

# 공간데이터 LOD 기반 3차원 대용량 객체의 경량화 알고리즘 연구

## A Study on the Weight Lightening Algorithm of 3-Dimensional Large Object based on Spatial Data LOD

나준엽\* · 홍창희\*\*

Joon Yeop Na · Chang Hee Hong

**요 약** 최근 건설정보가 CAD에서 BIM으로 전환되고 있으며, GIS 분야는 기존 실외공간에서 실내공간으로 확장되고 있다. 이러한 상황에서 건설정보를 GIS와 연계하여 계획·설계·시공의 건설단계는 물론 건설 후 유지관리 및 운영·서비스 단계에서 지속적으로 활용할 필요성이 커지고 있다. 이를 위하여 건설정보와 공간정보의 유기적 결합을 통한 BIM-GIS 상호운용 플랫폼을 구축함에 있어 대용량 3차원 공간객체의 효율적 표현은 필수적인 요소이다. 본 연구에서는 대용량 공간객체를 표현함에 있어 각 레벨별 공간객체와 이에 따르는 텍스처를 효과적으로 생성할 수 있도록 BIM 데이터와 GIS 공간 데이터의 연계활용을 위한 공간데이터 LOD를 설계하고 이를 기반으로 기존의 대용량 공간객체를 경량화할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

**키워드** : 공간데이터, LOD, 3차원 대용량 객체, 경량화

**Abstract** Recently, Construction information is being changed from CAD to BIM, and GIS is extending from outdoor to indoor information. In these circumstances, the needs of continuous use of construction information linked with GIS are growing constantly in stages of maintenance, operation and service as well as planning, design and construction. To this end, it is essential element to represent 3-dimensional large object efficiently in establishing BIM-GIS interoperability platform by combination of construction and spatial information. In this study, we design spatial data LOD for making spatial object and texture by level, and develop weight lightening algorithm of large spatial object.

**Keywords** :Spatial data, LOD, 3-Dimensional Large Object, Weight Lightening

### 1. 서 론

대용량 3차원 공간객체의 표현을 위해서는 LOD (Level of Detail) 개념의 적용이 필수적이며, 일반적인 LOD 모델의 경우 하나의 지형지물에 대해 LOD 레벨에 따라 각각의 공간객체가 존재한다. 해당하는 레벨에서의 공간객체는 해당 레벨의 LOD에서 지형지물을 나타내는 공간객체를 의미하며, LOD 레벨에 따라 다르게 존재하는 공간객체들은 서로 동일한 지형지물을 나타내지만 각각의 공간객체 간에는 연관관계가 존재하지 않은 것이 보통이다. 3차원 공간정보는 기하학적인 객체를 표현하는 것 이외에도 텍스처(texture) 등 시각적으로 더 자세한 정보들까지 요구하며, 또한 어떠한 위치에서 바라보는가에 따라 그 형태가 시시각각 변화하고 그러한 변화를 화면에 표현하는 것은 매

우 복잡한 처리과정이 필요하다. 따라서, 3차원 공간에서는 객체들을 표현하는데 있어 가까운 객체는 자세히 표현하고 멀리 있는 객체는 간단히 표현하여 컴퓨터가 처리해야 하는 데이터양을 최소화할 필요가 있다.

컴퓨터 그래픽스 등의 응용분야에서 시설물 등의 공간객체를 현실감있게 표현하기 위해서는 매우 복잡한 3차원 메시(mesh) 모델을 필요로 하며, 이를 위해서는 넓은 대역폭과 대용량의 메모리 및 저장 공간이 요구된다. 따라서, 모바일 디바이스와 같이 제한적인 성능을 가지고 있는 장비를 이용하여 대용량 3차원 객체에 대한 표현을 수행하는 경우 그 렌더링 성능의 한계로 인해 원활한 작업이 불가능하다. 이와 같은 문제의 해결을 위해서는 3차원 실사모델에 대한 LOD 모델 구성을 통해 데이터를 경량화시키는 기술이 필수적으로 요구된다.

† This research was supported by a grant from a Strategic Research Project (Development of Convergence Technology on Construction & Spatial Information based on BIM/GIS Interoperability) funded by the Korea Institute of Construction Technology

\* Joon Yeop Na, Senior Researcher, Korea Institute of Construction Technology. naz@kict.re.kr

\*\* Chang Hee Hong, Senior Researcher, Korea Institute of Construction Technology. chhong@kict.re.kr (Corresponding author)

본 연구에서는 대용량 공간데이터의 가치화 성능 향상을 위하여 공간객체의 효율적 화면도시를 지원할 수 있는 공간데이터 LOD 기반의 경량화 알고리즘을 제시하고자 한다.

## 2. 관련 현황

### 2.1 3차원 메시 모델의 부호화 방법

물체의 3차원 형체 및 구조를 나타내는 3차원 메시 모델은 각 정점의 3차원 위치를 나타내는 기하 정보, 정점들 간의 기하학적 연결 구조를 나타내는 연결성 정보, 그리고 색상, 법선 및 텍스처 좌표와 같은 속성 정보로 이루어진다.

이러한 3차원 메시 모델은 컴퓨터 그래픽스, 애니메이션, 3D 모델링, CAD, 3D 게임 등의 다양한 멀티미디어 응용 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 특히, 컴퓨터 그래픽스 응용 분야에서는 물체를 현실감 있게 표현하기 위해 고해상도를 가진 복잡한 3차원 메시 모델을 필요로 한다. 따라서, 저장용량의 저장 공간과 빠른 전송을 요구하는 응용분야에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 3차원 메시 모델을 효율적으로 압축하

기 위한 3차원 메시 부호화 기술의 연구 개발을 유도하였고, 다수의 3차원 메시 부호화 기술이 고안되었다.

3차원 메시 모델의 부호화 기술에 대한 접근 방법은 Figure 1에서 볼 수 있는 바와 같이 일반적으로 Single-rate Mesh Coding과 Progressive Mesh Coding의 두 가지 방법으로 분류할 수 있으며, 이중 Single-Rate Mesh Coding은 원본 모델을 주어진 해상도 그대로 압축하여 점진적인 전송을 지원하지 않는 부호화 방법을 뜻한다. 반면 Progressive Mesh Coding은 원본 모델을 최저 해상도의 LOD와 다수의 정제 데이터로 변환 및 압축하여 점진적 전송을 지원하는 부호화 방법을 뜻한다.

Progressive Mesh Coding 방법은 Figure 1에서 보는 바와 같이 정제(refinement)의 개념을 사용하고 있으며, 주어진 원본 모델을 단순한 Base Mesh와 연속적인 정제를 위한 데이터로 변환하여 전송한다. 수신단에서는 Base에 연속적인 정제를 적용함으로써 원본 모델을 복원하게 된다. 이 방법은 고해상도의 모델이 불필요하거나 즉각적인 피드백이 요구되는 경우에 사용할 목적으로 고안되었으며, 연속적인 LOD를 제공하는 장점을 갖지만 Rate-distortion Tradeoff의 최적화를 만족함에 어려움이 있다. 일반적으로 Base Mesh는 Single-rate Mesh Coding 방법에 의해 압축 전송되고, 정제에 필요한 데이터가 Progressive Mesh Coding 방법에 의해 압축 전송된다.

현재 가장 일반적으로 사용되는 방법은 Hoppe에 의해 제안된 Progressive Mesh 방법이며, 이 방법은 주어진 원본 모델에 Figure 2의 에지 축소를 반복적으로 적용함으로써 Base Mesh를 만들고, 매 에지 축소 때마다 에지 축소 과정을 역으로 수행(정점 분할)하기 위해 필요한 최소한의 정보를 저장하는 방식으로 수행된다.

즉, Progressive Mesh 방법의 Mesh Decimation Operator는 에지 축소이며, 에지 축소 과정을 역으로 수행하기 위해 저장하는 정보는 정점 분할되는 각 정점의 정확한 위치와 이 정점을 공유하는 에지의 식별자이다. 이 방법은 어느 시점에서든 전송 및 복호화를 중단할 수 있는 등의 장점을 갖지만, 부호화 효율이 낮다는 단점을 나타낸다.

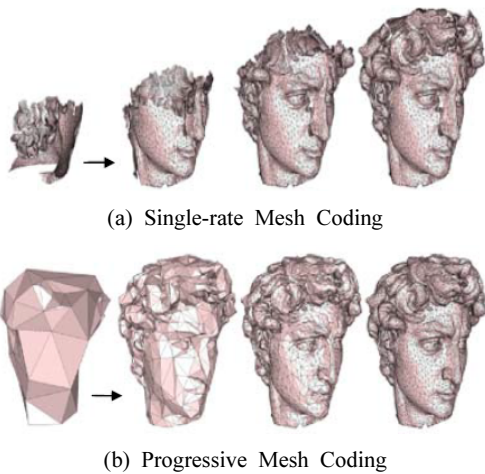


Figure 1. Encoding of 3D Mesh Model

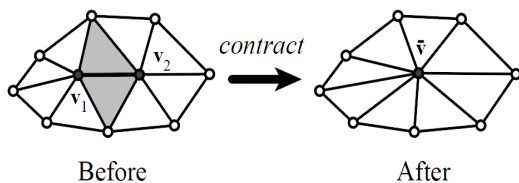


Figure 2. Example of Edge Reduction

### 2.2 3차원 건물 모델의 경량화 연구 동향

최근 전세계적으로 3차원 건물 모델의 수요가 증가하고, 3차원 건물 모델을 이용한 활용분야가 다양해지면서, 3차원 건물 모델 및 지형정보를 이용하여 도시 모델 단위의 공간정보를 서비스할 수 있는 플랫폼의

중요성이 부각되고 있다. 이러한 3차원 공간정보 플랫폼을 통하여 다양한 서비스를 제공하기 위해서는 도시모델 단위의 대용량 데이터를 빠르게 가시화 할 수 있는 기술이 필요하다. 특히 모바일 장치에서 도시모델 단위의 3차원 공간정보를 가시화하기 위해서는 대용량의 도시 객체에 대한 경량화가 매우 중요하다.

최근 6~7년간 3차원 건물 모델의 경량화를 위한 연구들이 활발하게 진행되어 왔으며, 다양한 경량화 알고리즘들이 적용되어 왔다[1].

Thiemann 등은 하나의 건물을 Cell 집합과 CSG (Constructive Solid Geometry) tree로 저장된 의미있는 feature들로 분해하고 계층적인 CSG tree를 이용하여 건물의 경량화를 수행한 바 있으며[8], Kada는 단순화된 건물의 일부분들을 half-planes의 교차점으로 정의하고, 셀 분해와 프리미티브 인스턴스화 방안을 적용하였다[4].

또한, Mayer 등은 이미지 프로세싱의 정교화 연산자와 mathematical morphology 기법을 적용하여 건물 모델의 경량화를 수행하였고[7], Glender 등은 계층적

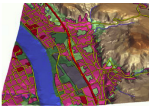



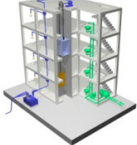
추상화 단계를 통해 3차원 건물 모델의 일반화에 적용하였으며[2], Mao 등은 3차원 도시 모델의 동적 가시화를 위하여 CityTree를 이용한 3차원 건물의 일반화를 수행하였다[6]. 또한, single-link clustering 알고리즘을 사용하여 건물 그룹의 일반화에 적용한 사례도 있다[9].

이상과 같이 다양한 메시 경량화 알고리즘들이 제안되었으나, 이러한 경량화 알고리즘들은 주로 부드러운 표면을 갖는 형태의 3차원 polygonal mesh에 대하여 연구되어 왔다. 따라서, 건물 모델과 같은 구조물 객체에 대하여 경량화 알고리즘이 적용되기 위해서는 인공 구조물의 형태적인 특징들을 반영할 필요가 있다.

### 3. 공간데이터 LOD의 설계 및 정의

본 연구에서는 건설단계의 BIM(Building Information Modeling) 데이터가 유지관리·운영·서비스 단계의 GIS (Geographic Information System) 데이터까지 흘러가면서 단계별로 연계 활용될 수 있도록 BIM 데이터와

Table 1. Design of Spatial Data LOD

Object	LOD Level	Geometric Type			Attribute (Semantic LOD)
		IFC Format	CityGML format	Object Type	
Outdoor	LOD 0	-	· Geographical information (+ Ortho-photo)		-
	LOD 1	· Surface model · Simple Box-type · Basic mapping of exterior materials	· Geographical information + Ortho-photo · Simple Box-type · Basic mapping of exterior materials		· building object
	LOD 2	· Surface model · Simple roof composition · Actual texture	· Geographical information + Ortho-photo · Simple roof composition · Actual texture		· Each floor of building
	LOD 3	· Surface model + Parametric model · Detailed model · Actual texture	· Geographical information + Ortho-photo · Detailed model · Actual texture		· Exterior object
Indoor	LOD 4	· Parametric model · Representation of whole BIM object · texture of BIM data	-		· Whole attribute of BIM data

GIS 데이터의 상호 운용성을 확보하고 응용서비스 지원을 위한 BIM/GIS 상호운용 개방형 플랫폼 구축에 활용하고자 공간데이터 LOD 표현기술을 설계 및 정의하였다. 현재 GIS 데이터의 LOD에 대한 정의는 OGC(Open GIS Consortium)에서 제정한 국제표준과 국내 국토교통부의 표준이 존재하지만, BIM 데이터에 대한 표준은 명확히 정의되어 있지 않은 상황이다. GIS의 LOD 표준의 경우 국내외 모두 지형 데이터와 건물 객체를 모두 함께 지정하고 있으며, 두 가지 모두 4단계 또는 5단계의 LOD 단계를 정의하고 있다는 측면에서 상당한 유사성을 가지고 있다.

특히, 국제표준인 CityGML(City Geographic Markup Language)의 경우 LOD 0이 지형 데이터만을 가지고 있다는 점에서 LOD를 4단계로 규정하고 있다고 간주해도 무방하며, 단지 LOD 4의 경우 실내 공간정보를 정의하고 있다는 점에서 차이가 있다. 따라서, 이와 같은 상황을 고려하여 공간데이터 LOD의 단계를 설계하였다.

이에 따라 기존의 LOD 규정과 BIM 및 GIS 공간데이터의 특징들을 고려하여 공간데이터 LOD의 기하학적 형태와 속성 항목에 대해 규정하였으며, 그 내용을 Table 1에 나타내었다.

### 3.1 실외 공간정보 데이터 모델

본 연구를 통해 설계한 LOD 모델의 경우 실외 공간정보는 도시 단위의 대용량 자료 서비스를 그 목적으로 하며, 이를 위해 GIS 데이터 모델의 특성을 강하게 반영하고 있다.

LOD 0 단계에서는 전체적인 지형정보만을 표현하며, 별도의 건물객체나 속성정보는 포함하지 않는다.

LOD 1 단계의 경우 지형과 함께 단순 박스형 형태의 건물모델을 함께 구성하고 있으며, 건물 객체나 시설물 객체에 대한 속성정보를 가지고 있다. 건물 객체의 형태는 GIS 데이터나 BIM 데이터 모두 대용량 자료의 표현에 유리한 Surface 모델의 형태를 갖도록 구성하기 때문에 IFC(Industry Foundation Classes) 포맷의 BIM 데이터의 경우 Parametric Model Converter를 통해 변환해 주어야 한다.

BIM 데이터의 변환은 전체 데이터에 대해 수행되지 않으며, BIM 건물모델의 외곽경계만을 추출하여 Surface 모델로 재구성하는 과정을 거침으로써 서비스용 데이터를 획득할 수 있다. 이와 같은 Boundary 모델은 대용량 자료의 가시화를 위해 중간 단계 형태로서 구성되어 DBMS 기반의 서비스용 LOD 데이터

서버에 저장된다. LOD 1의 단계에서는 건물 이외의 시설물들에 대해서는 표현되지 않도록 구성한다.

LOD 2 단계에서는 건물 모델이 보다 상세하게 묘사되어 간단한 지붕 구조물에 대한 추가가 이루어지며, 텍스처 역시 원본 데이터가 갖는 실사 텍스처를 적용한다. 속성정보의 경우에도 건물의 개별층에 해당하는 정보가 추가적으로 포함되어 저장된다. 건물 객체의 형태는 역시 Surface 모델의 형태를 갖는다.

LOD 3 단계는 실외 공간정보를 구성하는 가장 상세한 표현 단계라고 할 수 있다. 건물 모델의 경우 원본 데이터 형태와 동일한 LOD의 Surface 모델 데이터로 표현되며, 외부에 노출되어 있는 시설물에 대해서도 표현이 이루어진다. 시설물의 경우에는 효율적인 가시화를 위해 BIM 데이터가 갖는 원본 그대로의 파라메트릭(Parametric) 모델 형태로 나타난다. 속성정보 역시 건물 외관을 구성하는 모든 객체와 외부 시설물 객체에 대한 모든 정보가 함께 포함되어 구성된다.

실외 공간정보를 구성하는 모든 LOD 단계에서 속성에 대한 검색을 수행하는 경우 클라이언트 소프트웨어는 사용자의 요청에 따라 Query 내용을 서버에 전송하게 되며, 서버에서 전체 데이터의 속성에 대해 해당 검색결과를 도출하여 다시 클라이언트로 전송하여 표현함으로써 도시 전체에 대한 속성검색을 각각의 LOD 단계에 상관없이 효율적으로 수행할 수 있도록 구현한다.

### 3.2 실내 공간정보 데이터 모델

실내 공간정보의 경우에는 BIM 데이터의 형태를 그대로 표현함으로써 상세도의 손실이 없도록 구성한다. 편의상 LOD 4 단계로 표현하지만 실제로는 IFC 포맷의 데이터를 Parametric 모델 형태 그대로 화면에 가시화하여 나타내게 되며, 속성정보 역시 원본 BIM 데이터가 갖는 속성을 그대로 포함하도록 한다.

본 연구에서는 현재 활발한 연구가 진행 중인 IndoorGML 모델의 경우에 대해서는 별도로 고려하지 않았으며, 단지 향후 확장성을 위해 이들 모델에 대한 추가가 가능하도록 Surface 모델의 표현도 고려하여 구성하였다.

## 4. 3차원 대용량 객체의 경량화 알고리즘 개발

본 연구의 3차원 대용량 객체의 경량화 알고리즘은 BIM/GIS 상호운용 개방형 플랫폼에서 대용량 공간객

체의 효율적 화면도시를 위한 기능이며[3], 이를 확장하여 U-City 지원을 위한 가상공간 구현 및 IT 서비스 모델 개발에도 활용할 수 있다[5].

BIM/GIS 상호운용 플랫폼은 도시 단위의 대용량 자료에 대한 서비스 및 관리를 그 목적으로 하고 있으며, BIM과 GIS 데이터 등 서로 다른 형태의 자료들에 대한 효율적인 서비스가 가능한 통합 환경을 제공할 수 있어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 GIS 데이터 기반위에 3차원 건물 모델에 대한 대용량 BIM 데이터를 신속하게 가시화하기 위한 경량화 알고리즘을 개발하였다.

경량화 알고리즘을 적용하기 위해서, 건물 모델 BIM 데이터로부터 건물 내부객체와 외부객체를 분리한 후, 건물 내부객체와 외부객체에 대한 경량화를 별도로 수행하게 된다.

#### 4.1 건물 내부 객체의 경량화 알고리즘

##### 4.1.1 건물 내부 객체의 경량화 알고리즘 개발

BIM 데이터(IFC 파일 형식)에 포함된 건물 객체 중에는 parametric data 기반의 volume 모델 형태가 아니고 surface 모델로 저장되어 있는 객체들이 존재한다. 이러한 데이터들은 책상, 의자등과 같이 복잡한 형태를 갖는 건물의 부속물로서 무수히 많은 vertex로 구성된다. 실제적으로 무수히 많은 vertex로 구성된 Surface 모델 형태의 건물 객체들 때문에 BIM 데이터

를 화면에 가시화할 때, 메모리 사용량이 증가하며 많은 부하를 주게 된다.

따라서, 무수히 많은 vertex를 갖는 건물 내부 객체를 대상으로 경량화 알고리즘을 적용하여 LOD 레벨별 객체를 생성하고, 이를 구조화시켜 저장함으로써, 건물 내부 객체에 대한 3차원 가시화 성능을 향상시킬 수 있다.

본 연구에서는 Figure 3과 같이 2단계의 경량화 알고리즘을 적용하여 건물 내부 객체에 대한 LOD별 데이터를 생성한다.

- Step 1 : 중복된 vertex 정보 삭제
- Step 2 : mesh를 구성하는 모든 edge를 길이에 따라 정렬하고, edge의 길이가 가장 작은 것부터 제거하여 vertex 및 edge 축소

##### 4.1.2 건물 내부 객체의 경량화 수행 결과

건물 내부 객체에 대한 경량화 알고리즘을 건물 IFC 데이터의 내부 객체(의자, 문 손잡이, 밸브)에 대하여 적용하였으며, 이에 대한 결과를 Figure 4, Figure 5 및 Figure 6에서 각각 보여주고 있다.

가장 크기가 작은 문 손잡이의 경우, IFC 데이터에 저장되어 있는 vertex 개수가 1752개이며, 이에 대하여 1차 경량화를 통해서 784개로 축소하였고, 2차 경량화를 적용하여 49개까지 축소하였다.

실제적으로 건물 내부 객체에 대하여 LOD를 적용하기 위해서는 사용자 시점과 실내 객체간의 거리에

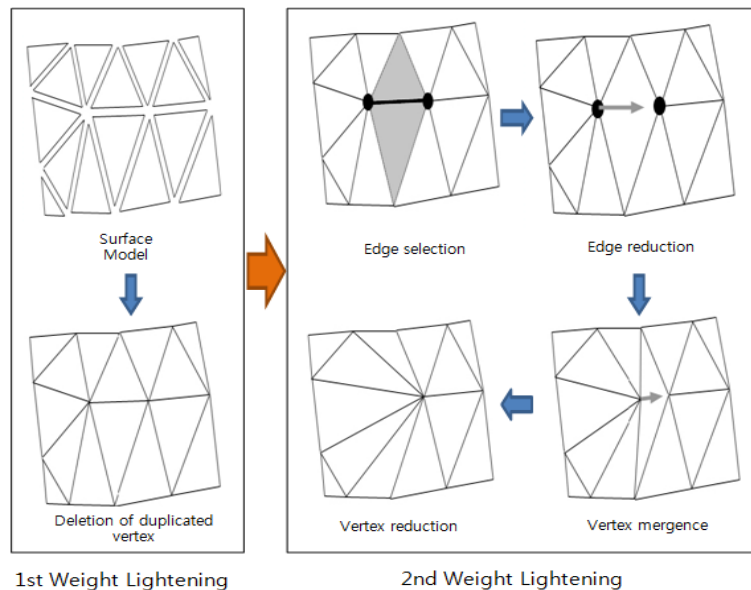


Figure 3. Weight Lightening Algorithm of Building Indoor Object



Figure 4. Weight Lightening Result of Chair Object



Figure 5. Weight Lightening Result of Doorknob Object

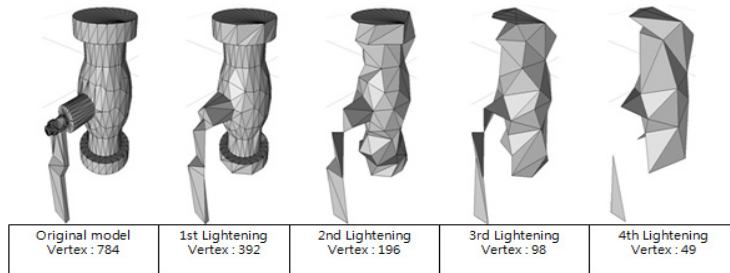


Figure 6. Weight Lightening Result of MEP(Valve) Object

따라 최적의 2차 경량화 단계를 정의하고, 이를 구조화시켜 저장할 필요가 있다.

## 4.2 건물 외부 객체의 경량화 알고리즘

### 4.2.1 건물 외부 객체의 경량화 알고리즘 개발

건물 외부객체에 대한 경량화를 수행하고 LOD 데이터를 생성하기 위해서는 건물모델의 BIM 데이터로부터 건물 내부객체와 외부객체를 분리하는 과정이 선행되어야 한다.

우선, BIM 데이터로부터 1차적으로 추출된 건물 외부객체를 LOD 4로 정의한다. LOD 3 단계의 건물 외부객체를 추출하는 방법은 다음과 같다.

- Step 1 : 건물 IFC 데이터의 객체 타입 중에서 ifcwall 객체, ifcslab 객체, 공간적 구조(spatial structure) 정보를 이용하여 층별 footprint를 추출
- Step 2 : 층별 footprint로부터 건물 최외곽을 표현하는 polyline을 생성함으로써 층별 profile을 추출

- Step 3 : 층별 profile을 추출(extrusion)하고 층별 solid 모델을 생성
- Step 4 : 층별 solid 모델을 결합하여 LOD 3 단계의 경량화된 건물 데이터 생성

LOD 2 단계의 건물 외부객체는 LOD 3 데이터를 생성하는 과정의 층별 profile에서 최하단 profile을 건물 높이만큼 extrusion을 수행하여 생성할 수 있다. LOD 1 단계의 건물 외부객체는 요철을 갖고 있는 최하단 profile의 edge를 단순화하고, 단순화시킨 profile을 건물 높이만큼 extrusion을 수행하여 단순 박스 형태의 건물을 생성한다.

건물 외부 객체의 LOD별 데이터를 생성하는 경량화 적용 흐름도는 Figure 7과 같다. Table 2는 경량화 알고리즘을 구현하는 프로그래밍을 간략히 설명하기 위해 의사코드로 제시한 것이다.

### 4.2.2 건물 외부 객체의 경량화 수행 결과

건물 외부객체에 대한 경량화 알고리즘을 건물 IFC

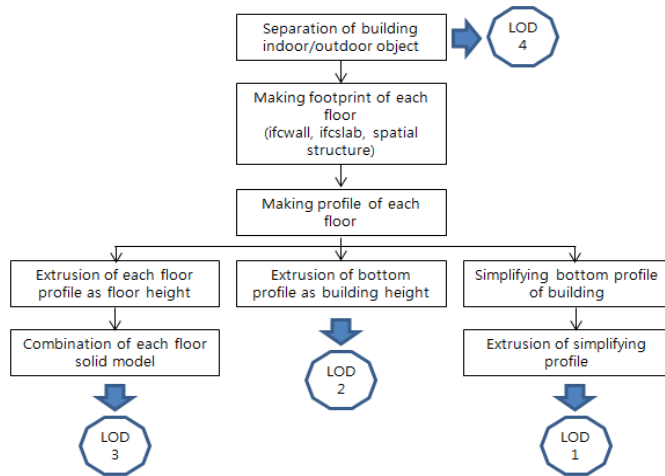


Figure 7. Weight Lightening Algorithm of Building Outdoor Object

Table 2. Pseudo Code of Weight Lightening Algorithm

**Process 1. : Separation of indoor & outdoor of building**

```

define captureSceneInCamera;
captureSceneInCamera [] sceneList = cameraScene(Angle HeadingAngle, Angle pitchAngle);
while(captureSceneInCamera)
{
    color = (r, g, b).
    set an unique color for each object and render the scene.
    //analys the color buffer.***
    get the color of a pixel
    if(pixel_color != white)
    {
        get the r, g and b values of the pixel
        retrieve the object index of this color
        push the object in to the exterior_objects_list.
    }
}
separation of building indoor/outdoor object.
  
```

**Process 2. Separation of each floor information**

```

for(floors_count)
{
    Create an horizontal plane of floor (plane XY) with z = floor_height + 0.5m.
    cut walls, windows and columns with the plane.
    the edges obtained in the cutting process is the foot print.
}
  
```

**Process 3. Composition of each floor information(base map)**

```

for(floors_count)
{
    collect the 2D extrusion profiles of walls and slabs.
    make an boolean operation to joint all the profiles.
}
  
```

**Process 4. Extraction of each floor height**

```

for(floors_count)
{
    extrude the profile (#3 Process) with the floor height.
}
  
```

**Process 5. Composition of outskirts information**

All the extruded objects (#4 Process) is LOD 3.

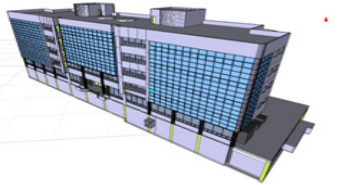
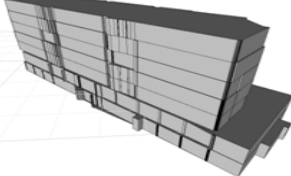
**Process 6. Composition of bottom floor**

Extrude the bottom floor profile with the building height to create LOD 2.

**Process 7. Simplification bottom floor profile**

Extrude the bottom floor profile with the building height to create LOD 1.

Table 3. Weight Lightening Result of Building Outdoor Object

LOD	Data Type	Capacity
LOD 4		8.60 Mbyte
LOD 3		0.15 Mbyte

데이터에 적용하였으며, 이를 통해 Table 3과 같은 결과를 도출하였다. 실험에 사용된 건물 데이터의 총용량은 약 310 Mbyte이며, 외부 객체만 추출하였을 경우 그 용량은 약 8.6 Mbyte 이다. 건물 외부 객체에 대한 경량화를 적용하여 1차적으로 생성한 LOD 3 단계 건물 외부 객체의 용량은 약 146 Kbyte로 57배 정도의 차이를 보이고 있다.

## 5. 결론

본 연구에서는 BIM-GIS 상호운용을 위한 플랫폼을 구성함에 있어 필요한 대용량 3차원 공간객체의 표현을 위하여 공간데이터 LOD의 설계 및 정의를 수행하고 3차원 대용량 객체의 경량화 알고리즘을 개발하였다. 공간데이터 LOD를 구성함에 있어 LOD 관련 규정과 BIM 및 GIS 공간데이터의 특성을 고려하여 공간데이터 LOD의 형태와 항목에 대해 규정하였으며, 이를 기반으로 건물 내부 및 외부 공간객체의 경량화 알고리즘을 적용한 결과 기존의IFC 모델에 비하여 건물 내부 객체의 경우 크기는 vertex수를 97.3%까지 감소시켰으며, 건물 외부 객체의 경우는 공간객체의 용량을 98.3%까지 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

이는 기하급수적으로 증가하고 있는 BIM 데이터 및 각각의 BIM 데이터 내에 포함된 내부 객체들을 3차원으로 가시화하는데 있어 유용한 방안이 될 수 있으며, 향후 확장성을 위하여 Indoor GML 모델 등과의 호환 등을 위한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

## References

- [1] Fan, H; Meng, L. 2012, A Three-step Approach of Simplifying 3D Buildings Modeled by CityGML, International Journal of Geographical Information Science. 26(6): 1091-1107.
- [2] Glender, T; Döllner, J. 2009, Abstract representations for interactive visualization of virtual 3D city models. Computers, Environment and Urban Systems, 33(5): 375-387.
- [3] Hwang, J. R; Kang, H. Y; Hong, C. H. 2012, A Study on the Platform Design for Efficient Interoperability of BIM and GIS, Journal of Korea Spatial Information Society, 20(6):99-107.
- [4] Kada, M. 2006, 3D building generalization based on half-space modeling, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 36(2):58-64.
- [5] Lee, W. S; Hong, C. H. 2011, A Study on the Establishment of IT Service Model for the Possibility of Application in Construction Field-Focused on the Building Facility, Journal of Korea Spatial Information Society, 19 (6):123-131.
- [6] Mao, B; Ban, Y; Harrie, L. 2011, A multiple representation data structure for dynamic visualization of generalized 3D city models. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 66(2): 198-208.
- [7] Mayer, H. 2005, Scale-spaces for generalization of 3D buildings. International Journal of Geographical



Information Science, 19(8-9):975-997.

- [8] Thiemann, F; Sester, M. 2004, Segmentation of buildings for 3D generalization, Working paper of the ICA workshop on generalization and multiple representation, Leicester, UK.
- [9] Yang, L. 2011, Interactive visualization of multi-resolution urban building models considering spatial cognition, International Journal of Geographical Information Science, 25(1):5-24.

---

논문접수 : 2013.10.14  
수 정 일 : 2013.11.20  
심사완료 : 2013.11.22