

文章编号:1001-5078(2013)01-0062-04

· 光电技术与系统 ·

基于图像评价的周视成像参数优化设计

宋 亚,邢 刚,蔡 荣
(华北光电技术研究所,北京 100015)

摘 要:利用相机与场景的相对运动可以实现可见光周视成像,针对图像最优化和实时性问题,提出了一种基于图像综合评价的系统参数最优设计方法。首先根据转台运动速度,分析可见光相机的参数范围;然后根据系统应用场景的特点选择不同的评价函数对单帧图像进行综合评价,根据评价结果选择最优的系统参数,进而获得最好的成像质量。实验结果显示,该方法有效可行,得到的图像细节清晰,色彩丰富;而且系统能够改变全景图像的刷新速率,实时显示周视图像;同时该方法能够适应不同的应用场景,易于工程应用。

关键词:周视成像;实时成像;图像质量;图像评价

中图分类号:TP391.41 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2013.01.013

Optimization of panoramic imaging system's parameters based on image quality evaluation

SONG Ya, XING Gang, CAI Rong
(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

Abstract: Utilizing the relative motion of the camera and the scene, the visible panoramic imaging can be realized. Considering the image quality and the imaging speed, an optimal design of the system parameters is proposed in this paper based on the comprehensive evaluation of the visible image. Firstly, the range of visible camera's parameters is analyzed according to the rotating velocity of the platform. Then different evaluation functions are selected based on the characteristics of the scenarios, and a comprehensive evaluation of the single image is used. Finally, the optimal system parameters are decided by the evaluation results to get the best quality image and fastest imaging speed. Experiment results show that the method is feasible and effective, and the details of the images obtained by the proposed method are clear and colorful. Using this method, the panoramic images can be displayed in real time, and the system's update rate can be adjusted based on the requirements. This method can be applied in various practical applications.

Key words: panoramic scanning; real-time image; image quality; image evaluation

1 引 言

可见光周视成像是把360°视场的景物实时显示出来,这在监控、搜索等多种系统中都有应用,目前成熟的解决方案有全景功能相机、球面摄像机等。全景功能相机是通过缓慢移动相机采集图像,再通过图像的配准和融合实现功能,完成一幅全景图像用时较长且二次处理不方便;球面摄像机可以同时安装点位中心的半球空间取景,但是图像质量不佳^[1-2]。对于监控、搜索等系统来说,目标移动速度快慢不定,应用环境复杂,要求系统有足够的反应时间和环境适应性,因此需要可见光周视成像系统在

高成像质量的前提下,图像刷新速率足够高且可调,现有成熟的方案满足不了这个要求。

基于上述分析,本文采用在高速运动中采集360°全景图像的思路,提出了一种基于图像评价的可见光周视成像参数优化设计方法:将相机固定在高速旋转的转台上采集不同方位图像,并对不同方位的图像进行拼接得到360°全景图像。系统可以

作者简介:宋 亚(1988-),男,本科,主要从事红外、可见光等传感器方面的研究工作。E-mail:songyapop1988@163.com

收稿日期:2012-06-11;**修订日期:**2012-07-09

通过调整转台转速控制全景图像刷新速率,并基于图像质量评价系统选择相机最优参数,进而得到优质图像。本文依据应用场景的特点选取了多种评价函数并对其进行综合加权,以求结果能够更切合实际。

2 原理及分析

2.1 系统工作原理

系统的工作原理是将可见光相机固定在转台之上,通过转台的高速转动,对不同的方位场景进行成像,通过图像拼接实现周视全景实时成像。在转台高速运动的过程中,相机随着转台一起转动,并对不同方位的场景进行成像;图像数据通过转台滑环传输到工控机进行存储;对单帧的可见光图像进行评价,根据评价结果调整成像参数,反馈到系统中;最后将最优的图像进行拼接,实现清晰的周视图像。系统的架构如图1所示。

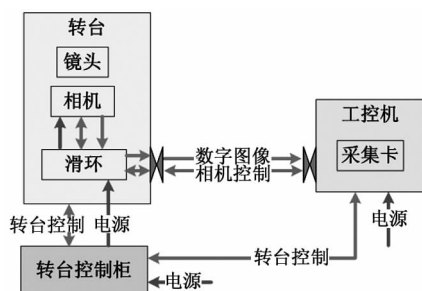


图1 系统架构

可见光相机在运动的情况下成像,会造成图像的模糊,而且图像质量会随着模糊程度的增加变差。之所以会产生模糊是由于相机在曝光的时候与景物有相对运动,所以说转台转速和曝光时间共同决定了模糊的程度,了解两者之间的关系能够解决这个问题。

2.2 运动模糊分析

当相机和景物产生相对运动时,由于相机曝光需要时间,景物在成像上会产生位移,也就是拖影。结合本文实际模型,运动模糊产生的拖影大小可按下式计算:

$$\sigma = \nu \times t \times n / \theta \quad (1)$$

其中, σ 为拖影像素大小; ν 为转台转速; t 为曝光时间; n 为运动方向像元数; θ 为运动方向视场角。因为人类视觉对50个像素以内的区域模糊可以接受,取转台转速 $360^\circ/\text{s}$ 时,曝光时间应在 $1 \sim 0.1 \text{ ms}$ 区域内调整。一般成像质量主要体现在图像清晰度和亮度等方面,而曝光是影响图像的亮度和清晰度的主要因素之一,所以如何在短曝光时间和高清晰度之间找到平衡点是问题所在。本文提出了一种综合多个质量评价函数的方法寻找合适的曝光时

间,并通过图像评价结果修正相机参数,最终得到了最优图像。

3 基于图像评价的系统参数最优化设计

3.1 图像分类

一般情况可把图像分为两大类:天空背景和地面背景。天空背景较为单纯,主要观测飞机、鸟类等小目标。由于背景单一,目标少且多为云等边界模糊的物体,所以主要考虑的问题是不同曝光时间所带来的彩色度的变化。相比于天空背景,地面背景更为复杂,目标多样且大小不一,主要分为树木和建筑。树木的轮廓和细节明显,而建筑的纹理更为突出,这些特点都属于清晰度范畴。所以本文中影响图像质量的因素主要有两个:清晰度和彩色度,图像质量的评价应为清晰度评价和彩色度评价的综合加权。同时对于不同的目标,评价的侧重点也会有所区别,以保证结果更真实。

3.2 图像评价函数

图像清晰度评价有多种不同的方法^[3],本文选取的是梯度函数和能量谱函数。梯度函数对于边缘和纹理的信息表现好,适合建筑物的评价;能量谱函数的抗噪声能力好,灵敏度较高,对细节繁杂的树木评价有优势^[4]。最终把梯度函数和能量谱函数综合加权作为对清晰度的评价。而对于如何评价一幅自然图像的总色彩程度目前还没有一个统一的标准,本文依据Hasler等人提出了一个衡量彩色程度的算法来对图像彩色度进行评价^[5]。

(1)拉普拉斯梯度:用拉普拉斯八邻域模板得到每个像素的拉普拉斯梯度,然后用所有像素的拉普拉斯梯度平均值做清晰度评价,清晰度度量公式(2):

$$s_1 = \frac{\sum_{x=2}^{N_x-1} \sum_{y=2}^{N_y-1} |f(x,y) * m|}{N_x \times N_y} \quad (2)$$

(2)能量谱:根据傅里叶光学理论,图像的清晰程度主要由光强分布中高频分量的多少决定,因此可以用图像光强分布的高频分量的含量多少作为图像聚焦评价函数的主要依据:

$$F(u,\nu) = \sum_{x=1}^{N_x} \sum_{y=1}^{N_y} f(x,y) e^{[-j2\pi(xu/N_x + y\nu/N_y)]} \quad (3)$$

$$s_2 = \left[\text{Re} \left(\frac{F(u,\nu)}{\sum_{x=1}^{N_x} \sum_{y=1}^{N_y} f(x,y)} \right) \right]^2 + \left[\text{Im} \left(\frac{F(u,\nu)}{\sum_{x=1}^{N_x} \sum_{y=1}^{N_y} f(x,y)} \right) \right]^2 \quad (4)$$

(3)彩色度算法:算法首先是通过主观评价实验对大量图像分级,然后从12个图像特征参数中选出各个子集的线性组合来表示彩色程度,最终由和实验结果相关性最大这个评判标准决定了参数。结

果如下:

$$s_3 = \sigma_{rgyb} + 0.3\mu_{rgyb} \quad (5)$$

$$\sigma_{rgyb} = \sqrt{\sigma_{rg}^2 + \sigma_{yb}^2}, \mu_{rgyb} = \sqrt{\mu_{rg}^2 + \mu_{yb}^2} \quad (6)$$

其中, $rg = r - g$, $yb = 0.5(r + g) - b$, σ, μ 代表像素在颜色空间内的标准方差和均值。

综合上述评价函数, 本文所采用的图像质量评价函数为:

$$s_{\text{总}} = a_1 s_1 + a_2 s_2 + a_3 s_3 \quad (7)$$

其中, a_1, a_2, a_3 为权系数。当应用场景为地面且多为建筑物时, a_1 较大; 地面树木较多时, a_2 较大; 当应用场景为天空时, a_3 较大。总之根据图像内容的不同权系数会有所区别。

3.3 基于图像评价的系统参数最优设计方法

本文选择最优化参数的流程如下: 首先确定转台转速, 根据转速可以粗定相机曝光时间在大区间 $[a, b]$ 内调整, 并根据不同的应用场景, 确定评价函数的权系数; 然后选择区间 $[a, b]$ 内等距离的 $n = 1, 2, \dots, N$ 个点做粗定位, 从这个区间内根据评价结果选出最优值所在小区间 $[c, d]$; 再从小区间 $[c, d]$ 内选择等距离的 $m = 1, 2, \dots, M$ 个点做精定位, 根据评价结果所得出的曝光时间即为此应用情景下的最优参数。方法流程如图 2 所示。

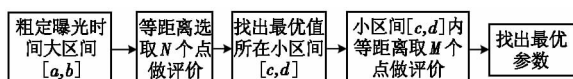


图 2 流程图

4 实验结果及分析

实验相机选择的是 PhotonFocus 公司的 MV-D640c, 分辨率为 640×480 , 相机镜头焦距 75 mm。采集数据时转台转速固定为 $360^\circ/\text{s}$, 相机帧频定为 100 Hz 保持不变。此时曝光时间从 $100 \sim 1000 \mu\text{s}$, 粗定位时曝光步长定为 $200 \mu\text{s}$ 。

4.1 采集结果

(1) 房屋: 图 3 为转台转速 $360^\circ/\text{s}$ 时的房屋图像(注: 曝光时间低于 $200 \mu\text{s}$ 时由于采光不足开启相机增益 $\times 2$ 功能)。

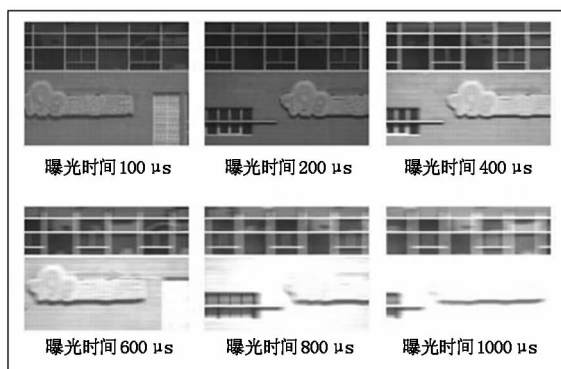


图 3 粗定位的房屋图像

尝试不同的参数选择, 根据图像评价的与主观一致性、尖锐性、单峰性等标准, 最终选择 $a_1 = 0.4$, $a_2 = 0.3$, $a_3 = 0.3$ 。根据粗定位的结果, 可以确定最优参数范围是 $100 \sim 200 \mu\text{s}$ 之间。精定位时步长定为 $20 \mu\text{s}$, 图像如图 4 所示。房屋图像质量评价结果如表 1 所示。由综合评价函数算出的图像质量, 从评价数据中可以看出 $160 \mu\text{s}$ 为理想曝光时间, 并且符合主观评价。

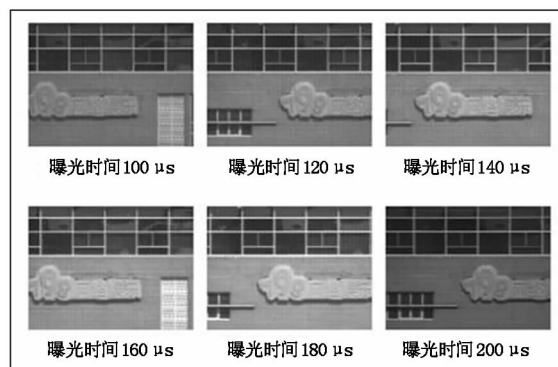


图 4 精定位的房屋图像

表 1 房屋图像质量评价结果

曝光时间/ μs	图像质量	曝光时间/ μs	图像质量
1000	0.6306	180	0.8993
800	0.6792	160	0.9400
600	0.8097	140	0.9051
400	0.7901	120	0.8455
200	0.7409	100	0.8534

(2) 树木: 应用场景为树木和天空时流程基本不变。精定位区间大致相同, 所以直接给出。图 5 为转台转速 $360^\circ/\text{s}$ 时的树木图像。

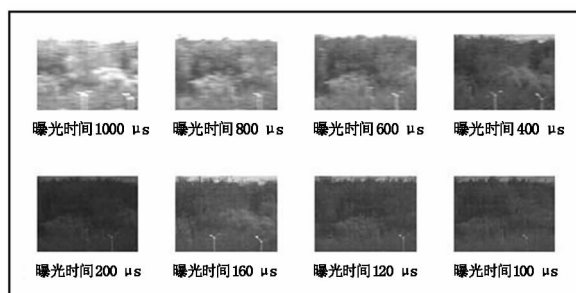


图 5 不同曝光时间下的树木

根据图像评价的与主观一致性、尖锐性、单峰性等标准, 最终选择 $a_1 = 0.3$, $a_2 = 0.4$, $a_3 = 0.3$ 。由综合评价函数算出各图像的质量, 从评价数据中可以看出 $160 \mu\text{s}$ 为理想曝光时间, 符合主观评价。

(3) 天空: 图 6 为转台转 $360^\circ/\text{s}$ 时的天空图像。根据图像评价的与主观一致性、尖锐性等标准, 最终选择 $a_1 = 0.2$, $a_2 = 0.2$, $a_3 = 0.6$ 。由综合评价函数

算出各图像的质量,从评价数据中可以看出 180 μs 为理想曝光时间,符合主观评价。

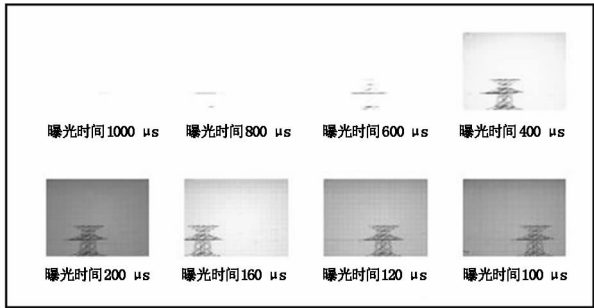


图6 不同曝光时间下的天空
天空图像质量评价结果如表2所示。

表2 天空图像质量评价结果

曝光时间/ μs	图像质量	曝光时间/ μs	图像质量
1000	0.1565	180	0.9178
800	0.1758	160	0.9088
600	0.4031	140	0.7376
400	0.8068	120	0.7437
200	0.6168	100	0.7877

综合以上结果:当转台转速为 1 圈/秒、图像为地面目标时,曝光时间以 160 μs 为最佳,图像为天空目标时,曝光时间以 180 μs 为最佳。

4.2 图像拼接结果

由于在室内进行实验,窗内外光照差别很大,不能保证对 360°景物的同时清晰成像,以下图像均为窗外景物的成像,但足以作为结果说明情况。

转台转速 1 圈/秒时的拼接结果如图 7 所示。



(a) 周视扫描图像原图



(b) 周视扫描局部放大图

图7 周视扫描图像

从拼接结果可以看出图像细节清晰,拼接效果良好,全景图像刷新速率可调,并且能够适应不同的应用场景,根据设备摆放位置、俯仰角度变化等所带来的应用场景变化相应的改变相机参数,保证每一场景系统都有高质量的图像。

5 结束语

本文提供了一种基于图像评价的实时显示 360°周视图像的方法,通过将可见光相机固定在转台之上随之高速转动,对不同的方位场景进行成像实现了功能,并对不同应用场景图像的清晰度和彩色度综合评价做出了最优化图像的选择。最终图像细节清晰,具有实时显示功能,能够根据应用要求改变相机、镜头焦距、图像刷新速率等,适用于各个领域。

本方法还存在很多不足之处需要改进:本文只对三种背景做了参数选择,但实际应用环境会复杂的多,应引入自动评价和自动调整曝光时间、光圈等功能来适应不同环境;图像预处理时缺少图像复原步骤,这对于改善图像质量有很大帮助,是系统下一步的研究方向。

参考文献:

[1] Song L, Lin Y C, Liu Q H, et al. Novel evaluation model for different-source image fusion quality [J]. Laser & Infrared, 2010, 40(1): 99 – 102. (in Chinese)
宋乐,林玉池,刘启海,等. 一种新型异源图像融合质量评价模型[J]. 激光与红外, 2010, 40(1): 99 – 102.

[2] He S H, Shao X F, Yang C Q, et al. Analysis for the cylinder image quality of hyperbolic-catadioptric panorama image system [J]. Laser & Infrared, 2012, 42(2): 187: 191. (in Chinese)
何四华,邵晓方,杨绍清,等. 双曲面折反射全景成像柱面展开图像质量分析[J]. 激光与红外, 2012, 42(2): 187: 191.

[3] Jiang G Y, Huang D J, Wang X, et al. Overview on image quality assessment methods [J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2011, 32(1): 219 – 224. (in Chinese)
蒋刚毅,黄大江,王旭,等. 图像质量评价方法研究进展[J]. 电子与信息学报, 2010, 32(1): 219 – 224.

[4] Pang S L. Image ambiguity evaluation studies [D]. Xi'an: Xidian University, 2010. (in Chinese)
庞胜利. 图像模糊度评价研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2010.

[5] D Hasler. Measuring colorfulness in natural images [J]. IS & T/SID Electronic Imaging, 2003.