

# 移动机器人视觉导航

李志平<sup>1)</sup> 谭铁牛<sup>2)</sup> 韩光胜<sup>1)</sup> 李学恩<sup>2)</sup>

(1) 北京工业大学电子信息与控制工程学院, 北京 100022;

2) 中国科学院自动化所, 北京 100080)

**摘 要** 采用离散卷积的方法,利用 Sobel 算子, Laplace 算子和梯度算子进行卷积. 利用此 3 种方法均可实现边缘提取的目的,其中 Sobel 算子的效果最佳. 经过对实际图像的处理,证明了方法的可行性. 通过对图像的边缘检测可以对障碍物进行定位从而实现导航的要求.

**关键词** 移动机器人, 视觉导航, 边缘检测

**分类号** TP 246.6<sup>+</sup>2

移动机器人导航技术是智能机器人领域的一个重要研究方向,也是智能机器人的一项关键技术. 多年来国际国内都有大量的科技工作者致力于这方面的研究开发工作,并已在某些特定的工业领域得到了实际的应用. 将移动机器人导航技术用于扩大和提高大量残障人生活空间和自由度,对于帮助残疾人行走有重要的社会和现实意义.

智能轮椅主要依靠对语音、视觉和超声波 3 方面的导航信息进行融合控制轮椅避障行进. 作者主要讨论视觉导航部分,包括摄像机的控制、视频采集、图像处理和简单导航信息的提取.

## 1 方案设计

### 1.1 硬件结构

轮椅的硬件结构主要包括控制处理器(如便携机)、电动轮椅、超声波测距传感器、语音设备、摄像机、PCMCIA 视频采集卡以及便携机数据采集控制器等. 视觉导航部分涉及的硬件主要是摄像机和 PCMCIA 视频采集卡.

摄像机采用的是 SONY 公司生产的 EVID31 型摄像机,它具有以下优点:有自带的云台可以在水平和垂直方向高速旋转,能够自动调节焦距,自动跟踪运动检测,可通过 RS-232 串口用计算机进行控制.

视频采集卡采用美国 MicroAS 公司生产的 PCMCIA 视频采集卡. 输入信号为 PAL、NTSC 的 S\_Video 或复合视频并有扫描仪和 PhotoCD,分辨率为全电视信号 24 位真色彩,采集时间为 PAL 制 1/25 s, NTSC 制 1/30 s. 它可以采集各类各种大小的 BMP 图像并有缓存机制.

### 1.2 软件设计

选择 VisualC++6.0 作为编程语言是因为其源代码效率高,性能稳定,运算速度快并开发难度小. 软件主要包括摄像机控制模块、视频采集模块、图像处理模块,在系统中还应用了多线程理论和动态连接库的知识.

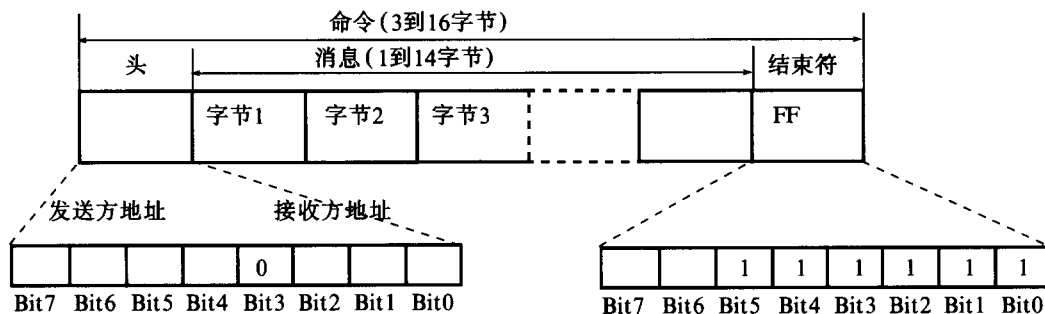
摄像机控制模块通过向串口发送命令的方式控制运动,需要满足摄像机规定的通讯协议、命令格式、地址设置等. 视频采集模块要实现对采集卡的初始化、模式设置、图像数据提取的功能. 其中涉及定义多维指针、动态分配内存、动态调整循环次数及数组的大小等. 多线程应用可以挖掘潜在的 CPU 时间,加强应用程序提高效率,加强反应能力以及进行后台辅助处理. 应用动态连接库可以在程序中记录函数入口

收稿日期: 2000-12-29

点和接口,在程序执行时才将库代码装入内存,不管多少程序使用 DLL,内存中都只有一个 DLL 副本,减少了对内存和磁盘的要求。

## 2 摄像机控制

摄像机控制的方式是通过笔记本电脑向其传送命令。通讯接口为 RS232C,速率为 9 600 bps,通讯数据格式为 8 位数据位,一个起始位,一个停止位,没有奇偶校验位。通讯要遵循一定的协议。一个命令由命令头,消息主体和结束符组成。其中命令头包括发送者地址和接受者地址。消息的主体包括 2 个字节的通讯模式,2 个字节的命令种类代码和参数,消息的最大字节数为 14 字节。结束符固定 FFH。



摄像机运动主要有 2 个方向:一个是上下方向,另一个是左右方向。其自身对这 2 个运动方向的范围、速度、精度都有规定。其中上下运动范围是相对于中心 $\pm 25^\circ$ ,向上转为正;左右方向运动范围是相对于中心 $\pm 100^\circ$ ,向左转为正。计算机控制摄像机旋转使用十六进制值表示,向上为<0000 到 012C>,向下位<FFFF 到 FED4>,向左位<0000 到 0370>,向右位<FFFF 到 C90>。由此可以求出摄像机运动的精度,最小移动角度左右方向为 $0.114^\circ$ ,上下方向为 $0.08^\circ$ 。用程序实现控制需要先设置可读写的文件和串口,将控制命令以文件流的方式写到串口中,如需精确控制旋转角度需进行十进制到十六进制的控制值转换。

## 3 视频采集

在程序中使用采集卡采集图像之前需要对采集卡进行初始化,首先要创建 CDC 类的对象 pDC,然后设置窗口句柄,再将窗口句柄转化为设备句柄,用于设置图像输出模式时作为一个参数。之后检测采集卡是否进行初始化,然后读入采集卡参数文件,设置各种参数。再检查采集卡是否准备好,准备好之后就需设置图像输出模式。这样就完成了视频采集卡的初始化工作。

程序结束之前还需对视频采集卡进行释放和关闭。如果不对采集卡释放和关闭,当再次执行程序应用采集卡时,就会出现错误。所以在程序退出时,执行 OnDestroy()函数时,一定要释放、关闭采集卡。

因为图像数据庞大,每个图像文件包括大约几十万个字节的数据,而且在图像处理过程中有许多暂存的中间值,占用了大量的内存空间导致计算机处理速度下降。为解决这一问题应用了动态分配内存的方法。动态分配内存就是定义指针变量,在使用此变量时才分配给它所需要的空间,在使用完此变量时就释放它的内存空间。这样可以有效的节省内存空间,提高系统处理速度。由于图像数据是二维的,所以要定义二维指针变量,用循环的方法为其分配地址空间。使用结束时,要及时释放地址空间,减少内存的占用。

## 4 视觉导航信息的提取

### 4.1 图像处理的基本知识

视觉导航主要依靠对摄像机采集的图像进行图像处理,进而提取用于导航的信息。所以必须了解摄像机采集的图像的格式以及图像在计算机中的存储方式和操作方式。摄像机采集的图像都是以 BMP 格

式存储的。所以需要了解 Windows 的 BMP 位图。位图就是一个像素点的矩阵, 因为一幅图像可以看作是由多行组成的, 而每一行又是由许许多多像素组成, 将这些像素点的颜色保存在文件中, 就形成一个位图文件, 把文件中像素的颜色值读取出来就可以进行图像处理和显示<sup>[1]</sup>。

Windows 的 BMP 文件由 3 部分组成: 有关文件信息的 BITMAPFILEHEADER, 有关位图信息的 BITMAPINFO 以及位图的图像数据。其中 BITMAPINFO 又由位图信息头 BITMAPINFOHEADER 和颜色表组成, 颜色表不是必须的, 比如真彩色位图就没有颜色表<sup>[2]</sup>。

## 4.2 边缘检测

图像上的边缘点可能对应不同的物理意义, 例如空间曲面的不连续点; 由于不同材料或不同颜色产生的边缘; 物体与背景的分界线; 阴影引起的边缘。虽然图像边缘点产生的原因不同, 但它们都是图像上灰度的不连续点, 或灰度变化剧烈的地方, 这意味着信号具有空间域的高频分量。数学上边缘点是信号“变化剧烈”的地方, 即信号产生阶跃处, 信号的一阶微分有最大值, 其二阶微分过零点。对二维图像信号

$$f(x, y), \text{一阶导数为 } g = \nabla f = \left( \frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right)^T.$$

实际信号都是有噪声的, 利用一阶导数最大值或二阶导数过零点的方法检测边缘点, 检测出来的都是噪声引起的假边缘点, 而真正边缘点可能不会被检测出来。这是因为噪声一般是高频信号, 在噪声的前沿和后沿, 噪声信号的导数一般要高于边缘信号的导数。解决这一问题的办法是先对信号进行平滑滤波以滤去噪声。如果滤波器的脉冲传递函数用  $h(x)$  表示, 可以对信号先滤波, 滤波后的信号为  $g(x) = f(x) \otimes h(x)$ , 然后再对  $g(x)$  求一阶或二阶导数以检测边缘点。由于滤波运算与卷积运算有互换关系。因此可以将先平滑、后滤波的 2 部分运算合并, 并将平滑滤波器  $h'(x)$  的导数称为一阶微分滤波器。实际存储在计算机中的图像信号为二维离散信号。类似于连续函数微分运算与卷积运算顺序可交换, 离散函数的离散卷积与差分运算也可交换, 若  $g(m)$  为离散信号经平滑滤波后的信号, 则:

$$g^{(1)}(m) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} f(n) h^{(1)}(m-n)$$

其中  $h^{(1)}(n)$  为一阶差分滤波器<sup>[3]</sup>。以上的平滑一阶差分滤波器经过差分可以近似看作算子。离散卷积运算可以看作算子的运算。可用于边缘检测的算子有 3 种, 分别是 Sobel 算子、Laplace 算子和梯度算子。

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

X 方向 Sobel 算子      Y 方向 Sobel 算子      Laplace 算子      梯度算子

Sobel 算子是边缘检测中唯一的一种非线性的方法, 其处理效果最好。采用算子进行卷积, 所得的结果经阈值化求出边缘点, 阈值采用求取图像 RGB 各颜色图像数据平均值的方法取得。图 2 是分别使用 3 种算子进行图像检测的结果。



(a) Sobel 算子检测结果



(b) Laplace 算子检测结果



(c) 梯度算子检测结果

图2 3种算子进行图像检测的结果

## 5 结 论

在图像处理中采用的3种算子均实现了边缘检测的效果,其中Sobel算子的效果最理想,能够检测出图像中细微的边缘.利用了动态分配内存的方法存储图像数据大大减少了内存的占用量,提高了程序的执行速度和性能.

### 参 考 文 献

- 1 赵荣椿. 数字图像处理导论. 西安: 西北工业大学出版社, 1996
- 2 刘传憬, 黄煜, 陈晓明. 多格式图像程序设计入门. 北京: 人民邮电出版社, 1996
- 3 王润生. 图像理解. 北京: 国防科技大学出版社, 1995

## Visual Navigation of Mobile Robots

Li Zhiping<sup>1)</sup> Tan Tieniu<sup>2)</sup> Han Guangsheng<sup>1)</sup> Li Xueen<sup>2)</sup>

( 1) College of Electronic Information & Control Engineering, Beijing Polytechnic University, Beijing 100022;

2) Institution of Automation, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080 )

**Abstract** Anyone of the Sobel operator, Laplace operator and gradient operator can be adopted to make the discrete convolution and to realize the edge extraction of an obstacle, and using the Sobel operator can achieve the best result. By the edge detection of an image, the obstacle can be positioned so as to attain the goal of navigation.

**Keywords** mobile robot, visual navigation, edge detection