

文章编号: 1000-5013(2010)04-0413-05

一种三维界面的移动终端交互技术

任刚¹, 王建民²

(1. 华侨大学 计算机科学与技术学院, 福建 泉州 362021;
2. 清华大学 软件学院, 北京 100084)

摘要: 提出一种基于三维界面的移动终端交互技术, 给出了其总体结构, XML 数据格式描述, 客户端解决方案, 并对其性能进行了实验验证. 该技术充分考虑了移动终端固有的限制和现有的无线技术发展趋势, 采用了三维界面作为用户交互的主要方式, 提高了手机应用的交互友好性. 可以在大多数移动终端上使用, 并能够支持多种应用类型.

关键词: 三维界面; 移动终端; 碰撞检测; XML; M3G

中图分类号: TN 929.5; TN 911.73 **文献标识码:** A

随着手机使用人数的不断增加和移动终端性能的迅速提高, 无线上网服务得到了巨大的发展. 然而, 在市场规模迅速扩大的同时, 无线上网服务的业务结构存在问题, 即图铃下载仍是最主要的应用形式, 而信息浏览作为在传统互联网上最广泛的一项应用, 在移动终端上得到的应用比例却仍然很低^[1]. 移动用户无法在移动终端上进行有效的信息浏览, 一方面是因为相关的内容和服务还不够丰富, 另一方面是由于移动终端(主要是手机)自身的特点造成的. 包括: (1) 屏幕小, 难以显示较多的信息; (2) 定位困难, 缺乏类似鼠标的屏幕定位装置; (3) 输入设备简单, 按键数目很少, 交互不便. 三维交互方式在很多类型的应用中都表现出显著的优势和发展潜力^[2-3], 在移动终端上, 也是一种用户交互的有效解决方案^[4]. 这种方式能够充分的结合现有移动终端的计算能力和网络带宽的提高, 给用户更加良好的体验. 针对现有移动终端的固有特点和发展趋势, 本文提出了一种基于三维界面的移动终端交互技术.

1 系统框架

系统总体结构如图 1 所示, 主要采用 J2ME, JSR-184 和 XML 技术构建. J2ME 是 Java 语言针对移动平台上的版本, 针对移动平台上的特点进行了相应调整. JSR-184 标准是一个在手机上进行 3D 开发的完整工具包, 提供了一整套完整的高级 3D 的 API 和三维数据封装格式 M3G, 其三维场景信息使用 M3G 标准格式.

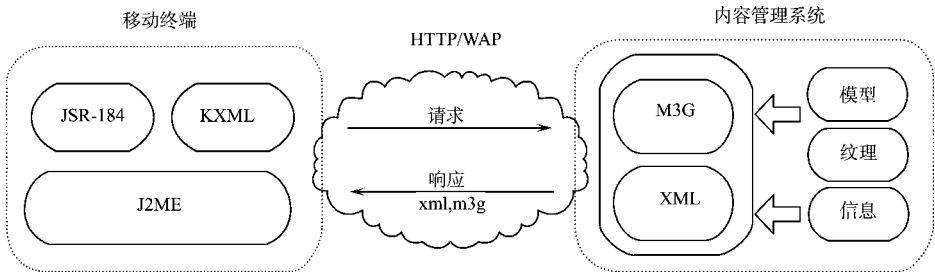


图 1 系统结构图

Fig. 1 Diagram of system structure

收稿日期: 2009-09-11

通信作者: 王建民(1968-), 男, 教授, 要从事组织信息系统、P2P 与 Grid 的研究. E-mail: Jimwang@tsinghua.edu.cn

基金项目: 国家重点基础研究发展(973)计划资助项目(2002CB312000)

网络信息数据采用 XML 格式传递, 客户端的 XML 解析使用 KXML. 在服务器端采用内容管理系统进行相关资源和信息的生成及管理, 主要负责三维模型、纹理, 以及文本信息的制作和采集, 并打包成相应的 M3G 和 XML 格式的文件. 当用户进行信息查询或者场景更换时, 客户端会向内容管理系统发出请求, 下载相应的 M3G 以及 XML 文件.

与 HTML 规范相比较, 两者体系结构非常类似, 都有客户端(浏览器和客户端)和页面标记语言(HTML 和 XML); 而不同之处在于, 虚拟现实移动网络系统多了获取场景的过程, 如表 1 所示.

表 1 传统网页浏览和 3D 界面交互的对比

Tab. 1 Comparison of traditional web browsing and interactive 3D interface

项目	网页	3D 交互
文本格式	HTML/WML	XML
场景信息	无	M3G 格式场景文件
浏览方式	鼠标二维定位	在三维场景中移动
信息流动方式	点击链接	碰撞事件

2 三维场景中的 XML 数据格式

可扩展标记语言(XML)是万维网联盟(World Wide Web Consortium, W3C)推荐的结构化信息交换标准. 采用 XML 作为数据传输格式, 解决了以下 3 个关键的问题.

(1) 平台适应性. XML 与系统平台无关, 并且已经广泛使用; 同时, 标记也被证明是对数据归档和变换宿主机的长生命周期问题的最好的解决方法.

(2) 开放性. 基于 XML 的页面易于集成, 更多的用户可使用交互式三维图形技术进行开发.

(3) 与互联网的融合. 使用 XML 编码, 使得相关的应用可以同时移动终端上和 PC 上获得.

针对网页的三维表示语言, 包括 VRML^[5] 及其最新版本的 X3D^[6]. 其中: VRML 定义了在互联网上描述交互式三维实体和共享虚拟世界的标准文件格式和相关的访问服务, X3D 则使用 XML 技术表达 VRML 对几何图形和实体行为的描述能力. 这两项标准主要针对计算机上的相关应用. X3D 标准在移动终端上开始使用, 但显得较为笨重, 而且由于缺乏客户端的标准支持, 很难承载更为广泛的应用.

根据 X3D 标准中的内核组件及一些扩展组件, 基于 JSR-184 的数据结构和 API 定义出一套简洁的模型和交互方式, 从而能够标记出场景中的对象及产生事件机制. 客户端按照规则解析 XML 数据, 将其中的内容和现有的场景匹配, 添加相关的信息, 完成事件的传递, 使得用户完成浏览过程.

数据格式有如下 3 个主要组成部分.

(1) 节点. 描述在场景中将被渲染的物体相关的信息. 这些物体可以用 XML 标记定义其位置、大小、方向、贴图等信息, 从而由客户端引擎实时绘制, 也可以从 JSR-184 标准支持的. m3d 格式的文件中导出. M3D 格式的文件可以从 3D Max 等相关的专业三维制作工具中导出, 从而使得美工和创作人员可以制作出丰富的场景和物品, 给用户更加丰富的使用体验.

(2) 事件. 事件是在用户交互过程中产生行为的主要方法, 可以处理对象选择、改变场景图、驱动基于时间的动画等.

(3) 触发器. 触发器指定了事件激发的方式. 一旦某种情况发生, 触发器就会进行检查, 如果有事件需要激发, 就进行相应的操作.

3 客户端

移动客户端的主要作用是加载 M3G 文件, 解析 XML 文件内容, 并按照 XML 文件中规定的内容引导用户进行浏览和游戏. 客户端采用 WTK 2.0 和 JSR-184 标准, 支持用户浏览、碰撞检测等功能.

3.1 系统架构

图 2 为客户端的简要系统结构, 主要包括如下 4 个部分.

(1) 场景加载器. 主要负责从 M3G 文件中提取场景和动画信息.

(2) XML 解析器. 负责按照 XML 规范解析出需要的场景状态、事件路由等相关信息.

(3) 事件管理器. 包括了碰撞检测、事件路由、脚本解析等部分, 完成事件的生成、处理和传递过程, 是提高用户体验的主要手段.

(4) 渲染优化器. 主要针对移动终端的特点和现有的场景信息对渲染过程进行优化, 尽量提高效

率, 增进用户的浏览感受.

3.2 碰撞检测

用户在浏览时, 不应该穿越场景中的固定道具. 如果遇到包含信息的对象, 应该触发相应的事件, 且在某些场景下, 还要有更复杂的互动(如汽车的翻车, 小球的反弹等). 这些都要求系统具有碰撞检测机制^[7-8].

现有的碰撞检测算法种类繁多, 主要有建立模型的包围盒树、分解模型所在的空间, 以及空间投影等方法^[9-10]. 这些算法各有优劣, 均结合自身特点在不同应用中使用. 文中主要使用光线跟踪技术^[11]完成碰撞检测.

在实际操作中, 系统主要有两种视觉模式: 一是第一人称视角的自由浏览, 另一个是第三人称视角的物体操作.

(1) 第一人称视角. 在第一人称视角浏览的过程中, 摄像机就是用户的代表, 即用户的视角、视野、移动和碰撞都由摄像机的相应变化来体现. 碰撞检测描述如下: 从摄像机中心延摄像机近截面/远截面的中心连线发送一条光线, 然后检测光线是否与指定物体组群发生交叉. 如果交叉, 则检查交叉点距离; 如果距离小于设定, 碰撞发生, 获取碰撞物体和相关信息, 激发事件路由; 如果距离大于设定, 继续检测. 通过这种方式, 可以知道还有多远发生碰撞, 碰撞的物体将是哪个, 从而可以有效激发相关的事件, 完成相应的功能.

(2) 第三人称视角. 在这种情况下, 情况更为复杂, 不仅要检测摄像机的碰撞和遮挡, 还要检测用户操作物体的碰撞, 故碰撞检测要分开进行. 对于摄像机, 和第一视角类似; 而对于用户操作的目标物体, 则需要结合光线跟踪法, 以及包围盒法共同完成.

3.3 事件机制

用户交互的功能主要通过碰撞检测和事件机制完成. 用户在场景中使用方向键浏览, 遇到感兴趣的物体或信息可以走近, 激发碰撞事件. 一旦产生了一个事件, 那么这个事件就将沿着所有可能的路由传播, 然后激发其他相关事件. 碰撞检测是交互的主要形式, 事件路由提供了产生复杂情景的可能.

客户端有如下 3 个动作执行序列: (1) 基于当前绑定的视点的位置和方向更新摄像机; (2) 计算传感器的输入; (3) 计算路由. 如果序列(2), (3)之中产生了新的事件, 则转向序列(2)并继续执行.

3.4 渲染优化

由于移动终端自身处理器计算能力和内存大小的限制, 决定了该虚拟现实系统在移动终端运行时, 还不能达到和 PC 上一样的细腻程度和流畅性. 因此, 必须针对移动终端的特点进行合适的优化.

3.4.1 复杂物体的优化 复杂物体(如人脸等)在移动终端上的绘制相当困难, 不仅存储量和运算量非常大, 而且最终的显示效果也非常生硬. 特别是考虑到移动终端一般屏幕较小, 复杂三维模型的表现效果就更加难以得到保证.

针对移动终端计算能力差、存储空间小, 以及屏幕较小的特点, 可以使用 3D 风格的背景透明贴图来代替复杂物体的三维模型. 使用这种方式具有如下 3 个特点: (1) 减小了系统存储的占用, 提高了运行的效率; (2) 2D 图片传输占用网络时间很小, 使得动态联网分场景下载更为便捷; (3) 画面细腻生动, 可以产生比 3D 模型更好的体验.

使用合理的贴图替代复杂的三维模型, 是基于现有移动终端和网络状况的实用方案. 无论是对素材创作、运行速度, 还是用户体验, 都能产生显著的优化.

3.4.2 大型场景的优化 大型场景范围较大, 如果每次都全部绘制, 则系统开销很高. 采用目前应用很广泛的多层次细节(LOD)技术进行这种情况下的优化, 根据视点的不同选择不同的区域进行绘制^[12], 并且仍然采用贴图替代不同精度的三维模型. 在一定范围外的物体, 可使用一场特定的贴图替代, 等该

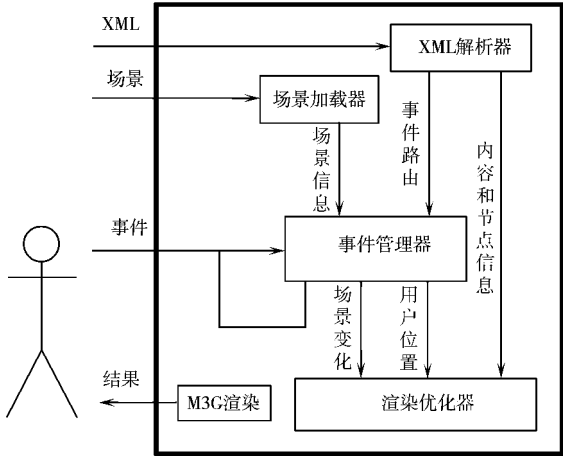


图 2 客户端的简要系统结构

Fig. 2 Client's brief system architecture

物体进入用户视觉的中心区域之后,再绘制其实体模型.

3.4.3 在线场景更新 3G 网络的使用大大提高了无线带宽,使得分场景下载成为可能,从而保证一个场景内的信息尽量精简,其他场景的信息和相关的交互信息,可通过 XML 文件和 M3G 文件的联网实时传输进行更新,同时保证了系统运行速度和数据的实时性.

4 实验与分析

在 3 种不同型号手机上进行客户端的运行效果测试.待测手机参数:摩托罗拉 E680g 型手机,处理器类型为 Intel xScale,频率为 312 MHz;摩托罗拉 ROKR E2 型手机,处理器类型为 Intel xScale,频率为 208 MHz;西门子 S65 型手机,处理器类型未知,频率为 104 MHz



图 3 不同类型的场景模式

Fig.3 Different types of scene modes

为了测试不同手机在不同场景复杂度下的表现状况,制作了 3 种不同类型的场景模式:(1)简单场景.使用基本的模型及 PNG 格式的贴图(图 3a);(2)复杂场景.包括 3 个飞船和 2 个建筑物,3D Max 文件使用 JPG 格式的图片贴图(图 3b);(3)复杂形体.1 个狗的造型,使用 PNG 格式的贴图(图 3c).3 个文件的具体相关信息和最终的测试结果,分别如表 2,3 所示.

从表 2,3 可以看出,使用 312 MHz, Intel xScale 处理器的摩托罗拉 E680g 型手机的测试结果最好.其在简单场景下可以达到 $11.21 \text{ 帧} \cdot \text{s}^{-1}$,实际运行非常流畅,2D 人物贴图效果也很逼真;而复杂场景图的帧率稍低,停顿感明显;复杂形体的测试结果最差.摩托罗拉 ROKR E2 型手机的测试结果基本上和 E680g 一致.西门子 S65 型手机是运算能力相对比较低的机型,虽然支持 JSR-184,但是处理器性能很差,只能勉强运行.

表 2 场景文件的具体信息

Tab.2 Scene file specific information				kB
项目	游戏	太空站	动物	
3D Max 文件	270	520	1 657	
3D Max 贴图格式	PNG	JPG	PNG	
贴图文件	8	392	1	
M3G 文件	17	407	137	
最终程序包	69	48	214	

表 3 手机的测试结果

Tab.3 Mobile phone test results				帧 · s ⁻¹
机型	游戏	太空站	动物	
E680g	11.21	5.87	3.62	
ROKR E2	9.89	4.81	3.62	
S65	2.16	0.98	0.73	
WTK 2.0 模拟器	20.14	17.13	14.12	

上述结论说明,针对现有平台展开三维应用的条件已经具备.在实际应用中,应该尽量使用简单的造型和贴图来营造适当大小的空间,避免使用复杂模型.

5 结束语

三维界面可以使用户与系统的交互变得更加流畅和直观,再加上终端本身具有移动的特性,可以承载多种增值服务种类,将成为无线增值领域的一个重要方向,相关的可用性检测^[13]已经说明,用户完全

可以接受使用移动终端在三维环境下进行信息获取. 如何针对移动终端的特点进行三维界面的设计, 有效的提高易用性, 将需要进一步的研究.

参考文献:

- [1] 易观国际. 中国移动增值服务市场年度综合报告 2008[EB/OL]. [2008-05-21]. <http://www.analysys.com.cn/web2007/?module=yjbg&action=showone&wid=73&id=6633>.
- [2] ZIMMERMAN G, BARNES J, LEVENTHAL L. A comparison of the usability and effectiveness of Web-based delivery of instructions for inherently-3D construction tasks on handheld and desktop computers[C] // Proceeding of the Eighth International Conference on 3D Web Technology. Saint Malo: ACM Press, 2003: 49-54.
- [3] PEREZ C, ANTONIO A. 3D visualization of text collections: An experimental study to assess the usefulness of 3D [C] // Proc of the Information Visualisation, Eighth International Conference. Washington D C: IEEE Computer Society, 2004: 317-323.
- [4] HAJAKA T, LEHIKONEN J, AALTONEN A. Spatial interactive visualization on small screen[C] // Proceedings of the 7th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices & Services. Salzburg: ACM Press, 2005: 137-144.
- [5] ISO/IEC. ISO/IEC 14772-2: Information technology: Computer graphics and image processing: The virtual reality modeling language (VRML): Part 2: External authoring interface (EAI) [S]. [2004-03-03]. http://17de.com/x3d/www.web3d.org/technicalinfo/specifications/ISO_IEC_19775/Part01/conformance.html.
- [6] ISO/IEC. ISO/IEC 19775-2 extensible 3D(X3D): Information technology: Computer graphics and image processing: Extensible 3D (X3D) [S]. [2004-12-13]. <http://17de.com/x3d/www.web3d.org/specifications/ISO-IEC-19775/html>
- [7] 范昭炜, 万华根, 高曙明. 基于图像的快速碰撞检测算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(9): 805-809
- [8] BACIU G, WONG W S K, SUN H. An image-based collision detection algorithm[J]. Journal of Visualization and Computer Animation, 1999, 10(4): 181-192.
- [9] 王志强, 洪嘉振, 杨辉. 碰撞检测问题研究综述[J]. 软件学报, 1999, 10(5): 545-551.
- [10] 张唯, 刘修国. 三维场景漫游中碰撞检测问题的研究与实现[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(19): 67-69.
- [11] 侯丽平, 刘越, 王涌天. 基于光线跟踪的碰撞检测技术[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(S1): 84-87.
- [12] 周昆, 潘志庚, 石教英. 基于混合多细节层次技术的实时绘制算法[J]. 软件学报, 2001, 12(1): 74-82.
- [13] 任刚, 王建民, 黄鼎龙. 移动终端三维用户界面的可用性评估[J]. 计算机科学, 2008, 35(2): 65-68.

An Interactive Technique Based on 3D User Interface for Mobile Terminals

REN Gang¹, WANG Jian-min²

(1. College of Computer Science and Technology, Huaqiao University, Quanzhou 362011, China;

2. School of Software, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: This paper presents a novel interactive technique based on 3D user interface on mobile terminals. System architecture, data structure of XML documents, and the solutions of client are given, its property is tested experimentally. Considering the limits of the mobile terminals and the wireless technology trends, we use the 3D interface as the main way of user interaction, which enhances the user friendliness of the mobile applications. This technology can be deployed on most mobile terminals and support many application types.

Keywords: 3D interface; mobile terminals; collision detection; XML; M3G

(责任编辑: 鲁斌 英文审校: 吴逢铁)