

全方位高速瓜果图像采集系统的研究

郭 峰, 曹其新, 周金良, 朱伟华

(上海交通大学机器人研究所, 上海 200030)

摘 要: 快速可靠的图像采集系统是实现对瓜果进行准确分拣的基础。介绍了一种全方位高速瓜果图像采集系统。该系统实现了果实多个表面图像的同步采集, 采用多线程程序结构提高图像采集速度, 采用单场提取模式提高图像质量。利用开发的智能瓜果精选分级试验样机对图像采集系统的性能进行了试验, 试验结果证明获得的图像质量和采集速度可以满足实时瓜果分级系统的需要。

关键词: 全方位图像采集系统; 瓜果分拣; 机器视觉; 单场提取

中图分类号: TP274 3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)02-0148-04

0 引 言

采用机器视觉进行农产品无损检测, 可以排除疲劳等主观因素干扰, 避免因而异的分选结果, 提高瓜果产后处理的质量和效率, 应义斌等国内学者已进行了相关研究^[1-5]。目前国外开发的实时瓜果分拣系统已进入实用阶段, 其中最具有代表性的是 Tao Y 于 1995 年研制成功的 Merling 高速高频机器视觉水果分级系统^[6]。和国外相比, 国内在该领域的研究大都停留在实验室阶段^[3,4], 直接引进国外相关设备价格十分昂贵。基于上述背景, 上海交通大学机器人研究所、上海市农业机械研究所和上海孙桥现代农业发展有限公司联合研制基于机器视觉的瓜果精选分级系统, 以改变中国农产品加工行业的落后面貌。

实现瓜果实时分级的前提是实现高速可靠的瓜果图像实时采集。传统的果实图像采集方法一般通过专用机构^[8,10]使果实在流水线上转动, 然后采用多个摄像机或线扫描摄像机采集果实的全部或大部分表面信息。这种图像采集方法易对果实造成机械损伤; 对果实图像采用串行采集方式, 采集速度慢; 而且由于果实形状差异, 使其在流水线上的姿态具有一定随机性, 增加了后继处理的难度。

针对传统图像采集系统的不足, 本文介绍了一种全方位高速果实图像采集系统: 该系统采用了外部触发的拍摄方式, 使多个摄像机能同步获得瓜果大部分表面的信息; 采集的图像效果稳定, 满足后继果实特征提取算法对图像质量的要求。采用了并行的多线程程序结构提高采集速度; 采用单场提取方法提高图像的质量。该图

像采集系统目前已被应用在开发的智能瓜果精选分级试验样机上, 取得了良好效果。

1 系统硬件设计

图 1 为全方位高速瓜果图像采集系统结构示意图, 它由光学成像系统, 光纤传感器和用做图像采集和处理系统的工控机 3 部分组成。

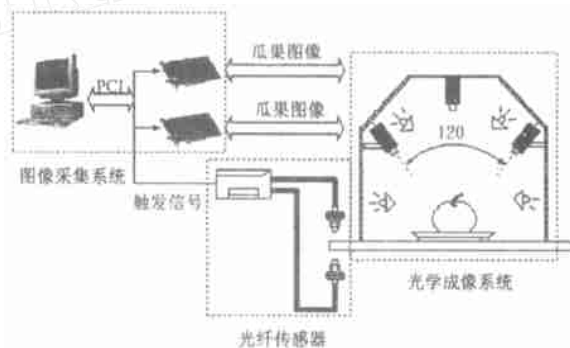


图 1 全方位果实图像采集系统结构示意图

Fig 1 Block diagram of multi-directional imaging system

1.1 光学成像系统设计

为了尽可能获得完整的果实信息, 采用了由 3 个 CCD 摄像机组成全方位果实图像采集系统。两个 CCD 摄像机分别安装在被测水果左右上方, 相互之间成 120 夹角; 另一个摄像机(下文中称为主摄像机)垂直布置在托盘上方, 3 个摄像机采集的图像区域有一定重叠, 以保证不会遗漏果实表面信息。摄像机和果实表面保持 15~20 cm 间隔, 以避免采到的信号失真, 果实图像变形。通过对采集的 3 幅果实图像进行融合, 提取出果实大小、颜色和形状的特征信息。

由于图像采集系统获得的是运动的果实图像, 文献[9]中提到采用可调的电子快门来增加摄像机的动态分辨率, 提高图像质量。但目前市场出售的快门可调摄像机价格都在 3000 元以上, 从降低系统成本角度考虑, 设计时选用了自动快门的 CCD 摄像机。

左右两侧摄像机选用了 View se 公司的 VC-823D 彩色 1/3 CCD 摄像机, 分辨率为 756 × 568 像素, 采用日本精工 1/3" 4mm/F1.2 镜头; 主摄像机选用了 YH-DO 公司的 YH-9616 彩色 1/3 CCD 摄像机, 分辨率为

收稿日期: 2003-07-28

基金项目: 上海市科技兴农重点攻关项目(农科攻字(2001)第 2-1 号)

作者简介: 郭 峰(1976-), 男, 山东青岛人, 博士研究生, 研究方向为机器视觉。上海市华山路 1954 号 上海交通大学机器人研究所, 200030。Email: guofeng@sjtu.edu.cn

通讯作者: 曹其新(1960-), 男, 浙江温州人, 常务副所长, 教授, 博士生导师。研究方向为全自主移动机器人、机器视觉、基于网络技术的智能控制、神经网络与模式识别。上海市华山路 1954 号 上海交通大学机器人研究所, 200030

512 × 582 像素, 采用日本精工 1/3"6mm/F1.2 镜头。

由摄像机传送的视频信号通过 Meteor2 Standard 图像采集卡进入用于果实特征提取和分级的工控机内存, 这款图像采集卡的采样频率可达 25 帧/s。因为理想的瓜果分拣速度大多在 4~5 个/s, 这就要求系统必须在 200 ms 内完成从果实图像采集到给出分拣结果的整个过程, 因此必须将图像采集的时间控制在 100 ms 之内。由于图像采集卡的采样频率为 25 帧/s, 采集每幅图像需用时 40 ms。如果采用 1 块图像采集卡联接 3 个摄像头, 由于图像采集动作有先后, 使 3 幅图像的采集时间在 120 ms 以上, 占用的系统时间过长, 而且不同摄像头切换时容易出现图像扭曲现象, 影响图像采集质量; 如果采用 3 块图像采集卡, 分别联接 3 个摄像头, 虽然减少了图像采集时间, 但提高了整个系统成本。因此选用了 2 块图像采集卡, 接 3 个 CCD 摄像机的图像采集硬件组成方案: 左右两侧的摄像机共用一块图像采集卡, 主摄像机使用另一块图像采集卡。试验证明将该图像采集硬件系统和下文中提到的多线程软件程序结构结合, 可以将同一果实三幅图像的采集时间控制在 100 ms 之内。

为了提高图像采集质量, 采用了 Meteor2 Standard 图像采集卡的外部触发功能来控制图像采集。将 Keyence 公司的 FS-V 11 对射式光纤传感器的发射极和接收极上下对称布置, 当分拣流水线运动时, 果实托盘支架从传感器的发射极和接收极之间通过, 使传感器产生周期性的电平信号。将传感器输出端和图像采集卡触发端相连, 通过调整对射式光纤传感器在流水线上的位置, 可以保证当瓜果运动到最佳拍摄位置时, 传感器发出触发信号控制图像采集卡采集图像。试验证明, 采用这种方法获得的图像十分稳定, 没有黑纹和抖动现象, 能够满足后续图像处理需要。图 2 为光学成像系统获得的果实图像。

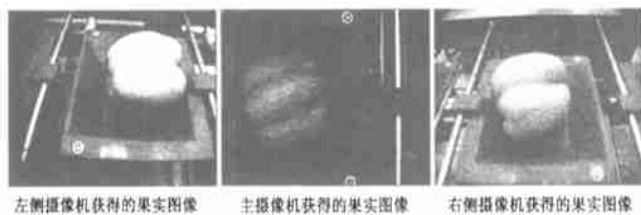


图 2 光学成像系统获得的水果图像

Fig 2 Fruit images acquired from machine vision system

1.2 基于单场提取的运动果实模糊图像恢复方法

由于光学成像系统获得的是瓜果在流水线上的运动图像, 而且摄像机不具备电子快门可调功能, 因此不可避免的存在由于果实运动而造成的图像模糊, 使图像质量下降。

运动模糊图像恢复是图像恢复中的重要课题之一。采用算法从变质图像中恢复出真实图像的一般做法是把退化过程模型化, 再运用求逆的方法恢复出原来的图像。具体方法主要有差分恢复、维纳滤波、逆滤波、约束卷积等多种方法^[11]。但这些方法都存在着运算量大的

问题, 而且稳定性受到图像噪声的影响, 不能满足实时瓜果分拣系统的要求。

通过对图像采集系统组成部件进行分析, 发现除了果实自身运动, 摄像机采用的 PAL 制式也是造成图像模糊的原因之一。因为 PAL 制式采用隔行扫描的方式采集图像, 一帧图像由奇、偶两场组成, 两场间有 20 ms 的时间差, 基于这个原因, 当拍摄的瓜果处于运动状态时, 奇、偶两场拍摄的图像实际上是在不同时刻、不同方位下的瓜果图像, 这两场组成一帧图像, 必然使采集到的图像存在一定的重影, 使图像变得模糊。

为了消除因为隔行扫描对运动果实图像造成的模糊, 采用了 Meteor2 Standard 图像采集卡的单场提取功能, 即从摄像机提供的一帧水果图像中只提取奇场或偶场, 从而显著提高了图像质量。图 3 为通过单场提取获得的运动果实图像。试验证明, 由于这种方法通过硬件实现, 因此操作速度快, 避免了采用图像预处理方法而出现的占用系统资源、运算时间长的现象, 在提高图像质量的同时也提高了图像采集速度。



图 3 通过单场提取获得的运动果实图像

Fig 3 Moving fruit image acquired from single field grabbing mode

2 多线程的图像采集程序结构

果实图像通过图像采集卡采集到 PC 机的内存之后, 为了提高图像处理的速度和效率, 考虑到 Windows 2000 是一个多任务操作系统, 采用了多线程程序结构, 各线程之间通过事件来进行同步。具体做法是在系统软件初始化过程中开启两个图像采集线程: 主摄像机图像抓取线程和两侧摄像机图像抓取线程。这两个线程采用循环等待方式, 当主摄像机图像抓取线程收到光纤传感器发出触发信号时, 立即控制主摄像机抓取一幅图像。而另一图像采集卡由于连有两个摄像机, 抓取图像顺序有先后。为了提高图像采集速度, 当两侧摄像机图像抓取线程收到光纤传感器发出的触发信号后, 另开两个子线程, 分别执行左右两侧摄像机的图像采集和处理任务。各个线程并行运行, 以提高图像采集速度。图 4 为多线程图像采集处理程序框图。

3 全方位果实图像采集试验与结果分析

为了检测该图像采集系统的性能, 开发了智能瓜果精选分拣试验样机, 利用其进行了果实图像采集试验。

3.1 试验装置与试验方法

智能瓜果精选分拣试验样机构成如图 5 所示, 系统由传送系统、视觉检测系统和分级执行机构 3 部分组

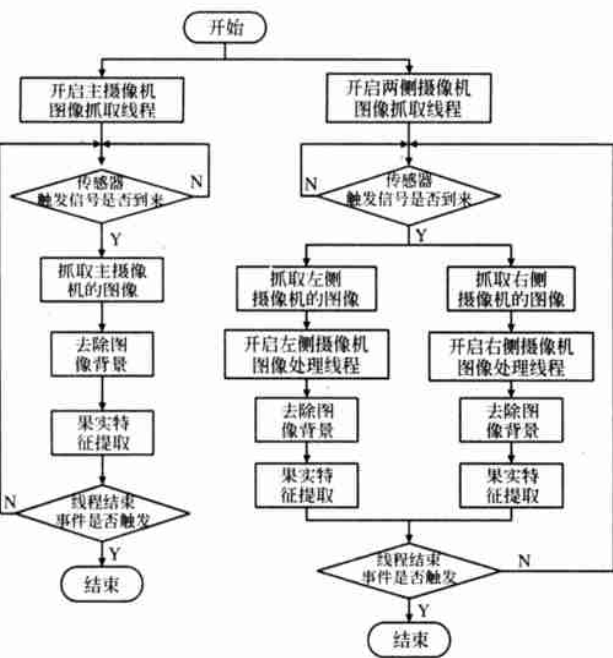


图 4 多线程图像采集处理程序框图
Fig 4 Flow chart of multi-thread image acquiring and processing program

成。该系统可以检测多种圆形瓜果(主要是苹果、温室西红柿和温室甜椒),能够自动完成瓜果上料、传送到分级下料的整个过程。果实传送采用链传动方式,用于装载瓜果的托盘等间距安装在链条上,通过电机带动整条流水线运动。用托盘装载瓜果,使果实在传送过程中的姿态保持不变,并且避免了传送机构对果实造成的损伤,实现了真正意义上的“无损”检测。

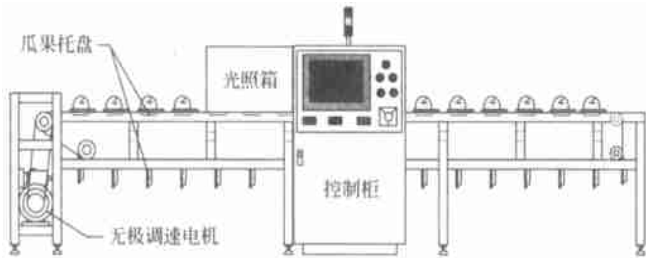


图 5 智能瓜果精选分拣系统示意图
Fig 5 Schematic of intelligent fruit sorting system

通过调整电机转速,使果实图像采集速度分别在 2 个/s、3 个/s、4 个/s,调整之后使流水线不间断运行 2 h,以检测图像采集系统在不同速度下的性能。

3.2 试验结果分析

由于对图像质量的评价一直缺乏一个统一的客观测度,只能结合特定应用场合进行具体分析,应以后续算法可对特征进行可靠地提取为准。图 6 所示为采用基于 ohta 颜色空间的图像分割算法对系统采集到的图像进行二值化的结果^[18],从图 6 中可以看出,图像噪声较少,果实轮廓比较清晰,满足后续特征提取算法对图像质量的要求。

试验证明:采用托盘作为瓜果传送装置,有效地避免了传送机构对果实造成的损伤;通过光纤传感器将托盘位置信息转换为摄像机外部触发信号,控制 3 个摄像

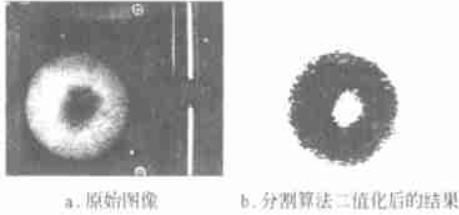


图 6 分割算法结果
Fig 6 Result of image segmentation

机同步进行图像采集的方法有良好的稳定性。当图像采集速度在 4 个/s,不间断运行 2 h 以上不会出现图像抖动、黑纹等现象。试验证明,4 个/s 的果实分级速度是水果分拣系统的上限,如果速度再快,将会超出操作工人劳动强度所能承受的范围。采用单场提取、多线程程序结构可以满足 4 个/s 的速度要求,用 Win2000 多媒体定时器对图像采集过程进行了计时,结果证明同一果实三幅图像的采集时间可以控制在 100 ms 之内,并且占用系统资源有限,为对果实进行准确特征提取和分级奠定了基础。

4 结 论

本文主要对全方位瓜果图像采集系统的硬件组成和软件设计进行了详细介绍,利用开发的智能瓜果精选分级试验样机对其可靠性和采集图像的质量进行了检验,试验结果证明该系统的采集速度和采集到的图像质量均能够满足实时瓜果分拣系统的要求。

[参 考 文 献]

[1] 应义斌,饶秀勤,赵 匀,等. 机器视觉技术在农产品品质自动识别中的应用研究进展[J]. 农业工程学报, 2000, 16 (3): 4- 8

[2] 应义斌,傅宾忠. 机器视觉技术在农业生产自动化中的应用[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 199- 203

[3] 蒋焕煜,应义斌,等. 水果品质智能化实时检测分级生产线研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(6): 158- 160

[4] 李庆中,汪懋华. 基于计算机视觉的水果实时分级技术发展展望[J]. 农业机械学报, 1999, 30(6): 1- 7.

[5] 曹其新,吕恬生. 日本蔬菜和水果拣选机器人的发展状况[J]. 机械设计与研究, 1998, 4: 9- 12

[6] Tao Y, Heinemann P, Verghese Z, et al. Machine vision for color inspection of potatoes and apples[J]. Transactions of the ASAE, 1995, 38(5): 1555- 1561.

[7] 朱伟华. 智能瓜果精选分级系统关键技术研究: [硕士学位论文][D]. 上海: 上海交通大学机械动力与工程学院, 2003

[8] 黄永林,应义斌. 用于水果实时分级系统的同步跟踪自动控制装置[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 163- 166

[9] 李庆中,汪懋华. 基于计算机视觉的苹果自动分级系统硬件开发[J]. 农业机械学报, 2000, 31(2): 56- 59

[10] Rehkgugler G E, et al. Apple sorting with machine vision[J]. Transactions of the ASAE, 1986, 29 (5): 1388- 1397.

[11] 王旭辉,郭光亚. 二维匀速运动模糊图像恢复问题的研究[J]. 计算机应用, 2000, 20(10): 25- 28

[12]

Studman C J. Computers and electronics in postharvest technology: a review [J]. Computer and Electronics in Agriculture, 30 (2001): 109- 124

[13]

John B. Njoroge Kazunori Ninomiya Automated fruit grading system using image processing [J]. SICE 2002 [C], Aug 5- 7, 2002, Osaka 1346- 1351

[14]

朱伟华, 曹其新 基于模糊彩色聚类的西红柿缺陷分割方法研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 133- 136

[15]

Image Processing, Analysis and machine vision (Second Edition) (第 1 版) [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002, 6, 10- 228

[16]

Win32 多线程程序设计(第 1 版) [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002, 4: 1- 451

[17]

余应林, 田 菁, 等 图像视觉感知信息的初步研究[J]. 电子学报, 2001, 29(10): 1373- 1375

[18]

Yu-Ichi Ohta, Takeo Kanade Color information for region segmentation [J]. Computer Graphics and Image Processing 13, 1980: 222- 241

M ultidirectional high speed imaging system for fruit sorting

Guo Feng, Cao Q inxin, Zhou J inliang, Zhu W e ihua

(Research Institute of Robotics, Shanghai J iao Tong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: High-speed and reliable imaging system is the foundation to realize correct fruit sorting. This paper introduces a multidirectional high-speed fruit imaging system, which can realize synchronic acquisition of multidirectional images of fruit surface. Multi-threads program structure is adopted to improve grabbing speed; single field grabbing mode is adopted to improve image quality. The performance of imaging system is tested with the developed intelligent fruit sorting experimental prototype, and the experiment result shows image quality and imaging speed can satisfy the requirements of real-time fruit sorting system.

Key words: multidirectional imaging system; fruit sorting; machine vision; single field grabbing