

# 基于 WSN 的精准养牛业智能决策支持系统设计

吴杰,冯 锋

(宁夏大学 数学计算机学院,宁夏 银川 750021)

**摘 要:**准确及时地获取牛群的身体变化情况是保证牛群生存环境舒适度的基本前提。在对养牛业监测系统和无线传感网络深入了解的情况下,开发了以无线传感网络为基础的精准养牛业系统。按照标准生产化的要求,系统的总体架构分为感知层、传输层和应用层。并根据总体架构的层次模型设计了相应的软件和硬件。系统有效地利用贝叶斯网络智能决策支持系统建立模型,结合无线传感网络收集牛酮体的数据,进行相应的环境设置,让牛群的生存环境更加舒适。

**关键词:**无线传感网络;贝叶斯网络;智能决策;精准养牛业系统

中图分类号:TP302.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)01-0250-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.01.064

## Design of Precision Cattle Industry Intelligent Decision Support System Based on WSN

WU Jie, FENG Feng

(College of Mathematics Computer, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** Accurate and timely access to the cattle body in the changes is basic premise of guaranteeing the cattle living environment comfortable. Based on the full study of the cattle industry monitoring system and the wireless sensor network, design the precision cattle industry system based on wireless sensor network. According to the requirements of the standardized production, the overall architecture of the system is divided into perception layer, transport layer and application layer. And according to the overall architecture of the hierarchical model design the corresponding software and hardware. System effectively uses Bayesian network intelligent decision support system to build a model, combined with wireless sensor network to collect cow ketone body of data, carries on the corresponding environment setting, letting the cattle living environment more comfortable.

**Key words:** wireless sensor network; Bayesian network; intelligent decision; precision cattle industry system

## 0 引言

在养殖业中,由于气候的变化,导致生存环境改变,从而影响到牛群的健康问题。随着全球养殖业疫情不断爆发,如疯牛病、口蹄疫、猪流感等,不仅造成巨大的经济损失,而且给人的健康和生命安全带来了严重的威胁<sup>[1-2]</sup>。为此,在养殖过程中,加强现代化管理,能够及时针对牛群身体各种指标的变化及时改变不良环境所带来的影响,有效的进行环境控制,对于保证牛肉制品的质量安全有重要的意义。目前,传统的人工养殖技术已不在适用于现代养殖业要求。随着计算机科学与通信技术的发展,数字养殖技术成为养殖业不可缺少的组成部分。在国内外,无线传感网技术

(Wireless Sensor Network, WSN)和智能决策技术已经广泛应用于养殖业中。Ivan Andonovic 等采用无线传感网络监测牛群的活动,在牛颈部佩戴无线传感器节点对牛的行为特征进行实时监测以及及时发现重大疫情<sup>[3]</sup>。Steve Warre 通过安装在牛身上的心跳频率来监测其健康状态<sup>[4]</sup>。随着中国养殖业的发展,各种先进的技术也在逐步深入养殖业。文中采用 WSN 和智能决策技术相结合的方式,发挥其各自的优势,对牛群进行有效的管理。

无线传感网络是由在空间上相互离散的众多传感器互相协作组成的传感器网络系统,使得分布于不同场所数量庞大的传感器之间能够实现更加有效、可靠

收稿日期:2013-03-22

修回日期:2013-06-26

网络出版时间:2013-11-12

基金项目:宁夏回族自治区高等学校科研计划项目(宁教高[2011]263号)

作者简介:吴杰(1986-),女,硕士,CCF会员,研究方向为信息系统工程、无线传感器网络;冯锋,博士,教授,硕士生导师,研究方向为信息系统工程、RFID、无线传感器网络。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20131112.1636.020.html>

的通信<sup>[5]</sup>。智能决策技术已经在农业信息领域有着广泛的应用,通过人类的知识,以及逻辑推理来帮助解决复杂的决策问题。智能决策支持系统可以为决策者提供分析问题、建立模型、模拟决策过程和方案的环境,调用各种信息资源和分析工具,帮助决策者提高决策水平和质量<sup>[6]</sup>。并在畜牧业中得到了广泛的应用。

1 系统设计

监测的总体设计如图1所示。监控系统结合 ZigBee 技术,将佩戴在牛身上的传感器数据收集并传送到 Sink 网关节点,通过以太网,上传到远程监测中心,同时发送到饲养员的手机。实现对精准畜牧业的智能控制。

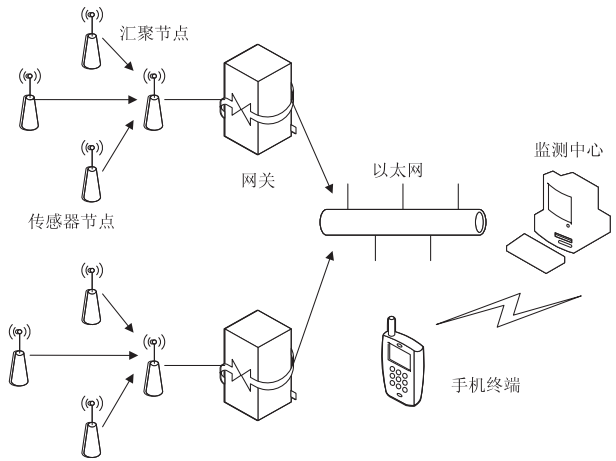


图1 养牛智能监测系统

2 模块设计

精准养牛业系统按照三层架构的规划,根据信息化建设的标准流程,结合精准养牛业的标准生产化的要求,系统的总体架构分为感知层、传输层、应用层,如图2所示。

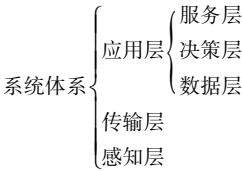


图2 系统的总体架构层次模型

2.1 感知层

通过在牛的身上佩戴体温、脉搏、呼吸、运动传感器收集数据。

体温测量采用超小红外線感應模块,其灵敏度高,频率响应好,抗干扰能力强,体积小,重量轻,可以选用此模块进行测量。

脉搏反应心跳的情况,其变化能预示动物健康状态。压电薄膜由于轻且柔韧,与体表的阻抗耦合性好,灵敏度高且能紧贴皮肤,适合进行脉搏的测量。其原

理是利用压电材料的物理学效应将传感测到的脉搏的机械压力信号转换为电信号<sup>[7]</sup>。

呼吸传感器用来将呼吸信号转换成电信号,从而测量动物呼吸状况。利用电阻应变片作为传感器,当有呼吸运动时,在运动方向上引起电阻的变化。

收集行为的数据采用三维加速度传感器获取牛群三轴方向的运动加速度,来感知牛群运动的趋势和快慢程度,再通过建立适当的模型实现。

2.2 传输层

首先采用 ZigBee 数据传输技术,该技术是基于 802.15.4 标准的关于无线组网、安全和应用等方面的技术标准,具有延迟短、安全可靠性好等特点,使得 ZigBee CC2530 与无线传感网络完美地结合在一起<sup>[8]</sup>。目前被广泛用于信息采集及远程监控领域,如图3所示。

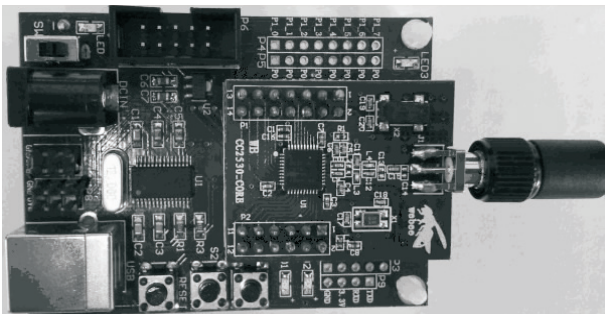


图3 ZigBee CC2530 传输模块

路由协议采用簇头固定的分簇结构 EARSN (Energy Aware Routing for cluster based Sensor Network),该协议要求网络运行前由终端用户将传感器节点划分成簇,并通知每个簇头节点的 ID 标识和簇内所分配节点的位置信息。传感器节点可以以活动的方式和备用的低能源方式两种方式运行,并可以通过感知、转发、感知并转发和休眠 4 种方式之一存在。与其他路由协议不同的是,该协议的簇头不受能量限制。它作为网络中心管理者,可以监控节点能量变化,决定并维护传感器的 4 种状态<sup>[9]</sup>。所以根据具体应用的需求,采用 EARSN 协议,如每一圈共 10 只牛为簇成员,设一个簇头节点为固定收集数据,这样每个簇由一个簇头和多个簇成员节点构成,最终形成具有层次组织结构的无线传感器网络。

2.3 应用层

2.3.1 数据层

根据传输层所传上来的数据进行融合、分析和处理。对于数据的处理该系统采用 Microsoft SQL Server 2005 数据库,并利用 T-SQL 语句进行数据库的检索,检查出不合格指标,并向上层提交所需数据。具体实现如下:

(1)首先明确牛群的健康指标,如表1所示。

表 1 牛群健康指标

体温/℃	脉搏/(次/分)	呼吸/(次/分)	行为
37 ~ 39	50 ~ 80	10 ~ 30	4 ~ 10

(2)将传输层传上来的数据存入 Infor 二维表中,如图 4 所示。

	id	temper...	pulse	breath	action
	1001200	38.5	71	25	9
	1001201	38	65	50	4
	1001202	38	56	30	9
	1001203	38	41	30	7
	1001204	37	45	32	6
	1001205	41.5	71	41	11

图 4 数据库收集信息表

(3)用 T-SQL 语句进行筛选异常数据,下面用数学关系演算来表示。

$$\sigma_{\text{temperature} < 37 \wedge \text{temperature} > 39}(\text{Infor}) \cup \sigma_{\text{pulse} < 50 \wedge \text{pulse} > 80}(\text{Infor}) \cup \sigma_{\text{breath} < 10 \wedge \text{breath} > 30}(\text{Infor}) \cup \sigma_{\text{action} < 4 \wedge \text{action} > 10}(\text{Infor})$$

2.3.2 决策支持层

决策支持系统是基于贝叶斯网络的模型,根据各个变量之间的概率关系,使用图论方法表示变量集合的联合概率分布的图形模型。该模型是一个有向无环图,其中每个节点代表一个随机变量,并通过给定节点的条件概率与其父节点相关。20 世纪 80 年代,贝叶斯网络多用于专家系统中,成为表示不确定知识和推理问题的流行方法,随着近年来数据库规模的不断扩大,贝叶斯网络逐渐开始应用于大规模数据库的数据挖掘和知识发现,从而为决策支持提供了有力手段<sup>[10-11]</sup>。

系统根据贝叶斯网络,并结合数据层筛选出来的数据进行建模,来判断是哪些环境因素影响到牛群健康,从而做出策略上的调整,改变环境因素对牛群带来的不良影响。

如图 5 所示的贝叶斯网络中,假设在下雨天气中,设事件下雨 R 可能导致气温 A、湿度 B、风力 C、阳光 D 等的变化,如图 6 所示。

而且这些自然条件的变化会导致牛群的体温  $\alpha$ 、心率  $\beta$ 、呼吸  $\gamma$ 、行动  $\delta$  等各项指标的变化,如表 2 所示。

根据其中的 CPT 就可以算出联合概率。  
根据链式法则:  
$$P(R,A,B,C,D,\alpha,\beta,\gamma,\delta)$$
  
$$= P(R)P(A|R)P(B|A,R)P(C|B,A,R)P(D|$$

$$C,B,A,R)P(\alpha|D,C,B,A,R)P(\beta|\alpha,D,C,B,A,R)P(\gamma|\beta,\alpha,D,C,B,A,R)P(\delta|\gamma,\beta,\alpha,D,C,B,A,R)$$
  
根据条件独立性:  
$$P(R,A,B,C,D,\alpha,\beta,\gamma,\delta)$$
  
$$= P(R)P(A|R)P(B|R)P(C|R)P(D|R)P(\alpha|D,C,B,A,R)P(\beta|D,C,B,A,R)P(\gamma|D,C,B,A,R)P(\delta|D,C,B,A,R)$$

有了全联合概率分布从理论上讲就能够得到域的所有问题的回答,但通常希望的是给定若干变量的观察,求解其他变量的条件概率<sup>[12]</sup>。比如,已知牛群的体温升高,即  $\alpha = T$ ,求事件湿度 B 影响的概率。即求  $P(B|\alpha = T)$ ,首先要把条件表达式转换成无条件表达式  $P(B|\alpha = T) = \frac{P(B,\alpha = T)}{P(\alpha = T)}$ ,然后再根据前面得到的全联合概率分布经过一定的边缘化得到式中各个子式的值代入计算即可。

T=影响      R=下雨  
F=不影响    a=体温  
A=温度      β=脉搏  
B=湿度      γ=呼吸  
C=风力      δ=行为  
D=阳光

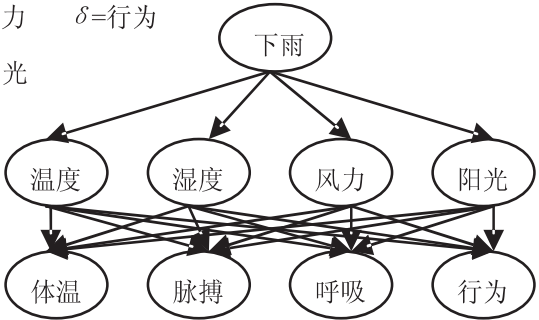


图 5 贝叶斯拓扑结构图

$\frac{P(R=F)}{0.5}$		$\frac{P(R=T)}{0.5}$	
$\begin{array}{c cc} & P(A=F) & P(A=T) \\ T & 0.57 & 0.43 \\ F & 0.43 & 0.57 \end{array}$	$\begin{array}{c cc} R & P(B=F) & P(B=T) \\ T & 0.05 & 0.95 \\ F & 0.95 & 0.05 \end{array}$		
$\begin{array}{c cc} & P(C=F) & P(C=T) \\ T & 0.21 & 0.79 \\ F & 0.21 & 0.21 \end{array}$	$\begin{array}{c cc} R & P(D=F) & P(D=T) \\ T & 0.09 & 0.91 \\ F & 0.91 & 0.09 \end{array}$		

图 6 经验概率信息表

2.3.3 服务层

对管理软件上的设计也同样重要,系统基于 Browser/Server 模式,打破了 Client/Server 模式的局限性,

表 2 经验概率表

<i>ABCD</i>	$P(\alpha = F)$	$P(\alpha = T)$	$P(\beta = F)$	$P(\beta = T)$	$P(\gamma = F)$	$P(\gamma = T)$	$P(\delta = F)$	$P(\delta = T)$
<i>TFFF</i>	0.37	0.63	0.92	0.08	0.93	0.07	0.40	0.60
<i>TFFT</i>	0.35	0.65	0.90	0.10	0.91	0.09	0.38	0.62
<i>TFTT</i>	0.30	0.70	0.63	0.37	0.36	0.64	0.21	0.79
<i>TTFF</i>	0.31	0.69	0.75	0.25	0.68	0.32	0.36	0.64
<i>TTFF</i>	0.07	0.93	0.11	0.89	0.02	0.98	0.26	0.84
<i>TTFT</i>	0.06	0.94	0.10	0.90	0.02	0.98	0.15	0.85
<i>TTTT</i>	0.01	0.99	0.01	0.99	0.01	0.99	0.01	0.99
<i>TTTF</i>	0.03	0.97	0.11	0.89	0.11	0.89	0.01	0.99
<i>FFFF</i>	0.99	0.01	0.99	0.01	0.98	0.02	0.99	0.01
<i>FFFT</i>	0.55	0.45	0.66	0.34	0.21	0.21	0.45	0.55
<i>FFTT</i>	0.73	0.23	0.66	0.34	0.59	0.41	0.44	0.56
<i>FFTF</i>	0.76	0.24	0.68	0.32	0.66	0.34	0.87	0.13
<i>FTFF</i>	0.20	0.80	0.66	0.34	0.53	0.67	0.21	0.79
<i>FTFT</i>	0.09	0.81	0.11	0.89	0.22	0.78	0.24	0.76
<i>FTTT</i>	0.01	0.89	0.13	0.87	0.11	0.89	0.14	0.86
<i>FTTF</i>	0.22	0.78	0.23	0.77	0.33	0.67	0.55	0.55

降低了系统的运行成本。并采用 Microsoft Visual Studio 2010、Microsoft SQL Server 2005 软件进行开发,及时接收数据层发送的数据,监测中心对数据进行分析建模并判断当前牛群的环境适应度,发生异常时,及时对环境进行有效的控制,同时通过 GSM 短信平台将数据发送至饲养员的手机上。

3 结束语

- ①系统通过无线传感网络,有效地对牛群酮体的数据进行收集,并对数据进行有效的融合、分析。
- ②采用贝叶斯网络进行建模,构建智能决策支持系统,有效协助饲养员进行控制,并及时将数据反映至监测中心和终端设备。
- ③目前系统经实地测试,能有效根据气候变化和牛群酮体指标进行环境控制,让牛也可表达自己的需求,同时也大大减少了人工劳动量。

参考文献:

[1] 庞超,何东健,李长悦,等. 基于 RFID 与 WSN 的奶牛养殖溯源信息采集与传输方法[J]. 农业工程学报,2011,27(9):147-152.

[2] 高吉,陈文贤,唐荣年. 基于 RFID 的畜牧生产管理系统[J]. 农机化研究,2013(1):197-199.

[3] Andonovic I, Michie C, Gilroy M, et al. Wireless sensor networks for cattle health monitoring[C]//Proc of ICT innovations conference 2009. Ohrid, Macedonia: Spring, 2010: 21-31.

[4] Warren S, Martinez A, Sobering T, et al. Electrocardiographic pill for cattle heart rate determination[C]//Proc of 30th annual international IEEE EMBS conference. Vancouver, iBritish Columbia, Canada; [s. n. ], 2008:4852-4855.

[5] 刘云浩. 物联网导论[M]. 北京: 科学出版社, 2010:41-42.

[6] 李道亮. 农业物联网导论[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 235-239.

[7] 尹令, 刘财兴, 洪添胜. 基于无线传感器网络的奶牛行为特征监测系统设计[J]. 农业工程学报, 2010, 26(3): 203-206.

[8] 王小强, 欧阳骏, 黄宁淋. ZigBee 无线传感器网络设计与实现[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012: 5-6.

[9] 唐宏, 谢静, 鲁玉芳. 无线传感器网络原理及应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010: 36-40.

[10] 高济, 何钦铭. 高等教育出版社[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 340-342.

[11] 张少中, 王秀坤, 孙莹光. 贝叶斯网络及其在决策支持系统中的应用[J]. 计算机工程, 2004, 30(10): 1-3.

[12] 叶跃祥, 糜仲春, 王宏宇, 等. 基于贝叶斯网络的不确定环境下多属性决策方法[J]. 系统工程理论与实践, 2007(4): 107-113.

基于WSN的精准养牛业智能决策支持系统设计

作者：[吴杰](#)，[冯锋](#)，[WU Jie](#)，[FENG Feng](#)  
作者单位：[宁夏大学 数学计算机学院, 宁夏 银川, 750021](#)  
刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2013(1)

本文链接：[http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201401064.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201401064.aspx)