

# 无线传感网络多点位物体流量监测系统<sup>①</sup>

沈文义, 秦宁宁, 孙顺远, 徐保国

(江南大学 轻工过程先进控制教育部重点实验室, 无锡 214122)

(江南大学 物联网工程学院, 无锡 214122)

**摘要:** 针对目前对物体流量信息采集所存在的多点位同时监测及被检物体的区别化识别两大问题, 论文设计了一种基于无线传感器网络的物体流量监测系统. 该系统由监测节点、基站节点及上位机组成, 监测节点之间构成链状拓扑结构, 将监测到的数据汇总到基站节点, 再由基站节点与上位机相连, 将数据传到上位机进行流量统计及数据分析. 系统中所涉及的监测过程无需外设辅助标签, 同时实现对多点位物体的流量监测, 并解决识别物体种类的问题, 具有广阔的应用前景.

**关键词:** 物体流量监测; 无线传感网络; MSP430 芯片; 红外热释传感器

## Multi-point Flow Information System Based on WSN

SHEN Wen-Yi, QIN Ning-Ning, SUN Shun-Yuan, XU Bao-Guo

(Key Laboratory of Advanced Process Control for Light Industry (Ministry of Education), Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

(School of IoT Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** Aim at the two major problems of current object flow information collection which can not take multi-point monitoring and distinguish object type, this paper designs a system of object flow information collection based on WSN. The system is composed of the monitor nodes, the base depot node and the superior machine. The monitoring nodes send the monitored data to the base depot node through a chain topology structure. And then the data are sent to the superior machine. The superior machine will take traffic statistics and data analysis according to the data. This system can realize multi-point monitoring and distinguishing object type with no any auxiliary labeling. It has broad application prospects.

**Key words:** object flow information collection; WSN; MSP430 chip; pyroelectric infrared sensor

在社会资源日益短缺的今天, 通过对一些物体(人, 车等)的实时流量的统计, 可以指导资源的调度, 很大程度地缓解资源短缺, 因此设计一种有效的物体流量监测系统是非常必要的.

目前, 国内对物体流量信息的采集主要采用两种方法, 一种是依靠计数器械与物体的接触感应; 另一种是采用非接触式方法, 而常用的非接触式方法多为通过读取电子标签或者判断信号的扰动. 上述技术一定程度上解决流量统计问题, 但还存在着如下技术缺

陷: ①无法解决多点位监测问题; ②无法实现区别化识别物体种类. 针对上述问题, 论文设计了一种基于无线传感网络的物体流量监测系统.

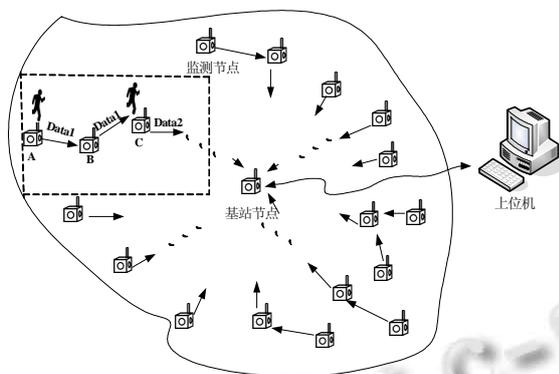
在系统设计中, 引入无线传感技术, 利用所包含的多个监测节点, 同时对多处位置的物体进行流量监测, 而不是传统的多个节点实现一处位置流量监测. 所设计的系统将各个监测点的节点组网统一进行数据处理和分析. 将监测数据与数据库中已知的各类物体的特征数据进行对比, 从而区别化识别物体的种类.

<sup>①</sup> 基金项目: 国家高技术研究计划(863)(2007AA10Z241); 高等学校博士点新教师基金(20100093120007); 江南大学博士研究生科学研究基金(JUDCF11003)

收稿时间: 2012-04-01; 收到修改稿时间: 2012-05-13

## 1 系统工作原理

整个系统采用 3 层结构: 底层为监测层, 包含多个监测节点; 中间层包含基站节点, 汇总监测节点传过来的数据; 顶层是上位机, 进行物体流量统计及物种识别<sup>[1]</sup>. 网络模型如图 1 所示.



流量监测区

图 1 系统的网络模型

其中, 在监测区域中, 基站节点与监测节点之间组成以基站节点为中心的星型网络拓扑结构; 监测节点之间在通信范围内可以相互通信, 组成链状拓扑结构. 监测节点将监测数据沿所在链状路由, 采用多跳通信的方式向基站节点传递. 监测节点通常处于休眠状态, 一旦检测到有物体经过或射频接收到数据则被触发唤醒. 基站节点将采集到的监测数据通过串口传送给上位机. 上位机预先设定门限值, 根据收集到的热释信息数字量是否超过该值, 来判断相应监测节点周围是否有物体经过; 在上位机中存有“监测地点—周围环境—最可能经过的物体—各物体的红外特征数据”逻辑关系的数据库, 将收集到的热释信息数据与数据库中的数据进行匹配, 即可判断物体种类.

系统对是否有物体经过的判断规则以及对物体种类的识别规则如下:

### (1) 判断规则

系统采用红外热释传感器. 由于红外热释传感器的输出会跟随热释信息热发生变化, 故可设定有无物体经过的判断规则如下:

设传感器输出经 A/D 转换后为  $\varphi_1$ , 物体经过时, 值是  $\varphi_2$ , 取  $\xi$  为门限值, 令  $\Delta = |\varphi_2 - \varphi_1|$ , 存在:

$$\Delta = \begin{cases} 0 & \text{, 无物体经过} \\ \leq \xi & \text{, 判断为无物体经过} \\ > \xi & \text{判断为有物体经过} \end{cases}$$

显然, 只有当的值大于  $\xi$  时, 才确实存在物体经过. 门限值  $\xi$  的反映了物体经过时, 空气气流变化的误差量, 该值的设定, 防止了有外界其它因素引起的传感器的误判. 经多次实验,  $\xi$  一般可取  $0 \times 7F$ .

### (2) 识别规则

在同一实验环境中, 相同速度移动的不同物体, 经过传感器时所引发的值有所差异. 若物体温度接近, 物体体积越大, 所对应的越大. 系统通过的取值, 结合探测精度, 将值与上位机数据库中的信息进行匹配, 实现对经过物体的识别. 可以通过调节红外热释传感器模块的滑动变阻器改变电压值, 从而改变探测距离 (1m-7m). 通常, 采用最大滑动变阻器电压下的最大探测距离.

## 2 系统硬件的模块化设计

系统的硬件工作主要是对监测节点和基站节点的设计. 监测节点的结构如图 2 所示. 基站节点完成对数据的收集汇总, 由无线射频收发模块, 数据处理模块, 电源模块组成. 为保证节点的通用性和降低设计成本, 两类节点的相同功能模块均采用了一致的硬件设计.

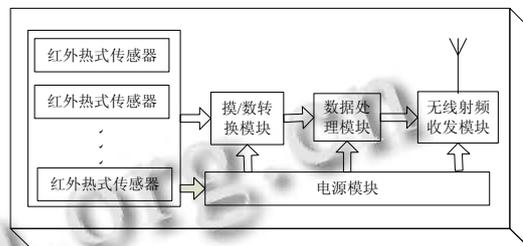


图 2 监测节点的结构图

### 2.1 红外热释传感器模块

红外热释传感器模块选用被广泛应用的 RE200B 红外热释传感器. 它利用热释电材料随温度变化的特性探测红外辐射, 采用双灵敏元互补的方法抑制温度变化所产生的干扰, 提高工作的稳定性.

系统工作时, 红外热释传感器测量到物体移动产生的热释气流变化, 再将这种变化转换成模拟电流; 当物体经过热释传感器感应范围内时, 物体体积越大, 所产生的热释信息也越大, 传感器输出的电流也越大.

### 2.2 数据处理模块

数据处理模块的核心芯片为 TI 公司的 MSP430 F149 单片机. 该芯片为 16 位 RISC 结构, 并具有 5 种

低功耗模式, 并且可在 1.8~3.6 V 的低电压条件下工作<sup>[2,3]</sup>. MSP430 系列芯片已被业界广泛使用, 后文将重点介绍数据处理模块的协议与软件设计.

### 2.3 无线射频收发模块

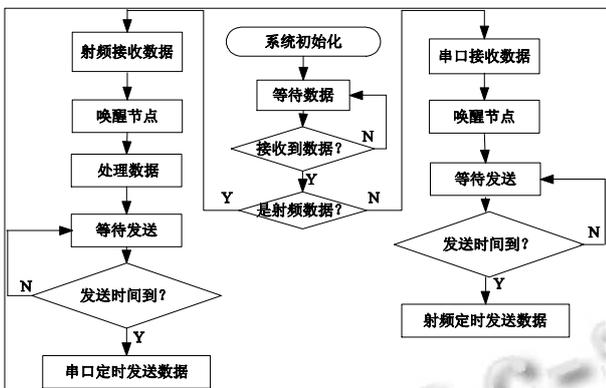
无线射频收发模块采用单片射频收发器 nRF905. 它无需外加声表滤波器, ShockBurst™ 工作模式, 自动处理字头和 CRC, 使用 SPI 接口与微控制器通信, 配置非常方便<sup>[4-6]</sup>.

系统对该模块设计实现了 4 种状态: 发送、接收、空闲和休眠. 鉴于空闲状态与接收状态的功耗同处于较高数量级, 因此在设计中采用了动态定时和应答机制, 在保证传输的前提下, 尽量让芯片处于休眠状态. 根据系统应用环境差异, 调整功率实现通信能力(距离)的改变, 避免不必要的能量开支.

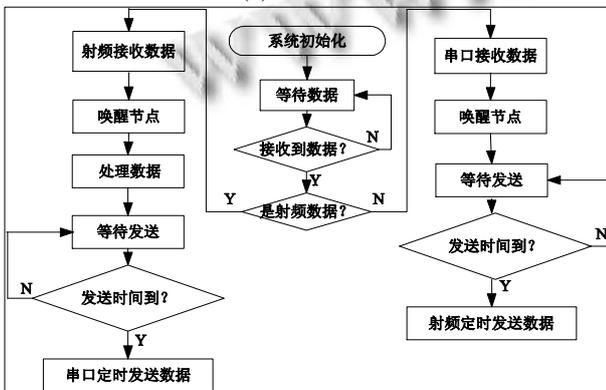
## 3 系统软件

### 3.1 无线射频模块的软件设计

基站节点与监测节点的无线射频模块的工作流程如图 3 所示. 下面将结合两类节点的异同点进行阐述.



(a) 基站节点



(b) 监测节点

图 3 无线射频模块的软件流程

两类节点的软件系统启动以后, 都将首先进行系统初始化, 并默认处于休眠状态, 等待接收数据. 监测节点的射频模块接收到数据或自身传感器感应到红外数据后, 将被触发唤醒. 基站节点除能被射频数据唤醒外, 串口数据也能将其唤醒. 被唤醒后, 对数据进行处理, 该部分工作由数据处理模块完成, 在此不累述. 处理后的数据被放置在发送缓冲区内, 当数据发送周期到来时, 监测节点通过射频模块将缓冲区内数据发送(转发)出去, 基站节点则通过串口将数据发送给上位机.

### 3.2 协议数据包

节点要实现对数据的传送和处理, 首先要将节点感应到的信息封装成数据包. 图 4 中给出了所定义数据包的填充格式. 该数据包的长度为 32 位(0~31), 包中每一位都采用 16 进制数值表示.

0	1	2	3	4	5	6
起始位	节点数	发送_ID	接收_ID	ID_1	D_1	ID_2
7	...	...	28	29	30	31
D_2	...	...	ID_13	D_13	校验位	结束位

图 4 数据包的填充格式

起始位: 1 字节, 数据包的起始标志.

节点数: 1 字节, 目前数据包中已记录的数据量.

发送\_ID: 1 字节, 数据包发送节点的 ID 号.

接收\_ID: 1 字节, 数据包接收节点的 ID 号.

ID\_1: 1 字节, 数据包中记录的第 1 个数据是由 ID 号为 ID\_1 的监测节点所采集;

D\_1: 1 字节, 数据包中记录的第 1 个数据.

第 6 位~第 29 位: 24 字节, 和第 4 位~第 5 位意义相似, 纪录了第 2 个~第 13 个信息数据.

校验位: 1 字节, 数据包的校验位. 由于 nRF905 自身具有接收校验功能, 所以该字段为可选项<sup>[7]</sup>.

第 31 位: 数据包的结束位, 表示本数据包的末位.

图 4 中所示的 32 位数据包最多可纪录 13 个监测节点的数据信息, 本系统所构建的网络为链状与星型混合的拓扑结构, 13 跳链状网络的通信长度已经基本可以满足常规需求.

### 3.3 数据处理流程

数据处理的首要步骤是将发送数据包 SendBuff 按照图 4 的数据包格式进行初始化. 如果节点收到其它节点送来的转发数据 RecBuff, 则将非空的数据位

装填进 SendBuff, 因为 13 个节点不一定都感应到了信息, 因此只需装填接收到的非空数据进行再次发送. 接着再判断本地节点所采集的数据是否是新数据, 若是新数据则对照本地节点编号位置, 将数据装填进 SendBuff 的对应数据位上. 为防止数据包冲突和减少不必要的浪费, 装填好的数据包在发送周期到来时, 才进行发送. 等待发送周期到来的期间, 若有新的数据进入, 将新数据装填进 SendBuff 的对应数据位上. 图 5 为监测节点数据处理部分的软件设计流程图.

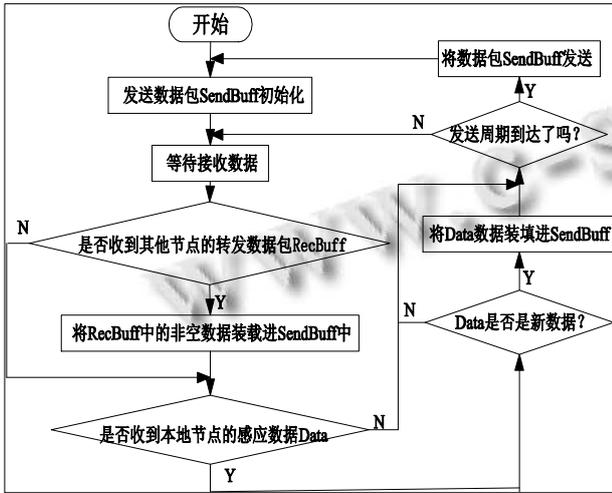


图 5 监测节点数据处理软件设计流程图

基站节点的处理模块负责将接收到的监测数据通过串口传送给上位机, 或将收到的上位机指令发送给指定的监测节点. 相比监测节点的工作, 基站节点的处理模块的软件设计易于实现, 在此不多作介绍.

### 4 上位机设计

上位机编程采用 LabView 软件平台, 它具有强大的图形处理和数据处理能力<sup>[8]</sup>. 上位机首先要根据监测环境的要求来设置节点的射频模块的工作模式, 使它工作在合适的发射功率. 同时要设置红外感应数据的门限值. 当读取数据的周期到来时, 将读取的数据与该门限值相比较, 来判断节点周围是否有物体经过. 如果数据超过了门限值, 则再将它与数据库里不同物体对应的红外数据进行匹配, 从而判断出物体种类. 至此, 完成了对物体流量的统计和类型的识别. 将该结果在人机界面上显示出来, 同时存入数据库, 促进数据库更新和完善. 上位机程序设计流程如图 6 所示.

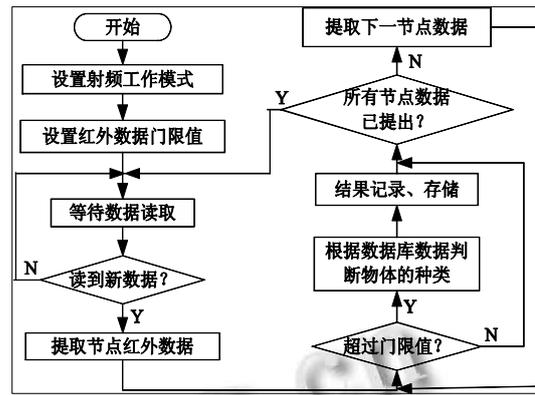


图 6 上位机的软件设计流程图

### 5 实验结果

为了避免外部不可预测因素的影响, 实验选择封闭性较好的地下车库环境. 实验中, 两个探测节点相距 12m, 探测距离调为 7m. 实验对象为汽车与个人. 速度均以汽车的待速速度(约 1.4m/s)移动. 多次实验结果如表 1 所示.

表 1 实验结果

物体	监测节点 1	监测节点 2
车 1	$\Delta = 0xAE$ , 种类: 车	$\Delta = 0xAF$ , 种类: 车
人 1	$\Delta = 0x8D$ , 种类: 人	$\Delta = 0x8C$ , 种类: 人
车 2	$\Delta = 0xAD$ , 种类: 车	$\Delta = 0x7F$ , 种类: 无物
人 2	$\Delta = 0x8E$ , 种类: 人	$\Delta = 0x8D$ , 种类: 人
人 3	$\Delta = 0x1E$ , 种类: 车	$\Delta = 0x7E$ , 种类: 无物

在实验结果中, 车 2 经过时, 监测节点 2 没有检测到是因为该车靠近探测节点 1 一方, 不在节点 2 的探测范围内.

### 6 总结

论文设计了一种基于传感器网络的物体流量监测系统, 其特点与优势体现在: 不仅通过非接触的方式实现了对物体多点式流量监控, 也能实现对物体种类的识别, 并且被测目标物体无需任何设备或标签辅助系统工作, 将有很好的应用前景.

### 参考文献

- 赵伟, 蔺通, 郭建全, 等. 用于驱赶农作物有害动物的智能声防系统设计. 农业工程学报, 2010, 26(1): 199-204.
- 魏小龙. MSP430 系列单片机接口技术及系列设计实例. 北

(下转第 75 页)

于串行程序的并行效率。

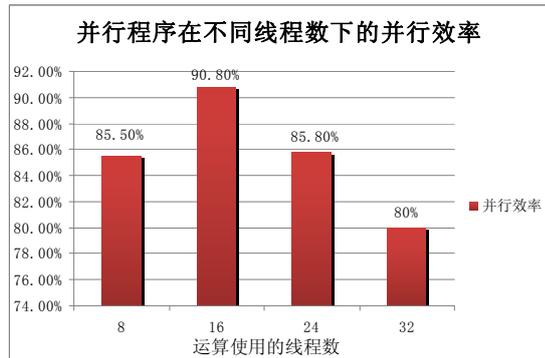


图 4 Amp 数据体并行程序在不同线程数下相较于串行程序的并行效率

由以上图可以看出: ① 随着线程数的增加, 程序的加速比是增大的; ② 随着线程数的增加, 并行效率并不都随着增加, 线程数越多, 并行效率反而降低, 在线程个数与并行加速比两者协调下能取到性价比的最佳值. 因此由图 3 加速比增长的斜率和图 4 的并行效率, 可得出经验值: 一般多线程计算时只开启计算机硬件总核数的一半线程时性价比最高。

#### 4 结语

本文描述了基于 Pthread 的多线程并行相干体算法实现, 通过数据测试与分析, 证明基于 Pthread 的并行相干体算法能极大地提高相干体计算速度, 借助 Pthread 多线程技术和动态负载平衡可以在多核平台上有效地发挥硬件优势, 使得系统的计算性能得到极大的提升。

在相干体算法的并行化研究与实现中, 有如下一些值得借鉴的经验: (1) 测试找出整个算法中可并行化的代码段, 且一次执行此代码段的时间必须满足在此次代码段数据 I/O 的时间内, 达到 I/O 与计算重叠。

(2) 由于算法使用在粗粒度机器环境上, 所以本算法选取在线方向上进行并行化, 而不是在道方向, 这样就减少了通信和等待数据 I/O 的时间. (3) 本算法并行化中, 通过控制线程和计算线程的功能划分, 达到了只使用 2 把锁, 减少了同步的开销. (4) 通过高效的线程池实现线程管理和动态负载平衡, 既可降低线程设计的复杂性, 也可提供高性能的系统应用环境。

总之, 本文中使用和讨论到的一些技术和方法, 具有并行化算法的一般性和特定性, 在类似并行化算法中, 具有很好的参考价值。

#### 参考文献

- 1 OpenMP, the OpenMP ARB. <http://www.openmp.org>
- 2 POSIX Threads Programming. <https://computing.llnl.gov/tutorials/pthreads/>
- 3 Stevens WR, Rago SA. Advanced Programming in the UNIX Environment. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press.
- 4 柴振友, 等. 相干技术在三维地震勘探构造解释中的研究与应用. 物探与地球物理, 2000, 22(1): 30-33.
- 5 吴连贵, 易瑜, 李肯立. 基于 CUDA 的地震数据相干体并行算法. 计算机应用, 2009, 29(3): 912-914.
- 6 Marfurt KJ, et al. 周巍译. 用基于相似的相干算法计算三维地震属性. 石油物探译丛, 1996, 6(3): 22-37.
- 7 向富强. 地震相干分析和时频分析方法及其在储层描述中的应用[硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2008. 8-14.
- 8 王大伟, 刘震, 等. 地震相干技术的进展及其在油气勘探中的应用. 地质科技情报, 2005, 24(2): 71-76.
- 9 陈国良. 并行计算——结构算法编程. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- 10 Akhter S, Roberts J. 李宝峰等译. 多核程序设计技术. 北京: 电子工业出版社, 2007. 72-240.

(上接第 37 页)

- 京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- 3 Texas Instruments. Msp430x1xx Family User's Guide. Dallas: Texas Instruments, 2004.
  - 4 甄丽平, 司绍伟. 具有无线收发功能的气体检测装置设计. 中国科技信息, 2011(9): 166-167.
  - 5 Kaveh P. Nordic nRF905 product specification. Nordic Corporation, 2007.

- 6 Nordic VLSI ASA nRF905 Product Specification. Norway: Nordic VLSI ASA, 2005.
- 7 李栋, 张林, 徐保国. 无线温室信息监测系统. 微计算机信息, 2009, 25(3-2): 38-39, 63.
- 8 张帅, 徐伟, 王克家, 曹巍巍. 基于 MSP430 和 LabVIEW 的温度控制系统设计. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2010, 26(4): 472-474, 509.