DOI:10.3969/j.issn.1674 - 5663.2017.04.002

基于 STC12 单片机的奶牛健康检测系统设计

陈亚勇[1], 黄伟锋[1*], 唐 宇[1], 黄雪冰[2]
(1. 仲恺农业工程学院 自动化学院, 广东 广州 510225;
2. 仲恺农业工程学院 动物科技学院, 广东 广州 510225)

摘要: 为了实现奶牛健康的实时检测, 提出了一种基于 STC12C5A60S2 单片机的奶牛健康检测系统. 该系统由基于单片机的下位机装置、基于 LabVIEW 的上位机程序和基于 FTP(File transfer protocol)协议的服务器 3 部分组成. 下位机采用 STC12C5A60S2 单片机构建控制核心, 使用温度传感器、心率传感器和运动传感器对奶牛特征参数进行检测, 使用串口有线通讯和 WiFi 无线通讯的可选模式将数据传输至上位机; 上位机软件使用虚拟仪器 LabVIEW 技术进行构建, 使用 TCP(Transfer control protocol)协议对下位机进行通讯和控制, 诊断算法可以对奶牛的健康数据进行诊断计算和简单的健康结果诊断; 服务器使用服务器专用计算机构建, 通过 FTP 协议为系统提供服务. 系统测试结果表明, 下位机检测数据的有效性最高达 75%, 有线数据传输正确率达 92%, 无线传输正确率达 80%, 服务器数据服务传输正确率达 99%, 诊断算法依赖经验库设计方案可行. 在工作模拟测试中, 运用该系统随机对 10 头奶牛的体温, 运动量和心率进行了远程检测试验, 10 头奶牛的平均体温心率分别为 34.5 ℃和 63 次/min; 运动量白天平均为 163 次/min、夜晚平均为 47 次/min, 奶牛的数据平均值的诊断结果为"健康, 准确度: 88%". 系统具有一定的实用性, 希望能给类似设计提供参考.

关键词: 单片机; 奶牛检测; 健康诊断; LabVIEW
中图分类号: TP29 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674 - 5663(2017)04 - 0008 - 07

Design of base on STC12 MCU cow health detecting system

CHEN Yayong[1], HUANG Weifeng[1*], TANG Yu[1], HUANG Xuebing[2]
(1. College of Automation, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China;
2. College of Animal Science and Technology, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract: In order to realize monitoring of cow health in real-time, a cow health detecting system based on STC12C5A60S2 microcontroller was presented. The system consisted of three parts, the lower computer which was based on MCU detection device, software on upper computer which was based on LabVIEW program and network server which was based on FTP (File Transfer Protocol). To detect dairy health parameters of cows, a temperature sensor, a heart rate sensor and a motion sensor were used and the control core of lower computer adopted STC12C5A60S2 MCU. The lower computer concerned with upper computer and exchanged data with selectable mode, the serial port or WiFi. The software on upper computer was programmed by LabVIEW virtual instrument technology and concerned with lower computer in TCP (Transfer Control Protocol) for communicating and controlling. The health data was calculated with algorithm for diagnosing on upper computer and simple result for health was obtained and displayed. The network server was built up on a dedicated server computer and provided data services to the system through the FTP. The results of system testing were shown that validity of the detection data of the lower computer was 75% at most, the correct rate of the serial port transmission was 92% and rate of WiFi was 80% in indoor environment. To the upper computer, correct rate to exchange data with server service was 99% and the algorithm depends on the experience database was effective. The data of simulating test for the system were from ten cows with random selection and their heart rate, body temperature and motion meas-

收稿日期: 2017 - 06 - 11
基金项目: 2015 年省级大学生创新创业训练计划(201511347025)资助项目.
作者简介: 陈亚勇(1994 -), 男, 广东化州人, 在读硕士研究生. * 通信作者: E-mail: 547046499@qq.com

ures were detected with the system. The average body temperature and heart rate of 10 cows were 34.5℃ and 63 times/min, the average motion measures were 163 times/min in daytime and 47 times/min in night time. The average data of 10 cows were get "health, reliability rate: 88%" after calculating thought the algorithm. It was applied, well worth to extension and hopefully to be reference for similar designing.

Key words: MCU; cow detection; health diagnosis; LabVIEW

近年来，国内奶业发展迅速，企业规模呈增长趋势，奶牛养殖是奶业的基础，奶牛的健康情况及其检测过程对奶牛养殖影响巨大[1-3]；目前国内奶牛健康检测通常使用传统的人工检测方法，其检测结果主要依靠人工的判断，传统的人工检测方法对工作人员要求高，实时性不强，容易错过最佳时间检测点甚至出错，难以满足现代奶牛养殖管理的需求. 国内的进一步奶业发展，迫切需要一种实时性强，稳定性好的检测方法.

把微机技术和信息技术等用于奶牛养殖上，最早可以追溯到 20 世纪 50 年代的美国奶牛群改良协会(DHIA)[4]. 此后奶牛养殖的自动检测发展得到了极大的发展和推广；20 世纪 60 年代，美国宾夕法尼亚州(Pennsylvania. USA)首次对全州奶牛进行检测，使用计算机软件对奶牛的数据进行收集、处理等，结果使牛奶的总产量在 20 年内提高了一倍[5]. 2007 年美国 Cedar Summit Farm 奶牛场[6]拥有超过 600 头奶牛，总工作人员只有 6 名，其中养殖工作的人员仅 3 名；奶牛养殖的自动化技术最大限度地减少了养殖的人力，把效益最大化. 国内的奶牛自动检测方法和其相关的研究，也取得了一定的成果；2012 年，尹令等[7]设计了奶牛发情检测装置，其使用结构相似子序列快速聚类算法能对奶牛的发情进行检测. 2014 年，赵凯旋等[8]设计了基于视频分析的奶牛呼吸频率与异常检测装置，使用摄像装置对奶牛进行摄像，并推算其呼吸频率，并进一步对奶牛的异常情况进行推算，其为奶牛自动检测提供了新方法. 2016 年，田思庆等[9]设计了互联网 + 奶牛饲养控制系统，系统可通过网页等方法访问并控制奶牛场的环境温度、添加食物、防盗检测和喷药等，设计前景良好.

作者设计一款基于 STC12C5A60S2 单片机的奶牛健康检测系统，通过下位机对奶牛体温、心率和运动量等特征参数进行实时检测并以数据曲线的形式存储；当数据传送到上位机后，上位机通过算法将曲线和疾病数据库进行比对得出诊断的结论，同时计算曲线和数据库的数据相似度，使用相似度对生成的结论进行准确度评价，综合结论和准确度为算法诊断的结果. 疾病数据库由专业人员整理并存于服务器中，通过 TCP 网络协议与上位机连接，为上位机提供数据更新和数据共享等服务. 系统以提高奶牛健康检测的有效性和准确性，降低奶牛的养殖成本为目的，希望能为相关的设计和应用提供参考.

1　系统的总体结构

系统主要由下位机、上位机和服务器等组成(图 1). 其中下位机包含控制模块、传感器检测模块、传输模块、电源模块和辅助器件等部分；能检测奶牛的特征参数并把数据整理为曲线后发送到上

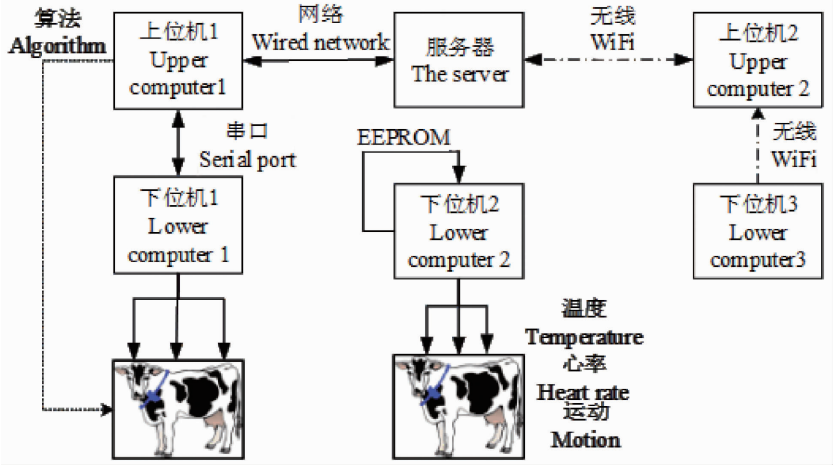


图 1　系统结构图

Fig. 1　The structure of system

位机. 上位机软件主要由前面板、框图主程序和框图算法等构成；其可以接收并存储下位机发送的数据，通过算法得出奶牛的健康诊断结果并且在前面板实时显示奶牛的相关数据和诊断结果，在处理结束后把数据生成记录数据库并发送到服务器上. 服务器包括在服务器主机上运行的服务程序和相关数据库，测试过程中也可使用虚拟服务器或云服务器替代服务器主机；其能保证经验数据库的及时更新，存储并记录数据库，为所有的上位机提供数件交换服务.

2 系统硬件设计及其分析

2.1 控制模块设

控制模块是以 STC12C5A60S2 单片机为控制核心(图 2)，对奶牛的体温、心率和运动量进行检测，检测周期为 5 min，数据整合周期为 1 h. 数据排除异常后以累加的形式整合到临时变量中，同时相应调整数据样本变量；数据整合以求平均值的形式进行，整合后的体温、心率和运动量数据更加准确. 数据未连接上位机时，按时间顺序记录在内部 EEPROM(Electrically erasable programmable read and write memory)电路中；并且在连接到上位机后，将所有记录数据按时间顺序发送到上位机进行处理. 控制模块在每个检测周期内有 50 s 的检测工作时间、10 s 的数据处理时间和 4 min 的空闲时间；在空闲时间内并未连接上位机时，模块进行休眠运作模式，节约能耗，提高电池的使用时间和系统的寿命. 控制模块的内部 EEPROM 电路，内部 ADC(Analog - to - digital converter)转换电路，可以提高系统的电路减少系统的外接电路，提高系统的稳定性.

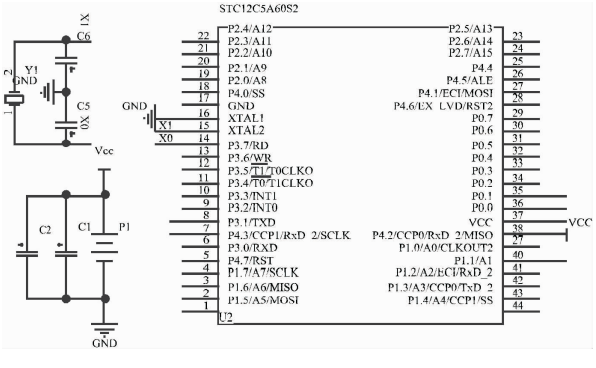


图 2 控制模块原理图

Fig. 2 Schematic diagram of control module

2.2 传感器模块

传感器模块主要包括温度传感器电路、心率传感器电路和运动传感器电路(图 3)，温度传感器使用 DS18B20 传感器，温度会改变传感器内部的 RAM(Random access memory)，通过单总线协议对传感器进行读写，控制模块对温度数据进行处理，可以得到十六进制的温度数据，经过控制模块的数据转换，可以得到精度为 0.1 ℃的奶牛大致体温，在进一步温度差异补偿计算后可得到奶牛的准确体温. 心率传感器使用特定波长的光源($\lambda = 515$ nm)，对奶牛的体表进行照射，光反射率会随着心率变化，使用对应波长光强传感器进行检测，可以得到微弱的检测信号，经过 500 倍的放大处理后，得到适合系统的心率信号. 对信号进行阀值(Threshold value)统计计算，并推算大致的奶牛心跳频率，最后对数据去噪处理，可以得到准确率较高的心率数据. 运动量检测使用自行设计的运动传感器进行，主要由振动传感器和两个 150 Ω 的限流电阻构成，由于单片机内部含有自由切换的内置三态门电路(Three-state gate)，传感器连接时传感器引脚 1 使用高阻态进行读操作，引脚 2 使用低电平输出，传感器随着振动的频率大小，电平出现高低变化，在算法表的参考下，把数据转化为常用的运动频率，从而获取奶牛的运动量.

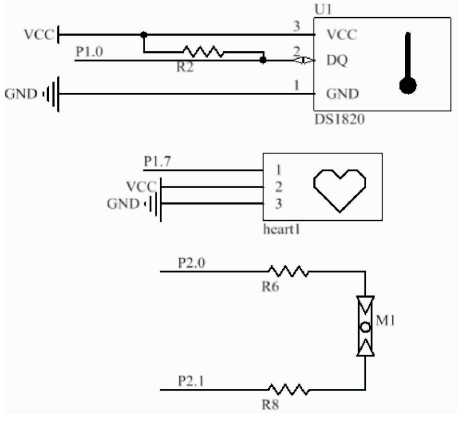


图 3 传感器电路图

Fig. 3 Sensor circuit diagram

2.3 通讯模块及辅助硬件

通讯电路包括 WiFi 模块(图 4)和串口电路，WiFi 通讯模块与单片机的第二串口连接，通讯波特率 115 200 bits/s，其指令协议为 AT 指令；串口电路使用适合 TTL(Transistor - Transistor Logic)电平的总线连接方式. 模块连接上位机后，向上位机发送 EEPROM 中所有的历史记录数据，在对所有的历史数据处理完毕后，下位机进入实时检测的模式，通过通讯模块向上位机实时发送检测的数据. WiFi 的使用可以使系统有更好的环境适应能力，串口连接可以提高系统的续航能力和稳定性

辅助硬件包括外壳，电池供电电路设计和指示电路设计等；外壳使用 3D MAX 和 3D 打印机进行

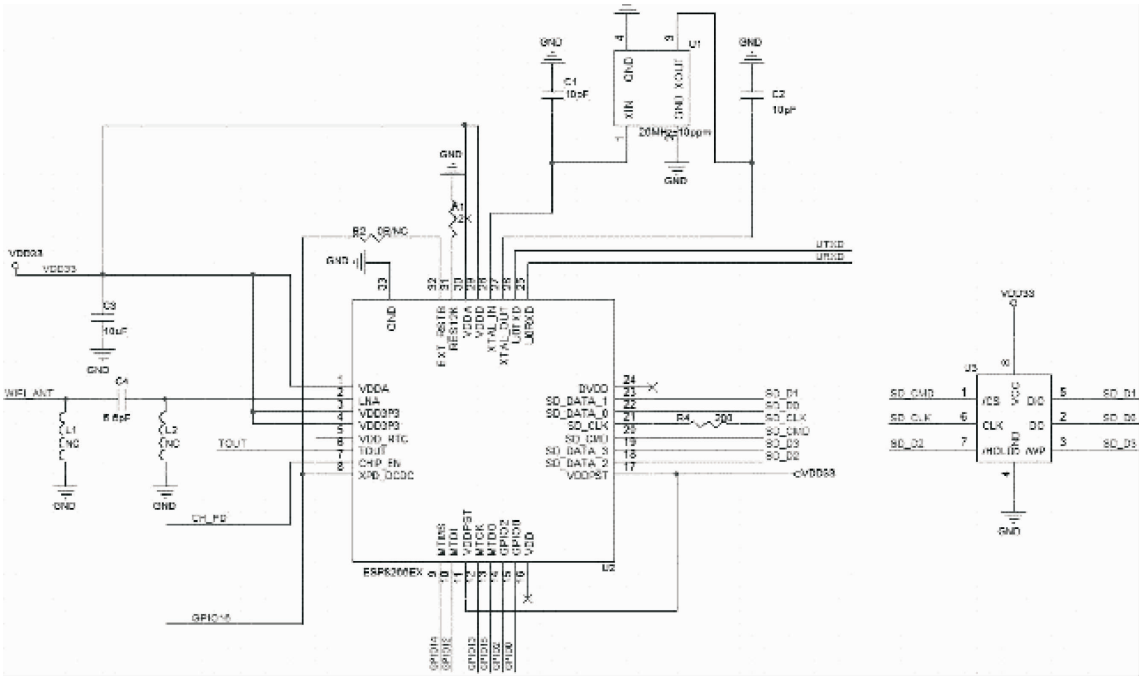


图 4　通讯模块电路原理图

Fig. 4　Communication module

设计和制作，内部空间呈 35 × 35 × 55 mm 的长方体，下位机的电路板固定于其中，底盖采用单面线路的传感器电路板(图 5)．其中非线路面朝外固定，温度传感器和心率传感器通过自通孔的方式固定于电路板上．外壳的设计可以保护下位机的所有内部电路，提高系统的稳定性．电池供电电路主要依靠二极管的正向压降和反向截止的特性进行设计，使电池得到保护和简化．指示电路使用四路彩色贴片 LED(Light emitting diode)，单片机使用开漏输入(open drain)对 LED 进行控制和供电，并分别指示不同的工作模式．

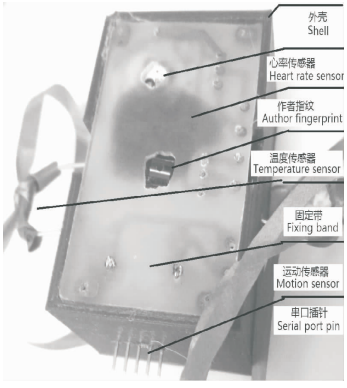


图 5　样机

Fig. 5　Prototype

3　系统软件设计及其流程图

3．1　下位机主程序

下位机系统上电后，启动单片机的软件程序(图 6)，首先初始化所有的变量和子程序，通过三次延时上电的方式，分步启动并检查下位机的其他电路部分；其次，下位机启动工作时钟，并经过内部时钟电路，同步时钟，使程序分布有序进行．随后，下位机进入模式选择部分，模式根据不同的通讯模块工作状态选择，其规则为：未连接上位机运行模式 0，串口连接上位机运行模式 1 和 WiFi 连接上位机运行模式 2．在模式 0 状态下，程序按照定时时钟的设定运行，首先定时唤醒休眠并判断时间，在检测时则进行体温、心率和运动量的检测；若在数据处理时间，则进行数据的计算、评估和存储．在模式 1 的状态下则进入循环检测检测工作，首先发送所有的历史数据，其次判断串口连接情况，若有连接则进行体温、心率和运动量的检测，并在简单的处理后，直接发送至上位机．在模式 2 的状态下，则直接发送历史数据，并清空暂存于下位机的历史数据．

其数据的收发按照一定的格式进行，以 nnnM(3 位 8 进制数字加 1 位类型标识的形式)的长度进行，数字表示数值，标识符表示数据的指示类型，其中 T 为温度值、H 为心率值、M 为运动量和 E 为电量百分比．其中温度在发送数值上做出减 17.0 ℃并乘 10 的计算过程，使发送的温度数值范围贴合实际应用．

3．2　上位机软件设计

上位机软件(图 7)主要包括，系统设置、实时显示、警报、历史数据和诊断结果等部分．系统设

置主要有 WiFi 开关、串口开关、串口号选择、串口波特率和诊断运行等；主要提供对上位机的软件使用状态进行基本配置和设置的功能设置. 实时显示主要包括体温曲线显示、心率曲线显示和运动量曲线显示. 警报包括健康警报、电量警报和系统异常警报. 历史数据包括表格和曲线的显示形式；诊断结果主要经算法计算后，以中文文字的形式显示.

上位机开启后首先检测后台是否有必须数据库文件，若缺少数据库则从服务器下载至本地. 在用户做出基本的设置后，可连接下位机对奶牛进行监测. 其中数据库的格式，以二进制文件的纵向表的形式，其中包括纵向的多种疾病数据. 连接时使用字符串编码表示功能，其中“U”表示开始连接、“OK”表示连接成功和“stop”表示断开连接等. 在界面上使用曲线显示，可以突出数据的变化趋势，使用表格显示可以突出数据的详细情况.

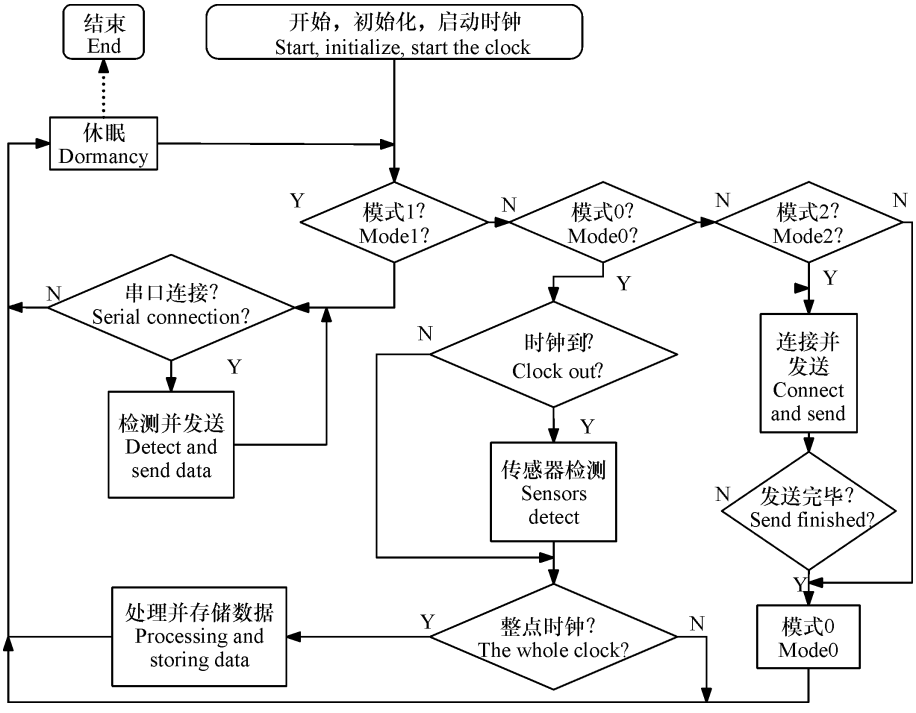


图 6 下位机程序流程图

Fig. 6 Flow chart of lower computer program



图 7 上位机软件程序

Fig. 7 PC software program

3.3 诊断算法

诊断算法(图 8)的运行过程，首先读取历史数据库和疾病库中的数据，并生成多组时间长度为 24 h 的体温、心率和运动量曲线，比较记录曲线和其他所有的疾病曲线，并取最接近的疾病曲线为可能患病的结果，计算它们之间的差异参数(Q)，

最后参照概率曲线得出诊断结论的概率. 在比较的过程中，使用了曲线特征判别(Misuse detection)的计算方法. 在 Q 的计算过程中，部分参考了神经网络算法[10]；其中，参数传递过程中，运动量参数对体温参数和心率参数的传递有抑制作用，心率参数对体温参数有促进作用.

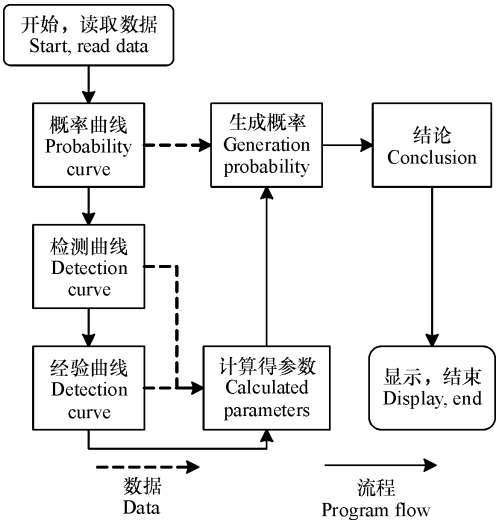


图 8　算法程序图

Fig. 8　Algorithm diagram

3.4　服务器及数据库

服务器(图 9)包括网络地址和网域管理两部分，其中网络地址选用花生壳域名管理根据进行创建，其中包括网络 IP 的动态解析，网络穿透和网络数据的接口创建等部分. 网域管理使用 serv－U 软件进行，其中包括网络服务器的运行、成员管理、登录服务和数据管理. 组建的服务器主要实现上位机的数据更新和数据存读功能，上位机使用 FTP 协议连接协议进行连接和数据获取，用户也可以通过计算机或手机等设备登录服务器，对其中的数据进行访问.

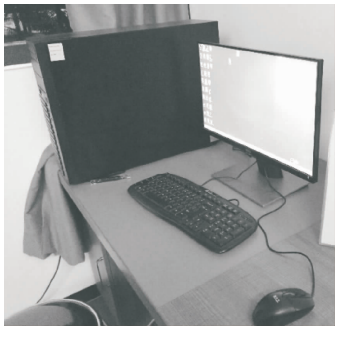


图 9　服务器和数据库示意图

Fig. 9　Server and database

数据库的存放形式[12－16]采用二进制的文件格式，历史数据库(图 10)的格式为横向分别记录体温、心率和运动量，纵向以时间顺序向下记录，不同的对象奶牛以不同的表进行记录；疾病数据库(图 11)横向以疾病不同进行排列，纵向记录发病过程的数据，其中所有的疾病数据均包含体温曲线，心率曲线和运动量曲线.

表格数据

235T	080H	025M
232T	063H	019M
235T	094H	088M
235T	113H	240M
231T	068H	119M
232T	104H	127M
238T	093H	243M
233T	088H	190M

图 10　历史记录数据库(部分)

Fig. 10　Dairy records database (part)

Table Control

15000	1%	健康正常	33.9	60	80	环境不适	32.9	55
6000	10%		33.6	55	60		32.6	50
3000	20%		33.5	52	50		32.5	48
2000	30%		33.0	50	40		32.1	45
1000	40%		32.8	50	30		31.9	45
800	50%		32.7	53	25		31.7	48
700	55%		32.8	55	30		31.8	50
600	60%		33.2	58	10		32.2	53
500	65%		33.4	60	20		32.3	55
250	70%		33.9	63	30		32.9	58
200	75%		34.9	65	50		33.8	63
150	80%		35.5	68	90		34.4	63
100	85%		36.0	70	130		34.8	65
50	90%		36.1	75	180		35.0	70

图 11　疾病数据库(部分)

Fig. 11　Experience database (part)

4　试验结果

系统测试包含系统性能测试和工作模拟测试. 系统性能测试指系统本身是否能有效地工作的相关测试，在系统性能测试中，处在室内稳定的环境进行，系统测试包括，体温、心率、运动量和数据传输(表 1).

检测的体温精确度在 0.1 ℃以内，其精度较高. 心率和运动量的最大精度均可以达到 1 次/min，基本满足系统需求. 下位机检测数据的有效性最高达 75%，有线数据传输正确率达 92%，无线传输正确率达 80%，服务器数据服务传输正确率达 99%，诊断算法运行正常. 在初步的测试过程中，系统整体稳定性表现良好，其稳定性可以满足初步检测的需求.

在工作模拟测试中，使用上述已通过性能测试的系统进行测试(图 12). 随机对 10 头奶牛进行检测，其检测点为奶牛脖颈下端皮肤较薄且血管密集处. 其检测结果(图 13)分别为心率曲线，体温曲线和运动量曲线. 曲线表明在白天运动量和体温都

表 1 系统测试记录表

Table 1 Record of system

检测序号 No.	体温 Temperature/℃	心率 Heart rate/(times/min)	运动量 Motion/(times/min)	传输 Connect	结果 Result
1	37.5	75	102	正常 Normal	正常 normal
2	35.2	70	210	正常 Normal	正常 normal
3	34.9	71	95	正常 Normal	正常 Normal
4	37.1	80	95	正常 Normal	正常 Normal
5	36.5	80	91	正常 Normal	正常 Normal
6	37.3	78	95	正常 Normal	正常 Normal
7	36.1	77	92	正常 Normal	正常 Normal
8	36.5	80	93	正常 Normal	正常 Normal
9	36.5	91	85	正常 Normal	正常 Normal
10	35.9	90	93	正常 Normal	正常 Normal

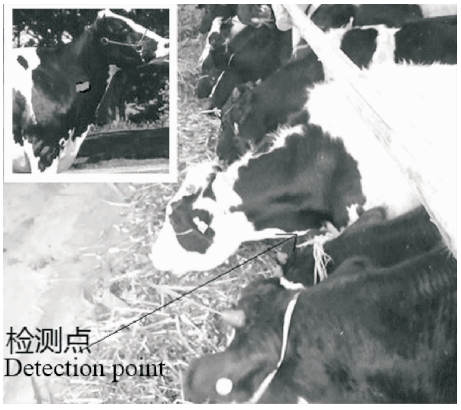


图 12 奶牛检测工作

Fig. 12 Cow detecting

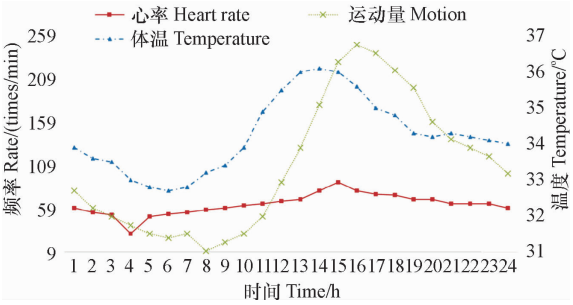


图 13 检测结果图

Fig. 13 Result of test

相对高，体温达 36.8 ℃，运动量达 213 次/min，而心率的检测变化幅度较小，其数据在 20 至 60 次/min 之间变化. 10 头奶牛的平均体温心率分别为 34.5 ℃和 63 次/min；运动量白天平均为 163 次/min、夜晚平均为 47 次/min，奶牛的数据平均值的诊断结果为“健康，准确度：88%”.

5 讨论与小结

与具有上位机和下位机的设计方法相比[11-14]，该系统不仅具有更完善的系统结构而且更加简单实用；在系统结构上不仅包括下位机和上位机；还包括了服务器以及后台的数据库和算法，服务器使系统更加稳定，经验数据库具有参考意义，多个数据库可以提高系统的实用性和数据的有效性. 在运行过程中，后台的算法会直接对奶牛的数据计算并按照经验库中生成诊断结论，对奶牛的健康情况直接诊断和建议，系统对养殖专业人员要求不高. 样机系统经改良后能投入实际推广应用，满足对规模化养殖奶牛的重要特征参数的监测需要.

与具有单一检测特征变量的系统相比[15-20]，该系统具有的多特征变量检测方法具有更准确而且更合理的检测方法，单纯检测奶牛的体温或某一变量参数从而判断其生理状况是有一定误差的，因为在某种状态下，奶牛的多种特征参数都会有响应的改变，例如奶牛在发情时体温会上升，同样的奶牛在滋生寄生虫时，体温也会上升，而且其心率和运动量也会上升，也随之上升，而单纯的体温参数对于此类的判断有较大的难度. 多种特征参数同时检测的系统可以有更多的疾病判断方法和更简单的诊断过程.

采用传感器技术、自动控制技术、计算机技术交叉融合的方法，运用传感器检测的方法，使用一定的传输数据处理方法和算法，设计并制作的奶牛健康检测系统，能正常的对奶牛的生活状态进行检测并对其健康状态进行诊断；并实现了在误差要求不强烈的情况下可以实际的使用和检测；测试结果表明，该系统结构模型合理，软硬件设计可行，具有一定的实用性. 系统经过修改，有望应用于畜牧养殖、野生动物保护、家居宠物甚至人体健康等领域中.

参考文献：

[1] 刘俊兰. 绿色养殖技术在高产优质奶牛养殖中的应用[J]. 畜牧与饲料科学，2016，37(9)：93-94.

(下转第 25 页)