

基于双密度双树复小波的立体匹配

王兴昌,李 炜,刘政怡,郭 星
(安徽大学 计算机学院,安徽 合肥 230000)

摘 要:立体匹配成为近年计算机视觉研究的重点,文中旨在通过研究和实验探索出一种比较理想的立体匹配算法从而提高图像立体匹配的鲁棒性。双密度双树复小波具有多分辨率、数据冗余的有限性以及平移不变性的优点,文章利用双密度双树复小波的这些优点提出一种相位匹配算法,其原理是提取多尺度的相位信息作为立体像对的匹配基元,再利用金字塔模式实现匹配。进行匹配时首先由最低分辨率的层级开始,再逐层推进,直至图层的最高级,并利用上层匹配所获得的视差结果来引导本层通道的相位匹配,形成一种多分辨率的层次匹配框架,即图像金字塔结构框架。作者利用这种方法最终达到了预期的实验效果。实验结果表明,采用此方法能够得到稠密的视差图,匹配结果精确度很高,是目前比较理想的立体匹配算法。

关键词:立体匹配;相位匹配;双密度双树复小波;金字塔模式

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)10-0091-03

Stereo Matching Based on Double-density Dual-tree Complex Wavelet Transform

WANG Xing-chang, LI Wei, LIU Zheng-yi, GUO Xing
(College of Computer, Anhui University, Hefei 230000, China)

Abstract: Stereo matching is becoming the focus of computer vision research in recent years, it aims to explore a more ideal stereo matching algorithm by doing research and experiments to improve the robustness of image matching. Double-density dual-tree complex wavelet has the advantages of multi-resolution, limited data redundancy and translational invariance. According to these advantages of double-density dual-tree complex wavelet, proposed a phase-matching algorithm, its principle is to extract multi-scale phase information as a three-dimensional like a pair matching primitives, and then use the pyramid model to achieve matching. First match the lowest resolution level, layer by layer and then push forward until the layer which is the most advanced, and use the upper matching the parallax results to guide the phase matching of the channels in this layer, forming a multi-resolution level matching framework, call it the framework of the image pyramid structure. The author uses this method to ultimately achieve the expected experimental results. The experimental results show that by this method get a dense disparity map, which has the highly accurate matching results, at present it is the most ideal stereo matching algorithm.

Key words: stereo matching; phase matching; double-density dual tree complex wavelet; pyramid model

0 引言

立体匹配一直受到国内外学者的极大关注,很多专家学者们致力于立体匹配的研究并取得丰富的研究成果。其原理是寻找空间物体与其投影图像之间相对应的投影点,即寻找物体的每个像素点在投影图像上的对应点。依据选择的匹配基元信息的不同,可将立体匹配算法分成三类^[1,2]:基于区域相关的匹配(Area

-based)、基于特征的匹配(Feature-based)和基于相位的匹配(Phase-based),基于区域匹配的原理是通过创建窗口获取图像的灰度分布值,实现简单,定位精度高,但是由于其利用了局部窗口之间灰度信息的相关性,所以对成像条件敏感、计算量大、计算速度慢;特征匹配采用统计的方法,算法灵活性强,便于硬件实现,具有抗噪性能,计算速度快,但是只能生成松散的视差表面,且匹配特征的选择检测增加了算法的复杂性和不稳定性;相位匹配与前两种方法相比,具有多分辨率分析的先天优势,其匹配基元本身就反映了信号结构的位置信息,能够获得亚像素级精度的致密视差,对诸如左右图像亮度差、旋转、变形、噪声等原因造成的匹配困难有天生的免疫力。双密度双树复小波变换^[3]

收稿日期:2012-02-27;修回日期:2012-05-29

基金项目:安徽省自然科学基金青年基金项目(11040606Q07);高校省级重点自然科学基金项目(kj2010A023)

作者简介:王兴昌(1985-),男,河北青县人,硕士研究生,研究方向为模式识别、计算机双目视觉;李 炜,教授,博士,研究方向为中文信息处理、图像处理。

由 Selesnick 在 2004 年提出,其集双数小波和双密度小波的优点于一体,具有稳定的方向性、数据冗余的有限性、完全重构以及计算简单等特点。文中根据这种特点提出一种相位匹配算法,由双密度双树复小波变换提取匹配基元,再利用金字塔模式实现匹配。

1 双密度双树复小波变换

二维双密度双树复小波变换^[4-6]由 2 个不同的尺度函数和 4 个不同的小波构成,其中尺度函数定义为 $\varphi_h(t)$ 、 $\varphi_g(t)$,小波定义为 $\psi_{h,1}(t)$ 、 $\psi_{h,2}(t)$ 、 $\psi_{g,1}(t)$ 、 $\psi_{g,2}(t)$,且满足公式

$$\begin{aligned}\psi_{h,1}(t) &= \psi_{h,2}(t - 0.5) \\ \psi_{g,1}(t) &= \psi_{g,2}(t - 0.5)\end{aligned}\quad (1)$$

并形成近似的希尔伯特变换对,即:

$$\begin{aligned}\psi_{g,1}(t) &\approx H\{\psi_{h,1}(t)\} \\ \psi_{g,2}(t) &= H\{\psi_{h,2}(t)\}\end{aligned}\quad (2)$$

双密度双树复小波变换通过使用并行的四个过采样双密度离散小波得以完成的,而且行和列所采用的滤波器组也各不相同。它的迭代滤波器组示意图如图 1 所示。

图 2 是实现二层二维双密度双树复小波变换的示意图。其中, L_o 、 H_i 即为第一层的分解滤波器组,用来表示 2D DD DWT 的一个尺度滤波器和八个小波滤波器。 L_o 、 H_i 为第 2 层和其后各层的分解滤波器。 L 表示 1 个低通子带图, $L_{mn}(m=j, n=1, 2, 3, 4)$ 代表图像经由第 j 层变换后形成的 4 个低通子带图, H 表示 8 个高通子带图, $H_{mn}(m=j, n=1, 2, 3, 4)$ 表示图像经过第 j 层变换后形成的 32 个高通子带图。

DD-DT CWT 通过对低通子带图的递归应用实现输入图像的层数分解,并且运用和与差的数学运算方法对每对子带图进行计算,产生 32 个小波,分别描述 16 个主方向,每个主方向均用两个小波来表示,作为 16 个复值小波的实部和虚部,实现更加精确地描述图像的细节信息。

2 基于双密度双树复小波的立体匹配算法

双密度双树复^[7]小波具有多分辨率以及平移不变性的优点,根据这一特点,算法提取多尺度的相位信息作为立体像对的匹配基元,进行匹配时首先从最低分

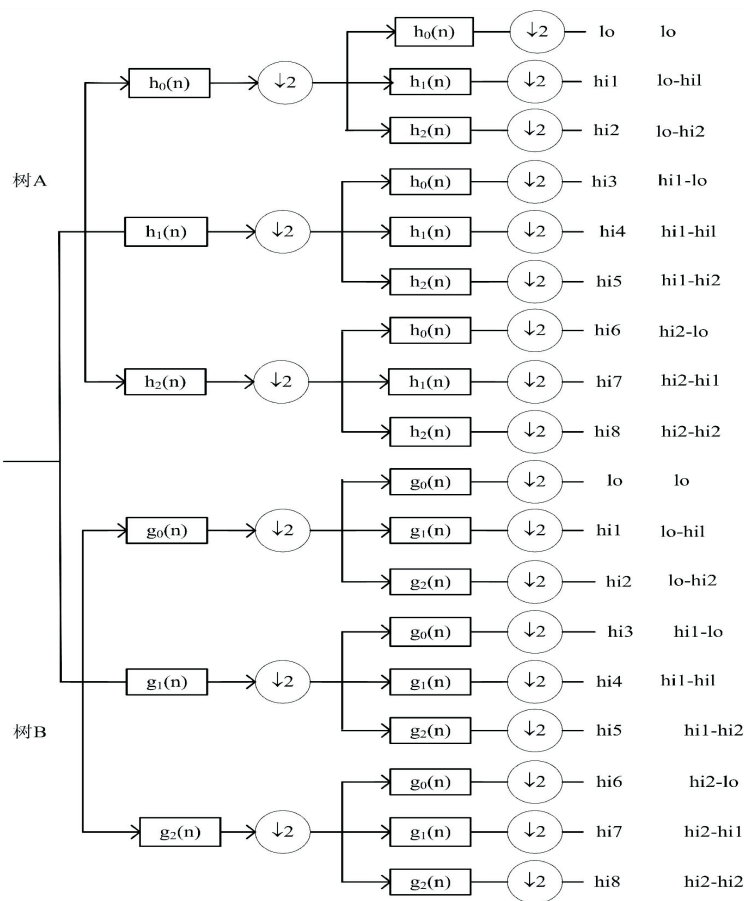


图 1 双密度双树复小波的迭代滤波器组

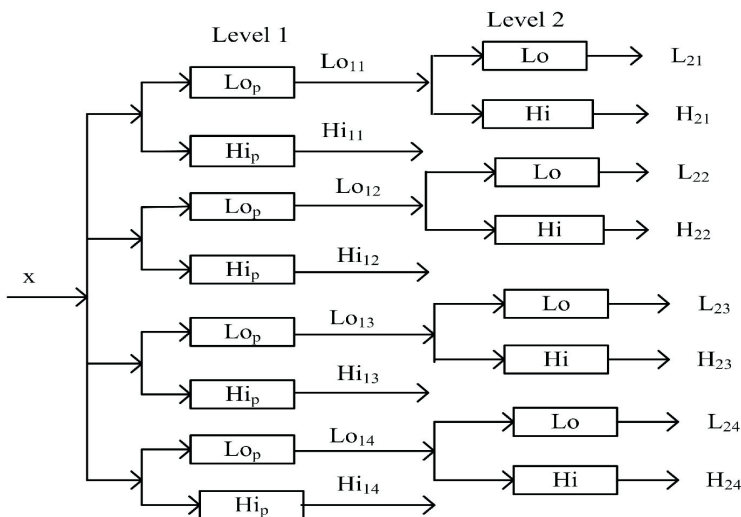


图 2 二层 2D 双密度双树复小波变换

辨率的层级开始,再逐层推进直至图层的最高级,即具有最高分辨率的图像层级,并利用上层匹配所获得的视差结果来引导本层通道的相位匹配,形成一种多分辨率的层次匹配框架。具体算法^[8]如下:

Step1: 采用双密度双树复小波的迭代滤波器对图像滤波,得到多分辨率的小波系数以及相位信息;

Step2: 初始化 P 级视差图,令 J 为计数器,且 $P=J$;

Step3: 从 P 级(即最低分辨率)开始,在单一通道

对左右图像相位信息对进行匹配,得到 J 级视差;

Step4:利用线性内插获得 J 级视差图;

Step5:把 $P = J$ 得到的 J 级相位信息映射到 $P = J - 1$ 尺度图像上,得到 $P = J - 1$ 尺度图像对的视差图,即通过高一级图像对的相位信息匹配的视差结果,获得低一级相位信息匹配的初值,用来约束低一级匹配点的匹配位置;

Step6:设 $J = J - 1$,重复 Step5,即将本层通道获得的图像视差值输出到下一级图层,最终达到在最高分辨率图像对上 ($J = 0$ 时) 的匹配,获得准确度高的致密视差图。

在提取相位信息时将扫描线作为滤波单位,因一维小波双密度双树复小波具有二进制特性,所以经过滤波处理后的小波系数经过二抽取,扫描线信息量是前一级的一半,因此经过双密度双树复小波的滤波处理后,得到不同尺度下的复小波系数及相位信息^[9,10]。

基于双密度双树复小波的立体匹配算法对图像进行多分辨率分解,获得一组分辨率不同的图像构成金字塔结构框架。在金字塔模式中,随着图像层数的增加,图像分辨率降低,图像更加粗糙,匹配的时间变短,匹配精度也随之降低。然后利用较高层数图像得到的视差数据指导较低层数图像的匹配过程,从而提高图像匹配效率,同时增加图像匹配结果的精度。图像金字塔结构的匹配精度因层数的变化而不同,层数越低精度越高,因此图像金字塔匹配又称作由粗到精的匹配。依据这种逐层细化的匹配原理,一方面通过粗尺度的处理图像数据得到低分辨率的图像,并获得图像的结构性的整体信息;另一方面,通过分析较高分辨率的图像数据获取图像的细节相位信息,最后整合这些相位信息,形成可以满足全局一致性约束条件的致密视差图。

在基于相位的立体匹配中,存在相位卷绕的问题^[11,12],当视差最大值不超过滤波器的半波长时才可得精确度高的视差结果。在图像金字塔匹配结构中,第 J 层的最大视差值为本层的滤波器半波长的 $2j - 1$ 倍,所以分析图像对的分解层数时,必须对这一问题进行充分考虑,以免出现任何一层级的实际视差结果

超出相位匹配范围的现象。

3 实验结果与分析

实验中,采用双密度双树复小波构造滤波器得到图像的相位信息,通过粗-精匹配模式进行立体匹配。由于双密度双树复小波综合了双密度小波和双树复小波的优点,同时采用了多分辨率匹配,所以实验效果比较理想,达到了基本的预期结果。

图 3 和图 4 分别为 tsukuba 和 cones 的匹配结果。从图中可以看出,双密度双树复小波经过多分辨率变换后的相位,完美地保存了立体像对的整体结构信息,它作为图像匹配基元,具备良好的稳定不变性和结构重构性,有利于高精度高效率地实现立体匹配,利用由粗到精的匹配模式,可以先得到粗糙的结构性的视差信息,进而层层推进,逐层引导高分辨率层的图像匹配,减少歧义匹配,同时也有效地保障了算法的执行效率。

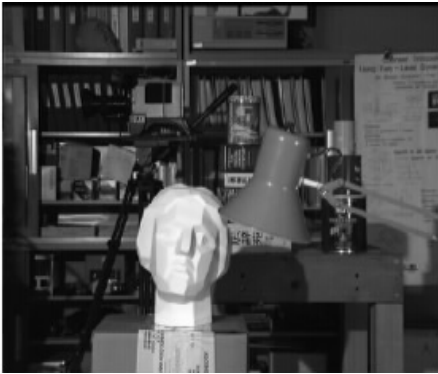


图 3 tsukuba 匹配结果



图 4 cones 匹配结果

4 结束语

文中提出一种基于双密度双树复小波的立体匹配算法,采用双密度双树复小波构造滤波器得到图像的相位信息,通过粗-精匹配模式进行立体匹配。算法综合了双密度小波和双树复小波的优点,计算复杂度低,图像信息没有丢失,因其可以完整地保留频带信

网页链接;

第三,系统客户端软件利用永久存储机制即记录管理系统 RMS 可将手机由系统查询到的 SVG 图像资源保存到存储卡中以便于学习者日后的使用。

4)相比于直接安装在移动设备终端上的查询软件,本系统有良好的扩充性;系统可随时加入新的公式、定理或图形而不会影响到用户的使用,即使修改了系统结构,也只需要重新发布服务接口即可。

5)考虑到目前使用移动终端进行学习的过程中,访问速度和存储容量都存在一定的限制,因此本系统特别将 Ajax 技术^[13-15]引入以优化性能,另外在服务端与客户端传输 SVG 文档时用 gzip 进行数据压缩用于提升速度。

6 结束语

文中针对目前使用移动终端设备查询数学公式和图形采用的两种方式均不理想的现状,设计了移动数学公式及图形查询系统。该系统基于 Web Services 的四层架构,使用 J2EE 开发服务端、J2ME 开发客户端、Mobile SVG 技术用于表示数学图形,解决了学习者在移动设备时查询数学公式和图形的困难。该系统的架构和所采用的技术也克服了目前移动设备访问网络资源速度较慢、存储量较小、分辨率不同等各种可能影响学习效果的不利因素,因此能为学习者提供更好的移动数学学习支持,具有很好的应用价值。

参考文献:

[1] 黄荣怀,Salomaa J. 移动学习-理论·现状·趋势[M]. 北京:

(上接第 93 页)

息,所以滤波在分解过程中不需再进行频带选择,从而有效避免了由于频带选择出现误差而丢失图像信息的现象。

参考文献:

[1] 狄红卫,柴颖,李达.一种快速双目视觉立体匹配算法[J]. 光学学报,2009,29(8):2180-2184.
[2] 王瑞,杨润泽,尹晓春.一种改进的立体像对密集点匹配算法[J]. 计算机技术与发展,2011,21(9):71-76.
[3] 荆元强.基于相位信息的立体图像匹配研究[D]. 天津:天津工业大学,2008.
[4] 徐彦君,杜利民,侯自强.基于相位的尺度自适应立体匹配方法[J]. 电子学报,1999,27(7):38-41.
[5] Selesnick I W. The Double-density Dual-tree DWT[J]. IEEE Transactions on Signal Processing,2004,52(5):1304-1314.
[6] 刘晓营.基于双密度双树复小波变换的目标检测和跟踪算法研究[D]. 重庆:重庆大学,2009.

科学出版社,2008.

[2] Ting R Y. Mobile Learning:Current Trend and Future Challenges [C]//Proceeding of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT' 05). [s. l.]:[s. n.],2005:603-607.
[3] 岳昆,王晓玲,周傲英. Web 服务核心支撑技术:研究综述[J]. 软件学报,2004,15(3):428-442.
[4] Christensen E, Curbera F, Meredith G, et al. Web services description language (WSDL) 1.1 [EB/OL]. 2001-03-15. <http://www.w3.org/TR/wsdl>.
[5] 王娟.基于 Web Services 的移动学习系统设计[J]. 电脑知识与技术,2010(17):4704-4706.
[6] 张磊,彭舰,李红.移动设备上实现 Web Services 技术的研究及应用[J]. 计算机应用,2004(12):143-146.
[7] 黄凯伟. SVG 开发实践[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
[8] 唐勇,吴尽昭,陈剑锋.基于 SVG 的专用公式编辑工具的设计与实现[J]. 计算机应用,2009(10):2865-2868.
[9] 周明伟,黄曼绮,袁丁,等.基于 SVG 的动态函数作图研究及其实现[J]. 计算机工程与设计,2007(9):4502-4506.
[10] 麻凤梅.基于 XHTML+ MathML+ SVG 框架的数学辅助教学系统[J]. 微计算机应用,2009(3):5-10.
[11] JSR172. J2ME Web Services[S]. 2002.
[12] Wang Dianlai, Huang Xinyuan. Research of Mobile Map Service for Smart Phone Based on Mobile SVG [C]//2011 7th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM). [s. l.]:[s. n.],2011:1-4.
[13] 于杰,杨斌,王晓峰,等.基于 Ajax 和 SVG 的 Web 移动目标监控系统[J]. 上海工程技术大学学报,2008(3):60-64.
[14] 王燕,吴宇红,徐坤.基于 AJAX 和 Web Services 的 Web 应用框架[J]. 电子科技,2006(11):60-63.
[15] 谢亦才,杨群生.基于 SVG 和 Ajax 的 WebGIS 设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2009,19(5):249-253.

[7] 李鹏,喻星.基于双密度双树小波变换的超声图像降噪[J]. 系统仿真学报,2007(24):5798-5800.
[8] 郭巍,张平.基于双密度双树附属小波的变化合成孔径雷达图像降噪研究[J]. 电子学报,2009(12):2747-2752.
[9] Jayawardena A. Design of Double Density Wavelet Filter Banks [C]//Proceedings of the 7th International Symposium on Signal Processing and Its Applications. Piscataway, NJ: IEEE Press,2003:463-466.
[10] Shui Penglang. Image denoising algorithm via doubly local wiener filtering with direction windows in wavelet domain[J]. IEEE Signal Processing Letters,2005,12(10):681-684.
[11] 陈旺,张茂军,熊志辉.基于区域边界约束和图割优化的稠密匹配算法[J]. 软件学报,2008,16(6):960-969.
[12] Florian L, Thierry B, Michael U. A new SURE approach to image denoising: interscale orthonormal wavelet thresholding [J]. IEEE Transactions on Image Processing,2007,16(3):593-606.

基于双密度双树复小波的立体匹配

作者: 王兴昌, 李炜, 刘政怡, 郭星
作者单位: 安徽大学 计算机学院, 安徽 合肥 230000
刊名: 计算机技术与发展
英文刊名: Computer Technology and Development
年, 卷(期): 2012(10)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201210025.aspx