

自主移动机器人基于行为的导航策略及其实现

□ 杨 争 胡旭东
浙江工程学院集成技术中心

[摘 要] 为了开发具有自主导航功能的移动机器人,我们必须提供智能推理的能力,模糊控制和基于行为的导航可以实现这一点,本文讨论了把模糊逻辑推理应用到自主移动机器人的行为控制系统中。

[关键词] 基于行为 模糊控制 自主移动机器人

[Abstract] In support of research efforts to develop mobile robot capable of autonomous navigation, we must provide human reasoning capabilities. Fuzzy logic control and behavior-based navigation can implement this point. In this paper, we discuss a strategy for incorporating fuzzy reasoning into the behavior control systems for autonomous mobile robot.

[Key words] Behavior-Based Fuzzy Control Autonomous Mobile Robot

1 引言

自主移动机器人的目标是在没有人的干预下,能够在非结构化或未知环境中,自主导航和避障。

现有移动机器人存在的主要问题是缺乏灵活性和自主性,典型的例子是大多数机器人只能在预先定义的地图中或者是高度结构化的环境中执行预先规定的动作。在新的环境下或遇到意外问题时,机器人不能很好的完成任务。主要原因在于现实环境是非结构化的,存在不确定性,具体体现在:关于环境情况的预先知识通常是不全面的,不确定的和近似的;由于传感器自身的限制,感知信息存在不同程度的不确定性,直接使用感知信息很难得到准确的环境模型;控制作用并非完全可靠,如车轮打滑等。

为了解决上述问题,我们对机器人的控制采用了基于行为的结构,它能够克服环境的不确定性,可靠地完成复杂任务,且效率高,鲁棒性好。同时,我们把模糊推理运用到了机器人基于行为的结构中,可以很好地处理不确定的情况。

2 基于行为的导航策略

2.1 基于行为的结构

MIT 的 Brooks 等人首先提出了基于行为的结构所谓基于行为的控制结构是把复杂的任务分解成很多简单的可以并发执行的单元,每个单元有自己的

感知器和执行器,这两者紧耦合在一起的,构成感知动作行为,多个行为相互松耦合构成层次模型。机器人的最终操作由控制器根据行为的优先级和本身的任务作出综合的反应。

这种方法的主要优点在于每个行为的功能比较简单,因而可以通过简单的传感器及其快速信息处理过程获得比较好的运行效果。

本文采用的移动机器人基于行为的结构是建立在模糊控制的基础上的,对于移动机器人的导航来说,基本的行为包括紧急行为 emergency behavior,避障

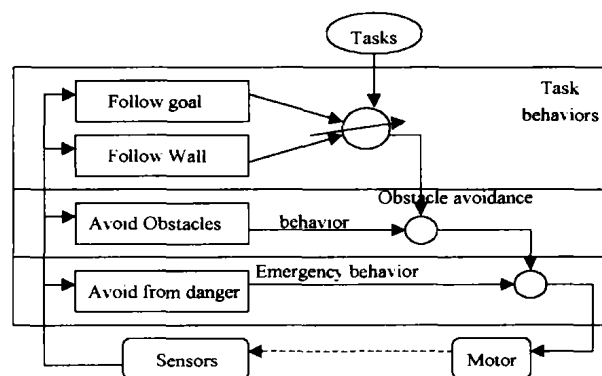


图1 基于行为的模糊控制结构

obstacle avoidance,任务行为(包括跟踪 follow-wall 和跟踪目标 follow-goal),每种行为有不同的优先级,其中应急行为优先级最高,避障次之,任务行为优先级

最低,整个体系结构如图1所示。

2.1.1 紧急行为

紧急行为比其他行为具有更高的优先级别,紧急距离是由我们预先定义的,距离传感器不断告诉移动机器人离周围障碍物的距离,当障碍物的距离在紧急距离之内时候,机器人就立即停止。因此,紧急行为如下:

● CHECK 检查周围障碍物的距离

● STOP 当障碍物的距离在紧急距离之内时,就停止

2.1.2 避障行为

● TURN RIGHT 如果障碍物在左边,就向右转

● TURN LEFT 如果障碍物在右边,就向左转如果障碍物的距离位于紧急距离之内,则该行为被忽视。

2.1.3 任务行为

由 follow-wall 和 follow-goal 两个行为组成。

follow-wall: 该行为控制机器人与墙的距离,该行为分三个步骤:(1)机器人确定距离左边和右边的墙,哪个更近,(2)沿着最近的墙运行,(3)如果该距离在跟踪距离(由我们指定)之内,则机器人向前走。

follow-goal: 该行为是用户的最终目标,当机器人前方没有障碍物时,该行为被激活。

机器人确定目标

后,就转向该目标,然后径直走过去。

2.1 模糊控制

美国加利福尼亚大学 L.A.Zadeh 教授在 1965 年提出的《Fuzzy Set》开创了模糊数学的历史,模糊数学用于控制始于 1973 年,其后模糊控制得到了迅速发展,其应用涉及经济、数据分析、工程以及其他涉及高度不确定、复杂或非线性的领域中。

2.1.1 模糊控制理论

模糊控制的实现分为三个步骤:

● **模糊化:** 通过隶属度函数把输入量转换为模

糊量。

● **模糊规则:** 把模糊量转换为控制量。模糊控制规则是基于模糊条件语句描述的语言控制规则,形式如 IF fuzzy variant THEN fuzzy control。

● **非模糊化:** 模糊控制器的输出是一个模糊量,不能直接控制机器人的运动,还需要把它转换为精确量。这个过程就是非模糊化。非模糊化的方法有三种:选择最大隶属度法(Maximum Defuzzification),取中位数法(Center-Average),加权平均判别法(Center of Gravity)。

在移动机器人的控制中,采用模糊算法可避开传统算法中存在的对移动机器人的定位精度敏感,对环境信息依赖性强等缺点,所以模糊推理在移动机器人自主导航中得到了很大的应用。

2.2.2 移动机器人的模糊控制系统的设计

由于模糊推理的运算量随着模糊规则的增长而按级数增长,所以对于复杂的系统不宜采用单一的模糊规则集,而是对不同的行为采用不同模糊规则。

1、避障行为的模糊控制 输入变量为 d , γ 分别表障碍物的距离信息和障碍物的方向信息,图2为输入量的隶属度函数。

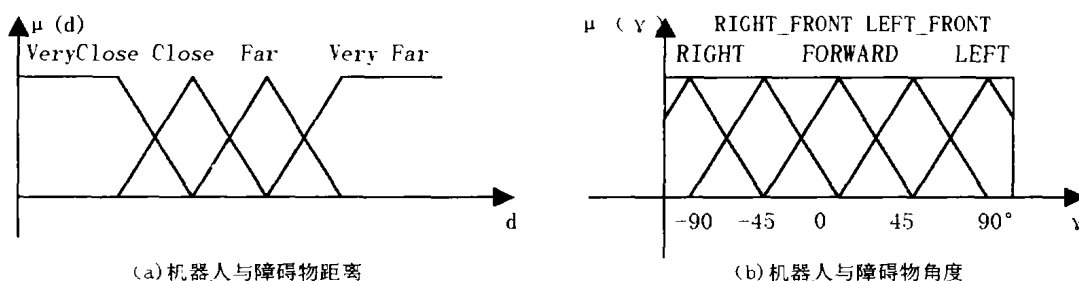


图2 移动机器人的模糊集

输出变量为 θ 表示机器人转向的角度,图3为输出变量 θ 的隶属度函数

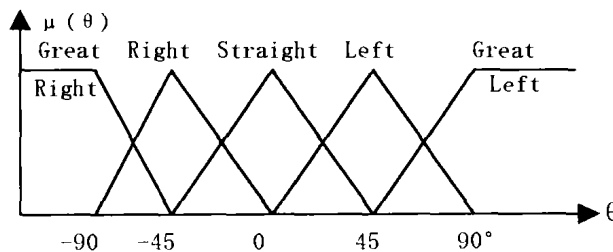


图3 移动机器人的转向角度

对于避障行为,下面三条模糊规则就可以很好地处理避障:

● IF FORWARD AND CLOSE THEN GREAT RIGHT* IF LEFT-FRONT AND CLOSE THEN RIGHT

● IF RIGHT-FRONT AND CLOSE THEN LEFT

然后我们采用最大隶属度法进行模糊判决,最后得到控制输出量的精确量。为了简化处理,我们要求移动机器人保持匀速运动。

2、跟踪 follow-wall 行为的模糊控制

模糊控制的输入量为 x_1 , x_2 分别表示移动机器人距离左边墙和右边墙的距离,其隶属度函数可以采用图 2(a)。

模糊规则如表 1:

表 1 follow-wall 行为的模糊规则

$x_2 \backslash x_1$	VN	N	F	VF
VN	S	S	S	S
N	S	S	R	R
F	S	L	S	GR
VF	S	L	GL	S

3、目标跟踪行为的模糊控制

模糊控制的输入量为 x_3 , x_4 分别表示与目标的距离和角度,它们的隶属度函数分别采用如图 2(a)、(b)所示。

输出量为机器人运行的方向和速度,我们设定两个速度 speed1 和 speed2(speed2 > speed1)

模糊规则如下:

IF FORWARD AND FAR THEN STRAIGHT AND SPEED2

IF FORWARD AND NEAR THEN STRAIGHT AND SPEED1

IF RIGHT THEN GREAT RIGHT

IF LEFT THEN GREAT LEFT

IF RIGHT-FRONT THEN RIGHT

IF LEFT-FRONT THEN LEFT

3、应用实例

我们把基于行为的模糊控制策略运用到 ActivMedia 公司的 Pioneer2 机器人上。该机器人具有开放式的结

构,用户可以利用它提供的 behavior 语法编写自己的算法来实现机器人的控制。

首先定义三个行为, sfInitBehavior 的第三个参数为行为的优先级。

sfInitBehavior(avoidObstacle, "avoid obstacle", 0);

sfInitBehavior(followWall, "followWall", 1);

sfInitBehavior(followGoal, "followGoal", 1);

限于篇幅限制,这里仅给出 followGoal 行为的定义 BeginBehavior followGoal

Rules

if forward and far then speed 200

if forward and near then speed 100

if right then right sharply

if left then left sharply

if right-front then right

if left-front then left End Behavior

4、结论

自主移动机器人由于传感器的限制以及周围环境的不确定性,很难预先对机器人的移动路径进行规划。为此,本文采用基于行为的结构,结合模糊推理算法,实现对移动机器人的控制。我们采用的方法在 Pioneer2 机器人上进行了实验,结果显示该机器人在未知环境下可以按照我们程序的要求实现目标的跟踪和避障,且算法的实时性好。

参考文献

- [1] 蔡自兴 周翔等,基于功能/行为集成的自主式移动机器人进化控制体系结构。机器人 2000.5, Vol 22(3):169~175。
- [2] 冯建农 柳明 吴捷,自主移动机器人智能导航研究。机器人, 1997.11, Vol19(6):468~475。
- [3] 李士勇等,模糊控制和智能控制理论与应用。哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 19904、Brooks R A. A Robust Layered Control System for A Mobile Robot. IEEE Journal of Robotics and Automation, 1986, RA-2

启 事

1 本社 2001 年第 3 期杂志现已售完。

2 为了您能按时收到杂志与发票,凡订购杂志的同志请将姓名、详细地址、邮编写清楚。凡需发票者,请将单位写清楚。谢谢!