

文章编号:1671-8860(2007)11-1046-04

文献标志码:A

户外增强现实地理信息系统原型设计与实现

杜清运^{1,2} 刘 涛¹

(1 武汉大学资源与环境科学学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)

(2 武汉大学地理信息系统教育部重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)

摘 要:探讨了户外增强现实技术与移动地理信息系统相结合的模式,设计了户外增强现实地理信息系统的总体框架,重点研究了三维注册等若干关键技术,并实现了一个原型系统。

关键词:增强现实;移动计算;图像注册;户外增强现实地理信息系统

中图法分类号:P208

增强现实(augmented reality,AR)是一种通过将计算机产生的图形、文字注释等虚拟信息有机地融合到使用者所看到的真实世界景象中,对人的视觉系统进行景象增强或扩张的技术^[1,2]。研究 OARGIS(outdoor augmented reality geographic information system)的目的是利用正在迅速兴起的移动计算(mobile computation)技术,结合 AR 技术实现基于穿戴式计算机的地理信息系统。该系统除了能够满足传统的空间信息显示、查询、分析等功能外,更重要的是,它一方面是移动系统,能够使用户随时随地享受基于位置的服务;另一方面,又可以将实际观察到的景观与空间数据库中存储的各种可见及非可见的虚拟信息结合起来,满足实时、实地的多种应用目标。

OARGIS 的意义在于将移动计算和增强现实的技术应用到传统的空间信息服务中,改变传统的基于位置的服务机制,使作为主体的人、作为客体的真实世界以及经由网络传输的数字世界三者无缝地结合起来,实现不受任何时间和空间局限的互动,从而改变人与数字世界、人与真实世界的交互模式,为基于空间的作业系统如导航、数字战场、野外采样、物流管理、智能交通、旅游、娱乐等提供全新的作业模式。

移动计算和增强现实在最近十年内发展很快。在硬件方面,全世界已经有包括 IBM、MicroOptical、Xybernaut 在内的超过 100 家公司生产移动计算相关的产品,如带 LCD 显示器的眼

镜、头盔显示器(HMD)、手执微型键盘、手执鼠标、声控输入设备等。在应用系统开发方面,美国麻省理工学院、哥伦比亚大学等都在医学、工业等各个移动计算和增强现实领域进行应用系统的开发工作。在地理界,美国爱荷华州立大学和加利福尼亚大学美国地理信息与分析中心(NCGIA)合作为 NASA 和联邦统计机构进行一项名为 Batutta 的计划,旨在研制一套专为地学野外采样使用的移动作业系统,包括地理环境与地理信息系统在无线移动环境中的集成以及穿戴式计算机、便携计算机、PDA 和台式服务器的联合使用^[3]。

1 增强现实地理信息系统设计

增强现实系统的硬件通常由移动计算设备、交互输入设备、图像输出设备及其他附属设备构成,其中,头盔作为显示系统是实现虚实图像结合的关键环节,用户通过它既可以看到外部的真实场景,又可以看到计算机生成的虚拟景物,虚拟信息和真实场景经由图像注册和融合最终显示给用户。

由于移动计算和增强现实的特殊性,在设计户外增强现实地理信息系统时,要充分考虑设备和应用模式方面的独特需求和应用模式。总的来看,该系统有以下一些特点:移动特性,指系统通常是在移动的过程中使用,独特的显示方式(经

收稿日期:2007-09-26。

项目来源:国家教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目(NCET-04-0666);国家 863 计划资助项目(2006AA12Z202)。

由头盔或带 LCD 显示器的眼镜)、单手可操作的键盘或鼠标等均是配合移动中的使用方便,声音、姿势等多通道交互模式也被采用,以加强其移动特性的发挥。多维特性,指系统以三维数据处理和显示为主,因为虚拟信息需要和真实三维场景相匹配。实时特性,虚拟信息和真实场景的匹配是在移动过程中实时进行的,人的位置移动或姿态改变都会导致视场的改变,从而要求虚拟信息的显示同步改变。

1.1 系统模块与结构

根据需要,系统共包含以下主要模块:位置与姿态数据模块、视频处理模块、三维处理模块、虚实融合输出模块、数据管理模块、网络传输模块及场景控制模块等。

1) 位置与姿态数据模块的主要功能是读入 GPS、电子罗盘及飞行摇杆控制数据。GPS 及电子罗盘获取的六自由度数据在系统中将实时再现人在地理场景中的位置和姿态,结合 GIS 数据可以计算出人的视域范围内所包含的信息,并通过三维方式表达出来。

2) 视频处理模块主要是 CCD 视频获取和预处理,CCD 获取的真实影像通过该模块实时显示在显示设备上。这里直接使用 AR Tool Kit 的视频处理动态链接库。

3) 三维处理模块直接用 OpenGL 函数来绘制简单的三维图形,以代替真实地理环境中的地物。为了能构建逼真的三维地物,系统引用三维建模模块来实时渲染虚拟物体,以和真实场景融合。

4) 虚实融合输出模块就是把计算生成的三维物体通过三维图像注册融合到现实场景的视频中,使真实场景和虚拟三维地物融为一体,形成虚实结合的增强现实场景。

5) 数据管理模块负责管理和调度空间数据库中的各类地理数据,这些地理数据在需要时可以可视化,并融合到真实场景中去。

6) 网络传输模块负责链接系统的服务端和客户端,并交换信息。充分利用无线网络对移动计算的支持,通常可以采用一个移动中心服务器(如一台具有无线通信能力的便携计算机),然后通过无线局域网支持多台流动计算设备,以实现系统的移动应用及多客户端支持。

7) 场景控制模块。虚拟物体与真实场景进行配准,即三维图像注册;根据当前现场场景决定从数据库中提取哪些信息和显示哪些内容;控制和维持人机界面;实现可视状态下对虚拟物体空

间和属性数据的实时控制;按一定的频率维持系统的主循环。

1.2 场景控制

AR 系统所要求的实时性在场景控制中得以体现。由于系统是以视频形式输出最终场景的,这要求所有的系统活动都要在一个循环内完成。要使系统输出具有流畅的画面,不破坏合成场景的真实感,系统循环频率最少要 15 帧/s。在场景控制的每一次循环,系统都要完成以下工作流程:

先由摄像头获取视频场景,以代替人的眼睛直接看到场景; 获取 GPS 和 3D 罗盘的数据,并依据这两者的数据建立相机坐标系与世界坐标系下的转换矩阵; 根据相机的视角(或称相机的取景特性)特性,建立相机坐标系下的视域范围(取景范围); 将取景边界转换成对应于世界坐标系下的 (X_w, Y_w, Z_w) 表示,即取景约束条件;

判断虚拟物体的坐标与取景约束条件的关系,若虚拟物体在取景范围内,则转入步骤 ,否则转入步骤 ; 进入虚实融合模块,对虚拟物体进行场景渲染; 输出合成图像; 获取下一帧,转入步骤 。

1.3 数据管理

数据管理由 C/S 结构的服务器端执行。服务器将为客户端通过移动网络提供 GIS 数据、虚拟物体及相关属性数据。空间分析功能也将由服务器端执行,然后将执行结果传送到客户端。

图 1 是数据服务器端显示的一幅地图。通过模拟人的当前视野对视域(扇形区域)的地物进行自动搜索。扇形区域内的地物增强信息(包括虚拟三维地物、地物名称及其他相关属性)将被传送到客户端进行显示。

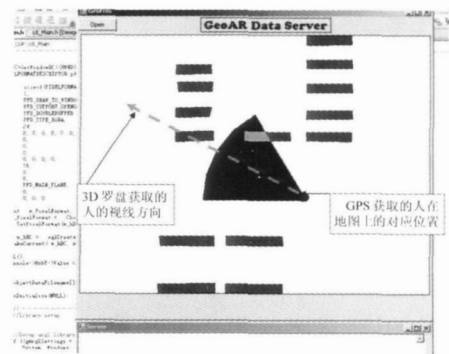


图 1 按视域扫描显示地物

Fig. 1 Scan for Geo-object to be Displayed According to Viewshed

1.4 图像注册

三维注册的实质是建立虚拟物体与真实环境

之间的几何相对关系,并在用户的视野中实时、无缝地显示这种关系。

1.4.1 位置及姿态跟踪

位置和姿态跟踪分为基于图像识别的和基于传感器的两类,这两类又各包含了很多种不同的方法。由于 GIS 只在较大尺度地理范围有意义,这决定了系统的三维注册不可能使用小尺度室内三维注册的方式,而必须使用适合大尺度范围的户外三维注册方式。这里设计使用 GPS 结合三维电子罗盘传感器(图 2)的方式来获取位置和姿态跟踪数据。

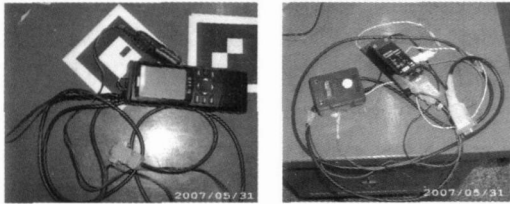


图 2 Garmin GPS 及 HMR3000 三维电子罗盘

Fig.2 Garmin GPS and HMR 2000 3-D Digital Compass

1.4.2 图像注册方法

如图 3 所示,xyz 表示绝对空间坐标系(世界坐标系); 表示虚拟物体坐标系,此坐标系用来对所添加的虚拟物体进行几何描述; x y z (左手坐标系)表示观察者坐标系(摄像机坐标系),此坐标系的 oz 轴与观察者视线方向重合; uv 是一个二维坐标系,表示投影图像坐标系,垂直于 oz 轴投影面,即为观察者看到的画平面。

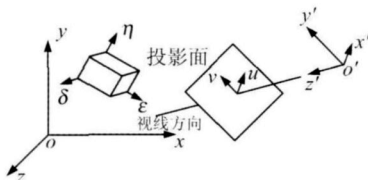


图 3 图像注册中的坐标转换

Fig.3 Coordinate Transforming in Image Registration

在系统中,所需添加的虚拟物体在真实空间坐标系(世界坐标系)中的方位是由系统要完成的功能(即系统的需求或系统的目的)所决定的,即虚拟物体坐标系 与真实空间坐标系 xyz 的关系是已知的,所以虚拟物体坐标系中三维虚拟物体的几何描述(, ,)可以变换为真实绝对空间坐标系 xyz 中的几何描述(x, y, z):

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_A & T_A \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, A 是两个坐标系之间的变换矩阵,为已知。如果能够求出真实空间坐标系 xyz 与观察者坐标系 x y z 之间的变换矩阵 B,就可以将虚拟物体坐标系中三维虚拟物体的几何描述(, ,)变换为观察者坐标系(摄像机坐标系)中的几何描述(x, y, z),即

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = B \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_B & T_B \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_B & T_B \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_A & T_A \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

此时,再将观察者坐标系中的虚拟物体投影到画平面坐标系 uv 中,就完成了增强现实系统的三维图像注册。

2 系统原型实现

利用 ARTool Kit 提供的增强现实基本功能程序库实现了一个原型系统。该系统能够在室内和室外分别实现图像三维注册及显示功能。图 4 为室内调试时模拟室外的注册效果图(手工输入坐标差代替人与物体的相对位置,即 GPS 值与 GIS 存储的物体坐标值之差,用电子罗盘获取人的姿态)。



图 4 桌面注册效果

Fig.4 Desktop Image Registration

图 5(a)为移动客户端根据服务器传来的数据生成的输出信息。该图是将三维四面体广告增强在一栋楼的楼顶。四面体的边长为 3.5 m,该楼位于武汉大学国际软件学院内,虚拟广告牌底面中心坐标为 N30 31.753 E114 21.098 ,自定义高程为 8.3 m。实际三维图像注册由于硬件精度原因,虚拟物体会发生一些偏移。图 5(b)为将虚拟广告牌放在地面上的效果,其底面中心坐标为 N30 31.749 E114 21.106 ,自定义高程为 0。观察点为武汉大学国际软件学院主楼六楼的窗户,坐标为 N30 31.764 E114 21.051 ,自定义高

程为 20 m。



图 5 户外虚拟物体注册

Fig. 5 Outdoor Registration of a Virtual Object

3 结 语

增强现实地理信息系统的实现是一项综合工程,目前,穿戴式计算机等移动计算设备、显示设备以及交互设备都还在快速发展中,增强现实系统由于其能够提供移动、多维和实时的地理信息服务,同时又不影响用户在现场对真实场景的感知的优势,增强现实的移动、多维和实时特性和 GIS 技术形成了天然联系,具有十分广阔的应用前景。

参 考 文 献

- [1] Zlatanova D S. Augmented Reality Technology[R]. GIS Report No. 17, Delft, 2002
- [2] Azuma R T. A Survey of Augmented Reality [J]. Teleoperators and Virtual Environments, 1997, 4 (2): 355-385
- [3] Clarke K C. Cartography in a Mobile Internet Age [C]. The 20th International Cartographic Conference, Beijing, 2001
- [4] Yamashita M, Sakane S. Adaptive Annotation Using a Human-robot Interface System Partner[C]. The 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Seoul Korea, 2001
- [5] State A, Hirota G, Chen D T, et al. Superior Augmented Reality Registration by Integrating Landmark Tracking and Magnetic Tracking [C]. SIGGRAPH '96, New Orleans, 1996
- [6] Bajura M, Fuchs H, Ohbuchi R. Merging Virtual Objects with the Real World: Seeing Ultrasound Imagery Within the Patient [C]. SIGGRAPH '92, Chicago, 1992

第一作者简介:杜清运,教授,博士生导师。主要研究方向为多媒体制图、地理信息概念模型和 GIS 技术。

E-mail: qydu@whu.edu.cn

Design and Implementation of a Prototype Outdoor Augmented Reality GIS

DU Qingyun^{1,2} LIU Tao¹

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: The mode to integrate outdoor augmented reality with mobile GIS is investigated, a general framework of outdoor augmented reality GIS (OARGIS) is designed. Several key technologies for OARGIS implementation are researched with emphasis and based on which a prototype system is implemented.

Key words: augmented reality; mobile computation; image registration; OARGIS

About the first author: DU Qingyun, professor, Ph. D supervisor, majors in multimedia cartography, GIS conceptual model and technologies.
E-mail: qydu@whu.edu.cn