

# QR 码导航的室内目标搜寻机器人研究<sup>①</sup>

王孙平, 田 乔, 傅世忱, 邵晓鹏

(西安电子科技大学 技术物理学院, 西安 710071)

**摘 要:** 针对室内的目标搜寻问题, 开发研制了一套使用 Android 手机作为主要处理设备、可远程操控和使用语音控制的机器人系统. 介绍了该系统的结构组成, 提出了一套基于人工路标的导航方案. 该方案应用 QR 码作为人工路标引导机器人运动到指定区域, 然后识别出目标位置, 最后通过判断目标区域面积是否达到阈值的方法停在目标附近位置, 基于有限状态机实现机器人的模式切换. 对目标检测和人工路标识别分别进行了实验, 结果验证了该方案的有效性和实用性.

**关键词:** QR 码; 导航; 人工路标; 机器人; 目标检测; 语音识别

## Study of Indoor Object Search Robot Based on QR Code Navigation

WANG Sun-Ping, TIAN Qiao, FU Shi-Chen, SHAO Xiao-Peng

(School of Technical Physics, Xidian University, Xi'an 710071, China)

**Abstract:** In this paper, a robot based on android phone is presented to search objects in indoor environments, which supports remote control and voice control. This paper introduces the structure of the system, and proposes a navigation method based on artificial landmark. This method applies QR code to guide the robot move to certain area, recognize the target position, then stop near the target by judging whether the size of the target area can reach a threshold, and switch the mode using the finite state machine. Experiments for blob detection and artificial landmark recognition are carried out and the results verify its validity and practicability.

**Key words:** QR code; navigation; artificial landmark; robot; object detection; speech recognition

## 1 引言

智能移动机器人是一类能够通过传感器感知环境和自身状态, 实现在有障碍物的环境中面向目标的自主运动(称为导航), 从而完成一定作业功能的机器人系统<sup>[1]</sup>. 利用具备移动能力的机器人可以完成工业、农业、医疗、服务等行业的许多重要任务. 而其中导航技术是移动机器人的研究核心<sup>[2]</sup>. 室内服务机器人最常见的工作环境是结构化环境, 如办公室、超级市场、家庭居室等等<sup>[3]</sup>. 在这类环境下进行一些人为的设定和约束, 可以更有效、稳定地实现机器人的功能. 以目标搜寻为例, 在一个大区域内, 机器人可依靠人工路标进行导航到达目标所在小区域, 在该小区域搜寻目标, 并到达目标位置. 目前机器人视觉导航、目标识别的技术已经较为成熟, 但一般依赖于 x86 架构的计算

机和激光传感器等设备, 其体积较大, 价格较为昂贵.

我们采用目前市场上占有大量份额的 Android 手机作为机器人的主要处理设备, 易于获取, 成本较低. 可完成基于人工路标的半自主导航, 识别具有明显颜色特征的物体, 通过语音方式远程控制等, 为小型家用机器人提供一个合理的方案和基础平台.

## 2 系统架构

系统整体采用 C/S 架构, 主要由三部分组成: 机器人搭载的 Android 手机、驱动机器人运动的 Arduino 模块和操作者控制的 Android 设备. 机器人上搭载的 Android 手机作为服务器, 利用了其自身的陀螺仪、磁力计、加速度传感器、摄像头等获取环境信息并处理, 另一台 Android 手机作为客户端与其相连, 使用图形

<sup>①</sup> 基金项目: 国家大学生创新性实验计划(201210701083)

收稿时间: 2013-06-09; 收到修改稿时间: 2013-07-08

界面和语音控制机器人, 并可得到服务器返回的角度信息, 绘制出机器人运动轨迹.

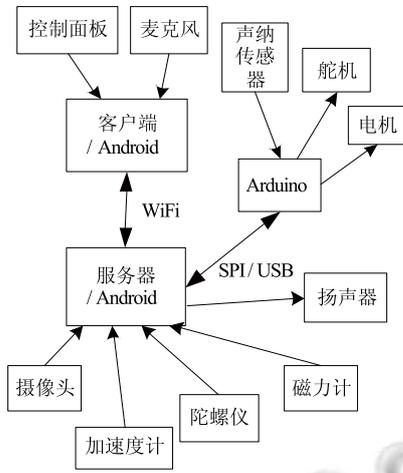


图 1 系统架构

有超声波传感器的舵机左转 180 度, 检测左边拐角, 此时处于拐角检测模式;

(3) 通过超声波传感器检测到拐角, 即测得距离突变较大时, 前进一小段距离避免与拐角碰撞, 然后原地左转 90 度, 前进到一区停止, 进入目标搜寻模式.

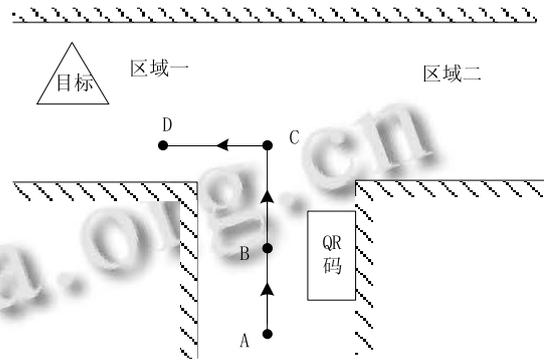


图 2 实验环境

### 3 导航方案

#### 3.1 人工路标设计

人工路标是人为设定的标记物, 机器人识别到该标记物, 可以获知周围环境的信息, 从而确定运动方向和执行下一步的任务.

人工路标的设计应当考虑识别的准确性、识别速度和对于不同信息类型的识别能力. 综合考虑, 使用已经在智能手机、互联网和许多商品中广泛使用的 QR 码作为人工路标拥有许多优势, 它的识别速度快, 数据容量大, 纠错能力强, 易于生成<sup>[4-6]</sup>. 对于机器人导航过程中, 可能出现机器人摄像头读取 QR 码时与 QR 码角度倾斜的情况. 虽然 QR 码在一定倾斜角度下仍可读取, 但为了更好的稳定性和识别速度, 我们使机器人在运行过程中不断对正 QR 码.

#### 3.2 导航策略设计

假设存在两个区域, 机器人得到运动到某个区域的命令, 根据人工路标提供的信息运动到该区域.

实验环境如图 2 所示, 在右侧边界距拐角一定距离处贴上 QR 码, QR 码的内容是“向左一区, 向右二区”. 以“前往一区”的命令为例, 执行步骤如下:

(1) 机器人在停止待命模式收到命令, 从 A 点出发, 通过超声波传感器测距, 不断调整姿态, 保持与右侧边界平行并前进, 同时检测 QR 码, 此时处于 QR 码扫描模式;

(2) 到达 B 处时, 检测并获取到 QR 码的信息, 载

#### 3.3 目标搜寻

进入到图 3 所示的目标搜寻模式后, 机器人自身旋转, 通过手机摄像头获取图像寻找目标. 目标搜寻部分采用 Android 版本的 OpenCV, 使用 JNI 调用 C++ 实现的图像处理算法<sup>[7]</sup>. 关键步骤如下:

```

Imgproc.pyrDown(rgbImage, pyrDownMat);
Imgproc.cvtColor(pyrDownMat, hsvMat, Imgproc.COLOR_RGB2HSV_FULL);
//利用高斯金字塔对摄像头获取到的图像进行下采样, 将图像从 RGB 色彩空间转换为 HSV 色彩空间, 便于分割出目标;
Core.inRange(hsvMat, mLowerBound, mUpperBound, Mask);
Imgproc.dilate(Mask, dilatedMask, new Mat());
//选取适当的阈值, 将目标分离, 并对图像做膨胀操作以便寻找轮廓;
Imgproc.findContours(dilatedMask, contours, hierarchy, Imgproc.RETR_EXTERNAL, Imgproc.CHAIN_APPROX_SIMPLE);
//对得到的图像使用 findContours()函数寻找轮廓;
MatOfPoint iContour=contours.get(indexMaxArea);
Moments mMoments=Imgproc.moments(iContour);
double x=mMoments.get_m10()/mMoments.get_m00();
double y=mMoments.get_m01()/mMoments.get_m

```

00);

Point center = new Point(x,y);

//选取其中最大的一个轮廓,使用轮廓矩计算出目标的重心位置.

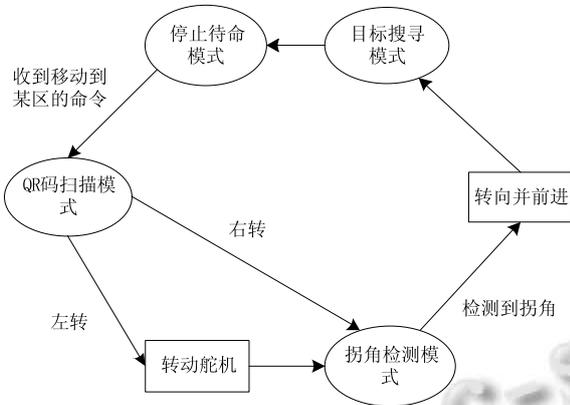


图 3 状态转移图

#### 4 操控方案

采用另一台 Android 设备作为客户端,通过 WiFi 连接到机器人搭载的 Android 手机上进行控制.该客户端可以绘制机器人的运动轨迹,除图形界面的控制程序外,还设计了一个语音控制方案.

##### 4.1 运动轨迹绘制

通过确定机器人坐标并与前一时刻的坐标相连线的方法绘制运动轨迹.

由于陀螺仪输出信号带有一定白噪声,开启陀螺仪时对它的零位电压进行测量采样.设采样周期为 T(s),第 i 次采样得到的角速度为  $\omega_i$ ,十次采样所得数据为一组,通过排序找到最大值  $\omega_{max}$  和最小值  $\omega_{min}$ ,然后对其余数据取平均值  $\bar{\omega}$  [8].

$$\bar{\omega} = (\sum \omega_i - \omega_{max} - \omega_{min}) / 8 \quad (1)$$

初始朝向(与正北方向夹角,设为角  $\theta$ )通过磁力计获取.再利用陀螺仪传感器,可获得角速度,通过软件滤波、积分计算后得到转向角度  $\beta$ ,结合初始朝向可以计算出位姿.

$$\beta = \bar{\omega} \times T \times 10 \quad (2)$$

由于手机上的加速度传感器精度不高,计算里程需要两次积分,测试中计算的位置与实际相差非常大,我们使运动时速度保持恒定.

当机器人前进时:

$$x(n) = x(n-1) + 10CT \times \cos[(\theta - \beta) \times 0.017452] \quad (3)$$

$$y(n) = y(n-1) + 10CT \times \sin[(\theta - \beta) \times 0.017452] \quad (4)$$

当机器人后退时:

$$x(n) = x(n-1) - 10CT \times \cos[(\theta - \beta) \times 0.017452] \quad (5)$$

$$y(n) = y(n-1) - 10CT \times \sin[(\theta - \beta) \times 0.017452] \quad (6)$$

其中 C 为常数,与绘制线段长短有关.

#### 4.2 PocketSphinx 语音识别系统

PocketSphinx 是一个被广泛使用的适用于嵌入式设备的大词汇量连续语音识别(Large Vocabulary Continuous Speech Recognition, LVCSR)系统 [9].Pocket Sphinx 的开发人员根据 ARM 架构特点对原有的 Sphinx-II 系统进行了修改,在嵌入式平台的运行速度也比其它几种语音识别系统识别率高、速度快 [10].通过建立机器人控制命令的语料库,生成语言模型,利用 hub4wsj\_sc\_8k 声学模型,实现了 forward, backward, turn left, turn right, stop 和模式切换等控制操作.

#### 5 实验验证与分析

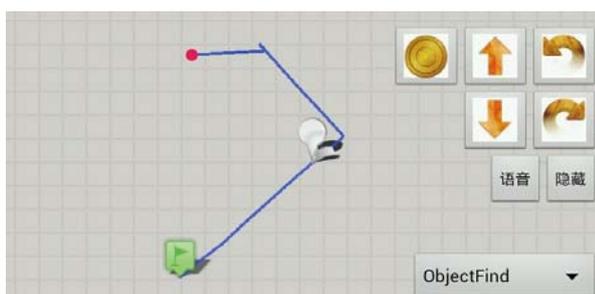
为了验证本文设计的目标检测在不同环境下的可靠性,选择了三种光照条件下的环境,在 CPU 为 armv7 架构 1GHz 主频,512MB 内存,摄像头分辨率为 500 万像素的手机上完成了测试,表 1 给出了测试结果.在强光环境下,目标检测效果一般,45% 的图像可以检测出目标,在一些偏离强光的角度下较易检测出目标.在室内工作环境的一般光照下,效果较好,检测率达到了 85%,证明本系统在该环境下可稳定工作.在较弱光照条件下效果较差,仅有两次在光照稍强处正确检测.检测程序运行时达到了 10fps 的速度,满足系统的要求.

表 1 目标检测测试结果

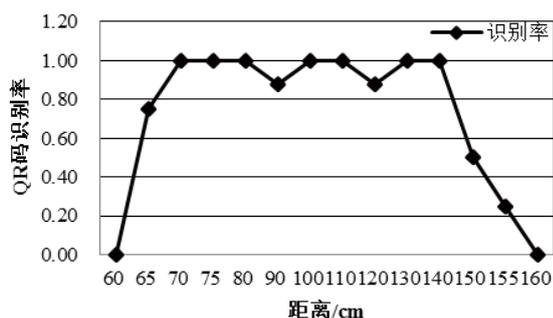
光照条件	图像数	正确检测数	正确检测率
强	20	9	45%
中	20	17	85%
弱	20	2	10%



(a) 不同环境下的目标检测



(b) 运动轨迹



(c) QR 码识别率

图4 实验结果

人工路标导航方案的关键在于路标能否被较好识别。机器人采用左右轮差分驱动,通过超声波传感器不断测距保持与墙面平行,同时检测QR码路标,运行速度为91mm/s。在实验室的室内环境下,使用边长为8.63cm的QR码,调整QR码与摄像头之间的距离测试识别效果,结果如图4(c)所示。

多次实验表明,在距离60cm内,摄像头无法识别出QR码;在65cm~150cm内,能达到良好的检测效果,检测率为90.4%。在距离大于150cm后,获取的QR码图像较小,难以识别。

## 6 结束语

本文提出的以QR码作为人工路标导航的目标搜寻机器人为室内小型移动机器人和小型家用服务机器人提供了一个良好的方案,采用智能手机作为主要处理设备,以较低的成本即可完成以往主要由PC作为处理设备完成的机器人目标检测、导航等任务<sup>[11,12]</sup>。其中目标检测在室内一般的光照条件下具有较好的识别

能力。实验表明QR码在一定距离范围内识别率较高,满足室内环境的要求。机器人实现了PocketSphinx语音识别引擎的集成,将其用于模式切换、机器人移动以及机器人任务控制,并得到运行轨迹和路标和目标位置等信息,具有较强的实用性和应用价值。

## 参考文献

- 1 蔡自兴,贺汉根,陈虹,等.未知环境中移动机器人导航控制研究的若干问题.控制与决策,2002,17(4):385-390,464.
- 2 王志文,郭戈.移动机器人导航技术现状与展望.机器人,2003,25(5):470-474.
- 3 陆新华,张桂林.室内服务机器人导航方法研究.机器人,2003,25(1):80-87.
- 4 Suriyon T, Keisuke H, Choopol B. Development of guide robot by using QR code recognition. The Second TSME International Conference on Mechanical Engineering. 2011. 19-21.
- 5 刘振宇,姜楠,张令涛,等.基于人工路标和立体视觉的移动机器人自定位.计算机工程与应用,2010,46(9):190-192,211.
- 6 吴皓.基于服务任务导向的机器人地图构建研究[学位论文].济南:山东大学,2011.
- 7 韩露,李祖枢,陈东义,等.一种Java与OpenCV结合实现的目标检测模块.计算机应用,2008,28(3):773-775.
- 8 吕盛奇,张东.实时数字滤波法在微机械陀螺中的应用研究.中国电子学会第十四届青年学术年会论文集,2008. 290-292.
- 9 Huggins-Daines D, Kumar M, Chan A, et al. Pocketsphinx: a free, real-time continuous speech recognition system for hand-held devices. Proc. of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. Piscataway. IEEE. 2006. 1-185-8.
- 10 李生笔.基于OMAP5912平台的人机语音交互系统[学位论文].太原:太原理工大学,2008.
- 11 张万绪,赵陈威,张雅爱等.基于视觉的智能移动机器人的运动目标检测与跟踪.西北大学学报(自然科学版),2012, 42(3):386-388,394.
- 12 张瑞军,张化凯.家庭服务机器人目标识别和导航方法研究.信息技术与信息化,2012,(5):89-91.