

文章编号 1004-924X(2003) 05-0523-04

图像采集卡硬件参数基于熵的自动优化

顾海军^{1,2}, 林明秀², 宋建中², 赵晓晖¹, 王欣刚²

(1. 吉林大学 通信学院, 吉林 长春 130022;

2. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130012)

摘要: 为降低计算复杂度和系统响应时间, 提出了图像采集卡硬件参数自动优化的工程实现算法。通过统计图像直方图两端的数据量获得信息熵的九种状态, 并依据所处状态的不同对采集卡硬件参数进行动态调整, 从而改变图像的亮度和对比度获得图像最大熵。实验结果表明在单帧时间延迟的条件下, 此种方法可以完成对图像采集卡硬件参数的自适应优化。

关键词: 图像采集卡; 信息熵; 直方图; 反应时间

中图分类号: TP391.41 文献标识码: A

Automatic optimization of image board parameters based on entropy

GU Haijun^{1,2}, LIN Mingxiu², SONG Jianzhong², ZHAO Xiaohui¹, WANG Xin gang²

(1. Jilin University, Communication Institute, Changchun 130012, China

2. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022, China)

Abstract: In order to simplify computation and reduce system response time, an algorithm has been proposed for automatic optimization of image board parameters. Maximum entropy is obtained by establishing nine different states of image entropy from statistics at both ends of image histograms, dynamically adjusting the image board parameters in accordance with the states of image entropy, and then changing the brightness and contrast of images. Experimental results indicate that under the condition of single frame time delay, this algorithm can be applied for adaptive optimization of image board parameters.

Key words: image board; entropy; histograms; response time

1 引言

在图像采集系统中硬件参数的设置对采集的图像效果影响很大, 目前大多数采集系统中参数的设定是通过人工参与的^[1]。如果能够找到一个合理的图像评价指标, 进行采集参数自动设定, 对于自动化的图像分析处理系统将具有相当大的实用价值。

图像信息熵是衡量图像质量的一个重要指标, 对于二维灰度图像而言, 如果只研究图像的灰度层次, 不考虑其在二维空间的具体位置, 则可用信息熵表征图像信息的大小或多少。假设一幅图像中某像元的灰度 i 表示事件 a_i , p_i 表示事件 a_i 在图像中出现的概率, N 表示图像的最大灰度级数, 则一幅二维灰度图像和信息熵可用式(1)表示^[2-3]。

收稿日期: 2003-03-16; 修订日期: 2003-06-07.

基金项目: 吉林省科学计划发展项目(No. 20010316)

$$H = - \sum_{i=1}^N p_i \ln p_i, \quad (1)$$

其中 $p_i = t_i/T$; t_i 表示整幅图像中灰度 i 的像元数, T 表示整幅图像的像元数。图像的灰度值越集中, 其信息量越小, 例如图像集中在一个灰度值, 则信息量为 0; 图像的灰度值越分散, 其信息量越大, 例如图像灰度等概率分布时, 信息量最大; 图像信息熵的大小代表了图像的层次, 信息熵越大, 层次越丰富, 反之层次不丰富。

这里提出了一种基于图像信息熵的图像采集参数优化方法, 给出了简单有效的工程实现的算法。

2 图像信息熵与亮度、对比度的关系

在图像采集过程中, 亮度、对比度设置的不同将导致图像灰度分布发生变化, 图像信息熵也会不同。设图像原始灰度分布概率密度函数为 P , 受亮度 b 、对比度 c 影响后的灰度分布概率密度函数为 $P(b, c)$, 所以图像信息熵可用式(2)表示^[45]。

$$H = - \sum_{i=0}^{255} p_i(b, c) \ln p_i(b, c), \quad (2)$$

选取适当的 b, c 能使 H 取得最大值, 此时的亮度、对比度设置即为最佳值。从理论出发, 只需计算出所有亮度值与对比度值组合时采集图像的信息熵, 取其信息熵最大时的亮度与对比度设置参数即可。但实际是很困难的, 比如亮度与对比度各有 256 个调节等级, 则共可组合出 65 536 种设置, 对 65 536 帧图像计算信息熵所带来的计算量以及采集、传输这些数据的时间都是相当可观的, 因此这种方法不具备实用价值。

3 图像信息熵的工程近似

图像信息熵反映的是图像的灰度分布情况, 而图像的灰度直方图是对灰度信息的统计^[4], 二者之间存在着一定的联系。通过灰度直方图可以计算信息熵, 也可以判断信息熵的情况, 例如平直的直方图所求得的信息熵最大, 而灰度集中的直方图对应的信息熵小。

亮度的设置大致分三种情况: 偏小、适中、偏大; 对比度的设置也是同样有三种情况, 两者组合共有九种模式, 其中一种是亮度、对比度设置合

理, 其余 8 种模式都是参数设置不当。只有亮度和对比度均设置合理的图像, 信息熵最大, 灰度直方图才更接近于平直, 灰度值离散度最大。反过来看, 可得出结论: 直方图离散度大的, 信息熵也大; 离散度小的, 信息熵也小。

因此, 只要得到图像的灰度直方图, 就可以定性判断信息熵的大小。进一步, 可以通过分析直方图, 判断亮度、对比度设置处于哪种模式, 然后进行有针对性的调整, 逐步逼近, 直到亮度、对比度均取到合理值为止。

4 信息熵调整的具体实现方法

亮度对比度不合理模式共有八种, 各种模式的调整方法不同, 有的需要单独调整一个参数, 有的需要两个参数同时调整, 这样在执行时比较复杂。实际上如果把执行动作分解开来, 每次只进行一个参数的调整, 就简单多了, 一共只有四种调整方式: 即增大亮度, 减小亮度, 增大对比度, 减小对比度, 即由八种模式变为四种模式, 这样更易于实现。



图 1 测试点示意图

Fig. 1 Schematic diagram of probes

为了实现四种模式, 只需在直方图中加两个测试点, 即亮端测试点 H 和暗端测试点 L , 如图 1 所示。 H, L 分别记录亮端像元个数和暗端像元个数。由于亮度、对比度设置不合理将导致“亮饱和”、“暗饱和”、“亮空缺”、“暗空缺”或它们的组合, 因此只须考察 H 和 L 值的情况即可确定是哪一种调整模式。其中 H, L 的测试灰度值宽度可以是 1, 也可以比 1 大。根据需要可设置 1 组阈值 $V_{H_0}, V_{H_1}, V_{L_0}, V_{L_1}$, 其中 V_{H_0} 为亮端下阈值, V_{H_1} 为亮端上阈值, V_{L_0} 为暗端下阈值, V_{L_1} 为暗端上阈值。如果将 H 和 L 组合在一起, 共可分成 9 个区域, 如图 2 所示。其中 1 区为暗饱和、亮空缺; 2 区为暗饱和、亮适中; 3 区为暗饱和、亮饱和; 4 区为暗适中、亮空缺; 5 区为对比度、亮度均适中; 6 区为暗适中、亮饱和; 7 区为暗空缺、亮空缺; 8 区为

暗空缺、亮适中; 9 区为暗空缺、亮饱和。

调整对比度、亮度, 必然使灰度直方图发生变化^[6], 进而导致 H 、 L 的值增大或减小。因此, 只需按照一定的规则调整对比度和亮度, 使 1、2、3、4、6、7、8、9 八个区的不合理模式最终调整到 5 区, 即实现了参数的最佳调整。

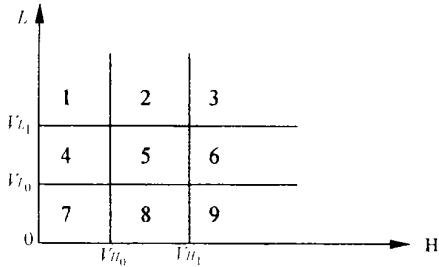


图 2 九区域示意图

Fig. 2 Picture of 9 regions

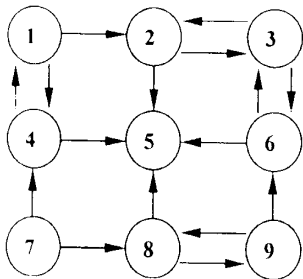


图 3 状态转换示意图

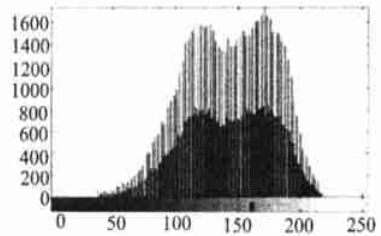
Fig. 3 Schematic diagram of state shifting

为了实现这种调整, 使八种不合理模式逐步逼近到 5 区中来, 可把这 8 个区域分别聚类到四种模式中。以上四种模式按规则调整参数后, 可能模式间互相转化, 其状态转化逻辑如图 3 所示, 但经多次逼近后, 都将进入图 3 中的 5 区中, 结束调整。

5 实验结论

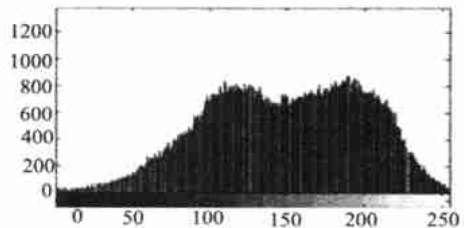
在图像采集系统中利用前述的方法进行了自动参数优化的实验测试。实现过程如下: 采集 1 帧图像, 进行直方图统计并进行判决, 按照图 3 中的方法修正采集参数。实时采集, 实时修正, 直到参数合理为止。图 4 给出了经过自动参数设置前后的 2 幅图像及其相应的直方图。对比 2 幅图像

的直方图可以看出, 参数修正前的图像直方图比较集中陡峭, 修正后的直方图比较平坦。通过计算可知前者的信息熵比后者的信息熵小。从图像的效果可以看出, 使用信息熵作为图像的评价指标来调整采集参数是可行的。此种方法计算复杂度很低, 可以在单帧时延内完成信息熵的近似计算并优化图像采集的参数设置。实验证明利用此种方法在多数情况下, 可以在 2 帧的时间范围内得到满意的图像硬件参数。



a. 参数调整前

a. Before adjusting parameters



b. 参数调整后

b. After adjusting parameters

图 4 参数自动调整前后图像及其相应的直方图

Fig. 4 Images and their histograms before and after adjusting parameters of image grab

参考文献:

- [1] 张思芳, 李正宁. 一种实时成像跟踪系统的研究[J]. 光学 精密工程, 2002, 12(6): 573-577.
ZHANG S F, LI ZH N. Study of an image tracking system based on DSP [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2002, 12(6): 573-577. (in Chinese)
- [2] 傅祖芸. 信息论基础[M]. 北京: 电子工业出版社, 1989.
FU Z Y. *Foundation of information theory* [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 1989. (in Chinese)
- [3] 吴伯修. 信息论与编码[M]. 南京: 东南大学出版社, 1991.
WU B X. *Information theory and coding* [M]. Nanjing: Sout east University Press, 1991. (in Chinese)
- [4] 章毓晋. 图象分割[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
ZHANG Y J. *Image partition* [M]. Beijing: Publishing House of Science, 2001. (in Chinese)
- [5] 章毓晋. 图象工程 图象处理与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
ZHANG Y J. *Image engineering and image processing* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999. (in Chinese)
- [6] CASTLEMAN K R. *Digital image processing* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1998.

作者简介: 顾海军(1970-), 男, 黑龙江海伦人, 吉林大学通信学院讲师, 博士, 主要从事图像处理、模式识别及数字信号处理方面的研究工作。E-mail: ghyciom@163.com.

欢迎订阅《中国光学与应用光学文摘》

《中国光学与应用光学文摘》是经国家科委批准, 由中科院文献情报中心、中科院光学情报网和中科院院长光学精密机械与物理研究所联合主办的国家级检索刊物, 该刊主要收录我国科研人员在国内外期刊和有关会议上发表的科技论文和会议论文, 年收录量 5 000 篇左右。《中国光学与应用光学文摘》以文摘形式报道国内光学、光电子学领域的理论研究动态、最新科研成果和相关创新技术, 是国内该领域唯一的检索刊物, 是了解光电子行业相关科技信息的最新窗口, 以报道时差短、检索途径多、信息量充实为特色。

《中国光学与应用光学文摘》为双月刊, 大 16 开本, 110 页, 国内公开发行。邮发代号: 12-140, 定价: 15 元/期。为满足不同订户的要求, 编辑部亦随时办理破年、破季订阅。

单 位: 中科院长春光学精密机械与物理研究所《中国光学与应用光学文摘》编辑部

联系人: 杨妹清

地 址: 长春市东南湖大路 16 号

邮 编: 130031

电 话: (0431)6176853

账 户: 中科院长春光学精密机械与物理研究所

http: //www.ciom.ac.cn

账 号: 01471908091001

E-mail: yanh@ciomp.ac.cn

银 行: 中行吉林省分行营业部