되는 순서를 보여주는 데 사용된다.
메시지 흐름 (Message Flow)		메시지를 주고받을 준비가 되어 있는 두 참여자 사이에서 메시지의 흐름을 보여주는 데 사용된다. 다이어그램의 두 개의 분리된 풀(Pool)들이 두 참여자를 표현한다.
이벤트 (Event)	 START  INTERMEDIATE  END	-Start : 특정 프로세스가 시작하는 곳을 나타낸다. -Intermediate : Start 이벤트와 End 이벤트 사이에서 발생한다. -End : 프로세스가 종료하는 곳을 나타낸다.
오프-페이지 연결자 (Off-Page Connector)		이 객체는 순서 흐름이 어디에서 한 페이지를 떠나고 다음 페이지에서 재개되는 지를 보인다.
태스크 (Task)		프로세스의 작업이 더 이상 세부 프로세스 모델(Process Model)로 분해되지 않을 때 사용된다.
접힌 하부-프로세스 (Sub-Process)		하부-프로세스의 세부사항들은 다이어그램에서 보이지 않는다. 중앙의 + 기호는 이 액티비티가 서브 프로세스이고 하부 단계의 상세도 수준을 가진다는 것을 표시한다.
데이터 객체 (Data Object)		데이터 객체는 액티비티가 수행되는데 어떤 것들이 필요한지 무엇을 생성하는지에 대한 정보를 제공한다.

구현하는 개발자, 그리고 이러한 프로세스들을 관리하고 모니터링하는 비즈니스 담당자들에 이르기까지 모든 사용자가 쉽게 이해할 수 있는 표기법을 제공하는데 있다. Table 2는 BPMN에서 제공하는 기본이 되는 표기법이다. BPMN은 비즈니스 프로세스를 디자인하고 관리하는 모든 사람들이 사용하기 위한 비즈니스 모델링 다이어그램(BPD : Business Process Diagram)을 제공하며, BPD의 사용자가 요소의 기본 유형들을 쉽게 인식하고 다이어그램을 이해할 수 있도록, 표기법 카테고리의 작은 집합으로서 제공되는 전체 BPD의 핵심적인 부분집합들을 정리하였다.

### 3. 음계비례의 규칙 및 적용사례

본 장에서는 실제 음계비례가 적용된 오스트리아 잘츠부르크 현대미술관의 사례와 적용된 규칙에 대하여 분석하고, 이를 토대로 커튼월의 배열에 적용될 음계비례의 규칙을 새롭게 정의하였다.

#### 3.1 음계비례 적용 사례와 적용원 규칙

본 절에서는 교신저자가 2D 기반으로 오스트리아 잘츠부르크 현대 미술관(Museum der Moderne)의 파사드 디자인을 대상으로 음계비례를 적용한 규칙과 자동화 사례에 대해 설명하고자 한다. 사례에서 음계비례가 적용된 건축물은 오스트리아에 위치한 잘츠부

르크의 현대 미술관이며, 미술관의 파사드 디자인에 음계비례가 적용되었다. 음계비례는 피타고라스 학파에 의해 시작 되었으며, 그 토대는 음들의 조화를 이용한 것이었다. 현의 길이가 1:2, 1:3, 1:4 등과 같이 간단한 정수비적인 관계로 이루어져 있을 때 가장 아름다운 소리를 낸다고 주장을 하였고 이러한 주장을 음계비례의 건축적 도입에 대한 배경으로 설명하였다.

Table 3. Proportion of the Space and Musical Scale Presented by L.B.Alberti

실의 구분	실의 비율		
	소형 평면	1:1 Unison (1도)	4:3 Fourth (4도)
중형 평면	16:9	2:1 Octave (8도)	9:4
대형 평면	8:3 Eleventh (11도)	3:1 Twelfth (12도)	4:1 Fifteenth (15도)

Table 3에서 보는 바와 같이, 소형 평면에는 1:1, 4:3, 3:2, 중형 평면에는 16:9, 2:1, 9:4, 대형 평면에서는 8:3, 3:1, 4:1의 비율을 사용할 것을 권하고 있다. 여기서 사용된 비율을 살펴보면 중형 평면을 만들 때 사용해야 할 비례 중 16:9(=(4:3)<sup>2</sup>)와 9:4(=(3:2)<sup>2</sup>)

를 제외하고는 음계비례와 일치하였다.

잘츠부르크 현대 미술관에서는 이러한 음계비례를 기반으로 청각비례를 시각비례로 전환을 하여 건축물의 파사드에 적용하였다.

건축주인 잘츠부르크 시는 음악의 선동 모차르트가 태어난 고향이라는 점을 부각시키기 위하여 그의 음악이 건축적으로 표현되기를 원하였다. 이에 건축물의 외관에 자연석재로 이루어진 최종 마감재 간의 줄눈 깊이를 음악적으로 치환하여 리듬감있게 디자인되었고 입력된 멜로디의 장단에 따라 엔터티가 길이단위로 치환되어 줄눈의 깊이에 적용되었다. 미술관의 파사드에는 모차르트의 오페라 돈 조바니(Don Giovanni)가 적용되었다.



Fig. 4. Musical Data applied for East Facade.

Fig. 4는 잘츠부르크 미술관의 동쪽 파사드에 적용된 악보와 컴퓨터에 의해 자동으로 연산되어진 데이터를 보여준다. 이러한 데이터를 기반으로 줄눈 간의 간격을 건물 길이에 대한 상대적 치수로 변환되어 생성되었으며, Fig. 5에서는 이러한 방법으로 변환된 데이터가 적용되어진 잘츠부르크 현대 미술관의 동측입면을 보여주고 있다.

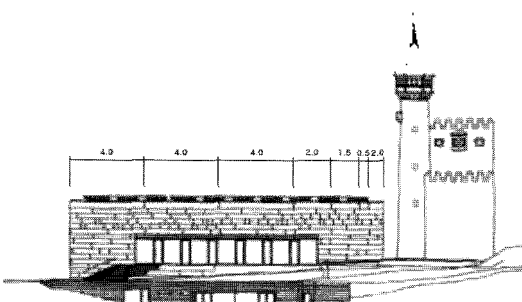


Fig. 5. East Facade of Museum der Moderne, Salzburg, Austria.

여기에 적용된 건축이론은 음계비례 중 벨로디의 장단을 이용한 방법이 사용되었다. 잘츠부르크 현대 미술관의 파사드 디자인 자동화에 사용된 프로그램은 오토리습(AutoLISP)으로 2D기반인 AutoCAD 환경에서 구축되었다.

본 디자인 자동화의 사례에서는 기존의 2D기반으로 자동화가 이루어졌기 때문에 디자이너가 객체(문, 창, 벽 등)들을 하나하나 지정해야하는 불편함이 있었다. 또한 2D기반 환경에서는 객체들이 구체적인 정보를 가지고 있지 않기 때문에 기둥이나 보와 같은 구조물을 인식하지 못하여 창 배열에 있어 구조물과 중첩되어 생성되어지는 등 자동화에 제한적인 요인들이 많았다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고 BIM기반 객체지향 CAD의 장점을 이용하고자 위에서 분석된 이론들을 바탕으로 객체지향 CAD의 음계비례 자동화를 위한 IDM을 제시하고자 한다.

### 3.2 음간비율을 이용한 음계비례 규칙

앞서 언급한 바와 같이 본 연구에서도 건축이론 중 음계비례를 기반으로 하여 규칙을 정의하였다. 그러나 본 연구에서는 음의 장단을 이용한 방식과는 다르게 피아노 건반의 음간비율을 백분율로 변경하여 적용하였고 이러한 비율은 피아노 건반간의 일정한 비례관계를 이용하여 분석하였다. 피아노의 건반은 일정한 기하학 비례관계로 구성되어 있으며 각 건반들 간에는 일정한 비율이 있다.

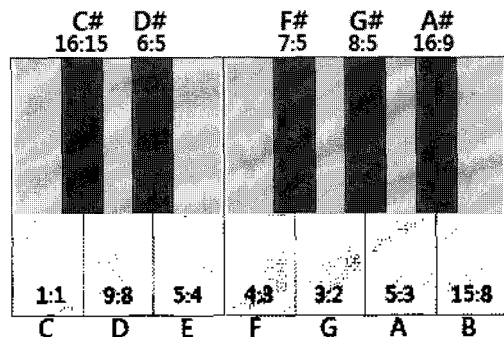


Fig. 6. Proportion and Musical Scale with Each Tones.

\*2D 기반의 CAD와는 달리 BIM기반 객체지향 CAD에서는 IFC라는 중립 포맷을 기반으로 자동화를 개발하기 때문에 특정한 하나의 소프트웨어만을 사용하는 것이 아니라 IFC를 지원하는 모든 소프트웨어에서 사용할 수 있다.

예를 들어, 도와 다음 도는 주파수 상 1:2의 비례관계가 있으며, 5도 화음의 다장조 도(261.63Hz)와 솔(391.99Hz)은 2:3(261.63Hz:391.99Hz)의 비율을 이루는 음의 조합이다. 우리가 사용하는 평균율에서는 정확하게 2:3이라는 비례가 나오지 않는다. 그러나 인간의 청각이 감지하기 어려운 오차범위 내에 있으므로 기본비례 2:3의 비율을 느낄 수 있다. 이러한 방법으로 Fig. 6과 같이 각 음간의 비율을 일정한 수식으로 나타낼 수 있으며, 모든 음계가 특정한 비율로 표현되므로 이러한 비율은 시스템에 적용될 수 있다. 피아노 건반의 수차적인 기호는 C D E F G A B로 나타내며 C는 도(Do), D는 레(Re), E는 미(Mi), F는 파(Fa), G는 솔(Sol), A는 라(La), B는 시(Si 또는 Ti)로 표기된다.

Table 4. Percentage of Proportion with each tones

	음계	비율	%	mm
C	Unison	1:1	100%	1000 mm
C#	Minor Second	16:15	94%	940 mm
D	Major Second	9:8	89%	890 mm
D#	Minor Third	6:5	83%	830 mm
E	Major Third	5:4	80%	800 mm
F	Fourth	4:3	75%	750 mm
F#	Fritone	7:5	72%	720 mm
G	Fifth	3:2	67%	670 mm
G#	Minor Sixth	8:5	63%	630 mm
A	Major Sixth	5:3	60%	600 mm
A#	Major Seventh	16:9	56%	560 mm
B	Major Seventh	15:8	53%	530 mm
C	Octave	2:1	50%	500 mm

Table 4는 커튼월의 배열에 적용하기 위하여 각 음계의 특정비율을 백분율로 변환하여 분석한 표이다. 이러한 백분율을 이용하여 커튼월의 간격에 적용할 수 있는데, 예를 들어 디자이너가 한칸의 최대 간격을 1000 mm로 정하였을 경우 G화음(도)이 적용되는 치수는 최대치수 1000 mm의 67%인 670 mm로 적용된다. 또한 최대치수가 2000 mm으로 결정되어 진다면 자동적으로 최대치수 2000 mm의 67%인 1340 mm로 결정되어 커튼월의 간격으로 적용된다. 이러한 방법으로 다른 화음의 경우에도 최대치수를 디자이너가 정하여 준다면 입력한 최대치수를 기준치로 하여 컴퓨터가 자동적으로 계산해 커튼월의 배열에 적용될 것이다. 모든 음계는 특정한 비율로 표현이 되며 이러한 비율은 건물 파사드의 커튼월의 간격에 음계비

례를 적용할 수 있다.

Fig 7에서 보는 바와 같이 임의로 B, B, D#, E, A...와 같은 음계가 주어졌다는 가정하의 이러한 음계를 치수로 변환하여 커튼월의 간격에 적용될 수 있다는 것을 보여주는 그림이다. 음계비례가 적용된 커튼월에는 Table 4에서 제시한 비율과 연계되어 길이단위로 적용된다.

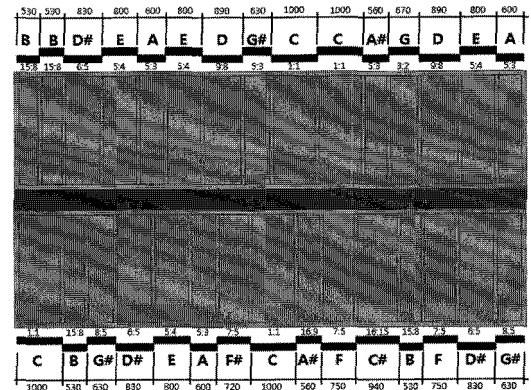


Fig. 7. Curtain Wall Arrangement applied with Architectural Theory (Musical Proportion).

커튼월의 간격이 일정하고 규칙적으로 되어 있으면 보는 사람으로 하여금 지루하고 단순한 느낌을 줄 수 있다. 이러한 단순한 배열에 음계비례를 적용하여 다양한 형태의 디자인을 생성할 수 있다.

디자이너가 건물의 높이와 폭, 커튼월의 높이와 폭, 커튼월의 속성 등 원하는 정보를 입력하게 되면 앞서 분석한 음계비례를 적용하여 자동적으로 커튼월 배열을 생성하게 된다. 디자이너가 정한 규칙을 분석하여 컴퓨터가 제시하는 대안 중 하나를 보여주게 되고 디자이너는 자신의 디자인 개념에 맞는 대안을 선택하게 되면 자동적으로 커튼월의 배열이 선택한 대안으로 수정된다.

### 4. 건축 파사드 디자인 자동화를 위한 IDM 개발

#### 4.1 Process Map의 액티비티(Activity)

BPM을 기반으로 음간 비율을 이용한 음계비례의 건축 파사드 디자인 자동화를 위하여 IDM의 구성요소인 Process Map을 작성하였다. 그리고 Process Map의 각 액티비티에 해당하는 리포트를 작성하였다.

Fig. 8은 음계비례의 자동화를 위하여 작성된 Process Map이다. 먼저 디자이너는 Story Setting를

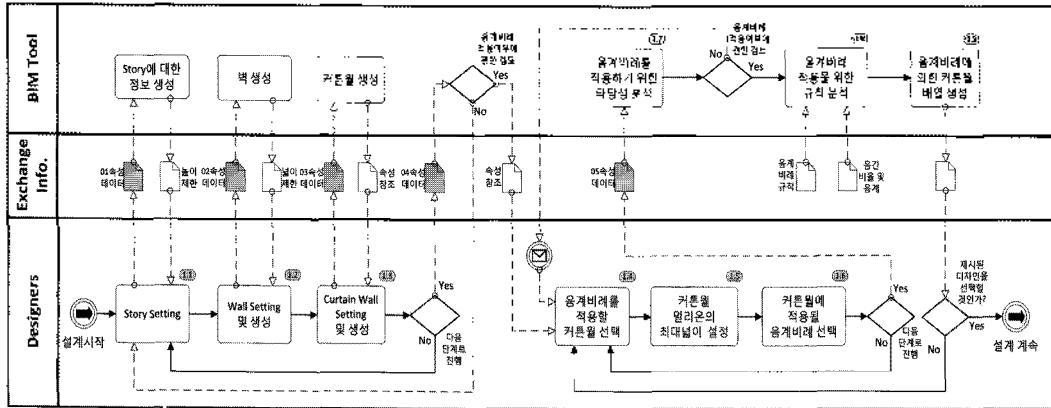


Fig. 8. The Process Map for Automation of Architectural Theory (Musical Proportion).

한다. Story Setting을 하게 되면 건물의 높이에 대한 정보가 생성되고 이러한 정보는 01속성 데이터<sup>\*)</sup>라는 데이터 오브젝트(Data Object)에 의하여 다음단계로 전달이 되며 높이제한이라는 요구사항을 가지게 된다. 이 단계에서는 Wall Setting 및 생성을 하게 되는데 이 과정에서도 전 과정과 동일하게 02속성 데이터라는 데이터 오브젝트가 생성되며 높이제한에 대한 요구사항을 가지게 된다. 기본적인 설정과 요구사항에 관한 정보가 생성되면 커튼월의 배열에 음계비례를 적용하는 단계로 진행하게 된다. 다음 단계로 진행

하기 이전에 디자이너는 설정된 값에 이상이 없는지 수정을 할 것인지에 대한 결정을 하고 이상이 없을 경우 다음 단계로 진행하게 된다. 설정된 자료를 토대로 하여 음계비례의 적용 여부에 관한 검토를 하게 되고, 검토 단계를 거쳐 음계비례 적용을 위한 정보를 설정하게 되는데, 여기서 어떠한 커튼월에 음계비례를 적용할 것인지 어떠한 음을 사용할 것인지 디자이너가 선택을 하게 된다. 또한 이 단계에서 커튼월 면의 한칸의 최대 치수를 정하여 주는데 이는 앞서 언급한 음계비례 규칙에 의하여 음간의 비율과 맞게 치

Table 5. The Report about Each Activities

Name	Type	Documentation
[1.1] Story Setting을 한다.	Take	건물의 층수, 층별 높이 등 기본적인 제한 사항들을 생성한다. 커튼월의 최대 높이는 층의 최대 높이를 초과하지 않아야 한다.
[1.2] Wall Setting 및 생성을 한다.	Take	설계자가 벽의 두께, 높이, 재질 등에 대한 속성을 설정한다. 커튼월의 최대 넓이는 벽의 넓이를 초과하지 않아야 한다.
[1.3] Curtain Wall Setting 및 생성을 한다.	Take	설계자가 커튼월의 높이, 넓이, 재질 등에 대한 속성을 설정한다. 커튼월의 최대 높이 및 넓이는 벽의 높이 및 넓이를 초과하지 않아야 한다.
[1.4] 음계비례를 적용할 커튼월 선택.	Take	커튼월의 배열이 자동화에 의하여 적용되어질 커튼월을 선택한다.
[1.5] 커튼월 한칸의 최대치수를 설정.	Take	커튼월 한칸의 최대치수를 디자이너가 설정한다. 분석된 자료에 의하여 자동적으로 치수가 치환되어 적용된다.
[1.6] 커튼월에 적용된 음계비례 선택.	Take	음계비례가 적용된 커튼월 객체가 선택되고 최대치수를 선택하였다면 이 단계에서는 어떠한 음계를 이용하여 자동화 한 것인가에 대하여 사용자가 선택을 한다.
[1.7] 음계비례를 적용하기 위한 타당성 분석.	Take	음계비례 적용을 위하여 설정된 BIM DATA와 음계비례간의 타당성에 대하여 분석한다.
[1.8] 음계비례 적용을 위한 규칙분석.	Take	선택된 커튼월의 음계비례 적용을 위하여 앞서 분석한 음계비례의 규칙을 토대로 분석을 한다.
[1.9] 음계비례에 의한 커튼월 배열 생성.	Take	설정 되어진 건물의 정보를 기초로 음계비례 규칙을 커튼월 배열에 적용하여 BIM Software 상에서 생성된다.

<sup>\*)</sup>01속성 데이터, 02속성 데이터 등은 Fig. 8의 Exchange Info에 위치해 있다.

수가 치환되어 커튼월에 적용된다. 이렇게 생성된 높이제한, 넓이 제한, 최대치수와 같은 요구사항이 05속성 데이터라는 데이터오브젝트에 의하여 BIM 툴로 전달이 되고 이러한 정보를 토대로 하여 음계비례를 커튼월의 배열에 적용하기 위한 타당성을 검토하게 된다. 05속성 데이터의 정보와 앞서 분석한 음계비례 규칙, 음간 비율 및 음계 등의 정보데이터 및 요구사항을 기반으로 컴퓨터가 분석을 하여 이에 적합한 커튼월의 배열을 생성하게 되고 이를 BIM 소프트웨어 상에 보여진다.

이렇게 생성된 디자인을 디자이너가 선택을 할 것인지, 아니면 다른 디자인을 제시 받을 것인지에 대한 최종 결정권은 디자이너에게 주어진다.

Table 5는 음계비례 자동화를 위하여 작성된 Process Map의 각 액티비티에 대한 타입(Type)과 내용에 관하여 정리한 표이다. 앞서 언급한 각 액티비티

의 내용과 제한 요소 등에 관한 정보를 보다 자세히 정리하였다.

**4.2 Process Map의 데이터 오브젝트**

데이터 오브젝트는 디자이너와 BIM 툴 간의 정보 교환시 필요로 하는 요구사항이나 속성정보를 가지고 있거나 음계비례의 자동화를 적용하기 위하여 필요한 데이터이다.

건물의 높이 제한에 대한 정보와 넓이 제한에 대한 정보, 커튼월의 속성 등에 대한 정보데이터이다. 커튼월의 최대 높이와 넓이는 벽의 최대 높이와 넓이보다 작아야 한다. 데이터 04는 이러한 데이터 01, 02, 03의 모든 데이터 정보를 가지고 있으며 음계비례 적용 여부에 관한 검토를 하기 위하여 필요한 높이, 넓이, 재질 등에 관한 정보를 가지고 있다. 데이터 05는 앞서 언급한 정보와 추가 적으로 커튼월 멀리온의 최대

**Table 6. The Report about Data Object**

Name	Type	Documentation
01 속성 데이터	Data Object	높이 제한에 대한 정보. 커튼월의 높이는 벽의 최대 높이보다 작아야 한다
02 속성 데이터	Data Object	넓이 제한에 대한 정보. 커튼월의 최대 넓이는 벽의 최대 넓이보다 작아야 한다.
03 속성 데이터	Data Object	커튼월의 재질, 높이, 넓이, 속성 등에 관한 데이터. 자동화를 하기 위하여 꼭 필요한 데이터이다.
04 속성 데이터	Data Object	음계비례를 적용하기 이전에 적용 여부 검토에 필요한 높이, 넓이, 속성 등에 관한 데이터.
05 속성 데이터	Data Object	기본적인 높이, 넓이, 속성 등의 데이터와 디자이너에 의하여 설정된 치수, 음계비례 규칙 등의 데이터. 음계비례 적용의 타당성 검토를 위하여 필요한 데이터이다.

**Table 7. Process Map-Based Exchange Requirements**

Data Object	Type of Information	Information Needed	Required	Optional	
음계비례 자동화 프로세스는 다음과 같은 정보요구사항이 포함되어야 한다.  Building Information - Building Information  Building Stories - Story Height  Building Elements Information - Curtain Wall - Discrete/Accessory - Opening	Building Information				
	Building Stories	Identification		x	
		Story Height		x	
	Building Element Information				
	Curtain Wall	Identification		x	
		Location		x	
		3D Geometry		x	
		Material			x
	Discrete Accessory	Identification		x	
		Location		x	
3D Geometry			x		
Material				x	
Opening	Identification		x		
	Location		x		
	3D Geometry		x		



간격, 음계비례의 규칙 등과 같은 정보를 가지고 있고, 음계비례 적용을 위한 타당성 분석을 위하여 필요한 요구사항을 가지고 있는 정보 데이터이다.

### 4.3 요구사항(Exchange Requirement)에 대한 데이터 오브젝트

Table 7은 작성된 Process Map에서 도출된 교환정보 및 요구사항을 정리한 표이다. 교환정보는 Process Map 상에서 정의된 정보요구의 정의요소들을 보여준다. 예를 들어 커튼월의 배열에 대한 분석을 위해서는 커튼월의 위치나 멀리온 등의 정보가 필요하다.

요구사항은 각각의 정보요구 정의요소별로 도출된 정보의 상세이다. 각 정보별로 음계비례의 건축 파사드 자동화를 위해서 반드시 필요한 정보와 필요에 따른 정보로 나뉘어 구성된다.

### 4.4 건축 파사드 디자인 자동화의 음계비례 규칙 적용을 위한 솔루션

Fig. 9는 건축 파사드 디자인의 자동화를 적용하기 위한 개념을 보여주는 개념도이다. 음계비례의 규칙과 커튼월의 배열에 적용될 음계를 입력하면 앞서 분석한 음계비례 규칙과 연계되어 자동적으로 음간비율에 의한 데이터로 변환되고, 변환된 데이터는 커튼월에 적용되어 자동으로 커튼월의 멀리온 배열에 적용된다.

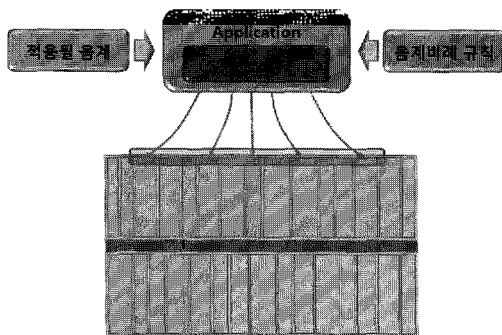


Fig. 9. Concept Diagram of Facade Design Automation.

이러한 건축 파사드 디자인의 자동화를 위해서 아래의 Fig. 10에서 보는 바와 같이 커튼월의 멀리온(Frame-Mll), 밴드(Frame-Bnd), 패널(Panel-Main)은 중요한 요소라 할 수 있다.

IfcCurtainWall의 Geometric 표현은 IfcProduct-DefinitionShape에 의해 정의되고, 다양한 Geometric의 표현이 가능하나 커튼월의 멀리온, 밴드, 패널과 같

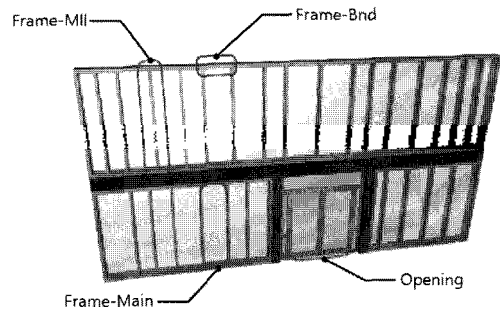


Fig. 10. IFC Elements in Each Part of Curtain Wall.

은 객체들은 IFC 상에서 독립적으로 생성할 수 없기 때문에 음계비례를 적용하여 자동화를 하기 위해서는 형태를 생성한 후 멀리온이나 밴드와 같은 객체를 P\_Set(PropertySet)으로 붙여 정의하여야 한다. P\_Set은 IfcPropertySet에 의하여 정의되며, IfcPropertySet은 모든 확장 가능한 속성들에 대해 정의한다. P\_Set은 Property Tree 구조 내에서 속성을 포함하는 집합이며, 이러한 속성은 속성이 가지고 있는 이름에 따라 해석된다. 커튼월과 관련된 P\_Set은 IfcPropertySet에 의해서 정의되며, IfcRelDefinesByProperties에 의해 관계가 설정되고, 역지칭 되어 정보에 접근할 수 있다.

## 5. 결 론

현재의 BIM은 엔지니어 위주의 개발은 활성화되어 있지만 디자이너를 위한 개발은 미비한 실정이다. 따라서 본 연구의 구체적인 목표는 BIM 소프트웨어 내에서 건축 파사드 디자인을 음계비례와 관련하여 자동적으로 생산하는 것이다. 건축에서 이용되는 객체들은 벽, 기둥, 문등 아주 다양하게 존재 하지만 본 연구에서는 커튼월의 배열에만 적용한다는 가정하에 진행하였다. 건축 파사드의 디자인을 자동화하는데 있어 주가 되는 음계비례를 분석하였다. 이러한 분석을 토대로 건축 파사드의 커튼월 배열에 있어 자동화를 위한 IDM의 Process Map을 BPMN 기반으로 작성하였고 작성된 Process Map을 기반으로 ER을 도출하였다. 본 연구에서 제시하는 음계비례와 같은 규칙들이 최선의 방법이라고 할 수는 없지만 앞으로 컴퓨터가 디자인 도우미로서의 역할을 할 수 있다는 가능성을 보여줄 것이라고 사료된다.

향후 연구에서는 이러한 건축디자인 자동화를 위한 연구가 이론에서만 머물 것이 아니라 나아가 MVD를 개발하고 BIM 소프트웨어에 적용해 실무적으로 이용

가능 하도록 개발하여야 할 것이다. 또한 본 연구에서는 커튼월의 배열을 중심으로 연구를 진행하였지만 나아가 건축에서 이용되는 다양한 객체들(창, 문, 벽, 기둥, 보 등)은 물론 평면의 실배치에 대하여서도 자동화를 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

**감사의 글**

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2009년도 첨단도시개발사업에 의해 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

**참고문헌**

1. 이강, "건축물 수명주기 관리를 위한 핵심기술들", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp.145-149, 2006.
2. 남혜원, 이종식, 전재열, "건축 프로젝트의 협업설계를 위한 Proto Type 정보관리 시스템", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, pp. 24-25, 2008. 12.

3. 추승연, "IFC와 IFC 기반 핵심요소기술", 대한건축학회, 建築 제54권, 제1호, pp. 26-30, 2010. 1.
4. 고영환, 옥종호, "BIM기반 CAFM시스템 구축을 위한 프로세스 개발에 관한 연구", 대한 건축학회, 제26권, 제5호(통권259호), 2010. 5.
5. 정보통신산업진흥원, "미즈니스 프로세스 관리를 위한 질의 언어 및 모델링 표기법 표준화 연구", [IITA]정보통신연구진흥원 학술기사 2005. 9.
6. 남경석, 진경돈, 이강업, "Andrea Palladio의 [건축 4서]에 나타나는 피타고라스 수 이론과 협화음의 적용에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, pp. 113-120, 2001. 12.
7. 추승연, "Design Tool을 이용한 음계 비례론의 건축실무 적용에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, pp. 130-137, 2004. 8.
8. Gerhard Schmitt, CAAD, Working paper for Sommersemester'93, ETH, Zurich, p. 39, 1993.
9. 추승연, "건축디자인 규칙의 자동화를 위한 지원체계에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, pp. 75-82, 2006. 6.



**허 규 석**

2008년 계명문화대학교 건축과 졸업  
 2008년 계명문화대학교 평생교육원 학사  
 2009년~현재 경북대학교 일반대학원 건축·토목공학부 석사과정  
 관심분야: Building Information Modeling, IFC, Design Automation, CAAD(Computer-aided Architectural Design)



**추 승 연**

1994년 경북대학교 건축공학과 공학사  
 1998년 홍익대학교 일반대학원 건축학과 공학석사  
 2004년 독일 뮌헨공대 건축학과 공학박사  
 2005년~현재 경북대학교 건축·토목공학부 교수  
 관심분야: Building Information Modeling, IFC, Augmented Reality, Design Automation, CAAD(Computer-aided Architectural Design)