

基于超声波传感器测距的家用自主式移动吸尘器路径规划算法

王火亮, 孙守迁

(浙江大学 信息学院 计算机科学与工程学系, 浙江 杭州 310027)

摘 要: 为了提高家用吸尘器使用的效率,并保证安全性和可靠性,提出利用超声波传感器来测距的环境信息采集的吸尘器清扫路径规划算法。首先简要描述了机器人路径规划的目标、超声波测距的工作原理;分析了家用自主式移动吸尘器设计时所面临的问题;提出了一种基于超声波传感器的家用自主式移动吸尘器路径规划算法,该算法有效地减少了吸尘器清扫某个具体环境的时间,提高其清扫效率,同时具有自动检测障碍物、自主避障的功能。

关键词: 移动机器人; 超声波测距; 环境建模; 避障; 路径规划

中图法分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1001-3695(2002)08-0057-02

Ultrasonic Sensor-based Home-used Moving Cleaner Path Planning Algorithm

WANG Huo-liang, SUN Shou-qian

(Dept. of Computer Science & Engineering, College of Information, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang 310027, China)

Abstract: For improving the efficient of home-used cleaner and guaranteeing security, this paper puts forward an Ultrasonic Sensor-based Home-used Moving Cleaner Path Planning Algorithm. The Algorithm can also reduce the used time when home-used cleaner cleaning in an environment, while it makes the cleaner which has functions of auto obstacle detection and auto obstacle avoidance.

Key words: Mobile Robot; Ultrasonic Ranging; Environment Modeling; Obstacle Avoidance; Path Planning

1 引言

在机器人设计中,利用传感器来采集环境信息的建模和路径规划是其中的最为关键的技术。一般来讲,建模技术主要考虑如何选择传感器和采用何种环境信息建模方法。由于自主式机器人导航的实时性和避障的可靠性,要求获取环境信息的传感器既要有足够的视场用以覆盖整个工作空间来获得完整的环境信息,又要具有较高的采集信息速率以保证机器人运动时能提供实时的信息^[1]。机器人路径规划则在环境信息模型的基础上,针对某个特定的问题状态出发,寻求一系列行为动作,并建立一个操作集合。该集合具有时间上的序列关系,并直到目标状态为止。因此它侧重于问题的求解过程,而不是求解结果。即寻求某个机器人的动作序列,这个序列能够使该机器人达到预期的工作目标,完成规定的任务^[2]。

2 家用自主式吸尘器设计问题分析

在进行家用自主式吸尘器设计时,需要考虑设计的成本、吸尘器的重量,以及电池类型和功率等因素。以上的因素是相互关联的,如电池类型和其功率的选择直

接关系到吸尘器的最终成本。而吸尘器的重量又与吸尘器电池的选择直接相关。因为吸尘器的重量关系到吸尘器在移动时克服地面摩擦做功的大小,而吸尘器移动时能量的提供者正是装载在吸尘器上的电池。由于电池本身是吸尘器的一部分,在选择电池时不仅要考虑到电池本身的功率,还要考虑到电池的重量这个因素。

超声波传感器的选择正是考虑了以上因素间的关系,因为超声波传感器与其它传感器相比更加适合于家用的自主式移动机器人,它具有成本低廉,采集信息速率快,距离分辨率高,重量轻、体积小、易于装卸等优点。同时,为了提高吸尘器的清扫效率,尽量地减少一些区域的多次重复清扫和转弯次数等来提高电池的利用率,并确保整个空间的清扫全部完成。因此设计一种符合上述目标的吸尘器清扫路径规划算法是家用自主式吸尘器设计的关键所在。

3 基于超声波传感器测距的基本原理

超声波测距是通过不断检测超声波发射后遇到障碍物所反射的回波,从而测出发射和接收回波的时间差 TOF 距离 $S = C \cdot \text{TOF} / 2$ 。式中的 C 为超声波波速^[3]。由于超声波也是一种声波,其声速 C 与温度有关,表 1 列出了几种不同温度下的声速^[3]。在使用时,如果温度变化不大,则可认为声速是基本不变的。如果测距精度要

收稿日期: 2001-09-23

求很高,则应通过温度补偿的方法加以校正。声速确定后,只要测得超声波往返的时间,即可求得距离。这就是超声波测距仪的机理。其系统框图^[3]如图1所示。

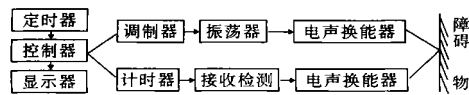


图1 超声波测距原理框图

表1 声速与温度关系表

温度(°C)	-30	-20	-10	0	10	20	30	100
声速(米/秒)	313	319	325	323	338	344	349	386

4 基于超声波测距的吸尘器路径规划

本文在充分考虑家用自主式移动吸尘器的工作环境和设计时的相关因素的基础上,提出了一种能有效地提高吸尘器清扫效率的沿边走路径规划算法。

4.1 沿边走吸尘器路径规划算法简介

所谓沿边走,顾名思义,是让移动机器人沿着墙边移动。在移动过程中,可以不断根据与墙边的距离调整所走方向,这样对于在移动中自身坐标不是很确定的机器人来说,可以辅助周边的事物对其当前位置进行调整。这就是我们采用“沿边走算法”的基本出发点。

当然,我们也考虑了效率的因素。首先,对于移动机器人,转弯是相当费时的,理论上,除了顺次扫描,沿边走能有效地减少转弯的次数。另外,考虑到家用型吸尘器通常工作环境为不大的房间(一般不超过30²m),而我们采用的超声波传感器有效测距范围是2m,这样,采用“沿边走算法”,能在沿墙边2m的空间中始终采用沿边走的策略。也就是说,对于5×6²m的房间,采用沿边走的策略可以扫描28²m的范围(对于这样的效率,我们认为可以接受的),而对另外2²m的空间可以采用扫描方法进行处理。这就是说,沿边走算法通常会分为两个步骤来进行:首先是沿着墙边进行有次序的扫描;另外是对于房间中间部分的扫描。当然由于在这一部分区域中,机器人可能无法探测到墙壁或其它障碍物,可能会迷失方向,因此,并不需要采用沿边走策略。

4.2 沿边走过程

下面我们看一下在“沿边走算法”中的第一个步骤,我们称之为沿边走过程。在沿边走过程中,我们会遇到以下几种情况:

(1) 墙边的障碍物。对于墙边存在的障碍物,如衣柜、沙发等,通常可不去理会,因为对于移动机器人来说,它会把这些障碍物当作墙壁来处理,在此不讨论了。

(2) 不在墙边,但在沿边走过程中会碰到障碍物,对于此类障碍物,由于不在墙边,因此,在走第一圈时是不会碰到的;但由于离墙边的距离小于超声波传感器的测距范围,因此会记录到障碍物链中。因为,我们关心的是沿着墙壁走以及离墙壁的距离,对这类障碍物并不需要进行特别处理,而只需沿墙壁的方向绕开即可。

(3) 机器人自身定位。为了能够提供机器人坐标系与全局坐标系的转换,机器人自身的坐标是相当重要

的。相对机器人转弯的角度误差,我们较为相信移动机器人步进机前进时的距离信息。这也正是我们采用沿边走算法的主要因素之一。因为,我们认为墙壁是直的,四周的墙壁应该形成矩形,这样在机器人沿墙边走的同时,可利用机器人与墙壁的距离来进行角度调整。

另一方面,在沿边走算法中,机器人每走完一圈就要将移动时离墙壁的距离递增,因此,需要对完成一圈的行走进行判断。我们是通过两方面的信息进行的:

角度信息。当机器人进行转弯时,记录下角度值表示当前的行走方向。由于多数是90°的转弯,因此可以对接近90°的弯进行近似,这样就可以根据当前角度值判断机器人是否走完了一圈,如果与初始角度值相同,则可认为在角度上机器人完成了一圈的行程。这样做,主要是有90°的近似处理,因此只要在一圈中误差不超过45°就可以进行判断了。另外,由于是沿边走,在一圈中机器人转弯次数并不多,因此,我们可以较好地处理机器人转弯时带来的角度误差。

直角坐标信息。这一点不需要多介绍,因为距离信息始终是很重要的。由于我们认为机器人步进机采样的距离信息是相对可靠的,因此,我们对机器人获取的直角坐标信息无需做任何处理。

结合两方面的信息,我们就可以完整而且准确地判断“走完一圈的过程”。

(4) 非直线型障碍物。前面提到的都是针对直线型障碍物的处理,因为我们认为大多数障碍物对于机器人来说,多可认为是直线型的。然而,当我们面对非直线型障碍物时,会遇到什么样的问题呢?在这里,我们就来讨论一下。首先,对于墙边的障碍物,如果是非直线型的,机器人经过时,会认为它与墙壁的距离在不断变化;同时,根据前面谈到的,机器人为了维持与墙壁的距离,会不断调整角度,因此它不会认为障碍物是非直线型的,这样就会造成很大的麻烦。为处理这种情况,我们采用角度调整窗口。所谓角度调整窗口,是对于机器人在微调角度时,用于记录历史数据的窗口。这样就可根据历史角度微调的数据判断是否遇到非线型的障碍物了。因为,碰到非线型的障碍物,机器人会不断向一个方向转动,然而,一般做微调时,主要是由于地面摩擦或偶然出现的因素造成的(因为在此之前,机器人的移动过程已经被反馈纠正过了),这些因素的出现是随机的,因此,机器人不可能始终向同一方向微调。这样就可有效地区别非线型障碍物与随机事件产生的机器人微调了。在遇到非线性障碍物后,将转过的角度之和记录下来,当然,这样就相当于没有墙壁作参考;然而,由于只要在一圈中误差不超过45°,就可满足算法的精度要求了,因此,我们认为是可行的。

另外,对于不在墙边的障碍物,如果是非直线型的,先来看看如果不进行处理,会有什么后果。对于一般非墙边的障碍物,在遇到后,机器人会选择沿墙边的方向绕过(因为不在墙边,可以肯定能够从墙边绕过)。在此过程中,我们将记录下当前扫描离墙边的距离信息,然后,执行绕动过程。这一过程相当简单,(下转第61页)

表 1 两种请求方式通信量的比较

传送数据 大小	不指定 URL 请求		指定 URL 请求	
	Binding	Invoke	Binding	Invoke
1	4527 (34)	1339 (12)	1042 (8)	406 (6)
1 K+1		2341 (12)		1406 (6)
10 K+1		11702 (31)		10766 (15)

括号内数据是传送数据包的个数。从表 1 中看出指定 URL 请求和不指定 URL 请求比较,控制数据量明显要小(3~4 倍的差距)。

不指定 URL 绑定总共做了三次连接打开,又三次断开,时间开销上当然大大多于指定 URL 请求方式。另外,前一种方式绑定完成后,连接由于断开,以后的请求仍然需要建立连接来完成通信,请求完毕后,断开连接。单从请求的角度比较,又比 URL 方式差。

(3) 消息尺寸

从上面可以得到一个简单的结论:高处理速度可以使用少量请求,每次传递大量的数据来实现;而不是用多个请求,每次只传递少量的数据。但在单个消息中传递大量的数据又有另一个问题:如果消息太大,处理速度就会下降,下降的原因包括 TCP 缓冲区问题和进程空间的增加。

一般当一次传递数据量大于 10k 后,不同请求方式差别变小,因为这时附加的传输数据包大小基本可以忽略,就一般企业应用软件建议一次请求传递数据包的大小在 2~10k 之间。

(4) 不同 IDL 数据类型的打包开销

根据 CORBA 数据类型的有关资料分析,比较打包和解包一些不同 CORBA 数据类的相对花费,我们也对不同的类型进行了实际分析测试。下面是常用几种数据类型的系统开销按从小到大的顺序排列:

Struct。Struct 类型很简单,因此它的打包开销很少。显然,Struct 的打包开销由 Struct 的成员类型来决定。这里认为它开销很少主要是指 Struct 本身的开销,而没有包括 Struct 所含的任意数据。

String。String 是一长度可变的数据类型。长度可变数据类型的问题是它们通常包括很耗费内存的管理操作。例如,拷贝一 String 序列时,ORB 不能立即为所有 Strings 预分配内存,而必须为每个 String 单独分配内存。

Sequence。Sequence 不仅是可变长度数据类型,它还可存储复杂的 IDL 类型。同样,Sequence 的打包开销取决于它的成员类型。

Any。Any 类型是 IDL 提供的最复杂的基本数据类型,因为它本质上是动态类型,而且打包和解包期间必须处理动态类型代码,因此开销很大。

在企业应用中,最常用到的数据类型是 Struct 和 String,Sequence 也会被使用;但是从打包开销看,Sequence 应该尽量少用,Any 类型尽可能不用。

5 结束语

分销资源规划系统早已提出,各种实现方案都有所不同,传统局域网模式 C/S 结构的实现方案从实际应用情况表明已经不合适。B/S 模式也有多种方案,本文讨论的基于 CORBA 组件技术方案,从整体结构上比较合理,但是开发难度较大,特别在运行速度等方面比较难,开发过程必须充分了解 CORBA 的运行机理。文中分析到几点都是笔者在实际开发过程中总结的结果。目前本系统已经在实际企业中应用,在拨号上网的情况下速度也可以接受。

参考文献:

- [1] [美]Glynn C Williams. 中文 SAP R/3 销售与分销[M]. 冯锦锋,顾頌,等. 北京:机械工业出版社,2001.
- [2] OMG CORBA 系统结构、原理与规范[M]. 韦乐平,等. 北京:电子工业出版社,2000.
- [3] Dirk Slama,等. CORBA 企业解决方案[M]. 李师贤,郑红,吴涛,等. 北京:机械工业出版社,2001.

作者简介:

黄启春(1972-),男,福建人,讲师,博士,主要研究方向为数据库、数据仓库、管理信息系统。

(上接第 58 页)当绕开障碍物后,只要保持与墙壁平行,并且恢复与墙边的距离值即可。这一过程中,障碍物的形状并没有关系,因此,我们无需对不在墙边的障碍物进行特殊处理。

4.3 沿边走过程的优化

沿边走算法中,需要记录整个房间的全局障碍物信息,因此,需要移动机器人有足够的内存以存放这些信息,这也是对于沿边走算法的一点限制。由于沿边走过程中,对于在移动机器人外侧的障碍物,我们并不关心,因此,在扫描过程中,对这些障碍物的记录信息是可以删除的。这一过程,我们是通过移动机器人外侧的超声波传感器获取的障碍物信息来进行处理的。

5 结论

基于超声波传感器测距的沿边走家用自主式移动吸尘器路径规划算法充分考虑了家用吸尘器的实际工作环境,它有效地提高了吸尘器的清扫效率,并具有自动避障功能。它很好地结合了吸尘器的设计目标,并能胜任家

用自主式吸尘器的清扫任务。

参考文献:

- [1] 杨明,等. 基于激光雷达的移动机器人环境建模与避障[J]. 清华大学学报(自然科学版),2000,40(7):112-116.
- [2] 蔡自兴,徐光佑. 人工智能及其应用(第二版)[M]. 北京:清华大学出版社,1996.
- [3] 姜道连,宁延一,袁世良. 用 AT89C2051 设计超声波测距仪[J]. 国外电子元器件.
- [4] 杨明. 基于激光雷达的室外移动机器人导航研究[D]. 北京:清华大学硕士论文,2000.
- [5] Khatib O. Real-time Obstacle Avoidance for Manipulators and Mobile Robots[A]. In Proc. IEEE Int Conf. On Robotics and Automation,1985,500-505,also in Int J Robot Res[J],1986,5(1):90-98.

作者简介:

王火亮(1977-),男,硕士生,研究方向为人工智能、机器人;孙守迁(1963-),男,教授,硕士生导师,研究方向为人工智能、协同设计、概念设计。