

基于云计算的 BIM 集成管理机制研究

张云翼, 刘强, 林佳瑞, 张建平

(清华大学, 北京 · 100084)

【摘要】建筑信息模型技术的出现为实现建设工程多参与方的信息互用与共享提供了手段,但建筑业的分散特性使得 BIM 信息共享互用困难。本文通过分析当前建筑信息交换的特点,研究云计算技术与 BIM 的结合方式,提出基于云计算的 BIM 数据集成与管理机制,解决数据分布式存储、数据访问权限与安全、模型数据共享等问题。并通过北京市槐房再生水厂的实际工程项目进行应用测试,对提出的技术进行了验证。

【关键词】云计算; 建筑信息模型; 信息互用; 数据集成

1 背景

建筑产业结构具有“分散”特性,缺乏有效的信息交流手段^[1,2],建筑生命期不同阶段和应用系统之间的“信息断层”无法得到根本解决,使得建筑业信息化应用效果和持续发展存在很大限制和明显阻碍。各阶段、各参与方、各专业的工作内容相对独立分离,数据交换十分不便。建筑信息模型 (Building Information Modelling, BIM) 不仅是对工程项目设施实体与功能特性的数字化表达^[3],同时也是靠信息技术驱动、以开放标准为基础的交付结果和协作过程^[2]。因此 BIM 是建设项目中各参与方进行信息交换的有效手段^[4]。但建筑业的分散特性,使得 BIM 的建模、存储和传递仍然复杂困难,导致 BIM 的应用受到很大限制。例如, BIM 软件互用性不能满足应用要求,全生命期的信息共享存在困难;建筑信息复杂庞大,海量信息的存储、集成与共享存在困难等。

虽然目前在 BIM 技术上已有很多工具可以支持各领域的应用需求,但没有任何一种软件可以解决建筑行业的所有问题^[2]。而大多数软件工具常常仅支持特定的数据格式,因此数据交换就显得尤为重要。所谓数据交换,是指在不同软件系统和不同组织之间协同工作的能力,它包括软件间交换和组织间交换两个层面。IFC (Industry Foundation Class, 工业基础类) 已成为 BIM 的事实数据交换标准,可以解决在不同软件之间的数据交换。但 BIM 建设行业的分散特性对组织间的数据交换提出了很高的要求,而主要交换需求包括可靠性、稳定性、安全性、数据一致性等^[5,6],具体地,参与方在数据交换与共享的主要需求包括以下方面。

(1) 数据分布式存储与管理: 建设工程数据在全过程动态产生,基于其分散分布的特点,

【基金项目】北京市科技计划课题 (Z151100002115054), 国家自然科学基金资助项目 (51278274), 中国科协“青年人才托举工程” (YESS20160122), 第 60 批中国博士后科学基金 (2016M601038)

应采取措施实现数据的分布式存储和管理。当数据产生时,应完整记录其信息;当其他参与方需要利用该数据时,应允许其方便地获取;当任务结束时,信息应完整移交到其他参与方。

(2) 数据访问权限与安全:不同参与方对不同数据具有不同的控制权限,需要根据事先约定,确定数据的所有权以及相应的访问权限,例如可读写、只读、禁止访问等。通过权限控制机制,可以保护数据安全。

(3) 模型集成:在工程项目中,多专业需协同工作,不同参与方产生的信息也有所不同。在信息交换时,应将所有数据进行集成,彼此互补并避免冗余,形成完整唯一的全局模型,供后期进行综合应用。

2 现有数据交换模式

目前不同参与方、不同专业之间进行 BIM 数据交换的方法主要有:文件传输、中心数据库、单一服务器和云服务器,如图 1 所示。

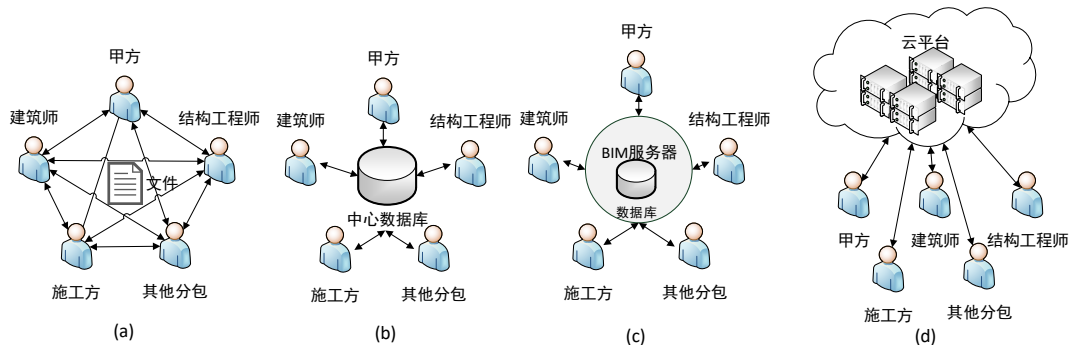


图 1 现有数据交换模式对比

其中,文件传输仍是目前最为常用的数据交换模式,因为它与传统模式最为接近^[7]。除了在不同参与方之间用纸质文档的方式进行数据交换外,随着信息技术的普及和发展,电子数据的传输逐渐增多。然而这种方式会造成文件往复传递,流程难以控制,容易造成大量的数据冗余和不一致。中心 BIM 数据库则可以避免这些问题,各参与方都从唯一的 BIM 数据库中获得数据,但这一方式缺乏模型验证、集成等功能,多参与方无法根据自己的需求快速获取相应数据,数据安全也难以保证。单一 BIM 服务器可以提供这些服务,使得各参与方的协同工作更加流畅,但考虑到实际工程通常产生的数据量十分巨大,单一 BIM 数据库恐怕难以承受如此大的数据压力。

近年来出现的云计算技术可以作为一种有效的解决方案。所谓云计算技术,是指在广域网或局域网内将硬件、软件、网络等系列资源统一起来,实现数据的计算、储存、处理和共享的一种托管技术^[8]。它具有运算速度快、操作简单、虚拟化、可靠性高、兼容性强、扩展性高等特点^[9]。在我国《“十三五”信息化应用规划编制建议》^[10]中,“云大物移智”等新兴 IT 技术的大规模应用已成为信息化应用的新常态。基于云计算技术的分布式 BIM 服务器可以利用其特点,以较小的成本获得更高的性能^[11]。在此种交换模式下,数据并非保

存于单一的服务器节点，而是分布式存储于各参与方的节点中。各参与方基于统一的协议可以随时共享数据，从用户的角度看仍然是从单一数据源获取数据，以此解决单一数据库无法处理数据量过于庞大的问题。

3 基于云计算的 BIM 数据集成与共享

3.1 基于云计算的数据分布式存储

一个典型的云平台架构如图 2 所示，该架构由一系列的存储及分析集群组成，每个集群均可面向业主、总包或其他参与方提供数据存储与数据处理等功能^[12]。每个集群一般又包含元数据模型和基于 NoSQL 数据库的数据存储单元两部分，其中元数据模型用于定义数据的类型、组织结构、分布方式等，数据存储单元则是基于元数据所定义的格式储存大量的工程数据。通过这种方式，可充分利用云平台各节点的计算与数据处理能力，提高数据处理、分析的速度。

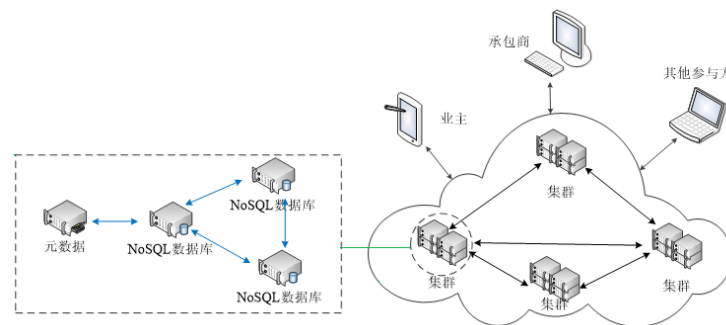


图 2 基于云计算的 BIM 服务器结构^[13]

3.2 基于云计算的数据权限控制

在权限控制方面，各个参与方对自己产生的数据具有完全的编辑权，而对其他参与方所有的数据只有查看权。针对一个特定的 BIM 服务器，如图 3 所示，服务器中存储的数据可分为自有数据和外来数据，其中自有数据是本方拥有所有权和编辑权的数据，其最高权限为读/写权限。自有数据又可分为保密数据和共享数据，其中保密数据仅存在于本方服务器中，其他参与方无法获取其任何信息。而设定为共享的数据会在平台管理服务器的全局索引服务中注册，其他参与方可以查看，并且根据各参与方定义的数据需求获取数据的副本，并存储在其服务器中。参与方对外来数据不享有编辑权，因而最高权限为只读。在各个参与方服务器内部，管理员可以自由配置用户角色，和相应的数据访问权限，但所有用户对特定可交换数据实体的权限均不得超过本参与方对该数据对象的最高权限。

在参与方服务器的 BIM 数据库中，为可交换数据实体的数据库记录增加一个字段用于标识数据的权限状态，字段的可选属性值有 Private（保密数据）、Shared（自有共享数据）和 External（外来数据）。在执行数据的过滤、提取等涉及多参与方数据互动的操作时，系统会根据数据的权限状态选择相适应的处理方式；在项目全局层面，各个参与方的自有共享数据的集合构成了整个项目完备的全局共享数据，在数据的一致性维护中作为数据源，

外来数据是数据冗余的部分，以自有共享数据的数据副本的形式存在。

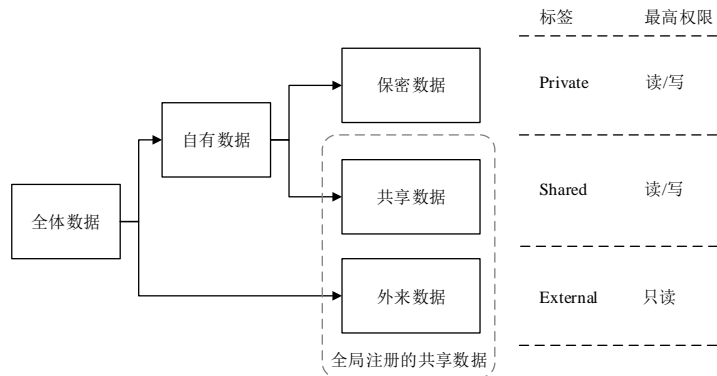


图3 数据权限控制方案

3.3 需求驱动的数据共享机制

基于云计算的 BIM 数据集成与管理架构，以项目的参与方为节点建立多台 BIM 云服务器，并且分别服务于各个参与方，通过服务端之间的联系形成 BIM 云计算平台实现统一的协调和管理。在分布式环境的 BIM 数据集成与管理中，宜采用需求驱动的数据互用模式进行参与方之间的数据共享，如图 4。该模式中数据的存储位置与使用者的需求密切相关，参与方 BIM 服务器中除存储本方产生的数据外，还存储本方在生产过程中所需的其他参与方产生的数据，因而参与方需要的数据全部存储在自己的服务器中。

需求驱动的数据互用模式中各参与方 BIM 服务器不处于完全对等的状态，而是严格按照本方的需求，仅存储本方需要的数据并针对本方用户提供服务，因而存储开销介于产生驱动模式和全分布互用模式之间。本方服务器可以满足本方用户的绝大多数需求，因而该模式可使得 BIM 数据的交换与共享更为实时和便利。

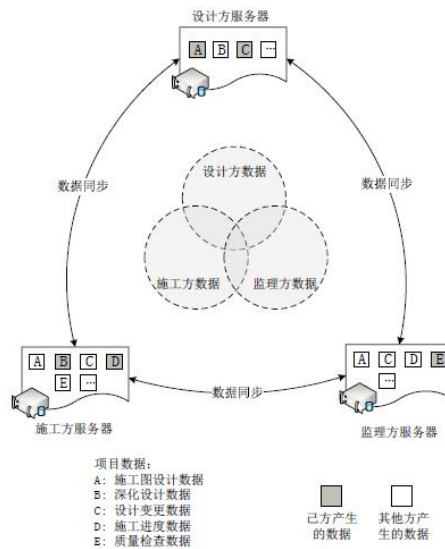


图4 需求驱动的数据互用模式

4 应用实例验证

为验证本文提出的数据集成和管理方法，在课题组已有成果^[14]的基础上开发了 BIMDISP 原型系统，以北京市槐房再生水厂项目的模型为例进行应用。该系统采用如前文所述的混合云平台架构，用中心的平台管理服务器进行统一管理；在各个参与方分别架设一服务器，管理该参与方产生的数据；服务器下用普通计算机作为服务器集群的若干节点，在其中运行 Ubuntu 虚拟机并安装 Hadoop 集群，再安装 BIMDISP 服务模块。其中，Hadoop 是 Apache 公司发布的开源云计算平台，实现了云计算平台的分布式文件系统、分布式数据库、分布式并行处理技术。

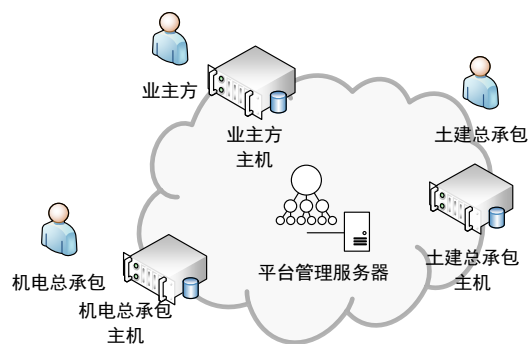


图5 项目中基于云计算的 BIM 数据集成与管理平台结构

北京槐房水厂的紫外消毒车间、配水泵房、清水池等模型分别由不同的设计人员设计和建模，形成的模型通过不同节点上传至服务器。在向平台新增数据时，多参与方的数据互用过程会自动被触发，按照需求驱动的数据互用模式，各个参与方服务器将陆续从各个其他参与方服务器接收到符合本方需求描述的 BIM 实体集，并集成到参与方 BIM 数据库之中，平台中心管理服务器记录所有可交换实体的索引。以业主方为例，设计方将设计模型上传后，平台管理服务器建立索引后，业主方服务器就会自动从设计方服务器节点获取所需实体，并最终集成为完整模型，如图 6 所示。结果表明，本文提出的基于云计算的 BIM 集成管理机制，在本项目的应用中实现了数据的分布式存储、集成与互用。

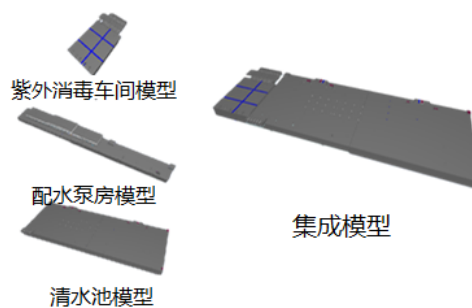


图6 模型集成结果

5 总结

本文通过分析建筑信息交换的特点,研究云计算技术与 BIM 的结合方式,提出基于云计算的 BIM 数据集成与管理机制,解决数据分布式存储、数据访问权限与安全、模型数据共享等问题。并通过北京市槐房再生水厂的实际工程项目进行应用测试,对提出的技术进行了验证。验证结果表明,本文提出的基于云计算的 BIM 集成管理机制,可以实现了数据的分布式存储与集成,对促进 BIM 深度应用,推动企业大数据积累,提高工程管理与决策水平具有重要作用。

参 考 文 献

- [1] 张洋. 基于 BIM 的建筑工程信息集成与管理研究[D]. 北京: 清华大学, 2009.
- [2] Eastman C M, Eastman C, Teicholz P, et al. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors[M]. John Wiley & Sons, 2011.
- [3] Sciences N I O B. National Building Information Modeling Standard Verion1-Part1: Overview, Principles, and Methodologies[EB/OL]. 出版地点: America, 2007/ 日期 [2011-9-10].
- [4] Steel J, Drogemuller R, Toth B. Model interoperability in building information modelling[J]. Software and Systems Modeling, 2012, 11(1): 99-109.
- [5] Wong J, Wang X, Li H, et al. A review of cloud-based BIM technology in the construction sector[J]. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 2014, 19(16): 281-291.
- [6] Singh V, Gu N, Wang X. A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform[J]. Automation in construction, 2011, 20(2): 134-144.
- [7] Venugopal M, Eastman C M, Sacks R, et al. Semantics of model views for information exchanges using the industry foundation class schema[J]. Advanced Engineering Informatics, 2012, 26(2): 411-428.
- [8] 埃尔. 云计算: 概念、技术与架构[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [9] 雷葆华. 云计算解码: 技术架构和产业运营[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [10] 中国科学技术协会. “十三五”信息化应用规划编制建议 [EB/OL]. (2015-03-13) [2017-06-14]
<http://www.cast.org.cn/n35081/n12288643/n15935146/16274002.html>
- [11] Beach T H, Rana O F, Rezgui Y, et al. Cloud computing for the architecture, engineering & construction sector: requirements, prototype & experience[J]. Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications, 2013, 2(1): 8.
- [12] Lin J R, Hu Z Z, Zhang J P, et al. A Natural - Language - Based Approach to Intelligent Data Retrieval and Representation for Cloud BIM[J]. Computer - Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2016, 31(1): 18-33.
- [13] 余芳强. 面向建筑全生命期的 BIM 构建与应用技术研究[D]. 北京: 清华大学, 2014.