

室内移动机器人自动充电技术

刘志雄,李浙昆

(昆明理工大学机电学院机电技术研究所,云南 昆明 650093)

Technology of Auto - recharging for Mobile Robot in Indoor Environment

LIU Zhi - xiong, LI Zhe - kun

(Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

摘要:介绍了移动机器人自动充电的 2 种方式,接触式充电和非接触式感应充电,分析了移动机器人自动充电的相关技术。

关键词:自主充电;感应充电;移动机器人

中图分类号:TP24

文献标识码:A

文章编号:1001 - 2257(2007)03 - 0051 - 04

Abstract: In this paper, two different styles of auto - recharging, contact recharging and contactless inductive recharging, are introduced. The relational technologies of auto - recharging for mobile robot are discussed and analyzed.

Key words: recharging; inductive charging; mobile robot;

0 引言

目前,移动机器人都是使用高质量的机载可充电蓄电池组来给自身供电,但是一般只能维持几个小时,一旦电能耗尽,必须采用人工干预的方式来给机器人充电。如果采用人工充电,那么机器人就处于一种非连续的任务环^[1],这阻碍了机器人的长期自治。如果要实现真正意义上的长期自治,机器人必须能在所处的环境中实现自我支持,实现连续任务环^[1]。机器人连续任务环被简单地定义为使机器人以自主充电的方式来继续完成它所分配到的任务。一旦开始运行,机器人便进入连续任务环,即不再需要人的帮助,在此系统中,启动和停止是由机器人自动完成的。

总之,随着移动机器人的应用越来越广泛,人们对移动机器人能实现长期值守、延长自治时间以及

增加活动范围等功能的要求越来越高,故而其补充动力能源成为了一个亟待解决的问题。由于常见的移动机器人动力能源的无缆化主要依赖高品质的机载蓄电池组,如何让机器人在无人工干预环境下安全可靠、快速高效地实现自动充电是实现机器人长期自治的一项关键技术。

1 移动机器人自动接触式充电技术

当移动机器人需要补充电力时,会自动驶向指定充电区,车载充电连接器与地面充电系统自动实现电连接并实施充电。充电完成后机器人自动脱离充电系统,驶向工作区或待命区投入正常运行,其特点是整个充电过程全部实现自动化、智能化,无需专人看管。移动机器人和充电座连接方式常见的有如下 3 种^[2]:

a. 上置式自动充电模式。如图 1 所示,连接触点位于移动机器人本体上方,当机器人到达充电座时,与地面连接触点自动完成对接,当充电完毕后与充电座自动脱离。Grey Walte 开发的机器人 Elsie 和 Elmer 就是采用将机器人本体上的充电臂插入就近的插座的充电方式来充电^[3]。

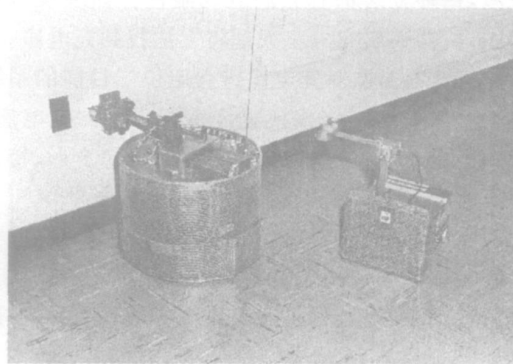


图 1 上置式自动充电模式

b. 侧置式自动充电模式。如图 2 所示,连接触

收稿日期:2006 - 11 - 20

《机械与电子》2007(3)

• 51 •

点位于移动机器人侧面,当机器人到达充电座时,与地面接触点侧向对应,由机器人主动完成对接。充电完成后,机器人驶离投入运行。澳大利亚的 Alex Zelinsky 开发的机器人和美国的加利福尼亚大学开发的机器人就采用了这种方法。

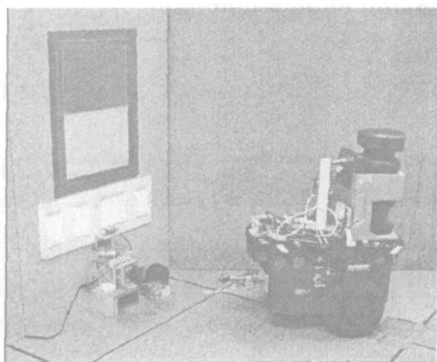


图2 侧置式自动充电模式

c. 下置式自动充电模式。接触点位于机器人本体下部,当机器人停在充电台位时,车载与地面接触点自动上下对接吻合。充电完成后,机器人驶离,接触点自动脱离。

2 移动机器人自动充电相关技术

机器人要实现自主充电,需要满足以下几个条件^[4]:

a. 机器人能检测到什么时候需要充电。一种方法是监测电源的电压或者限制机器人的运行时间。另一种方法是精确测量使用的电能。通过对电源的监测,机器人能够预测何时需要充电。

b. 机器人必须被放置在离充电座足够近的地方。不同的导航方法,如视觉识别、循墙、循迹和光跟踪源,每种方法都有它们的局限性。如果没有环境地图,机器人离充电座太远将无法找到充电座。

c. 机器人要能对充电座进行定位。目前的系统一般采用激光测距仪或视觉传感器来探测充电座。它们一般是基于外观(如光流分析)、图像变形、特征提取或激光条形码来识别。

d. 机器人从当前位置移动到充电座需要导航行为。在可能面临障碍物的情况下,机器人如何从当前位置运动到充电座,机器人系统必须具有导航、避障和路径规划能力。

e. 机器人和充电座之间必须能实现自动电器连接与脱离。一般情况下,在机器人上设计一个公头

连接器,在充电座上设计一个母头连接器。而且连接方式要便于电流通过。连接系统的关键是,基于引导系统的精确性和可靠性,对对接误差需要具有一定的容忍度,当对接出现偏差时也能够对接成功。目前已有的对接系统一般可以允许 $\pm 5^\circ$ 以及 ± 5 cm 的对接误差。

f. 充电器必须安放在机器人或者充电座上。通常把充电器设计成充电座的一部分,因为这样可以减轻机器人的重量以及减小机器人的体积,同时也避免连接位置处于高电压状态。如果将充电器设置在机器人上,那么就必须使用标准的家用插头连接,以便能更好适应环境。

g. 机器人需要确定与充电座的物理连接是否成功。许多系统采用红外线接发装置来传递机器人与充电座的物理连接是否成功的信息,也可以采用监测机器人侧连接端的电压来确定电气连接是否成功。由于电气连接是建立在物理连接的基础上的,所以此检测系统是必须的,否则对接系统将会误判,使得充电失败。

h. 一个真正健壮的自主充电系统必须具有容错以及纠错功能。如果对接时未对准或者未能检测到充电座时,系统需要对应的策略。在实际情况中,这种状况时有发生。

自动充电中最重要的方面是对充电座的定位,因为如下2个原因:充电座探测系统的特性(如范围、精确性和可靠性)以及它的输出形式(是否获取绝对或相对方向、距离、位置和自身特性)决定了导航行为;充电座探测系统对于图像噪点、光照环境和硬件特性都比较敏感,其中出现的误差将被累积或者放大。

移动机器人自动充电的过程一般主要分为2个阶段,第1个阶段是寻找并靠近充电座,第2阶段是实现机器人和充电座的精确对接。我们把第1阶段称作远程对接,把第2阶段称之为近程对接。远程对接时把机器人看成一个质点,并不考虑机器人本身的姿态,当机器人进入对接区域时,需要根据传感器信息进行位姿调整,以满足相对充电座位置和角度的要求。

由于一般的传感器仅对远程或近程有效,所以大多数的自主充电系统一般配有2套不同的传感器及对接程序,其程序流程如图3所示。

远程对接时,如果在固定已知环境下,机器人能

《机械与电子》2007(3)

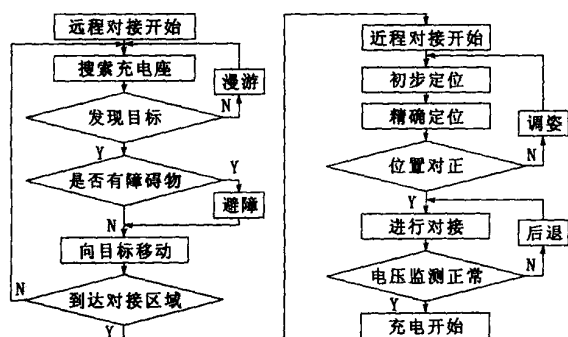


图3 移动机器人充电对接程序流程

够利用内建环境地图进行位姿的校正很容易找到充电座;但在未知环境下,由于需要在远距离方位发现充电座所在方位,所以需要在充电座所在的合适位置设置机器人易于识别的特殊标识。

远程对接一般使用激光或者声纳探测、视觉识别等方式来寻找充电座,也可以通过设置红外线信号灯、可见光源和可循线等标识来给机器人提供充电座的位置信息。

近程对接时,在充电座上方设置便于传感器(如激光探测器、反射带、视觉处理或超声波等)识别的特殊形状标记,机器人依据传感器得到的信号(如图像变化、图像特征和激光编码等)来进行调整相对充电座的位置和角度,然后实施对接。

对接成功后,机器人开始充电并监控电池电压状态,如果电压达到指定电压则表明电池已经充满,机器人和充电座脱离,并继续执行原来任务。

1948年, Grey Walter 用2个机器人 Elsie 和 Elmer 进行了研究^[5],他设置一个充电站,在充电站里放置一个光源和充电器,机器人采用跟踪光源的方法来寻找充电站,进入充电站后进行对接充电。筑波大学研制的自主充电移动机器人 Yamabico - Liv^[6],利用已知环境地图引导机器人到达充电站,机器人配备特别的设备和充电站进行对接。卡内基·梅隆大学的机器人研究所开发了一种自主导游机器人 Sage^[7],本体采用改良的 Nomad XR4000 移动机器人,它利用 CCD 和三维路标(路标位于插座上方)来引导充电。加利福尼亚大学也进行了机器人自主充电研究^[1],本体使用 Nomad XR4000 移动机器人,通过在充电站的上方设置色块和 IR 二极管来引导机器人对接以及监控充电状况。意大利的布雷西亚大学设计的充电系统是采用在对接轴线上设置2个高度不同的点光源,通过视觉传感器判别2

个光源连线是否和轴线一致来判断机器人是否处在正确的对接位置^[8]。ActivMedia 公司的自主充电系统使用环境地图来引导机器人实现自主充电^[9]。哈尔滨工业大学用 Pioneer 3 DX 轮式机器人在未知环境中进行了自主充电研究^[10],使用激光传感器、PTZ 彩色摄像头和里程计来引导机器人到达充电站并进行对接。

机器人和充电座进行对接时,不仅要让机器人到达充电座,还需要机器人以一定的角度和方向进入充电座,一般方法是要求机器人沿特定的轴线进入和充电座进行对接。这种方法对机器人移动的精确性和导航的准确性要求很高,改进的方法是设计一种充电座,允许机器人从范围很大的不同角度进入,这样也使得对接方式变得简单。澳大利亚的昆士兰大学设计的自动充电装置^[3],如图4所示,在机器人上安装2根柔性圆弧状金属条,在充电座上设计2块对应的用来作为接触点的金属板,金属板和充电座之间也使用海绵连接,这样增加了对接柔性,系统对接误差的容忍度也得到提高,对接系统可以允许 ± 55 以及 ± 20 cm 的对接误差。



图4 澳大利亚昆士兰大学设计的充电对接装置

这种改进方法的原理是使用一个电气缓冲器,就如同碰碰车获取电源一样(在机器人上方和下方设置金属板,机器人使用电刷连接和金属板进行连接)。也可以设计一个移动的充电站(其本身就是一个大型的移动机器人,它可以给其它机器人供电),这种充电站会搜索低电量的机器人并利用自带的充电器进行充电。

3 非接触式感应充电

接触充电时充电设备与蓄电池组之间为电连接,采用传统的接触器,这种方式存在较大的缺陷:

首先,导体裸露在外面,电连接时容易产生火花,这对于易燃易爆场合危险性大;而且会因多次的插拔对接操作,引起机械磨损,导致接触松动,不能有效传输电能;如果连接部件出现污物,将会导致接触不良或者电连接失败;若在潮湿的或存在充斥导电介质的环境,也极易引起电路短路;再者,连接触点的对接需要较高的精确性,这也增加了设计的复杂性和控制的难度。

为了弥补传导充电方式的不足,出现了一种新的充电技术——非接触感应充电技术。感应充电是一种利用电磁感应原理通过非接触的耦合方式进行能量传递的充电方式。感应充电系统结构如图5所示。

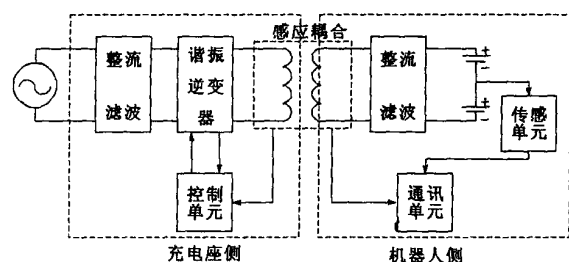


图5 感应充电系统结构

充电源和机器人接受装置之间由分离的高频变压器组合成耦合器,通过感应耦合,无接触式地传输能量。输入电网交流电经过整流后,通过高频逆变环节,经电缆传输通过感应耦合器后,传送到机器人的输入端,再经过整流滤波环节,给机器人所带蓄电池充电。感应耦合器的磁耦合装置原副边之间分开更大距离,充电源安装在某一固定地点,一旦机器人停靠在这一固定区域位置上,就可以无接触式地接受充电源的能量,实现感应充电,无须人工干预,实现了全自动充电。采用该系统为机器人充电可以保证能量和信号的安全、可靠传输。

非接触式感应充电在移动机器人方面已经有如下的应用:1991年,Albert Esser 和 Hans Chstoph Skudelny 将能量的感应传输应用于驱动机器人,提高了移动机器人的运动灵活性;1996年,Atsuo Kawamura 等人研制出应用于机器人操作手的谐振式变换器,并进行无线能量和信号的传输;2000年,Junji Hirai 等人正式提出将能量的感应传输应用于蓄电池驱动的移动机器人系统的电池充电;2004年日本富士通公司开发的服务机器人 FSR 通过背面的充电部,以无接点充电方式充电,通过电磁感应供

应 300 W 的电流,克服了大功率电流供电时,容易因接触点污染等出现问题,电源使用 300 Wh,24 V 的镍氢充电电池,充电需要 2 h 左右。

4 结束语

移动机器人自动充电是实现移动机器人长期自治的一项关键技术,随着机器人传感器技术的发展,移动机器人导航技术水平也越来越高;非接触式感应充电技术也在不断发展,其传输功率级别、传输距离、传输效率等指标都在不断提高,同时成本也在不断下降,这也使得移动机器人自主充电系统将会变得更加安全、可靠、快速、经济。

参考文献:

- [1] Silverman M, Nies D, Jung B. Staying alive: a docking station for autonomous robot recharging[A]. IEEE International Conference on Robotics and Automation [C]. Washington D C, 2002. 1050 - 1055.
- [2] 樊跃进,王 勇,丁 兴,等. AGV 自动充电系统设计[J]. 机械工业自动化, 1999, 21(2): 25 - 26.
- [3] Emami Shervin, Wyeth Gordon, Milford Michael J, et al, Framework for the Long - term operation of a mobile robot via the internet [R]. University of Queensland, 2005.
- [4] 秦海鸿,朱德明,严仰光. 电动汽车充电器电路拓扑的设计考虑[J]. 电源技术应用, 2004, 7(2): 97 - 104.
- [5] Walte R W G. The living brain[M]. New York: W. W. Norton, 1963.
- [6] Yuta S, Hada Y. Long term activity of the autonomous robot - proposal of a bench - mark problem for the autonomy[A]. Conference on Intelligent Robots and Systems[C]. Canada: Victoria B C, 1998. 1871 - 1878.
- [7] Nourbakhsh I. An affective mobile robot with a full - time job[J]. Artificial Intelligence, 1999, 114(1), 95 - 124.
- [8] Riccardo Cassinis, Fabio Tampalini, Paolo Bartolini. Docking and charging system for autonomous mobile robots[R]. University of Brescia, 2005.
- [9] ActivMedia Robotics [EB/OL] <http://www.activrobots.com/accessories/dxdock.html>, 2006 - 07 - 23.
- [10] 郝宗波,洪炳钺. 室内环境下移动机器人自主充电研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2005, 37(7): 885 - 887.

作者简介:刘志雄 (1982 -),男,湖北天门人,硕士研究生,研究方向为自动化控制、机器人技术和嵌入式系统等。

《机械与电子》2007(3)