

# 基于对称像素块识别的病猪行为监测系统

浦雪峰, 朱伟兴, 陆晨芳

(江苏大学电气信息工程学院, 镇江 212013)

**摘 要:** 针对传统人工观察方法不能及时发现群养猪患病的缺点, 设计一种病猪行为自动监测系统。该系统基于高级 RISC 微处理器平台, 对群养猪的排泄行为进行 24 h 监控, 采用改进的运动目标检测算法和基于像素块对称特征的图像识别算法定位具有异常行为的疑似病猪, 将报警图像通过 GPRS 网络传送至监控中心。实验结果表明, 该系统具有较好的实时性和监测效果, 通用性强。

**关键词:** 猪行为; 自动监测; 像素块对称特征

## Sick Pig Behavior Monitor System Based on Symmetrical Pixel Block Recognition

PU Xue-feng, ZHU Wei-xing, LU Chen-fang

(Institute of Electrical Information Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013)

**【Abstract】** This paper designs an automatic detection system aiming at the disadvantage that traditional manpower observation method can not find pigs sick in time. The system monitors the pigs excretion behavior by 24 h based on advanced RISC Microprocessor platform. It orients suspected sick abnormal pigs by using an improved moving object detection algorithm and image recognition algorithm based on symmetrical characteristic of pixel block, the alarming image is send to the monitor center through GPRS. Experimental results show that the system has well real-time and monitor effect, and its commonality is good.

**【Key words】** pig behavior; automatic monitor; symmetrical characteristic of pixel block

### 1 概述

采食、饮水、排泄等行为是动物赖以生存的基础。近年来, 一些发达国家对动物行为的研究取得了一定进展。文献[1]提出一种利用图像处理技术监控家禽生长过程的方法, 文献[2]采用红外成像的方法分析群养猪睡眠姿势来评估其舒适度。上述方法降低了劳动成本, 提高了生产的智能化程度, 但并没有实现完全意义上对动物行为的自动监测。目前, 国内采用人工观察的方式监测牲畜行为, 该方式会观察到的数据主观性较强, 不利于精确、稳定、连续地记录, 而且还耗费大量精力。对群养猪排泄行为的研究表明, 定点排泄是猪特有的生活习性。猪过于频繁的排泄行为是患病毒性腹泻和传染性肠胃炎等病的征兆, 此类病通常造成猪瘦弱甚至死亡, 严重制约养猪生产。若能及时发现和诊治此类疾病, 则将大大提高生产效率。嵌入式图像监控系统具有体积小、成本低、稳定性好等优点, 并且与普通工控机相比安装携带方便, 远程监控报警能力突出。另外, 由于牲畜养殖环境恶劣, 布线困难, 因此采用 GPRS 无线技术是实现数据传输的有效方法。本文提出一种基于 ARM 平台和图像处理的自动监测群养猪排泄行为的方法, 该方法取代了人力, 是一种考虑动物福利的高效养殖方式。

### 2 系统方案设计

对 10 头处于育肥期的大约克夏猪的排泄行为进行研究, 利用安装在猪舍排泄区的嵌入式监控设备 24 h 地监控其排泄行为。通过一种改进的运动目标检测算法检测某猪第 1 次进入排泄区时, 高级 RISC 微处理器(Advanced RISC Microprocessor, ARM)记录下该猪进入排泄区的时刻  $t_1$ , 同时

记下相应的排泄次数为 1, 当该猪在  $t_2$  时刻第 2 次进入排泄区时, 记下排泄次数为 2, 依次类推, 最后统计出一天中各猪进行排泄活动的总次数  $n_i$ 。以每天的零点为开始(结束)标志, 将  $n_i$  清零,  $i=1, 2, \dots, 10$ , 当  $n_i \geq N$  时( $N$  为报警阈值), 表示第  $i$  头猪排泄次数超标, 并将该疑似病猪图像经 GPRS 网络传至监控中心。系统方案流程如图 1 所示。

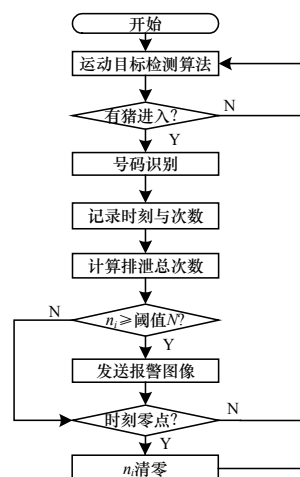


图 1 系统方案流程

**基金项目:** 江苏大学江苏省现代农业装备与技术重点实验室开放基金资助项目(NZ200709)

**作者简介:** 浦雪峰(1983—), 男, 硕士, 主研方向: 嵌入式系统, 图像通信; 朱伟兴, 教授、博士生导师; 陆晨芳, 硕士

**收稿日期:** 2009-05-11 **E-mail:** afengfeng@163.com

研究表明<sup>[3]</sup>,育肥猪的日平均排泄次数为5次~6次,因此,选取 $N=8$ 。实验中,将一组号码标签(1号~10号)贴在各猪的身上,通过一种基于像素块对称特征的号码识别算法识别出猪身上的号码,以定位猪只个体。

### 3 系统硬件设计

系统分为嵌入式监控设备端、通信网络和监控中心3大部分,硬件结构如图2所示。

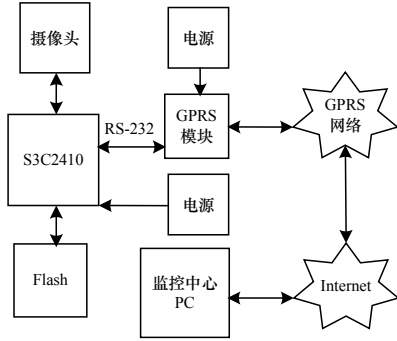


图2 系统硬件结构框图

嵌入式监控设备端位于猪舍排泄区,实时采集并处理现场的猪排泄行为图像。核心控制器采用基于ARM920T架构的三星S3C2410处理器,另外,平台扩展了64 MB的16位NAND Flash,64 MB的32位SDRAM,一个USB HOST接口,一个标准RS-232串口。利用USB接口连接摄像头采集图像,通过与RS-232串口相连的GPRS MODEM把图像数据发送出去,完成远程监控的任务。GPRS MODEM采用西门子工业级MC39i模块,它通过AT指令与S3C2410进行通信。

系统将中国移动的GPRS网络和Internet作为通信承载网络,报警图像通过GPRS网络经Internet发送到监控中心,监控中心为具有独立公网IP地址的PC机。

### 4 系统软件设计

系统软件设计分为嵌入式监控设备端软件设计和远程监控中心端软件设计。嵌入式监控设备端软件设计为图像处理算法设计,包括运动目标检测算法和号码识别算法,远程监控中心端软件设计采用CGI技术实现浏览器远程数据访问。

#### 4.1 运动目标检测算法

针对猪排泄行为的特点,提出一种改进的基于背景消减的运动目标检测算法,用于检测是否有猪进入排泄区。判断条件为

$$\sum_{(x,y) \in S} U \left\{ \left| f(x,y,t) - f(x,y,t-\Delta t) \right| - \left[ \frac{\lambda}{n} \sum_{(x,y) \in S} \left| f(x,y,t) - f(x,y,t-\Delta t) \right| + M \right] \right\} > N_T \quad (1)$$

其中, $S$ 为监控图像特征区域; $f(x,y,t)$ 为灰度图像序列在 $t$ 时刻点 $(x,y)$ 处的灰度值,时间 $t$ 是离散的; $\Delta t$ 为时间间隔,它是帧间隔的整数倍; $\frac{\lambda}{n} \sum_{(x,y) \in S} \left| f(x,y,t) - f(x,y,t-\Delta t) \right|$ 代表光线的整体变化,该项有效抑制了光线变化带来的影响; $\lambda$ 为调节系数; $n$ 为监控区域内的像素数目;固定项 $M$ 在一定程度上限定了检测目标的大小,避免了由于较小运动目标的干扰(如苍蝇、虫子等)导致的误检测; $N_T$ 为固定阈值。

$U(x)$ 函数定义如下:

$$U(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

当式(1)成立时,即认为有猪进入排泄区。

上述运动目标检测算法在传统的基于背景消减的思想检测运动目标的基础上进行了改进,综合考虑光线变化和运动目标过小导致的误检测情况,从而提高了检测准确率。

#### 4.2 基于像素块对称特征的号码识别算法

号码识别算法用于识别贴在猪身上的号码,定位疑似猪个体。考虑到ARM的资源与执行速度,本文采用基于像素块的对称特征<sup>[4]</sup>方法进行号码识别,首先提出一种能够表征数字号码的特征向量,然后经过简单的运算识别出数字号码。

##### 4.2.1 图像预处理

由于号码贴于猪身上,因此进行号码区域定位<sup>[5]</sup>,将该区域图像转换为灰度图像,再采用先中值滤波后均值滤波的方法去除噪声,按式(3)进行二值化处理:

$$f(x,y) = \begin{cases} 1 & g(x,y) \leq g_{avr} \\ 0 & g(x,y) > g_{avr} \end{cases} \quad (3)$$

其中, $f(x,y)$ 为二值化后的像素点, $f(x,y)=1$ 代表号码的像素点; $g(x,y)$ 为猪身区域图像的灰度值; $g_{avr}$ 为该图像的平均灰度值。

##### 4.2.2 号码定位

逐行扫描经上述步骤处理得到的二值化图像,得到每一行最左边和最右边像素值为1的点的横坐标,分别记为 $left\_x(i)$ 和 $right\_x(i)$ , $i$ 为行号。令

$$X_l = \min(left\_x(i)), X_r = \max(right\_x(i)) \quad (4)$$

其中, $X_l$ 和 $X_r$ 即为图像中号码字符的左右边界横坐标,逐列扫描即可得号码字符的上下边界纵坐标 $Y_u$ 和 $Y_d$ ,令

$$X_0 = \frac{X_l + X_r}{2}, Y_0 = \frac{Y_u + Y_d}{2} \quad (5)$$

号码字符以 $(X_0, Y_0)$ 为中心点坐标,分为4个区域:

- 1区:  $X_l \leq x < X_0 \cap Y_u \leq y < Y_0$ ;
- 2区:  $X_0 \leq x < X_r \cap Y_u \leq y < Y_0$ ;
- 3区:  $X_l \leq x < X_0 \cap Y_0 \leq y < Y_d$ ;
- 4区:  $X_0 \leq x < X_r \cap Y_0 \leq y < Y_d$

##### 4.2.3 号码特征提取与识别

根据号码字符的笔画及对称特征,8种 $2 \times 2$ 像素块如图3所示。

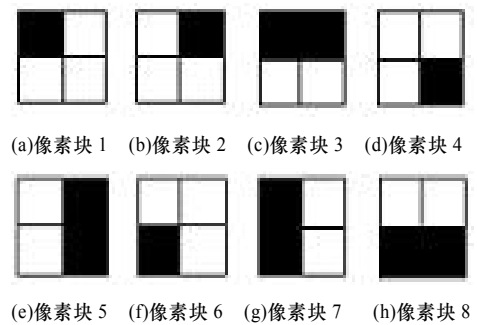


图3 像素块类型

将这8种像素块对单个号码字符的4个区域进行匹配,统计每个区域中这8种像素块的个数,从而得到每个区域的特征向量 $D_i$ 。

$$D_1 = [d_{11}, d_{12}, d_{13}, d_{14}, d_{15}, d_{16}, d_{17}, d_{18}]$$

$$D_2 = [d_{21}, d_{22}, d_{23}, d_{24}, d_{25}, d_{26}, d_{27}, d_{28}]$$

$$D_3 = [d_{31}, d_{32}, d_{33}, d_{34}, d_{35}, d_{36}, d_{37}, d_{38}]$$

$$D_4 = [d_{41}, d_{42}, d_{43}, d_{44}, d_{45}, d_{46}, d_{47}, d_{48}]$$

其中, $d_{ij}$ 表示第 $i$ 区( $i=1 \sim 4$ )第 $j$ 种( $j=1 \sim 8$ )特征的 $2 \times 2$ 像素块的数目。

对号码进行识别时,先按上述定义求出0~9这10个模板

号码的特征向量  $d_{ij}(k)$ , 其中,  $i, j$  的定义同上,  $k=0,1,\dots,9$ 。再将号码字符分为对称型(0,1,3,8)和非对称型(2,4,5,6,7,9), 并设待识别的猪身上号码的特征向量为  $d_{ij}(m)$ , 若它满足以下两式之一, 则待识别号码为对称型, 否则为非对称型。

$$\sum_{j=1}^8 (|d_{1j}(m) - d_{2j}(m)| + |d_{3j}(m) - d_{4j}(m)|) < S \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^8 (|d_{1j}(m) - d_{3j}(m)| + |d_{2j}(m) - d_{4j}(m)|) < S \quad (7)$$

其中,  $S = \alpha \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^8 d_{ij}(m)$ ,  $\alpha$  取 0.125~0.250。判断出待识别号码的所属类别后, 按式(8)求出该号码与该类别中号码的特征向量的距离  $d(k)$ , 距离最小者对应的号码即为识别结果。 $n$  为  $d_{ij}(m)$  所属类别中号码的个数。

$$d(k) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^8 |d_{ij}(k) - d_{ij}(m)|, k = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

### 4.3 监控中心软件设计

本文采用 C/S 即客户机/服务器模型进行系统软件设计。首先在 S3C2410 开发板上移植嵌入式 Linux, 内核版本为 2.6.8.1, 再在其上移植一个支持 CGI 功能的嵌入式 Web 服务器, 能够生成动态页面, 用户端只须通过 Web 浏览器就能查看现场的报警图像。本系统移植了 BOA, 它是一个很小巧的快速和安全的嵌入式 Web 服务器, 可以执行代码, 约 60 KB, 很适合作为 ARM 的 Web 服务器应用。另外, 现场的报警图像通过中国移动的 GPRS 网络传送至监控中心, GPRS 模块拨号上网获得一个 10.x.x.x 的 IP 地址。在浏览器中查看现场报警图像的截图如图 4 所示。

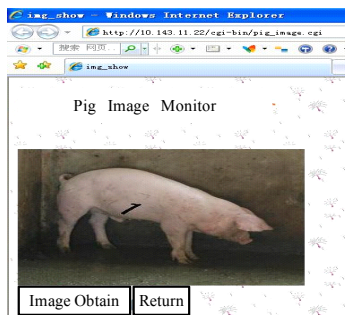


图 4 客户端软件界面

## 5 实验结果与分析

以江苏省某畜牧发展有限公司生猪培育基地的 10 头大约克夏猪为实验对象, 在自由采食条件下 24 h 监控其排泄行为。实验期 2008 年 3 月 18 日~2008 年 8 月 17 日, 为期 5 个月。其中, 某日采集到的行为监控数据如表 1 所示。

表 1 排泄时刻表

2008.7.28	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	9号	10号
第1次	06:13	06:57	02:32	07:33	08:45	03:39	00:25	06:56	05:35	07:49
第2次	06:44	10:12	05:44	10:25	12:11	10:38	07:26	08:21	07:09	09:16
第3次	07:05	14:57	10:32	12:37	16:48	15:48	12:49	12:25	10:38	11:13
第4次	08:16	16:57	13:01	14:48	21:36	17:10	14:19	15:58	15:59	15:52
第5次	08:22	19:03	17:36	17:21	-	-	18:08	17:31	18:03	17:48
第6次	10:28	-	21:38	-	-	-	-	20:02	-	21:51
第7次	11:01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
第8次	11:57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
第9次	14:38	-	-	-	-	-	-	-	-	-
第10次	15:13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
第11次	16:34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
第12次	19:51	-	-	-	-	-	-	-	-	-

在表 1 中, 上栏为采样日期和猪只号码, 左栏为排泄次数, 中间数据为排泄时刻。由此可知, 1 号猪当日排泄 12 次, 每次时间间隔较小, 其他猪日均排泄 5.11 次, 白天 (06:00~18:00) 排泄次数占总数的 73.91%。 $n_1 \geq N$ , 因此将 1 号猪确定为疑似病猪, 对应的图像处理算法检测结果如图 5 所示。



(a)背景图像

(b)1号猪进入



(c)1号猪识别结果

图 5 实验结果

实验结果证明, 该算法具有对号码小角度旋转的不变性。另外, 该算法复杂度低, 所有处理步骤的 ARM 实现只需很少的存储空间, 节省了嵌入式硬件资源。

## 6 结束语

本文方法综合了嵌入式技术、无线通信技术和图像处理技术, 它取代了传统依靠人力的方法。实验表明, 该方法采用的技术原理和关键技术具有高度的通用性, 可以针对猪的排泄行为对其进行改进, 还可用于采食、饮水、母猪产仔等多种行为的监测。安装在猪舍的嵌入式监控设备可方便地拆卸并用于门禁、安防等其他领域的监控, 无线通信技术的引入为环境恶劣条件下实现远程数据访问提供了便捷的途径。可见, 该系统在自动化、智能化的牲畜精准养殖中有很广阔的应用前景。

## 参考文献

- [1] Leroy T, Vranken E. A Computer Vision Method for On-line Behavioral Quantification of Individually Caged Poultry[J]. Transactions of the ASABE, 2006, 49(3): 795-802.
- [2] Shao Bin, Xin Hongwei. A Real-time Computer Vision Assessment and Control of the Thermal Comfort for Group-housed Pigs[J]. Computer and Electronics in Agriculture, 2008, 62(2): 15-21.
- [3] 朱志谦. 工厂化养猪对猪行为及性能的影响与对策[J]. 畜牧与兽医, 2007, 39(12): 40-41.
- [4] 张正华, 余松煜, 方志军, 等. 实时识别数字和英文字母快速现场可编程门阵列设计[J]. 上海交通大学学报, 2006, 40(1): 12-15.
- [5] 何兴恒, 胡德婷. 有效的场景文本提取算法[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(10): 259-262.

编辑 陆燕菲