

基于无线数传技术的智能农机载高光谱采集系统的研究

李志伟^{1, 3}, 潘剑君^{1*}, 张佳宝²

1. 南京农业大学资源与环境学院, 江苏 南京 210095

2. 中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008

3. 山西农业大学工程技术学院, 山西 太谷 030801

摘 要 为了解决精确农业中高密度的、全面的农田信息采集、数据无线传输和实时处理分析的需要, 文章中所讨论的系统利用计算机技术和无线数传技术对 GPS、GIS 和 RS 进行有机集成, 一方面系统通过 AT89L52 单片机, 使差分 GPS 和高光谱仪有机集成, 能为采集到的光谱数据提供高精度的空间位置属性, 实现光谱数据采集、定位一体化; 另一方面利用 nRF905 数传模块实现数据采集控制系统与微机的数据信息和控制信息互传; 同时利用 Visual Basic 和 Map Objects 控件集成 GIS, 实现了具有空间属性的光谱数据可视化管理和分析处理, 实时地显示动点轨迹、各图层对应点属性, 计算作物微分光谱和植被指数 NDVI 等功能, 为专家系统和决策支持系统提供充足的信息。

主题词 高光谱采集; 无线数传; 精确农业

中图分类号: O433.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0593(2006)10-1813-04

引 言

近年来国际上常用现代科学技术成果对传统农业技术与机械装备进行改造, 应用全球卫星定位系统(GPS)、遥感系统(RS)、地理信息系统(GIS)和计算机自动控制技术等集成组装的组合体系。其核心是缩小管理单元面积, 提高耕作精度, 从根本上解决了这个问题。其管理单元面积能够以米级计算, 根据不同单元内的土壤和作物生长特性, 确定农业物资的投放量, 使农事操作做到定位、定量、定时。

高光谱遥感以其分辨率特性所携带的丰富光谱信息正逐渐成为高密度的、全面的农田信息获取的主要技术手段^[1]。智能农机载高光谱采集系统就是集 3S 技术一体的农田信息采集系统^[2]。但由于农机具的工作环境较为恶劣, 在一定程度上降低了计算机控制系统的稳定性, 严重影响系统的推广应用。无线数传技术在系统中应用研究较完善地解决了这一难题。

目前常用的远程无线数据传输系统主要包括无线电台方式、GSM 短信息(SMS)方式和 GPRS 无线网络传输方式三种, 由于 GSM 短信息(SMS)方式依赖 GSM 移动通信网络系统, 特别是在网络拥塞的情况下, 很难保证数据双向传输的

实时性和稳定性, 而 GPRS 业务成本较高且在国内许多地区尚未开通, 因此我们选用无线电台方式(nRF905 无线数传模块)来构建该系统。

1 系统概述

智能农机载高光谱采集系统主要由四部分组成: 农机悬挂机构、集成双向无线数传和差分 GPS(DGPS)的高光谱采集控制系统和农田 GIS 管理系统。利用集成 DGPS 的高光谱反射模块实时获取具有空间属性的作物冠层光谱信息; 通过双向无线数传实现光谱信息和空间位置信息向农田 GIS 管理模块的传递; 同时利用农田 GIS 管理模块在已知农田信息的各图层上定位, 并获取对应点的属性, 如土壤养分信息等, 结合我们利用不同生育期小麦、水稻冠层光谱特征反演作物生物物理信息和生物化学信息等研究成果对光谱信息进行分析, 为今后进一步实现精准施肥提供可靠的参数。在高光谱采集控制模块设计中, 为控制农机变量实施机械预留了控制接口; 同时整个系统模块间实现了数据和控制信息的双向传输, 为实现按需实施、定位调控即“处方农作”打下坚实的基础。

收稿日期: 2005-07-10, 修订日期: 2005-10-28

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(K2CX2404)和“863”项目(2001AA245013)资助

作者简介: 李志伟, 1969 年生, 山西农业大学工程技术学院副教授 * 通讯联系人

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

2 系统硬件结构

2.1 悬挂机构

该系统利用拖拉机悬挂农机具的液压悬挂升降机构设计, 利用三节套管实现伸缩功能, 长度为 8 m, 利用液压千斤顶实现升降功能, 这样不仅可使光谱仪随农机具移动, 同时实现去除边际效应的作物监测。为了保证光谱仪受光面与地面平行, 我们在光谱仪悬挂机构中采用了万向头、十字配重等平衡方式, 使光谱仪在失去水平后能迅速回位, 且可调节万向头的阻尼和限位弹片, 减少大幅度摆动。这样整个系统具有移动性、实时性。

2.2 集成双向无线数传和 DGPS 的高光谱数据采集控制系统

它是以 AT89lv52 单片机为核心, 一方面利用 RS-232 串行通讯实时接收 DGPS 传来的数据, 发送光谱仪控制信息, 并接受光谱数据。另一方面通过 SPI 接口实现对 nRF905 无线数传模块的控制(见图 1), 完成光谱数据、GPS 数据和控制信号与农田 GIS 管理模块的无线互传, 同时实现农机系统速度监测等功能, 并为连接控制变量处理设备预留了接口。

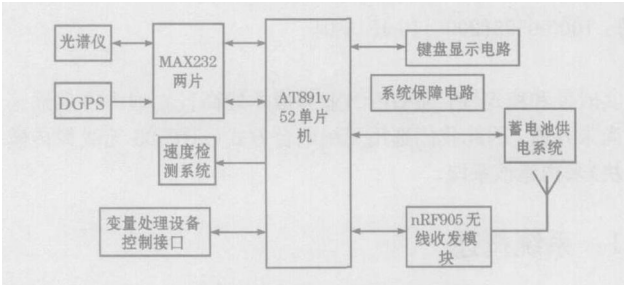


Fig 1 Diagram of hyper spectral data gathering control system structure

2.2.1 RS 系统

地面遥感系统采用美国 CROPSCAN INC 生产的 MSR 16R 型便携式光谱仪。该仪器视场角为 31 度, 同时分辨率已经达到高光谱的光谱分辨率范围, 且覆盖了大部分作物生物物理信息和生物化学信息敏感的波段(波段特征见表 1)。

2.2.2 DGPS 系统

全球定位系统采用广泛用于精确农业的 GARMIN 公司

生产的 GPS25 - lvs OEM 板和 CSI 公司的 SBX-3 信标 OEM, 性能稳定, 运行可靠; 具有快速捕获、快速重捕和极强的抗遮蔽能力, 以及优越的 EMC, EMI 电磁兼容能力, 能够很好地适应复杂多变的应用环境。

2.2.3 单片机控制和无线数传控制系统

单片机 AT89lv52 是低电压、高性能 CMOS 8 位单片机, 片内含 8k bytes 的可反复擦写的只读程序存储器 (PEROM) 和 256 bytes 的随机存取数据存储器 (RAM), 器件采用 AT-MEL 公司的高密度、非易失性存储技术生产, 兼容标准 MCS-51 指令系统, 片内置通用 8 位中央处理器和 Flash 存储单元。

无线数传模块 nRF905 是 Nordic VLSI 公司推出的单片无线收发一体的芯片, 工作于 433/868/915 MHz, 三个 ISM (工业、科学和医学) 频道。nRF905 由频率合成器、功率合成器、晶体振荡器和调制器组成, 曼彻斯特编码/解码由片内硬件完成, 外围元件少, 不用外加声表面振荡器, 天线采用 PBC 环形天线或单端鞭状天线, 发射功率最大为 10 dBm。接收灵敏度为 460 dBm, 在开阔地传输距离一般可达 600 m 以上。nRF905 采用 SPI (串行外设接口) 与微控制器通讯, 它自动处理字头和 CRC (循环冗余码校验), 只需将要发送的数据和接收机地址送给 nRF905, 芯片自动完成数据打包 (加字头和 CRC 校验码)、发送, 在接收中有载波检测和地址应配检测引脚。接收到正确的数据包时, 自动移去字头、地址和 CRC 校验码, 然后通知微处理器取数据。

2.2.4 变量处理设备控制接口

变量处理设备与 AT89lv52 的 P2 口相连接接收单片机发出控制命令, 来实施对变量处理设备的控制。在应用中, 我们把 P2 口与变量播种机和变量施肥机的步进电机控制端相连, 较好地实现了变量播种和施肥。

2.3 农田 GIS 管理系统

该系统是以微型计算机为核心, 通过 RS-232 与另一块由 AT89lv51 控制的 nRF905 模块相连, 实现与集成双向无线数传和 DGPS 的高光谱采集控制系统的信息互传 (如图 2)。

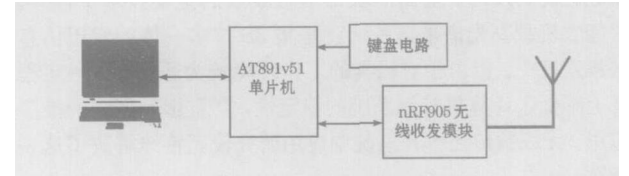


Fig 2 Diagram of field GIS management system

Table 1 The center wavelength and band width of Cropscan (MSR 16R)

波段	中心波长/nm	带宽/nm	波段	中心波长/nm	带宽/nm
460	461.3	8.3	810	810.1	10.7
510	510.5	8.1	870	871.6	12.5
560	561.6	8.5	950	951.0	11.0
610	609.9	10.0	1 100	1 101.9	16.3
660	659.1	10.8	1 220	1 222.8	11.5
680	680.9	11.3	1 480	1 481.1	13.5
710	711.8	9.2	1 500	1 500.9	13.2
760	759.5	9.8	1 650	1 669.0	195.0

3 系统软件设计

变量作业是实现精细农业的关键, 而变量作业实施需要有 GPS, RS 与 GIS 紧密结合。我们运用计算机技术和数据通讯技术, 在硬件方面实现了 GPS, RS 技术的整合, 同时利用单片机开发语言 C51、面向对象的可视化开发工具 Visual Basic 6.0 和 ESRI 公司的 Map Objects 2.2 控件开发了适用于农业机械作业控制的具有通用的空间分析、空间数据可视

化分析处理等功能 GIS 平台,使数据采集、无线数据通讯、决策支持和变量机械控制等系统有机集成。

该软件系统包括单片机控制模块和农田 GIS 管理模块。

3.1 单片机控制模块

该控制模块集成了 MSR 16R 型便携式光谱仪、GPS25-lvs 差分 GPS 和无线数传系统。光谱仪直接通过 MAX232 和单片机的串行口相连, GPS 通过 MAX232 与单片机的 P1.0 和 P1.1(用软件模拟异步串行通讯)相连,单片机可向光谱仪发送控制数据和读取采集到的目标(作物冠层)光谱多波段信息,同时从 GPS 中读取该光谱数据的空间时间信息,并完成相关数据的解析,获取的数据通过无线数传 nRF905 模块发送。

一般的 GPS 接收机都提供了向计算机串口发送 NMEA 格式数据的功能。NMEA 格式的数据是一系列变长的字符串,每一字符串以 '\$' 开头,以 OD OA 结尾,字符串内以 ',' 分隔各个不同的数据项。为了同步 GPS 和光谱仪,在启动光谱仪时,利用 GPS 的 '\$' 字符启动光谱仪的 A/D 转换,这样有效地解决了 GPS 和光谱反射仪的同步问题。

nRF905 无线数传模块与单片机 AT89LV52 的 P1 口相连,通过对 P1 编程来模拟 SPI 接口,完成数据的双向无线传输。

nRF905 发送流程:当微控制器有数据要发送时,通过 SPI 接口,按时序把接收机的地址和要发送的数据传给 nRF905, SPI 接口的速率在通信协议和器件配置时确定;微控制器置高 TRX CE 和 TXEN,激发 nRF905 的 ShockBurst TM 发送模式;当数据发送完成,数据准备好引脚被置高; AUTO RETRAN 被置高, nRF905 不断重发,直到 TRX CE 被置低;当 TRX CE 被置低, nRF905 发送过程完成,自动进入空闲模式。

nRF905 接收流程:当 TRX CE 为高、TXEN 为低时, nRF905 进入 ShockBurst TM 接收模式。当一个正确的数据包接收完毕, nRF905 自动移去字头、地址和 CRC 校验位,然后把数据准备好引脚置高,微控制器把 TRX CE 置低, nRF905 进入空闲模式。

3.2 农田 GIS 管理模块

该模块主要功能是。

(1) 利用串行通讯接口 RS-232,接收 AT89LV51 单片机传送的光谱仪数据、GPS 定位数据和发送对变量处理设备、光谱仪等设备的控制信号。

(2) 农田 GIS 管理,地理信息系统(GIS)在精确农业技术体系中的地位是举足轻重的,它出现在从规划、田间信息采集、信息处理与管理、信息分析,到田间决策方案实施的全过程,这要归因于精确农业实施对空间信息的依赖性。农田信息具有多源性,具体表现在存储格式多样性、多尺度性、获取方式多样性,另外还包括系统或数据库数据组织的复杂性。通过 GIS 平台,融合多源数据的基础上建立农田管理系统实现对多源、多时相农田信息的有序管理和分析,这是精确农业实施的基础,其作用表现在数据组织和集成管理、空间分析查询、空间数据更新与综合处理、可视化分析与表达。GIS 为田间信息采集提供基础信息,也为田间变量

实施决策分析提供信息源。如图 3 所示,我们利用 Map Objects OCX 控件实现了:(1)多图层显示;(2)对图层进行放大、缩小、移动等操作;(3)计算选定的矢量数据的一些统计值;(4)在图层上绘制点、线、椭圆、矩形、多边形等图形;(5)显示和更新选定的矢量数据的属性值;(6)用 SQL 语句查找相应的地图要素;(7)坐标投影变换,将 DGPS 接受的位置信息投影到平面坐标系统上,或图层在不同投影和坐标系之间相互转换;(8)利用 Map Objects 的 Tracking layer 动态显示农机具运动轨迹和各图层上与定位点相对应的点的属性数据;(9)利用 Maplay. AddRelate 自动完成具有定位信息的光谱数据表与图层的关联;(10)利用 Intersect 语句,可对多边形进行相交运算,生成农田采样栅格。

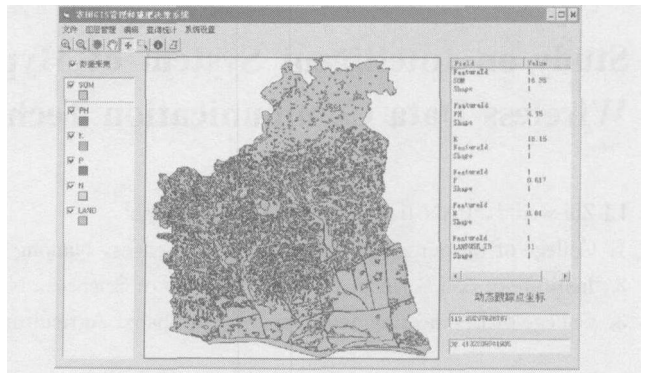


Fig 3 Field GIS management and information processing system

(3) 高光谱信息处理,在高光谱信息处理模块中集成了一些常规处理遥感信息的模型^[3],如一阶微分光谱^[4,5]、归一化植指数 NDVI^[6]等,同时还集成了我们在反演农田信息方面的遥感模型,如(1)土壤(黄棕壤)含水量与光谱反射率反演模型 $W = 197.57e^{-0.0823 \cdot (810 \text{ nm})}$; (2)作物(水稻)冠层光谱反射率与叶面积指数 LAI 反演模型 $LAI = 0.0049r(760 \text{ nm})$; (3)作物(水稻)冠层光谱反射率与叶绿素含量 CHL C 反演模型 $CHL C = -0.1896r + 3.6746(710 \text{ nm})$; 作物(水稻)冠层光谱反射率与叶绿素密度 CHL D 反演模型 $CHL D = -0.391r + 3.044(560 \text{ nm})$ 等。

4 结 语

本系统是对精确农业信息的采集、存储和变量处理设备控制技术集成方面进行了初步探索。利用单片微型计算机和无线数传技术等对 GPS, GIS, MSR 16R 型便携式光谱仪和变量处理设备进行有机集成,具有以下特点:(1)实现了数据和控制信息的无线互传;(2)系统通过集成 GPS,能为采集到的光谱数据提供高精度的空间位置属性,并录入数据库,实现光谱数据采集、定位、存储一体化;(3)通过集成 GIS,实现了具有空间属性的光谱数据可视化管理和分析处理,同时能实时地显示动点轨迹;(4)实现了采样田块的栅格化;(5)可实时显示各图层对应点地理属性和通过光谱数据计算作物生理参数等功能。

参 考 文 献

- [1] PAN Yr chun, ZHAO Chur jiang(潘瑜春, 赵春江). Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(农业工程学报), 2003, 19(4): 1.
- [2] CHENG Yisong, HU Chur sheng(程一松, 胡春胜). System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture(农业系统科学与综合研究), 2001, 17(3): 193.
- [3] LI Zhi wei, PAN Jiar jun, ZHANG Jia bao(李志伟, 潘剑君, 张佳宝). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2005, 25(6): 979.
- [4] Demetriades Shah T H, Steven M D, Clark J A. Remote Sensing of Environment, 1990, 33: 55.
- [5] ZHANG Shu fang, QIN Mei, QU Li qiang(张淑芳, 秦梅, 曲立强). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2002, 22(1): 113.
- [6] Shibayam A M, Akiyama Y. Remote Sensing of Environment, 1991, 36: 45.

Study on Intelligent System of Hyper-Spectral Data Gathering Based on Wireless Data Communication Technology in Farm Machinery

LI Zhi wei^{1, 3}, PAN Jiar jun^{1*}, ZHANG Jia bao²

1. College of Resource and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

2. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

3. College of Engineering and Technology, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China

Abstract In order to meet the needs of highly dense and overall farmland information gathering, wireless data communicating, and real time processing in the precision agriculture, this system integrated GPS, GIS and RS based on the technology of computer and wireless data transmission. On the one hand, the system makes DGPS and Hyper spect rograph integrated through the AT89l52 MCU, providing the accurate space position and realizing the integration of spectrum data acquisition and orientation. On the other hand, the system realizes the communication between the data gathering control system and the microcomputer by using the nRF905 system. Meanwhile the system has realized the visualized analysis and management of the spectrum data by integrating Visual Basic and Map Objects into GIS, displaying real time trace of moving point and some related attributes of the moving point in map layers, and calculating crop derivative spectra and crop vegetation index NDVI etc. Thus, sufficient information was provided for expert system and decision support system of precision agriculture.

Keywords Hyper spectral data gathering; Wireless data communication; Precision agriculture

(Received Jul. 10, 2005; accepted Oct. 28, 2005)

* Corresponding author