

# 基于蓝牙技术的变量施肥机速度采集系统设计<sup>\*</sup>

齐江涛 张书慧 于英杰 徐岩

(吉林大学工程仿生教育部重点实验室, 长春 130025)

**【摘要】** 设计了基于蓝牙技术的变量施肥机速度信号采集系统。该系统以光电编码器为测速传感器, ARM 微处理器接收测速脉冲并计算出速度值, 通过 KC111 适配器以蓝牙(无线)方式传送, 蓝牙 USB 适配器接收速度信号后传送给变量施肥控制器, 完成施肥机速度信号采集。试验结果表明该系统最大误差为 2.92%, 能够满足变量施肥精度要求, 可以应用到变量施肥机测速系统中。

**关键词:** 精确农业 变量施肥 速度采集 蓝牙 ARM

**中图分类号:** S24; TN919.72 **文献标识码:** A

## Development of a Ground Speed Collecting System for the Variable Rate Fertilizer Machine Based on Bluetooth

Qi Jiangtao Zhang Shuhui Yu Yingjie Xu Yan

(Key Laboratory of Bionic Engineering, Ministry of Education, Jilin University, Changchun 130025, China)

### Abstract

Measuring the ground speed is important for a variable rate fertilizer machine. Since the working environment is hard, the reliability and anti-jamming capability of the ground speed collecting system is poor. A ground speed collecting system for a variable rate fertilizer machine is developed based on Bluetooth. The ground speed sensor of the system is a photoelectric encoder, which is set on one of the wheels of the machine. An ARM microprocessor is used to receive input signals from the ground speed sensor, and calculate the working speed. And then the working speed signals are transformed into the Bluetooth signal format, and transmitted to variable rate fertilizer controller by the KC111 adapters. The maximum error of the test is 2.92%. It shows that the developed system is practical.

**Key words** Precision agriculture, Variable rate fertilization, Speed collecting, Bluetooth, ARM

### 引言

应用于精确农业的变量施肥机主要通过两种途径获取机具速度信号: 一是通过读取 GPS 或 DGPS 提供的速度信息<sup>[1~2]</sup>; 二是通过使用速度传感器获取<sup>[3~6]</sup>。这两种方法速度信号都是通过电缆<sup>[3~6]</sup>或者总线<sup>[7]</sup>进行传输。由于田间作业环境恶劣, 特别容易造成电缆断裂, 拖曳的电缆也给操作带来诸多不便。另外, 某些设备的安装位置可能随着作业机械的改变而进行调整, 错综复杂的线缆也需要重

新铺设, 工作量较大<sup>[6~10]</sup>。本文使用蓝牙技术取代连接电缆, 设计无线速度采集系统, 降低设备造价, 简化使用步骤。

### 1 速度采集系统组成与工作原理

设计的变量施肥机速度采集系统分为两部分: 速度采集部分和蓝牙传输部分。系统组成如图 1 所示。速度采集由测速传感器和 ARM 微处理器完成, ARM 微处理器接收测速传感器输出的脉冲信号并进行运算处理计算出速度值; 蓝牙传输部分负责

收稿日期: 2008-12-26 修回日期: 2009-02-09

<sup>\*</sup> 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2006AA10A309)、“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A08)和吉林大学研究生创新基金资助项目(20091017)

作者简介: 齐江涛, 博士生, 主要从事智能机械在农业上的应用研究, E-mail: qijiangtao2008@hotmail.com

通讯作者: 张书慧, 教授, 博士生导师, 主要从事精确农业及其智能装备方面研究, E-mail: shzhang@jlu.edu.cn

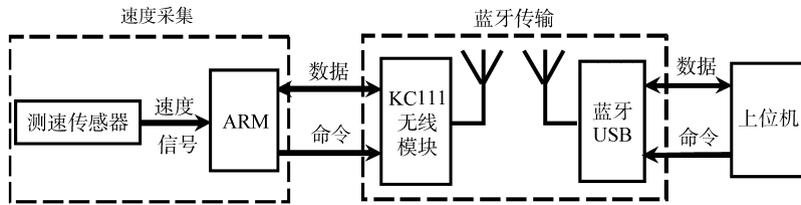


图 1 系统组成框图

Fig. 1 Ground speed collecting system

将速度值转换为蓝牙信号,并完成速度信号的传输。

施肥机速度采集原理:测速传感器(光电编码器)安装在施肥机地轮上,测速传感器和地轮以相同角速度转动,编码器每转动一圈发送 1 024 个脉冲(采用的光电编码器光栅数为 1 024);地轮直径  $D = 0.57\text{ m}$ ,ARM 微处理器根据接收到的脉冲数和所用时间,计算出施肥机前进速度

$$v = \frac{3.6\pi Dp}{N} \quad (1)$$

式中  $N$ ——每转脉冲数,取 1 024

$p$ ——ARM 每秒接收的脉冲数

将数据代入式(1)得

$$v = 0.006\ 3p \quad (2)$$

## 2 系统硬件组成

### 2.1 速度采集部分

速度采集部分硬件主要由 ARM 微处理器和光电编码器组成。

微处理器选用 SAMSUNG 公司生产的 S3C44B0X 32 位 ARM 微处理器。S3C44B0X 具有 6 个 16 位定时器,每个定时器可以按照中断模式或直接存储器存储模式工作;内部集成的 UART 单元提供 2 个独立的异步串行接口 PC 口和 PE 口<sup>[11~12]</sup>。ARM 微处理器一方面负责数据的采集、接收和发送,另一方面还要完成数据的处理工作。

测速传感器使用长春第一光学有限公司生产的 ZKT-D100H30-102.4B-G8-30F 型增量式光电编码器。编码器允许机械最大转速为 5 000 r/min,允许最大角加速度为 10 000 rad/s<sup>2</sup>,主要电气参数如表 1 所示。

表 1 光电编码器电气参数

Tab.1 Electrical parameter of the photoelectric encoder

参数	数值
电压输出方式	电压互补输出
每转输出脉冲数	1 024
工作电压/V	8~30
输出电压/V	$V_H \geq V_{CC} - 2.5, V_L \leq 1.0$

速度采集原理图如图 2 所示。光电编码器输出信号为脉冲信号,利用 ARM 微处理器的定时器和外部中断进行脉冲计数,实现定时中断。光电编码器的工作电压采用 12V DC,由蓄电池供给。同时,蓄电池经过电压变换后分别向 ARM 微处理器和 KC111 提供 3.3V DC 和 5V DC 工作电压。LED 发光二极管显示系统当前工作状态(正常或故障)。系统通过 JTAG 接口连接 JTAG 仿真器,应用 ADS1.2 集成开发环境配合 JTAG 仿真器进行软件开发调试、下载用户程序等。

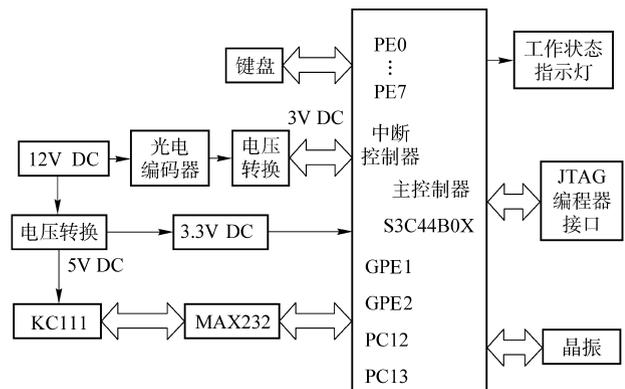


图 2 速度采集原理图

Fig. 2 Diagram of ground speed collecting

### 2.2 蓝牙传输部分

上位机蓝牙设备采用深圳林凯电子科技有限公司生产的 LK-D101A 型蓝牙 USB 适配器(以下简称蓝牙 USB)。LK-D101A 采用英国 CSR 公司生产的主芯片,支持 V1.2 版蓝牙通信协议。速度采集端采用美国 KC Wirefree 公司生产的 KC111 蓝牙转串口适配器(以下简称 KC111 适配器),主要包括 CPU、射频模块、天线以及固件。蓝牙模块工作频段为 2.4GHz,且采用跳频抗干扰技术;通信距离在 10m 以上(系统设计要求通信距离大于等于 6m);支持串行端口功能。蓝牙模块以固件(firmware)的形式提供蓝牙核心协议栈,包括 HCI、L2CAP、SDP、RFCOMM,并且还提供了应用程序接口,它定义了用户在开发过程中需要访问的所有接口和服务,包括:调度程序、蓝牙协议、内存访问、HCI 传输层设置、消息和定时器、串口流管理<sup>[13~14]</sup>。

### 3 蓝牙适配器与 ARM 的连接

KC111 通过 MAX232 与 ARM 微处理器相连。KC111 向 ARM 发出发送请求信号(RTS),ARM 微处理器收到信号,若此时正处于空闲状态,则向 KC111 发出清除发送信号(CTS)。KC111 与 ARM 微处理器两者的发送数据线(TXD)、接收数据线(RXD)交叉互连。一旦 ARM 微处理器允许接收数据,相应的数据和速度信号便通过 TXD 和 RXD 实现发送和接收。信号在 KC111 与 ARM 微处理器之间的传输过程如图 3 所示。ARM 微处理器通过 KC111 适配器,将代表速度的电信号转化为蓝牙信号发送给上位机。

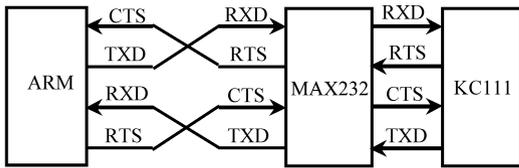


图 3 KC111 与 ARM 连接图

Fig. 3 Connection of KC111 and ARM

## 4 系统软件设计

### 4.1 速度采集程序设计

速度采集模块程序主要工作是系统初始化、数据接收和处理等。程序设计是在 ADS1.2 集成开发环境下进行的。系统初始化、串口参数设置等由 ARM 微处理器完成。速度采集系统中 ARM 微处理器的外部中断 1 和定时器 T5 配合使用,实现测速传感器脉冲采集,采样时间间隔为 1 s。测速传感器每个脉冲触发一次外部中断,使脉冲计数器的值加 1。速度采集中断子程序流程图如图 4 所示。

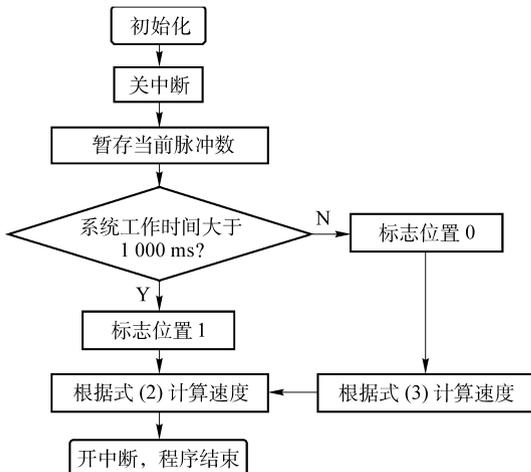


图 4 中断子程序流程图

Fig. 4 Subprogram flow for the ground speed

若系统工作时间不足 1 000 ms(即 1 s),则施肥机前进速度为

$$v = \frac{0.0063p}{\frac{T}{1000}} = \frac{6.3p}{T} \quad (3)$$

式中  $T$ ——系统工作时间,ms

程序执行过程为:关中断,使脉冲计数中断程序不被打断地完成;记录当前中断数,且定时器开始计时;根据当前接收到的脉冲数,分别代入式(2)、(3)进行计算,得到施肥机前进速度值。ARM 处理器将速度值通过 RS232 口传给 KC111 适配器,最终以蓝牙信号形式发送给上位机连接的蓝牙 USB。

### 4.2 蓝牙传输程序设计

蓝牙主机控制器接口(HCI)是蓝牙模块和主机间的软硬件接口,主机和蓝牙模块之间通过 HCI 收发分组的方式进行信息交换(图 5)。HCI 层定义了 3 种分组类型:指令分组、事件分组和数据分组。指令分组只从主机发向蓝牙设备;事件分组只从蓝牙设备发向主机,用以说明指令分组的执行情况;数据分组在主机和蓝牙设备间双向传输<sup>[15]</sup>。

主机通过 AT 命令完成数据读取、波特率设置和远程遥控设置等工作。KC111 适配器所使用的 AT 命令支持文本命令格式,其格式为

AT + ZV [Command] [BD addr] [PIN]

其中:[Command]为命令语句;[BD addr]为蓝牙设备地址,可省略;[PIN]为功能引脚号,可省略。

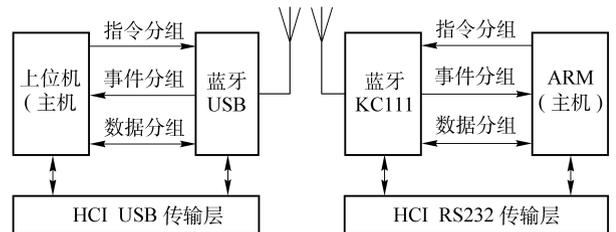


图 5 蓝牙分组传输示意图

Fig. 5 Packet transmission of Bluetooth signals

蓝牙通信的软件实现过程如下:首先启动蓝牙 USB 和 KC111 适配器,并进行串口波特率、初始化等相关设置;发出查询指令“AT + ZV Discovery ALL”,随即收到该模块的命令完成事件包、从机的地址包以及响应数据事件包“AT - ZV InqPending”,“AT - ZV DiscoveryPending 1”;收到从机模块的地址包响应之后,主机发出建立连接命令“AT + ZV SPPConnect [BD addr]”,随即收到主模块返回的命令完成事件包和从模块的连接完成事件包“AT - ZV ConnectionUp”;最后发送“AT + ZV RemoteCommand E”,建立上下位机的遥控连接。此时上下位机蓝牙设备之间成功建立了一条数据和命令传输链路,速度值就可以通过蓝牙信号无线传输给上位机。

## 5 系统性能测试

为验证基于蓝牙技术的变量施肥机速度采集系统的性能和可靠性,在吉林大学生物与农业工程学院农业工程实验室进行系统性能测试试验,如图 6 所示。

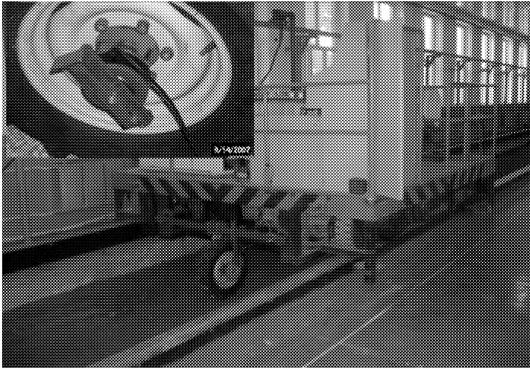


图 6 系统性能测试现场

Fig. 6 Testing field

试验设备:直径 0.57 m 的施肥机地轮,直流变频调速土槽试验车,本文研制的速度采集系统。

测试方法:装备有测速传感器的地轮安装在土槽试验车上,模拟施肥机速度采集系统在田间工作的状态。变量施肥机在田间工作时,行进速度为 2~6 km/h,即 0.56~1.67 m/s。因此,分别选用 0.5、1.0、1.2、1.5 和 1.7 m/s 5 种速度进行试验,同一速度重复 10 次求其平均值,其试验数据如表 2 所示。

数据分析:由表 2 数据可以看出采用蓝牙传输速度信号,其最大误差为 2.92%,小于电缆传输方式的误差。其主要原因在于:电缆传输方式工作时,

表 2 试验数据

Tab.2 Result of the performance test

理论速度 $/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	电缆传输		蓝牙传输	
	平均测量	相对误差	平均测量	相对误差
	值 $/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	%	值 $/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	%
0.50	0.518	3.60	0.515	2.92
1.00	1.030	3.02	1.029	2.86
1.20	1.225	2.06	1.221	1.72
1.50	1.555	3.68	1.530	2.02
1.70	1.760	3.54	1.737	2.15
最大误差		3.68		2.92
最小误差		2.06		1.72

存在电气设备对电缆线干扰;而蓝牙传输方式采用的是跳频抗干扰技术,可减少电气设备干扰对测量精度的影响。因此,所设计的速度采集系统传输数据误差小、系统性能可靠,可以应用到变量施肥机控制系统中。

## 6 结论

(1)基于蓝牙技术的变量施肥机速度采集系统,减少了接线,提高了系统的可靠性和工作稳定性。

(2)试验证明该系统具有良好的抗干扰性和实时性;证明应用蓝牙技术替代电缆传输速度信号是可行的。

(3)试验结果表明基于蓝牙技术的施肥机速度采集系统具有较小的测量误差(最大误差为 2.92%)。

## 参 考 文 献

- Kim Y J, Kim H J, Ryu K H, et al. Fertiliser application performance of a variable-rate pneumatic granular applicator for rice production[J]. Biosystems Engineering, 2008, 100(4):498~510.
- 张书慧,马成林,杜巧玲,等. 精确农业自动变量施肥机控制系统设计与实现[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1):113~116.  
Zhang Shuhui, Ma Chenglin, Du Qiaoling, et al. Design of control system of variable rate fertilizer applicator in precision agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(1):113~116. (in Chinese)
- Saeyns W, Deblender J, Ramon H, et al. High-performance flow control for site-specific application of liquid manure[J]. Biosystems Engineering, 2008, 99(1):22~34.
- Yu J H, Kim Y J, Ryu K H. Development of a controller for variable-rate application of granular fertilizer in paddy farming [C]. ASABE, Paper Number:061068.
- Tola E, Kataoka T, Burce M, et al. Granular fertiliser application rate control system with integrated output volume measurement[J]. Biosystems Engineering, 2008, 101(4):411~416.
- Trimble Navigation Ltd. AgGPS field manager display user guide[M]. Sunnyvale, CA: Trimble Navigation Ltd., 2008: 313~315.
- 周国祥,苗玉彬,周俊,等. 基于现场总线技术的农业机械控制系统研究[J]. 农业机械学报, 2005, 36(8):93~97.  
Zhou Guoxiang, Miao Yubin, Zhou Jun, et al. Study on control system of agricultural machinery based on field bus[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(8):93~97. (in Chinese)

- 8 李莉,刘刚. 基于蓝牙技术的温室环境监测系统设计[J]. 农业机械学报,2006,37(10):97~100.  
Li Li,Liu Gang. Design of greenhouse environment monitoring and controlling[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006,37(10):97~100. (in Chinese)
- 9 柳桂国,应义斌. 蓝牙技术在温室环境检测与控制系统中的应用[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2003,29(3):329~334.  
Liu Guiguo,Ying Yibin. Application of bluetooth technology in greenhouse environment monitor and control[J]. Journal of Zhejiang University: Agric. & Life Sci., 2003,29(3):329~334. (in Chinese)
- 10 黄晓鹏,田斌,万芳新,等. 基于蓝牙的北方沼气加热温室控制系统设计[J]. 农业机械学报,2008,39(3):191~194.
- 11 田泽. 嵌入式系统开发与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005:374~377.
- 12 胥静. 嵌入式系统设计与开发实例详解——基于 ARM 的应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005:124~135.
- 13 Bluetooth SIG. Specification of Bluetooth system; version 1.2[M]. Bellevue: Bluetooth SIG,2003:58.
- 14 KC Wirefree. KC serial user guide[M]. Tempe, AZ: KC Wirefree, 2006:4~28.
- 15 李鑫. 基于 ARM、蓝牙通信的心电采集系统的设计[D]. 西安:西北工业大学,2007.  
Li Xin. ECG sampling system based on ARM and bluetooth communication[D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2007. (in Chinese)
- 16 KC Wirefree. KC serial reference guide[M]. Tempe, AZ: KC Wirefree, 2006:9~23.

(上接第 158 页)

#### 参 考 文 献

- 1 Jev'nik M, Hlebec V, Raspor P. Consumers' awareness of food safety from shopping to eating[J]. Food Control, 2008, 19(8): 737~745.
- 2 程春梅,郑永华,邵海燕,等. 翠冠梨冷藏后用 1-MCP 处理对货架品质的影响[J]. 农业机械学报,2007, 38(12): 100~104.  
Cheng Chunmei, Zheng Yonghua, Gao Haiyan, et al. Effect of 1-MCP treatment after cold storage on fruit quality in Cuiguan pears during shelf life[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(12): 100~104. (in Chinese)
- 3 Theofania Tsironi, Efimia Dermeslouoglou, Maria Giannakourou, et al. Shelf life modelling of frozen shrimp at variable temperature conditions[J]. LWT—Food Science and Technology, 2009, 42(2): 664~671.
- 4 Marija Bogataj, Ludvik Bogataj, Robert Vodopivec. Stability of perishable goods in cold logistic chains[J]. Int. J. Production Economics, 2005, 93~94: 345~356.
- 5 James S J, James C, Evans J A. Modelling of food transportation systems—a review[J]. International Journal of Refrigeration, 2006, 29(6): 947~957.
- 6 Net M, Trias E, Navarro A, et al. Cold chain monitoring during cold transportation of human corneas for transplantation [J]. Transplantation Proceedings, 2003, 35(5): 2 036~2 038.
- 7 Jain R, Sahu A K, Tewari S, et al. Cold chain monitoring of OPV at transit levels in India: correlation of VVM and potency status[J]. Biologicals, 2003, 31(4): 237~244.
- 8 Sun Yan, Cai Huawei, Zheng Limin, et al. Development and characterization of a new amylase type time-temperature indicator[J]. Food Control, 2008, 19(3): 315~319.
- 9 Ruiz-Garcia L, Barreiro P, Robla J I. Performance of ZigBee-based wireless sensor nodes for real-time monitoring of fruit logistics[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 87(3): 405~415.
- 10 Tadhg Brosnan, Da-Wen Sun. Precooling techniques and applications for horticultural products—a review [J]. International Journal of Refrigeration, 2001, 24(2):154~170.