

文章编号: 2095-2163(2020)02-0370-05

中图分类号: TP368.1

文献标志码: A

# 老人病房环境控制设计

苗家骥

(上海工程技术大学, 上海 201620)

**摘要:** 本文设计旨在提高老年病人在病房的生活质量与安全性,以及缓解医疗系统中大量老年病人对于监护需求的压力。利用模块化的传感器、无线网络技术以及特殊算法为老人的病房设计并实现一个自动化程度较高的病房环境控制系统。本设计的主要控制功能分为4个部分:自动照明、自动温控、空气质量控制以及自动呼救。在程序算法中将应用模糊控制算法、路径预判算法提高控制的精确度。经过实验和探讨分析,形成了一套关于老人病房环境控制的设计方案,能相对自动化地对老人病房环境进行各项参数控制如光照条件、温度与湿度、空气质量等等。其中,温度检测范围能达到 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,温度控制精度能达到0.5分度。

**关键词:** 老人; 模块化传感器; STM32 处理器; 模糊控制; 路径预判算法

## Environment control design for elderly wards

MIAO Jiakun

(Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

**[Abstract]** This paper is designed to improve the quality of life and safety of elderly patients in the ward, and to alleviate the pressure on a large number of elderly patients in the medical system for monitoring needs. A highly automated ward environmental control system is designed and implemented for elderly wards with modular sensors, wireless networking technology and special algorithms. The main control functions of this design are divided into four parts: automatic lighting control, automatic temperature control, air quality control and automatic help system. In the program algorithm, the fuzzy control algorithm and the path pre-judgment algorithm will be applied to improve the accuracy of the control. Through experiments and analysis, a set of design schemes for the environmental control of the elderly ward has been formed, and various parameters such as lighting conditions, temperature and humidity, air quality, etc. can be controlled relatively automatically for the elderly ward environment. The temperature detection range can reach  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , the temperature control accuracy can reach 0.5 division.

**[Key words]** elderly; modular sensors; STM32 processor; fuzzy control; path pre-judging algorithm

## 0 引言

在十九大上,已经总结出了中国进入改革开放新时代的结论。这意味着中国的发展已经取得了巨大的成就,其中包含了经济结构、经济总量、国防、人口年龄结构以及人口平均寿命等等方面。

一直以来,人口就是社会经济发展的一个重要、也是基本因素,同样经济发展状况也会反作用于人口结构本身。经济结构的升级与优化直接提高了中国人民的生活质量,其带来的间接效果便是人口平均寿命的延长,根据2018年的统计,中国人口平均寿命已经逼近78岁,与世界发达国家平均寿命旗鼓相当,其中上海和北京的人口平均寿命则已超过了80岁。近年来,老龄人口的占比也不断扩大,在第六次人口普查中,65岁以上老龄人口就已经达到了8.87%。由此可知,中国的人口老龄化问题已成为全社会都在普遍关注的一个研究热点。这不仅是出于中国传统的尊老爱幼美德,还因为老龄人口关乎

社会资源的有效配置。本文旨在运用嵌入式系统,整合现有的各种电气设备为老人提供一种高度自动化的病房环境控制解决方案。

## 1 技术路线及架构

### 1.1 数据连接

考虑到老人在病房环境下的舒适性和活动便利性,常规医疗设备所带来的数量繁多的数据线、电源线已经不适用于本文设计,因此采用了 ZigBee、Bluetooth4.0 两种无线数据连接技术来传输相关传感器数据,省去了传统设备需要用到电线的麻烦。

### 1.2 主要算法

(1) 路径预判算法。在本设计中,自动照明模块的功能之一是根据被测目标人物的已有路径判定其未来的路径。在理论研究中面对多岔道路时系统会同时开启各个岔道口的第一个照明灯。(功能演示中,将其简化为一维路径进行演示)。具体方式是将多个红外传感器或小灯依次编号,系统采样时

**作者简介:** 苗家骥(1997-),男,硕士研究生,主要研究方向:自动化、行政管理。

**收稿日期:** 2019-10-18

会取用该编号的数字并将其赋值给算法中的变量。根据前后 2 个变量的差值变化来判定人体运动的方向,以此做出预判。例如有 3 个传感器:

采样  $L1=3, L2=2, \text{if } \Delta=L1-L2=1 >0$ , 判断为右向左方向,则  $L2-\Delta=1$  开启小灯 1;

采样  $L1=1, L2=2, \text{if } \Delta=L1-L2=-1 <0$ , 判断为左向右方向,则  $L2-\Delta=3$  开启小灯 3。

(2)模糊控制。由于气温的瞬时值并不具有代表性,这意味着精确的阈值条件并不适用于自动温控模块中季节条件的判定。因此本设计将对室外气温定时采样取得均值的方法进行模糊化处理,在主控程序中预先设定好 3 个经典集的参数控制范围代表 3 个季节:春秋、夏季、冬季。判定条件为:平均气温低于  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  为冬季、平均气温在  $10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$  之间为春秋季节、平均气温大于  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  时判定为夏季。在进行条件判定后,主控程序再调用相应的集合范围对气温参数进行控制。此时需用到如下数学公式:

$$TempA = \frac{\sum_{n=1}^f Temp}{f} \quad (1)$$

其中,  $TempA$  为模糊化后的气温数据;  $Temp$  为实时采样得到的数据;  $f$  为采样频率。

### 1.3 主控程序示意图

主控程序的流程设计如图 1 所示。在图 1 中主控程序设计包含 4 个模块,即:自动照明、自动呼救、空气质量监测、自动温控。其中,自动照明模块、空气质量监测模块、自动温控模块的数据简单,对延时响应要求具有相当的容错,且需要多传感器组建监控网络,故采用 ZigBee 这一功耗较低的网络技术。而自动呼救系统需要涵盖多项人体生命体征的数据,且要求全天候实时监控,会产生大量数据需要及时上传至服务端,因此采用高速的蓝牙 4.0 技术将数据传送至自动呼救模块中。开发版功能实现设计如图 2 所示。

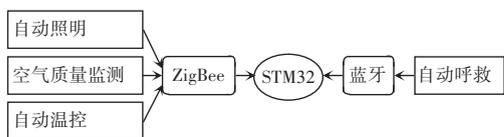


图 1 主控程序示意图

Fig. 1 Schematic diagram of main control program

为了便于进行硬件的功能演示,这里对理论设计中的各种执行器以及工作状态进行了简化与修改,对此可做阐释分述如下。

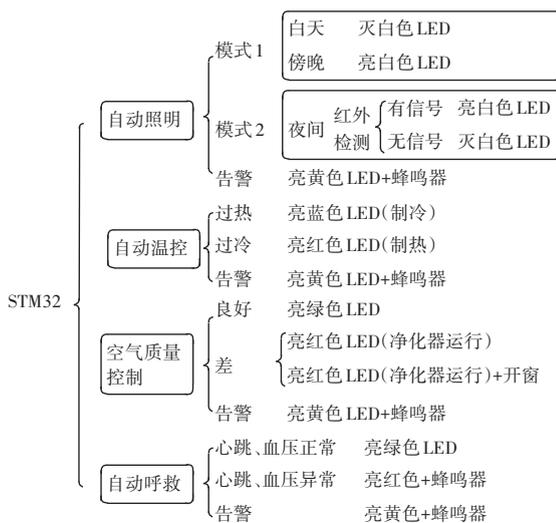


图 2 开发板功能实现示意图

Fig. 2 Function implementation diagram

(1)自动照明模块。模式 1 为光照条件较好的白天模式,模式 2 为光照不良的夜间模式(或有意关闭照明的休息时间),两者通过光敏电阻进行切换。RGBLED 灯三颜色全部点亮时代表白灯(即为照明)。当检测到故障时,系统会点亮黄色 LED 以及蜂鸣器。

(2)自动温控模块。在温度控制模块中,省略了湿度相关执行器的工作状态。主要展示温度控制的工作状态。不同颜色的 LED 灯代表空调的不同工作模式;蓝色 LED 代表空调处于制冷模式,红色 LED 代表空调处于制热模式。检测到故障时,系统会点亮黄色 LED 以及蜂鸣器。

(3)空气质量控制模块。由于空气净化器只有工作与不工作两种状态,故在本模块的功能实现中,选用不同颜色的 LED 灯代表当前空气质量状况的情况;绿色 LED 表示空气质量良好,红色 LED 表示当前室内空气质量差。检测到故障时,系统会点亮黄色 LED 以及蜂鸣器。

(4)自动呼救模块。实际测量心跳过程中,想要获得不同的心跳状态较为困难,所以将心跳数量写入程序中定义为可手动控制的变量。当心跳正常时,生命状态指示灯为绿色;当心跳异常时,生命状态指示灯为红色并点亮蜂鸣器(发出呼救信号)。检测到故障时,系统会点亮黄色 LED 以及蜂鸣器。

## 2 模块功能设计与实现

### 2.1 自动照明模块

(1)方案选择。考虑到老年人病房环境,其本身并不需要高精度的检测,只需要检测出人体信号即可。同时考虑到在进行大范围推广时,需要控制

其安装和使用成本。因此,成本较为低廉的被动式红外探测器是本论文设计的最佳选择。

(2)适用地点以及条件。本设计提出病房的适用范围并不仅仅局限于医院,目前可将其大致分为3类:医院病房、家庭病房、养老机构病房。首先,家庭病房由于空间较小,可供预判算法参考的地点不多,若再兼顾到其他家庭成员的活动,家庭病房环境是否安装该自动照明系统则是一个有待商榷的选项。接着,是医院病房和养老机构病房两种环境,其共有的特点有:空间宽大、通道多、夜间活动人员相对较少等等。与夜间自动照明的设计初衷较为吻合。因此医院病房和养老机构病房是较为合适的安装使用地点。

(3)功能实现。工作模式判断流程如图3所示。模式一开启则模式二关闭,手动切换模式。对夜间模式来说,夜间模式照明控制流程如图4所示。在开发板搭建中,本设计主要使用了3个HC-SR501人体红外传感器模块作为探测器,3个RGBLED灯为执行器。其中,单个RGBLED灯亮起时代表小灯,3个RGBLED灯同时开启时代表大灯开启。

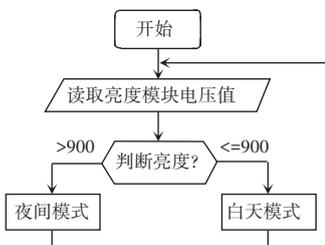


图3 工作模式判断流程图

Fig. 3 Flowchart of work mode judgment

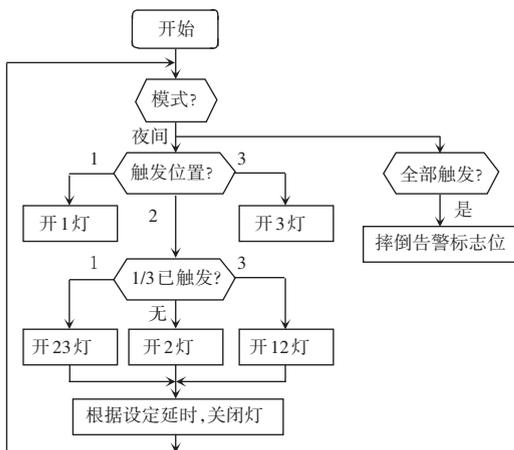


图4 夜间模式照明控制流程图

Fig. 4 Flowchart of lighting control (night mode)

当单个红外传感器探测到信号时会开启相应的单个小灯。当有2个及以上的小灯以一定顺序检测

到信号时,控制系统会判定有人在移动,遂根据预判算法,提前开启下一个小灯。

当3个红外探测器同时接受到信号,并且持续时间超过5s时,控制系统判定为老人摔倒在地,自动开启大灯,并且联动自动呼救系统触发警报,启动蜂鸣器。

## 2.2 气温控制模块

(1)方案选择。由于该模块方案牵涉到多个执行器,包括空调和加湿器,所以本设计要先分开而论。对此拟给出研究表述如下。

首先,是空调。目前市面上主流的空调根据不同的标准来进行分类,比如按照安装方式可以分为柜式机、挂壁机等,按照功率可分为一匹半、两匹机、三匹机等。还有一种最新的分类方式,可分为:定频空调和变频空调。从环保的角度出发,本设计选择使用变频空调。因为相对于传统的定频空调,变频空调可以自动地变换控制压缩机的工作频率。其核心就在于引入了变频器,就使变频空调得以精确地控制其制冷/制热速度。当室温接近设定温度时,变频空调能以10%的功率低速运转,从而精确地控制温度损耗,保持室温恒定。变频空调的优点主要有:功耗较低,不会导致过冷或者过热,能保持恒定室温等等。其唯一的不足就是成本较为高昂。

其次,是加湿器的选择。由于空调的任何工作方式,无论是制冷、还是制热,都会降低空气中的湿度。因此为配合空调的工作,只需适当地补充空气中的湿度即可。所以本设计对于加湿器的选择和应用具有相当的容错性。综上所述,考虑到环保及节能减排的需要,本设计选择采用变频空调搭配加湿器的工作方式。

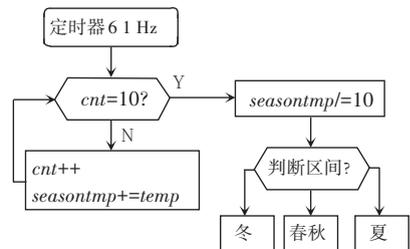


图5 气温模块季节判定流程图

Fig. 5 Seasonal judgment flowchart of temperature module

(2)功能实现。在本模块中,采用了模糊控制的原理。根据上文对比分析得出的老年人适用指标数据,将其划分为3个对应的参数范围,包括春秋季、冬季、夏季。首先主控程序会隔1min采样,收集室外温度再计算得出当日平均值。当温度在10℃~22℃时,系统采用春秋的温度范围进行控

制。当温度在 22 ℃ 以上时,系统采用夏季的温度范围进行控制。当温度在 10 ℃ 以下时,系统采用冬季的温度范围进行控制。温度控制流程见图 6。

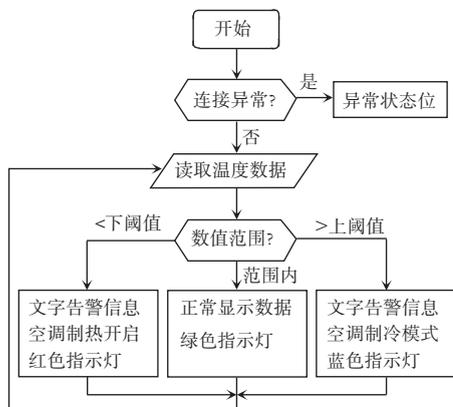


图 6 温度控制程序流程图

Fig. 6 Flowchart of temperature control program

### 2.3 空气质量控制模块

(1) 方案选择。空气质量的控制,可以由空气净化器来完成,目前主流的空气净化器都能针对 PM2.5 进行净化。由于需要配合系统的控制,本文需要采用带有智能物联网的机型。不仅如此,设计时考虑到空气质量指标严重超过可控范围,或者无法及时控制,本文将采用强制换气,这就需要电动机来驱动窗户的开启与关闭。以上执行器皆可以通过 WiFi 或者是红外信号进行控制通信,各类参数则将通过各部分的传感器以及 ZigBee 节点来传输。目前根据空气颗粒物去除手段,可以将空气净化器大致分为 5 类:机械过滤型,高压静电除尘、静电驻极式滤网、静电除尘、静电灭菌。综合来看,静电驻极式滤网的空气净化器能较好地保证净化效率,也能兼顾环保的要求,降低臭氧的排放,耗材的废弃也不会带来环境污染,是本模块设计较好的选择方案。

(2) 功能实现。本模块设计中,传感器模块可直接输出 AQI 指数给控制程序。因此基于 AQI 指数来设定阈值。空气质量程序控制流程如图 7 所示。当空气质量指数超过 500 时,控制系统会点亮红色 LED 指示灯,代表空气净化器正在工作。随后继续监测空气质量指数,如果 AQI 低于 500 时,系统会点亮绿色 LED 代表空气质量良好,空气净化器处于待机状态。如果监测到的空气质量指数持续 10 min 超过 500,控制系统判定当前空气质量不可控,会点亮红色 LED 和蜂鸣器发出警报。

### 2.4 自动呼救模块

(1) 方案选择。就市面上的主流血压测量方式大致有:血压计测量、穿戴式智能设备、植入式血压

计。穿戴式智能设备是伴随着智能机诞生的周边产品。由于设计之初就已经考虑到了大规模的应用,这使得其成本相当可观。同时,智能穿戴设备还拥有心跳检测功能。能较好地完成数据收集和监控任务。对于数据打包的无线连接方式,在前文 3 个模块中均采用 ZigBee 的方式,但在研究中生命体征的数据要求较为严苛,包括传输速率要较高,数据更加复杂,采样频率高,故选择了蓝牙的无线连接方式,将老人的生命体征数据发送给控制系统。

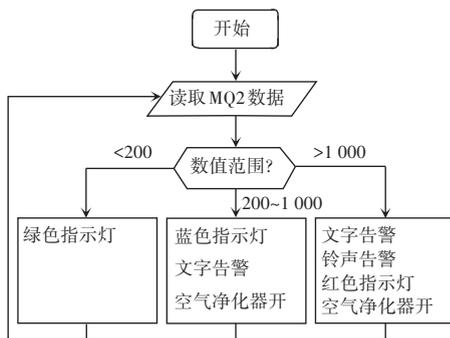


图 7 空气质量程序控制流程图

Fig. 7 Flowchart of air quality control program

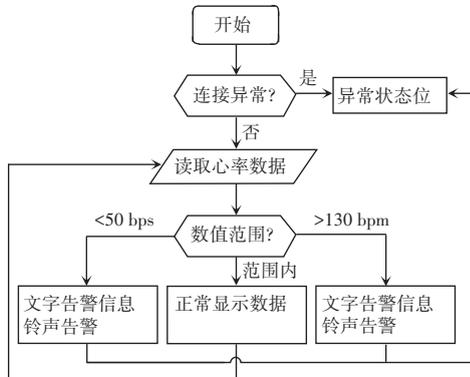


图 8 呼救模块程序控制流程图

Fig. 8 Control flowchart of emergency module program

(2) 功能实现。呼救模块程序控制流程如图 8 所示。在主控程序中,直接写入可调的心跳,通过按键来调整心跳数。当心跳在 50 ~ 130 bpm 范围内,主控系统点亮绿色的 LED 灯表示老人心跳正常。如果通过手动调试将心跳调整至 130 bpm 以上或者 50 bpm 以下时,系统会判定老人的生命体征出现危险,由此启动警报。

### 3 结束语

经过一系列的设计和实验测试,本文提出了一套关于老人病房环境控制的设计方案,能在控制成本的情况下,相对自动化地对老人病房环境进行各项参数控制,如光照条件、温度与湿度、空气质量等 (下转封三)