

# 一种家居机器人路径规划方法的研究

孙柏林<sup>1,2</sup>, 高珏<sup>2</sup>, 孔超<sup>1,3</sup>, 许华虎<sup>1,3</sup>

(1. 上海大学 计算机工程与科学学院, 上海 200444;

2. 上海大学 计算中心, 上海 200444;

3. 上海上大海润信息系统有限公司, 上海 200444)

**摘要:** 目前为止, 已经存在多种路径规划方案, 各有优缺点。文中结合栅格法与势场法的优点, 而本身方法的缺点可以通过对方的优点来克服, 为家居机器人提供一套有效可行的路径规划方案。由于局部采用势场法规划路径, 栅格的大小可以适当变大, 这样可提高全局路径的搜索效率; 而在规划局部路径时可忽略当前局部以外的因素, 能够处理好突发情况。该方案在“家庭生活支援多机器人系统”中得到较好的应用, 机器人能够根据周边情况及时调整好自己的行走路线。

**关键词:** 栅格法; 势场法; 家居机器人; 路径规划; 仿真

**中图分类号:** TP242.6

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2012)03-0067-04

## Study on Path Planning of Indoor Robots

SUN Bai-lin<sup>1,2</sup>, GAO Jue<sup>2</sup>, KONG Chao<sup>1,3</sup>, XU Hua-hu<sup>1,3</sup>

(1. School of Computer Engineering and Science, Shanghai University, Shanghai 200444, China;

2. Computing Center, Shanghai University, Shanghai 200444, China;

3. Shanghai Shangda Hairun Information System Co. Ltd, Shanghai 200444, China)

**Abstract:** So far now, there are many methods with advantages and disadvantage respectively. With the combination of advantages of grid method and artificial potential field method, whose weak point is conquered by the counterpart, it is effective in path planning for family robot. As the method of artificial potential field is used locally, the size of grid could be large, so that the efficiency of search is high. In local path planning, the robot can deal with emergency situation properly. It is well used in the project named “family life support multi-robot systems”.

**Key words:** grid method; APFM; family robot; path planning; simulation

## 0 引言

一方面, 社会快速发展, 人们变得越来越繁忙, 有时无法顾及家庭; 另一方面社会技术也日新月异, 这就为家居机器人的产生和发展提供了市场和技术基础。家居机器人从20世纪80年代兴于欧美等发达国家, 我国在90年代末才开始相关的研究<sup>[1]</sup>。机器人技术涉及到相关很多方面, 路径规划问题就是研究移动机器人必须解决的基本问题之一。移动机器人路径规划主要是指在采集一定环境信息基础之上, 按照一定的评价标准为机器人规划出从起始点到目标点的有效路径。

经过多年发展研究, 相继出现多种方案, 有传统的

路径规划方法, 如栅格法、拓扑图法等; 也有非传统的方法, 如遗传算法、蚁群法等。并且随着时间的推移, 这些方法还在不停地得到改进。一般选取何种方式是根据机器人具体工作环境和特定任务来决定的。

## 1 家居机器人路径规划问题的方法

文中的研究内容是家居机器人的路径规划问题, 顾名思义家居机器人的工作环境是家庭室内, 就其工作环境范围来讲, 相对于室外工作的机器人要小得多。家居机器人一般执行的任务是室内巡防等, 如照看家中的老人、小孩, 24小时不间断监测老人的身体状况等将室内的情况实时地传输给主人。

考虑到机器人具体的工作环境及任务, 就可以设计具体的路径规划方案了。首先这一方案要能够轮流室内每一处可以移动到的位置, 其次要能够从家中任一位置移动到特定的地点。机器人决策出的路径应当是最好或者是次好的, 这样既提高了工作效率又减少

收稿日期: 2011-07-31; 修回日期: 2011-11-02

基金项目: 国家高技术研究发展“863”计划(2007AA041604)

作者简介: 孙柏林(1986-), 男, 江苏盐城人, 硕士研究生, 研究方向为家居机器人路径规划、定位; 许华虎, 教授, 研究方向为计算机多媒体、CIMS、网络等。

了能源的损耗。在机器人按照决策出的路径移动的过程中还要能够实时地进行调整,设想在机器人按照既定路径移动的过程中出现以下的情况:

- 原来房间之间开着的门在机器人移动到门口的时候被谁关上了;

- 既定路线中突然出现一把椅子,这在机器人移动之前所记载的环境信息中是没有的;

- 在移动过程中碰到无意识的动态障碍物,比如家里有一只调皮的宠物狗,它就喜欢追着机器人满屋子跑;

- 家中有个两三岁小孩,他也许会以为机器人是一件玩具,从而有可能影响到机器人的正常工作。

以上这些情况都要在路径规划方案中有所体现。

综合以上分析,文中提出结合栅格法与势场法的优点,克服彼此的缺点,帮助制定出实用可行的路径规划策略。栅格法的特点是简单、易于实现,它的优势在于比较实用于全局路径的规划,它的缺点在于如果工作环境太大,容易造成搜索时组合爆炸问题。文中机器人的工作环境限定在家居室内,又有势场法辅助,因此不存在工作区域太大的问题。但是栅格法在局部动态制定路径策略时不易,实时性不好,所以引入势场法辅助制定路径,人工势场法的优势在于能够迅速躲开突发障碍物,实时性能比较好。文中所提供方案的中心思想是,首先根据栅格法制定出机器人的初始全局路径,然后将路径根据实际情况划分成段,在每一段中实行势场法确定行走路线。

## 2 栅格法与人工势场法融合方法

栅格法在 1968 年由 W. E. Howden 首次提出<sup>[2]</sup>。该方法是将机器人工作环境地图采用栅格化表示出来。栅格的大小根据实际情况来定,栅格面积越小,分辨率越高,但是相应计算复杂度也越高;相反栅格面积越大计算复杂度变小,分辨率则相应变小<sup>[3]</sup>。假设机器人工作环境的最大长度为  $L$ ,最大宽度为  $W$ ,栅格为正方形宽度为  $b$ ,那么栅格数为  $(L/b) \times (W/b)$ 。可以将栅格图看成具有二值信息的网络单元:

$$\text{grid}(i,j) = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$$

值为 0 表示该栅格为自由区域,值为 1 表示该栅格为障碍区域。图 1 为典型的经过栅格划分处理过的环境地图。

图中灰色栅格表示障碍物区域,默认地图边界为障碍物区域。假设机器人初始位置为 A,正在寻找前往目标点 B 的路径,具体的执行过程学者们已经提出了许多方案,如 Dijkstra 算法、FloodFill 算法和圆形传播算法等<sup>[4,5]</sup>。

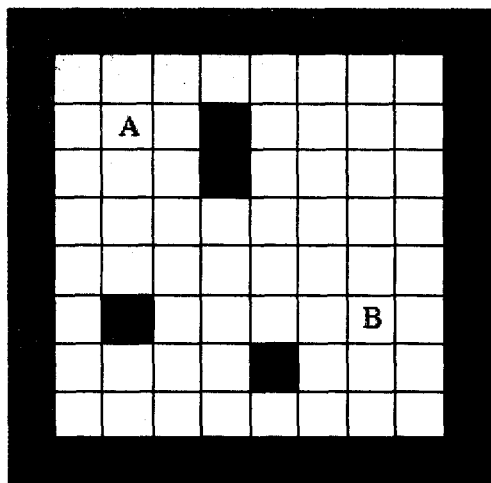


图 1 典型的栅格划分环境图

人工势场法<sup>[6]</sup>是由 Khatib 于 1985 年提出,此法是解决机器人局部路线规划比较常用的方法之一<sup>[7]</sup>。其基本思想是将机器人的运行空间虚拟成一个有力存在的场地,使得在该势场中移动的机器人受到其目标位置引力场和障碍物周围斥力场的共同作用<sup>[8]</sup>,如图 2 所示:

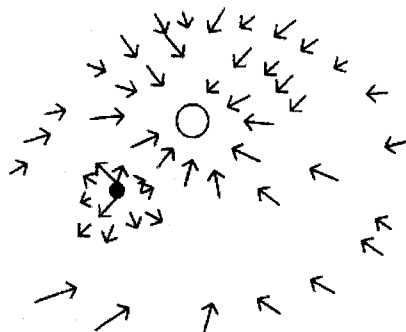


图 2 目标物与障碍物的引力场

图 2 中白圈表示目标点,在周围引力场的作用下对机器人产生引力;黑圈表示路径中碰到的障碍物,在斥力场的作用下对机器人产生排斥的力,迫使机器人远离自己<sup>[9]</sup>。

势场法中最重要的就是势场函数的确定,分为斥力场函数与引力场函数。

融合以上两种方法关键在于在两者之间的切换,将在下文具体介绍。

## 3 家居机器人路径执行策略

文中假定机器人工作环境为一普通家庭住所,并且在规划路径时已有整体环境的地图数据,主要是墙体轮廓及固定的家具位置。如图 3 所示,图中机器人当前位置在 A 点,需先到 B 点采集数据然后再到 C 点,dog 标志圆点表示一只正在客厅玩耍的小狗的位置,它的运动轨迹是不可预知的。按照文中方法路径规划执行步骤如下。

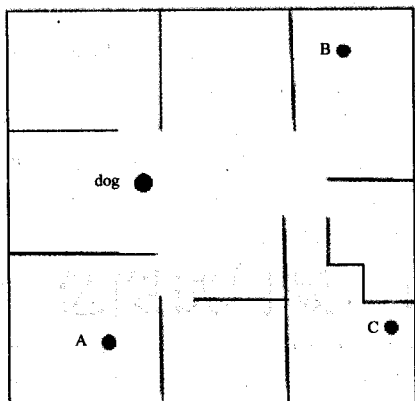


图3 机器人工作环境总体概图

### 3.1 栅格法处理整体路径规划

文中栅格法用来确定整体上的大概路径,因此栅格的大小可以适当大一点,这样既可提高搜索效率又不影响路线精度。栅格化图如图4所示。

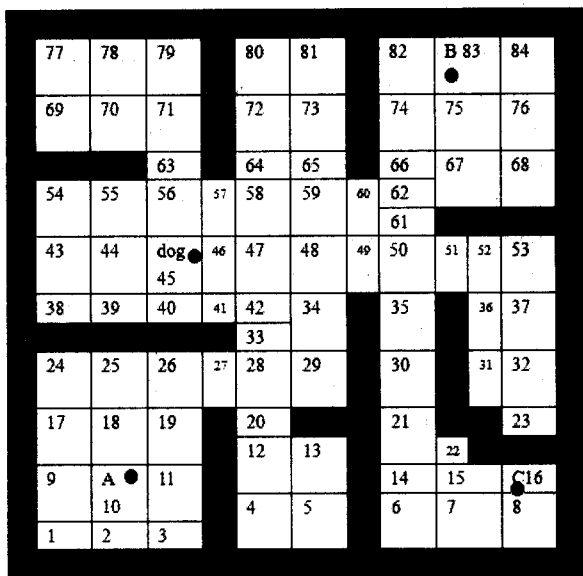


图4 栅格化环境图

图中栅格大小不一,共有三种,并且对全局栅格图进行编号。相邻栅格之间的距离可定义为栅格中点之间的距离。在栅格法搜索路径的过程中不考虑运动的物体。由于栅格划分的比较大,故可以采用广度优先搜索的方法找出最短路径。最终得出的路径要标示出经过的关键区域,关键区域主要指门口区域或者一些连接两个局部区域的部分。文中的关键区域包括27、20、35、51、63、64、65、61、62。划分出关键区域有助于在下一步中规划局部路径时确定具体的范围。

采用广度优先搜索法得出的路径为:10(A) 18 25 26 27 28 33 42 47 58 59 60 62 66 74 82 83(B) 82 74 66 62 61 50 35 30 21 14 15 16(C)

### 3.2 势场法处理局部路径规划

首先将第一步中所得的整体路径进行划分,划分规则为从起始点开始,直到遇到一个关键点或目标点,

其为一个局部。所以划分上述路径得6个局部:

10(A) 18 25 26 27  
27 28 33 42 47 58 59 60 62  
62 66 74 82 83(B)  
83(B) 82 74 66 62 61  
62 61 50 35  
35 30 21 14 15 16(C)

对于每一个局部,机器人都将根据势场法得出的路径前行。当完成所有局部路径时,路径规划任务也即完成<sup>[10]</sup>。

文中采用的势场函数为:

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

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

参数说明:

$k$  是目标点对机器人产生的影响系数;  
 $X - X_{goal}$  为机器人与目标点之间的距离;  
 $c$  是障碍物对机器人产生的影响系数;  
 $\rho$  为机器人与障碍物之间的最短距离;  
 $\rho_0$  是一个常数,代表障碍物的影响距离。

当机器人确定障碍物跟目标点时,其他区域的障碍物将不予考虑。机器人受引力与斥力共同作用,得出前行方向<sup>[11]</sup>,如图5所示。

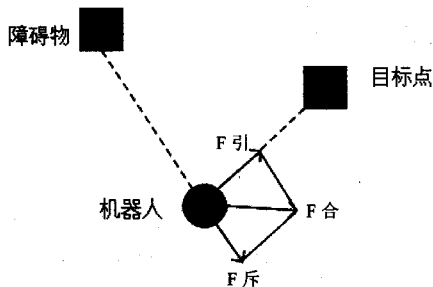


图5 机器人受力作用图

采用势场法的优点如下:

- 实时性强,符合家用机器人的性能。
- 能够有效地避开运动中的物体。

## 4 仿真结果

根据上述算法介绍,文中通过 VC 6.0 进行仿真。根据当前点的位置,通过受力情况确认机器人的运动方向。在运行一小段距离后重新计算受力情况,确认下一步运动方向,直至运行到终点。

仿真的参数如下:

$\rho_0$  为图中图形宽度的 3/16;  
 $k = 1$ ;  $c$  等于图中图形宽度。

仿真结果如图 6 所示。

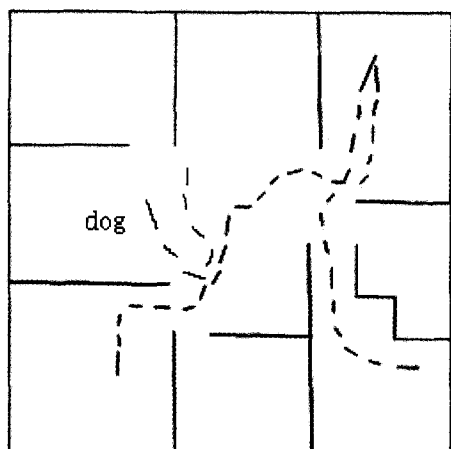


图 6 家居环境路径规划仿真图

图 6 中黑线表示机器人的运动轨迹,短黑线表示宠物狗的运动轨迹。观图可说明机器人在运动过程中可有效避开突然靠近的物体。

## 5 结束语

机器人路径规划问题的研究已经持续多年,并且可以预见在以后相当长的一段时间里研究工作将越来越深入,实际需求也越来越大。每种方法在实际应用中都会碰到很多问题。文中提出的运用栅格法与势场法相结合的方法,可扬长避短,特别对处理局部运动物体比较实用有效,很适合家居这种环境,但是对于势场法中容易产生极小值问题、在狭窄通道中容易摆动等问题还需进一步完善<sup>[12]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 刘华军,杨静宇. 移动机器人运动规划研究综述[J]. 中国工程科学,2006(1):85-94.
- [2] 刘一松,魏 宁,孙亚民. 基于栅格法的虚拟人快速路径规划[J]. 计算机工程与设计,2008(3):1229-1230.
- [3] 王卫红,顾国民. 基于栅格法的矢量路径规划算法[J]. 计算机应用研究,2006(3):57-59.
- [4] 王醒策,张汝波. 基于势场栅格法的机器人全局路径规划[J]. 哈尔滨工程大学学报,2003(4):170-174.
- [5] Barraquand J. Monte-Carlo algorithm for path planning with many degrees of freedom[C]//Proc of IEEE Int Conf on Digital Object Identifier. [s. l.]:[s. n.],1990.
- [6] 张建英,刘 瞰. 基于人工势场法的移动机器人最优路径规划[J]. 航空学报,2007(8):1723-1728.
- [7] 梁文君. 机器人动态路径规划与协作路径规划研究[D]. 杭州:浙江大学,2010.
- [8] 纪 迪. 人工势场法在机器人避障路径规划中的应用[J]. 软件导刊,2010(7):83-85.
- [9] 黄炳强,曹广益. 基于人工势场法的移动机器人路径规划研究[J]. 计算机工程与应用,2006(27):26-28.
- [10] Kim Jin-oh, Khosla P. Real-time obstacle avoidance using harmonic potential function[C]//IEEE Conf on Digital Object Identifier. [s. l.]:[s. n.],1991:790-796.
- [11] Kitamura Y. 3-D path planning in a dynamic environment using an octree and an artificial potential field[C]//IEEE Conf on Digital Object Identifier. [s. l.]:[s. n.],1995:474-481.
- [12] Ahmad A M. Solving the narrow corridor problem in potential field-guided autonomous robots[C]//IEEE Conf on Digital Object Identifier. [s. l.]:[s. n.],2005:2909-2914.

(上接第 66 页)

有所降低,如何更加有效地推测链路丢包率是今后主要工作。另外,在推测过程中假设网络拓扑不发生变化,但在实际应用中,传感器网络的网络拓扑具有时变特性,考虑到网络拓扑的变化因素,怎样建立一个更加符合实际的基于网络拓扑时变的测量模型也是一个重要研究方向。

## 参考文献:

- [1] 李贵山,蔡皖东. 网络断层扫描技术的研究与发展[J]. 测控技术,2008,27(2):1-3.
- [2] 曾迎之,苏金树,夏 艳. 无线传感网安全数据聚合研究[J]. 计算机工程与设计,2008,21(2):23-25.
- [3] Coates M, Hero A, Nowak R, et al. Internet tomography[J]. IEEE Signal Processing Magazine,2002,19(3):47-65.
- [4] 赵 涛,蔡皖东,李勇军. 基于网络断层扫描的传感器网络测量技术[J]. 计算机工程,2008,34(6):13-15.
- [5] Tsang Y, Coates M, Nowak R D. Networks delay tomography[J]. IEEE Transactions on Signal Processing,2003,51(8):

2125-2136.

- [6] 宁宜杰,赵 海,尹震宇,等. WSN 中的一种多传感器数据融合算法[J]. 小型微型计算机系统,2009(8):52-54.
- [7] 李志宇,史浩山. 基于最小 Steiner 树的无线传感器网络数据融合算法[J]. 西北工业大学学报,2009,27(4):558-564.
- [8] 刘林峰,刘 业. 基于热点区域场景的无线传感器网络混合式拓扑控制算法研究[J]. 计算机技术与发展,2010,20(10):8-11.
- [9] 钱 峰,胡光岷. 网络层析成像研究综述[J]. 计算机科学,2006,33(9):12-17.
- [10] 赵 佐,蔡皖东. 基于简单网络断层扫描的失效链路定位研究[J]. 计算机科学,2010,37(1):108-111.
- [11] 王爱平,张功营,刘 方. EM 算法研究与应用[J]. 计算机应用与发展,2009,19(9):108-110.
- [12] Zhao Yonggang, Govindan R, Estrin D. Residual Energy Scan for Monitoring Sensor Networks[C]//Proc of IEEE Wireless Communications and Networking Conference. Florida, USA: [s. n.],2002.