

# 一种基于 Kinect 的自动跟随机器人设计

李飞龙,王宇俊,谭艳,葛耿育

(西南大学 计算机与信息科学学院,重庆 400715)

**摘要:**利用微软的 Kinect 传感器获得跟随目标的坐标信息包括深度信息后,在上位机上进行数据处理,计算机人本体与跟随目标的相对位置,发送控制指令到下位机,通过这样的方式实现本体对设定目标的运动跟随。在进行跟踪的同时从深度图像中判断是否存在障碍物,使用改进的人工势场法进行路径规划,以达到在有障碍的同时顺利完成跟踪的目的。通过设计机器人本体进行实验,获得了预期效果。

**关键词:** kinect;人工势场;自主跟随;避障;骨架

**中图分类号:** TP242 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3044(2013)13-3125-04

## A Design of Automatically Following Robot based on Kinect

LI Fei-long, WANG Yu-jun, TAN Yan, GE Geng-yu

(Faculty of computer and information science Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** First, coordinate information including depth information is calculated from image got by Kinect, and then the upper computer starts to process with these data, also send AT commands to the lower computer. To complete following a setting goal, such a way is been used. The robot judges from the depth image to determine whether there is an obstacle when the robot is tracing a goal. Also a kind of evolution artificial potential field is used for the robots to plan path. Then the robot can trace the setting goals smoothly. The robot body is designed to do experiment, and the result has got up to expect.

**Key words:** kinect; artificial potential field; automatically following; obstacle avoidance; skeleton

微软开发了一种 Kinect 系统,这套系统是一种包括硬件和软件的体感设备,具有实时捕捉、麦克风输入、语音识别等功能<sup>[1]</sup>。利用 Kinect 的动态捕捉可以获取运动目标的三维坐标信息。由于 Kinect 可以很容易获得目标的三维信息,研究者开始将这项功能应用在机器人的自主导航和避障上,同时 Kinect 体感设备也是一种创新的人机交互方式。

利用 Kinect 捕捉到的骨架信息获取目标点的深度信息,从而判断机器人本体与目标的相对位置,发送指令到下位机,控制机器人向目标行进,同时使用改进的人工势场法<sup>[2]</sup>进行路径规划,躲避障碍。

## 1 跟踪目标深度图像的获取与处理

Kinect 通过红外线发射器和红外线 CMOS 摄影机共同完成深度图像的获取。首先红外线发射器会发出红外光覆盖摄取区域,同时红外线摄影机接收反射光线得到深度图像,每个像素的颜色代表物体那一点到摄像头的距离。对深度图像进行分析,利用分割算法将人体部分从环境中分离出来;对正在运动的部位进行分析,建立人体骨架图。

### 1.1 跟踪目标的锁定

自动跟随机器人首先要获取跟踪目标,通过对骨架的分析后, Kinect 识别跟踪目标的骨架信息,通过拍手动作对自身进行目标锁定。锁定后 Kinect 只与锁定目标进行交互,同时摄取环境信息。

### 1.2 获取信息的处理

Kinect 获取目标的实时动态信息(包括骨架信息、坐标以及深度信息),将跟随目标的三维坐标信息与预设坐标信息进行比较,发现坐标偏移时,即对下位机发送运动控制命令,直至调整至预设坐标位置。在非理想环境下,针对获取的图像信息进行障碍物分析,将图像中障碍物分割出来,提取障碍物的坐标和深度信息。

由于 Kinect 设备与上位机是固定在机器人本体上的,摄取的深度图像会出现一定的抖动,结合改进的均值滤波算法对深度图像进去噪声去除,提高获取坐标与深度信息的准确度,从而降低系统误差的累积速度。

收稿日期:2013-03-25

作者简介:李飞龙,安徽阜阳人,硕士,主要研究方向为人工智能与智能控制系统;王宇俊,硕士生导师,主要研究方向为机器人学,工业机器人,机械手等。

本栏目责任编辑:唐一东

■■■■■ 人工智能及识别技术 ■■■ 3125

## 2 自主跟随系统的闭环控制策略

上位机与下位机通过RS232串口进行通信,由上位机发动控制命令到下位机,其中下位机主要由驱动模块与51单片机构成。单片机接收到控制指令与目标坐标信息后,自主的调节机器人的运动速度。

### 2.1 上位机与下位机的闭环控制

由于机器人跟随的目标是移动的,因此控制系统必须是闭环的,这样才能使机器人能够准确的跟踪到目标。首先Kinect获得前方的跟踪目标,在扫描到目标后,跟踪目标可做出拍手动作指令,此时机器人会自动锁定该目标,不再识别其他目标;然后上位机对Kinect采集的目标图像信息进行分析<sup>[3]</sup>,判断图像中是否包含故障点,如果包含障碍区域,需要采取相应的避障策略,避障策略将在下节详细介绍,如果深度图像中不包含障碍,则由上位机计算出运行轨迹,并向下位机发送控制指令;由于跟随目标坐标的变化,机器人本体的移动,需要先由下位机根据自身执行指令的情况向上位机请求位置反馈信息,上位机实时调整运行轨迹,向下位机发送实时的控制指令。具体流程图如图1所示:

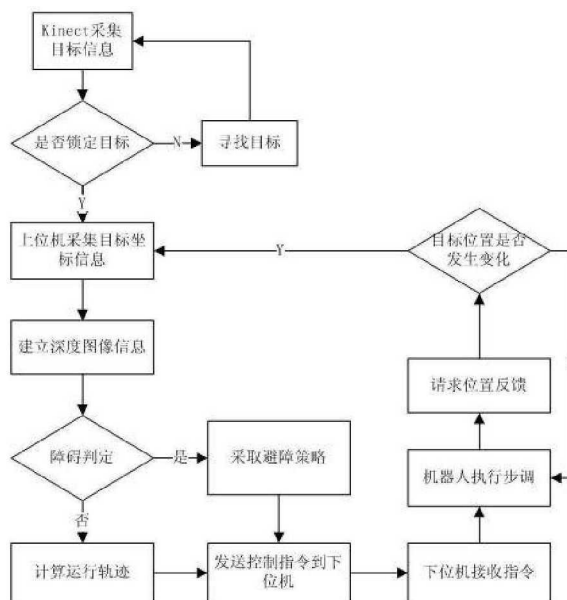


图1 系统闭环控制策略

### 2.2 基于改进人工势场法的路径规划

人工势场法是由Khatib在1986年提出的一种虚拟力的方法,该方法是将移动机器人的运动视为人工建立的虚拟场中的运动,移动机器人在人工势场中,因受到目标的引力和障碍物的斥力共同作用而运动<sup>[4]</sup>。

人工势场的基本思想是:构造目标点的引力场与障碍物点的斥力场共同作用的人工势场。在构造的人工势场中,目标点对机器人产生引力,障碍物会对机器人产生斥力,在引力与斥力共同作用下,控制机器人本体的运动。引力场的作用会随着机器人与目标点的远离而增大,斥力场的作用会随着机器人与障碍物的接近而增大,这就可以在可以保证机器人对于目标点的跟踪的同时避免发生对障碍物的碰撞。

传统的人工势场法假设机器人的运动空间是二维的,机器人在空间中的位置为 $X=[x,y]^T$ ,目标引力势场函数被定义如下:

$$U_{att}(X) = \frac{1}{2}k(X - X_g)^2$$

其中 $k$ 为位置增益系数, $(X - X_g)$ 为机器人与目标之间的相对距离。那么引力为势场函数的负梯度,得到

$$F_{att} = -\text{grad } U_{att}(X) = -k(X - X_g)$$

当机器人到达目标时,相对距离为零,相应的引力为零。与此同时,斥力势场函数被定义为:

$$U_{rep}(X) = \begin{cases} \frac{1}{2}\eta(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0})^2 & \rho \leq \rho_0 \\ 0 & \rho > \rho_0 \end{cases}$$

其中 $\rho$ 为机器人到障碍物的最短距离, $\eta$ 为位置增益系数, $\rho_0$ 为代表障碍物影响距离的常数。相应的斥力函数为:

$$F_{rep} = -\text{grad } U_{rep}(X) = \begin{cases} \eta(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0})\frac{1}{\rho^2} \frac{\partial \rho}{\partial X} & \rho \leq \rho_0 \\ 0 & \rho > \rho_0 \end{cases}$$

其中 $\frac{\partial \rho}{\partial X} = \left[ \frac{\partial \rho}{\partial x}, \frac{\partial \rho}{\partial y} \right]^T$ ,引力势场与斥力势场的混合势场为:

$$U(X) = U_{rep}(X) + U_{att}(X)$$

受到的合力为:

$$F(X) = F_{rep}(X) + F_{att}(X)$$

$F$  力就决定了机器人的运动走向。

实际上使用传统人工势场的方法进行路径规划会产生局部最小点的问题,即目标不是全局最小点。当目标在障碍物本身的影响范围内时,机器人向目标靠近时,受到的斥力逐渐增大,而引力逐渐减小,此时机器人会受到排斥而不是吸引,从而失去目标<sup>[5]</sup>。

为了避免出现目标不是全局最小点的问题,使用改进的算法避免出现局部最小点问题,改进的算法在定义斥力势场函数时将机器人与目标之间的相对距离考虑进去:

$$U_{rep}(X) = \begin{cases} \frac{1}{2}\eta(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0})(X - X_g)^n & \rho \leq \rho_0 \\ 0 & \rho > \rho_0 \end{cases}$$

其中  $(X - X_g)$  为机器人本体与目标之间的相对距离,  $n$  为一个大于零的实数。此时斥力是斥力势场函数的负梯度。机器人所受的引力和斥力如图2所示:

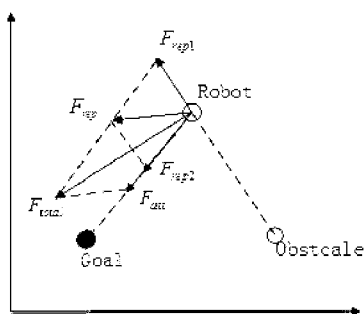


图2 机器人受力图

由图2知

$$F_{rep} = \begin{cases} F_{rep1} + F_{rep2} & \rho \leq \rho_0 \\ 0 & \rho > \rho_0 \end{cases}$$

其中  $F_{rep1}$  与  $F_{rep2}$  由  $F_{rep}$  的两个分量,分别为

$$F_{rep1}(X) = \eta(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0})\frac{1}{\rho^2}(X - X_g)^n$$

$$F_{rep2}(X) = -\frac{n}{2}\eta(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0})(X - X_g)^{n-1}$$

最终可得机器人所受的力为

$$F = \begin{cases} F_{rep1} + F_{rep2} + F_{att} & \rho \leq \rho_0 \\ 0 & \rho > \rho_0 \end{cases}$$

当机器人逼近目标时,斥力趋近于零或趋近一个小于引力的常量,这样机器人即可到达目标。

自动跟踪机器人在避障时采用基于改进人工势场法的路径规划时,并不是使机器人完全达到目标,而是使机器人与目标的相对距离保持在一个特定的范围,这个阈值根据需要进行设定。

### 3 实验结果

#### 3.1 实验平台搭建



图3 跟踪机器人平台

实验平台和环境如图3左所示,机器人本体为六轮小车,该机器人本体在运动时具有较

强的平稳性。上层由PC机连接Kinect,PC机和控制层采用RS232串口进行通信。Kinect对目标捕捉的实时情况可在PC机上显示,如图4右所示。对Kinect采集到深度图像做进一步处理得到骨架图。

### 3.2 实验效果验证

针对环境是否存在障碍物分别做了两种实验。跟踪环境中存在障碍时,机器人采用人工势场法进行路径规划,完成跟踪和自主避障的任务,实验效果如图4左所示;跟踪环境中不存在障碍物时,由上位机直接向下位机发送控制指令,完成目标的跟踪,如图4右所示。

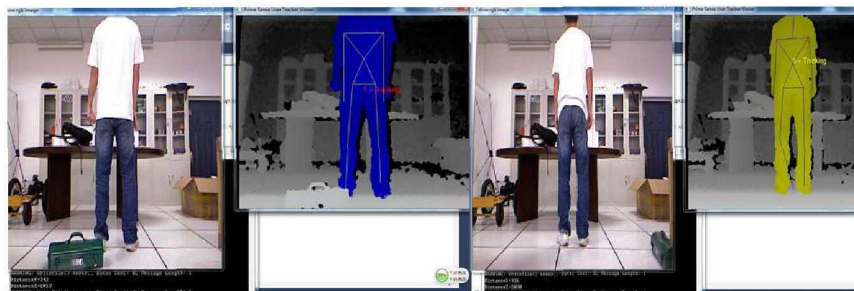


图4 机器人跟踪目标实验

### 4 结论

Kinect 体感技术的发展使得交互的方式更加便利,采用 Kinect 获得的目标坐标信息结合人工势场法能够很好的完成对目标的跟踪以及障碍的躲避。目前只是针对低速目标的跟踪和静态障碍物的躲避。鉴于 Kinect 能够很好的完成动态目标的捕捉,因此在以后的工作中有望更好的完善该机器人系统。

#### 参考文献:

- [1] 罗元,张毅.基于 Kinect 传感器的智能轮椅手势控制系统的设计与实现[J].机器人,2012,34(1):110-113.
- [2] Khabit. O. Real-Time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots [J]. The International Journal of Robotics research, 1986, 5(1):89-98.
- [3] 杨东方,王仕成,刘华平,等.基于 Kinect 系统的场景建模与机器人自主导航[J].机器人, 2012, 34(5):581-589.
- [4] 卢恩超,张邓澜,宁雅男,等.改进人工势场法的机器人路径规划[J].西北大学学报:自然科学版,2012,42(5):735-738.
- [5] 王会丽,傅卫平,方宗德,等.基于改进的势场函数的移动机器人路径规划[J].机床与液压, 2002, (6):67-69.