

# 嵌入式 Linux 下超声波避障系统设计

单承刚

(枣庄学院 计算机科学系, 山东 枣庄 277160)

**摘 要:**介绍了新型超声波传感器的工作原理、测距系统的软硬件实现,及机器人平台整个软件工作流程。利用软件方法解决了 S3C2410 中不利于检测回波的问题,完成了基于 ARM9 与嵌入式 Linux 系统的移动机器人平台下未知环境的避障导航系统的设计。提出在 Linux 驱动程序模块中利用轮循方法实现多路超声波的测距,并结合开发的超声波驱动程序完成了机器人在未知环境下的导航避障功能,非结构环境下机器人平台运行效果良好。

**关键词:**机器人; ARM9; 超声波; 导航; 避障

**中图分类号:** TP274

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2009)06-0029-03

## Design of Ultrasonic Obstacle Avoidance System in Embedded Linux System

SHAN Cheng-gang

(Computer and Science Department, Zaozhuang University, Zaozhuang 277160, China)

**Abstract:** Focuses on the ultrasonic sensor principle, the realization of measuring system software and hardware and the software flow of mobile robot. The problem of detecting ultrasonic echo is settled by means of software under S3C2410 microprocessor system. Develops the system of unknown environment obstacle avoidance and navigation for wheeled mobile robot based on ARM9 and embedded Linux system. Multi-ultrasonic measuring system is realized by circulation in embedded Linux system driver modules. Implements robotic monitoring and obstacle avoidance in uncertain circumstance with driver procedures and robotic platform system is to motion perfectly in uncertain circumstance.

**Key words:** robot; ARM9; ultrasonic; navigation; obstacle avoidance

## 0 引言

移动机器人采用高精度的 SRF05 超声波传感器,此传感器的回波反馈与测距方式与通用的超声波传感器相比有所不同,在 ARM9 系统中实现也稍有难度,但该传感器精度可达到 1cm,因此使用该传感器弥补了通用超声波传感器近距离测距存在盲点的问题,省掉了红外测距模块节约了硬件资源。

轮式移动机器人核心控制系统由触摸屏显示,摄像头图像采集,超声波避障,直流电机闭环控制驱动系统几部分组成,其中超声波避障模块在整个系统中为重要的一环,它直接影响机器人行进位移的精度和在有效范围内的图像采集控制。整个系统基于 ARM9 架构的 S3C2410 微控制器与 Linux 系统平台,使用 Linux 系统驱动程序控制各个硬件模块<sup>[1]</sup>。

## 1 超声波传感器测距原理

ARM9 利用  $10\mu\text{s}$  的脉冲来触发超声波传感器,触发下 SRF05 会发出 8T 的频率为 40kHz 的超频脉冲,当传感器 ECHO 引脚电平为高,此时利用定时器开始计时,等到 ECHO 变为低电平表明机器人遇到障碍物,此时,编程实现定时器停止计时,高脉冲宽度与测距距离有正比关系,该传感器的测距有效范围为 1cm~4m,无障碍物或遇超大障碍物时, ECHO 脚会变为低电平,此过程需要时间为 30ms,选择定时器的周期比超声波传感器探测最大距离所需的渡越时间稍长。因此在测距时定时器周期设置应至少大于 30ms 才能有效测距。

## 2 超声波测距系统

采用相关 GPIO 口作为超声波传感器的 INIT 触发引脚,并且配置定时器周期,设置定时中断及外部中断。测距流程图中,开始打开超声波,激发传感器 INIT 引脚  $10\mu\text{s}$ ,打开定时器并开始计时,在定时器周

收稿日期:2008-10-01;修回日期:2009-01-04

基金项目:山东省教育科技计划项目(J07WJ29)

作者简介:单承刚(1982-),男,山东泰安人,硕士,讲师,研究方向为嵌入式系统及其应用、机器人控制。

期内收到传感器 ECHO 低电平触发外部中断,在外部中断处理程序中读取定时器计数值,计算障碍物距离,并且传送给中央处理器。为了满足机器人外围避障超声波传感器组的扩展,多路传感器之间可以采用轮询的工作方式,定时中断中互相使能定时器开始工作时。这样即可以得到很高的采集频率,同时也满足了系统的实时性要求。进一步增强机器人的导航避障性能<sup>[2]</sup>。系统测距流程图如图 1 所示。

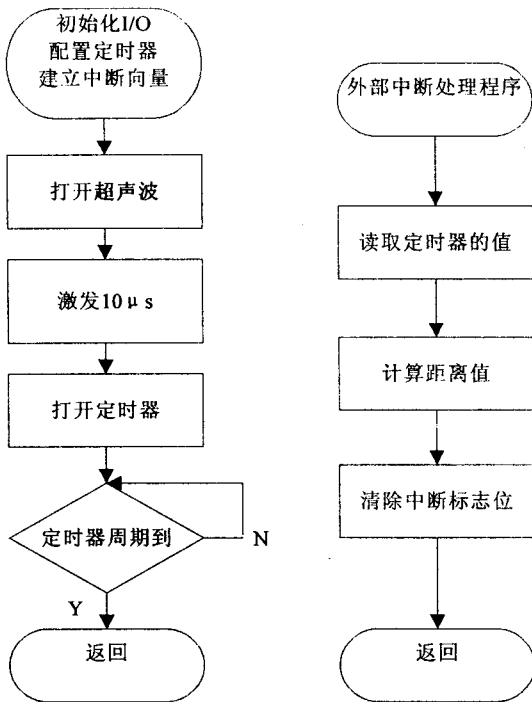


图 1 测距流程图

### 2.1 采集回波过程

ARM9 GPIO 触发中断只能设置一种触发方式,如果设为上升沿触发可以打开定时器计时但无法捕获下降沿,也就无法关闭定时器,从而不能测距,因此用软件方式可以实现。首先设置两个时间延迟函数 `usdelay()` 和 `msdelay()`,在给出  $10\mu\text{s}$  高频脉冲后等超声波触发再使能定时期计时,并设置一外部中断 `EINT1` 接收超声波传感器的 ECHO 回波口变化,触发方式为下降沿触发,等下降沿来临关闭定时器读出计数值即为脉宽的时间长度,然后根据距离计算公式  $= (\text{ECHO 高电平的时间}) \times (\text{声纳速度}) / 2$  得出距离。空气中  $v$  与温度关系:  $v = 331.5 \sqrt{1 + T/273} \text{m/s}$ ,  $T$  为摄氏温度<sup>[3]</sup>。一般情况下超声波速近似声速,在室内温度影响下取约  $343.2 \text{m/s}$ 。

### 2.2 软件实现

利用程序精确设计软件计时函数 `usdelay()`,代码实现如下:

```
static int delayLoopCount1 = 10;
```

```
void usdelay(int time)
```

```
{ int i;
  for(;time>0;time--)
    for(i=0;i<delayLoopCount1;i++); }
```

函数延迟时间为  $10\mu\text{s}$ ,打开传感器激发高频脉冲后延迟  $10\mu\text{s}$  然后关脉冲,即可利用该函数。

设计 `msdelay()` 函数用于衡量整个测距周期的时间值。`msdelay(1000)` 延迟大约为  $1\text{s}$ ,这样系统可以有足够的回波检测时间,同时也不会对其它多路超声波传感器造成信号干扰。`msdelay()` 代码实现如下:

```
static int delayLoopCount2 = 1310;
void msdelay(int time)
{ int i;
  for(;time>0;time--)
    for(i=0;i<delayLoopCount2;i++); }
```

可以利用 PC 口相关引脚作为超声波传感器使能端口,程序实现如下:

```
rGPCCON=0x555; //端口 C 为输出口用于启动
超声波,设置为 output,可激发多路超声波
rGPCDAT=0x0; //数据位清 0
rGPCDAT=0xf; //设置为高频脉冲,发出 8T 的
40kHz 的超频波
```

```
usdelay(1); //延续  $10\mu\text{s}$ ,本来时间再长些也不影响,
但为了精确计时回波检测所以这里也是精确的  $10\mu\text{s}$ 
```

```
rGPCDAT=0x0; //关闭数据位
```

### 2.3 回波检测实现

利用定时器计数器功能和外部中断可以实现回波检测计算障碍物距离,外部中断接超声波的 ECHO 并设置为下降沿触发。

定时器的初始化如下:

```
rTCFG0=0x9595; //预分频值为 95
rTCFG1=0x00000; //分割值 1/2
rTCNTB0=10000;
```

根据  $T = [TCNTB0 * (TCFG0 + 1) * (1/TCFG1)] / 50\text{MHz}$  得出定时器的周期为  $60\text{ms}$ ,在这个时间段里足以计算回波时间。

外部中断 1 初始化如下:

```
rGPFCON=0xaa; //GPF1 设置为 EINT1
rINTMOD=0x0; //为普通中断
rGPFUP=0xf; //禁止 GPF0 上拉电阻
```

```
pISR_EINT1 = (unsigned)Eint1Handler; //设置
```

外部中断中断向量

```
EnableIrq(BIT_EINT1); //使能中断
```

```
rEXTINT0 = 0x492; // EINT1 下降沿触发
```

## 2.4 障碍物距离计算

```
void irq_Eint1Handler ( void ) //
eint0 中断服务子程序
```

```
{
    sonar_time_front = ((10000 -
rTCNT00) >> 1); //定时器的计数
值除以 2 即为距离障碍物的距离
    ClearPending (BIT_ EINT1); //清
除中断标志位
    i+ +;
    Uart_ Printf ( " \ nEINT1 occurred
times= %d \ n", i); //串口打印调试显
示中断发生次数
    Uart_ Printf ( " \ nsonar_time_front
= %d", sonar_time_front); //串口打
印显示计算器计数值
    t1 = sonar_time_front * 0.204; //
计算距离值
    front_range = t1; // 赋值全局变
量
}
```

## 2.5 轮循方式测距

由于超声波之间有干扰,采用轮循<sup>[4,5]</sup>的方式依次打开超声波,定时中断中启动下一路超声波传感器工作,下一路对应的定时中断在启动其他路,每次只测一个,这样可以有效地避免干扰,为了提高实时性可以控制定时器周期,比如设置为 35ms,这样四路超声波轮询一次大约为 140ms,足以满足实时要求。

## 3 机器人行进过程控制

利用多路超声波传感器的反馈障碍物信息控制机器人直流电机驱动系统的软件流程图如图 2 所示。

嵌入式 Linux 系统中超声波传感器模块为只读的字符设备,在应用层下打开设备后,驱动程序完成测距,测得的数据传到应用层,应用层根据算法判断障碍物的位置给直流电机,控制系统实现避障导航<sup>[6,7]</sup>。

触摸屏中的图形界面中含有机器的指令设置,可以设置运行速度,图像采集与超声波模块的打开与关闭,是否开启机器人模糊算法运行轨迹还是使用普通的 PID 调节,这使得机器人有很多种方案可选择。

机器人的每次行为都是根据超声波测距模块和当前机器人运行的即时速度来给出运行时间,在遇到障碍物时 ( $0 < t < 30\mu s$  等于 30 微秒时达到超声波的最

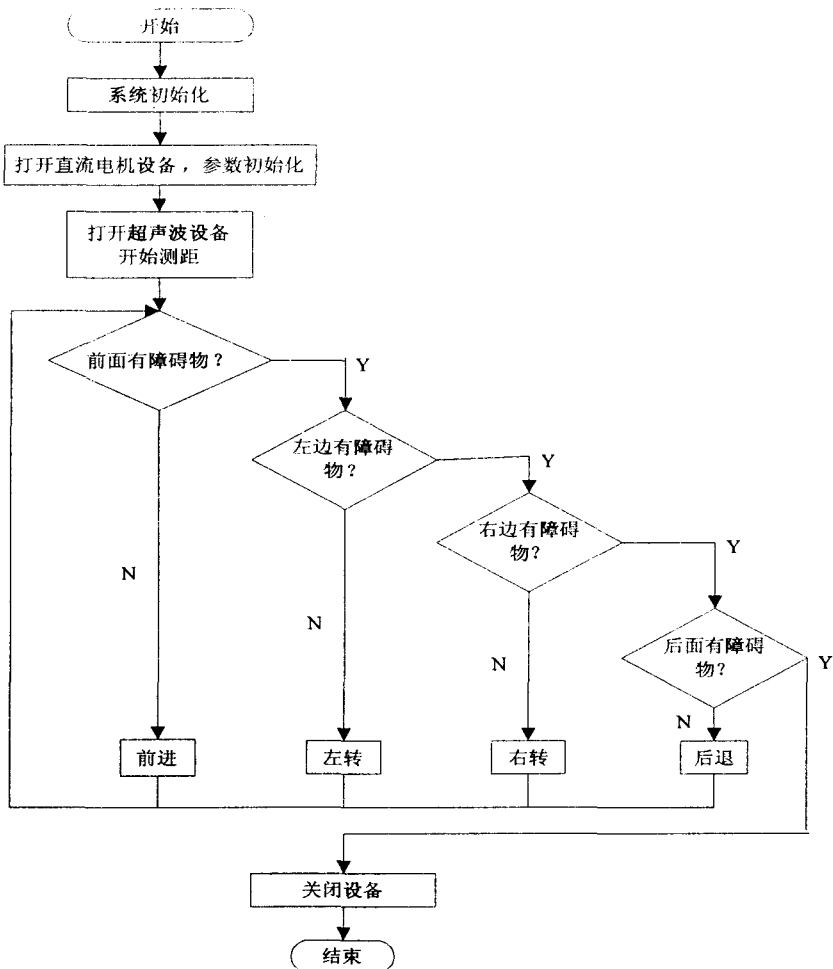


图 2 机器人行进控制框图

大探测距离),开启摄像头图像采集模块,采集的障碍物图像利用无线 MODEM 传回上位机,这样用户就可以知道前方是何障碍物,该系统实现了移动机器人的自主避障和采集障碍物信息的功能,可以用来探测未知环境<sup>[8]</sup>。

## 4 结束语

采用新型的超声波传感器,在 ARM9 与嵌入式 Linux 为平台的移动机器人上实现了超声波的测距,并利用超声波传感器控制驱动系统和图像采集系统。各模块驱动程序已成功加载到嵌入式 Linux 操作系统中,此平台下机器人运行效果良好。文中创新点:采用一种高精度的新型超声波传感器,用软件方法克服了它在 ARM9 中不利于检测回波的问题,成功应用于移动机器人的运行轨迹控制,使得机器人无论在行走和图像采集的即时性上都得到了很大的提高。

## 参考文献:

- [1] Rubini A. LINUX 设备驱动程序[M]. Lisoleg 译. 北京:中

(下转第 35 页)

表 2 原 SA 和改进的 SA 结果对比

SA	目标值	次数	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
ISA	-30486.11	1950202	78.00	33.67	30.75	43.63	35.76
	-31023.78	402432	78.00	33.0016	27.0923	44.9971	44.9106

包含在目标函数里。

优化问题如下:

\* 目标函数:

$$5.3578547x_3^2 + 0.8356891x_1x_5 + 37.293239x_1 - 40792.141$$

\* 约束条件:

$$0 \leq 085.334407 + 0.0056858x_2x_5 + 0.00026x_1x_4 - 0.0022053x_3x_5 \leq 92$$

$$90 \leq 80.51294 + 0.0071317x_2x_5 + 0.0029955x_1x_2 + 0.0021813x_3^2 \leq 110$$

$$20 \leq 9.300961 + 0.0047026x_3x_5 + 0.0012547x_1x_3 + 0.0019085x_3x_4 \leq 25$$

$$78 \leq x_1 \leq 102, 33 \leq x_2 \leq 45,$$

$$27 \leq x_3 \leq 45, 27 \leq x_4 \leq 45, 27 \leq x_5 \leq 45$$

算法中参数 maxstep1 设为 200, maxstep2 设为 300, 试验对比结果如表 2 所示。

由表 2 可以看出原 SA 算法的抽样次数要比改进算法 ISA 多 4 倍, 而目标结果还不如改进的算法, 从这可以说明本次算法改进是成功的。

## 5 结束语

讨论了传统模拟退火算法的原理、过程, 详细地分析了它的不足, 给出了该算法的可行的改进方案。然后提出了一个改进的模拟退火算法, 接着用改进前后的两个算法来解决一个非线性寻找组合最优问题。试验表明改进后的算法在时间性能上有了较大的提高, 而且得到的解还优于传统模拟退火算法得到的解, 这也说明了该算法在解决非线性组合优化问题上有一定的优势。

## 参考文献:

- [1] Steinbrunn M, Moerkotte G, Kemper A. Heuristic and Randomized Optimization for the Join Ordering Problem[J]. The VLDB Journal, 1997, 6(3):8-17.
- [2] Metropolis N, Rosenbluth A. Rosenbluth Metal, Equation of state calculations by fast computing machines[J]. Journal of Chemical Physics, 1953, 56(21):1087-1092.
- [3] Kirkpatrick S, Jr Gelatt C D, Vecchi M P. Optimization by simulated annealing[J]. Science, 1983, 220(11):650-671.
- [4] 涂进. 基于模拟退火算法的聚类分析在数据挖掘中的应用[D]. 重庆:重庆大学, 2003.
- [5] 佟萍. 模拟退火算法在 Web 服务合成中的应用[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(3):220-222.
- [6] 贾德香, 唐国庆, 韩净. 基于改进模拟退火算法的电网无功优化[J]. 继电器, 2004, 32(4):32-36.
- [7] 庞哈利, 郑秉霖, 徐心和. 一种自适应的模拟退火算法[J]. 控制与决策, 1999, 14(5):23-28.
- [8] 林慧君, 彭宏. 模拟退火算法在全局查询优化中的应用[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(4):155-157.
- [9] 王强. 模拟退火算法的改进及其应用[J]. 应用数学, 1993, 4(3):392-397.
- [10] 洪沛霖, 张佑生, 邢燕. 基于改进模拟退火算法的手写体数字识别[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(9):15-17.
- [11] 刘吉来. 无功优化的改进模拟退火算法[J]. 电力学报, 1998, 13(2):86-89.
- [12] 齐平, 贾瑞玉, 贾兆红, 等. 用遗传模拟退火算法挖掘特征项权重的研究[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(2):143-145.
- [13] 杜秀全, 程家兴. 基于退火进化算法的机器人足球策略研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(2):101-103.
- [14] 玄光男, 程润伟. 遗传算法与工程设计[M]. 北京:科学出版社, 2000.

(上接第 31 页)

国电力出版社, 2000:66-76.

- [2] Barshan, Billur. Fast processing techniques for accurate ultrasonic range measurements[J]. Measurement Science and Technology, 2000, 11(1):45-50.
- [3] 王峰, 葛立峰. 一种高精度超声测距系统的设计[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(1):229-236.
- [4] 陈春林, 陈宗海, 卓睿. 基于多超声波传感器的自主移动机器人探测系统[J]. 测控技术, 2004, 23(6):11-13.
- [5] 赵广涛, 程荫杭. 基于超声波传感器的测距系统设计[J].

微计算机信息, 2006, 22(1):129-131.

- [6] Tikanmki A, Mkel T, Pietikinen A, et al. Multi-Robot System for Exploration in an Outdoor Environment[J]. Robotics and Applications and Telematics, 2007, 9(1):563-567.
- [7] Dai Guangzhi, Chen Tiequn. Design on Measurement and Control System of Cleaning Robot Based on Sensor Array detection [C]//Control and Automation, 2007. ICCA 2007. IEEE International Conference. [s.l.]:[s.n.], 2007:1319-1322.
- [8] 孙骁苗, 周东辉, 栗欣. 移动机器人的多传感器测距系统设计[J]. 传感器与微系统, 2006, 25(2):50-52.