

# 基于 GSM 的数字农业远程监控系统研究与应用

周国祥, 周俊, 苗玉彬, 刘成良

(上海交通大学机电控制研究所, 上海 200030)

**摘要:** 应用无线网络技术可实现农机作业过程和农田水利设施等的远程监控, 为作物生长过程与产量、农业气象等信息的实时采集提供保障。探讨了基于 GSM 无线技术的数字农业远程测控系统组成结构, 阐述了系统监控端软件的实现。在此基础上, 采用自行研制的 GSM 远程通信控制器, 开发了智能测产远程数据传输系统, 并介绍了该系统的硬件组成和相应软件开发。在测产试验中对现场数据传输的实时性进行了测试, 结果表明, GSM 无线通信技术能满足农业远程监控的要求。

**关键词:** 数字农业; 远程监控; 数据采集; GSM; 在线测产

**中图分类号:** S237; TN 919.72

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2005)06-0087-05

周国祥, 周俊, 苗玉彬, 等. 基于 GSM 的数字农业远程监控系统研究与应用[J]. 农业工程学报, 2005, 21(6): 87-91.

Zhou Guoxiang, Zhou Jun, Miao Yubin, et al. Development and application on GSM-based monitoring system for digital agriculture[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(6): 87-91. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

20 世纪末西方国家提出了“数字农业”的思想, 它是在综合现代信息技术、农业与生物技术、工程技术最新成果的基础上发展起来的一种现代农业生产形式。它应用了 GPS、GIS 技术和智能决策、自动控制理论, 将变量播种、变量施肥、变量灌溉、变量喷药和在线实时测产等技术集成为一体, 实现“在保证生态环境可持续发展的前提下, 尽量提高农业生产的产出投入比”。在中国当前农业人口骤减, 传统农业生产萎缩的环境下, 大力推广数字农业技术已成为中国农业发展的一种趋势。

信息的采集、处理与实时通信渗透到数字农业的各个方面<sup>[1-4]</sup>, 在农业系统中应用远程监控技术, 可以把分散的农业设施连成统一的整体, 有利于提高农业作业的效率, 降低生产成本。国外对数字农业相关技术的发展很重视, 近年来在农、林、牧业的远程监控方面进行了系统研究。John Deer, Case IH, AGCO 等国际大型农业装备厂商均推出了自己的智能产量监测仪、变量控制器产品。欧盟 ISI 启动了 Wireless Info 项目(1998-2003), 期望运用 GSM/GPRS/HSDCS 无线通信技术, 建立先进的农林管理多媒体服务系统<sup>[5]</sup>。Thyssen 探讨了 IT 技术在农业领域应用的可能性和农业信息化的发展方向<sup>[6]</sup>。McKinion 等人研究了一个卫星宽带无线接入系统, 满足了棉花害虫多谱图像的高速传输和实时处理的要求, 提高了配药机械变量作业的效率 and 有效性<sup>[7]</sup>。Geers 等人应用 GSM 无线技术开发了牲畜运输过程远程监控系统“TETRAD”<sup>[8]</sup>。

中国数字农业发展起步较晚, 但在国家 863 计划

“数字农业”重大专项和地方政府的支持下, 近 5 年在农业装备智能化、农业系统远程监控及农业信息化等方面获得了较快发展。乔晓军等人开发了农业设施环境数字化监控系统, 以实现农业设施信息采集和处理的自动化<sup>[9]</sup>。庞树杰等人开发了基于 GPS 和 GSM 的农田信息远程采集系统<sup>[3]</sup>; 句荣辉等人应用 GSM 短消息技术实现了温室环境的实时控制, 提高了系统的自动化程度<sup>[10]</sup>。但是, 如何利用无线网络, 建立一个通用的远程监控系统, 把各农业设备和农业作业过程统一起来进行集中管理, 是一个有待于进行深入研究的问题。为此, 本文首先分析了农业远程监控系统组成结构, 研制了基于 GSM 的远程通信控制器, 并探讨了系统监控端的软件框架。在此基础上开发了在线测产远程监测系统, 并对该系统的实时传输性能进行了试验验证。

## 1 数字农业远程监控系统组成

国内外经验表明, 由于农业作业环境比较恶劣, 一般农业设备移动性大, 所以应用无线数据传输技术已成为实现农业信息远程采集与农业设备实时远程监控的有效方法<sup>[11]</sup>。考虑到农业系统中数据传输量较小, 实时性要求相对不高的特点, 采用 GSM/GPRS 公用无线网络进行数据传输是最经济的选择。利用 GSM 的短消息业务不需要建立拨号连接, 只需把要发送的信息加上目的地址发送到短消息中心, 再由短消息中心转发到目标设备。短消息每次限制在 160 个字节以内, 这对传送少量现场数据和控制指令信息已经足够。

图 1 为数字农业体系框架下的远程监控网络示意图, 各现场设备上均安装有相应的电子控制单元、GPS 接收器和远程通信控制器。现场设备通过远程通信控制器与监控中心通信。监控中心实现了所有现场数据的管理和信息指令的发送, 还可以通过专线或者拨号等方式接入 Internet, 以网页方式发布数据信息, 访问移动提供商的短消息服务器。农业管理中心对现场设备的监控功能可描述为: 施肥机进入一个新的地块开始新的工作

收稿日期: 2004-06-14 修订日期: 2005-03-14

基金项目: 国家“863”计划项目(2003AA209010); 上海市科技重点攻关项目(03dz19302)

作者简介: 周国祥(1977-), 男, 江西宜春人, 博士生, 主要从事农业信息化与智能化农业装备方面的研究。上海徐汇区华山路 1954 号上海交通大学机电控制研究所, 200030。Email: zhoujpejx@163.net

前, 监控计算机将该田块的施肥数据下载到施肥控制器; 田间数据采集车将实时检测的土壤营养成分信息发送到监控计算机; 监控中心可随时获取农用水渠、水坝的水位情况, 并在必要的时刻控制闸门的开启和关闭; 通过气温、湿度信息远程采集站, 监控中心可以了解各个农业区的气候信息, 并预测洪涝、旱情等。可以看出, GSM 无线网络将一个农业作业管理区或者一个农场的资源统一起来, 使该系统实现了: 1) 监控中心对农业设备的统一调度, 提高了机群作业的效率; 2) 农田现场采集信息的上传以及监控中心控制指令的实时下载; 3) 对农业设备运行状态的远程监控, 为设备故障预测与维修提前准备、改进设计提供可靠依据。因此它有效提高了农场的生产效率, 节省了农业总成本。

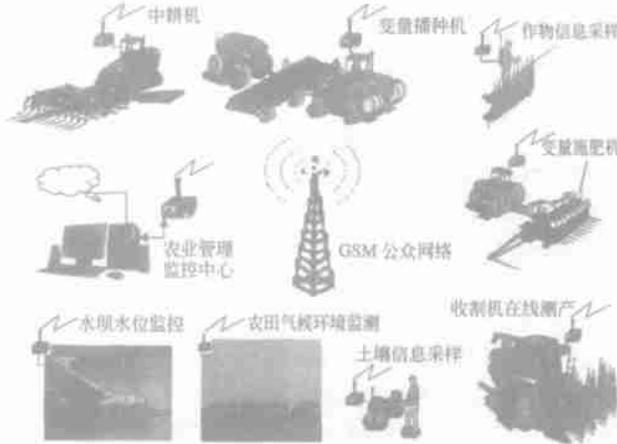


图 1 数字农业远程监控网络组成

Fig. 1 Scheme of a wireless network for remote monitoring in digital agriculture

## 2 通信控制器设计

图 1 所示监控系统的核心之一是 GSM 远程通信控制器。为了满足不同现场设备数据通信的要求, 研制了一种通用的远程控制器。该控制器中实现了无线链路传输协议和短消息应用接口协议, 屏蔽了所有 GSM 无线传输协议的复杂性。它可以通过串口与计算机、GPS、智能传感器或者农业设备的电子控制器 (ECU) 进行通信; 也可通过模拟输入 (AD) 端口、数字量输入输出 (DD) 端口, 直接连接一次性仪表或者开关量输入、输出设备。

### 2.1 控制器的硬件结构

图 2 所示为通信控制器的组成原理, 其核心是微控制器 DS89C420MCL 和 GSM 无线通信模块 TC35i, 外围扩展电路主要包括: A/D 变换器 MAX197、8 路输入缓存器 74LS245、8 路输出锁存器 74LS374。光耦隔离增强了系统抗干扰能力; MAX812 是四引脚的低功耗微控制器电压监视与复位电路; 指示灯实时显示 MCU 和 TC35i 的工作状态。MAX197 是可编程多量程 12 位系统级 A/D 芯片, 有 8 个模拟输入通道, 支持内部和外部两种采样控制, 可实现 100K 采样频率, 具有 8 位的

并行微处理器接口。

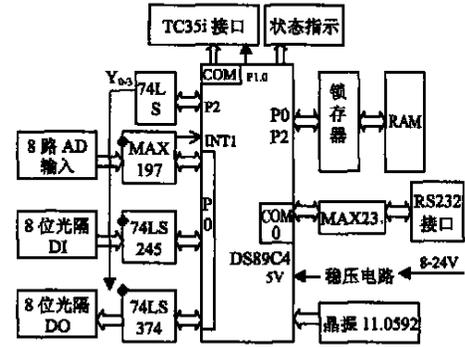


图 2 远程控制器结构原理图

Fig. 2 Structure illustration of Remote Monitoring Controller (RMC)

DS89C420 是 8052 兼容的高性能微控制器, 可达 33M IPS 的执行速度。自带可编程 Watchdog 定时器, 5 个优先级的 13 个中断源, 3 个定时器, 2 个全双工串口。片内 16K flash 和 1K 外部总线的 SRAM, 支持串口 0 在系统编程 (ISP)。它的一个串口用于与 TC35i 通信, 另一串口作为与外部设备的通信接口。

TC35i 是 Siemens 公司生产的 GSM 无线调制解调器, 集成了射频单元和基带处理器, 支持 GSM 7.07 和 GSM 7.05 通信标准。在 40 个引脚上, 具有麦克、耳机接口, 可实现语音通信; 标准 RS232 接口, 软件支持 AT 命令集, 可实现拨号数据通信和点对点短消息 (SMS) 通信; SIM 卡接口遵循 GSM 11.1 标准。此外, 还有 3.3V、2A 的电源接口、启动引脚 IGT 和工作状态指示引脚 SYNC。TC35i 的外围接口电路包括: TC35i 与 DS89C420 串口通信的电平转换; IGT 引脚上的模块启动信号输入; SYNC 引脚输出信号驱动发光二极管; 大容量稳压器 LM 2576 提供了 TC35i 所需的 2A 峰值电流。

### 2.2 控制器的软件设计

控制器 DS89C420 的内部程序需要实现以下功能: 1) 模拟信号、数字量输入信号的采集与处理, 以及开关量控制信号的输出; 2) TC35i 的启动、状态检测; 3) 与智能设备的串口通信; 4) 与 TC35i 的串口通信以及短消息编码与解码; 5) 通信异常状态处理。程序使用 C51 语言编写, 在 Keil Vision2 环境下调试完成。利用 DS89C420 的 ISP 功能, 将编译好的 hex 文件通过计算机串口下载到芯片内部 Flash 中, 降低了系统开发的复杂度。

从结构上看, 控制程序包含主程序和串口通信、I/O 控制、A/D 采样以及异常处理等几个模块。软件结构主要采用基于中断的任务调度方法, 主程序完成系统自检、初始化后, 打开中断, 进入等待状态。89C420 接收到中断请求后, 自动启动相应的中断服务模块。串口接收 A/D 采集以及数字量的输入输出均采用中断方式, 串口发送采用程序查询方式。在主程序中循环检测 TC35i 的状态, 若检测出错则进入异常状态模块处理。

### 2.2.1 短消息指令分析

短消息编码与解码是控制软件的核心。短消息的收发一般有两种模式: TEXT 模式和 PDU 模式, 这里采用了 PDU 模式的 8 位码编码方式, 每条消息可以容纳 140 个字符。程序对现场设备传送过来的数据自动计算长度、自动分段, 保证每条信息只发送 140 个字符。

程序开始时, 需要发送指令将 TC35i 初始化, 其中“AT+CMGF=0<CR>”用于设置 PDU 编码模式, “AT+CNMI=1,1,2<CR>”用于设置短消息到来自动提示, “AT+CMGD=<index><CR>”用于将指定位置的短消息删除, 准备接收。

短消息发送过程中, 首先使用“AT+CMGS=<Len\_char><CR>”设置发送数据长度, 在接收到“>”符号后开始发送短消息格式帧, 以 ASCII 码“1A”结束。格式帧中包含短消息服务中心地址、对方地址、消息生命周期以及需要传输的数据内容等。地址和日期采用压缩BCD 编码方式。此外, 在消息发送子程序中还需要保证语句之间足够的间隔时间, 否则 TC35i 会出现报错信息。

短消息接收过程中, 如果有新的短消息来到, 则 TC35i 将向串口自动提示“+CMTE‘SM’;<index>”;MCU 接收到此信号后, 发出读取消息指令“AT+CMGR=<index><CR>”;TC35i 将返回短消息格式帧, 包含有对方地址、短消息服务中心地址、数据内容以及消息发送的时间等。程序从消息帧中分解出实际传

输的数据;从 SM 卡读出消息并处理后, 使用指令“AT+CMGD=<index><CR>”将其删除。

### 2.3.2 通信异常状态处理

TC35i 工作过程中, 可能会遇到几种异常状态: 模块损坏或者物理连接故障; SM 卡损坏; SM 卡欠费; 收到非期望信息; 同时收到多个消息。在主程序中, 检测到这些状态后, 进入异常状态处理模块进行处理, 并进行声光报警。由于个别消息延迟的缘故, 在实际工作中可能同时收到 2 个以上的短消息, 为了防止数据丢失, 在程序中使用指令语句“AT+CMGL=0<CR>”;根据反馈消息帧“+CMGL=<index>,<stat>”中<index> 指定的位置将所有未读消息读出来。

## 3 农业远程系统监控层软件的实现

农业远程监控系统的另一个核心是监控层软件的实现。为适应农业数字化和信息化的要求, 在农业管理中心的监控端, 将农业远程监控与信息管理集成为一体, 融合 GSM 无线网络和 Internet/Intranet 技术, 实现底层控制网络与 TCP/IP 信息网络的无缝连接。系统采用基于互联网的 Browser/Server (浏览器/服务器) 三层网络结构, 如图 3 所示。该 Web 系统由无线测控计算机、Web 数据库系统、Web 服务器和客户端 (包括局域网内的本地计算机和 Internet 客户端) 组成。所以, 监控中心既可实时获取现场的信息数据和发送控制指令, 又能实现农业信息资源的共享<sup>[5, 12, 13]</sup>。

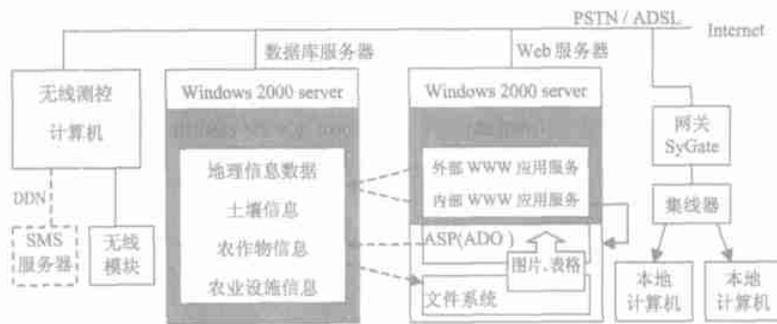


图 3 数字农业远程系统的监控端软件构架

Fig 3 Framework of software for agricultural monitoring system

测控计算机上运行 VB/VC 应用程序, 通过 GSM 短消息方式实现现场设备的监控, 并利用 ADO 控件 (ActiveX Data Object) 访问 SQL 数据库, 以监控过程信息对数据库内容进行实时更新。Web 数据服务器上配置 SQL Server 2000/Oacle/A ccess 等数据库系统。数据库内容包括农业区的电子地图以及现场监控过程等信息, 若与农业智能决策系统相结合, 还可提供带有处方作业的地块描述信息。Web 服务器由 Internet 信息发布系统 IIS6.0 和动态服务器网页 ASP 组成。通过该服务器发布农场新闻、农业机械调度信息、作业现场信息、农业部相关政策、农产品市场、气象预报信息等, 并为用户提供免费的农作决策信息。在 Visual InterDev 集成环境中实现 ASP 网页的开发。通过 ASP 可以结合

HTML 网页、ASP 指令和 ADO 建立动态、交互且高效的 WEB 服务器应用程序。ASP 通过 ADO 接口访问 SQL 数据库, 实现网页的定时刷新, 这样即可为客户端提供实时的现场监控信息。监控中心通过网关和集线器 (HUB) 将本地计算机连接起来组建局域网, 网内计算机可通过网关代理访问 Internet 和 Web 服务器。外部客户端通过 Internet 访问 Web 服务器, 只有特定授权用户方可访问某些受限资源。

一般情况下, 无线测控计算机通过串口连接远程控制模块, 并使用 AT 命令编制短消息收发程序, 实现与底层控制设备的通信; 但当测控点大于 1000 时, 最好采用 DDN 专线等方式直接连接到移动供应商的 SMS (短消息) 服务器, 通过 Socket 网络编程实现 TCP/IP 的数



据通信。

### 4 基于 GSM 的在线测产远程监测系统与应用验证

将 GSM 远程通信控制器安装在自行开发的谷物产量自动监测仪上,组成简单的在线测产远程监测系统,对其远程数据传输性能进行了验证。该系统由两部分组成:现场端和监控端。前者安装在收割机上,完成数据的实时采集、存储与无线发送;后者位于农场的农业监控中心,负责现场数据的接收。

如图 4 所示,现场端由主控制器、远程通信控制器、液晶显示屏、触摸屏、GPS 接收模块以及传感系统组成。主控制器采用体积较小的嵌入式平板工控机 TPC650,适合于现场控制与测量。通信控制器与主控制器之间通过串口通信。作物收割过程中,系统实时采集收割机行走速度、GPS 位置信号、粮仓升运器上的谷物流量,经过换算后得到田地各位置点处的作物产量、收割作物总重量和总面积,并将这些数据及时存储在 CF 存储卡中,作为农业决策支持系统判别土地生产潜力和来年耕种决策的依据;同时该数据通过远程控制器发送到监控中心。



图 4 远程智能测产系统

Fig 4 Yield monitoring with GSM-based R&M oC

为简化系统,监控中心只使用 Pentium III 笔记本电脑,运行 Windows XP 操作系统,通过串口与远程通信控制器进行通信,并安装自行编制的远程数据接收程序。该应用程序采用 VB6.0 编写,实现短消息的编码解码、串口接收发送,以及接收数据的处理。程序中将接收到的数据直接存储在 Access 数据库中。通过应用程序运行界面,可以调用历史记录,实现数据的查询、分类、排序、汇总、曲线显示等功能,见图 5。

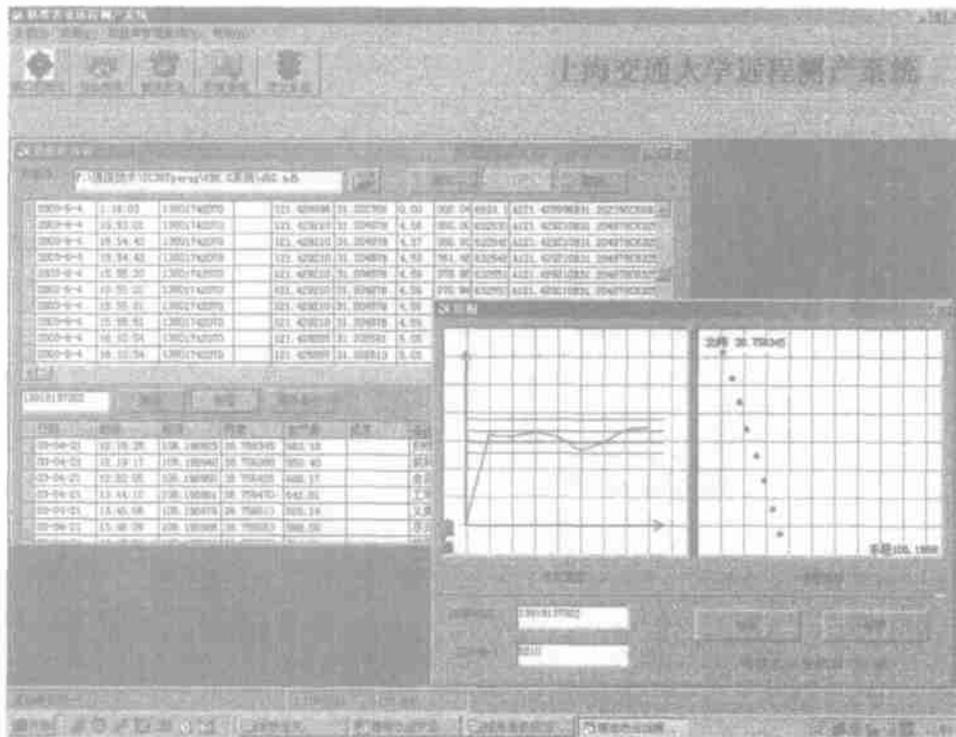


图 5 监控计算机软件运行界面

Fig 5 Interface for running program for computer control

系统测试于 2003 年 6 月在中国科学院石家庄栾城农业生态站的冬小麦在线测产试验中进行。系统安装在约翰-佳联 JD3060 自走式联合收割机上,收割机在田间工作过程中,主控制器定时把亩产量、总质量、收割面积、GPS 经度、纬度等数据发送给远程控制器,远程控制器再将其转发到位于试验站的监控计算机上。数据计

算单位面积为 3.5 m × 2.5 m,收割机的运行速度为 1.5 ~ 2.0 m/s,收割机每行进 20 m 即发送一次数据。在该试验中,进行了近 2 h 的数据收发测试,现场端共发送了 430 条数据消息,其中只有 6 条丢失,14 条延迟(延迟时间大于 60 s)。此结果完全能满足对农业现场信息实时监控的要求。

## 5 结 语

数字农业是农业发展的趋势, 农业信息化是农业现代化的标志。本文探讨了数字农业远程监控系统的硬件结构和软件实现, 开发了基于 GSM 的远程控制器, 并把此通信控制器用于智能测产远程数据传输试验中。本文研究的系统具有如下特点:

1) 应用 GSM 无线网络将一个农业管理区的资源有效统一起来, 有助于提高农业作业效率, 降低生产成本。

2) 在监控端, 应用 WEB 数据库技术和 Browser/Server 网络结构, 实现了底层控制网络与 Internet 的无缝集成。

3) 远程通信控制器实现了远程监控系统的可扩展性。在其它农业设备上安装该远程控制器, 即可在系统中集成相应作业过程的监控, 例如变量施肥、农业机械的远程调度等。

4) 系统中的 GSM 短消息数据传输方式具有使用简单、成本低等优点。试验结果证明了该方式应用于农业远程监控的可行性。

鉴于 GSM 具有传输数据量较小, 有时存在消息延迟等缺陷, 在数据量很大并且实时性要求很严格的农业测控系统中, 可以采用 GPRS 或 CDMA 无线网络的高速数据传输模式。

### [参 考 文 献]

- [1] Munack A, Speckmann H. Communication technology is the backbone of precision agriculture[A]. In Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development, Vol III[C], May 2001.
- [2] Roblin P, Barrow D A. Microsystems technology for remote monitoring and control in sustainable agricultural practices[J]. Journal of Environmental Monitoring, 2000, 2(5): 385- 392.
- [3] 庞树杰, 杨青, 李莉. 基于 GPS 和 GSM 短消息的农田信息采集系统[J]. 农机化研究, 2004, (1): 1- 3.

- [4] D N GEMANSM J. The practical implementation of precision farming for European agriculture [A]. In Proceedings of the First European Conference on Precision Agriculture (Vol II) Technology, IT and Management [C]. BDS Scientific Publishers Ltd., 1997, 727- 733.
- [5] Karel C, Josef F, Adam S, et al. Wireless supporting of agriculture and forestry information systems-WirelessInfo [A]. In Presentation at the 4th AGL E Conference on Geographic Information Science in Brno [C]. 2001.
- [6] Thyssen I. Agriculture in the Information Society [J]. Journal of agriculture engineering research, 2000, 76(3): 297- 303.
- [7] McKinion J M, Turner S B, Willers J L, et al. Wireless technology and satellite Internet access for high-speed whole farm connectivity in precision agriculture [J]. Agricultural Systems, 2004, 81(3): 201- 212.
- [8] Geers R, Saatkamp H W, Goossens K, et al. TETRAD: an on-line telematic surveillance system for animal transports[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 1998, 21(2): 107- 116.
- [9] 乔晓军, 沈佐锐, 陈青云, 等. 农业设施环境通用监控系统的设计与实现[J]. 农业工程学报, 2000, 16(3): 77- 80.
- [10] 句荣辉, 沈佐锐. 基于短信息的温室生态健康呼叫系统[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 226- 268.
- [11] Schiefer G, Helbig R, Rickert U. Perspectives of modern information and communication systems in agriculture, food production and environmental control [A]. Second European Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and the Environment [C], 1999, Bonn, Germany: 851- 862.
- [12] 黄魏, 贺立源, 李辉, 等. 基于 Web-SQL Server 的农业信息网站建设[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(2): 271- 274.
- [13] Charvat K, Krezja J, Krijvanek Z, et al. The design and utilization of databases, utilization of Internet and communication technologies in precision agriculture [A]. In Proceeding of Conference Utilization of Precision Agriculture in Czech Republic [C], 2000.

## Development and application on GSM -based monitoring system for digital agriculture

Zhou Guoxiang, Zhou Jun, Miao Yubin, Liu Chengliang

(Institute of Mechatronics, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)

**Abstract** In order to improve efficiency and automation in precision agricultural activities, remote monitoring technology is necessary to collect automatically field information and control field equipment on time. In this paper a new remote monitoring system for agricultural application was elucidated. Then a specific remote monitoring controller (R&M oC) based on GSM was developed for this situation to communicate field equipment or apparatus with the monitoring computer on a farm. As an application example, R&M oC was utilized to transfer data from an in-situ yield monitor. Experimental results prove new possibilities for employment of R&M oC in other precision agricultural practices.

**Key words:** digital agriculture; remote monitoring; data acquisition; GSM; on-line yield monitoring