

文章编号: 2095-2163(2020)04-0154-05

中图分类号: TU17

文献标志码: A

BIM+AR& 三维扫描在轨道交通中的智慧运用

万伟明, 何越磊, 连茜椰, 季杰, 戚柳飞, 赵俊康

(上海工程技术大学 城市轨道交通学院, 上海 201620)

摘要: 轨道交通行业发展迅速,其项目的复杂性日益增长。轨道交通行业中包含大量的专业构件,对于不具有专业背景的建模人员造成了很大的困扰,当模型建立完成后,对于模型的低效应用也成了 BIM 应用的痛点。本研究依托 BIM 在全生命周期中的优势,基于三维扫描、增强现实(AR)等前沿技术,形成“BIM+”架构。利用三维扫描技术对复杂的轨道结构进行扫描后,得出点云数据,通过点云数据进行模型的搭建,加快了建模效率的同时,也能大幅度提高模型的精度。借助 AR 技术,将构建的虚拟三维模型与现实的场景结合,并将模型附加全生命周期的信息。可实现轨道交通全生命周期的数据实时关联、信息的多方式调取、模块化维修指导等。改善了信息在智能建造中的传递途径,为智能化管理奠定了基础,推进铁路车站改扩建工程的信息化、数字化发展。

关键词: 轨道交通; BIM; 三维扫描; AR

Intelligent application of BIM + AR & 3D scanning in rail transit

WAN Weiming, HE Yuelei, LIAN Xiye, JI Jie, QI Liufei, ZHAO Junkang

(School of Urban Rail Transit, Shanghai University of Engineering and Technology, Shanghai 201620, China)

[Abstract] With the rapid development of rail transit industry, the complexity of its projects is increasing day by day. The rail transit industry contains a large number of professional components, which cause great troubles to modelers without professional background. After the establishment of the model, the inefficient application of the model also becomes the pain point of BIM application. This study relies on the advantages of BIM in the full life cycle and forms a "BIM+" architecture based on cutting-edge technologies such as 3D scanning and augmented reality (AR). After scanning the complex orbit structure with 3D scanning technology, the point cloud data can be obtained and the model can be built through the point cloud data, which not only speeds up the modeling efficiency, but also greatly improves the accuracy of the model. With the help of AR technology, the virtual 3D model constructed is combined with the real scene, and the model is appended with full life cycle information. It can realize the real-time correlation of the data of the whole life cycle of rail transit, multi-way retrieval of information, modular maintenance guidance and so on. It improves the way of information transmission in intelligent construction, lays a foundation for intelligent management, and promotes the information and digital development of railway station reconstruction and expansion project.

[Key words] rail transit; BIM; Three-dimensional scanning; AR

0 引言

近年来,中国轨道交通得到快速的发展,截至2018年底,中国的高铁里程数已经高达2.9万多公里,规模已是全球第一。但在轨道交通的管理中还存在着信息化、智慧化程度不完善等问题。然而在 BIM、三维扫描和 AR 等技术成熟的背景下,可以利用前沿技术与 BIM 相结合,从而解决上述痛点。

在 BIM 结合新兴技术方面,国内众多学者对此进行了研究。文献[1]在高达530m的天津周大福金融中心幕墙工程中利用 BIM 建立模型,利用三维激光扫描技术,得到了建筑物的点云数据,再将二者结合起来,有效地提高了施工精确度,同时也节约了施工成本。文献[2]对 BIM 技术在各个领域的运用

进行了探究,主要包括视频监控、环境监测、机械设备监测、三维扫描技术、3D 打印、无人机、数控智能设备、大数据等多个新兴技术领域。BIM 与这些技术领域的结合可以让建造变得更精准、智慧,最终可以实现智能建造。文献[3]在松江深坑酒店的项目中将 BIM 和三维激光扫描技术合理结合,优化了现场人员的工作方式,方便了施工人员的测量工作,同时也统一了数据的管理方式。文献[4]在建筑安全领域将 BIM 和 AR 技术结合应用在一起,就建筑安全管理方面进行了实践,可以帮助管理人员和施工人员更加直观的辨识施工等环节的安全问题,从而提升整个建筑施工现场的安全管理水平。这些研究给出了 BIM 结合新技术在轨道交通智慧管理中的一些

基金项目: 国家自然科学基金(51808333);上海市科委重点支撑项目(16030501400);上海工程技术大学科研创新项目(18KY1004, E3-0903-18-01194)。

作者简介: 万伟明(1993-),男,硕士研究生,主要研究方向:信息化技术研究。

收稿日期: 2019-11-15

解决方案,对铁路车站全生命周期中的管理具有十分重要的实践价值。需要注意的是,现有研究虽然在智慧化、精细化管理上都做了很多的探索,但针对全生命周期管理的可视化、智慧化方面还不完善,未将 BIM 与三维扫描以及 AR 技术综合运用于轨道交通工程中,未实现多种方式的可视化展示,尚存在较大的改进和研究空间。

因此,本文基于 BIM+AR& 三维扫描技术在轨道交通全生命周期管理中的运用,以创新的管理手段,为实现轨道交通的信息化、智慧化管理奠定了基础。

1 BIM 引入的必要性

1.1 关键技术简介

1.1.1 BIM 技术

BIM(Building Information Modeling)是由乔治亚理工大学教授 Charles Eastman 在 1975 年提出的类似概念“A Computer-based Description Of A Building(基于计算机的建筑模型)”,这仅仅被称是 BIM 概念雏形。现在的 BIM 概念得益于建筑的发展要求,是广大建筑者经过不断探索所产生的结果,即利用数字化建筑模型里面的信息对建筑物在勘察、设计、施工和运维等阶段,能提前进行建筑结构的分析、模拟施工及优化、管线的碰撞、建筑工程量的计量等,在此之中实现建筑施工细节的可视化展示、专业施工图的一键导出、建筑各专业部门协同工作与信息资源共享,从而在建筑物全生命周期过程中实现了利用数字模型对项目进行管理。之后在 1982 年,欧特克公司最先对 BIM Revit 进行二次开发,使得样板文件与二维图等功能进一步得到增强和完善,因而进一步吸引大量用户。这种良性循环使得 Revit 软件进一步得到推广,用户越来越多,时至今日 BIM 已被广泛推广运用于建筑、轨道交通等众多行业中。

1.1.2 三维扫描技术

三维扫描是指集光、机、电和计算机技术于一体的高新技术,主要用于对物体空间外形和结构及色彩进行扫描,以获得物体表面的空间坐标。其能够将实物的立体信息转换为计算机数字信号,使实物数字化变得方便、快捷。近些年来,三维扫描测量技术飞速发展,常见的三维扫描仪其类别主要分为手持式和支架式,三维扫描方式主要有全景和三维激光扫描两种。其中,全景扫描是通过运用数码相机采集一系列的图像序列,再经过软件匹配处理的步骤,最后拼接成完整的全景图,三维激光扫描通过高速激光扫描测量获取大面积被测对象的三维坐标数

据,图像精度高,采集效率高,满足高精度、高分辨率的数字模型的获取。

三维扫描只需进行现场扫描工作,对比偏差与测量、建模的工作可在后台完成,大大减少现场测量时间和往返现场的次数;三维扫描可直接利用点云逆向建模技术,完成复杂部位的模型建立,极大提高了工程技术人员高效、精准建模工作。

1.1.3 AR 技术

AR(Augmented Reality Technique)是在 VR 的基础上发展而来,这是一种基于摄像影像特定位置和角度并且能使用自定义三维图像实时技术,通俗的讲就是体验者通过计算机提供的虚拟模型与真实世界进行无缝融合,使体验更加真实,增强体验者对现实世界的感知效果。当前主流的 AR 开发平台有 ARkit、ARcore、Vuforia 三种。

AR 技术的发展得益于 VR 技术的发展,又通过计算机技术和设备的不断升级和更新换代,衍生出了 AR 技术。随着计算机技术的不断提高,计算机软硬件不断升级,现今 AR 技术发展已经能够提供私人定制以外的更加个性化的体验。2018 年底工信部发布《关于加快推进虚拟现实产业发展的指导意见》中提出到 2020 年“建立比较健全的虚拟现实产业链”,到 2025 年实现“我国虚拟现实产业整体实力进入全球前列”的目标。伴随着被纳入国家 2025 发展规划当中的契机,以及 5G 技术的推进,AR、VR 等技术将迎来新一轮的爆发。将 BIM 技术结合 AR 应用于轨道交通中,能为行业赋能并带来更大的发展。

1.2 BIM 与前沿技术结合的必要性

随着科学技术的发展,三维扫描技术和 BIM 技术在轨道交通领域得到了充分地运用,促进了轨道交通工程领域的发展。在这两种技术结合的情况下,轨道交通工程相关的数据采集工作更加准确、高效,为模型的构建和仿真提供了更加可靠的依据。三维扫描凭借大面积、高分辨率的成像来实现对建筑全景、复杂节点的复制,并向建筑结构分析提供所需三维点云数据,并可通过点云进行模型的快速、准确的建立。

基于 BIM 与 AR 技术相结合的轨道交通建筑管理模式的必要性可以从以下几个方面来阐述:首先是基于 BIM 模型管理。在项目建设初期,设计人员通过 BIM 技术的正向设计方法来绘出初期三维的建筑模型,模型整合各种数据和信息,设计人员再将三维模型交付至下阶段的工作人员用以验证模型的

设计合理性,这样可实现相关数据和信息的共享并极大地降低后期施工、运维等其它过程中出现问题的概率,有效避免不必要的返工,节约成本和时间。从管理角度看,对 BIM 技术的应用普遍存在管理水平不足的问题。该问题在于现有管理团队未满足相关 BIM 技术要求,导致日常工作中花费额外的时间去补课,所以在 BIM 应用初期有些企业会对其产生消极甚至抵触情绪。随着新技术的大力发展,此现象会逐渐改善。利用 BIM 与 AR 技术融合,不仅能提升工程管理水平,并可促进应用 BIM 进行精细化管理。手机平板等便携式移动设备普及率的提高,为实现基于 BIM+AR 技术的手机 APP 应用的发展奠定了良好的基础。BIM 与 AR 技术的巧妙结合,使三维模型可以由电脑端转至移动终端,并能实时查看并操作,这不仅激发了大众对黑科技兴趣,也极大地满足了非专业人员对运维管理的需求。

2 BIM 与三维扫描技术结合的研究

2.1 点云扫描与处理

利用三维扫描技术,将轨道交通中的关键部位、复杂的曲面结构进行点云的扫描,通过对点云初步处理将点云网格化。由于点云数据量非常大,无法直接进行应用,因此需要进行优化处理。利用专业的三维扫描软件将点云网格化输出成 FBX 的通用格式,并将该 FBX 文件导入 3D-MAX 中,利用软件中的优化工具进行三维网格的面数优化,优化后可大幅度减少数据量。优化前后数据对比见表 1。

表 1 点云优化对比表

Tab. 1 Point cloud optimization comparison table

	优化前	优化后	优化百分比
顶点数	214 385	26 537	87.62%
法线数	215 596	22 003	89.79%
三角面数	411 008	35 431	91.38%

2.2 三维模型的建立

首先需要将处理优化后的点云数据的原始格式转换成 AUTODESK 软件可以利用的 DWG 文件(可以利用 3D-max 进行文件格式的转换)。

通过优化可以将 DWG 文件的数据量减少 78.86%。将 DWG 导入 Revit 中,在建模的过程中可以利用剖面框对点云进行分割、裁剪,通过该方式对遮挡比较严重的地方进行正确建模。

根据构件的整体轮廓选取特征点,通过拉伸、放样、融合、空心剪切等方式进行点云的翻模。通过特征点确定三维模型的精确轮廓,并根据模型的不同形状选取相对应的建模方式。需要注意的是有些外

观轮廓,其内部结构需要进一步的完善,可通过现场的视频或者照片,以及实地测量,并结合设计图纸,才能真实还原构件的内部信息,最终完成从点云到模型的翻模过程。待全部构件建模完成后,去掉点云数据。



图 1 优化前构件的三角网格

Fig. 1 Triangular mesh of components before optimization



图 2 优化后构件的三角网格

Fig. 2 Triangular mesh of components after optimization

文件类型	文件大小	文件类型	文件大小
AutoCAD 图形 (*.dwg)	411 MB (411,008 字节)	AutoCAD 图形 (*.dwg)	35 MB (35,431 字节)
打开方式: 添加比例尺		打开方式: 添加比例尺	
位置: C:\Users\liber\OneDrive\...		位置: C:\Users\liber\OneDrive\...	
大小: 411 MB (411,008 字节)		大小: 35 MB (35,431 字节)	
占用空间: 411 MB (411,008 字节)		占用空间: 35 MB (35,431 字节)	

图 3 优化前后的 DWG 文件大小对比

Fig. 3 DWG file size comparison before and after optimization



图 4 选取特征点绘制构件轮廓

Fig. 4 Select feature points to draw component outlines

3 BIM 与 AR 技术的研究和应用

3.1 移动终端 APP 的开发过程

将 BIM 技术和 AR 技术相结合开发移动终端 APP,实质上是将现实场景和虚拟场景进行相互交融,通过手机端的摄像头进行场景判别以及位置追踪,从而将虚拟的三维模型通过手机端的屏幕进行显现。其具体的开发流程包含两步:

(1)通过三维扫描的点云建立相应的 BIM 模型,并添加相应的属性信息包含材质、尺寸、型号等。在模型建立完成之后导出 FBX 格式。

(2)在 Unity3D 软件中导入 Vuforia AR 插件,并将导出的 FBX 格式文件导入到 Unity3D 软件中,

在软件中通过脚本编写与操作,使其生成对应的移动终端 APP 文件。将文件安装至手机端,通过手机的摄像头扫描识别图像,使虚拟的建筑信息模型显示在手机中。



图 5 构件现场拍摄图

Fig. 5 Live shot of the component

虚拟场景进行实时浏览,通过手机端的按钮进行操作,来控制视角的不断移动以及旋转,在视角的切换过程中,让用户感觉身临其境,从而增强体验感。

在轨道交通的建造以及后期的维护过程中,会有许多复杂的拆装操作,其技术难度相对较大,在实施过程中由于人员的技术水平参差不齐等原因对现场操作造成一定影响。通过开发移动终端 APP,在手机端可以通过点击拆装模拟模块查看操作过程并进行虚拟操作,从而用于指导施工以及运维工作。



图 8 三维场景漫游

Fig. 8 Three-dimensional scene roaming



图 6 根据三维扫描图建立的构件模型

Fig. 6 Component model based on 3D scan



图 9 AR 拆装模拟模块

Fig. 9 AR disassembly simulation module

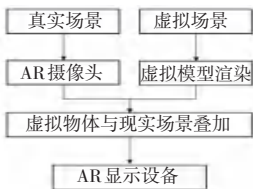


图 7 AR 技术的工作原理

Fig. 7 AR technology working principle

在软件中通过脚本编写与操作,使其生成对应的移动终端 APP 文件。将文件安装至手机端,通过手机的摄像头扫描识别图像,使虚拟的建筑信息模型显示在手机中。

3.2 应用成果展示

通过 Unity3D 开发的移动端 APP 主要有三个功能:分别是三维场景漫游、施工及运维指导以及资料信息查看。

三维场景漫游是通过沉浸式的交互体验场景的内部构造、位置布局等信息,可以以第一人称视角对

通过添加脚本信息,并将模型与信息进行关联,利用移动端的手机 APP 可以随时随地查看轨道交通三维建筑信息模型的维修信息,包括维修人员姓名、维修时间以及维修地点等。这种信息管理方式使资料信息更加电子化、系统化,实现了模型化的信息管理办法,使运维管理过程中的资料信息更加完备、准确、实时。



图 10 AR 信息展示模块

Fig. 10 AR information display module