

三维扫描技术在文物保护中的应用

吴玉涵,周明全

(北京师范大学 信息科学与技术学院,北京 100875)

摘要:随着三维扫描技术的发展,三维扫描设备的扫描精度、扫描速度和扫描设备的便携程度都有所提高,使得三维扫描技术的应用范围逐步扩大。在文物保护领域,三维扫描技术也有着重要的应用。介绍了三维扫描技术原理及其分类,结合 Inspeck 彩色三维扫描系统对文物兵马俑头部的扫描实例,介绍三维扫描系统在文物保护领域的应用。Inspeck 彩色三维扫描系统能够同时获取文物模型和纹理信息,大大减轻了文物数字化的工作。但是,由于文物种类的多样性和扫描技术的限制,针对不同文物的数字化工作,应采用适当的扫描设备。

关键词:三维扫描;文物保护;数字化;Inspeck

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)09-0173-04

Application of 3D Scanning Technique in Heritage Protection

WU Yu-han, ZHOU Ming-quan

(School of Information Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: As the 3D scanning technique's development, the scan resolution, scan efficiency and the field of view of the 3D scanning system have been improved. The applications of the 3D scanning are widely expanded. In the field of heritage protection, the 3D scanning technique is also important. First introduced the principle of the 3D scanning technique and its categories, and then introduced the application of Inspeck 3D color scanning system in the field of heritage protection. Inspeck 3D color scanning system can acquire the 3D model and texture simultaneously. That simplifies the work of heritage digitization. However, due to the diversity of the heritage and the constraints of scanning technology, for different cultural relics should select the appropriate scanning equipment.

Key words: 3D scanning; heritage protection; digitization; Inspeck

0 引言

我国历史悠久,文化遗产众多,其中文物是重要的一部分。文物是不可再生资源,并且文物在出土后也难于长久保存。文物的数字化保护技术的出现,为文物保护开辟了新的途径。在文物的数字模型基础上,可以进行虚拟展示、文物修复、文物检索等研究,为文物的共享、传播与研究提供了便利方式。

近年来三维扫描技术迅速发展,扫描数据的精度和速度都有很大的提高,并且三维扫描设备也越来越轻便,使得三维扫描技术的应用从工业制造、医学、娱乐等方面扩展到文物保护方面。国外最为著名的有斯坦福大学的“米开朗基罗项目”,该项目将包括著名的大卫雕像在内的10座雕塑数字化,其中大卫雕像模型

包括2亿个面片和7000幅彩色照片^[1];国内文物数字化项目主要有:故宫博物院与日本凸版印刷株式会社合作的数字故宫项目^[2];浙江大学开发的敦煌石窟虚拟漫游与壁画复原系统;秦兵马俑博物馆与西安四维航测遥感中心合作的“秦俑博物馆二号坑遗址三维数字建模”项目等。

由于文物的特殊性,使得它对三维扫描设备及扫描环境都有比较严格的要求。在三维数据采集及处理过程中,需要保持三维数据的真实性及完整性,所以要根据具体的文物选择合适的三维扫描设备。

1 三维信息获取技术分类

物体三维信息获取技术关键在于如何快速获取物体的立体信息,各类装置的根本区别也在于此。随着计算机视觉技术的发展,大量三维信息获取技术在近几十年里不断涌现出来。许多文献对于三维信息获取的方法和原理都进行了详细的描述,见文献[3,4]。三维扫描技术主要分为接触式和非接触式,具体分类见图1。其中,光学式三维扫描技术是目前使用最广泛、

收稿日期:2009-01-16;修回日期:2009-03-12

基金项目:国家自然科学基金(60736008)

作者简介:吴玉涵(1983-),女,辽宁凤城人,硕士研究生,研究方向为计算机图形学、图像处理;周明全,博士生导师,教授,研究方向为计算机图形学、数字图像处理、科学计算可视化。

应用最多的三维扫描技术。光学式扫描技术又可以再分为主动式和被动式两大类,详细分类见图 2。

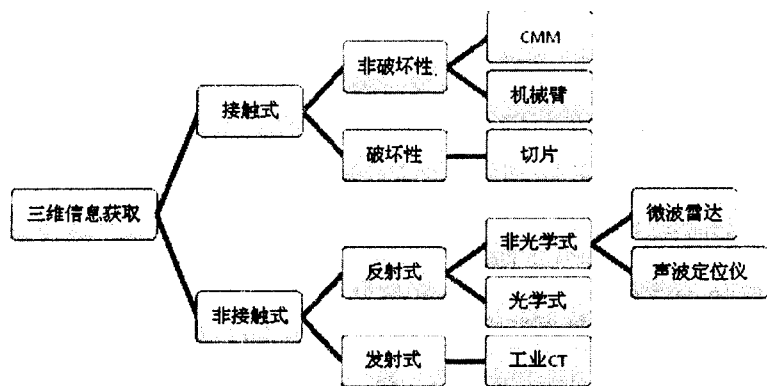


图 1 三维扫描技术分类^[5]

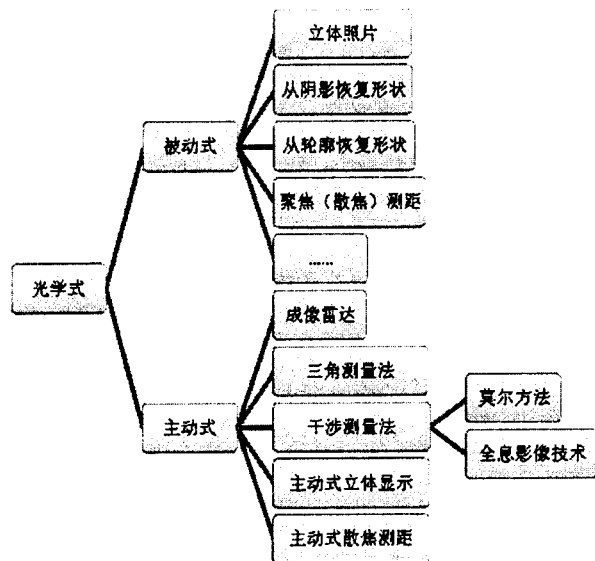


图 2 光学式三维扫描技术分类^[5]

按照所使用的三维扫描技术的不同,三维扫描系统可以进行不同方式的分类。按照是否接触被测物体,三维扫描系统可以分为接触式和非接触式两类;按照扫描使用的介质,可以分为激光扫描系统和非激光扫描系统;按照扫描范围大小,可分为大场景扫描系统和普通扫描系统;按照扫描系统是否同时获取纹理信息又可分为普通三维扫描系统和彩色三维扫描系统。由命名方法可知,接触式扫描仪在扫描过程中需要接触物体,而非接触式不需要接近物体,在对文物进行三维扫描时,接触文物是被禁止的,所以在文物三维数字化应用中,主要使用非接触式三维扫描系统。再根据文物的大小选择精度和扫描视场合适的三维扫描系统,比如,针对一般的文物可以选择普通的三维扫描系统,而针对一些古建筑等较大的文物数字化任务,则需要采用大场景的三维扫描系统。在文物的数字化过程中,文物模型的表面材质非常重要,需要在记录文物三维信息的同时,记录文物的表面纹理信息,彩色三维扫

描系统满足了这种需求,减少了文物数字化的工作量。

2 Inspeck 彩色三维扫描系统在文物保护中的应用

Inspeck 公司在三维数字化仪器的研究方面已经有 10 余年的历史。Inspeck 彩色三维扫描系统是较早将采集物体材质加入到扫描系统中的设备,近年来该系统也得到了改进与完善。我们所使用的 Inspeck 三维扫描系统,扫描精度为 0.4mm,扫描时间为 0.4s。系统配置了功能相对完善的前后期模型处理软件 Inspeck FAPS 和 Inspeck EM,其功能主要包括:三维扫描系统数据采集控制、模型间的交互式拼接、模型的交互式编辑、模型的简化和标准数据格式输出等,以适合各种模型需求。

Inspeck 彩色三维扫描系统除了能获取文物的三维模型,还能得到文物真实的表面纹理,适用于文物的数字化及虚拟展示。

2.1 Inspeck 彩色三维扫描系统结构和特点

Inspeck 彩色三维系统是一种基于主动光学原理,使用莫尔条纹方法的测量设备。该系统属于非接触式三维扫描系统。该系统的测量原理要求被测量物体的表面必须能很好地对扫描系统产生的光线进行漫反射。理想的反射面为非常光滑和非透明的物质。实际上,只要在扫描的时候,用户肉眼可以看清投射在物体表面上的黑白相间的纹理,那么系统就能很好地对该物体进行测量。Inspeck 扫描系统在获取物体的三维几何形状时,使用黑白相间的光栅条纹投射在物体的表面,并在扫描过程中移动。系统中的传感器在获取视景中物体上特定一点的空间信息的同时也负责获取该点的颜色信息,即纹理信息,就像对物体进行三维照相一样^[6]。与激光三维扫描系统不同,Inspeck 扫描系统使用自然光来获取物体的模型信息,一次扫描可以同时获取物体表面点的空间信息,而激光扫描系统一次扫描只能获得一个激光点或者一条激光线的三维数据信息。

2.2 兵马俑头部扫描主要步骤

使用 Inspeck 扫描系统对文物兵马俑进行三维数据采集,可以在获取完整的三维数据的同时,获得逼真的表面纹理,扫描系统自动完成纹理映射操作^[7-11]。

(1) 扫描及模型预处理。

在进行扫描之前,需要对扫描系统进行配置。由于 Inspeck 彩色扫描系统自带光源发出的光线偏黄色,而文物模型对纹理材质的真实性要求很高,所以不能

使用系统自带光源照射下所拍摄的照片作为文物纹理。为了获得真实的纹理信息,Inspeck 彩色扫描系统可以在自然光条件下进行扫描,将自然光条件下拍摄的照片作为模型的纹理,从而真实地再现了模型表面纹理信息。扫描系统每次扫描只能获取模型一个侧面的三维信息。为获取兵马俑头部完整的三维信息,需要对模型进行 10 次扫描,分别为侧面 8 次,顶部和底部各 1 次。两次相邻扫描的模型间需要一定的信息重叠,以便进行模型的拼接操作。在扫描过程中,使用 Inspeck FAPS 软件进行扫描设置和控制。

扫描完成以后,使用 Inspeck FAPS 软件进行模型的预处理,将扫描空间中非目标物体的数据信息删除。然后将生成的三维模型导入 Inspeck EM 软件,继续模型的拼接和生成材质等进一步的处理。

(2) 模型拼接和修正。

扫描得到各个侧面的模型之后,需要对侧面模型进行拼合和完善处理。Inspeck EM 软件在进行模型拼接时,需要在两个待拼接模型上手工标定 3 至 6 对参考点,根据这些参考点进行模型的校准拼接。Inspeck EM 软件提供了模型编辑的基本操作,如补洞、平滑等操作。

(3) 生成材质。

兵马俑头部模型编辑完毕,下一步是进行材质的生成和编辑。Inspeck EM 提供了两种材质生成方法,分别为 Cylindrical 和 Cubic 方法。使用 Cylindrical 方式生成的材质如图 3(左)所示。这种方法对于类似圆柱形物体的材质生成,有较好的效果。使用 Cylindrical 方式得到的兵马俑头部模型的侧面纹理比较真实,但是对于兵马俑头部模型的顶部和底部所生成的材质存在拉伸问题如图 3(右)所示,不能如实地反应文物表面的纹理信息。Inspeck EM 提供的另一种材质生成方式 Cubic 所生成的材质如图 4 所示。这种材质生成方式可以完整地保留兵马俑头部的纹理信息,不会出现 Cylindrical 材质生成方式所产生的拉伸问题,真实

再现了文物的原貌。

Inspeck EM 软件的一个缺点是:在导出模型和模型纹理时,不能保存相对应的贴图坐标。如果在其他环境(如 3D MAX Studio)中显示该模型,需要对模型重新进行纹理映射。Cylindrical 方式生成的模型材质导出后,所得到的纹理图片可以方便地用于其他模型编辑软件,进行模型的纹理映射。但是使用 Cubic 方式生成的纹理贴图不适宜在其他模型编辑软件中使用。Inspeck EM 的模型导出格式中包括 VRML 文件格式,缓解了这个问题。VRML 格式文件可以将模型上每个顶点的颜色信息记录下来,在显示时可以再现真实的纹理信息,从而不需要进行二次纹理映射。



图 4 使用 Cubic 方式生成的表面材质

处理完成的兵马俑模型如图 5 所示。Inspeck 系统扫描生成的数字兵马俑头部模型,保持了模型原有的特征,并且真实地表现出文物的原貌。该模型可以用于数字博物馆的虚拟展示等。

2.3 小 结

虽然 Inspeck 彩色三维扫描系统在获取文物边界部分数据时,得到的文物模型数据不够精确,不能真实地反映出文物边界轮廓的变化,并且在摄像系统标定

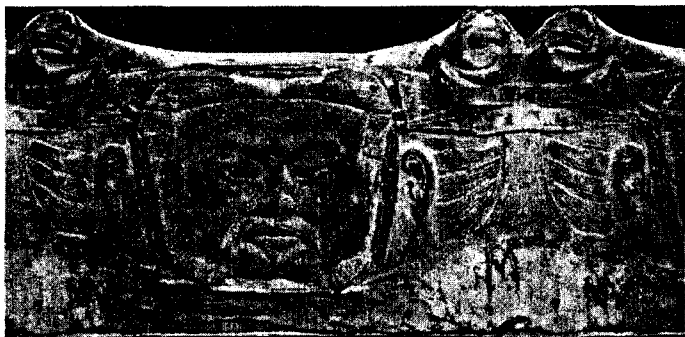


图 3 使用 Cylindrical 方式生成表面材质:材质展开图(左)、该材质映射到模型上的效果(右)



图 5 扫描结果图

等方面还存在一定的缺陷^[12],但是,在相对完整的文物的虚拟展示方面,Inspeck 彩色三维扫描系统提供了简单、便捷的获取虚拟文物的方法,并且相对于其他扫描系统自带的处理软件,Inspeck 系统所提供的模型处理和编辑软件功能强大且操作简单,使得该扫描系统足以适用于针对文物虚拟展示要求的文物数字化工作。

3 结束语

由于文物种类繁多,规模尺寸不一,表面形状复杂,所以不存在一种可以适用于所有文物数字化工作的扫描系统,必须根据具体的应用,选择具有合适扫描精度和扫描范围的三维扫描系统。比如,使用高精度的扫描系统扫描模型复杂、尺寸较小的文物;使用大场景扫描系统扫描古建筑等大型文物。由于三维扫描技术的限制,尚不存在可以扫描高反光和透明的文物的三维扫描系统,只能采用其他的三维重构技术完成文物模型的创建。

参考文献:

- [1] Levoy M, Pulli K. The Digital Michelangelo Project: 3D scanning of large statues [C]//Siggraph' 2000. [s. l.]: ACM Press, 2000.
- [2] 徐 虎. 虚拟现实技术应用于故宫文物保护[J]. 文化遗产, 2004(3): 79-81.

(上接第 159 页)

表 3 DCT 域水印算法在锐化和剪切攻击下的参数值

攻击方式	剪切左上角 1/16	拉普拉斯锐化
PSNR	16.9829	21.9891
NC	0.9486	0.9974

4 结束语

给出一种基于 DCT 变换的数字图像盲水印嵌入算法,实验表明具有很强的鲁棒性。但也存在不足:

(1)原始水印图像很小,所以经过位扩展,嵌入多个版本的水印后仍有很好的不可见性,但是如果原始水印图像很大,经过位扩展,嵌入多个版本的水印后可见性就很差。

(2)该算法如果放到实际应用中,可能还要增加一些在具体应用中会碰到的鲁棒性实验,如若抗攻击能力达不到要求,那么该算法还要有针对性的改进。

参考文献:

- [1] 杨义先,钮心忻. 数字水印理论与技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2006: 1-196.

- [2] 陶 立,孙长库,何 丽,等. 基于结构光扫描的彩色三维信息测量技术[J]. 光电子·激光, 2006, 17(1): 111-114.
- [3] 刘 晨,费业泰,卢荣胜,等. 主动三维视觉传感技术的研究[J]. 半导体光电, 2006, 27(5): 618-623.
- [4] Rocchini C, Cignoni P, Montani C. A low cost 3D scanner based on structured light[J]. Computer Graphics Forum, 2001, 20(3): 299-308.
- [5] 冯秋峰,任秋实,李万荣. Inspeck 成像扫描仪的三维成像技术[J]. 激光与光电子学进展, 2006(43): 40-43.
- [6] InSpeck Inc. InSpeck FAPS Fringe Acquisition and Processing Software Version 6.0 User's Guide[R]. Canada: InSpeck Inc, 2002.
- [7] InSpeck Inc. InSpeck FAPS Fringe Acquisition and Processing Software Version 6.0 Tutorial[R]. Canada: InSpeck Inc, 2002.
- [8] InSpeck Inc. InSpeck EM 3D Modeling, Editing and Merging Software Version 4.0 User's Guide[R]. Canada: InSpeck Inc, 2002.
- [9] InSpeck Inc. InSpeck EM 3D Modeling, Editing and Merging Software Version 4.0 Tutorial[R]. Canada: InSpeck Inc, 2002.
- [10] InSpeck Inc. InSpeck EM 3D Modeling, Editing and Merging Software Version 4.0 Advanced Features Tutorial[R]. Canada: InSpeck Inc, 2002.
- [11] 樊少荣,周明全,姬利艳. 考古文物的数字化过程研究[J]. 微机发展(现更名: 计算机技术与发展), 2004, 14(12): 21-23.
- [12] 王炳锡,陈 琦,邓峰森. 数字水印技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2003: 7-8.
- [13] Deng F, Wang B. A novel technique for robust image watermarking in the DCT domain[C]//IEEE International Conference Neural Networks & Signal Processing. Nanjing, China: [s. n.], 2003: 1525-1528.
- [14] Wu J, Xie J. Adaptive image watermarking scheme based on HVS and fuzzy clustering theory[C]//IEEE International Conference Neural Networks & Signal Processing. Nanjing, China: [s. n.], 2003: 1493-1496.
- [15] Chen L, Lin J. Mean quantization based image watermarking[J]. Image and Vision Computing, 2003, 21: 717-727.
- [16] 王银花,柴晓东,周成鹏,等. 基于分数傅里叶变换的盲数字水印算法[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(1): 168-170.
- [17] 李传目,洪联系,万 春. 基于混沌序列的图像分块加密方法[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(8): 51-54.
- [18] 张兆礼,赵春晖. 现代图像处理技术及 MATLAB 实现[M]. 北京:人民邮电出版社, 2005.