

## 林业野外作业数据采集系统设计与稳定性

任俊俊<sup>1</sup>, 方陆明<sup>2</sup>, 唐丽华<sup>2</sup>

(1. 浙江农林大学 环境与资源学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江农林大学 信息工程学院, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 为积极推进林业野外作业智能化建设, 针对林业野外数据采集的需要, 集软硬件于一体, 研究了野外数据采集系统的架构、开发环境、软硬集成以及稳定性, 建立系统稳定性、可靠性分析模型, 构建了野外作业前后端一体化系统。采集系统整体稳定性为 0.817, 数据传输成功率为 98%。通过鸟类疫源疫病监测系统实际获取的数据分析结果表明: 野外作业数据采集系统提高了数据采集的及时性和准确性, 也有利于数据中心的及时处理和使用者的个性化应用, 可基本满足林业野外作业发展的需要。图 7 参 17

**关键词:** 森林经理学; 林业野外作业; 数据采集; 系统设计; 稳定性

**中图分类号:** S757.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-0756(2013)02-0234-06

## Design and stability of a forestry field information collection system

REN Junjun<sup>1</sup>, FANG Luming<sup>2</sup>, TANG Lihua<sup>2</sup>

(1. School of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China;  
2. School of Information and Engineering, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** The purpose was to construct an intelligent and integrated forestry field operations system based on actual needs of forestry field data collection. Considering the system structure, the development environment, the data transmission stability, and the hardware and software systems, system stability model was established based on irreparable system theory. We constructed forestry field operations front end and back end integration system. Results produced at a total system stability model of 0.817 and a data transmission success rate of 98 percent. Trial applications showed that this forestry fieldwork information collection system improved timeliness and accuracy. Thus, this system was conducive to timely processing of the management center and personal applications, and it could meet the needs of forestry field managers. [Ch, 7 fig. 17 ref.]

**Key words:** forest management; forestry fieldwork; data acquisition; system design; stability

中国森林资源丰富, 物种繁多, 地域广阔, 地形地貌复杂多变。林业野外作业量大, 数据繁多。目前, 林业野外数据采集大多数仍采用纸质文档, 每次野外作业都需携带各类数据记录卡片, 内业需将数据录入系统, 不仅重复记录, 数据出错概率也会增加, 从而影响调查结果的准确性、数据处理的及时性, 总体效率较低<sup>[1-2]</sup>。在美国、日本等一些发达国家, 林业野外作业已从单一的数据采集系统向综合决策系统发展, 例如美国林务局研发应用的东北决策模型(NED)系统<sup>[3-4]</sup>。近年来, 中国虽有一些移动式信息产品应用到林业调查和数据处理中<sup>[5]</sup>, 但这些产品大多是基于现有掌上数据助理(PDA)的二次开发<sup>[6]</sup>, 作为采集终端设备, 应用对象单一, 软硬件及功能产生较大的冗余, 完全针对林业野外作业数据采集的产品仅有少量报道<sup>[7]</sup>, 且通用性较差, 稳定性较低, 与控制中心实时交互能力不足, 内业还

收稿日期: 2012-04-16; 修回日期: 2012-06-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30972361); 浙江省教育厅重大科研攻关项目(ZD2009002); 浙江农林大学研究生科研创新基金资助项目(2112010025)

作者简介: 任俊俊, 从事资源信息管理及嵌入式技术等研究。E-mail: 281663096@qq.com。通信作者: 方陆明, 教授, 博士, 从事林业信息化、资源与环境信息系统等方面研究。E-mail: fluming@126.com

需将采集数据手工导入到管理系统，缺乏对野外作业的实时跟踪。基于以上林业信息化过程中存在的不足，作者研究和开发了集地点定位、数据采集、信息保存、无线传输、智能化处理和个性化服务、后端服务器管理等功能于一体的林业野外作业数据采集系统，运行速度快，数据采集效率高，人机交互界面友好，并具有较好的稳定性。本研究主要讨论采集终端软硬件方案设计以及数据传输的稳定性。

## 1 系统方案设计

### 1.1 系统总体架构

系统主要由采集终端和后端服务器两部分组成。采集终端基于林业野外作业数据采集的实际需求，集成了多种硬件模块，基于 Windows CE 操作系统，设计与开发了通用软件环境，可适用于林权、野生动物、古树名木等森林资源调查以及森林巡护等野外作业。后端服务器主要负责接收与处理采集终端发送的信息，进行智能化处理，并与其他相关系统进行信息交换。系统整体设计方案如图 1 所示。

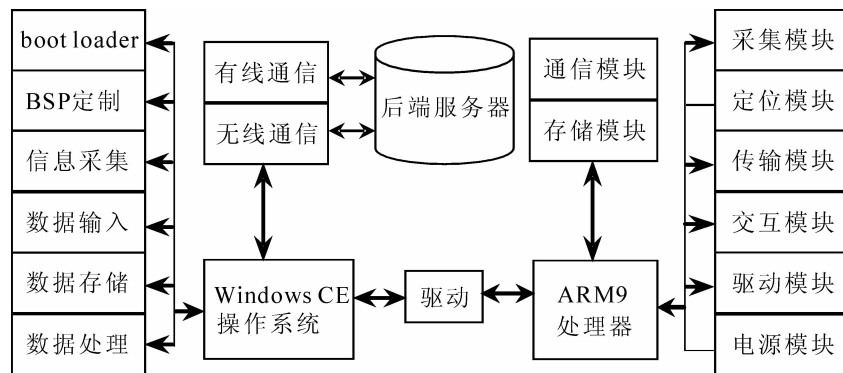


图 1 系统整体设计方案

Figure 1 General architecture of the system

采集终端硬件系统以 ARM9 处理器为核心，集成采集模块、定位模块、通信模块、存储模块、电源模块及扩充接口，可基本满足林业野外作业发展的需要。软件系统在硬件系统的基础上，以 Windows CE 操作系统为核心，设计与定制板极支持包(BSP)、驱动程序、相关软件功能模块等，实现软硬件系统的融合，满足林业野外作业的需要。后端服务器以 Microsoft SQL Server 2005 数据库管理系统为核心，建立相关本底数据库<sup>[8]</sup>，方便与林权管理、森林资源等数据库进行数据交换。

采集终端采用全球定位系统(GPS)定位方式，读取 WGS84 坐标系定位数据，按需求进行坐标系转换得到相应定位信息<sup>[9]</sup>。野外数据通过设备自动采集和人工输入 2 种方式进行采集，通过通用分组无线服务技术(GPRS)无线拨号功能连接公网，采用传输控制协议/因特网互联协议(TCP/IP)将数据实时传送到后端服务器，并在采集终端备份存储，采集的数据也可以通过通用串行总线(USB)或串口通信方式通过传输线发送到指定上位机。为方便采集终端的使用，延长续航能力，采用可充电式电源供电系统，拥有断电保护及节电模式，确保系统可靠运行<sup>[10-11]</sup>。

### 1.2 开发环境与系统功能

林业野外作业数据采集系统是针对林业部门需求而设计，是一个集前端数据采集和后端智能处理的一体化系统。为开发所需功能，配备具有 Windows XP Professional Edition 操作系统的微机，Microsoft Visual Studio.net 2008 集成开发环境，Platform Builder 5.0 开发工具，Microsoft .NET Framework 3.5，Microsoft SQL Server 2005 等，开发语言采用 Visual C#。开发平台通过微软提供的 Microsoft ActiveSync 4.5 同步软件和 SDHC 读卡器等 2 种方式连接采集终端，经串口进行调试信息的输入与输出。

在林业野外作业过程中，根据不同的作业对象运行不同的数据采集软件模块，进行数据录入。通过无线网络将数据发送到后端服务器进行统一处理，或者以短消息模式发送到指定的手机终端上，供相关人员决策与事件处置，从而实现多管理对象之间的信息联动，野外作业人员、不同层次管理人员之间互动(图 2)。

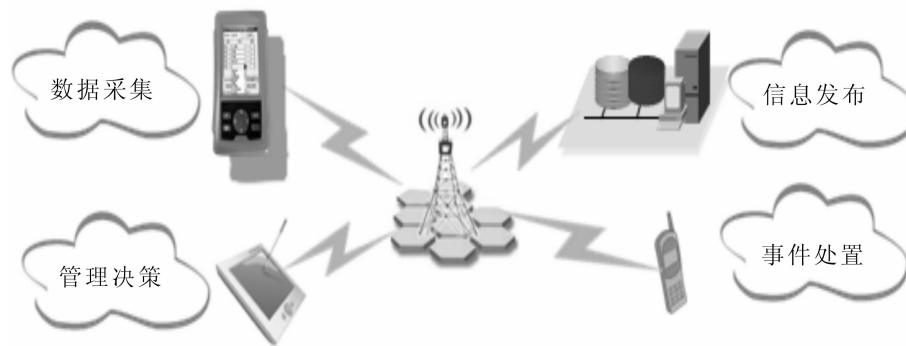


图2 林业野外作业数据采集系统示意图

Figure 2 Forestry field operations system schemes

## 2 系统稳定性模型研究

### 2.1 系统稳定性研究的必要性

稳定性是一个系统运行最基本的要求,也是确保数据可靠与有效传输的必要条件。对系统进行综合分析及相关测试,是系统开发到实际应用不可缺少的环节,可大大降低系统应用时的故障概率,增加系统在相应的环境中运行的可靠度。本研究重点研究采集终端的稳定性,主要分为3个方面:①硬件系统稳定性;②软件系统稳定性;③数据传输稳定性。

### 2.2 稳定性模型的建立

系统稳定性主要从系统可靠度、可用度等方面进行研究,建立的模型为:  $S = \prod RA$ 。其中:  $S$  表示系统稳定性,  $R$  表示系统可靠度,  $A$  表示可用度。根据系统中各功能模块之间的相互关系,建立系统可靠度的分析子模型(图3)。得到可靠度表达式为  $R(t) = \prod_{i=1}^{n_i} \{1 - \prod_{j=1}^{m_j} [1 - R_{ij}(t)]\}$ 。其中:  $R_{ij}(t)$  为各单元系统可靠度,  $n_i$  表示共  $n_i$  个串联单元系统,  $m_j$  表示共  $m_j$  个并联单元系统,  $i$  表示第  $i$  列单元系统,  $j$  表示第  $j$  行单元系统。这样,系统稳定性  $S = \prod \{A \times \prod_{j=1}^{n_i} [1 - \prod_{i=1}^{m_j} (1 - R_{ij})]\}$ 。

## 3 硬件系统可靠性研究

在硬件系统不可修复系统理论<sup>[12-13]</sup>指导下,根据可靠度子模型,得到采集终端硬件系统可靠性研究模型框架(图4)。

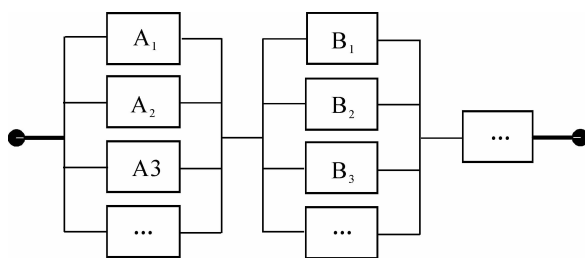


图3 系统可靠度子模型

Figure 3 System reliability model

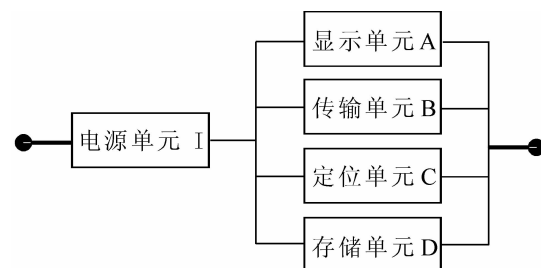


图4 硬件系统可靠性模型框图

Figure 4 Reliability model of hardware system

本系统电源单元各元器件出厂前都经过检验,其稳定可靠性符合国际标准。电源单元模块输入电压12.0 V保持不变,输出电压为5.0 V和3.3 V。设置信水平为0.95,则输出电压置信区间分别为(4.75, 5.25)和(3.14, 3.46),误差允许范围为(-0.25, 0.25)和(-0.16, 0.16)。通过对电源单元模块做200次试验检验后,得出在置信区间内的试验共计177次,得到电源单元模块可靠度  $R_1(t) = 0.885$ 。

同理,显示单元、传输单元、定位单元、存储单元根据试验检验结果,得出各模块单元可靠度分别

为  $R_A(t)=0.925$ ,  $R_B(t)=0.910$ ,  $R_C(t)=0.905$ ,  $R_D(t)=0.955$ 。

设后端服务器硬件可靠度为 1。根据可靠度分析关系式得硬件系统可靠度为  $R_{\text{硬}}=0.885[1-(1-0.925)(1-0.91)(1-0.905)(1-0.955)]=0.885$ 。从系统可靠度分析结果得出，硬件系统的可靠度为 0.885。

#### 4 软件系统稳定性研究

软件系统的稳定是野外作业数据正确采集以及成功传输后台服务器的关键。本系统主要考虑采集终端的软件部分，主要包括 Boot loader 的开发、板极支持包(BSP)的定制、驱动程序以及应用软件等。

Boot loader 主要完成操作系统加载前的初始化硬件操作，并加载内核镜像文件；BSP 完成与硬件部分的相关通信及加载设备驱动程序与配置文件<sup>[14-15]</sup>。为确保能够顺利与硬件系统通信及加载操作系统，提高系统稳定性，在系统启动之初增加“看门狗”检测技术，增加错误提示功能及硬件指示。

为提高软件系统的稳定性，在应用软件开发过程中，采用性能成熟稳定的 Microsoft Visual Studio.net 2008 集成开发环境，采用软件陷阱技术<sup>[16]</sup>，增加软件容错功能及错误提示功能，避免软件漏洞(bug)，提高软件兼容性与鲁棒性。在软件系统稳定性的研究中，根据稳定性研究模型中各单元之间相互关系，创建可靠性模型框架，如图 5 所示。

软件系统可靠性主要受 2 个方面影响：①软件加载启动稳定性；②软件运行稳定性。

在板极支持包(BSP)单元分析中，以检测硬件信号指示及界面加载提示信息来检测 BSP 单元的工作状况，通过 200 次试验，得出 BSP 单元在试验中的可靠度  $R_1(t)=1$ 。

同理，对设备驱动单元、应用软件单元以及数据备份单元试验中，得出设备驱动单元可靠度  $R_2(t)=0.990$ ，应用软件单元可靠度  $R_3(t)=0.905$ ，数据备份单元可靠度  $R_4(t)=0.990$ 。

根据可靠性分析关系式，得出软件系统的可靠度  $R(t)=0.990$ 。

为确保采集系统运行稳定性，通过森林信息采集检测对系统可用度  $A$  进行分析，并增加对省电模式的检测。试验中，测得系统故障之间平均正常工作时间为 12.5 h，故障时间为 0.9 h，故系统可用度：

$$A = \frac{T}{T_s + T_d} = \frac{12.5}{12.5 + 0.9} = 0.933。$$

#### 5 传输稳定性研究

传输稳定性是保证数据安全准确传输到后端服务器及指定终端的关键。本系统主要采用 TCP/IP 协议，通过 GPRS 连接网络进行数据传输<sup>[17]</sup>，并通过以下几种方法提高稳定性：①网络信号强度检测。通过检测 GPRS 网络信号强度，设定当信号强度  $R_s < -100$  dBm，信道误码率  $B_e > 6.4\%$  时，暂停传输服务，等接收信号达到所设下限指标值才继续开通传输服务。②数据压缩。通过对采集数据的压缩，缩减传输任务量，提高传输效率，主要通过数据无损压缩(LZW)算法对数据进行无损数据压缩，有效缩减数据量，并对数据的安全性起到一定的作用。③MD5 数字标签校对。为提高数据安全性，确保信息不被窃取，采用 MD5 算法对数据进行加密操作，产生一个仅适用于该数据的“数字式指纹”文件。④断点续传，为确保在网络异常中断情况下数据传输中断后不需要重新传输，故将传输的数据文件人为分成几个部分，采用断电续传方式进行传输，只需在信号恢复后从断点继续传输，提高了传输效率。

#### 6 实地应用

林权野外作业数据采集系统、古树名木野外作业数据采集系统、野生动物野外作业数据采集系统等系统在浙江省某些县市不同程度得到应用。临安市青山湖为国家级森林公园，森林郁闭度约 0.5，我们以野生动物野外作业数据采集系统为试验对象，以青山湖为国家级森林公园为试验区，进行数据采集与集中统一处理应用。手持终端采集界面如图 6 所示，系统服务器端相关界面如图 7 所示。

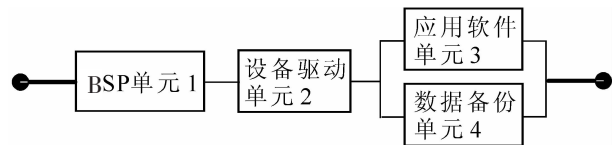


图 5 软件系统可靠性模型框架

Figure 5 Reliability model of software



图6 手持终端采集界面

Figure 6 GUI of information collection

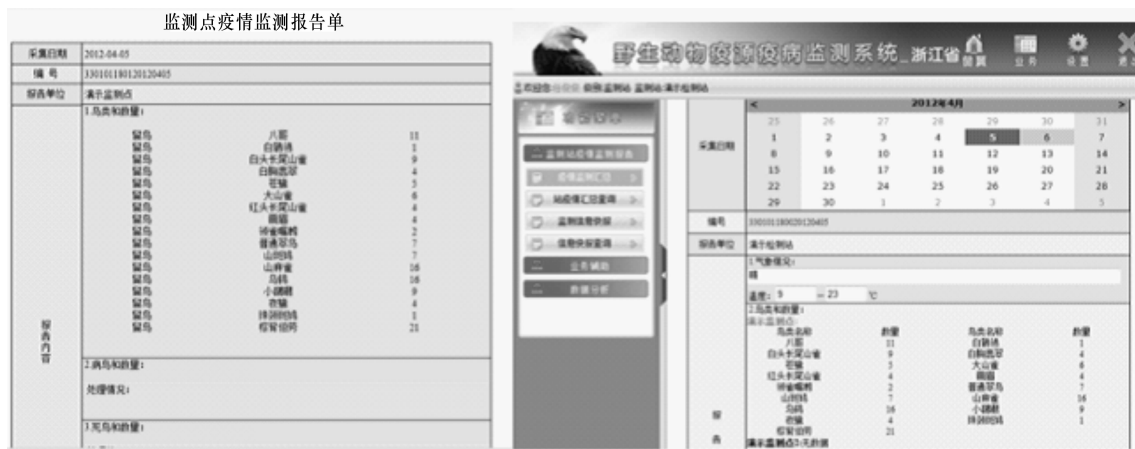


图7 服务器界面

Figure 7 GUI of server

在应用区选取不同地形进行数据获取与传输测试，共获取数据 200 组，成功接收 196 组，保存数据 200 组，得出数据传输成功率为 98%，从数据发送到服务器成功接收的时间间隔在 40 s 以内，数据的无线传输是安全稳定的。

根据以上分析、计算，可得系统稳定性  $S_s = 0.817$ 。

## 7 结论与讨论

林业野外作业数据采集系统的设计与实现，是在加快林业信息化建设的背景下，针对林业部门的特定需求，借助一定的开发工具与开发平台，软硬件统一架构的应用性产品。通过试验检测，并建立了林权野外作业数据采集系统、古树名木野外作业数据采集系统、野生动物野外作业数据采集系统，在浙江省部分县市进行实际应用。研究与应用表明：①系统软硬件稳定性较高，反应速度快，采集终端待机时间长，适合应用于林业野外数据采集。②系统应用对象多元化，能基本满足林业不同类型的野外作业需求。③采集数据快捷，安全可靠，能有效提高野外作业的效果与效率。④野外作业过程与后台服务器实时交互，经及时处理并提供个性化应用，体现了一体化的作业与管理思想，也体现了信息的联动和管理互动，应用效果明显。⑤不同管理对象的野外作业数据采集系统之间进行数据交换，体现了多系统之间信息联动模式，提高了不同管理对象之间的信息更新效率。

同时，还有诸多问题需进一步探讨：①提高与改善在郁闭度高的林区中的定位精度及定位方式，实现系统定位无盲区。②通过 3G 网络等技术提高无线传输速率，提高信息发布时效性。③继续提升前后台之间的数据联动与交互，实现事件处置与林业管理现场化、实地化。④开发语音识别功能，使采集过程通过语音方式进行，实现野外作业方式多元化。

## 参考文献:

- [1] 徐贵登, 方陆明, 应华香, 等. 林业电子政务建设概况及建设构想[J]. 浙江林学院学报, 2009, **26**(4): 592–597.  
XU Guideng, FANG Luming, YING Huaxiang, *et al.* Overview and vision of forestry e-government construction [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2009, **26** (4): 592–597.
- [2] 方陆明. 我国森林资源信息管理网络系统解决方案的探讨[J]. 北京林业大学学报, 2003, **25** (3): 127–130.  
FANG Luming. Study of the forest resource information management network system solution in China [J]. *J Beijing For Univ*, 2003, **25** (3): 127–130.
- [3] TWERY M J, RAUSCHER H M, BENNETT D J, *et al.* NED-1: integrated analyses for forest stewardship decisions [J]. *Comput Electron Agric*, 2000, **27**: 167–193.
- [4] MARK J. TWERY M J, KNOPP P D, THOMASMA S A, *et al.* NED-2: A decision support system for integrated forest ecosystem management [J]. *Comput Electron Agric*, 2005, **49**: 24–43.
- [5] 许等平, 唐小明, 毕于慧. 基于嵌入式 GIS 的森林资源二类调查数据采集系统[J]. 林业科学, 2006, **42** (增刊 1): 151–154.  
XU Dengping, TANG Xiaoming, BI Yuhui. Information collection system for forestry resources based on embedded GIS [J]. *Sci Silv Sin*, 2006, **42** (supp 1): 151–154.
- [6] 曾松伟, 李光辉, 胡海根, 等. 基于 PDA 的森林资源数据采集系统的设计与实现[J]. 浙江林学院学报, 2009, **26** (1): 111–115.  
ZENG Songwei, LI Guanghui, HU Haigen, *et al.* Design and implementation of personal digital assistant (PDA) based information [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2009, **26** (1): 111–115.
- [7] 王长文, 陈国林. PDA 在林业野外数据采集上的应用: 以吉林省林业调查规划院研制开发的系统为例[J]. 林业资源管理, 2004 (6): 71–74.  
WANG Changwen, CHEN Guolin. Application of PDA to forest field data collection [J]. *For Resour Manage*, 2004 (6): 71–74.
- [8] 楼雄伟, 方陆明, 徐爱俊, 等. 多源数据融合下的森林防火本底数据库建立[J]. 浙江林学院学报, 2008, **25** (4): 405–410.  
LOU Xiongwei, FANG Luming, XU Aijun, *et al.* Data fusion with 3D modeling for forest fire prevention background database [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2008, **25** (4): 405–410.
- [9] 蓝箭, 李东明, 于水清. 一种 GPS 与远程服务器通信方式的研究[J]. 微计算机应用, 2011, **27** (2): 23–27.  
LAN Jian, LI Dongming, YU Shuiqing. Research and Implementation of communication between GPS and Server applied in remote monitoring system [J]. *Microcomput Appl*, 2011, **27** (2): 23–27.
- [10] YANG Feng, CHENG Cheng, PAN Quan, *et al.* Practical integrated navigation fault detection algorithm based on sequential hypothesis testing [J]. *J Syst Eng Electron*, 2011, **22** (1): 146–149.
- [11] 郑伟. 单片机抗干扰及可靠性设计[J]. 电脑开发与应用, 2006, **19** (1): 56–58.  
ZHENG Wei. Anti-interference and reliability design of single-chip computer [J]. *Comput Dev & Appl*, 2006, **19** (1): 56–58.
- [12] 宋保维. 系统可靠性设计与分析[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2008.
- [13] 高社生, 张玲霞. 可靠性理论与工程应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [14] 周建设. Windows CE 设备驱动及 BSP 开发指南[M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [15] ZHANG Xizheng, WANG Yaonan. New mixed broadcast scheduling approach using neural networks and graph coloring in wireless sensor network [J]. *J Syst Eng Electron*, 2009, **20** (1): 185–191.
- [16] 董玉华, 许合利, 杜守恒. 工业用单片机系统中的软件抗干扰技术[J]. 河南理工大学学报, 2005, **24** (6): 466–470.  
DONG Yuhua, XU Heli, DU Shouheng. Anti-interference technology of software for industrial single-chip microcomputer system [J]. *J Henan Polyt Univ*, 2005, **24** (6): 466–470.
- [17] 裴红, 吕泽锋, 崔雅敏. 基于 GPRS 的数据采集与监控系统设计及应用[J]. 微计算机信息, 2011, **27** (2): 89–90.  
PEI Hong, LÜ Zefeng, CUI Yamin. Design and application of a remote CBM monitor system based on GPRS [J]. *Microcomputer Inf*, 2011, **27** (2): 89–90.