

一种基于模板匹配法的眼底图像拼接方法

焦晶萍, 廖文和, 沈建新

(南京航空航天大学 机电学院, 江苏 南京 210016)

摘要: 图像拼接技术是近年来医学图像处理的研究热点之一, 在眼科方面具有广泛的研究价值。笔者根据眼底图像的特点, 提出了一种基于模板匹配法的眼底图像拼接方法。首先在两幅图像的重叠区域中分别抓取一对初始匹配点, 分别以抓取点为中心取不同大小的模板区域和搜索区域, 然后根据模板匹配法的基本原理, 确定最佳匹配点, 通过平移和旋转变换完成图像之间的配准, 最后采用重叠区域线性过渡的图像融合方法消除拼缝, 实现图像间的平滑过渡。经实验验证, 该方法实现了不同视角眼底图像之间的拼接, 且计算速度快, 精度高。

关键词: 眼底图像; 图像配准; 图像融合; 模板匹配法

中图分类号: TP391.7

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)04-0148-03

A Fundus Image Mosaic Method Based on Template Matching

JIAO Jing-ping, LIAO Wen-he, SHEN Jian-xin

(Coll. of Mechanical & Electrical Eng., Nanjing Univ. of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: Image mosaicing is a hot spot of medical image processing technology in recent years, and has broad value of the research in ophthalmology. This paper proposed a fundus image mosaic method based on template matching according to the characteristics of fundus images. First, grab a pair of initial matching points in the overlapping area of two images, use these points as the center to get different size of template region and search region respectively, then fix the optimum matching points according to the template matching method. And then adjust the images through translation and rotation. At last eliminate edge joint by linear transition of overlapping regional to achieve a smooth transition between images. After experimental verification, fundus images of different perspectives were matched by this method which also has quick calculation speed and high accuracy.

Key words: fundus image; image registration; image fusion; template matching

0 引言

图像拼接技术是近十年来医学图像处理^[1]的研究热点, 其目的是使得多幅图像的空间几何位置匹配并且可视化。实际上就是不同图像之间的配准和叠加, 经过某些必要的变换使这些图像的空间位置、空间坐标达到匹配, 通过对多幅图像或者多种模式图像的信息综合获取, 弥补信息不准确和不完整的缺陷, 增加信息量, 使得临床诊断和治疗更加全面和精确。

由于受拍摄角度的限制, 眼底图像的成像区域相对于整个眼底来说是比较小的, 因此需要图像处理技

术把多幅图像拼接起来, 以便于医生对眼底的全面分析。如何研究出合适的眼底图像拼接方法, 便于各种疾病的确诊, 避免许多人为误差, 使之具有很好的可靠性、稳定性、可重复性和精确性, 在眼科方面具有广泛的研究价值和非常重要的临床意义。

1 图像拼接相关技术

图像配准和图像融合是图像拼接的两个关键技术^[2,3]。图像配准是图像融合的基础, 而且图像配准算法的计算量一般非常大, 因此图像拼接技术的发展很大程度上取决于图像配准技术的创新。

1.1 图像配准技术

图像配准主要是指对参考图像和待配准图像中的匹配信息进行提取, 在提取出的信息中寻找最佳的匹配, 完成图像间的对齐。图像拼接的成功与否主要是图像的配准。待拼接的图像之间, 可能存在平移、旋转、缩放等多种变换或者大面积的同色区域等很难匹配的情况, 一个好的图像配准算法应该能够在各种情

收稿日期: 2009-07-27; 修回日期: 2009-10-08

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)(2006AA02080477)

作者简介: 焦晶萍(1986-), 女, 江苏常州人, 硕士研究生, 研究方向为计算机辅助生物医学工程; 廖文和, 教授, 博士生导师, 研究方向为计算机辅助生物医学工程、数字化设计制造技术、制造业信息化工程技术; 沈建新, 教授, 博士生导师, 研究方向为计算机辅助生物医学工程、电子商务信息技术。

况下准确找到图像间的对应信息,将图像对齐。

近十年来,许多图像自动配准技术被提出并实现。主要可分为两大类:第一类是基于特征^[4,5]的配准方法,是利用图像明显的特征来估计图像之间的变换,在原始图像上提取边缘、区域、点等特征,再进行特征集的配准。这类算法对图像畸变有较好适应性,但由于提取特征过程中损失了大量图像信息,配准的精确度和准确性受到影响。第二类是基于区域^[6,7]的配准方法,是指利用两张图像像素间灰度的关系来确定图像间坐标变化的参数,充分利用了图像的信息。这类算法的研究比较成熟,易于实现,精度非常高,但计算量大,对图像畸变适应力弱。

1.2 图像融合技术

图像融合是将两幅已配准图像中的有用信息综合到一幅图像中并以可视化方法显示的技术。配准后的图像由于分辨率和视角的不同以及光照等因素的影响,在拼接的重叠部分一些本应该相同的图像特性就不会表现的完全一样,边界处也可能形成明显的拼缝。拼缝就是从一幅图像区域过渡到另一幅图像区域时,由于图像中的某些相关特性发生了跃变而产生的。为了改善拼接图像的视觉效果和客观质量,需要对拼接后的图像进行融合,得到平滑无缝全景图像。

2 基于模板匹配法的眼底图像拼接

眼底图像与一般图像相比比较特殊,具有自身的特点^[8]。由于采集设备和环境的影响,眼底图像(如图1所示)一般具有局部光照不均,血管对比度和信噪比较低的特点。

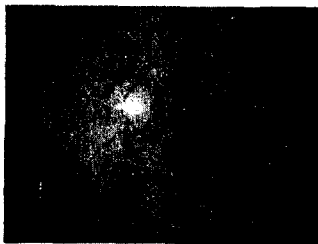
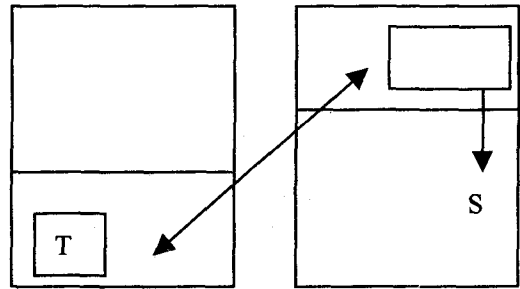


图1 眼底图像

从实际的眼底图像可以看出中央视神经乳头灰度值较高,周边较暗,图像背景亮度不均,血管对比度较差,因此很难从眼底图像准确完整地提取有效特征进行配准。而基于灰度的配准算法在配准全过程中使用了图像的全部灰度信息,使用最灵活,具有精度高、易于实现的优点,是人们最感兴趣和最重视的研究方法,也是目前发展最为成熟的一种方法。文章采用基于灰度的改进后的模板匹配算法对眼底图像进行配准,下面介绍模板匹配法的基本原理。

2.1 模板匹配法基本原理

如图2所示,设两幅图像A和B具有垂直方向的重叠区域(双箭头所指),其中图像A中有一模板图像块T,图像B中箭头所示为搜索区域S,设模板T叠放在搜索区域S上平移,模板覆盖下的那块搜索图叫做子图 $S^{i,j}$, (i,j) 为子图 $S^{i,j}$ 的左上角在搜索区域S中的坐标,若S的大小为 $M \times N$,T的大小为 $X \times Y$,则 i,j 的取值范围分别为 $1 < i < M - X + 1, 1 < j < N - Y + 1$ 。



图像 A

图像 B

图2 模板匹配法示意图

因为图像A和图像B是同一彩色CCD摄像机在不同时间摄取的且拍摄的物体具有重叠区域,因此,理想情况下一定有一块子图 $S^{i,j}$ 和T一致,则T和 $S^{i,j}$ 之差为零。但由于光照条件、器件光电噪声等因素影响,二者之差不可能为零。所以可以用最小平方误差 $D(i,j)$ 来衡量T和 $S^{i,j}$ 的相似程度。

$$D(i,j) = \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y [S^{i,j}(x,y) - T(x,y)]^2 \quad (1)$$

展开有:

$$D(i,j) = \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y [S^{i,j}(x,y)]^2 - 2 \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y S^{i,j}(x,y) \times T(x,y) + \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y [T(x,y)]^2 \quad (2)$$

(2)式第一项是模板T覆盖下子图像 $S^{i,j}$ 的能量,它随 (i,j) 缓慢变化,第三项表示模板的总能量,一旦模板确定后就是一个常量且与 (i,j) 无关,第二项是子图像 $S^{i,j}$ 和模板T的相互关系,随 (i,j) 变化而变化,当二者配准后此项取值最大,因此,可以用下面的归一化后相关函数 $R(i,j)$ 做相似性测度。

$$R(i,j) = \frac{\sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y S^{i,j}(x,y) \times T(x,y)}{\sqrt{\sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y [S^{i,j}(x,y)]^2} \sqrt{\sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y [T(x,y)]^2}}$$

根据施瓦兹不等式可知 $0 < R(i,j) < 1$,使用时模板在 $(M - X + 1) \times (N - Y + 1)$ 个位置上移动一遍后求得最大 $R(i,j)$ 处的 (i,j) 就是最佳匹配点,这就是用最大相似性准则进行模板匹配的基本原理。

2.2 改进的模板匹配法拼接眼底图像

若直接采用模板匹配法来进行眼底图像的配准,对于整图的穷尽搜索配准计算量很大,并且由于从不同的角度拍摄,图像与图像之间的灰度变化可以很大,尤其是非线性的光照变化将大大降低算法的性能,所以很可能造成配准精度不高,甚至是配准失败的情况。但是眼底图像最明显的特征就是血管和视神经盘,所以可以利用血管的走向以及血管分支和交叉处的信息来辅助进行配准。

文章基于模板匹配法的原理,针对眼底图像的特点提出了一种改进的模板匹配图像拼接方法。对两幅具有重叠区域的眼底图像,以其中一幅图像为参考图,另一幅为待配准图。首先分别抓取两幅图像重叠区域中的两个近似相同位置的点 A 和 B 作为初始配准点(最好抓取血管分支或交叉处),以抓取点 A 为中心点,取基准图中一定大小的区域为模板区域 T(如 61×61 , 以像素为单位),再在待配准图中以抓取点 B 为中心点取比模板区域更大的区域为搜索区域 S(如 101×101),如图 3 所示(左边是待配准图,右边是参考图,白色十字标处为抓取点,上方小区域图像分别为搜索区域 S 和模板区域 T)。然后根据模板匹配法的基本原理,用模板 T 在搜索区域 S 中逐个像素扫描,以最大相似性准则找到 A 的最佳配准点 A_1 ,最后根据 A、 A_1 的相对位置,通过图像之间的平移和旋转变换完成两幅图像之间的配准。这种方法承袭了模板匹配法易于实现及精度高的特点,又大大减少了计算量,经实验验证,针对眼底图像有很强的实用性。

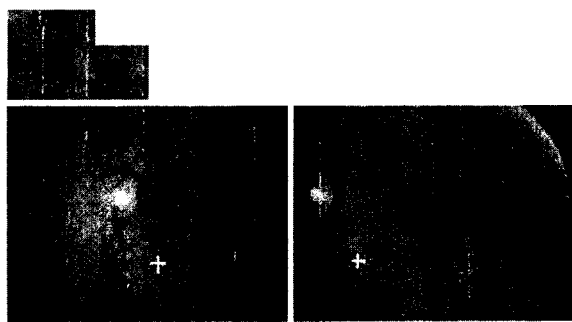


图 3 抓点示意图

2.3 图像融合

实现图像之间的配准后,就可以进行图像融合了。为了消除重叠区的拼缝问题,目前采用较多的是基于图像灰度的方法。这种方法又有两种:一是简单取重叠区域像素平均值,二是重叠区域线性过渡的方法。文章采用第二种方法,使得过渡部分比较平滑,没有明显的台阶。实现的具体步骤是假设两幅图像 A 和 B 的重叠区域宽度为 L,取过渡因子 $t(0 \leq t \leq 1)$ 。重叠

区的 x 轴和 y 轴最大和最小值分别为 x_{\max} 、 x_{\min} 和 y_{\max} 、 y_{\min} , 则 $t = \frac{x_{\max} - x}{x_{\max} - x_{\min}}$, 重叠区的像素值为 $I = tI_A(x,$

$y) + (1 - t)I_B(x, y)$ 。 $I_A(x, y)$, $I_B(x, y)$ 分别为图 A 和 B 相对应的像素值。当 t 由 1 慢慢变化到 0 时,图像就从 $I_A(x, y)$ 慢慢过渡到了 $I_B(x, y)$,这样就可以实现图像间的平滑过渡,从而消除了拼接的痕迹。

2.4 图像拼接效果分析

文章所拼接的图像是由新型眼底照相机拍摄的同一只眼睛的五个不同方位的眼底图像(图片原始大小为 1600×1200),如图 4 所示,上、下、左、右的图像均和中间图有重叠部分。

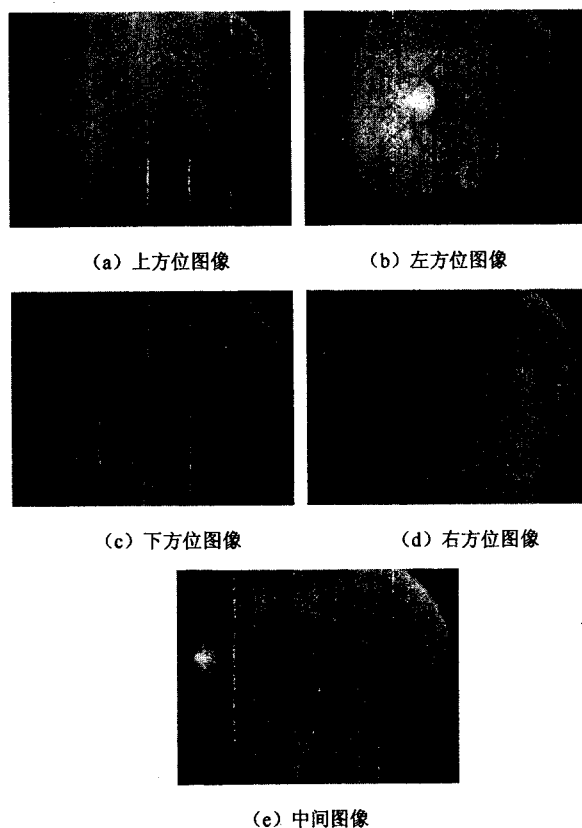


图 4 待拼接的眼底图像

按前文所述基于模板匹配法的眼底图像拼接方法,取模板区域大小为 61×61 ,搜索区域大小为 101×101 (均以像素为单位),经过图像配准及融合之后,五幅图像拼接效果如图 5 所示。可以看出,图像拼接的很准确,过渡也平滑自然,融合得很好。由于眼底照相机采集图像时光源的光照条件基本不变,拼接时影响质量的主要原因取决于光学镜头的几何畸变。但实践证明,这种影响可以忽略不计。此外,由于步进电机移动时机械部分惯性的影响,每次连续拼接时两幅图像的重叠部分距离值不为定值,但我们的算法仍能准确无误进行拼接,说明本算法具有一定的抗干扰性。当

(下转第 154 页)

(c_1, c_2, c_3, c_4) , 破解 OAEP 和抵御 NUF - RMA 的签名算法, 从而得到可能正确的签名对 $(r_2, c_2)(k_2, c_4)$ 。通过文献[2] 可得, 方案可抵御存在伪造, 故定理一成立。

4 结束语

文中在不影响方案安全性的前提下, 对 J. Pieprzyk 所提出的“最优并行签密”进行了改进, 大规模地缩减了签密过程中的数据冗余和密文长度, 使得密文长度几乎最优, 从而有效地提高了方案效率。同时它保留了“最优并行签密”原有的优点: 可以在签密和解签密过程中并行处理, 方案的普遍性允许使用所有适合的加密和签名算法, 且对所使用算法只需要很低的安全性要求 (OW - CPA & NUF - RMA)。因此, 改进方案可更好地满足应用需求。

参考文献:

- [1] ZHENG Y. Signcryption or How to Achieve Cost (Signature & Encryption) \ll Cost (Signature) + Cost (Encryption) [C]//Crypto 1997, LNCS 1294. Berlin: Springer - Verlag, 1997:165 - 179.
- [2] Pieprzyk J, Pointcheval D. Parallel Authentication and Public

- Key Encryption [C]//ACISP 2003, LNCS. Berlin: Springer - Verlag, 2003:387 - 401.

- [3] An J H, Dodis Y, Rabin T. On the Security of Joint Signatures and Encryption [C]//Eurocrypt 2002, LNCS 2332. Berlin: Springer - Verlag, 2002:83 - 107.
- [4] Bellare M, Namprepren C. Authenticated Encryption: Relations among Notions and Analysis of the Generic Composition Paradigm [C]//Asiacrypt 2000, LNCS Vol. 1976. Berlin: Springer, 2000:531 - 545.
- [5] Rabin M O. Efficient Dispersal of Information for Security, Load Balancing, and Fault Tolerance [J]. Journal of ACM, 1989, 36(2):335 - 348.
- [6] Shamir A. How to Share a Secret [J]. Communications of the ACM, 1979, 22:612 - 613.
- [7] Krawczyk H. Distributed Fingerprints and Secure Information Dispersal [C]//Proceedings of 12th PODC. New York: ACM press, 1993:207 - 218.
- [8] Bellare M, Rogaway P. Random Oracles Are Practical: a Paradigm for Designing Efficient Protocols [C]//Proceedings of the 1st CCS. New York: ACM Press, 1993:62 - 73.
- [9] Krawczyk H. Secret Sharing Made Short [C]//Advances in Cryptography - CRYPTO 93. Berlin: Springer, 1994:136 - 146.

(上接第 150 页)

然, 本算法也有一定的局限性。当抓取的点不在血管交叉点或分支处时, 会出现找错最佳匹配点的情况, 从而导致拼接精度降低。

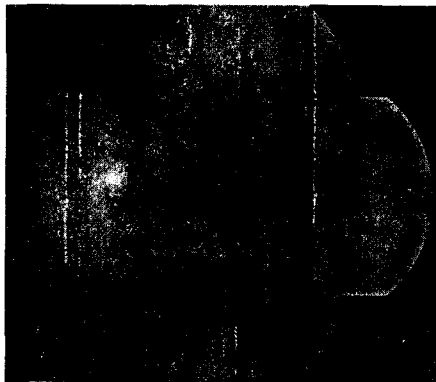


图 5 拼接效果图

3 结束语

由于眼底图像对灰度的敏感性, 直接采用模板匹配法对眼底图像进行拼接, 可能造成误匹配, 且计算量太大。文中根据眼底图像血管信息丰富的特点, 提出先抓取初始匹配点, 然后在小区域内用模板匹配法的原理找到最佳匹配点, 再通过重叠区域线性过渡的方

法消除拼缝, 最终实现拼接的方法。经实验验证, 此方法拼接精度高, 且易于实现。

参考文献:

- [1] 宋余庆. 数字医学图像 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [2] 解凯, 郭恒业, 张田文. 图像 Mosaics 技术综述 [J]. 电子学报, 2004, 32(4):630 - 634.
- [3] 徐正光, 田清, 张利欣. 图像拼接方法探讨 [J]. 微计算机信息, 2006, 22(30):255 - 256.
- [4] 张少辉, 沈晓蓉, 范耀祖. 一种基于图像特征点提取及匹配的方法 [J]. 北京航空航天大学学报, 2008, 34(5):516 - 519.
- [5] 李寒, 牛纪桢, 郭禾. 基于特征点的全自动无缝图像拼接方法 [J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(9):2083 - 2085.
- [6] 胡社教, 涂桂林, 江萍. 基于灰度相关图像拼接的改进算法 [J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2008, 31(6):863 - 865.
- [7] 高军, 李学伟, 张建, 等. 基于模板匹配的图像配准算法 [J]. 西安交通大学学报, 2007, 41(3):307 - 311.
- [8] Stewart C V, Tsai Chia - Ling, Roysam B. The Dual - Bootstrap Iterative Closest Point Algorithm with Application to Retinal Image Registration [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2003, 22(11):1379 - 1394.