

多关联性虚拟现实系统的设计与实现

肖 甫,王汝传,孙力娟

(南京邮电大学 计算机学院,江苏 南京 210003)

摘 要:在介绍虚拟现实系统位置关联、时间关联、焦距关联和虚化关联的基础上,研究了基于图像的多关联性虚拟现实系统的设计。针对虚拟场景焦距关联的需要,在考虑场景真实性和实时性的基础上,采用基于熵变分辨率增强和线性插值相结合的方法生成任意焦距下场景对应图像;对于时间关联,采用基于颜色传输的光照变化图像生成方法,实现不同光照条件下场景图像的生成;针对场景虚化关联的需要,结合非真实感绘制技术,采用真实感全景图像和波动感虚化特效图像相结合的方法,实现超越现实时空的场景虚化关联。在此基础上,给出了多关联性虚拟现实系统的构建框架。

关键词:基于图像的绘制;虚拟全景空间;关联策略

中图分类号:TP391.9

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)12-0036-04

Design and Realization of Multi-relationship Virtual Reality Systems

XIAO Fu, WANG Ru-chuan, SUN Li-juan

(School of Computer Science and Technology, Nanjing University of Post and
Telecommunication, Nanjing 210003, China)

Abstract: Design and realization of multi-relationship in virtual panoramic space based on image is emphasized. Aimed at the needs of focus relationship in virtual environment, method based on entropy variation interpolation and linear interpolation is adopted to generate the scene image under random focus considering of the contradiction between real-time and realism. As for time relationship, scene image under different illumination is generated based on image generation method of illumination change of color transform. Then, a novel method for virtualized relationship generation in image-based rendering virtual environment using photo-realistic image and fluctuant non-photo realistic image is presented, which surpass the time and space in virtual reality system. Lastly, a framework is given for virtual reality system with multi-relationships.

Key words: image-based rendering; virtual panoramic space; correlative statuary

0 引 言

虚拟现实是20世纪兴起的一种崭新的人机交互技术,它融合了计算机图形学、计算机视觉、信号处理等多种技术分支,通过视觉、听觉和触觉等多通道进行交互,使用户获得身临其境的全方位感受。作为一种高级的人机交互技术,虚拟现实的研究几乎都围绕着提高系统的沉浸感、可交互性和想象性这三个特性进行^[1,2]。虚拟环境构建方法主要分为两类:

第一类方法是采用计算机图形学技术,通过对真实环境进行抽象建立对应三维几何模型,实时漫游时则根据观察者所处的位置、光照条件、消隐信息等,由计算机绘制相应场景。这种基于计算机图形学的虚拟现实系统因其建模复杂以及绘制场景的真实度有限且对计算机软硬件要求较高,较难满足大众化虚拟现实系统的应用;

第二类方法则直接利用照相机拍摄的全景图像来构建虚拟现实系统,这类基于全景图像的方法具有速度快、逼真度高、制作简单的优点,因而在旅游景点介绍、虚拟场馆游览等方面得到了广泛的应用^[3]。

在全景图构成的虚拟场景中,用户可以在个空间中进行前进、后退、360°环视、仰视、俯视、近看、远看等多种操作。文献[4]提出虚拟场景应该是一个能提供包含位置关联、事件关联、焦距关联和虚化关联的虚拟全景空间的概念,其为虚拟现实系统的构建提供了指

收稿日期:2008-11-20;修回日期:2009-06-16

基金项目:国家自然科学基金(60773041);国家高科技“863”项目(2007AA01Z404,2007AA01Z478);江苏省博士后基金(0801019C);南京邮电大学攀登计划(NY207022)

作者简介:肖 甫(1980-),男,湖南邵阳人,博士后,研究方向为无线自组织网络、虚拟现实、多媒体技术;王汝传,教授,博士生导师,研究方向为信息安全、无线传感器网络、虚拟现实技术、计算机软件。

导性方案,但目前尚未见相关文献报道如何实现虚拟场景的关联技术。

文中全面、系统地描述了虚拟场景中时间关联、位置关联、焦距关联以及虚化关联的实现方法,进一步提出了包含诸多关联关系的虚拟全景空间的系统构建框架。

1 虚拟现实系统关联实现

基于图像的虚拟现实系统在人们生活中得到了广泛应用。单视点虚拟空间反映的是一个三维点空间,因包含内容有限且观察时限制条件过于严格而较少使用。目前基于全景图像的虚拟现实系统一般是基于多全景图像的;并且,对于一个完善的虚拟现实系统往往需要建立一个包含多种特性的 N 维虚拟空间^[4],从而赋予虚拟全景空间各种不同的特性。基于位置关联用户可以在虚拟全景空间中前进与后退;基于时间关联在虚拟全景空间中可以体会到季节、朝暮等时间上的变化;基于焦距关联在虚拟全景空间中可以近看和远看,以不同的焦距观看场景的不同细节;基于虚化关联虚拟全景空间能反映超现实的场景变化,给用户一种超越现实时空的感觉。

1.1 位置关联

首先, N 维虚拟空间应能反映现实世界的三维空间,即最基本的点空间。柱面全景图因其构造简单并能满足绝大部分虚拟现实系统的需要而成为点空间的基本表示。场景中节点的选择需要根据具体场景决定,每一个节点对应一幅全景图像。在单个点空间内,用户只能依靠改变视角来观察不同的场景,因而 N 维虚拟空间应包含而不局限于点空间,即对应虚拟场景的位置关联: N 维虚拟空间应该支持用户通过改变空间位置来观察不同的场景。

位置关联是观察者的视点空间在相邻节点之间切换的一种操纵方式,对应观察者在现实世界中的运动。观察者的运动包括视点空间内沿径向运动^[5]以及保持观察焦距不变从当前的视点空间转移到下一个视点空间的运动。图 1 为视点空间之间的切换。

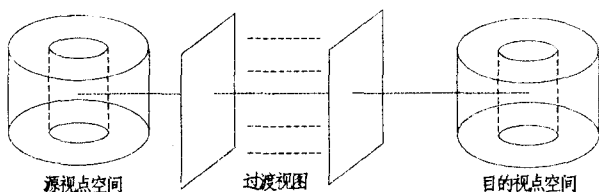


图 1 场景多视点关联示意图

根据大范围场景的具体特点,首先将场景划分为多个不同节点,每个节点对应场景中的局部区域,并生

成每个节点下对应的柱面全景图像;然后建立各个节点与其它相邻节点之间的链接关系,全景空间中子节点的图结构采用 4 邻域方式。虚拟空间中每个节点对应场景中的独立区域,采用各节点之间链接实现场景位置关联。两两节点之间直接跳跃操作可能会有景物遗漏,导致场景变化的突兀感觉,采用文献[3]在节点之间引入参考点的方法,通过参考点的中间图像,增加场景沿节点之间跳变路径上的空间信息,从而增强虚拟空间漫游的真实感,如图 1 所示。由于中间参考点图像不是全景图像,限制观察者从一个节点跳变到另一个节点的过程中,其视线方向保持不变。因而虚拟全景空间的位置关联可以实现观察者在各固定节点处的 360°环视漫游,而在节点与节点之间的路径上观察者一般保持视线方向进行浏览。

1.2 焦距关联

除此之外, N 维虚拟空间还应能反映虚拟空间在观察焦距上的变化,即焦距关联。如在场景中固定视点,用户可以使用不同焦距观察场景,从而实现场景概貌观察以及场景细节观察。场景的焦距关联实际上就是模拟照相机镜头的一个拉伸操作。一般情况下,可假设焦距关联操作满足视觉一致性要求,即要求在不同焦距对应场景图像的切换过程中,观察者的视线方向保持一致,整个变焦过程中观察者的观察中心保持不变。

文献[3]的研究表明:观察者在全景图中的观察中心由其水平方向的方位角和垂直方向上的仰角共同决定。变焦观察过程中水平方位角不变,而仰角根据焦距的变化相应变化^[3],同一场景的成像高度不仅与焦距有关,而且与场景的景深也有关系。对于全景图像而言,从单幅照片不可能得到其中每一点处的景深。为获取景深可以采用双目立体视觉的方法,拍摄景物的双目图像从中计算景深。但是该方法计算量过大,并且对于全景图像不可能计算出每一像素点对应的深度信息。因而为解决变焦过程视觉一致性问题,其引入合理的简化策略:在实际拍摄过程中场景的景深远远大于照相机的拍摄焦距,因而景物像高可近似视为与焦距成线性关系。

现有基于图像的虚拟环境中场景焦距关联的实现主要包含两类方法:第一类方法在借鉴传统图形学方法绘制虚拟场景中的多层次细节划分技术思想的基础上,拍摄不同焦距下场景图像,采用分层全景图像存储方式,场景浏览时根据当前焦距调用对应层次全景图像显示。该方法对应数据量大,构建、数据调度相对复杂;第二类方法是在场景任一节点只存储某焦距下的单幅图像,为实现渐近观察,首先确定新焦距下对应显

示区域,然后根据焦距值对该区域插值放大。这类方法数据量小实现简单,但是以牺牲场景图像质量为代价节约存储空间。变化焦距下的场景图像数据信息量不足,尤其对应场景长焦观察时,最终放大图像可能出现锯齿边缘、模糊等人工痕迹,从而影响虚拟现实系统视觉效果。对于场景任意节点只拍摄某焦距下的全景图像,并采用笔者所提出的基于熵变分的图像分辨率增强算法^[6]实现以图像表示的场景焦距关联。该方法较好地保持了图像的边缘,可以提高场景整体视觉效果,但相对耗时较长。为解决场景真实性和实时性之间的矛盾,采用以下策略:对整数倍焦距下场景图像预先采用熵变分模型对初始图像进行分辨率增强;而对非整数倍焦距下图像,则在预先生成的整数倍焦距下场景图像的基础上,采用传统线性插值方法实现。这种结合熵变分和线性插值方法的机制较好地平衡场景生成实时性和真实性之间的矛盾,最终较好地满足了场景焦距关联的需要。

1.3 时间关联

其次, N 维虚拟空间还应能反映虚拟空间在时间上的变化,即时间关联,如场景随白昼变换的变化。传统图形学方法绘制虚拟场景时,采用光照模型生成不同光照条件下的场景图像以实现场景的时间关联。但该方法一般仅限于光照强度和方向的简单改变,对于模拟朝暮变化等复杂光照条件,很难达到理想效果。为实现此类虚拟现实系统的时间关联,可采用光照变化的图像序列来代替初始全景图像。然而直接采集、存储所有可能光照下的场景图像由于拍摄时间限制以及数据量过大等原因,不易实现。另一种思路是采用图像处理技术生成光照变化的全景图像序列,并以此来代替传统的初始静态全景图像。基于图像的重光照技术^[7,8]是解决该类问题的一种途径,其通过基图像序列生成任意光照条件下的场景图像。但是该方法需要获知基图像的人射光线属性,对于现实世界场景中复杂的自然光照环境,基图像入射光照属性的获知相对困难,因而这种方法距离光照变化场景绘制的实际应用尚有较大距离。由于观察时用户对场景几何变化的敏感度要远远高于对场景光照变化的感知^[9],因而可以采用图像处理领域相应处理方法来大致模拟光照变化图像序列,从而实现场景的时间关联。

随着朝暮、季节等成像条件的变化,光照效果在图像上的一个重要表现为颜色信息。颜色传输^[10,11]是利用统计信息将样本图像的颜色信息传输给目标图像,从而使目标图像和样本图像具有相近的颜色信息,其为改变场景图像的光照效果提供了一种全新思路。颜色传输算法的具体步骤可参考文献[10]。颜色传输

后初始图像和样本图像在整体上颜色类似,可以使用颜色传输方法来模拟虚拟场景中朝暮、季节变化等实现场景时间关联。假设初始场景对应的全景图像是早上拍摄的,用户试图观察夕照下对应该场景的视觉效果,此时对于场景的时间关联若采用传统方法,由于场景的几何信息完全未知,其实现异常复杂甚至无法实现。受颜色传输思想启发,取夕照下某图像作为样本图像,采用颜色传输的方法将样本图像的均值、标准差信息赋给初始场景图像,最终得到类似朝暮光照条件下的场景图像。观察者浏览场景图像时可以看到朝、暮时刻对应的场景图像,从而实现用户浏览场景时的时间关联效果。

1.4 虚化关联

最后,考虑到虚拟现实系统超越现实时空的特性,虚拟空间还应考虑一些特殊情况:超越现实时空的变化,给虚拟空间增加一种虚化能力而不局限于当前的物理时空。传统基于图形绘制技术的虚拟现实系统,其超越现实时空的特性一般在构建场景几何模型的基础上,通过制作系统特效得以实现;而对于基于图像的虚拟现实系统,场景中所有初始图像都来自实拍得到的真实图像,因而对于此类虚拟现实系统虚化关联研究的报导并不多见。

非真实感绘制主要通过计算机模拟画笔来生成不同艺术风格图像。Allison^[12]将非真实感绘制和虚拟现实技术结合,实现了艺术虚拟环境的模拟。与虚拟现实系统中超越现实时空的要求对应,非真实感绘制通常采用颜色、笔画、光照等手段生成蕴涵创作者丰富感情的艺术世界而赋予场景特定意义。因而,包含真实场景和虚化特效场景的虚拟现实系统可以作为实现虚拟场景超越现实时空的虚化关联特性的一种尝试。笔者采用非真实感绘制技术对柱面虚拟场景中初始图像处理,模拟线条波动感场景虚化特效从而产生超越现实的场景变化,最终实现真实场景和虚化特效场景切换的场景虚化关联。

在文献[13]中给出了基于非真实感绘制的虚拟环境生成详细方法,其通过计算结构张量获得图像曲线走向矢量场,以此刻画图像局部结构;在此基础上采用全变分偏微分方程对曲线走向矢量场自适应地滤波平滑处理;再利用线积分卷积指导画笔走向来模拟生成线条波动感的场景虚化效果。为实现场景的虚化关联,分别将原始真实图像和生成的虚化特效图像加入到柱面虚拟场景中,初始时刻柱面场景采用真实图像显示。为实现场景的虚化关联可采用基于时间变量的控制方式,在柱面虚拟场景浏览中加入时间变量 t ,当 $t \leq T$ 时整个柱面虚拟场景显示为初始输入的真实图

像,而当 $t > T$ 时则输出采用算法生成的虚化效果图像,从而实现观察者的一种超越现实时空的感觉。结合实拍真实柱面全景图像和虚化特效图像的场景虚化关联算法的具体流程如图 2 所示。

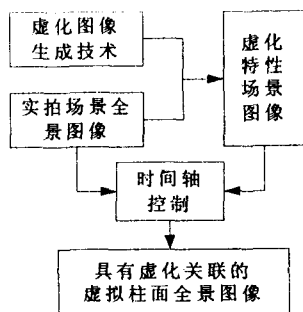


图 2 基于时间轴的场景虚化关联实现

2 系统框架构建

通过前面的工作可以赋予虚拟场景位置切换、时间变化、焦距拉伸和虚化关系等功能。

包含上述四种关联的虚拟全景空间系统框架构建如图 3 所示,其中全景图模式一般包括圆柱面、球面以及立方体面三种。

不同的全景图模式的获取和控制的复杂程度有较大不同,柱面全景图因其构造简单并能满足绝大部分虚拟现实系统的需要而得到广泛研究和应用。场景中节点的选择需要根据具体场景决定,每一个节点对应一幅全景图像。

为实现场景的位置关联,在两两相邻节点对应的全景图像之间还应加入中间图像;时间关联则通过采用图像处理技术生成全景图像不同的光照效果而得以实现;焦距关联是通过设置不同的焦距值实现对场景的整体观察和局部细节浏览;虚化关联则采用对应图像处理技术生成图像虚化特效,从而使观察者获得一种超越现实时空的感觉。

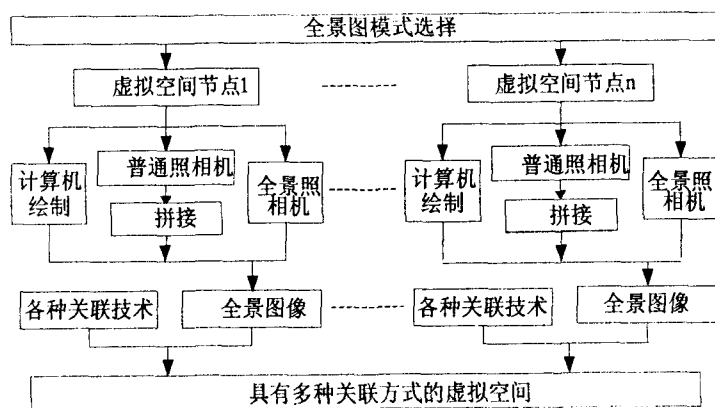


图 3 包含各种关联的虚拟空间系统框架构建

3 结束语

文中研究了包含位置关联、时间关联、焦距关联、虚化关联多种关联关系的基于图像的虚拟现实系统的构建。

包含多种关联关系的虚拟全景空间在满足用户对大规模场景浏览的同时,赋予了虚拟场景更多的内涵:在同一视点,用户可以采用不同焦距以不同细节层次观察场景,并且可以实现不同视点之间的浏览;对于传统场景的静态限制,通过时间关联提供了不同时间对应的场景图像;对于虚拟现实系统超越现实时空的需要,通过图像虚化特效的制作为用户提供了一种实现超越现实时空虚化关联特性的新思路。这些在一定程度上提高了虚拟场景蕴含的内容及实用价值。

参考文献:

- [1] Burdea G C, Coiffet P. Virtual Reality Technology [M]. [s. l.]: IEEE Wiley, 2003.
- [2] Aylett R, Louchart S. Towards a narrative theory of virtual reality[J]. Virtual Reality, 2004, 7(1): 2-9.
- [3] 孙立峰, 钟力, 李云浩, 等. 虚拟实景空间的实时漫游[J]. 中国图象图形学报, 1999, 4(6): 507-513.
- [4] 张茂军. 虚拟现实系统[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [5] 刘建威, 崔杜武. 基于全景图的多视点虚拟空间漫游技术[J]. 计算机工程, 2004, 30(1): 153-154.
- [6] 肖甫, 吴慧中, 肖亮, 等. 基于熵变分的图像放大模型及其推导算法[J]. 光电子·激光, 2007, 18(3): 381-384.
- [7] 沈沉, 沈向洋, 马颂德. 基于图像的光照模型研究综述[J]. 计算机学报, 2000, 23(12): 1261-1269.
- [8] 肖甫, 吴慧中, 肖亮, 等. 变化光照目标图像合成的球调和法[J]. 计算机科学, 2006, 33(9): 195-198.
- [9] Dan X, Pheng-ann H. Object image synthesis under changing of illumination[J]. Journal of Software, 2002, 13(4): 501-509.
- [10] Erik R, Michael A, Bruce G. Color transform between images[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2001, 21(5): 34-41.
- [11] Wang Chungming, Huang Yaohsien. A Novel Color Transfer Algorithm for Image Sequences[J]. Journal of Information Science and Engineering, 2004, 20(6): 1039-1056.
- [12] Klein W A. An image-based framework for animated non-photorealistic rendering[D]. USA: Princeton University, 2002.
- [13] 肖甫, 吴慧中, 肖亮. 一种基于 NPR 的虚拟环境生成方法[J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(4): 738-743.