

果树冠层参数实时检测系统*

俞龙 赵祚喜 洪添胜

(华南农业大学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, 广州 510642)

【摘要】 为了降低农药喷洒环境污染和提高水果品质,实现果园果树仿形精确喷雾,建立了一套果树冠层参数的实时检测系统。该系统主要由作物识别系统、车辆姿态系统、主控单元和数据记录单元组成,采用CAN总线进行数据通信。对5棵临近的绿篱树进行了初步的靶标距离检测试验,试验重复3次。采用4个超声波传感器分时检测,拖拉机前进速度为0.3 m/s,系统采样速率为5次/s。试验表明,系统能可靠地按一定的采样速率,实时检测和记录系统载体车辆位置、姿态(地面平整度)和果树靶标的距离等数据,为精确仿形喷雾提供了一个较好的喷雾控制平台。

关键词: 果树 冠层参数 超声波传感器 CAN总线 仿形喷雾

中图分类号: S24 **文献标识码:** A

Real-time Measuring System for Fruiter Canopy Parameters

Yu Long Zhao Zuoxi Hong Tiansheng

(Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract

To achieve precision application of pesticides and fertilizers to fruiter, a real-time measuring system for fruiter canopy parameters is developed to guide precision spraying in orchard. It can reduce the negative impacts on the environment as well as improve fruit safety. The system consists of crop identification system, vehicle attitude system, master control unit and data logger unit, and a CAN bus is used to connect the microprocessors involved. Primary experiments are conducted on five adjacent trees with regular cylinder-shaped canopy on the campus for three times. Four independent ultrasonic sensors are used to measure the canopy of the target trees on a time-division basis. System sampling rate is 5 times/s; and the tractor-traveling speed of 0.3 m/s is selected. Experiments show that the system can detect fruiter canopy size in real-time, and provide a good measuring and controlling platform for precision spraying based on tree canopy.

Key words Fruiter, Canopy parameter, Ultrasonic sensor, CAN bus, Profile spray

引言

果园果树树冠的形状、尺寸和叶面积指数是有差异的,恒定喷施农药会造成非靶标沉积而污染环境和浪费农药^[1]。果树农药仿形精准喷雾是根据果树树冠的形状和尺寸、叶面积指数等冠层参数,按

照喷雾量控制策略控制仿形和喷雾机构,适量的将农药精确的喷施到果树树冠^[2]。果树冠层参数的检测方法有多波段航空拍照和超声波、激光、雷达技术的果树位置检测方法或机器视觉的果树图像处理方法^[3-14]。超声波测距为目前果树冠层参数检测的主要技术手段。

收稿日期: 2009-07-27 修回日期: 2009-08-01

* 国家自然科学基金资助项目(30871450)和国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2006AA10A304、2006AA10Z255)

作者简介: 俞龙,副教授,主要从事嵌入式系统应用技术研究, E-mail: yulong@scau.edu.cn

通讯作者: 洪添胜,教授,主要从事机电一体化技术和信息技术在农业上应用研究, E-mail: tshong@scau.edu.cn

为了研究超声波传感器数量和集束角等参数、机具前进速度、路径偏移和受地面平整度影响的车辆姿态等对果树冠层冠径、体积等参数检测的影响,本文构建一套果树冠层参数实时检测系统,采用嵌入式平台进行靶标图像获取和处理,进行果树图像和成像距离的实时在线数据融合。

1 试验材料与方法

1.1 检测系统

果树冠层参数实时检测系统主要由作物识别系统(crop identification system, 简称 CIS)、车辆姿态系统(vehicle attitude system, 简称 VAS)、主控单元(master control unit, 简称 MCU)和数据记录单元(data logger unit, 简称 DLU)组成,如图 1 所示。采用基于 C8051F040 处理器的 CAN 总线构成各单元通信的高速数据通路。

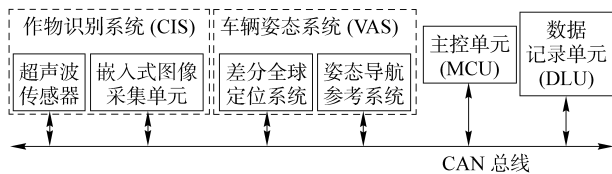


图 1 检测系统原理框图

Fig. 1 Schematic of measuring system

系统启动后,主控单元按设定的采样频率,通过 CAN 数据总线,采取数据帧的形式同时向系统 CAN 网络各节点发出开关量控制信息,各节点根据主控单元的控制命令进行数据采集,并将采集数据或初步处理结果传输至数据记录单元。数据记录单元将各单元数据和控制命令序号组合在一起存储于媒质内。其中,超声波节点按最大检测距离限定的时间依次启动,接收回波信号后,将定时时间传输至数据记录单元。系统采样时间间隔受超声波节点数、靶标检测距离和声波传输速率等参数限制。检测系统如图 2 所示。

1.1.1 车辆姿态系统

车辆姿态系统主要由差分全球定位系统 (Trimble AgGPS 5 700 DGPS) 和姿态航向参考系统 (AHRS500GA - 227) 组成。Trimble AgGPS 5700 DGPS 系统支持 RTK-DGPS 定位,水平定位精度可达 ± 2 cm,垂直定位精度可达 ± 3 cm,输出频率可达 20 Hz,动态延迟小于 20 ms。采用 DGPS 确定超声波传感器的经、纬度位置和移动速度。AHRS500GA - 227 型姿态航向参考系统可测量运动载体的航向角度、横滚角度、俯仰角度、三轴角速度和三轴加速度等 9 个参数,其中航向角度测试精度为 $\pm 2^\circ$,横滚和俯仰角度测试精度为 $\pm 2.5^\circ$,输出

频率可达 100 Hz。采用姿态航向参考系统分析地面平整度和车辆航向,也即固定超声波传感器桅杆的立体坐标。



图 2 检测系统

Fig. 2 General view of measuring system

GPS 天线架设在车辆质心位置正上方,天线距地面高度 2 m。AHRS500GA 通过内部一些高灵敏度的磁力计检测地球微弱磁场来确定航向,采用不影响磁向性能的铝作为安装材料。DGPS 和 AHRS CAN 网络控制节点接收到控制单元的有效控制命令时,将最近接收的一帧 GGA 数据和 AHRS 数据发送到 CAN 网络。

1.1.2 作物识别系统

作物识别系统主要由检测靶标距离的超声波传感器和获取靶标关键帧图像的嵌入式图像采集与处理单元组成。通过计算超声波传感器脉冲发出和回波返回的时间间隔,实时连续检测果树靶标的距离,并结合车辆姿态系统的车辆位置和姿态信息,根据果树冠层形状模型计算果树树冠体积。超声波传感器以网络节点的形式挂接在 CAN 总线上,数量可以根据需要增减,但会影响系统最高采样频率。超声波传感器在机具前进方向右侧边垂直安装在边长为 4.5 cm 长的方形铝型材桅杆上,桅杆垂直固定在四轮驱动的机具上,与机具的中心线距离为 70 cm。

作物识别系统嵌入式图像获取和处理单元实时获取果树冠层序列图像,并融合超声波节点传来的果树距离数据,通过区域划分、色彩分割与像素点统计,计算果树冠层叶面积指数。本文选用 DSP 处理器平台 TMS320DM6437,主频 600 MHz,该处理器平台带有 CAN 控制器接口。

1.1.3 主控单元

主控单元利用处理器内置定时器,定时向 DGPS、AHRS、超声波等网络节点发送采样控制指令。

本系统采用依次开启超声波策略,故系统最大采样速率与单个超声波采样时间和开启超声波个数有关。主控单元根据各超声波节点测量的果树距离,结合 VAS 测量的超声波节点位置信息和安装桅杆的姿态信息,实时计算果树冠径、体积。根据果树冠层体积和嵌入式图像处理节点计算的果树疏密度数据,按照设定的喷雾量,分析喷雾系统各喷头的控制策略,为果树的仿形精准喷雾提供依据。

1.1.4 数据记录单元

为实现系统采样数据的后处理,数据记录单元按数据帧的形式,以系统采样频率记录系统的 DGPS、AHRS、超声波、温度等网络节点数据。数据记录单元采用 C8051F040 微处理器,以 SD 卡为存储介质,采用 FAT16 文件系统格式实现系统数据存储。当数据记录单元系统时钟为 11.592 MHz 时,数据记录为 20~40 ms/512 byte。

本文设定系统采样速率为 1~10 次/s,每次最多存储数据量为 216 byte,可实现系统数据实时存储。

1.2 试验方法

选择行道旁 5 棵临近的绿篱树进行距离检测试验,试验重复 3 次。绿篱树外观呈圆柱形,尺寸(高×宽)约为 2.2 m×1.5 m,如图 3 所示。系统挂接 4 个超声波传感器(SensComp, Inc. 频率 50 kHz,集束角 15°,检测距离 0.15~10.7 m),从地面开始逐次编号为 1~4,超声波 1 距地 0.4 m,逐次每隔 0.4 m 安装。系统采样频率为 5 次/s,超声波传感器距靶标的距离约为 3 m。机具行驶速度由 DGPS 系统测量,约为 0.3 m/s。



图 3 靶标绿篱树

Fig. 3 General view of target to be measured

2 结果与分析

图 4 每幅图上半部分显示 4 个超声波检测的靶标距离,下半部分为系统 AHRS 采集的车辆横滚角、俯仰角和航向角三维姿态数据。3 次重复试验检测的靶标冠层形状相似,其中第 1 棵与第 2 棵靶

标之间背景附近有其他树干干扰,故靶标冠径被连成一体。由于靶标是经过人工修整的较规则的圆柱体形状,故系统 4 个超声波传感器对靶标的距离检测结果基本一致。

试验在地板砖地面上进行,3 次检测车辆的横滚角和俯仰角变动较小,俯仰角基本为 0°,而横滚角在 0°(360°与 0°指向同一方向)附近微小变动。而航向角由于是人工控制车辆沿圆弧形台阶导向,3 次试验变化趋势一致。在检测第 1 棵靶标时,航向角基本不变,在后续靶标检测时,航向角逐渐变小。本次试验靶标大小相近。随着航向角的逐渐降低,靶标的采样点数也逐渐减小,影响系统对靶标冠径的计算。

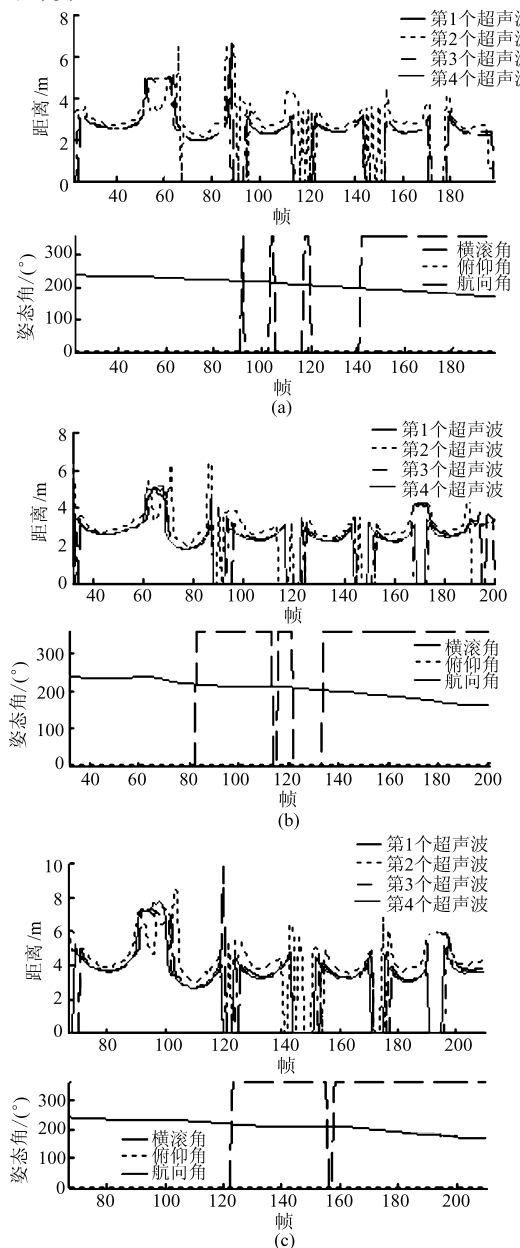


图 4 3 次靶标检测结果

Fig. 4 Three times measuring result of target

(a) 第 1 次 (b) 第 2 次 (c) 第 3 次

3 结论

(1) 系统能够按一定的采样速率,实时检测和记录系统载体车辆位置、姿态(地面平整度)和靶标的距离等数据。采用 CAN 总线构筑系统数据通路,提高了系统工作的可靠性。

(2) 超声波传感器对靶标距离检测 3 次结果基

本一致,由于试验场地比较平坦,故车辆的横滚角和俯仰角变动较小。航向角由于是人工控制车辆,有显著变化,影响了系统对靶标冠径的检测。

(3) 系统采样频率主要由系统控制单元的时间确定,不能根据机具的行驶距离间隔进行采样。

(4) 试验时,因拖拉机发动机低速运转,使挂载超声波传感器的桅杆受共振的影响,振动偏幅较大。

参 考 文 献

- Solanelles F, Planas S, Escolà A, et al. Spray application efficiency of an electronic system for proportional application to the canopy volume[J]. *Aspects Appl. Biol.*, 2002, 66:139~146.
- 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.
Wang Wanzhang, Hong Tiansheng, Lu Yongchao, et al. Performance of tree canopy diameter measurement based on ultrasonic sensor and DGPS[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2006, 22(8):158~161. (in Chinese)
- Meron M, Cohen S, Melman G. Tree shape and volume measurement by light interception and aerial photogrammetry[J]. *Transactions of the ASAE*, 2000, 16(2):475~481.
- Tumbo S D, Salyani M, Whitney J D, et al. Investigation of laser and ultrasonic ranging sensors for measurements of citrus canopy volume[J]. *Transactions of the ASAE*, 2002, 18(3):367~372.
- Rosell J R, Nogues A, Planas S. An experiment selective orchard spraying system based on the electronic control of applied flow rate[C]//*Eur. Ag. Eng. Conference, Paper 96A-120, Madrid, Spain, 1996.*
- Molto E, Martin B, Gutierrez A. Design and testing of an automatic machine for spraying at a constant distance from the tree canopy[J]. *Agric. Engng. Res.*, 2002, 77(4):379~384.
- Zaman Q U, Salyani M. Effects of foliage density and ground speed on ultrasonic measurement of citrus tree volume[J]. *Transactions of the ASAE*, 2004, 20(2):173~178.
- Schumann A W, Zaman Q U. Software development for real-time mapping of ultrasonic tree canopy size[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2005, 47(1):25~40.
- Solanelles F, Escolà A, Planas S, et al. An electronic control system for proportional pesticide application to the canopy volume in tree crops[C]//*EFITA/WCCA Joint Congress on IT in Agriculture, 2005: 25~28.*
- Whitney J D, Tumbo S D, Miller W M, et al. Comparison between ultrasonic and manual measurements of citrus tree canopies[C]//*ASAE Paper No.0210512.*, 2002.
- Zaman Q U, Schumann A W, Hostler H K. Quantifying sources of error in ultrasonic measurements of citrus orchards[J]. *Transactions of the ASAE*, 2007, 23(4):449~453.
- Balsari P, Doruchowski G, Marucco P, et al. A system for adjusting the spray application to the target characteristics[J]. *Agricultural Engineering International, CIGR E-Journal*, 2008, 10.
- Zheng Jiaqiang, Zhou Hongping, Xu Youlin, et al. Toward-target precision pesticide application and its system design[J]. *Transactions of the CSAE*, 2005, 21(11):67~72.
- 张富贵,洪添胜,肖磊,等. 果树冠幅的检测机理研究[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(4):25~29.
Zhang Fugui, Hong Tiansheng, Xiao Lei, et al. Detection mechanism for fruiter crown diameter[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2008, 24(4):25~29. (in Chinese)