

文章编号:1001-9081(2008)08-2066-05

基于 Zooming-Panning 模式的可视化信息浏览技术的研究

杨立志,潘永惠

(江阴职业技术学院 计算机科学系,江苏 江阴,214405)

(ylz_ysw@126.com)

摘要:对目前已有的多种浏览技术作了深入细致的研究和分析。针对 Zooming-Panning 技术在具体的技术实现上不够全面,既不能保证可视化表示的结构具有一致性,也不能使可视化表示具有良好的显示效果这一情况,依据几何光学的有关原理,实现了一个能够对可视化表示动态跟踪调节的跟随因子,用于补充该技术在实现上的不足,并同时把该技术提出的两个标准扩充为三个,形成的结果称为基于自约束路径的 Zooming-Panning 浏览技术。实践证明,基于自约束路径的 Zooming-Panning 技术具有良好的浏览效果。

关键词:可视化信息浏览;跟随因子;自约束路径

中图分类号:TP317.4 **文献标志码:**A

Research on techniques for browsing visualized information based on Zooming-Panning mode

YANG Li-zhi, PAN Yong-hui

(Department of Computer Science, Jiangyin Polytechnic College, Jiangyin Jiangsu 214405, China)

Abstract: The main ideas, the operating ways and the effects of some existing techniques were presented and analyzed in detail. According to it, some suitable background information was offered to the focus of views, and also a good form of visualized show was taken to meet the need of people who scoop information. However, the concrete realization techniques were insufficient. It could neither make the structure of the visualized show consistent nor display a good effect. Aiming at the statements above, a following-element was created to make up for shortages of this technique in the paper. Its concept and implementing formula were given on the theory of geometric optics. We also extended two standards that were mentioned in this technique, and accordingly a new technique named Zooming-Panning navigation images based on Automatic-control route was given.

Key words: browsing visualized information; following-element; automatic-control route

万维网极大地推动了互联网的发展和普及,成功地解决了信息和数据的传输、分类、检索问题,但它对于联系复杂、结构庞大的信息和数据却无能为力。为了能揭示繁杂的抽象信息之间的复杂关系,很多科学家为之付出了艰苦的努力和探索,促使了信息可视化这一崭新科学领域的出现。比如,就目前的硬件水平,已经能够获得 9216×9216 约8500万像素的特大型图像^[1],其BMP格式大约占用100MB空间。对于这样的图像,如果不采用合适的浏览方法,将会给浏览者阅读图像带来很大的负担,最终影响人们从图像中获取信息的效率。由此可见,良好的可视化信息浏览技术能够进一步帮助人们快速、有效地处理大型信息可视化视图,对其进行更高层次的分析,并使发现知识的过程和结果易于理解。

1 两种主要的可视化信息浏览模式

在信息可视化过程中,信息本身并不能自动地映射到几何物理空间,这意味着许多信息类型没有自然或明显的物理表示形式。因此,一个关键的问题就是如何发现新的可视化隐喻(可视化结构)来表示信息,并且理解这些隐喻所支持的分析任务。可视化信息浏览技术作为信息可视化技术体系中的一项重要内容,它的目的就在于交互地改变和增强可视化结构,通过建立图形属性来建立容易被用户感知、理解的可视化结构的视图。目前,用于交互地改变和增强可视化结构的

方法主要有两种。

变形 是一种通过改变可视化结构来生成 focus + context^[2]视图的可视化变换,在这里 focus 和 context 被合成了一个可视化结构。

视点控制 是利用仿射变换移动(zoom)、摇动(pan)和裁减(clip)视点来进行视图变换。通过对目标视图的裁减及可视化结构的适当改变(zooming-panning)对原视图中的焦点进行放大,失效点进行隐藏,使细节更加可见。

基于这两种方法,目前国际上对可视化信息浏览技术的研究形成了 focus + context 和 zooming-panning 两种模式^[2-3]。

focus + context 模式 其中最具代表意义的是鱼眼视图技术,文献[4]首次研究了鱼眼视图,这种技术是一种放大某一显示画面中的某块小的局部区域的透镜技术,放大区域的周围退到背景显示,但仍然是可见的。它允许用户在观察一个小的中心焦点区域的同时,保持一个较大周围区域的可见性,这就是 focus + context 技术的含义所在。这种技术可以将一个信息集合的特定部分的细节视图通过某种方式和该信息集合的总体结构视图混合在一起;也可以认为是在显示一个大的信息空间(context)的同时,其中的一部分以更细节的方式显示(focus)。

文献[5]把 Furnas 理论中的 focus 由单个点拓展为 Cluster Graph,并且利用“欧氏距离”代替了“路径距离”,第一

收稿日期:2007-09-10;修回日期:2007-12-14。

作者简介:杨立志(1973-),男,安徽砀山人,工程师,硕士研究生,主要研究方向:计算机图形图像;潘永惠(1972-),男,江苏江阴人,讲师,博士,主要研究方向:人工智能、模糊系统。

次成功地把该技术用于图像浏览。

Zooming-Panning 模式 传统的 Zooming 和 Panning 本来是人们在浏览图像或文本时与计算机进行交互的两种独立的基本手段,简单、方便是 Zooming 和 Panning 最大的优点。但随着浏览对象的篇幅迅速增长,传统的 Zooming 和 Panning 越来越无法满足浏览者的需要。对于大型的浏览对象,浏览者为了能在其中找到自己所需要得信息,他们可能要对浏览对象进行“漫长”、来回往复很多次的 Panning 操作。又为了能够了解清楚某一局部区域的信息与另外一个区域的信息之间的联系,他们不得不在这两个区域来回切换,频繁地进行 Zooming 操作。这些操作常常会使浏览者疲惫不堪,从而严重降低了浏览效率,甚至使浏览者丧失了对某些信息的兴趣,带来不必要的负面效果。

综上所述,文献[6]第一次把 Zooming 和 Panning 这两种独立的传统人机交互操作结合在了一起。通过研究发现,浏览者在浏览篇幅较大的可视化信息时,对于自己感兴趣的信息总希望能够仔仔细细的阅览,而对于不感兴趣的信息总是希望能快速跳过。针对这一特点,提出了一种在滚动视图的过程中自动实现视图缩放的方法。该方法以浏览者滚动视图的速度作为参数,调节视图在滚动过程中的缩放度,从而满足浏览者的阅览要求。主要思想可以简单地描述为: $scale = constant / speed$, 该式表明:浏览区的缩放程度和浏览区滚动的速度成反比。这一描述仅能说明 Panning 和 Zooming 之间应有的约束关系,对于具体的实现,有很多实际问题是该式所无法解决的。比如:在浏览过程中,滚动速度的改变常常是突发性的,有时突然增大,有时则骤然停止。也即速度的变化具有不规则的振荡性,这必将导致缩放变化的不规则性,如图 1 表示了在上述约束关系下得到的 $scale-speed$ 关系曲线,阴影区表示当 $speed$ 突然超过某个阈值时,Zooming 的变化幅度也将因此有一个大的降落,按照这种关系得到的 Panning-Zooming 效果具有如图 2 所示的锯齿形变化曲线。由此可见,应该设法改变 $scale$ 和 $speed$ 之间的约束关系,使产生的浏览结果图像具有良好的过渡光滑性,才能获得良好的浏览效果。文献[6]提出了一种通过滚动变化的速率约束 $scale$ 的方法,从而达到平滑图 1 中的阴影区所示的 $scale$ 曲线,消除图 2 中的锯齿的目的,使得 Panning-Zooming 效果具有较好的光滑性。

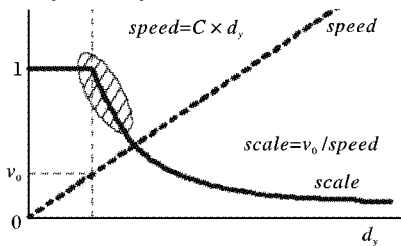


图 1 无速率约束的 $scale-speed$ 关系曲线

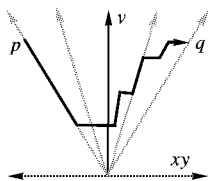


图 2 无速率约束的 Zooming-Panning 浏览效果

首先使得 $scale$ 满足如下约束关系:

$$scale = s_0^{(d_y-d_0)/(d_1-d_0)}$$

其中: d_y 表示滚动速率, s_0 、 d_0 、 d_1 是根据经验预先确定的常量,分别表示:最小缩放值、缩放开始进行时的速率以及最大允许滚动变化率,然后再按照 $scale = constant / speed$ 确定相对应的 $speed$ 。图 3 表示了相应的 $scale-speed$ 关系曲线,图 4 则表

示了得到的 Panning-Zooming 浏览效果曲线。

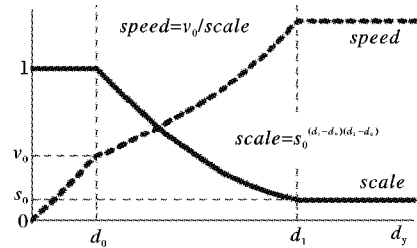


图 3 有速率约束的 $scale-speed$ 关系曲线

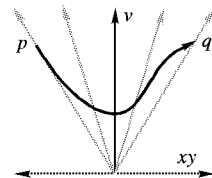


图 4 有速率约束的 Zooming-Panning 浏览效果

图 5 展示了通过该方法实现对大型图像的浏览结果。

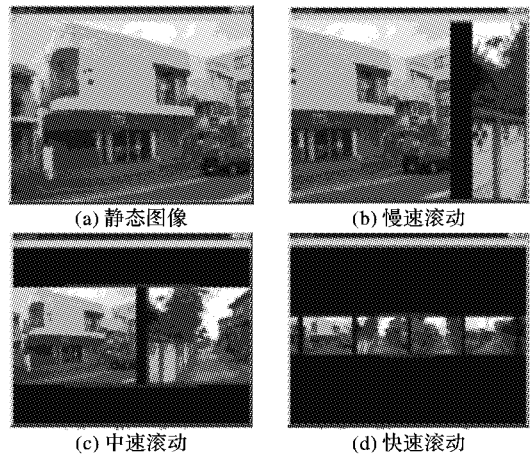


图 5 对大型图像的浏览

基于速率的 Zooming-Panning 浏览方法第一次将 Zooming 和 Panning 技术结合在一起运用于浏览技术,该技术的出现引起了人们对如何挖掘传统的 Panning 和 Zooming 方法相结合所能带来的更大技术价值这一问题的广泛注意。文献[7]提出的一种把传统 Zooming、Panning 相结合用于可视化信息浏览的新方法——基于时空关系的 Zooming-Panning 浏览方法。

2 基于时空关系的 Zooming-Panning 浏览技术

基于时空关系的 Zooming-Panning 浏览方法的主要思想:依据以下两个标准调节虚拟相机在可视化信息空间中的运动轨迹,对浏览对象的内容按照用户的意图进行有选择的提取,并把结果显示给用户。

标准 1 视图序列中各子图之间的过渡应光滑、自然,无凹凸感。

标准 2 生成一幅满足标准 1 和标准 2 的视图序列,虚拟相机经过的路径应是所有可能路径中路径长度最短的一条。该方法可以用图 6 表示。

图 6 中横坐标表示浏览对象,纵坐标表示相机能够拍摄到的视图宽度。也即 I 表示相机沿某一方向平移过浏览对象的路径在横坐标上的投影, W 则与相机的悬浮高度相联系,定义由 I 和 W 构成的坐标系为 $I-W$ 空间。在 $I-W$ 空间中, p 表示相机, $p(0)$ 、 $p(s)$ 、 $p(1)$ 间的曲线表示相机移动的路径,用 S 来表示路径长度。

把图 6 中 $I-W$ 空间中表示的场景对应到浏览对象空间中

如图 7 所示。

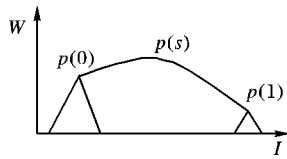


图 6 虚拟相机的移动路径

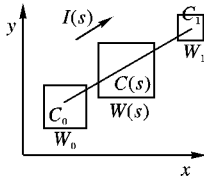


图 7 对应到浏览对象空间中的情况

图 7 中 C 表示焦点视图(用户感兴趣的部分)的中心。

$$C(s) = C_0 + \frac{C_1 - C_0}{\|C_1 - C_0\|} I(s)$$

$$s \in (0, S), I(s) \in (I_0, I_1), I_0 = 0, I_1 = \|C_1 - C_0\| \quad (1)$$

由式(1)可得:

$$I(0) = I_0, I(S) = I_1, W(0) = W_0, W(S) = W_1 \quad (2)$$

式(2)给出了连接两个焦点视图的路径的边界条件,为了使生成的视图序列具有良好的效果,必须在所有可能的路径中寻找一条能同时满足标准 1 和标准 2 的路径,即最优路径。依据文献[7]这条最优路径应同时满足以下两组公式:

$$ds^2 = \frac{\rho^2}{W^2} dI^2 + \frac{1}{\rho^2 W^2} dW^2 \quad (3)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 I}{\partial s^2} + \frac{E_I}{2E} \left(\frac{\partial I}{\partial s}\right)^2 + \frac{E_W}{E} \frac{\partial I}{\partial s} \frac{\partial W}{\partial s} - \frac{G_I}{2E} \left(\frac{\partial W}{\partial s}\right)^2 = 0 \\ \frac{\partial^2 W}{\partial s^2} - \frac{E_W}{2G} \left(\frac{\partial I}{\partial s}\right)^2 + \frac{G_I}{G} \frac{\partial I}{\partial s} \frac{\partial W}{\partial s} + \frac{G_W}{2G} \left(\frac{\partial W}{\partial s}\right)^2 = 0 \end{cases} \quad (4)$$

式(3)中, ds 表示相机所经路径的微分, dI, dW 分别表示水平移动量和垂直方向所对应的图像宽度的微分,引入 ρ 作为调节浏览者因主观判断不同而对视图序列效果的判断差异的调节因子。可以看出:当 ρ 较大时,路径长度主要受相机在浏览对象所在平面的平移量的影响;当 ρ 较小时,则主要受焦点视图宽度的影响。

$$\text{式(4)中 } E = \frac{\rho^2}{W^2}, G = \frac{1}{\rho^2 W^2}, E_I = \frac{\partial E}{\partial I}, G_I = \frac{\partial G}{\partial I}.$$

对式(4)进行化简后得到:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 I}{\partial s^2} - \frac{2}{W} \frac{\partial I}{\partial s} \frac{\partial W}{\partial s} = 0 \\ \frac{\partial^2 W}{\partial s^2} + \frac{\rho^4}{W} \left(\frac{\partial I}{\partial s}\right)^2 - \frac{(\partial W / \partial s)^2}{W} = 0 \end{cases} \quad (5)$$

结合式(2)、(3)、(5)可进一步得到式(6)。

$$\begin{cases} t_i = \frac{W_1^2 - W_0^2 + (-1)^i \rho^4 (I_1 - I_0)^2}{2W_i \rho^2 (I_1 - I_0)}, & i = 0, 1 \\ u_i = \ln(-t_i + \sqrt{t_i^2 + 1}), & i = 0, 1 \\ S = \frac{u_1 - u_0}{\rho} \\ W(s) = \frac{W_0 \operatorname{ch} u_0}{\operatorname{ch}(\rho s + u_0)} \\ I(s) = \frac{W_0}{\rho^2} \operatorname{chu}_0 \operatorname{th}(\rho s + u_0) - \frac{W_0}{\rho^2} s \operatorname{hu}_0 + I_0 \end{cases} \quad (6)$$

由边界条件(式(2))及式(6)可最后确定所需的一条最

优路径。

实践证明:以上两个标准能够从各子图信息联系的紧密性、自然性,视图序列生成时间的快速性两个角度对结果视图的效果进行保证;但也表明,这两个标准还不足以保证结果视图具有良好的显示效果。

图 8 为原始图像,图 9 是利用该方法在 VC++ 6.0 环境下得到的结果图像。可以看出:尽管各子图的图像内容具有良好的过渡平滑性,但可视化结构的差异破坏了显示效果。

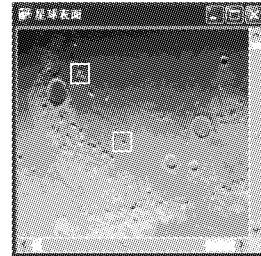


图 8 原始图像

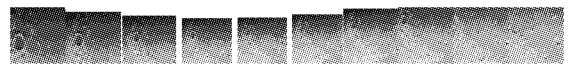


图 9 没有采用保真性策略的结果图像

图 8 中的两个方框分别表示浏览者当前感兴趣的两个焦点视图。

由此可见,为了保证结果视图的效果还必须考虑结果视图的可视化结构的连续性以及其中各子图本身的显示效果。本文针对这种情况,通过结合照相机成像原理引入了跟随因子,并把文献[8]提出的图像放大方法用于保证子图显示效果,把上述两个标准扩充为三个标准,本文定义新增加的标准为保真性标准。综合新增标准后的这三个标准描述如下:

标准 1 视图序列中各子图本身应能够对原视图中对应部分的清晰度、边缘特性和细节内容等特性进行真实有效的描述和刻画,本文定义为保真性。

标准 2 视图序列中各子图之间的过渡应光滑、自然,无凹凸感,本文定义为过渡平滑性。

标准 3 生成一幅满足标准 1 和标准 2 的视图序列,虚拟相机经过的路径应是所有可能路径中路径长度最短的一条,本文定义为有效性。

三个客观标准分别从不同的客观角度保证了结果视图的客观效果:保真性解决了结果视图的质量问题,根据图 9,虚拟相机在沿两焦点视图之间的某一路径进行拍摄时,不仅拍摄区域的内容在不断变化,它的范围即拍摄宽度也是不断变化的;而为了保证标准 2 提出的过渡平滑性,必须要使结果图像具有统一尺寸的结构,这就相当于使虚拟相机把采用不同的焦距拍摄到的场景成像到同样大小的照片上。在这种情况下,解决保真性的问题就是要采用合适的缩放算法把具有不同表示范围的源视图统一为具有相同尺寸的结构。过渡平滑性解决了结果视图的连续性问题,连续性具有两方面的含义:一方面是指表示结构的连续性,另一方面是指表示内容的连续性。前一方面取决于标准 1,如图 9 展示了没有采用这一策略的结果视图。后一方面则对视图序列中各子图内容的联系方式提出了要求,子图内容的联系应该能够自然、光滑地把两个焦点视图及其部分背景视图展示出来,这样才不至使浏览者困惑。标准 3 提出的有效性是以满足标准 1 和标准 2 为前提下的有效性,解决了结果视图生成的实时性问题,这不仅节约了浏览时间,而且也降低了浏览者的负担。

3 跟随因子

结合第 2 章给出的主要思想,考虑到照相机的成像特点(成像的清晰度主要取决于三个条件:视场角、物距和底片尺寸),它们之间满足如下关系:

$$\tan \theta = \frac{\eta}{f} \quad (7)$$

其中: θ 表示视场角, η 表示底片对角线长度的一半, f 表示焦距。照相机成像示意图如图 10。

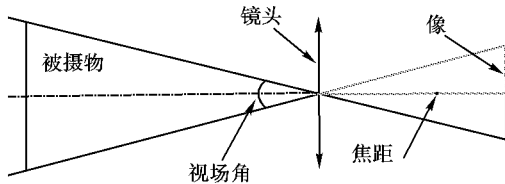


图 10 照相机成像示意

式(7)表明:当视场角为常量时,所成像的清晰度决定于底片宽度和相机焦距,由于在实际的拍摄过程中,相机的焦距是固定的,所谓变焦,实质上是通过平移底片即改变像距来实现的,这样式(7)中的焦距可近似为像距 L' ,即:

$$\tan \theta \approx \frac{\eta}{L'} \quad (8)$$

又根据几何光学中高斯物像公式^[9-11]:

$$\frac{1}{L} + \frac{1}{L'} = \frac{1}{f} \quad (9)$$

式中: L 指物距, L' 指像距。对照图 6 可以看出:这里的物距 L 就是指虚拟相机 p 悬浮于浏览对象所在平面的高度,视场角 θ 是 p 的某个定值。式(9)表明当焦距固定时,物距变大则像距减小,像距变大则物距减小。物、像之间的缩放关系满足: $m = \frac{H_1}{H_0} = \frac{L'}{L}$,其中, m 指缩放倍数, H_1 、 H_0 分别表示像长和物长。它们之间的关系如图 11 所示。

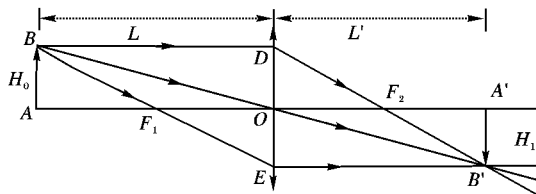


图 11 物、像间的缩放关系示意图

可以看出,当虚拟相机以固定的视场角在 I-W 空间中沿最优路径移动时,为了能够得到所提取(拍摄)的焦点视图及其之间的视图序列(物)的清晰的像,也即满足标准 1 的要求,必需要同时满足式(8)和式(9)。又根据式(8),当像距变化时,所成像的宽度($\eta = \frac{\sqrt{2}}{2}H_1$)也将随之改变,这将不能满足标准 2 中结构连续的要求(如图 9 所示)。为能满足这一要求,就要将结构不连续的像通过放大技术表示到相同的可视化结构中,为此要找出像宽与路径之间的相互关系。根据式(8)和式(9)可以得出如下关系:

$$\eta = \frac{\sqrt{2}}{2}H_1 = \frac{f \times L}{L - f} \times \tan \theta \quad (10)$$

且相机悬浮高度即物距随路径而变化,记为 $L(s)$ 。根据高等数学相关知识有: $ds^2 = dL^2 + d\eta^2$,再结合式(3)~(6)可以得出:

$$L(s) = \pm \int \sqrt{1 - \frac{A^2}{\rho^2 ch^4(\rho s + u_0)}} ds + c \quad (11)$$

式中的正、负号表明了相机移动的方向,正号表明上移,负号表明下降, c 为积分常量。在对式(11)求解过程中,令 $t = \rho s +$

$u_0, k = \sqrt{1 - \frac{A^2}{\rho^2 ch^4(t)}}$,则原式化为: $\frac{1}{\rho} \int k dt$ 。通过求解 k 与 t 之间的关系式有:

$$t = \frac{\text{arch}\left(\pm \sqrt{\frac{4A^2}{\rho^2(1-k^2)} - 1}\right)}{2}$$

代入可得:

$$L(s) = \pm \left(\frac{1}{2\rho} \ln \rho + \frac{1}{\rho} \ln [ch(\rho s + u_0)] + \frac{1}{2\rho} \ln \left[1 + \sqrt{1 - \frac{A^2}{\rho^2 ch^4(\rho s + u_0)}} \right] - \frac{\sqrt{1 - \frac{A^2}{\rho^2 ch^4(\rho s + u_0)}}}{2\rho} - 2 \ln A \right) + c \quad (12)$$

由初始条件: $s = 0, H_0 = W_0$,可得: $L(0) = \frac{W_0}{2 \tan \frac{\theta}{2}}$,最后

可确定常数 c 。

$$c = \frac{W_0}{2 \tan \frac{\theta}{2}} - \left(\frac{\ln \rho}{2\rho} - 2 \ln A + \frac{\ln(ch u_0)}{\rho} + \frac{\ln \left[1 + \sqrt{1 - \frac{A^2}{\rho^2 ch^4 u_0}} \right] - \sqrt{1 - \frac{A^2}{\rho^2 ch^4 u_0}}}{2\rho} \right) \quad (13)$$

根据式(9)可以确定像距 $L'(s) = \frac{f \times L(s)}{L(s) - f}$,然后根据式

(8) 确定像宽为:

$$H_1(s) = \sqrt{2} \times L'(s) \times \tan \theta = \sqrt{2} \times \frac{f \times L(s)}{L(s) - f} \times \tan \theta \quad (14)$$

最后,通过确定目标结构的宽度为一定值 T ,可以确定跟

随因子 $n(s): n(s) = \frac{H_1 s}{T}$ 。

通过跟随因子对最优路径进行约束,可以得到满足上述三个标准的图像浏览序列,结果如图 12 所示。



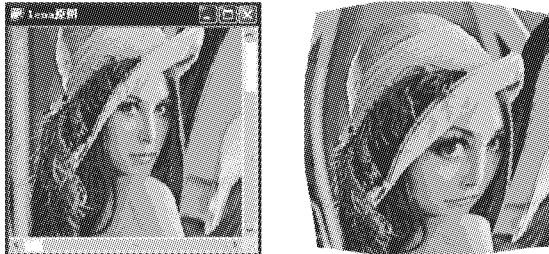
图 12 采用保真性策略的结果图像

4 结语

图 13 是经过鱼眼技术处理后得到的一幅鱼眼视图,对比图 13(a)和(b),从图 14 可以看出:鱼眼视图在表现信息的整体性联系方面的确具有很好的效果,如果再通过交互技术允许浏览者改变浏览焦点,鱼眼视图的表达功能将会得到进一步加强。但从图 13(b)也可以了解到:鱼眼变形扭曲了原图的本来面目,也就歪曲了原图各个部分之间的正常联系,这种歪曲在某些场合下将会给浏览者带来很大的困惑,比如:图 13(b)中人物的面部表情就失去了图 13(a)中表现的那种鲜活、生动的特点,这是鱼眼视图技术美中不足之处。

基于自约束路径的 Zooming-Panning 浏览技术在表现整体联系性方面显然要比鱼眼视图技术逊色,但从实验结果可以看出:这一方法不仅能够为浏览者关注的焦点视图区域提供部分背景信息供浏览者作为参照,而且能够把焦点视图的相关内容以比原来更加详细更加丰富的形式,清晰、保真地显示出来,这种详实内容+部分背景的表现形式符合人们的记忆特点,非常有利于浏览者对焦点视图作高层分析和理解,是该技术最大的特色,也是其他浏览技术所不具备的。

通过把图 5 与图 12 和图 14 作比较可以看出:基于速率的 Zooming-Panning 技术的优点是能够实现对焦点视图的快速定位,能够通过快速的场景切换帮助浏览者把握不同焦点视图之间以及焦点视图和背景之间的联系。这些优点有利于浏览者在大型信息空间中“保持清醒的头脑”,但对于分析和理解视图所附带的信息则显得能力不足,而基于自约束路径的 Zooming-Panning 技术则缺乏以上优点。



(a) Lena原图 (b) 鱼眼视图

图 13 生成鱼眼视图



图 14 采用本文方法得到的结果视图

参考文献:

- [1] 黄斌, 杨世洪, 吴钦章. 特大图像快速浏览解决方案研究及实现[J]. 计算机应用研究, 2005, 22(3): 171 - 173, 190.
- [2] RAO R, CARD S K. The table lens: Merging graphical and symbolic representations in an interactive focus + context visualization for

tabular information[C]// Proceedings of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM Press, 1994: 312 - 318.

- [3] COCKBURN A, SAVAGE J. Comparing speed-dependent automatic zooming with traditional scroll, pan, and zoom methods[C]// IEEE Symposium Information Visualization (INFOVIS'03). Seattle: IEEE, 2003: 146 - 153.
- [4] FURNAS G W. Generalized fisheye views[C]// ACM CHI'86 Conference on Human Factors in Computing Systems. Boston: ACM Press, 1986: 16 - 23.
- [5] SARKAR M, BROWN M H. Graphical fisheye views of graphs[C]// Proceeding of ACM CHI'92 Conference on Human Factors in Computing Systems. Monterey, California: ACM Press, 1992: 189 - 194.
- [6] IGARASHI T, HINCKLEY K. Speed-dependent automatic zooming for browsing large documents[J]. ACM Symposium User Interface Software and Technology, 2000, 2(2): 139 - 148.
- [7] VAN WIJK J J, NUIJ W A A. Smooth and efficient zooming and panning[C]// Proceeding of IEEE Symposium on Information Visualization 2003. Seattle: IEEE Press, 2003: 15 - 22.
- [8] 杨立志, 顾耀林. 一种基于有理二次样条曲线的图像放大方法[J]. 计算机应用, 2006, 26(5): 1061 - 1063.
- [9] 李晓彤. 几何光学 像差·光学设计[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2003.
- [10] WALLS D F, MILBURN G J. 量子光学[M]. 北京: 世界图书出版公司北京公司, 2000.
- [11] 马科斯·玻恩, 埃米尔·沃耳夫. 光学原理[M]. 杨遵荪, 译. 北京: 电子工业出版社, 2006.

(上接第 2065 页)

目标匹配搜索时则最多需要 $\sqrt{2} \times N^2$ 次乘法, $\sqrt{2} \times N^2$ 次加法以及 $2 \times N^2$ 次比较。因此,在通常情况下,采用本文的算法最多需要进行约 $2 \times N^3 + \sqrt{2} \times N^2$ 次乘法、 $\sqrt{2} \times N^3 + (2 + \sqrt{2}) \times N^2$ 次加法和 N^2 数量级次数的比较就能够在两帧之间搜索到运动目标。对于块匹配法:假设匹配模板的大小为 $M \times M$,采用全搜索方式,且边搜索边匹配判决,假设搜索前对目标运动速度进行了预测,且预测准确,即在 $N \times N$ 区域范围内就能够搜索到下一帧运动目标所在的位置,匹配块需要移动的次数为 N^2 ,对于移动所经历的位置的卷积,需要 M^2 次乘法, $(2M^2 - 1)$ 次加法, $(M^2 - 1)$ 次比较。因此,匹配法需要进行约 $M^2 \times N^2$ 次乘法, $(2M^2 - 1) \times N^2$ 次加法, $(M^2 - 1) \times N^2$ 次比较。而影响算法复杂度的因素主要在于算法中所进行的乘法数量,两种算法比较发现,在较高的采样频率下,对于一个较大目标的跟踪,采用匹配法时,其计算的复杂度会随着 M 的增大而大幅度提高,而对本文算法的复杂度影响不大。因此本文的基于帧间差探测函数模型的算法能够获得相对于块匹配法更好的实时性能。

4 结语

本文将“虚拟边缘”引入目标运动事件中,建立了帧间差探测函数模型,确定了实际的帧间差探测函数模型中参数的选择策略,并以此建立了基于帧间差探测函数模型的运动估计算法。实验表明:该算法能够实现对较复杂背景下运动的目标进行运动估计。算法的绝大部分计算量集中在对方向检测计算模板的设计和权值计算上。在今后的研究工作中可以建立模板数据库,以便运动目标尺寸和运动速度的预测值直接从数据库中调出所需要的计算模板,从而大大提高自动目标跟踪的实时性能。

参考文献:

- [1] CHANG M C, CHIEN J S. An adaptive search algorithm based on block classification for fast block motion estimation[C]// ISCAS 2006. Kos: IEEE Press, 2006: 3982 - 3985.
- [2] SUSHMITHA M, RIZKALLA M, SALAMA M Z, et al. High speed search algorithms for block-based motion estimation video compression[C]// International Conference on Computer Engineering and Systems. Cairo: IEEE Press, 2006: 308 - 312.
- [3] SUBRAMANYA S R, PATEL H, ERSOY I. Performance evaluation of block-based motion estimation algorithms and distortion measures[C]// ITCC'04. Las Vegas: IEEE Computer Society, 2004: 2 - 7.
- [4] LITBIN A, KONRAD J. Probabilistic video stabilization using Kalman filtering and mosaicking[EB/OL]. [2007 - 08 - 23]. <http://vip.bu.edu/jkonrad/Publications/local/cpapers/Litv03ivep.pdf>.
- [5] DU GUANGYU, HUANG TIANSSHU, SONG LIXIN, et al. A novel fast motion estimation method based on particle swarm optimization[C]// Proceedings of International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Guangzhou: IEEE Press, 2005, 8: 5038 - 5042.
- [6] SARMA M, SAMANTA D, DHAR A S. Motion estimation using multi-resolution based on Haar wavelet transformation[C]// Proceedings of IEEE Region 10 Annual International Conference. Bangalore: IEEE Press, 2004: 247 - 250.
- [7] MIETENS S, DE WITH P H N, HENTSCHEL C. Computational-complexity scalable motion estimation for mobile MPEG encoding[J]. IEEE Transaction on Consumer Electronics, 2004, 50(1): 281 - 291.
- [8] 何东键. 数字图像处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2003: 90 - 111.
- [9] 龙公, 王玉平, 谈正. 具有方向性、变尺度的过零交叉特征检测算子[J]. 数据采集与处理, 1995, 10(3): 175 - 180.
- [10] MARR D, HILDRETH E. Theory of edge detection[J]. Proceedings of the Royal Society London Series B: Biological Science, 1980, 207(1167): 187 - 217.