

基于DSP的果树形态参数检测系统硬件设计

张建瓴¹, 李松², 可欣荣¹, 张铁民¹

(1 南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室, 华南农业大学 工程学院, 广东 广州 510642;

2 广州数控设备有限公司, 广东 广州 510156)

摘要:根据果树仿形喷雾作业的特点和要求,设计开发了一套基于DSP的果树形态结构参数检测系统.该系统能够实时采集果树视频图像,并进行快速图像处理和果树部分形态结构参数的计算.文章主要介绍检测系统的硬件结构、各部分功能和工作原理,并给出了一个简单的图像处理算例.最终的试验与检测结果表明,该系统对果树最大冠幅和树高的检测相对误差分别在 $-2.51\% \sim 0$ 和 $-3.0\% \sim 1.7\%$ 范围内.

关键词:果树; 仿形喷雾; 图像处理; DSP

中图分类号:S49

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2008)01-0101-04

Hardware Design of the Shape-Structure Parameters Detection System of Fruit-Tree Based on DSP

ZHANG Jian-ling¹, LI Song², KE Xin-rong¹, ZHANG Tie-min¹

(1 Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 GSK CNC Equipment CO. LTD., Guangzhou 510156, China)

Abstract: According to the characteristics and requirements of profile modeling spray, a shape-structure parameters detection system of fruit-tree were worked out, which was based on digital signal processor (DSP). It can gather the real-time video image, process the image and calculate parts of the shape-structure parameters quickly. The hardware structure, function and principle of every parts of the system were introduced in this paper. A simple image process example was also given. The experiment results showed that the system can detect the crown and height of fruit-tree with the relative error within $-2.51\% \sim 0$ and $-3.0\% \sim 1.7\%$, respectively.

Key words: fruit tree; profile modeling spray; image process; digital signal processor (DSP)

传统的果树喷雾技术由于喷头和果树间喷雾距离的调节随意性很大,会造成雾滴在果树内的分布很不均匀,特别是对于枝叶密集的作物和果树,由此而产生的农药超量使用等问题特别突出^[1-2]. 基于果树树冠形状的仿形喷雾技术是近年来提出的一种新的果树精确喷雾方法^[3-6],它是通过实时传感器检测果树树冠的形状、位置等参数,自动控制喷头(组)在理想的喷雾距离下进行喷雾作业,能有效提高雾滴在果树内的分布均匀性,提高农药的利用率,大幅度降低农药的使用量. 在果树仿形喷雾作业时,除了要求能够精确控制喷雾距离外,还要求能够根据喷雾对象的不同形态结构特征实现喷雾时间、喷雾压

力等参数的智能化和精确化. 目前在喷雾距离检测方面一般有超声波测距法^[3-7]和红外光电测距法^[8-10]等,其中,红外光电探测器可探测的距离较小,而利用超声波传感器对检测距离有较好的线性输出,常作为喷雾距离的检测手段. 但是果树的其他形态结构特征如树高、冠幅、树叶稀密程度等,属于二维或三维信息,这些信息通过超声波传感器和光电传感器已不能准确的获取. 一幅图像包含了非常丰富的二维信息,通过立体成像还可以获取三维信息,利用图像处理技术对果树图像进行处理,然后进行特征提取,可将果树的形态结构参数计算出来. 为此,笔者设计开发了一套基于DSP的果树形态结构参数检

收稿日期:2007-03-02

作者简介:张建瓴(1965—),男,副教授,E-mail: jlingzhang@scau.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金(30270764);华南农业大学校长基金(4500-K04122)

测系统,可快速获取仿形喷雾所需的果树部分形态结构参数. 本文主要介绍该检测系统的硬件结构和组成、各部分功能和工作原理.

1 硬件设计

本文设计的基于 DSP 的果树形态参数检测系统硬件功能模块主要包括视频输入模块、DSP 处理器、参数输出模块、外部存储模块、仿真调试接口 (JTUG) 模块等. 其组成结构如图 1 所示. 其中, DSP 处理器采用 ADI 公司的 Blackfin 系列 ADSP-BF533 芯片, 其主要作用是对数字图像数据进行处理、果树参数计算, 并配合外围接口的设计; 仿真调试接口 (JTUG) 模块主要是用于调试阶段的系统调试; CCD 摄像头对果树图像进行采集, 经视频解码芯片 ADV7183 进行 A/D 转换和视频编码, 采集的数据经过 ADSP-BF533 的并行外部接口 (PPI, Parallel Peripheral Interface), 以直接存储器访问 (DMA, Direct Memory Access) 方式直接存储在外部存储器 (SDRAM) 里, ADV7183 在自己的时钟控制下通过 PPI 接口自动向 SDRAM 单元传送数据. 当采集完一帧数据时, DMA 产生中断, 在中断服务程序里完成图像转换、处理和果树形态结构参数的计算, 再通过 UART 接口把计算出来的果树参数传送到计算机进行显示, 或传送到控制器以控制喷雾执行机构的动作.

1.1 视频输入模块

系统采用 UMBO 公司的 CCD 摄像头, ADI 公司的 ADV7183 芯片和 ADSP-BF533 的 PPI 接口等组成视频输入模块, 其主要功能是对果树图像进行采集,

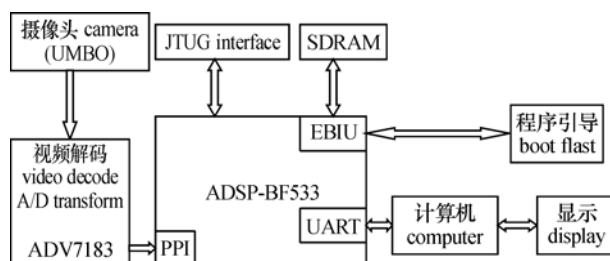


图 1 基于 DSP 的果树形态参数检测系统硬件框图

Fig. 1 Hardware structure of the detection system based on DSP

并把采集到的图像信号转换成数字信号, 存储到外部存储器中. ADV7183 是一款集成的视频解码芯片, 能自动识别和转换标准带宽的模拟视频信号, 有 6 个模拟视频信号输入通道, 可进行多种配置.

视频输入模块利用 CCD 摄像头进行视频图像模拟信号的实时输入, 使用 ADV7183 的 6 路输入通道中的 1 个, 利用 ADSP-BF533 通过 I²C 总线标准对 ADV7183 进行配置, ADV7183 对模拟信号进行 A/D 转换, 得到数字视频信号数据, 将数据传送到 ADSP-BF533 的 PPI 接口, 通过 PPI 接口将视频数据用二维 DMA 的方式传送到 SDRAM 中.

1.2 参数输出模块

参数输出模块负责通过 ADSP-BF533 的 UART 接口将计算出的果树参数输出. UART 是一个具有 DMA 功能的外设, 支持独立的 TX 和 RX DMA 通道. UART 接口原理图如图 2 所示. 该接口是一个与 PC 的标准异步串口兼容的全双工外设. UART 在串行和并行格式之间传送数据, 串行通信遵循支持多种字长、停止位和奇偶校验的异步协议.

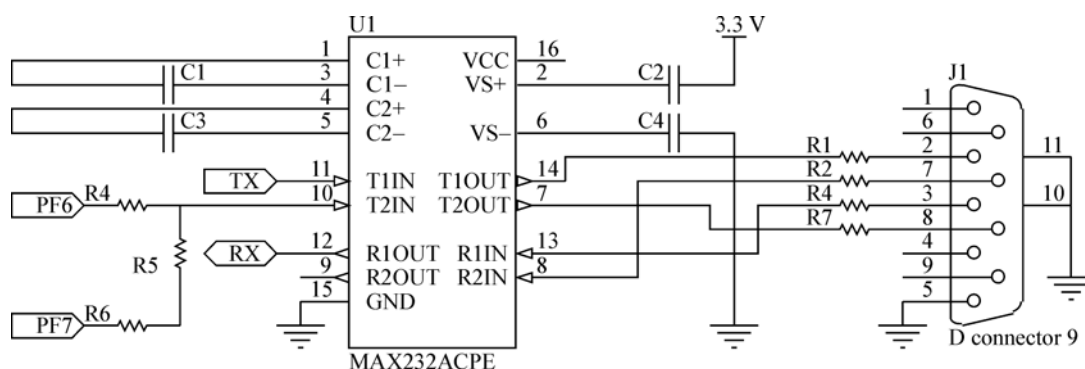


图 2 UART 接口原理图

Fig. 2 Connection principle of UART

1.3 外部存储模块

ADSP-BF533 芯片内没有集成同步动态随机存取存储器 SDRAM (synchronization DRAM), 本文采用 256 Mbit (16 Mbit $\times$ 16) 的 MT48LC16M16A2TG-75 SDRAM, 连接方法如图 3 所示. SDRAM 是一种改善了结构的增强型 DRAM, 支持 DRAM 的 2 列地址同时打开. 2 个打开的存储体间的内存存取可以交叉进行, 一般的如预置或激活列可以隐藏在存储体存

取过程中, 即允许在一个存储体读或写的同时, 另一存储体进行预置. 这种存储器模块通常有片选信号输入, 每一个与模块上的一部分相连. ADSP-BF533 能够通过 SMS 块选择信号、数据屏蔽信号 SDQM [1:0] 和数据总线与大多数 DIMM 进行无粘贴连接, 把 DIMM 分成多个块, 并按照 SDRAM 的片选信号将它们与 ADSP-BF533 连接.

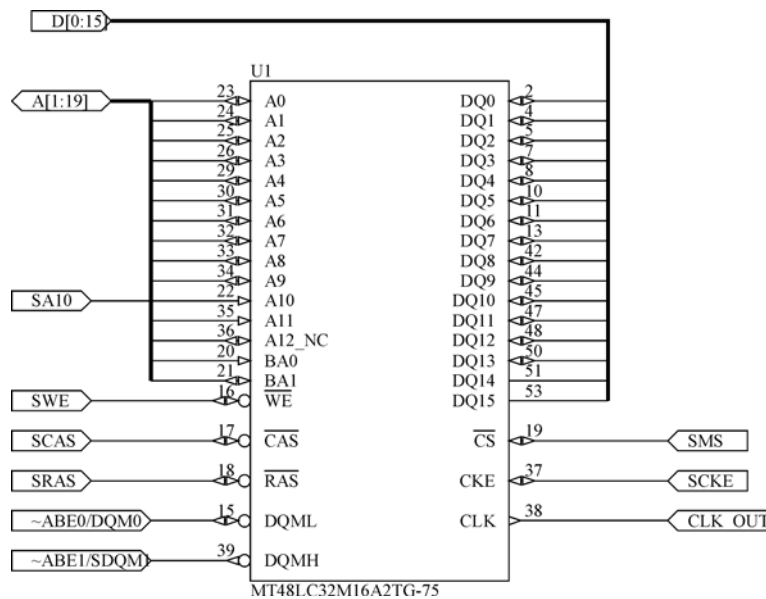


图 3 SDRAM 与 ADSP-BF533 接口原理图

Fig. 3 Connection principle between SDRAM and ADSP-BF533

2 系统工作流程

果树形态参数检测系统的工作流程如图 4 所示. 首先使用 CCD 摄像机和高速的视频解码芯片进行数据采集, 然后利用 DSP 芯片对所采集的图像进行分析处理, 最后将检测计算结果输出.

当检测系统接收到触发信号, 开始接受现场传送过来的图像, 通过并行外部接口 PPI 把一帧完整

的图像保存在外部存储器, 并将其转化为真彩色图像. 接着对真彩色图像进行滤波, 滤除采集过程中由于光源、传输等的影响而产生的噪声, 使图像的背景变得均匀; 然后, 对图像进行分割并最大限度去除背景, 得到果树二值化图像; 最后对二值化图像进行数学形态学运算处理, 把残留的背景完全去除. 图像处理完成后, 利用只有目标的二值化图像便可以计算出果树部分形态结构参数.

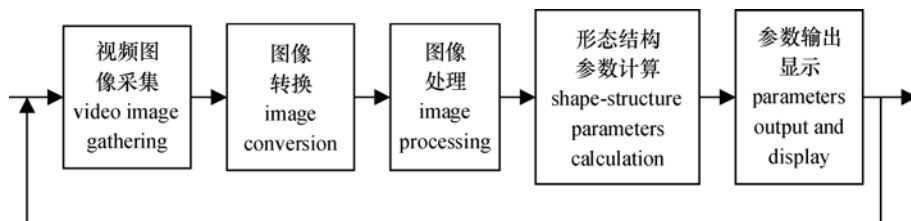


图 4 系统工作流程

Fig. 4 Flow chart of the detection system

3 结果

检测系统最初采集的图像是奇偶场分开 YUV 4:2:2 格式的视频信号, 首先要把奇偶场分开的数据重新排列, 组合成正常 YCbCr4:2:2 格式图像, 再用中间插值法把图像转化为 RGB8:8:8 真彩色图像, 同时去除干扰较严重的边沿图像^[11]. 然后, 进行图像分割处理. 本文使用最大类间方差法和最大熵阈值分割法对采样的 20 幅不同背景的果树图像分别采用基于 2G+R-B 分量、2R 分量、2R+G-B 分量进行图像分割比较后, 综合考虑分割准确率和用时 2 个方面的因素, 选择基于 2R+G-B 分量的最大类间方差法. 其分割总体准确率 83%, 平均运行时间 0.192 s.

为了准确计算果树形态结构参数, 在图像分割完后, 必须把残留背景完全去除. 本文采用 5×5 单位矩阵对二值化图像背景进行 2 次膨胀, 再采用 3×3 单位矩阵对果树背景进行 1 次腐蚀, 能够完全去除分割后残留的背景, 处理效果好且果树目标形状变化不大, 如图 5 所示. 最后利用得到的二值化果树图像就可以计算果树的形态参数, 如树高、下枝高、最大冠幅和分段冠幅、郁密度等. 通过对 20 幅背景不同的果树进行检测和试验验证, 结果显示, 系统检测的果树最大冠幅的相对误差在 $-2.51\% \sim 0$ 范围内; 树高的相对误差在 $-3.0\% \sim 1.7\%$ 范围内. 此外, 利用该系统还对肉眼能够分辨出稀疏的多幅果树图像进行了郁密度检测, 结果表明系统对果树郁密度的计算与检测也可以反映出果树实际稀疏情况的变化.

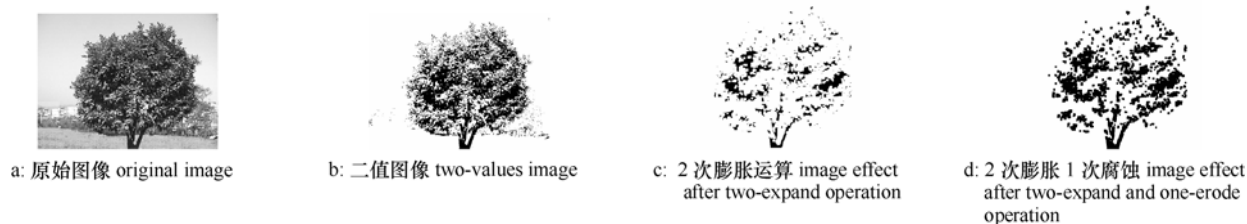


图5 果树图像各阶段的处理效果

Fig.5 The effect of fruit-tree image processing in different steps

4 结束语

果树形态参数或作物信息的采集对实现精确喷雾和变量喷雾有重要意义,而图像处理技术是目前常用的一种方法.本文开发的基于DSP的果树形态参数检测系统,利用DSP快速处理图像的能力,提高了果树图像处理的实时性,加快了果树形态结构参数的计算速度.试验结果表明,检测系统检测的果树最大冠幅相对误差在 $-2.51\% \sim 0$ 范围内,树高的相对误差在 $-3.0\% \sim 1.7\%$ 范围内,郁密度检测结果也能够反映出果树的实际稀密程度变化.

参考文献:

- [1] HOLOWNICK R, DORUCHOWSKI G, GODYN A, et al. Variation of spray deposit and loss with air-jet direction applied in orchards[J]. J Agric Engng Res, 2000, 77(2): 129-136.
- [2] 傅泽田,祁力均. 国内外农药使用状况及解决农药超量使用问题的途径[J]. 农业工程学报, 1998, 14(2): 7-12.
- [3] 王贵恩. 果树仿形喷雾机理及其关键技术[D]. 广州: 华南农业大学工程学院, 2003.
- [4] 王贵恩,洪添胜,李捷,等. 果树施药仿形喷雾的位置控制系统[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 81-84.
- [5] 洪添胜,王贵恩,陈羽白,等. 果树施药仿行喷雾关键参数的模拟试验研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 104-107.
- [6] 王万章,洪添胜,李捷,等. 果树农业精确喷雾技术[J]. 农业工程学报. 2004, 20(6): 98-101.
- [7] 王万章,洪添胜,陆永超,等. 基于超声波传感器和DGPS的果树冠径检测[J]. 农业工程学报, 2006, 22(8): 158-161.
- [8] MOLTO E, MARTIN B, GUTIERREZ A. Design and testing of an automatic machine for spraying at a constant distance from the tree canopy[J]. J Agric Engng Res, 2000, 77(4): 379-384.
- [9] MOLTO E, MARTIN B, GUTIERREZ A. Pesticide loss reduction automatic spraying on globular tree[J]. J Agric Engng Res, 2001, 78(1): 35-41.
- [10] 孙宏祥. 红外光电探测器在静电对靶喷雾中的应用[J]. 电子产品世界, 2002, 14: 34-35.
- [11] 陈峰. Blackfin 系列 DSP 原理与系统设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [11] 简纪常,叶剑敏,吴灶和. 溶藻弧菌脂多糖对石斑鱼免疫功能的影响[J]. 水生生物学报, 2004, 28(1): 103-105.
- [12] ACKERMAN P A, IWAMA G K, THORNTON J C. Physiological and immunological effects of adjuvanted *Aeromonas salmonicida* vaccines on juvenile rainbow trout[J]. Aquatic Animal Health, 2000, 12: 157-164.
- [13] 简纪常,叶剑敏,吴灶和. 溶藻弧菌脂多糖对石斑鱼免疫功能的影响[J]. 水生生物学报, 2004, 28(1): 103-105.
- [14] JOKINEN E I, VIEHAN J, AALTONEN T M, et al. The effect of dietary phosphorus deficiency on the immune responds of European whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) [J]. Fish Shellfish Immunol, 2003, 15: 159-168.
- [15] VIVAS J, RIAÑO J, CARRACEDO B, et al. The auxotrophic aroA mutant of *Aeromonas hydrophila* as a live attenuated vaccine against *A. salmonicida* infections in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Fish Shellfish Immunol, 2004, 16: 193-206.
- [16] 丁蹯,徐刚. 黄鳍鲷弧菌病原特性及其全菌苗的研究[J]. 微生物学通报, 2004, 31(2): 1-5.
- [17] 曹剑香,简纪常,吴灶和. 溶藻弧菌疫苗对凡纳滨对虾免疫功能的影响[J]. 湛江海洋大学学报, 2004, 24(6): 11-17.
- [18] 李爱华,吴玉深,蔡桃珍,等. 嗜水气单胞菌和河弧菌二联疫苗对鲫的免疫效果[J]. 水生生物学报, 2002, 26(1): 52-56.

【责任编辑 周志红】

【责任编辑 柴 焰】

(上接第100页)