

基于三角形对应关系的 Morphing 技术

王健宁 董峰 石教英

(浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室, 杭州 310027)

摘要 基于图象生成的真实感图象有着不依赖于场景复杂度的突出优势。文中提出了一种基于三角形特征对应的 Morphing 方法,它对局部信息进行综合,可以获得比传统的基于线段特征方法更快的处理速度,同时不会由于全局信息的影响而造成图象的扭曲失真。

关键词 变形(Morphing),线性插值,映射

1 引言

在信息技术高速发展的今天,简单的二维图象难以满足计算机用户的要求,用户需要大量逼真有三维真实感觉的图象。而三维真实感图象有两种不同的产生方式,一种是基于模型的^[1,2],由计算机来维持场景(Scene)的具体描述,而后当观察者的视点发生改变时,再加以各种转换来产生最终的图象。另一种方法是基于图象的^[3],即计算机系统保存一系列场景的片段描述(Image),其它视点所获取的图象均可由这些场景的片段描述来生成。后者的优势在于不依赖于场景的具体复杂度,它只是根据图象的大小来确定算法的规模。

Morphing 技术可以用来产生基于图象的绘制效果。它并不对场景进行模型的分析,只是依赖一些先验的知识来对图象进行处理和生成,因此这种技术更贴近人们的习惯,它的适用范围相对而言要广一些。Morphing 的过程主要由两步组成:第一步是建立图象之间点的对应关系,描述场景中的某一点在两个不同图象上的分布情况,这一步往往是 Morphing 技术中最困难的部分,一般的做法是手工给定一些点或线段之间的对应关系,其余的点之间的对应关系由这些信息推导得出。第二步是进行中间插值图象的生成,利用第一步产生的点之间的对应关

系,用两幅原始图象对应点的象素值来插值中间图象点的象素值。这样就产生了一幅 Morphing 图象。

Morphing 技术主要利用了人们视觉上的连续性(Coherence)特征,一般而言,相近视点所观察到的物体形状往往差别不大,而且颜色值变化也不大。如图 1 所示。

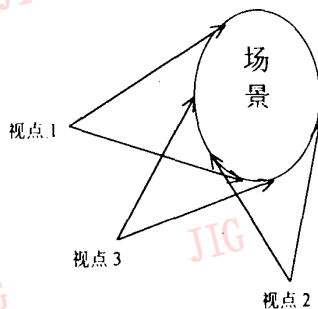


图 1 连续性描述

现在常用的 Morphing 方法主要是基于线段特征的 Morphing 技术^[4]。但是这种技术所设定的线段往往与场景有关,它的开销仍旧在某种程度上依赖于场景复杂度。在本文中,提出了一种基于局部三角形对应关系的 Morphing 方法,将信息完全局部化,真正作到了与场景的复杂度无关,为以后 Morphing 系统的实时化打下了基础。本文将这种算法同基于线段特征的 Morphing 技术进行了对比分析。

• 国家自然科学基金项目“基于小波的数据场特征分析及绘制技术的研究”(No. 69703004)

收稿日期:1997-11-06;收到修改稿日期:1997-12-18

2 三角形对应关系

Morphing 方法在两个给定的原始图象上建立了一系列离散点对应关系(Point Corresponding), 然后试图由这几个点推出两个图象之间各点之间的对应关系(Mapping)。本文在这些离散点对应关系给定的基础上构造了一系列三角形之间的对应关系, 然后通过三角形内部的线性关系求得图象间各点的对应关系。这种做法使得插值的区域缩小了, 加强了局部的信息向导, 在速度上取得了优势。同时由于本算法的开销与场景无关, 而只与图象大小有关, 所以容易作出精确的时间分析。

原始图象中的初始对应点由用户手工给出, 然后进行平面三角化。以后各三角形内部的对应点将自动计算生成。

中间图象中的对应三角形顶点由下列线性插值给出:

$$V1_m = V1_s * S + V1_d * (1 - S)$$

$$V2_m = V2_s * S + V2_d * (1 - S)$$

$$V3_m = V3_s * S + V3_d * (1 - S)$$

其中 S 是插值参数, $(V1, V2, V3)$ 代表了三角形的 3 个顶点, 下标 m 代表中间三角形, s 代表原始三角形 1, d 代表原始三角形 2。这个公式表示中间三角形是由原始三角形 1 和原始三角形 2 得到的。

现在的关键是自动计算出三角形中非顶点在两个给定图象之中的对应关系。由于视点变换的作用, 两个三角形中各个点的对应关系可由一个 4×4 矩阵来表达。一般情形下, 可认为三角形内部的变换是符合线性规则的, 即三角形中各点的比例关系不变。

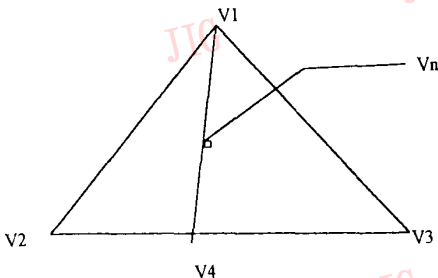


图2 线性关系的说明

在图2中

$$ratio1 = d(V1, Vn) / d(V1, V4)$$

$$ratio2 = d(V2, V4) / d(V2, V3)$$

$d(V1, V2)$ 表示点 $V1$ 到点 $V2$ 的距离。这就表示在原始图象及中间图象中某一对应点所对应的 $ratio1, ratio2$ 是相同的。计算出中间图象的 $ratio1$ 和 $ratio2$, 然后用这两个比例关系找出在原始图象中的对应点。这样就完成了中间图象关于两个原始图象中对应点的寻找。

3 生成最终图象

整个算法描述如下:

(1) 对两幅原始图象 ($I1$ 和 $I2$) 进行对应点的手工指定。

(2) 对这些对应点进行平面三角化, 从而指定了三角形的对应关系。

(3) 由插值参数 S 计算出中间图象的三角形集合 C 。

(4) 若集合 C 非空, 则从中取出一个三角形 T , 否则转(7)

(5) 对于 T 中的各点进行逐行扫描, 取得一点 P 。

由三角形的 3 个顶点以及 P 计算出 $ratio1$ 和 $ratio2$ 。由 $ratio1$ 和 $ratio2$ 找出在 $I1$ 和 $I2$ 中的对应点 $P1$ 和 $P2$ 。用插值参数 S 和 $P1, P2$ 的象素值来插值出在 P 点的象素值。

(6) 转(4)

(7) 绘制产生的图象。

其中平面三角化可用成熟的算法, 如 Delauny 三角算法。只要在一个原始图象进行 Delauny 三角化, 而在另一个图象上只要用对应点就可以得到相关它的一个三角划分。

在算法中, 原始图象和三角形对应关系在应用前即可准备好, 而在计算 Morphing 图象时只要重复第 3 到第 7 步, 而且算法的复杂度仅仅与图象的大小相关, 而与图象本身的复杂度无关。这样就在实时性和绘制时间预测上获得了较基于模型的算法为好的结果。

4 需要考虑的问题

在指定对应关系的时候, 由于视点的变化, 原始图象 1 中某些可见的部分会由于场景中的遮挡而在原始图象 2 中不可见, 就有可能出现如下图所示的情形:

(1) 有部分的对应三角形不可见(例如原始图

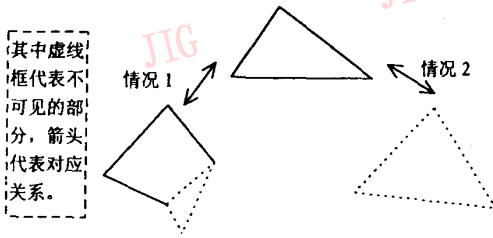


图 3 不可见情况讨论

象 1 中有个三角形恰在边界上, 于是图象 2 中这个三角形由于视点的变换而部分不可见了。

(2) 一个图象中的某个三角形在另一个图象中没有对应的三角形(由于遮挡而在第 2 个图象中完全不可见)

第一种情况可以用加密三角形划分来解决, 即设立新的初始对应点。

第二种情况需要手工指定这个不可见的三角形的位置(这个需要凭借用户自己的经验), 并给它赋予一个特殊的标记来表达它是不可见的。在计算这种情况之时, 有可能会出现以下情况: 不可见的三角形与可见三角形的 Morphing 结果可能与两个可见三角形的 Morphing 结果有交集。这样就必须设立一个可视性判决机构(在本文中称为 VArbitor), 它的作用是决定中间插值三角形的每一个象素是否可见。

VArbitor 是一个跟显示精度相关的二维数组, 数组中每一个元素包含两种属性: Visible(可见性), 有 0(不可见), 1(待定), 2(可见)三种取值, 初值为 0; Pixel(象素值), 初值为 0。当

(1) 两个原始三角形均是可见的时候, 在中间图象某一点 (x, y) 得到颜色值之后在 VArbitor[x][y] 的 Pixel 上赋上该值, Visible 赋值为 2。

(2) 两个原始三角形并非均是可见的时候, 计算出中间图象某一点 (x, y) , 并认为它的颜色值等于可见三角形中点的值。当 VArbitor[x][y] 的 Visible 上值不为 2 时给 Pixel 赋上得到的颜色值, 并将 Visible 置为 1; 否则就不作改变。

当整个算法作用完成以后, 将 Visible 标注为 2 或者 1 的象素绘制到最终图象上去。

5 与基于线特征算法的对比

基于线特征的 Morphing 方法的主要优势是它在指定对应关系时符合用户的行为习惯, 使用起来

较为方便。而本文的方案由于要求精确的点指定并且有可能要对三角形进行细分, 对于用户而言缺乏使用的方便性。但是本文的方法着眼于今后自动 Morphing 系统的构造。对应点的生成和对应三角形的构造工作最终将由系统自动完成, 所以对于用户的影响也不会很大。

基于线特征的 Morphing 方法由于采用了全局的计算方法, 往往可能造成图象的扭曲^[3]; 而本文的方法是基于局部计算的基础之上的, 在图象复杂度提高的情况下, 也能够保证图象全局和局部的不扭曲。

基于线特征的 Morphing 方法的实际计算时间是同特征线段的个数相关的。当特征线段增加时, 系统所花费的时间将随之增加。而本文的方法则不会出现这种情况, 在任意多的三角形情形之下, 系统计算的时间是恒等的。

6 结果分析

本文给出了两个 Morphing 的结果, 第一个是同一个物体(人脸)在不同视点下的视图。第二个是不同物体(两个不同的人脸)之间的 Morphing。由于初始对应点是已经给定的, 所以原始图象的有对应关系的部分往往并不等同于整个图象。这两个结果均显示了人脸部的主要部分, 而抛弃了对于背景和无关细节的烦琐描述。关于以上两个 Morphing 的结果, 请见下页图 4~8。

本文给出的方法的计算时间对于相同大小的图象是恒定的, 在 Pentium100, 16M, No Cache 的 HP Vectra VL, Windows95 平台的环境下, 无论特征三角形的数目为多少, 生成一张中间图片 (250×250) 都只要 5 秒。

而文献[7]中有一个结果, 对于 720×486 分辨率, 100 特征线对的图象 Morphing, 在 SGI 4D25 机器上, 产生一帧需要 2 分钟。在与本文算法相同的测试平台之上, 对于 5 个特征线对, 250×250 的图象 Morphing 要 33 秒钟, 而 10 个特征线对要用 1 分钟。由此可见, 基于线段特征的方法的计算时间是与线段数目相关的, 而且在一般的情况下, 时间的开销也要大于本文的方法。基于线段特征的方法的扭曲失真可详见文献[7], 本文的方法由于局部信息的引导, 不会造成类似的扭曲效果, 能够较好地保证图象的质量。



图4 Baby1



图5 Baby1 经过左右对称



图6 Baby2



图7 图1和图2 Morphing 结果, S=0.5 取脸部主要部分



图8 图2和图3 Morphing 结果, S=0.65 取脸部主要部分

7 结束语

对于 Morphing 系统中最为重要的一个部分——对应点关系确定的问题,本文给出了一个基于局部信息的解决方法。在实践中取得了真正不依赖于场景复杂度的结果。为了效果的更加具有真实感,可以在本算法的基础之上加上文献[7]的工作,这样效果会更好一些。下一步的工作将集中于初始对应点的自动确定以实现 Morphing 系统的完全自动化,同时关注微小物体如头发等的模型描述问题。

参考文献

- 1 Henschbert P S, Hanrahan P. Beam Tracing Polygonal Objects. Computer Graphics. 1984,18(3).
- 2 Goral C. M, Torrance K E, Greenberg D P. et al. Modeling the interaction of light between Diffuse Surfaces. Computer Graphics. 1984,18(3).
- 3 Chen S E. Quicktime VR-An image-based approach to virtual environment navigation. Proc. SIGGRAPH 95. In Computer Graphics 1995;29~38.
- 4 Beier T, Neely S. Feature-based image metamorphosis. Proc SIGGRAPH 92. In Computer Graphics,1992;35~42.
- 5 苏步青,刘鼎元. 计算几何. 上海:上海科技出版社,1980.
- 6 Chen S E, Williams L. View Interpolation for Images Synthesis. Proc SIGGRAPH 93. In Computer Graphics,1993;279~288.
- 7 Steven M S, Charles R D. View Morphing. Proc SIGGRAPH 96. In Computer Graphics,1996;21~30.



王健宁 毕业于浙江大学计算机系,现在浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室攻读硕士学位,主要兴趣方向为计算机图形学、网络。



董峰 浙江大学计算机系博士,现在浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室工作,主要兴趣方向为科学计算可视化、计算机图形学。



石教英 浙江大学计算机系教授,博士生导师,主要研究领域为计算机辅助设计与图形学,多媒体计算技术,科学计算可视化和工作站,网络并行计算。

Triangle Feature Mapping Based Morphing

Wang Jianning, Dong Feng, Shi Jiaoying

(State Key Lab. of CAD&CG, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract Image-Based technology have overwhelming advantage in independence of scene plexity. In this paper a new triangle feature based method is given, which depends on local information and produce realistic image. Compared with line feature based method, this algorithm obtains faster speed and will not twist the final result.

Keywords Morphing, Linear interpolation, Mapping

消息七则

W indows 98 英文版 6 月 25 日问世,销售火爆,目前已有 200 多家个人电脑制造商在其产品中装上了 Windows 98。Windows 98 中文版也将于 8 月底推出。

美 国华纳兄弟电影公司家庭影像分公司总裁沃伦·利伯法布最近对一批家庭影碟订货商说,华纳电影公司十分看好数字影碟的销售前景。他预计到 2002 年,数字影碟机和相应的视听产品将进入 10% 的美国家庭。

据 我国软件市场调查到 2000 年,软件和信息服务业将成为世界第一大产业。但目前我国软件销售只占世界市场不到 1% 的份额。国产软件即使在国内市场上,其所占份额也不足 30%。美国微软公司 1996 年的产品销售额达 92.47 亿美元。这一数字相当于我国 1996 年软件市场全部销售额的 8 倍之多。

M atrox 公司于 7 月份推出 MGA G100 图形加速卡。G100 凭借着 Matrox 公司的技术为用户提供从字处理到图象处理,乃至 3D 动画等应用时最佳性能,所采用的最新驱动程序确保了各个软硬件环境下的稳定可靠。

230MHz 的 RAMDAC,再加上 MGA 最先进的技术,把 G100 的平面处理能力推向了专业水准,提供了最佳的分辨率和刷新率。在 G100 系列图形加速卡上使用的一项特殊技术——分散集成控制,允许 CPU 和图形芯片并行工作。25 种特效继续保持了 G100 在 3D 娱乐领域的地位,令最新的 3D 游戏得到充分展示。除了全屏播放外,更可保持画面流畅、以及优异的图象质量。G100 可方便地升级成 DVD 播放能力,可选的“多能彩虹”G 系列,让用户享受到从视频采集、输出,甚至远程视频通讯等特性。

据 Matrix Information and Directory Service (MIDS) 公司的调查,全球使用 World Wide Web 和电子邮件服务的人数已经突破 1 亿。到 1998 年 1 月,已有 1.02 亿人通过 World Wide Web 或 FTP 方式获取信息,再加上电子邮件用户,总数达到 1.2 亿人。该公司还统计了有 IP 地址的 Internet 主机数,到 1998 年 1 月主机总数已经达到 6 800 万台,预计到 2001 年 1 月将超过 4.3 亿台。

C isco 公司在企业内部互连网上,提供了其 IP/TV 高质量流 VOD(视频点播)的升级版 2.0,2.0 版本中集成了 1.0 版本中的实时和计划转播 VOD,IP/TV2.0 提供了分步式服务器结构,它将视频复制在局域网的服务器上。多址广播要求视频服务器只发送一次内容信息,减少了网络带宽的使用。IP/TV Content Manager 管理系统,允许网络管理者既控制计划也控制实时节目,Content Manager 可实现负载均衡,ServerWatch 和 StreamWatch 允许管理者查看服务器性能和网络传输层来帮助安排即将播放的内容。终端用户可通过使用独立的应用软件或浏览器来使用该功能,并具有类似 VCR 的控制,用户可暂停、继续、按需重放等。

据 Strategy Analytics 公司调查表明,到 1998 年底,全球将大约有 2 300 万个家庭可以看上数字电视,其中大多数是通过卫星系统接收信号。1997 年,数字电视的用户为 1 200 万,调查表明,有 95% 的用户选择使用直接接入家庭的卫星服务来收看数字电视,只有 5% 的人使用有线系收看数字电视;而卫星市场也会异常火热。