

浅析基于WebGL的BIM数据网络三维可视化

李艳丽

江苏省测绘工程院, 江苏 南京
Email: 277374902@qq.com

收稿日期: 2020年12月27日; 录用日期: 2021年1月22日; 发布日期: 2021年1月29日

摘要

BIM (Building Information Model)模型是智慧城市建设重要的数据基础, 同时随着计算机图形学和 WebGL (Web Graphics Library)技术的发展, 在网络环境下实现BIM数据可视化与查询分析, 能够实现BIM信息的共享同时为工程设计提供重要的技术支持。BIM数据具有丰富的几何信息和语义信息, 如何与地理场景融合展示, 是需要解决的难题。基于此, 本文提出了基于WebGL的BIM数据网络可视化方法, 通过数据解析、格式转换、几何重构和三维表达, 实现了BIM数据在网络环境中的加载与可视化, 相关成果可以为BIM和三维GIS集成及相关工程实践提供借鉴。

关键词

BIM, WebGL, 可视化, 三维GIS, Cesium

Analysis on 3D Visualization of BIM in the Network Environment Based on WebGL Technology

Yanli Li

Jiangsu Province Surveying & Mapping Engineering Institute, Nanjing Jiangsu
Email: 277374902@qq.com

Received: Dec. 27th, 2020; accepted: Jan. 22nd, 2021; published: Jan. 29th, 2021

Abstract

The BIM (Building Information Model) is an important data foundation for the construction of smart cities. With the development of computer graphics and WebGL (Web Graphics Library) technology, BIM data visualization and query analysis in the network environment can be realized.

And also the sharing of BIM information can provide important technical support for engineering design. BIM data has rich geometric and semantic information, and how to fusion with the geographical scene is a tough problem. Based on this, this paper proposes a method of 3D visualization of BIM in the network environment based on WebGL, which realized the loading and visualization of BIM data through data analysis, format conversion, geometric reconstruction and 3D expression. The related results can provide support for the integration of BIM, 3D GIS and other engineering practices.

Keywords

BIM, WebGL, Visualization, 3D GIS, Cesium

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

BIM 模型作为城市三维场景重要的数据来源, 能够提供建筑物丰富的几何信息、物理信息和语义信息。WebGL 是一种全新的 3D 绘图协议, 将 WebGL 与三维 GIS 结合应用, 使得人们在网页中浏览三维场景成为了可能, BIM 与 GIS 是一种互补关系, 二者的结合能够兼顾整体宏观浏览和局部微观查询的优势[1] [2] [3] [4]。然而, BIM 与 GIS 属于两个完全不同的领域, 难以直接在 GIS 场景中应用 BIM, 要想实现二者的融合就需要将 BIM 模型转换为 GIS 数据模型, 同时从 Web 服务器端解析 BIM 相关信息, 并通过 Ajax 技术在浏览器端读取相关属性参数最终完成模型的加载与可视化。

目前, 有关 BIM 与 GIS 场景的融合已经开展了诸多研究, 例如, BIM + GIS 集成, 可视化性能优化, 将 BIM 与 GIS 融合, 进行道桥施工、交通规划和水利工程施工等, 但这些研究主要是在离线环境下对 BIM 进行展示, 相关信息难以实现实时共享, 不同用户之间 BIM 信息难以进行交换[4] [5] [6] [7] [8]。

在此背景下, 本文以 IFC (Industry Foundation Classes)标准 BIM 数据为研究案例, 首先将 BIM 模型转换为 GIS 可以接受的数据交换格式, 然后在 WebGL 技术的支撑下, 采用开源三维引擎 Cesium 实现了 BIM 数据在网络环境下的可视化表达。

2. 相关技术基础

2.1. WebGL 技术

WebGL 是基于 Web 的图形语言, WebGL 是开源开放的, 是一项基于 HTML5 Canvas 部分的延伸, 被用在网页上绘制和渲染复杂的 3D 图形, 同时允许用户与之进行交互的 Web 技术标准[9]。WebGL 直接在 HTML5 新元素 Canvas 中绘制图形, 调用图形库提供的基本元素绘制函数、基本变化及投影变换, 并提供硬件加速渲染[10]。目前主流浏览器都已经支持 WebGL 标准的 Web3D 应用, 包括 Google Chrome、Mozilla Firefox、Apple Safari、Internet Explorer、百度浏览器等。

2.2. BIM 模型

BIM (Building Information Model), 又被称为建筑信息模型, 是基于一般建筑工程项目中的多源信息, 构建的虚拟建筑模型, 其主要通过数字化仿真技术来表达建筑物的相关几何信息、物理信息和语义信息,

是一种能够有效的表达建筑物理与功能性信息, 及其周围环境的数字表达方式[11]。BIM 可以贯穿建筑工程整个生命周期, 包括前期策划、方案设计、施工过程、运营维护等阶段。如 BIM 建筑模型可以为项目设计人员和实施人员提供建筑空间参照, 且 BIM 建筑模型的更新速度也非常重要。

2.3. IFC 标准

IFC (Industry Foundation Classes)是一项被广泛用于建筑物信息表达、交换与共享的 BIM 通用国际标准[12]。IFC 是目前发展最快的 BIM 概念模型, 其具有多种表达方式, 例如工程设计、分析应用等, 拥有十分丰富的建筑构造信息、几何信息和语义信息[13] [14]。然而, 无论是数据格式还是时空基准, IFC 标准的 BIM 模型与 GIS 场景是孤立的, 这也是 BIM 与 GIS 融合必须要解决的难题。IFC 由许多 Schema 所组成, IFC 的 Schema 按照面向对象的观念及原则, 每个层级的类别可参照同一层级或较低层级的类别, 但是不能参照较高层级的类别。

3. 方法

3.1. 总体研究思路

本文总体研究思路如图 1 所示。以 IFC 格式的标准 BIM 数据为研究对象, 首先采用自上而下的方式对 IFC 数据进行解析, 得到 BIM 模型的几何信息和语义信息, 其次进行坐标转换和模型重构, 生成具有地理坐标的 BIM 模型, 最后进行顶点着色和渲染, 并且在三维地理场景中进行展示。

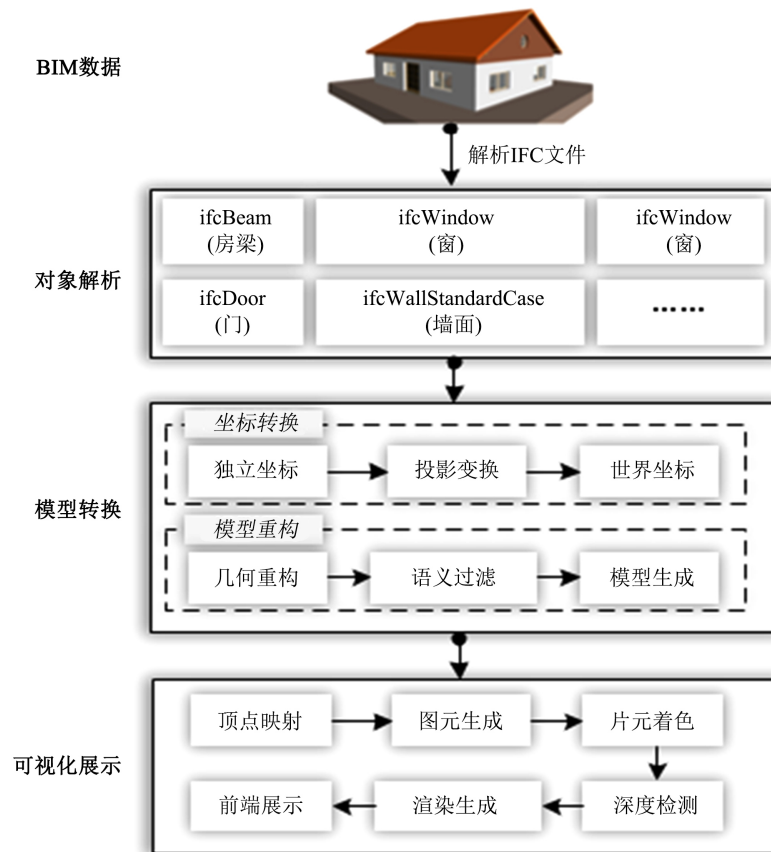


Figure 1. Overall research framework

图 1. 总体研究框架

3.2. IFC 独立坐标与世界坐标转换

由于 IFC 通常采用的是独立坐标系，而 GIS 背景下的地理场景通常采用的是世界坐标系，所以要实现 IFC 标准的 BIM 模型到地理场景中的融合展示，均需要进行坐标转变，即将 BIM 的独立坐标系转为世界坐标系。在本文中主要采用公式(1)实现：

$$\begin{bmatrix} W_x \\ W_y \\ W_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_x \\ I_y \\ I_z \end{bmatrix} \times M + \Delta \quad (1)$$

其中，向量 W 表示 BIM 模型在地理场景中的世界坐标，向量 I 表示 IFC 中对象的独立坐标， M 表示坐标系旋转矩阵， Δ 表示平移量。

3.3. IFC 模型转换及生成

IFC 模型转换过程主要包括两个部分：几何数据转换和属性信息转换。首先采用扫描法将 IFC 实体模型转换为表面模型，并进行三角形格网划分，然后对冗余信息进行抽象化和过滤化处理，保留下有用的语义信息。然后以模型的 ElementID 为基础，将属性数据库与 ID 连接，完成同类型字段自动匹配，最终实现模型数据和属性信息的一一对应。

3.4. 基于 WebGL 的 BIM 模型展示

本文采用 B/S (Browser/Server) 架构来实现网络环境下 BIM 数据的可视化展示，在浏览器端存储 DOM、DEM 和 BIM 等数据，浏览器端和服务端通信基于 HttpRequest 协议和 Ajax 技术实现，用户通过浏览器端发起请求，服务器端对请求进行解析并反馈 BIM 数据，最终在浏览器端实现 BIM 模型和三维场景的实时渲染与交互分析。详细思路如图 2 所示。

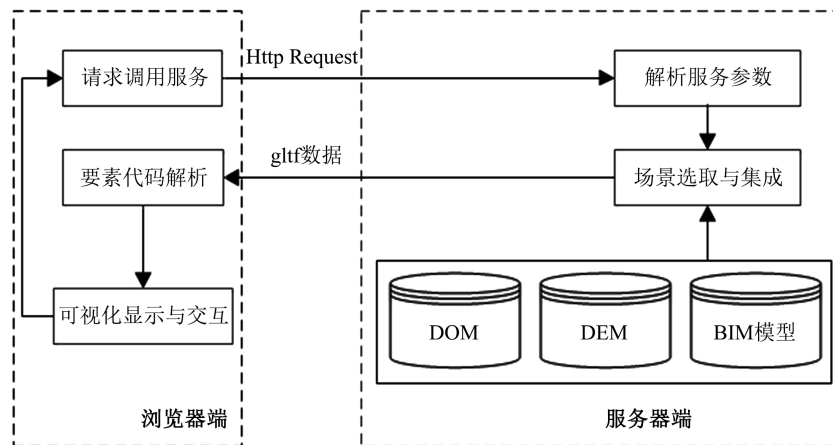


Figure 2. The visualization of BIM based on B/S structure
图 2. 基于 B/S 架构的 BIM 可视化示意图

4. 应用案例

4.1. 实验数据

本文选择的实验数据是由 BIM 官网提供的 IFC 格式模型，该实验数据模型主要包含屋顶、窗户、墙、门和地板等基本的建筑构件，如图 3 所示。

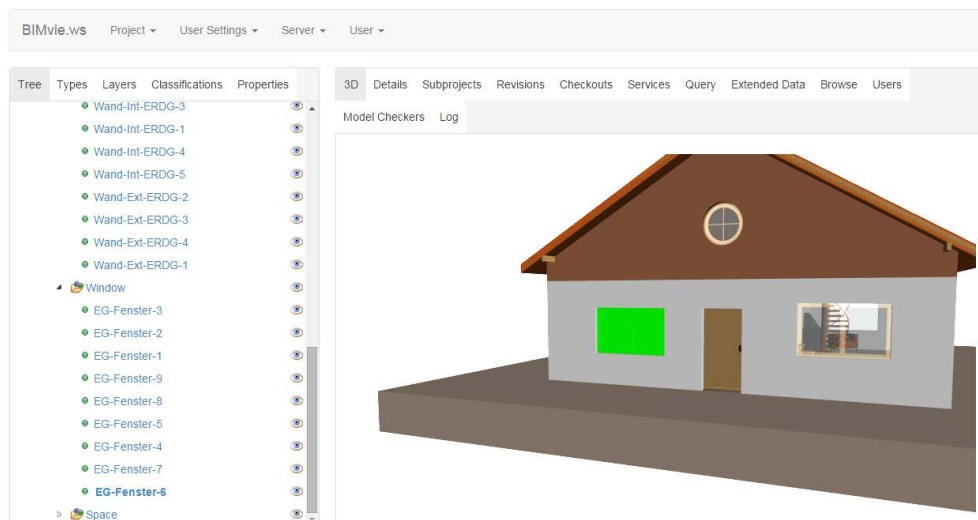


Figure 3. IFC model building elements
图 3. IFC 模型建筑要素

4.2. 开发环境

1) Cesium 环境搭建

在本文中选择了 Cesium V.1.45 作为渲染引擎，同时安装了 Node.js v6.11.2 搭建 Web 服务器，端口号设置为：8080，采用命令 `Node server.js` 启动服务器，结果如图 4 所示。Cesium 是一个用来显示三维地球和地图的开源库。它可以显示海量三维模型数据、地形高程数据、影像数据、矢量数据等等。Cesium 支持多种数据格式，高程数据支持 STK 格式，三维模型数据支持 GLTF 格式，三维瓦片模型数据支持 3D Tiles 格式，影像数据支持 WMTS 格式等。



Figure 4. Virtual globe of Cesium in Web environment
图 4. Web 环境下 Cesium 虚拟地球

2) BIM 数据环境搭建

以 BIMServer 为基础，安装 JDK (Java SE Development Kit) 和 JRE (Java Runtime Environment)，并配置环境变量，然后启动 BIMServer Starter，并在浏览器中登陆 BIMServer 和加载 IFC 格式的 BIM 数据，加载结果如图 5 所示。

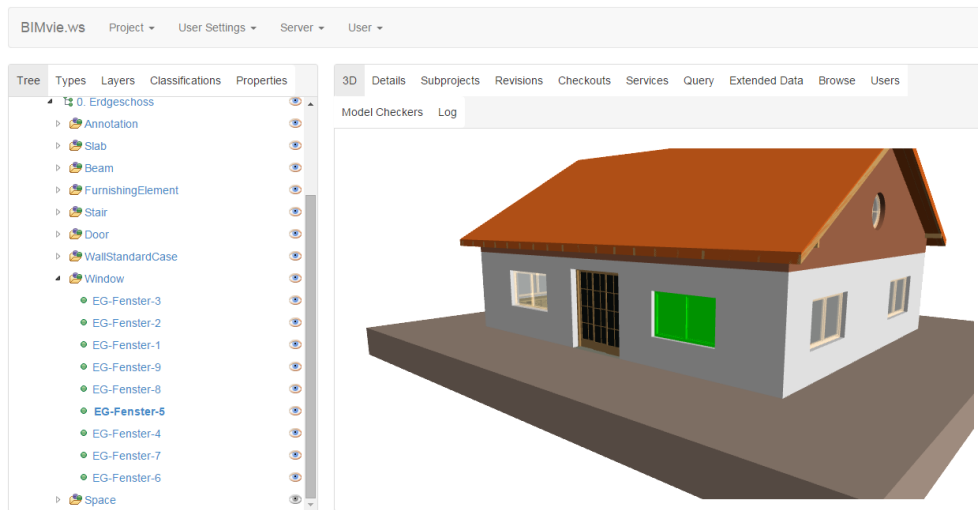


Figure 5. IFC model building elements in BIMserver
图 5. BIMserver 中的 IFC 模型建筑要素

4.3. 结果展示

原始的 IFC 格式的 BIM 模型是一种建筑模型数据，并不属于地理数据，所以无法在 Cesium 虚拟地球上进行可视化，本文通过坐标转换和模型重构，生成有地理参考意义的 CityGML 模型，然后使用 3D CityDB Importer/Exporter 将 CityGML 模型所涉及瓦片数据信息和相应的模型数据，以外部 JSON 文件的格式输出，同时在前端解析 JSON 文件并重新绘制 BIM 模型，则可在浏览器端实现 BIM 模型在三维场景中的展示。最终结果如图 6 所示。

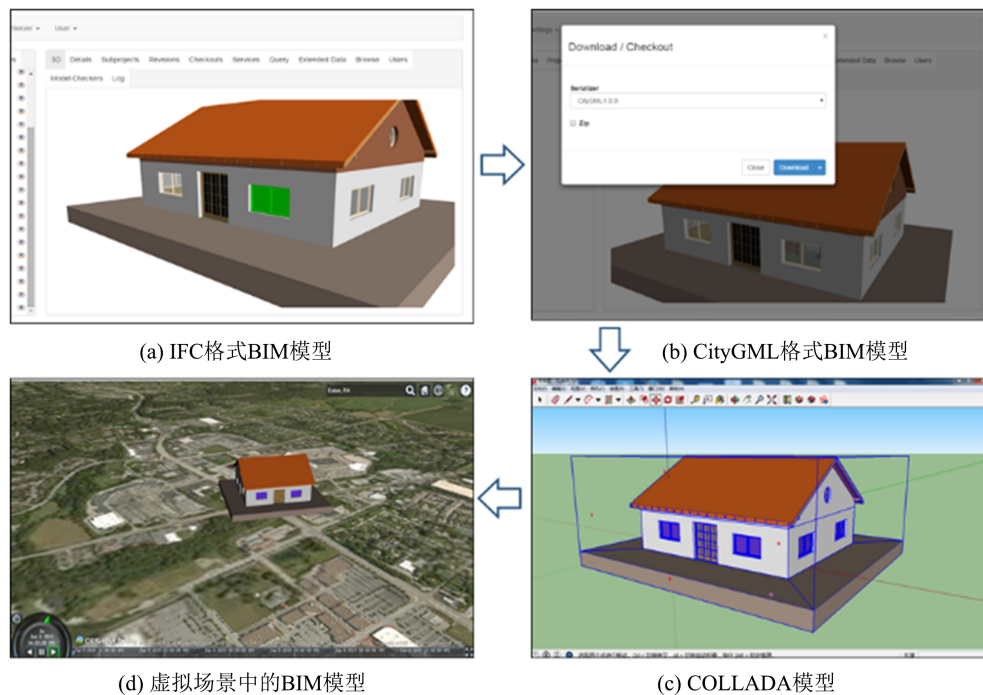


Figure 6. The fusion visualization of BIM and geographical scene
图 6. BIM 与地理场景融合展示

5. 结语

BIM 是智慧城市发展的重要组成部分, 本文以 IFC 标准的 BIM 模型为基础, 在 WebGL 技术的支撑下, 提出了网络环境下 BIM 模型三维可视化方法。首先, 对相关技术基础进行了详细介绍, 其次探讨了 IFC 独立坐标系与世界坐标系转换、IFC 模型转换和生成及基于 Cesium 的 BIM 模型展示等技术, 最后选择了一个标准 IFC 格式的 BIM 模型开展了试验数据, 试验结果表明: 本文方法能够实现 BIM 模型在三维场景中的融合可视化展示, 可以为网络环境下大规模 BIM 数据的高效展示提供相应技术参考。

参考文献

- [1] Wikipedia (2013) Quantum Entanglement. https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_entanglement
- [2] 朱庆. 三维 GIS 及其在智慧城市中的应用[J]. 地球信息科学学报, 2014, 16(2): 151-157.
- [3] 吕慧玲, 李佩瑶, 汤圣君, 等. BIM 模型到多细节层次 GIS 模型转换方法[J]. 地理信息世界, 2016, 23(4): 64-70.
- [4] Liu, X., Wang, X., Wright, G., et al. (2017) A State-of-the-Art Review on the Integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6, 53. <https://doi.org/10.3390/ijgi6020053>
- [5] 丁维馨, 徐俊, 张李菀, 等. GIS+BIM 水利工程信息管理系统的应用研究[J]. 水利规划与设计, 2020(9): 85-91+155.
- [6] 王亚升, 王玉, 郭红兵. 基于 BIM 技术的 GIS 道路信息检测模型研究[J]. 电子设计工程, 2020, 28(17): 180-184.
- [7] 陈明娥, 崔海福, 黄颖, 等. BIM+GIS 集成可视化性能优化技术[J]. 地理信息世界, 2020, 27(5): 108-114.
- [8] 封雅宏. 基于 BIM+GIS 的高速公路数字管理平台[J]. 交通世界, 2020(29): 19-20.
- [9] 宋大明, 轩元, 朱宇锋, 等. WebGL 在房屋安全信息管理系统中的应用[J]. 现代测绘, 2017, 40(2): 42-45.
- [10] 赵黎晨, 仝晓哲. 基于 Cesium.js 的网络三维地图制作方法研究[J]. 现代测绘, 2019, 42(6): 5-8.
- [11] 李爽. 基于 WebGIS 的降雨信息管理与分析系统设计与实现[J]. 现代测绘, 2019, 42(5): 10-14.
- [12] Pezeshki, Z. and Ivari, S.A.S. (2018) Applications of BIM: A Brief Review and Future Outline. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 25, 273-312. <https://doi.org/10.1007/s11831-016-9204-1>
- [13] 汤圣君, 朱庆, 赵君屹. BIM 与 GIS 数据集成:IFC 与 CityGML 建筑几何语义信息互操作技术[J]. 土木建筑工程信息技术, 2014, 6(4): 11-17.
- [14] 翟晓卉, 史健勇. BIM 和 GIS 的空间语义数据集成方法及应用研究[J]. 图学学报, 2020, 41(1): 148-157.