

·信号与信息处理·

基于面阵 CCD 全景成像系统设计

尹庆林¹, 巩 华²

(1.中国电子科技集团公司光电研究院,天津 300000;2.空军装备部 重点型号部,北京 100843)

摘要:介绍了一种基于面阵 CCD 相机 360°扫描的全景成像系统。从系统组成及功能出发,详细描述了系统的工作流程,通过对 CCD 相机旋转获取更大垂直角度的图像,对图像数据量进行分析,采取压缩、解压缩手段解决网络通信中数据量大的问题,提出了一种基于位置信息进行全景图像拼接的方法,同时提出了一种基于灰度值映射数组的全景图像增强的算法。

关键词:面阵 CCD;全景成像;图像拼接;图像增强

中图分类号:TP273

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2015)-02-0049-03

Design of Panoramic Imaging System Based on CCD Array

YIN Qing-lin¹, GONG Hua²

(1.Academy of Opto-electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300000, China; 2.Key Model Department of Air Force Equipment Ministry, Beijing 100843, China)

Abstract: A panoramic imaging system based on charge coupled device (CCD) array camera with 360° scanning is introduced. From system compositions and functions, the operation flow of the system is described in detail. The images with greater vertical angle are obtained by revolving the CCD camera. Analyzing image data quantity, compression and decompression methods are used to solve the problem of large amount of data in network communication. A panoramic image mosaic method based on location information is proposed. And a panoramic image enhancement algorithm based on grey value mapping array is proposed.

Key words: CCD array; panoramic imaging; image mosaic; image enhancement

CCD是利用光电转换原理把图像信号转换为电信号,即把一幅按空间域分布的光学图像,转换成为一串按时间域分布的视频信号的半导体元器件^[1]。全景成像(panoramin imaging)是采用特殊的成像装置获得水平或者垂直方向上的大于180°的半球视场或者360°视场^[2]。

所谓“图像拼接”(image mosaic)就是将两幅或者两幅以上相邻间具有部分重叠的图像进行无缝拼接,生成一张具有较宽视角的高分辨率图像或者360°视角的全景(panorama)的技术^[3]。此种方法缺点是处理复杂,需要对图像进行几何校正、图像预处理、图像配准等多个步骤,因此耗时长、实时性

差。基于匀速扫描的面阵 CCD 相机全景成像技术具有无畸变、高分辨率、低成本等优势,在获取图像同时采集码盘的位置信息,通过位置信息实现对全景图像的拼接,缩短了图像处理的时间,采用灰度值映射数组图像增强算法,解决了图像处理占用时间长的问题。

1 成像系统组成及功能

全景成像系统组成如图1所示。主要包括匀速扫描转台、面阵 CCD 相机(包括光学镜头)、图像采集单元和计算机。

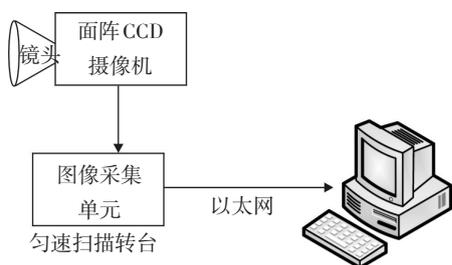


图1 探测系统组成图

系统工作流程如下。

- (1) 匀速扫描转台匀速转动, 大约2 s转动1圈;
- (2) 面阵CCD相机以每秒50场的速度实时采集图像, 并将图像传送给图像采集单元;
- (3) 图像采集单元实时接收面阵CCD相机传送的图像数据, 同时采集来自码盘的角度信息(码盘刻度值), 然后将图像数据进行压缩, 将码盘信息和压缩后的图像数据通过以太网传输到计算机;
- (4) 计算机对接收到的压缩图像进行解压缩, 转换成原始位图BMP格式, 然后进行旋转和图像增强处理, 按照图像的角度信息(转换成空间像素信息)进行全景拼接, 得到360°全景图像。

随着光电技术和微电子技术的发展, 面阵CCD已成为人类获得影像信息的主要光电探测器件, 它是利用微电子技术制成的表面光电器件, 可以实现光电转换功能^[4]。系统中选用通用的面阵CCD相机, 像素分辨率为720×576。像素就是感光点(感光二极管)的个数^[5]。采用PAL制式隔行扫描, 奇场在前, 偶场在后。在拍摄的时候, 由于转台一直在匀速转动, 会造成拍摄完奇场图像, 再拍摄偶场图像的时候, 拍摄位置已经变化, 所以实际获得的有效像素分辨率为720×288。为了获得更大的垂直角度, 对面阵CCD进行90°旋转, 旋转后垂直方向为720像素, 水平方向为288像素。CCD按照自己内部时钟50 Hz进行拍摄, 即每秒钟拍摄50场图像, 匀速转台转动1圈大约可以拍摄100场图像, 为了保证全景图像无缝隙, 要求单场图像的水平视场角度不能小于3.6°, 实际水平视场角度超过4°。

拍摄的图像为灰度图像, 每个像素占1个字节, 每秒采集图像的数据大小约为10 M字节。由于图像的数据量很大, 为了节省存储空间以及减小网络传输数据量, 图像采集单元需要对图像数据进行压缩, 压缩成JPEG格式。JPEG(joint photographic expert group, 联合摄影专家组)是目前主要的压缩格

式。JPEG压缩技术十分先进, 它采用有损压缩方式去除冗余的图像数据, 在获得极高的压缩率的同时能展现十分丰富生动的图像。换句话说, 就是可以用最少的磁盘空间得到较好的图像品质, JPEG格式压缩比一般在10:1到40:1之间^[6]。为了获得更好的图像质量, 选择压缩比为10:1, 压缩之后每秒图像数据大小约为1 M字节。

2 全景成像

计算机操作系统为Windows7旗舰版, 软件开发平台采用C++Builder2010 Update4, C++Builder是基于C++语言的快速应用程序开发工具, 可以快速、高效地开发基于Windows环境的各类程序, 尤其在数据库应用和网络应用方面。计算机与图像采集单元采用TCP协议建立连接。TCP(transmission control protocol, 传输控制协议)提供了可靠的面向连接的数据流传输服务规则和约定^[7]。TCP采用超时重传和捎带确认保证的图像数据传输的可靠性。图像采集单元作为服务器, 计算机作为客户端。

2.1 图像格式转换

计算机与图像采集单元连接成功后, 每秒钟大约接收到50场图像采集单元上传的图像数据, 即每20 ms接收一场图像数据。由于需要对图像进行旋转、拼接和增强处理, 所以首先要对接收到的图像进行解压缩处理, 把JPEG格式的图像数据转换为BMP位图格式。C++Builder中TJPEGImage类提供了Assign()函数, 可以将JPEG格式直接转换成BMP格式。

BMP文件由文件头、位图信息头、颜色信息和图像数据四部分组成。由于需要对图像进行旋转、拼接等操作, 所以需要获得BMP文件中的图像数据(有效像素)。C++Builder通常使用Canvas的Pixels属性访问图像的像素, 但是这个方法存在的缺点是程序的运行速度很慢, 不适合及时快速的读取图像数据。通过TBitmap类提供的ScanLine()属性, 可以加快图像的访问像素^[8]。该属性一次可以访问图像的一行像素, 即可以直接获得一行图像数据, 然后把像素存储到临时数组中。需要注意的是, 由于8位位图数据在计算机中存储的时候, 每行所占的存储长度总是4字节的倍数, 所以定义图像数组的宽

度必须是4的倍数。

2.2 图像旋转及全景拼接

设原图像坐标 (x_0, y_0) , 旋转后坐标 (x, y) , 得到旋转后: $y = 287 - x_0$, $x = y_0$ 。将临时数组数据进行 90° 旋转后的数据按照角度信息存放至全景图像数组中。

计算机在接收到图像采集单元上传的图像信息时, 同时接收到了拍摄图像时的码盘刻度值, 根据码盘刻度值转换为空间像素值, 按照当前像素值将接收到的图像数据存储到全景图像数组中, 可以得到1圈的图像像素数组。设当前的码盘刻度值为 S_c , 码盘1圈总刻度值为 S_t , 图像1圈总像素数为 P_t , 则当前图像的起始像素 P_c 为

$$P_c = \frac{S_c}{S_t} \times P_t \quad (1)$$

图像拼接示意图如图2所示。设当前图像中的点的坐标为 (x_c, y_c) , 其中 x_c 取值范围在 $0 \sim 287$ (像素)之间, 全景图像数组中的坐标为 (x, y) , 全景图像数组宽度为 w , 图像旋转后的高度为 720 (像素), 则全景图像数组中的坐标与当前接收的图像坐标对应关系为

$$P_c + y \times w + x = 720 \times (287 - x_c) + y_c \quad (2)$$

通过式(2)可以获得全景图像数组。相邻间图像具有重叠部分, 如图2所示, 下一幅图像按照起始像素值进行存储的时候直接覆盖了与当前图像重叠部分。

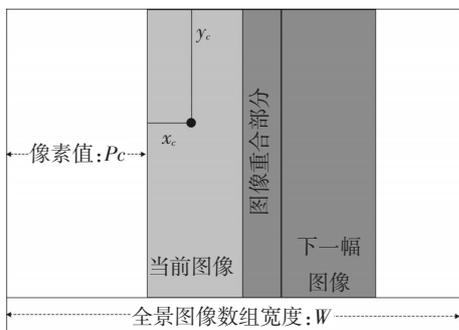


图2 全景图像拼接示意图

观察显示的全景图像, 发现在起始位置图像无法及时更新。这是由于CCD相机按照自己的内部时钟进行采集图像, 所以无法保证每次码盘值过0点的时候都能从0点开始采集图像, 造成在码盘刻度值为0时的图像数据无法及时更新。可以通过对

图像数据进行搬移处理, 把全景图像数组中超过单圈总像素的图像数据搬移到的起始位置, 这样起始位置的图像就可以正常更新了。

2.3 图像增强

在阴天、傍晚或某些特殊应用场合(增加滤光片等), 全景图像整体的亮度很低, 需要对全景图像进行增强处理, 可以采用图像灰度变换增强技术。图像的灰度变换增强是图像增强处理中一种简单、直接的基于空间域的图像处理方法, 空间域是指由像素组成的空间, 直接作用于像素的增强方法, 主要针对独立的像素点进行处理, 由输入像素点的灰度值决定相应的输出像素点的灰度值, 通过改变原始图像数据所占的灰度范围而使图像在视觉上得到改观。空间域的处理可以表示为

$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad (3)$$

其中, $f(x, y)$ 是增强前的图像; $g(x, y)$ 是增强处理后的图像; T 是对 f 的一种操作, 其定义在 (x, y) 的邻域上。

系统中需要对图像的低灰度范围得到扩展, 高灰度范围得到压缩, 因此可以采用基于对数函数的非线性变换。通过实际取值 $\text{Log}_2(x) \sim \text{Log}_{10}(x)$ 效果比较, 最后选取 $\text{Log}_5(x)$ 作为增强函数, 函数 $\text{Log}_5(x)$ 在计算机中表示形式为: $\text{Log}_5(x) = \text{Log}(x) / \text{Log}(5)$ 。设原始灰度值为 $f(x)$, 经过增强后的灰度值为 $g(x)$, 则推导出公式如下

$$g(x) = \frac{255 \times \log[f(x) \times 4/255 + 1]}{\log(5)} \quad (4)$$

非线性增强曲线如图3所示。

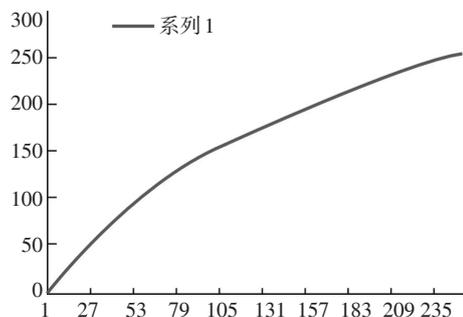


图3 非线性增强曲线

计算机大约每 20 ms 接收一次图像采集单元上报的图像数据, 在 20 ms 时间内, 需要对图像数据进
(下转第86页)

- [9] 肖化, 漆建军. 利用线阵 CCD 的迈克尔逊干涉仪测量压电材料的压电系数[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(2): 25-27.
- [10] 翟宇豪, 马军. 基于 51 单片机的迈克尔逊干涉仪自动检测装置[J]. 电子世界, 2013, 9: 18.

- [11] 赵忠伟, 陈鹏, 孙中涛, 等. 迈克尔逊干涉环自动计数装置设计[J]. 光电技术应用, 2009, 24(6): 36-38.
- [12] 杨运升, 杜凯, 吴家根, 等. 迈克尔逊干涉仪条纹采集和波长测量装置设计[J]. 微型机与应用, 2013, 32(17): 14-18.

(上接第 51 页)

行解压缩、旋转和拼接, 如果每次都接收到的图像数据按照式(3)进行计算处理, 由于是浮点运算, 会浪费大量的计算时间, 会造成图像处理时间不够, 导致网络堵塞、图像数据无法得到及时更新。采用灰度值映射数组的方法, 可以解决上述问题。在程序初始化的时候直接定义一个灰度值映射数组, 保存每个灰度值经过式(3)计算后的灰度值, 在接收图像数据时, 直接通过灰度值映射数组得出增强后的灰度值, 经过试验, 这种方法几乎不占用处理时间, 经测试, 处理时间小于 1 ms。

经过增强处理后得到的全景图像缩放图如图 4 所示。图 4 中 144°~300°是由于距离太近造成图像成像不清晰。



图 4 增强处理后得到的全景图像缩放图

3 结论

全景图像与传统的二维图像相比, 有着独特的成像特点和数据格式, 这种技术从它的出现、研究、发展、应用再到普及, 都将给立体显示和图像领域

带来巨大的影响^⑨。设计了一种基于面阵 CCD 全景成像系统, 对相机采集到的图像采用低压缩比 JPEG 压缩技术, 图像成像质量好、失真小, 网络传输可靠; 计算机对接收到的图像进行解压缩和旋转处理; 采用灰度值映射数组方法对全景图像像素进行增强处理, 所需时间少, 满足全景图像增强的要求; 最后根据码盘刻度值转换的起始像素信息对图像数据进行全景拼接得到完整的 360°全景图像。该系统获得的图像质量好, 系统可靠性高, 可以应用于全景探测、小区监控等多种领域, 也可以采用红外凝视成像器件, 用于近距离告警, 具有广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 王庆有. CCD 应用技术[M]. 天津: 天津大学出版社, 2000.
- [2] 肖潇, 杨国光. 全景成像技术的现状和进展[J]. 光学仪器, 2010: 84-89.
- [3] 徐正光, 田清, 张利欣. 图像拼接方法探讨[J]. 图像处理, 2006: 255-256.
- [4] 吴文明, 王应海. 基于面阵 CCD 的影像光度快速测试系统[J]. 光学与光电技术, 2005: 43-45.
- [5] 许学勇. CCD 的工作原理及应用现状[J]. 广播电视技术, 2007: 81-85.
- [6] 刘海波, 沈晶, 郭耸, 等. Visual C++ 数字图像处理技术详解[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [7] 赵景波, 荣盘祥, 周祥龙, 等. C++ Builder 6.0 应用程序设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [8] 葛一楠, 李智慧, 方宏, 等. 奇思异想编程 C++ Builder 篇[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [9] 韩卫芳, 高明. 车辆全景成像探测的快速目标拼接算法[J]. 价值工程, 2010: 201-204.