

基于 LoRa 的智能耳标系统设计与实现

孙燕斌 陈印* 朱治豪 左启东
重庆工程学院

DOI:10.12238/acair.v2i4.10350

[摘要] 随着现代科学技术在各行各业中都应用。养殖业也进入了精细化和智能化的阶段。通过智能电子耳标,快速便捷感知生猪个体的动态生理指标,对于预防瘟疫发生,提高母猪受孕率,对畜牧出栏量有明显的促进作用。本文设计了一种新型的动物体征测量的基于LoRa智能耳标系统,系统以TI公司的CC2640F128RGZR作为主控MCU运算芯片,MAX30102心率血氧传感器检测动物的心率血氧,MAX30205完成动物运动指标测量,SX1301完成网络通信部分的设计。通过测试分析,验证了基于LoRa的智能耳标系统的前景和优点,给智能耳标的相关研究带来了有益的价值。

[关键词] 物联网; 智能耳标; 嵌入式; 传感器技术

中图分类号: TP732 **文献标识码:** A

Research on Smart Ear Tag Technology Based on LoRa

Yanbin Sun Yin Chen* Zhihao Zhu Qidong Zuo

Chongqing Engineering College

[Abstract] With the application of modern science and technology in various industries. The aquaculture industry has also entered a stage of refinement and intelligence. Through intelligent electronic ear tags, the dynamic physiological indicators of individual pigs can be quickly and conveniently sensed, which has a significant promoting effect on preventing epidemics, improving sow fertility rates, and promoting livestock output. This article designs a new type of animal sign measurement based on LoRa intelligent ear tag system. The system uses TI's CC2640F128RGZR as the main control MCU computing chip, MAX30102 heart rate and blood oxygen sensor to detect the heart rate and blood oxygen of animals, MAX30205 to measure animal movement indicators, and SX1301 to design the network communication part. Through testing and analysis, the prospects and advantages of the LoRa based intelligent ear tag system have been verified, bringing beneficial value to the related research of intelligent ear tags.

[Key words] Internet of Things; smart ear tag; Embedded; Sensor technology

引言

我国目前生猪养殖技术与国外还存在很多差距,近年来,一些先进的技术不断应用于生猪养殖中,如射频技术、蓝牙技术等,一定程度上提高了生猪养殖的生产水平,但在操作的智能化、检测的全面性方面仍需要继续完善。

国内对生猪行为只针对心率或者血氧来采集数据,数据比较单一,很少有研究者将运动、心率血氧、体温等参数收集在一起进行分析研究^[1]。数据上传技术也存在瓶颈,研究人员会采用蓝牙技术完成数据上传^[2]。鉴于蓝牙技术的局限性,即在距离较远的时候数据传输困难,而且功耗问题严重,造成此项技术推广困难^[2]。

因此,本文提出一种基于LoRa的智能耳标技术可以对生猪生长状况进行低功耗监测,进而实现生猪精细化养殖。

1 系统总体设计

智能耳标系统由三个部分组成,猪舍传感器模块,网络通信模块和监控模块。系统采用基于LoRa网络的星型结构进行通信。猪舍中传感器的相关测量会通过LoRa网络发送到网关^[3]。网关对收集到的数据进行分析,结果分析发送给服务器端。服务器再将最终的信息发送给监控端的手机或者PC机上。养殖场管理员可以通过查看手机或者PC机的数据实时了解生猪的各项数据,掌握生猪个体的生命体征以及生猪个体的健康情况,如图1系统设计图所示。

2 硬件设计

本文的设计中,数据采集模块是使用传感器模块采集生猪的各种数据,LoRa网络通信模块是通过LoRa模块将采集到的数据传送到网关,通过网关再将数据传到服务器进行数据分析处理,最终将得到的结果发至监控模块对生猪的生理指标进行监控。这个过程中,因为智能耳标在不间断的工作,所以功耗占比

例很大,而且,每个模块采用的输入电压不同,有3V、1.8V、1.5V。系统采用ME6211电源管理模块向各个模块提供合适的电压,并且通过搭建滤波电路使输入电压更加稳定。

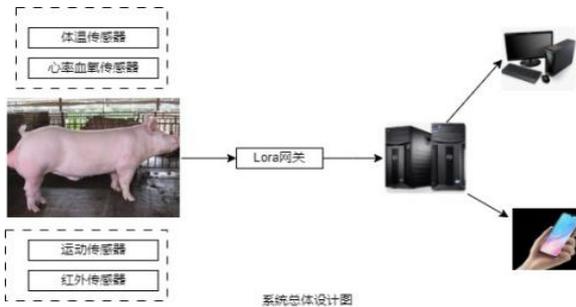


图1 系统设计图

主控芯片选择上主要从智能耳标的实际要求出发进行选择。通过分析比较,确定选用尺寸小、功耗低、使用时间长的CC2640F128RGZR作为主控芯片。

智能耳标中,传感器测量的参数包括体温、心率血氧、运动量。体温检测模块选用了MAX30205,测量温度精度可以达到0.1℃,拥有可监控系统,当温度过高时系统会报警,同时还可以通过降低电量来实现降低功耗。心率血氧测量采用MAX30102芯片,此芯片集成的脉搏血氧和心率监测模块。生猪运动量的测量选用LIS2DH芯片,它是一款超低功耗的三轴线性加速度计,可以安装在生猪颈部来检测生猪运动行为,监控生猪在24小时内的运动情况,再利用算法得出生猪运动的位移,从而计算加速度等运动数据。

在通信传输方面,基于智能耳标对长距离、低功耗传输的要求,同时考虑到我国已经建立多个非蜂窝通信基站,通信网数据传输方便,具有可行性,因此确定采用LoRa低功耗广域网通信技术进行无线通信传输。网关基站采用树莓派BCM2837+转接板+SX1301网关模块结构设计。

3 智能耳标算法

分析智能耳标需要实现的功能,主要通过如下算法实现。



图2 频谱算法流程图

①心率血氧采集算法。传感器在数据采集过程中,由于运动、呼吸等因素影响,采集的图形中会伴随着大量的噪声,也叫作伪迹,这使得心率计算会产生很大的误差。我们采用对原始图

形信号的数据求平均值,如公式1所示,即圆滑处理的方法,使图像中的伪迹消失,这种方法对于处理高频率的图形信号有着比较好的作用。

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

由公式1得到的数据接着使用频谱法,频域算法步骤如流程图如图2频谱法算法流程所示。

然后再对平均滤波之后的图像用离散傅里叶变换(FFT)算法计算心率。用FFT算法可以将原来的 N^2 和 $N(N-1)$ 快速降低为

$$(N/2) \log_2 N \text{和} N \log_2 N \text{次,公式为 } X[m] = \sum_{k=0}^{N-1} x[k] e^{-j \frac{2\pi}{N} mk}, \text{ 具}$$

体FFT变换后的图像如图3所示。然后继续用此算法对平均滤波后的心率处理,得到心率变换算法图,如图4所示。就可以找到最大频点,再依据公式求出所需的心率,最后通过LoRa网关上传数据到监控端。

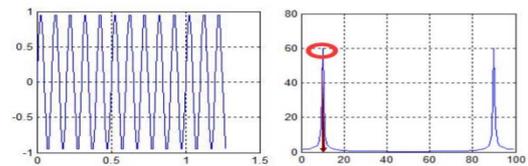


图3 傅里叶变换算法

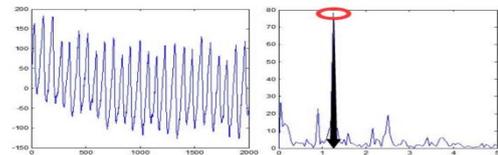


图4 心率谱变换算法

②运动采集算法。首先给生猪定义坐标轴,采用运动合加速度来研究生猪运动行为。算法思路是将上传数据次数与生猪运动变化相结合,对采集到的数据进行阈值分析,设定一定的阈值。具体实现是先对LIS2DH、I2C等各个部分进行初始化,采样频率设置为100Hz,采集2000个点结束,再计算每一次的合加速度。运动状态算法流程图,如图5所示。



图5 运动状态算法流程

4 实验分析

搭建实验环境,数据测试,完成对生猪体征行为的检测,并将生猪体征数据上传。将算法程序输入对应的硬件模块,通过调试与测试传感器采集的数据、通信中的上传和下发的数据的验证、LoRa 传输速率和通信距离,以及丢包率之间的关系。经过大量实际数据测量验证了智能耳标设备的可行性与稳定性。

在服务器中添加各个节点的信息,搭建实验测试系统平台对体温进行测试,表1为,MAX30205数据和体温计的数据对比。其中MAX30205是相应的地址读取数据后,转换为十进制再根据公式求出的体温。

表1 体温数据

生猪	MAX30205/°C	体温计/°C
A	38.5	38.4
B	39.1	39.2
C	38.6	38.7
D	38.7	39.0

对比血氧仪测得的数据与智能耳标输出的数据,如表2所示,其中R是根据图形算出,SpO2根据血氧仪直接得出的数据。

表2 血氧ABCD测量结果

组别	次数	R	SpO2 (%)
A	1	0.5908	94.8
	2	0.5736	95.5
	3	0.4483	96.0
	4	0.5678	95.3
	5	0.5749	95.1
B	1	0.5730	94.8
	2	0.5683	95.1
	3	0.5432	95.8
	4	0.5159	96.3
	5	0.5569	95.1
C	1	0.5185	96.8
	2	0.5588	96.1
	3	0.5625	95.8
	4	0.5418	96.3
	5	0.4649	97.0
D	1	0.5260	95.3
	2	0.6650	94.3
	3	0.5333	94.8
	4	0.6232	95.0
	5	0.4729	95.2

对表2的数据进行拟合取均值得出血氧公式为 $SpO2 = -11.7R + 102$ 。根据P波形求得R为0.4227,得到血氧饱和度为97.0%。

测试运动数据,如图6所示,为静止时运动X、Y、Z的变化量。理论上X轴为0,但由于重力加速度分量,X轴靠近0.2摆动,Y轴趋近于0。

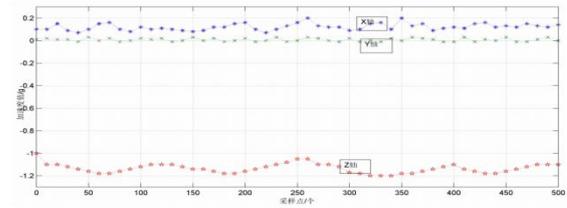


图6 静止状态

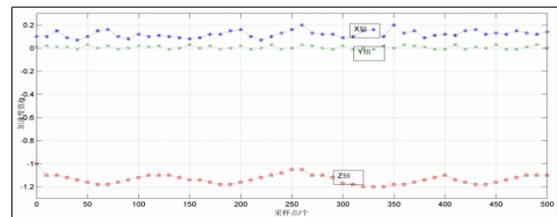


图7 突然运动状态

图7所示是进行合加速度分析的结果, $X=0.08, Y=0.01, Z=-1.14$; $X=0.11, Y=0.02, Z=-1.15$; $X=0.2, Y=-0.1, Z=-1.2$; $X=0.3, Y=-0.3, Z=-1.3$; $X=-0.3, Y=-0.25, Z=-1.3$, 合加速度依次为1.30, 1.35, 1.51, 1.94, 2.11, 得出生猪合加速度1.30, 1.35, 1.51的运动状态为正常运动, 将1.94列为过量运动, 则1.94, 2.11的运动状态为过量运动。

5 结论

本文通过硬件设计、软件设计、LoRa网络设计完成基于LoRa的智能耳标系统设计与实现。通过猪舍传感器采集实时数据,完成对生猪体征行为的检测,并将生猪体征数据上传。测量结果表明基于LoRa的智能耳标系统对于心率血氧来说,频谱测量具有更高的效率和精度,只需要得到R值,就能通过公式计算出血氧值;对于运动量来说长期在0.2左右摆动就认为生猪存在病态,超过1.5认为过量运动。对于体温测量,传感器测量和温度计测量值相差很小,传感器测量更具有便捷性和实时性。结果显示这套设备可以在生猪养殖中应用。

2022xzcr03校级产研融合专项,基于物联网技术的智能耳标采集与传输技术研究。

【参考文献】

[1]黄莺.基于定向天线无线传感网络的生猪养殖环境监测系统[J].中国农机化学报,2015,36(03):149-152.
 [2]DengF,ZuoP,WenK,etal.NovelsoilenvironmentmonitoringsystembasedonRFIDsensorandLoRa[J].ComputersandElectronicsinAgriculture,2020,169:1-8.
 [3]HarfordM,CatherallJ,GerryS,etal.Availabilityandperformance of image-based, non-contact methods of monitoring heart rate, blood pressure, respiratory rate, and oxygen saturation: a systematic review[J]. Physiological measurement, 2019,40(6):61-65.

作者简介:

孙燕斌(1973--),女,汉族,河北乐亭人,研究生,副教授,研究方向:人工智能、机器学习,神经网络。