

基于人体特征三维人体模型的骨架提取算法

陈国栋 李建微 潘 林 余 轮

(福州大学计算机图像图形研究所 福州 350002)

摘 要 实现骨骼动画的一个前提是获取人体模型的骨架,现有的骨架提取算法不是计算复杂度高,就是提取准确度不高,或者需要手工干预。提出一种基于人体特点和黄金比例律的人体模型骨架提取算法,首先对模型进行精简,然后根据人体的特点与黄金比例律确定模型关节的大概位置,在此基础上对模型进行分割。由于人体存在个体差异且姿势也可能不一致,采用测地距离方法对关节的位置进行修正,确定其位置。与现有的算法相比,本方法效率高,同时实验显示本算法具有更好的骨架提取效果。

关键词 算法,三维人体模型,骨架提取,黄金分割律

中图法分类号 TP391 文献标识码 A

Algorithm for Extracting Skeleton of 3D Human Body Model Based on Body Characteristic

CHEN Guo-dong LI Jian-wei PAN Lin YU Lun

(Institute of Computer Images and Graphics, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract Extracting skeleton of 3D human body model is very important for animation of 3D characters. The existing algorithms are complicated or interactive. We presented a algorithm that is based on the trait of human body and golden section. Our algorithm consists of four steps: 1) transformation into a low polygon model from original model; 2) estimate the position of joint on the base of trait of human body and golden section; 3) segmentation of human body; 4) amend the position using geodesic distance. The experimental results show that our method is easier to implement and faster in computation than other methods.

Keywords Algorithm, 3D human body model, Skeleton extraction, Golden section

1 引言

从上个世纪 60 年代起,计算机开始与动画制作相结合,形成了计算机动画。几十年来,研究者们一直在研究着采用简单、有效的技术来制作动画,其中人体动画是一个重要的研究方向^[1]。在所有的人体动画技术中,骨骼动画是最为常用的一种,它能够迅速地处理并产生令人难以置信的动画效果^[2]。实现骨骼动画的一个前提是获取人体模型的骨架,骨架提取就是把普通的三维人体模型转化成带骨架的三维角色模型的一种技术。

传统的骨架算法是中轴抽取算法,它虽然能够精确地表示三维模型的骨骼拓扑特征,但是计算复杂度和计算代价较高,并且对模型边界敏感而不稳定,在模型边界上的小变形可能会导致中轴发生很大的变化。当三维模型的数据有部分缺失或者模型有漏洞的时候,可能会造成结果有较大的偏差。庄越挺等^[1]提出基于视频的人体动画骨架提取技术,对于任何视频流,该方法都能在图形序列中跟踪人体特征骨架。Teichmann 和 Teller^[3]提出一种为封闭多边形网格模型建立关节模型的方法:给定一个默认存在关节的三维多边形网格,

利用网格节点的三维 Voronoi 图和网格内部的连接信息,计算出网格中轴的近似,简化主轴得到树状结构的骨架。骨架中包含边和点,用户手工选取某些点作为骨架上的关节点,将这些关节点用链相连,作为关节之间的连接。Verroust 和 Lazarus^[4]提出一种从多边形网格上抽取骨架曲线的方法:输入一些 3D 数据集,通过用户对源点(骨架曲线的起点)的选取和采样,生成树状的曲线集合,只是算法比较复杂而且需要大量人工操作。Masayuki Hisada^[5]等研究了三维模型 Voronoi 图的脊与谷探测的奇异值理论,通过去除骨架噪声和选择显著的脊和谷来提取骨架和三维模型表面特征,该算法能够较稳定地抽取网格模型的骨架和检测与骨架边相应的表面特征(脊与谷)。Takuya Oda 等人提出了基于测地距离的交互式骨骼提取算法,该算法采用简化三维模型和增加人工参与的手段,提高了提取的准确度并减少提取时间^[6]。Ilya Baran 等提出一种三维的模型自动骨骼匹配的方法,该方法在匹配时间上较之以前有所减少并不需人工参与,但是匹配的准确度不如 Takuya Oda 等人提出的算法^[7]。综上所述,现有的算法具有以下一个或者一个以上的缺点:(1)计算复杂度和计算代价高;(2)需要用户手工干预,无法实现自动化操作;

到稿日期:2008-08-07 返修日期:2008-10-21 本文受国家自然科学基金(60672146)和卫生部科学研究基金(WKJ2005-2-004)资助。

陈国栋(1979-),男,博士研究生,主要研究方向为虚拟现实和可视化,E-mail:fzucgd@163.com;李建微(1979-),男,硕士,助理研究员,主要研究方向为虚拟地理环境及数字城市;潘林(1978-),男,博士生,主要研究方向为医学图像处理;余轮(1952-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为医学图像处理、计算机图形学、三维动画以及图形图像系统研制等。

(3)骨架提取的精度不够准确。

本文在充分研究上述算法的基础上,提出了一种基于人体的特点和黄金比例律的人体模型骨架快速提取方法。该方法首先对人体模型进行适当的精简,再根据人体的特点和人体的黄金比例关系,确定人体的各个关节大概位置;其次,根据关节的位置,把模型分割成与各个关节相对应的模块;最后,对分割后的模型分别采用测地距离算法确定关节的位置。由于采取测地距离算法的是各个节点对应的子模块,计算量大大减小,同时能够保持测地距离算法应有的准确度,整个算法无需进行人工参与操作。

2 算法描述

本文的算法可以自动提取人体的骨架,将动画制作者从枯燥的工作中解放出来。与传统方法相比,本方法不需要人工参与,提取的骨架准确度高,计算复杂度低,大大减少了骨架提取的时间。

算法的步骤如下所述:

(1)对人体模型进行精简。

(2)根据人体模型人体的特点和黄金比例律,初步确定骨架节点的大概位置。根据大概骨架节点位置把人体模型分割成头部、腹部、手臂、大腿、手和脚等模块。

(3)采用测地距离算法对各个人体模块上的大概关节位置进行修正,确定骨架节点的确切位置。

(4)从根节点遍历整个骨架数,将所有节点唯一地与最近的祖先节点连接,形成骨骼,最终形成骨架树。

算法的流程图如图1所示。

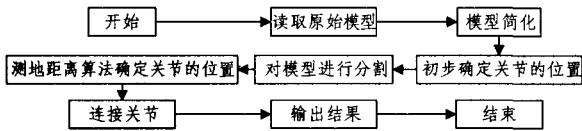


图1 算法流程图

3 人体骨架模型

在三维动画制作过程中,三维人体被看成关节点连接的刚体的结合,关节点之间的线段表示一个刚体,将人体运动简化为人体骨架的运动。在文献[2,6]的基础上,采用如图2所示的三维人体骨架模型。该人体模型共含16个关节点,人体骨架就是由这些关节点组成的具有层次结构的模型,其中有一个节点称为“根节点”,所有其它节点附属于“根节点”或者是它的子节点、兄弟节点。

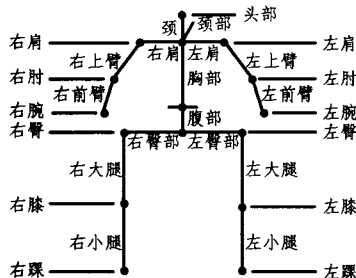


图2 三维人体骨架模型

4 骨架提取

4.1 人体模型精简

为了提高整个抽取算法的效率,在不影响骨架提取的准

确度的前提下,对三维人体模型的网格进行精简。在H. Hoppe提出的精简算法^[9]的基础上,为了确保后面骨架提取的准确性,采用该算法进行精简时,保证精简后的所有网格点与精简之前原始模型的点是一一对应的。模型精简的方法如图3所示。

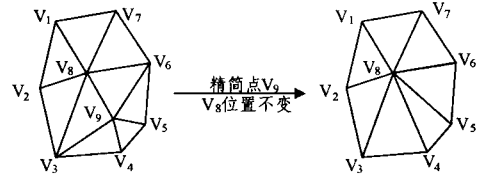


图3 网格精简示意图

从图4精简前后效果图可以看出,所精简的是占面片数比较多手、脚、头等部分。这些部分的精简对于骨架的提取准确度几乎没有影响,但是模型的顶点数目从15041精简为4790,这将大大减少后续计算的时间。

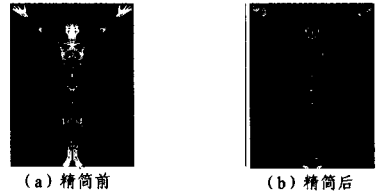


图4 人体模型精简前后效果图

4.2 人体特点和黄金比例的应用

这是公元前6世纪古希腊数学家毕达哥拉斯所发现,后来古希腊美学家柏拉图将此称为黄金分割。这其实是一个数字的比例关系,即把一条线分为两部分,此时长段与短段之比恰恰等于整条线与长段之比,其数值比为1.618:1或1:0.618,也就是说长段的平方等于全长与短段的乘积^[8]。0.618,以严格的比例性、艺术性、和谐性,蕴藏着丰富的美学价值。人体是复杂的构造,在其漫长的进化过程中,健美的人体结构与“0.618黄金分割律”有着密切的关系^[9]。我国医学美学专家在研究“黄金分割”与人体美的关系时发现,形体健美者的外观结构中,有几个黄金分割点:(1)肚脐:头顶—足底之分割点;(2)咽喉:头顶—肚脐之分割点;(3)、(4)膝关节:肚脐—足底之分割点;(5)、(6)肘关节:肩关节到中指指尖之分割点等等^[10]。在人体模型中,假设身高是H,g为黄金分割比例0.618,h为图2所示几个关键关节点相对于脚底的高度位置,则h可以按式(1)一式(3)计算

$$h_{\text{腹部}} = gH \quad (1)$$

$$h_{\text{颈部}} = g(2-g)H \quad (2)$$

$$h_{\text{膝关节}} = g(1-g)H \quad (3)$$

这几个分割点在人体模型中的应用如图5(a)所示。在获取人体模型的分割点之后,结合M. Hilaga的基于几何以及拓扑信息的形状分割方法^[11],将人体模型分割为头部、腹部、手臂、大腿、手和脚等模块。人体模型分割之后的效果如图5(b)所示。

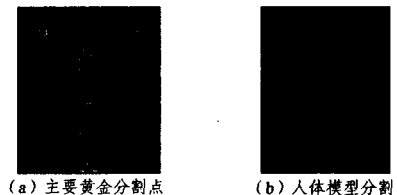


图5 人体模型的黄金分割

4.3 人体模型关节位置的确定

人体黄金分割点只能大概表示关节的位置,每个模型都有其自身的特点,人体的姿势也不一致,所以确定关节的位置,才能提取出骨架。

Takuya Oda 等人提出一种基于测地距离的交互式骨架提取算法^[6],该算法不仅需要人工参与操作,而且计算复杂度比较大,但是提取的准确度比较高。采用该算法来确定人体模型关节的位置,具体步骤如下:

- 1)用 Dijkstra 求出每个身体模块的测地距离。
- 2)计算出测地距离之和。
- 3)归一化测地距离,其计算式如下:

$$g_{v_i_normal} = \frac{g_{v_i} - \min_{j \in n} g_{v_j}}{\max_{j \in n} g_{v_j}} \quad (4)$$

其中, $g_{v_i_normal}$ 表示归一化的测地距离之和, g_{v_i} 表示每个点的测地距离。

4)根据归一化的测地距离和每个人体模块的关节数目,把人体模块分成几个小组,两组之间的交界处确定出关节点。

由于有了关节的大概位置,因此无需采用人工参与。我们又对模型进行精简和分割,仅对每个精简后的模块进行节点提取,大大减少计算复杂度。

将提取的关节应用于原始模型,按图 2 所示的人体骨架模型进行连接,形成骨骼,最终形成骨架树。

5 实验结果

在 PC 机(操作系统为 Windows XP 专业版,CPU 为 Intel Core Duo CPU 1.60GHz,内存为 1GB)、C++ 和 OpenGL 图形库下进行实验并选择几个男性模型和女性模型作为实验数据。图 6(a)是比较典型的男性模型骨架提取的效果图,该模型原始的顶点数是 1504。图 6(b)是比较典型的女性模型骨架提取的效果图,该模型的原始顶点数为 28439。



(a) 男性模型骨架提取效果图 (b) 女性模型骨架提取效果图

图 6 人体模型骨架提取效果图

现有的骨架提取算法大多是针对所有模型进行提取,具有通用性,而我们的算法是专门对人体模型进行骨架提取的。针对三维人体模型进行骨架提取,在提取效果和计算时间上占一定的优势。与文献[7]的 Ilya 算法计算时间之对比如表 1 所列。

表 1 算法的计算时间

模型顶点数	Ilya 算法计算时间	本文算法计算时间
19001	12.6 秒	0.5 秒
34339	56.8 秒	1.1 秒
56856	77.1 秒	1.4 秒

结束语 本文提出一种三维人体模型的骨架提取算法。本算法首先对模型进行精简,然后采用人体的特点和黄金分割律获得大概的节点位置,采用测地距离算法对模型的节点进行修正,确定其位置。针对人体模型进行骨架提取,与现有的算法相比,大大节省提取的时间。该算法目前只针对人体模型进行骨架提取,下一步将继续努力,使它能应用于动物模型的骨架提取。

参考文献

- [1] 庄越挺,刘小明,潘云鹤.一种基于视频的人体动画骨架提取技术[J].计算机研究与发展,1999,37(4):498-506
- [2] Adams J. DirectX 高级动画制作[M].刘刚,译.重庆:重庆大学出版社,2005
- [3] Teichmann M, Teller S. Assisted Articulation of Closed Polygonal Models[C]//Proc. 9th Eurographics Workshop on Animation and Simulation. 1998:254-268
- [4] Verroust A, Lazarus F. Extracting Skeletal Curves from 3D Scattered Data[J]. The Visual Computer, 2000, 16(1):15-25
- [5] Hisada M, et al. A 3D Voronoi-based Skeleton and Associated Surface Feature[C]//Pacific Conference on Computer Graphics and Applications. 2001:89-96
- [6] Oda T, Itoh Y, Nakai W, et al. Interactive Skeleton Extraction using Geodesic Distance[C]//Artificial Reality and Telexistence-Workshops, 2006. ICAT '06. 16th International Conference. Nov. 2006:275-281
- [7] Baran I, Popović J. Automatic rigging and animation of 3d characters[J]. ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH 2007), 2007, 26(3)
- [8] 张雄.黄金分割的美学意义及其应用[J].自然辩证法研究,1999,15(11):5-8
- [9] 黄春峰.人体科学与“黄金分割律”[J].发明与革新,2000,7:36
- [10] 张嘉.人体美的黄金比例[J].医药与保健,2006,4:50-51
- [11] Hilaga M, Shinagawa Y, Komura T, et al. Topology matching for fully automatic similarity estimation of 3D shapes [A]//Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH[C]. Los Angeles, California, 2001:203-212
- [12] Chen Z, Lee H J. Knowledge-guided visual perception of 3-D human gait from a single image sequence[J]. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, 1992, 22(2):336-342
- [13] Hoppe H. Progressive mesh[C]//Proc. of ACM SIGGRAPH, Computer Graphics Annual Conference Series. 1996:99-108

(上接第 261 页)

- [6] Kozuch M, Satyanarayanan M. Internet suspend/ resume[C]//Proceedings of the IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications. 2002
- [7] Bradford R, Kotsovinos E, Feldmann A, et al. LiveWide- Area Migration of Virtual Machines Including Local Persistent State [C]//ACM/Usenix International Conference on Virtual Execution Environments(VEE'07). June 2007
- [8] Warfield A, Hand S, Fraser K, et al. Facilitating the Develop-

ment of Soft Devices[C]// USENIX. 2005

- [9] http://linuxcommand.org/man_pages/losetup8.html
- [10] Osman S, Subhraveti D, Su G, et al. The design and implementation of zap: A system for migrating computing environments[C]//Proc. 5th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation(OSDI-02). 2002:361-376
- [11] Sapuntzakis C P, Chandra R, Pfaff B, et al. Optimizing the migration of virtual computers[C]//Proc. of the 5th Symposium on Operating Systems Design and Implementation(OSDI-02). December 2002