

doi: 10.3969/j.issn.0490-6756.2017.06.009

移动式葡萄田间远程监控系统设计与研制

颜仁喆^{1,2}, 高晓阳^{1,2}, 李红岭^{1,2}, 杨 梅^{1,2}, 李妙祺^{1,2}, 吴 翔^{1,2}, 陈天雨^{1,2}

1. 甘肃农业大学工学院甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 兰州 730070;
2. 甘肃农业大学工学院甘肃省葡萄与葡萄酒工程学重点实验室, 兰州 730070)

摘 要: 针对传统作物田间图像采集过程中采集设备布线繁琐和采集范围小等问题, 设计开发了一种移动式葡萄远程图像获取系统. 本系统以 cortex-A8 架构处理器 S5PV210 为核心, 选用 UVC 摄像头为图像获取设备, 利用 Telnet 或手机重力感应通过 CGI 接口向后台程序传递参数, 实现对移动式设备以及车载云台机构的远程操控. 本研究开发的控制界面可远距离获取图像信息, 并通过远程控制移动设备调节摄像头焦距以及调整葡萄田间采集监测区域. 本移动采集系统在葡萄园内的测试结果表明, 采集系统运行可靠, 开发布线简洁, 图像传输稳定, 在 Telnet 终端控制时系统响应时间短且实时性好, 丢帧率低. 本研究为葡萄园信息监测提供了一种智能化装备样机, 对农业物联网应用设计与开发具有重要意义.

关键词: 图像采集; 重力感应; CGI; 远程控制; 葡萄园

中图分类号: TP393.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0490-6756(2017)06-1177-08

The design and develop of mobile monitoring system in grapes field

YAN Ren-Zhe^{1,2}, GAO Xiao-Yang^{1,2}, LI Hong-Ling^{1,2}, YANG Mei^{1,2},
LI Miao-Qi^{1,2}, WU Xiang^{1,2}, CHEN Tian-Yu^{1,2}

- (1. College of Engineering Gansu Agricultural University, Gansu Provincial Key Laboratory of Aridland Crop Science, Lanzhou 730070, China; 2. College of Engineering Gansu Agricultural University, Gansu Key Laboratory of Viticulture & Oenology, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In order to solve the problems of trival wiring and limited collection scope existing in the process of traditional crop image data acquisition, a mobile remote image acquisition system was designed. With cortex-A8 architecture processor S5PV210 as the core of the system, the UVC camera was selected for the image acquisition device, and the telnet or gravity of the phone's screen induction reaction mode was used to pass parameters to the background through CGI (common gateway interface), then the mobile device control and on-board PTZ (Pan/Tilt/Zoom) equipment operation were realized. In control interface the images were not only acquired over long distance on graperly, but also the monitoring areas were adjusted by remote controlling the mobile device through the developed program. The performance experiments of the mobile acquisition system had been implemented in the vineyard of Gansu Agricultural University. The results showed that the system operation credibly, laid lines concisely, and image transmission stably. While in telnet terminal control mode, the system has shorter time response, better real-time, longer transmission distance, and lower frame loss rate etc. This kind of re-

收稿日期: 2016-09-05

基金项目: 国家自然科学基金(61164001, 61661003); 甘肃省干旱生境作物学重点实验室开放基金课题(1102-11)

作者简介: 颜仁喆(1988-), 男, 甘肃省兰州人, 硕士, 研究方向为工程检测与智能控制方向研究. E-mail: 343963211@qq.com

通信作者: 高晓阳. E-mail: gaoxiao1081@sina.com

search and development provides a new intelligent prototype equipment for vineyard information monitoring, and which is of great significance to design and develop agricultural IOT(Internet Of Things) and its application.

Keywords: Image acquisition; Gravity sensor; CGI; Remote control; Grapery

1 引言

准确采集获取作物田间信息,是农业信息化的重要组成部分.随着计算机技术、网络技术以及传感器技术的快速发展,农业信息采集也逐渐向数字化、集成化和网络化迈进,智能化农业系统在农业生产中得到了越来越广泛的应用^[1].近年来,国内外在农作物生长状况监测机器视觉技术研究与应用等已取得初步进展^[2-4].杨海山、何东健等提出了一种基于 S3C2440、OV9650 摄像头的嵌入式田间视频采集系统^[5],实现了田间视频信息的本地采集与显示,但是未构建网络服务系统,不可远程控制 and 访问; Zhou 等开发了一种基于 Linux 嵌入式操作系统的远程光谱数据采集和控制系统^[6]; Ahamed 等通过在塔顶安装光谱相机,用于监测草原植被生长状况^[7],该设计中的地理信息服务系统(GIS),主要是用于分析解决复杂的规划决策问题,且硬件及软件套件投入费用较大;陈天华等结合嵌入式系统和 GPRS 设计了远程土壤墒情监测预报系统^[8],该传输方式难以满足多节点的部署方式,且在处理大量数据信息时运行成本较高;

王明磊等开发了一种大麦田间视频采集与无线传输系统^[9],但定点式的传感器部署方式无法满足远程专家多角度、高精度对作物生长信息获取的需要.

针对以上不足,本文利用嵌入式技术、CGI 编程技术、图像采集与压缩编码技术、步进电机控制技术以及 HTML+JavaScript 开发技术等设计开发了一种葡萄田间移动式视频图像采集与远程无线传输系统.该系统设计为多节点覆盖的部署方式,且独立节点均远程可控;B/S 架构的控制管理系统便于与远程专家系统嵌套,使其能够随时获取葡萄田间的作物生长状况,为远程专家对葡萄生长调控机理及虚拟建模研究提供研究基础.

2 系统结构设计

移动式葡萄田间监控系统主要包括图像采集设备、移动设备的前后和左右方向运动、车载摄像头水平转动及焦距调节等的控制系统、以及远端视频图像获取和移动设备的界面管理控制系统,其系统结构组成如图 1 所示.

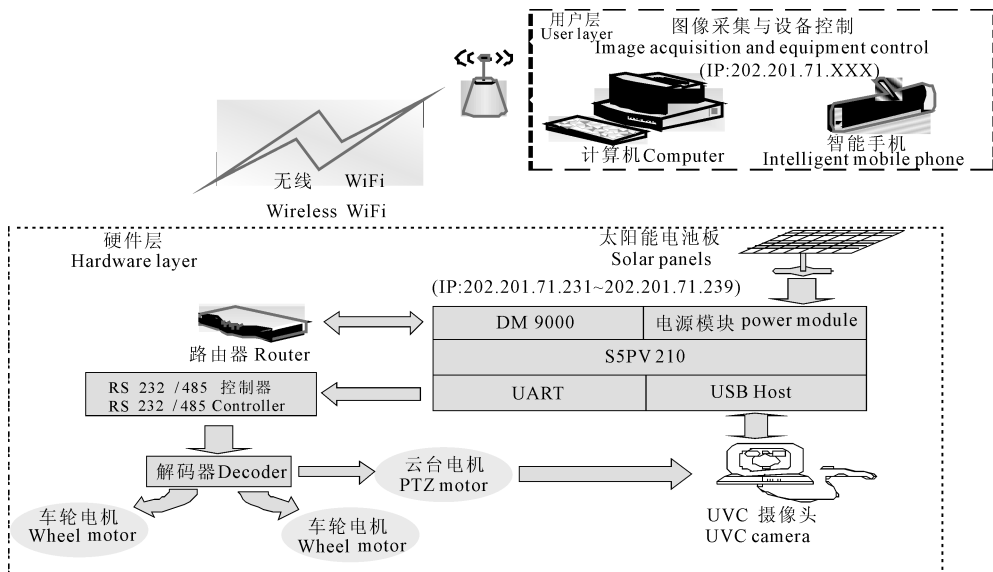


图 1 移动式葡萄田间监控系统结构图
Fig. 1 Structure diagram of the mobile grape field monitoring system

本文以 cortex-A8 架构处理器 S5PV210 为移动式监控系统的控制核心,并选用 UVC 摄像头获取田间图像信息. 移动式设备选用步进电机作为动力源,通过对步进电机正反转的调节来控制设备前后移动;并采用步进电机差速控制方法,实现移动设备左右转动^[10],在实际设备组装过程中,通过校验及对实验田间环境分析,研制了一套适应于葡萄实验田地形,且能够对研究对象生长信息进行有效采集的移动式装备样机;通过 Pelco-D 控制协议的操控信息传递,完成车载摄像头云台底座水旋转及摄像头焦距调节,实现对葡萄生长信息的精确采集. 远程控制包括控制嵌入式设备向步进电机输出脉冲信号,控制步进电机运行,其客户端界面选用 HTML+JavaScript 脚本语言开发,以无线 WIFI 控制图像采集设备到指定位置获取图像.

3 视频图像采集系统设计

3.1 图像传感器选择

本设计依据葡萄图像采集精度要求,选用了一种符合 V4L2 接口标准的 UVC 摄像头作为该系统的图像采集设备,该摄像头采用 CMOS 图像传感器,200 万像素,最大帧率 30 fps,色彩位数 32 bit,2.5 倍数码变焦,最小成像距离 1 cm. 设计中,摄像头除了与嵌入式设备连接简洁且移动性好外,还能与云台电机模块硬件连接,构成满足设计要求的云台摄像头机构. 但是该 UVC 摄像头输出的图像格式为 YUV422,不符合抓图线程中 YUV420 的图像格式标准. 用于嵌入式开发的 CMOS 摄像多为 YUV420 图像格式,但是这类摄像头常用于嵌入式产品开发评估使用,功能较不完善,且与嵌入式设备通过 CAMIF 接口连接,不利于搭建云台机构,因此需从软件层面进行改进以实现本次设计需求.

3.2 实时流媒体获取

在葡萄田实际图像采集过程中,监控系统需要准确获得现场实时流媒体信息,为此本设计在 Linux 下通过 V4L2 接口发现和操作媒体设备,捕捉和传输媒体信息,使用缓存机制来实时传输流媒体. 考虑到数据在网络中是以包的形式传输,由于网络中各个数据包选择的路由不尽相同,到达客户端时间也不一样,使用缓存系统可保证数据包的顺序正确,并使媒体数据能连续输出,以弥补网络暂时拥堵造成的播放停滞延时和抖动影响^[11]. 在流媒体获取过程中,通过调用 cam_thread 线程中的 uvcGrab 函数完成图像抓取,但是该函数获取的图

像格式标准为 YUV420,为解决该格式摄像头在本系统要求下硬件实现的问题,为此将 cam_thread 线程加以改进,使原始图像数据进行格式转换后再提交到 uvc_Grab() 函数,最后通过调用 memcpy_picture() 将图像数据塞进图像数据塞进 pglobal,经改进后的媒体获取流程如图 2 所示.

3.3 车载云台机构的设计

为增大移动式设备在葡萄园监控中的有效图像采集范围,本系统设计了一种云台机构,以解决移动式设备行进过程中多角度采集的问题. 云台机构由减速电机连接摄像头组成,通过 Pelco-D 协议进行远程操控. 本设计利用 Linux 下的串口编程技术,使云台设备与 ARM 嵌入式设备建立联系,构建了浏览器与嵌入式后台程序交互,实现通过开启 Web 服务远程操作云台设备的角度变动及焦距调节. 设计中考虑到试验田葡萄架的搭建结构,以及目标作物在架上生长的覆盖面积及角度,需要通过调整脉冲信号对电机的旋转角度进行合理的设定,从而实现对目标作物生长信息的全面采集. 经设定,云台模块旋转角度为 355° 并支持摄像头 2.5 倍变焦,最小成像距离 1 cm,可以满足本设计的采集工作需求.

3.4 驱动步进电机的选择与校核

步进电机的转速与脉冲频率成正比,即输入的脉冲频率越高步进电机的转速也越高. 输入脉冲频率越高,虽然转速提高,但是会造成电机力矩小而难以驱动负载. 本文所选整步步进电机转动一圈需要输入 200 个脉冲,即当输入脉冲频率为 200 Hz 时,电机转速为 1 rps. 步进电机转速与转矩的关系式如式(1)所示.

$$P = \frac{Tn}{9.55} \quad (1)$$

式(1)中,功率 P 的单位是 W;转矩 T 的单位是 $N \cdot m$; n 代表单位分钟的电机转速 rpm.

本系统移动设备在试验田间环境下运行时,需要克服的摩擦力为 $f = u mg$,取 u 为 0.28,设备总质量为 2.03 kg,则 f 为 5.57 N. 取电机功率 P 为 14.4 W,若控制脉冲频率为 400 Hz 时,电机转速 n 为 2 rps,转矩 T 为 1.15 $N \cdot m$. 双轮同步工作时,产生的最大转矩为 $2 \times 1.15 N \cdot m$,车轮半径为 0.065 m,则其工作的最大动力为 35.4 N. 因此,根据本设备在葡萄田运行所需的驱动扭矩,选用 17HD34007-22B 型步进电机,该电机保持转矩 T 为 1.2 $N \cdot m$,大于负载转矩,满足系统工作要求.

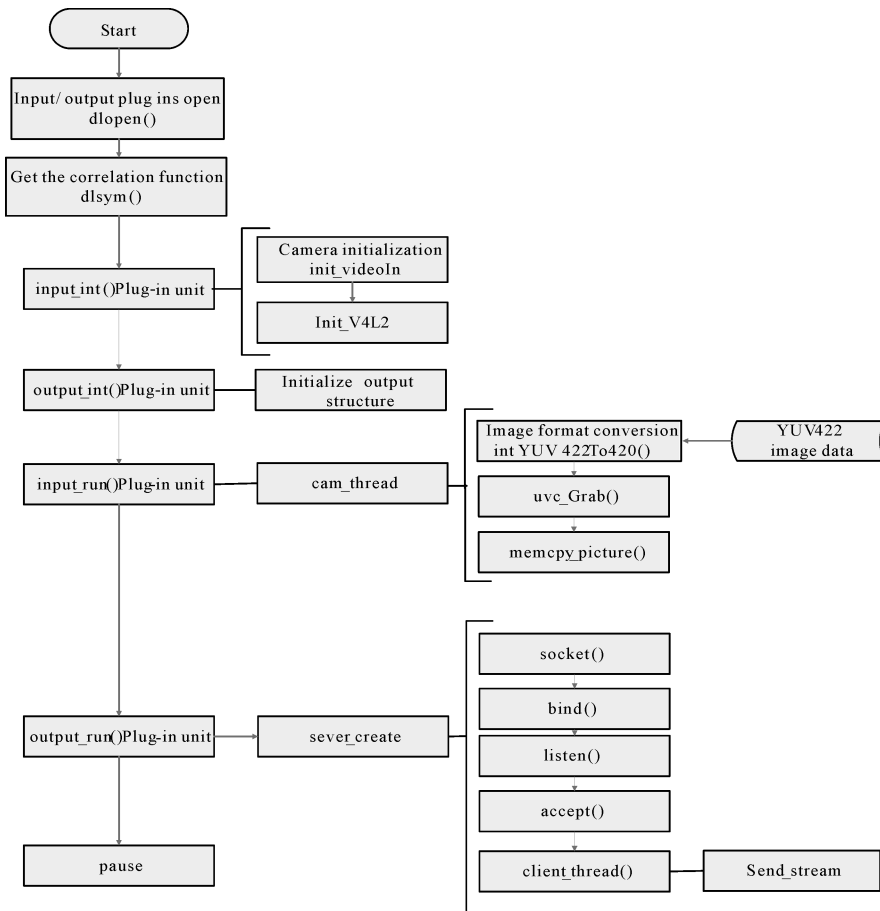


图 2 流媒体获取流程图
Fig. 2 Flow media access flowchart

4 控制系统设计

4.1 移动式设备的运动控制

移动式图像采集设备在葡萄田间运动是由步进电机驱动完成的。步进电机接受到远程监控系统的遥控电脉冲信号后,转化为移动设备的角位移,完成对指定方向的转动及运行^[12]。

本系统设计了一种利用智能手机的屏幕重力感应反应对远程移动式葡萄图像采集设备进行控制的方法,采用一种 B/S 方案来实现对屏幕重感反应的获取,并向嵌入式系统传递控制步进电机运转的参数。在 HTML 的 device orientation 事件对象中,包含着对每个轴相对设备静止状态下发生变化的信息,设备的坐标系由三个轴构成,X 轴是从左指向右、Y 轴是从上指向下、Z 轴是从后指向前;event 则获取的是绕轴旋转的度数差,其中 beta 是指设备在绕 X 轴旋转时,与 Z 轴的度数差;gamma 是指设备在绕 Y 轴旋转时与 Z 轴的度数差。

为了实现利用翻转屏幕动作控制移动式设备的

空间运动,需要设定一个阈值进行控制,当翻转角度超过设定阈值时,就会触发一个函数事件,该函数会将特定表单通过 CGI 接口指向后台步进电机控制程序。本文采用 CGI 接口是为了在编写超文本 HTML 文件时,可以结合其他外部的程序语言,通过浏览器将使用者的数据输入到文件里,然后经过 HTTPd 或 CERN 服务器主机处理后,转呈现于其他用户来查看或者记录至服务器主机上的数据库内^[13,14]。当 CGI 程序获取到表单参数后,就会向步进电机驱动模块发送电脉冲信号,使步进电机按照手机屏幕翻转效果转动,其整体控制流程如图 3 所示。

4.2 云台模块的控制

云台的控制命令为 7 个字节的十六进制代码,可以完成矩阵与其他设备之间的通信,其中同步字节为 FFH,数据码 1、2 分别代表设备两个空间分量上的运动速度,校验码 = MOD[(字节 2 + 字节 3 + 字节 4 + 字节 5 + 字节 6)/100 H],地址码为传感器设备的逻辑地址,范围为 01H-FFH,本设计选用地址码 0X01。

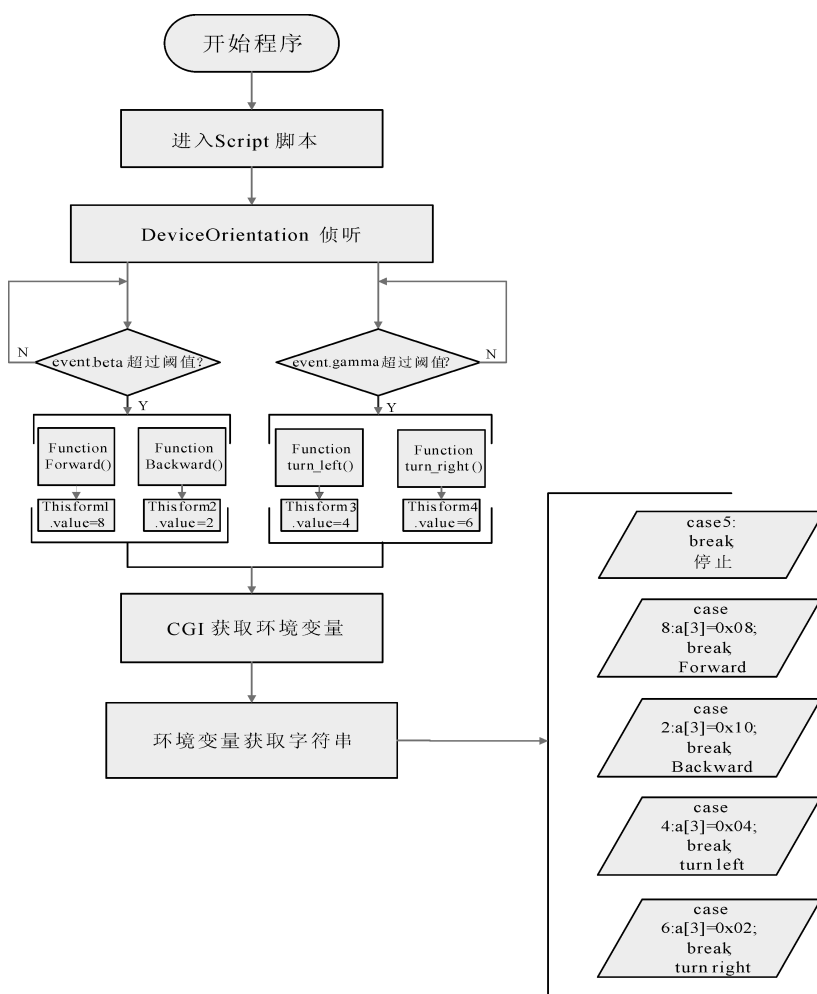


图 3 移动设备的运动控制流程图

Fig. 3 Motion control flow chart for mobile devices

不同的数据码控制着云台不同方式的动作,包括摄像头的空间转动及焦距的变化等^[15]. 在 CGI 程序中,使用 GET 方法获取数据时,环境变量 QUERY_STRING 将客户端的数据传递给服务器,再通过服务器提交给 CGI 程序^[16]. 主程序中环境变量接收到字符串后,需要使用 scanf() 函数从该字符串中读进与指定格式相符的数据.

在使用终端设备对目标进行实际控制时,scanf() 函数每完成一次输入需要以回车键结束,这使得控制过程较为繁琐,所以在本设计中使用 getch() 函数进行输入,

```
char c=getch();
    if (0==c||0xe0==c)
        c|=getch()<<8;
```

4.3 控制界面的设计和开发

本设计以 Linux 系统为开发环境,使用 MySQL 建立园艺作物数字图像信息数据库,通过 TCP/IP 链接到远程数据库服务器,实现对数据库文件的查询和

管理^[17-19]. 控制界面使用 HTML5+JavaScript 脚本语言开发,首先进行用户名及密码验证登录,登录成功后进入到监视及控制界面,设计的多窗口监视界面可以同时查看多个移动式设备节点所采集到的图像信息,也可以选择一个节点采集的图像在主窗口内显示^[20,21]. 控制区域内,通过选择需要操作的工作节点和按钮,实现对所选移动式设备的远程控制,包括云台摄像头的转动以及焦距调节等,如图 4 所示.

5 系统测试实验

5.1 系统控制实验

系统控制性能实验在甘肃农业大学葡萄园进行,随机选取两个工作节点,每组测 3 次取其平均值,不同控制方式的控制性能实验结果如表 1 所示. 从实验数据可见,在使用 Telnet 建立终端连接控制时,相当于在嵌入式系统的伪终端下直接进行操作,Linux 下的可执行程序可以直接获取标准输入(键盘按键)的数据,这种方式相较于 CGI 和表

单交互的控制方式,由于可以忽略数据在通过 Web 服务器时所形成的网络数据延时,相应速度最快.本文步进电机控制输入脉冲频率为 400 Hz 时,转速为 2 rps,脉冲周期常数设定为 99,点击一次方向键响应时间约 1 s;通过手机重感反应控制

时,在屏幕翻转至超过设定阈值时,向后台 CGI 连续提交表单,响应速度也较快,但也有操作不当造成数据大面积拥堵现象;使用表单按钮控制时,点击一次向 action 提交一次,会因网络延时导致提交不成功情况发生,从而致使响应速度偏慢.



图 4 葡萄生长监控系统的远程控制管理界面

Fig. 4 Remote control management interface of grape growth monitoring system

表 1 系统不同控制方式实验

Tab. 1 The experiments of different control modes of the system

工作节点 Working nodes	控制方式 Controlling Mode	控制距离 Controlling Distance	响应时间 Response Times
二号节点	Telnet 终端控制	20m	0.72s
		50m	0.96s
		80m	1.08s
		>100m	无响应
	手机重感控制	20m	1.09s
		50m	1.64s
		80m	2.07s
		>100m(需建立端口映射)	2.36s
	表单按钮控制	20m	1.86s
		50m	2.32s
		80m	2.76s
		>100m(需建立端口映射)	3.08s
六号节点	Telnet 终端控制	20m	0.69s
		50m	0.81s
		80m	1.06s
	手机重感控制	>100m	无响应
		20m	1.15s
		50m	1.73s
	表单按钮控制	80m	1.91s
		>100m(需建立端口映射)	2.62s
20m		2.03s	
		50m	2.85s
		80m	2.91s
		>100m(需建立端口映射)	3.21s

5.2 采集图像接收实验

通过在! bin/bash脚本文件下对图像分辨率进行设置,分别取三种规格的分辨率,任意选取系统的3个工作节点进行三个时间段的连续测试,实

验测试数据见表2.实验结果表明本系统在不同时间段传输不同分辨率的图像数据,最小传输位率可达1.55 mb/s,传输丢帧率小,可靠性高,满足系统的监控要求.

表2 采集图像远程传输性能实验

Tab.2 Remote transmission performance experiments of image acquisition

工作节点 Working nodes	运行时间 Uptime	分辨率 ResolutionBit	位率 rate kb/s	接收帧数 Receive frames	丢失帧数 lost frames
一号节点	1 h	640×480	1621	29811	36
		800×600	2688	39177	18
		960×720	3361	48986	34
	2 h	640×480	1646	61725	33
		800×600	2632	76722	21
		960×720	3402	82195	56
三号节点	1 h	640×480	1590	27381	13
		800×600	2603	36621	29
		960×720	3019	42662	55
	2 h	640×480	1606	59926	31
		800×600	2586	73692	37
		960×720	3128	90026	75
六号节点	1 h	640×480	1602	28692	16
		800×600	2598	34331	11
		960×720	3350	45662	11
	2 h	640×480	1608	29963	28
		800×600	2614	75761	20
		960×720	3433	98996	32

6 结 论

本系统综合采用了嵌入式技术、数字图像采集技术、电机控制技术、HTML+JavaScript技术以及无线通信技术,设计并研制实现了一种移动式葡萄田间图像采集及远程控制系统.该系统克服了传统作物监测的功能局限,通过远程控制界面对多个节点设备进行无线远程操控,并获取设备节点采集的实时视频图像,实现了对目标葡萄园的全覆盖监测.实验结果表明,本系统实现了对不同节点设备的远程控制,设备在Telnet终端控制方式下的响应时间最快,表单按钮控制最慢;在建立虚拟映射的条件下,延时时间不受距离影响而仅与当前网络环境有关.系统采集田间图像画质清晰,不同分辨率下传输的丢帧率均较低,满足葡萄生长田间信息视频监控的设计需求.

参考文献:

[1] 杨玮,李民赞,王秀.农田信息传输方式现状及研

究进展[J].农业工程学报,2008,24:297.

[2] 张瑞瑞,赵春江,陈立平,等.农田信息采集无线传感器网络节点设计[J].农业工程学报,2009,25:213.

[3] 肖德琴,黄顺彬,殷建军,等.基于嵌入式应用的高分辨率农业图像采集节点设计[J].农业机械学报,2014,45:276.

[4] Ehret D L, Hill B D, Helmer T, *et al.* Neural network modeling of greenhouse tomato yield, growth and water use from automated crop monitoring data [J]. *Comput Electr Agr*, 2011, 79: 82.

[5] 杨海山,何东健.基于ARM和Linux的视频采集系统研究与开发[J].微计算机信息,2009,25:122.

[6] Zhou Q G, Wang L, Wang Y L, *et al.* A remote data acquisition and control system for Mossbauer spectroscopy[J]. *Nucl Instrum Meth B*, 2004, 215: 577.

[7] Ahamed T, Tian L, Jiang Y S, *et al.* Tower remote-sensing system for monitoring energy crops, image acquisition and geometric corrections[J]. *Bio-*

- syst Eng, 2012, 112: 93.
- [8] 陈天华, 唐海涛. 基于 ARM 和 GPRS 的远程土壤墒情监测预报系统[J]. 农业工程学报, 2012, 28: 162.
- [9] 王明磊, 杨建青, 李红岭, 等. 大麦田间视频采集与无线传输系统设计[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20: 256.
- [10] 周建军, 张漫, 汪懋华, 等. 基于模糊控制的农用车路线跟踪[J]. 农业机械学报, 2009, 40: 151.
- [11] 王健, 王林惠, 岳学军, 等. 基于 WiFi 的无人机视频传输系统设计与试验[J]. 农业工程学报, 2015, 31(S2): 47.
- [12] 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: 81.
- [13] 陆晨, 冯向阳, 苏厚勤. HTML5 WebSocket 握手协议的研究与实现[J]. 计算机应用与软件, 2015, 32: 128.
- [14] 王文山, 柳平增, 臧官胜, 等. 基于物联网的果园环境信息监测系统的设计[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2012, 43: 239.
- [15] 白冰, 吴潇文, 刘华平, 等. 室外移动机器人遥控操作系统的设计与实现[J]. 计算机科学, 2009, 36: 245.
- [16] 张文华, 谭薇, 陈砚圃, 等. 基于嵌入式 Web 服务器的物联网网关设计[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2013, 50: 962.
- [17] 叶庆, 刘森, 张严辞. 基于 Infiniband 网络的消息传输技术研究[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2015, 52: 276.
- [18] 王桂华, 陈黎, 于中华, 等. 一种建立在对客户端浏览历史进行 LDA 建模基础上的个性化查询推荐算法[J]. 四川大学学报: 自然科学版, 2015, 52: 756.
- [19] 郭文川, 程寒杰, 李瑞明, 等. 基于无线传感器网络的温室环境信息监测系统[J]. 农业机械学报, 2010, 41: 181.
- [20] 施伟, 王硕苹, 郭鸣, 等. 跨平台移动应用中间适配层设计与实现[J]. 计算机工程与应用, 2014, 50: 39.
- [21] 刘维峰, 左泽军, 赵利强, 等. 基于 HTML5 的生产装置实时监测可视化[J]. 计算机工程与设计, 2015, 36: 809.