

## 计算机应用

## 基于 GPS 的联合收割机智能测产仪器研制

孙志强,刘成良,曹其新

(上海交通大学 机器人研究所,上海 200030)

**摘要:**提出了一种低成本 GPS 定位、数据采集和存储的实现方法,开发了智能谷物测产系统。**关键词:**全球定位系统;低成本;CF 卡;智能测产**中图分类号:**S225.3;TP216**文献标识码:**A**文章编号:**1001-4551(2003)02-0005-04**The Development of Low-Cost Yield Monitor System of Combine Harvester Based on GPS**

SUN Zhi-qiang, LIU Cheng-liang, CAO Qi-xin

(Institute of Robotics, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** A low-cost device has been equipped with a weighing system. The GPS, Compact Flash Card based on microprocessor with LCD was designed.**Key words:** global positioning system; low-cost; Compact Flash card; intelligently yielding

## 1 引言

精确农业(Precision Agriculture)是指利用遥感技术 RS(Remote Sensing)、地理信息系统 GIS(Geography Information System)、全球定位系统 GPS(Global Position System)等信息技术,在定位采集地块信息的基础上,根据地块土壤肥力、作物病虫害、杂草、产量等在时间与空间上的差异,按农艺要求进行精确定位、变量耕种、变量施肥、变量灌水、变量用药的农业技术,从而达到提高效益、避免资源浪费、减少环境污染的目的。目前,经济发达国家已开始推广精准农业耕作,广大发展中国家也广泛开展应用研究和实验示范。

作为精准农业的重要组成部分——基于 GPS 的联合收割机智能测产系统,从 2000 年 6 月开始,我们与上海市精准农业技术有限公司及上海市农工商集团合作,立足于我国国情,根据不同用户层面需求,开发了 3 种类型的智能谷物测产系统。

## 2 测产原理和系统结构

## 2.1 测产原理

## 2.1.1 硬件

产量传感器安置在联合收割机谷仓顶部,接收来自于刮板的谷物冲量,如图 1 所示。经过其内置

的全桥平衡电路,采用应变感应方式,完成谷物冲量到电流信号的变换(这样可实现温度变化的自动补偿和提高传感器的响应特性)。为整个系统供电方便,全部传感器电源均为直流 24V。24V 直流电源由车载电源经升压稳压器得到。这里产量传感器的电源为直流 24V,信号输出为 0~10mA,该原始信号经精密电阻可得到 0~5V 的 TTL 电压(精密电阻阻值,由实际收割对象的不同——力学性质不同而选择,以便得到最大的读入精度)。该 TTL 电压信号,由 Philips 80C552 单片机 A/D 口读入,经该控制单元进行处理、显示、保存(保存在主控制单元上的 Compact Flash 卡中,即 CF 卡中)。在该系统中,刮板冲击频率是 15Hz,每一刮板冲击对应电流波形采样点为 200 个,即该系统能保证采样频率为  $15 \times 200 = 3\text{kHz}$ ,在实验中一般取 2.25kHz。为降低成本,采用国产产量传感器,实验证明,精度满足使用要求。

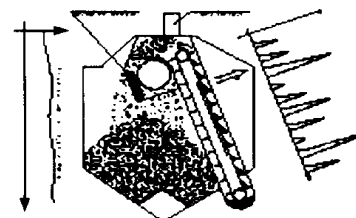


图 1 产量传感器原理

收稿日期:2002-10-14

修订日期:2003-01-13

基金项目:中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-40)、国家高技术研究发展计划(863)资助项目(2001AA245013)

作者简介:孙志强(1975-),男,山东省文登市人,上海交通大学硕士研究生,主要研究方向:嵌入式计算系统及其在机器人智能控制中的应用。

湿度传感器安置在联合收割机谷仓顶部,在产量传感器的下面。选用北京宝力马传感技术有限公司 S401B 型湿度器,测量范围:0~100%RH;测量精度:±2%RH;信号输出:0~10mA;输入电源:12~24V。其信号标定由实验数据确定。由于湿度数值在本系统中的变化缓慢,故其测量的次数较少(每10m测1次),测量精度要求不高。这样做的好处是,降低了主控制单元单片机的处理负担和CF卡的存储负担,并能进一步地提高系统的采样频率,提高系统精度。经实验看,该湿度传感器能满足系统要求,且价格极低(仅是国外类似湿度传感器的1/40)。

因为该系统中的收割面积等于速度×时间×割幅,所以速度传感器对实验结果非常重要。使用接近开关记数,以达到计量收割面积的目的(速度×时间×割幅)。但受收割机轮子打滑的影响,精度较低且受地形影响精度不稳;但成本很低。在收割机的驱动主轴上安装了电容式接近开关,利用主轴相对于轮毂的转动读取脉冲次数,并且利用主轴和轮子相对减速比,计算出每一脉冲所对应收割机前进的距离。同时为防止由于轮子打滑等原因而引起的位移误差,在软件算法上,用GPS解算出收割机的相对位移,而加以校正(每100m校正一次)。这样使用安装接近开关辅以GPS解算校正的方法,实现了国外常用的多普勒雷达的测量精度,并且价格仅是后者的1/50。

割台传感器使用限位开关,用以指示收割机是否工作。当割台抬起时,系统不工作。

在GPS25LP基础上开发了全球定位系统,水平精度可达10m以内。

### 2.1.2 软件

在软件算法上,为了保证系统的定位精度,借鉴卡尔曼滤波(Kalman Filter)原理进行最优估计。在处理产量传感器信号时,由于在实际情况下收割机会引起机械振动,而导致测量误差的增大,严重时该噪声会完全淹没谷物冲击传感器产生的输出信号<sup>[2]</sup>。这样对这两种信号进行谱分析,得到其信号源的数字特征,通过在硬件和软件上的滤波,增强自适应能力,以获得更好的数据精度。

### 2.2 系统结构

该基于GPS的联合收割机智能测产系统,是在约翰·迪尔(John Deere)1075型联合收割机的基础上改进而成。

包括主控制单元(Philips 80C552 单片机,及液

晶屏)、CF卡,改进型GPS及相关传感器。

智能测产系统结构框图,如图2所示。产量传感器和湿度传感器分别取得谷物重量和湿度的信号,速度传感器反映了当前收割机的速度,可根据此算出亩产量。GPS指示出每一测试点的经纬度。割台信号控制系统的运行。这些信息通过Philips 80C552处理后,存入CF卡并在液晶显示屏上显示。该系统组成具有成本低、可靠性高、软件通用性好及适应市场能力强等优点。选用CF卡作为系统的海量存储器。

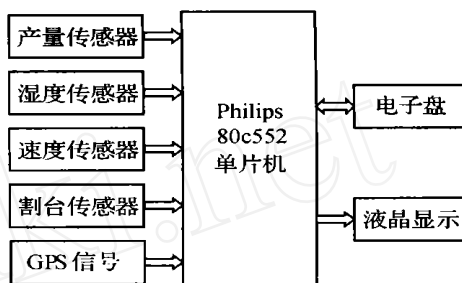


图2 智能测产系统总体结构框图

CF卡,如图3所示。由集成的ATA(AT attachment)控制器和闪速存储器构成。它以512B为擦除单位。不需要在操作系统下装入新的软件,模拟磁盘功能在集成的ATA控制器上完成。CompactFlash体积小、重量轻,而它抗冲击能力相当强,可以承受2000g的冲击;同时读写速率快,分别为8.0MB/s和4.0MB/s。CompactFlash具有良好的硬件兼容性,可以与PC卡ATA完全兼容,适用于ATA标准的任何计算机,只要将CompactFlash的PC卡适配器插入类或类槽中即可使用。它也具有良好的软件兼容性,在MS-DOS、Windows95、WindowsNT等环境下,可以当作IDE硬盘直接被使用。



图3 电子盘示意图

### 2.3 系统软件程序框图

系统主程序工作框图,如图4所示。单片机(Philips 80C552)上电后,系统进行初始化。

通过初始化,更新系统默认值——系统的采样模式、传感器/测距方式、割幅宽度。

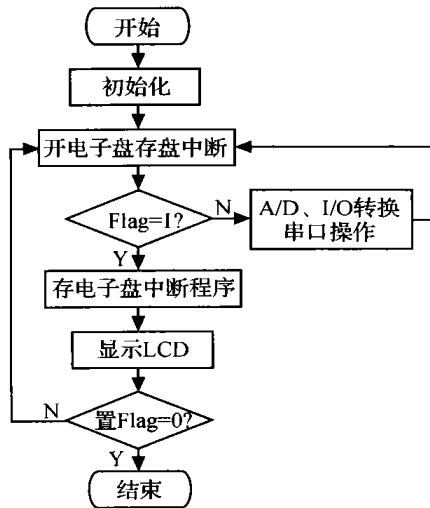


图 4 系统主程序框图

因为电子盘使用标准的 IDE 接口,是以扇区为单位读写的,就是最小的读写单位是 512B。而 Philips 80C552 的内部 RAM 只有 256B,因此,必须接片外 RAM 来作为数据缓冲区。当片外 RAM 的数据达到 512B 的整数倍时,一次性的写入电子盘。本设计中选用了静态 RAM CY62256,这样当 RAM CY62256 写满 32kB,产生标志位,置 Flag 为“1”,进入电子盘存盘中断服务程序。否则,系统单片机进行 A/D 转换(产量传感器和湿度传感器)、I/O 读取(速度传感器和割台传感器)、串口操作(读取 GPS 经度/纬度)。

进行电子盘写操作后,同时把系统主要数据或状态显示在 LCD(经/纬度、产量、系统状态等)。同时置 Flag 为“0”。

本系统电子盘写操作和 LCD 显示公用一个标志位 Flag。

### 2.4 校正

测产系统存在真实产量和数值产量的区别,两者之间有常数 K(K 随收割对象等外部条件的不同而改变)。

$$K = \text{Weight}(\text{真实产量}) / M(\text{数值产量})$$

$$\text{而瞬间产量 } Y = KM / (W \times V)$$

式中  $M$  —— 谷物流量

$W$  —— 割幅

$V$  —— 瞬时速度

### 3 数学模型

对于产量传感器变换过来的信号,要建立数学模型,以便转成与实际产量对应的数值产量。对产量传感器变换过来的信号进行分析,如图 5 所示。

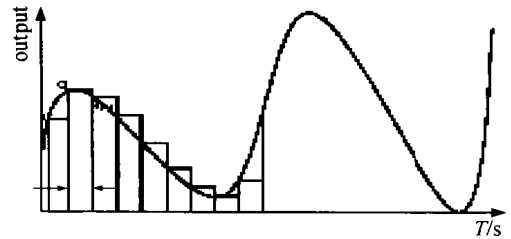


图 5 产量传感器信号分析

设:

$$T = t = (t_2 - t_1) = (t_3 - t_2) = \dots = (t_{i+1} - t_i) = \text{Const}$$

则:

$$q_i = m_i v_i = m_i$$

式中  $v_i$  —— A/D 转换速度

$$\text{产量: } M = \int_0^n q(t) dt = \sum_{i=1}^n q_i \cdot t = K \times \sum_{i=1}^n q_i \quad (1)$$

$$\text{总产量: } M = \sum_{j=1}^m M(j) \quad (2)$$

$$\text{平均产量: } Y = \frac{M}{A} \quad (3)$$

$$\text{总面积: } A = \sum_{j=1}^m A(j) \quad (4)$$

$$\text{瞬时平均产量: } Y(j) = \frac{M(j)}{A(j)} \quad (5)$$

$$\text{瞬时产量: } M(j) = \sum_{i=1}^n t \cdot q_i = t \cdot \sum_{i=1}^n q_i \quad (6)$$

$$\text{瞬时面积: } A(j) = \sum_{i=1}^n L_i \cdot W_i \quad (7)$$

$$\text{位移: } L_i = V \cdot T \quad (8)$$

## 4 实验结果和讨论

### 4.1 冲击信号特性

产量传感器变换过来的电流信号,如图 1 所示。实际的冲击电流信号,如图 6 所示。可见理论上和实际上的冲击信号是相近的,经实验得出,理论数据和实际产量的相对精度小于 ±8%,从而实现了本系统的核心数据精度要求。

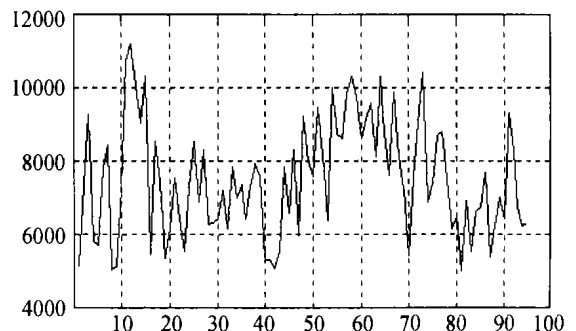


图 6 一段冲击信号仿真图(产量传感器)

一段产量信号高速采样的仿真图,如图 7 所示。这时微处理器只处理产量信号,从而实现了高速采样(采样频率可达 3kHz),表明该系统具有良好的信号相应特性。

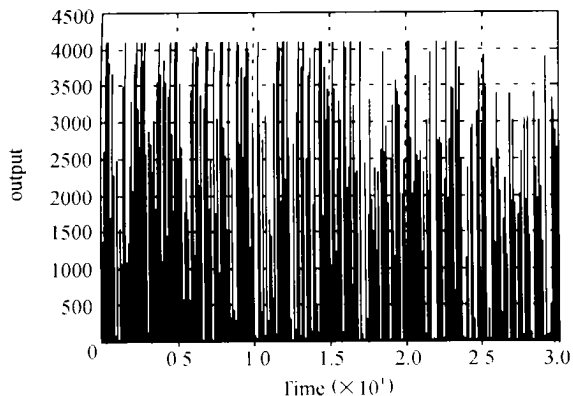


图 7 一段产量信号高速采样的仿真图

#### 4.2 实验结果

根据以上实验数据,形成产量图,为整个精准农业实施者、决策者提供精确依据,以提升整个农业水平。本次实验于今年 6 月份,在上海农工商集团五四农场,收割小麦(约 13.33hm<sup>2</sup>)而完成的。图 8 是其中的一块试验地的收割轨迹。图中,各种彩色线即是联合收割机的行走路径,其中横线(沿 X 轴方向)是收割机卸粮食的轨迹。GPS 精度等级 2m(95%概率下)。某一块试验地的产量图,如图 9 所示。

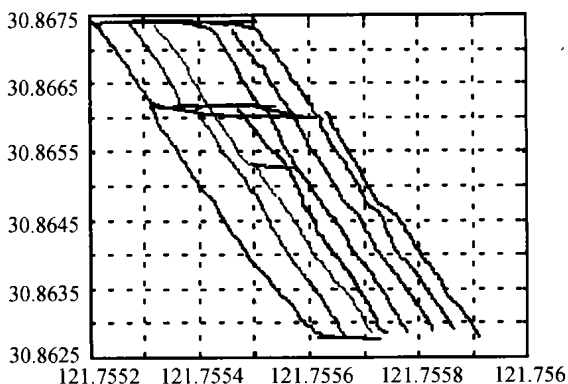


图 8 在五四农场中的一块地的收割轨迹图

#### 5 结论

本系统由单片机实施对 CompactFlash 卡的读取,具有高抗振性、高可靠性、高精度的优点,并且功耗低、成本少、重量体积小,系统的总体成本 < 2000 元(若大面积推广,成本还可进一步降低)。

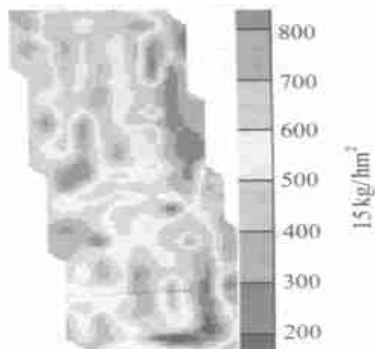


图 9 在五四农场中的一块地的产量图

#### 参考文献

- [1] 张 柏. 中国发展精准农业耕作的基本分析及设计[J]. 地理科学, 2000, 20(20): 110 ~ 114.
- [2] 孙宇瑞, 汪懋华, 马道坤, 黄季平. 冲量法谷物流量测量系统的试验研究[J]. 农业机械学报, 2001, 32(4): 48 ~ 50.
- [3] CF+ & CompactFlash Specification Revision 1.4[Z]. COMPACTFLASH ASSOCIATION, 1998.
- [4] Durrence, J. S., C. D. Perry, G. Vellidis, D. L. Thomas, and C. K. Kvien. Mapping Peanut Yield Variability with an Experimental Load Cell Yield Monitoring System[A]. Proc. 4th Int. Conf. on Precision Agriculture[C]. American Society of Agronomy. Madison, WI, 1998.
- [5] Blackmore B. S., and C. J. Marshall. Yield Mapping, Errors and Algorithms. In Precision Agriculture, ASA-CSSA-SSSA, 1996: 403 ~ 415.
- [6] Borgelt S. C. Sensing and Measurement Technologies for Site Specific Management. In Soil Specific Crop Management, ASA-CSSA-SSSA, 1993: 141 ~ 157.
- [7] Karl Wild. A weighing system for local yield monitoring of forage crops in round balers[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 1999, 23: 119 ~ 132.