

移动增强现实系统的关键技术研究

林 惊 杨 珂 王涌天 刘 越

(北京理工大学 信息科学技术学院, 北京 100081)

摘 要 针对传统的增强现实系统在使用范围和可操作性等方面的局限性,首先介绍了一种基于移动便携设备的户外移动增强现实系统,并且分析了其主要的关键技术,然后重点阐述了该系统的体系构架和用于移动便携设备的3维图像渲染技术,通过北京圆明园部分场景的增强现实的实验结果表明,该移动增强现实系统不仅具有较强的实用性和可行性,并且还显示该移动增强现实技术具有广泛的应用前景和巨大的商业价值。

关键词 增强现实 移动增强现实 Java3D

中图法分类号:TP391.9 文献标识码:A 文章编号:1006-8961(2009)03-0560-05

Key Issues Study for Mobile Augmented Reality System

LIN Liang, YANG Ke, WANG Yong-tian, LIU Yue

(School of Information Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

Abstract The paper presents the framework and key technique of a MAR system in allusion to the restriction in working range and operability of general MAR system. Then the author emphasize the framework and advantages in mobile application of Java3D which is an image rendering technique used in MAR system. Finally the feasibility of the MAR system in the paper is validated with experiments. Moreover, the wide area application perspective and its potential commercial value are also expected.

Keywords augmented reality, mobile augmented reality (MAR), Java3D

1 引 言

增强现实(AR)是近年来国际上在虚拟现实(VR)技术的基础上发展起来的新兴的研究领域,增强现实综合了光电成像、融合显示、多传感器、计算机图形、图像处理、计算机视觉等多门学科,是一种用计算机产生的附加信息对真实世界的景象进行增强或扩张的技术^[1]。增强现实系统的使用者可以在看到周围真实环境的同时,还能看到计算机产生的增强信息,这种增强信息可以是在真实环境中与真实物体共存的虚拟物体,也可以是与存在的真

实物体有关的非几何信息^[2]。

增强现实技术在医疗、文化、科研、教育、工业、国防等领域具有广泛的应用前景。美国波音公司研制了辅助接线系统,先通过计算机视觉技术来识别导线颜色和接线柱位置,然后利用透射式头盔显示器自动指导工人连接飞机上的电子线路,大大提高了生产效率;美国海军正在研制战场增强现实系统(BARS),以便利用基于该技术的单兵综合作战系统,使指战员能够准确迅速地获取各种战场信息^[2]。这些应用充分展示了增强现实技术的广泛应用前景,与此同时,在增强现实技术基础上发展起来的移动增强现实技术也开始引人注目。

基金项目:国家高技术研究发展计划(863)项目(2006AA01Z339);国家自然科学基金委员会与微软亚洲研究院联合资助项目(60673198)

收稿日期:2007-01-15; **改回日期:**2007-09-11

第一作者简介:林 惊(1981~),男。北京理工大学信息科学技术学院博士研究生,曾在美国加州大学洛杉矶分校(UCLA)作为访问学者工作一年(2006-08~2007-05)。主要研究领域为物体目标识别、场景理解,以及增强现实技术与应用。E-mail:linliang@bit.edu.cn

随着移动计算机设备和网络技术的急速发展,虚拟现实技术和增强现实技术在网络和各种移动设备上的研究和应用也日益广泛。移动增强现实(MAR)^[3-4]是国外刚刚出现的一项新技术,其目标是将增强现实技术有效地应用于移动设备终端,以便使增强现实技术应用于更加广泛的领域。

目前的小型移动设备,如掌上电脑(PDA)、智能手机(SP)已经具备了接近普通PC机的运算能力,并且集成了增强现实系统需要的各种相关技术和模块。因此移动设备能够使虚拟现实和增强现实系统脱离体积庞大的普通PC机、摄像设备、头盔显示器(HMD)的限制,通过特定的形式在特定的环境中展现出亦真亦幻的增强现实场景。

在过去较长的一段时间内,尽管可移动设备上的图像图形技术一直备受瞩目,但是由于没有形成一定的硬件和软件规范,因而造成该项技术发展缓慢,远远没有与PC机上一日千里的图形技术同步发展。近几年,随着SUN公司的Java3D技术的出现和发展,这一情况得到了很大的改善。通过Java3D,能够在移动设备上进行高质量和高效率的图像图形编程,从而使在移动设备上,借助于Java3D实现增强现实系统成为可能。

本文提出了一种用于户外的移动增强现实系统,并且分析研究了其主要的关键技术,其中包括系统体系构架和图形渲染技术。现已将其试验性地应用于北京圆明园大水法周围场景,成功实现了在移动便携设备上的增强现实。

2 移动增强现实体系构架

增强现实系统的特点是能够利用融合显示、多传感器、计算机视觉等技术对真实场景和事物进行扩展和增强。因此该系统主要由摄像与处理系统、注册定位系统、融合渲染系统与立体显示系统等几个关键部分组成。其中摄像与处理系统主要是通过图像采集设备获取真实场景,并通过一定的算法降低噪声;注册与定位系统是通过硬件或者软件计算出观察者当前的位置和姿态,这是目前国内外研究的热点;融合渲染系统是在获得观察者精确注册信息后,对虚拟景物根据注册信息进行渲染,并且无缝结合到真实场景中;最后再通过立体显示设备输出,使观察者“浸没”在增强后的场景中^[4]。

目前所应用的增强现实系统的硬件主要包括图

形工作站、计算机、摄像头、头盔显示器和硬件跟踪设备等。其中摄像头和硬件跟踪设备安装在观察者的头部,用于采集真实场景图像和提供环境注册信息,同时由图形工作站和计算机协同完成注册定位计算和融合渲染工作(如图1(a)所示)。



(a)传统的增强现实系统

(b)移动增强现实系统

图1 增强现实系统示意图

Fig. 1 Illustration of AR system

基于此构架的增强现实系统在使用和操作上有一定的局限性,如成本高、易损坏以及难以维护等致命缺点导致其难以在实验室以外的环境中应用,但在一些对系统实时性和显示效果要求较低的应用场合,仍可以利用小型移动设备和图像图形引擎来实现移动增强现实系统^[5]。在一些已损毁的古迹游览中,用户通过在移动设备,如在掌上电脑、手机等上安装特定的软件,在一些特定的位置将移动设备的摄像头对准古迹废墟,就能够在移动设备的显示屏上看到无缝叠加在废墟场景上的精美古迹原景,从而极大地增强了用户游览的乐趣(如图1(b)所示)。

现有的移动设备已经具备了高性能的计算能力、图形处理能力、海量的存储能力和高质量显示效果,常见的移动设备的CPU工作频率已经达到了500 MHz左右,其已能够利用一些多媒体存储卡将存储空间提升至1 G以上,并且具备了26万色、分辨率达320×240以上的显示屏幕。除此之外,主流移动设备都内置了3M pixels以上的可变焦CCD/CMOS摄像头,同时集成了如红外通讯接口技术和蓝牙无线接口等高速无线通讯网络设备,在一些高端的移动设备中,还内置了与通讯基站协同工作的GPS定位设备。因此移动设备已经能够作为增强现实技术的硬件平台,能够高效而稳定地工作。移动增强现实系统(MARS)一个基本框架如图2

所示。

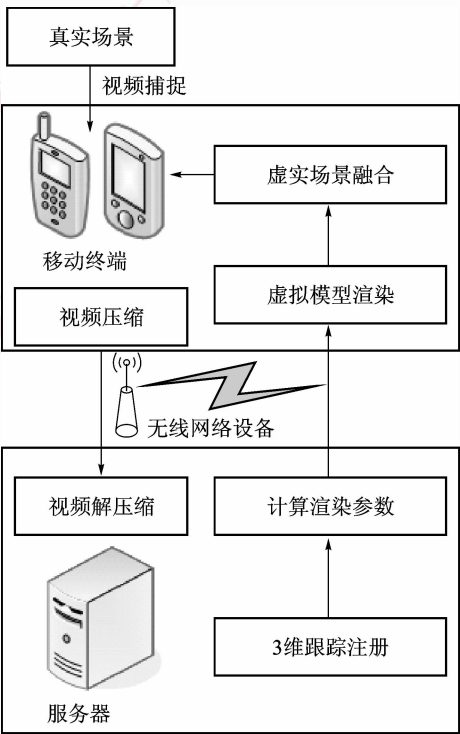


图 2 移动增强现实系统架构
Fig. 2 Architecture of MAR system

系统架构采用客户端/服务器模式（如图 2 所示），移动终端设备作为客户端，用于在存储设备上存储虚拟 3 维模型。系统工作时，移动终端先通过摄像头捕捉真实场景视频；然后通过无线网络传送给服务器，服务器端在得到真实场景图像后，再结合其他跟踪注册设备即可实现 3 维跟踪注册，并且根据 3 维跟踪注册结果，先计算出虚拟模型的渲染参数，再将渲染参数通过无线网络连接传给移动终端，同时移动终端根据渲染参数，利用 Java3D 技术进行虚拟场景渲染绘制，以及将虚拟场景叠加到真实场景视频，以进行虚实融合；最后将增强后的场景图像通过用户界面显示在移动终端。此外，还需要利用视频压缩/解压缩算法缓解无线网络带宽压力。

3 基于 Java3D 的图形渲染

Java3D^[6]作为 Sun 公司推出的面向网络的 3 维图形图像 API 和借助于 Java 语言本身强大的网络功能以及独立于硬件和操作系统的虚拟机技术，完

全能够满足移动增强现实系统中的环境渲染和图像处理的要求。基于 Java3D 开发的渲染引擎效果如图 3 所示，它具有如下特有的优势：

（1）Java3D 秉承了 Java 的一切优点，例如，①具有优秀的、丰富的 UI（Swing、AWT）和 Web 发布能力；②独立于系统平台，可一次编译，随处运行；③有丰富的类库支持，相比于现在流行的 VRML 语言，Java3D 的功能和可编程性更强。

（2）功能强大，方便高层次开发。由于 Java3D 在底层封装了强大的 OpenGL、DirectX 等图像图形 API，因此开发者不再需要负责基本图形单元的渲染、碰撞检测等繁杂的编程任务。

（3）Java3D 能并行着色，并能自动进行着色过程的优化，拥有高效的流水线方式和具有自动利用硬件的加速功能，还能对场景进行预编译，以提高效率。

（4）Java3D 的代码具有可传输性，这使得用来生成虚拟场景的小巧的 applet 可以方便地通过 Internet/Intranet 在客户端运行。

（5）与虚拟现实等相关设备的无缝结合。Java3D 提供了对跟踪设备的 6DOF 数据信息进行访问的能力，它还定义了一组输入设备接口，使跟踪系统供应商和开发人员能够用这个接口开发基于特定跟踪设备的应用，并可以对跟踪数据进行优化和预测。

一个使用 Java3D 的渲染结果如图 3 所示，其对纹理细节和光照阴影的表现力是非常突出的。



图 3 基于 Java 3 维渲染引擎效果
Fig. 3 Java3D-based rendering results

4 实验与分析

基于前文提出的移动增强现实系统,本文针对北京圆明园中的部分场景进行了增强现实实验。本实验选取的相关硬件设备如表 1 所示。

表 1 硬件设备列表
Tab. 1 Hardware list

设备名称	参数描述
PC	CPU:奔腾 4 3.0G
	内存:2GB DDR RAM
	操作系统:Microsoft Windows Mobile 2003
	显示接口:VGA640×480 分辨率,半穿透式 LCD 彩色屏幕
华硕 A730W Pocket PC	
无线网络接入设备	11Mbps IEEE802.11b 协议

笔者采用基于 FFT 图像匹配的算法在服务器端完成关键的注册标定^[7-9],即先在服务器上构造一个图像数据库,用于存储真实场景图像,并将其作为参考图像;然后在系统工作时,将当前场景图像与参考图像进行匹配,从而计算出当前场景的注册信息,再将得出的虚拟模型渲染参数传给作为移动终端的 PDA;最后在 PDA 上进行渲染、融合并且显示,而使用者的粗略方位则由差分式 GPS 设备提供^[10],同时根据使用者的粗略方位确定图像数据库中的参考图像。

在户外的一个固定位置,预先拍摄若干幅清晰,且视角角大,亮度高的图像作为参考图像存入图像数据库,图 4 是北京市历史文物古迹圆明园中的著名景点大水法的图像,可将其作为参考图像;此外还需要将场景的虚拟 3 维模型预先存入 PDA 的存储



图 4 参考图像
Fig. 4 Reference image

器中。
使用者在圆明园大水法周围,先用 PDA 摄入大水法真实场景(如图 5 所示),然后通过移动增强现实系统,就可以在 PDA 中看到“亦真亦幻”的增强显示后的圆明园大水法。但是局限于目前采用的注册定位算法,本系统尚不能取得实时显示的效果。



图 5 真实场景和增强效果
Fig. 5 Real scene and augmented reality

实验中,整个系统的运行步骤极以及各步骤所占时间示意如图 6 所示,表 2 为各步骤时间的实测值。

表 2 系统各步骤耗时分析
Tab. 2 Time consuming analysis for every step

运行步骤	运行时间(ms)	占总时间的百分比(%)
摄像机图像读取	161	23
图像格式转换	8	1
注册跟踪(PC)	200	29
背景图像显示	6	1
3 维渲染	15	2
图像网络传输	300	44

由实验结果可知,在高性能服务器和粗略定位设备的基础上,使用高端的 PDA 来实现本文所述的移动增强现实系统是完全可行的,并且随着增强现实技术的飞速发展,目前的瓶颈注册定位技术也会日渐稳定和完善,因此移动增强现实的系统结构将会更加简单而高效。

5 结 论

尽管移动增强现实的研究和应用才刚刚起步,

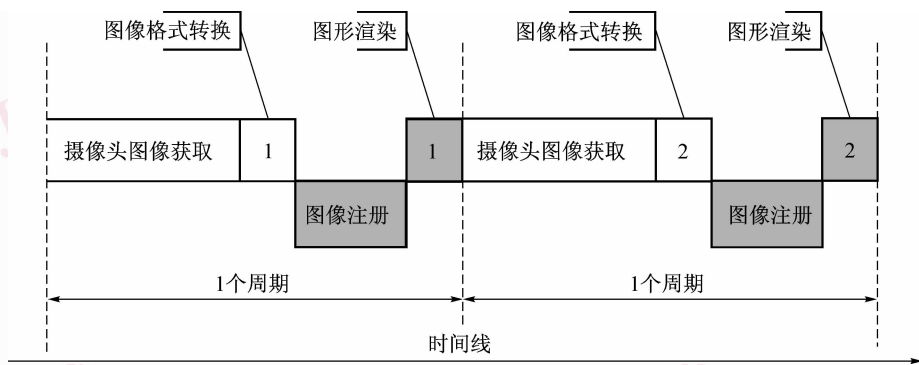


图 6 PDA/服务器交互时间示意图

Fig. 6 PDA/Serve Interactive

目前还存在一些硬件、软件问题,但通过本文的分析和讨论可知,移动增强现实具备巨大的市场潜力和广泛的应用前景。

在室内环境的应用中,可以先在特定的位置存放标志点,然后通过移动设备的摄像头摄入图像,最后将基于视频分析的注册定位方法,用来实现诸如增强装配、增强维修等复杂的室内作业。此外,基于真实环境的各种增强游戏也是移动增强现实的重要应用。在结合目前日益发展的通讯技术如移动增值业务、GPS 技术等之后,还可以更好地发挥移动增强现实的特点,开发出形式多样的各种娱乐性产品。在进一步发展移动设备硬件的性能和完善注册定位技术的基础上,移动增强现实还可以在医学、精密工业等限制条件更加严格的行业中应用。

在室外环境中,移动增强现实最重要的应用就是地理信息系统(GIS),其借助于 GPS 信息和远距离通讯,就可以完成重要的勘测、寻路等重要工作。此外,改善户外旅游的古迹数字重现也是移动增强现实技术的一个很有意义的應用。

参考文献 (References)

1 Chen Jing, Shi Qi, Wang Yong-tian. Augment reality and its application [J]. Computer Engineering and Applications, 2001, 37(21): 55-57. [陈靖,施琦,王涌天. 增强现实技术及其应用 [J]. 计算机工程与应用,2001,37(21): 55-57.]
2 Azuma R, Baillot Y, Behringer R, et al. Recent advances in augmented reality[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2001, 21(6):34-47.

3 Höllerer T, Feiner S, Terauchi T, et al. Exploring MARS: Developing indoor and outdoor user interfaces to a mobile augmented reality system [J]. Computers and Graphics, 1999, 23 (6): 779-785.
4 Wang Yong-tian, Lin Liang, Liu Yue, et al. Outdoor augmented reality and its application in digital reconstruction of Yuanmingyuan [J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2005,20(2):76-80. [王涌天,林惊,刘越等. 亦真亦幻的户外增强现实系统——圆明园的数字重建[J]. 中国科学基金,2005,20(2):76-80.]
5 Steven Feiner, Blair Macintyre, Tobias Höllerer, et al. A touning the machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment [J]. Personal and Ubiquitous Computing, 1997, 12-1(4):208-217.
6 Sowizral Henry A, Deering Michael F. The Java 3D API and Virtual Reality[M]. Palo Alto,CA,USA:Sun Microsystems, 1999.
7 Lin Liang, Liu Yue, Zheng Wei, et al. Registration algorithm based on image matching for outdoor AR system with fixed viewing position [J]. IEE Proceedings Vision, Image & Signal Processing, 2006, 153(1):57-62.
8 Lin Liang, Wang Yong-tian, Liu Yue, et al. Outdoor registration method based on image matching [J]. Journal of Image and Graphics, 2005,10(9): 1146-1151. [林惊,王涌天,刘越等. 基于图像匹配的户外环境注册算法 [J]. 中国图象图形学报, 2005, 10(9), 1146-1151.]
9 Reddy B, Chatterji B. An FFT-based technique for translation, rotation, and scaleinvariant image registration[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1996, 5(8): 1266-1271.
10 Liu Yue, Wang Yong-tian, Li Yu, et al. Key issues for AR-based digital reconstruction of Yuanmingyuan garden [J]. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 2006, 15(3):336-340.