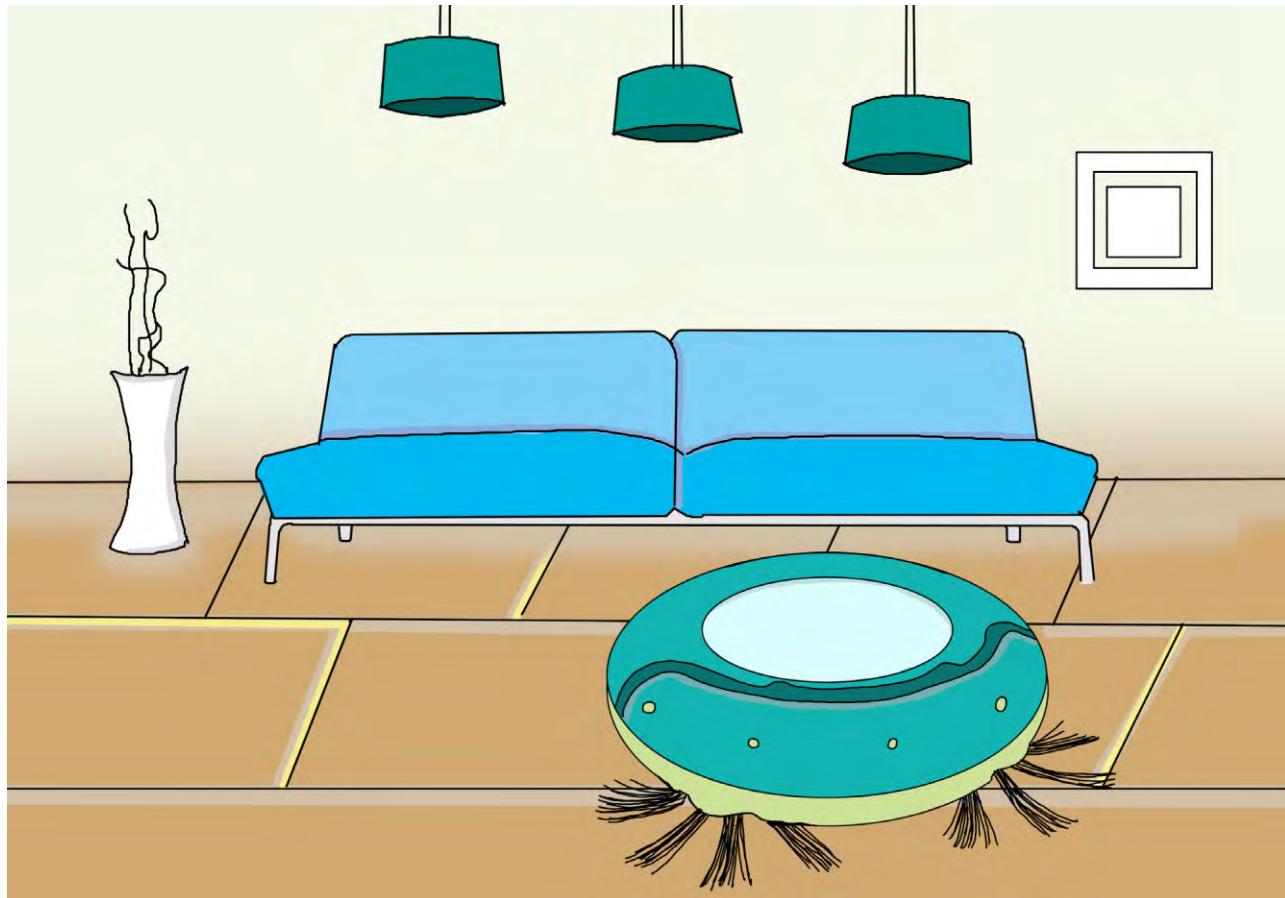


“技术”方为 扫地机器人的“王道”

口文 / 蔡月日

目前，扫地机器人俨然成为了服务机器人领域的“香饽饽”。刚刚过去的双十一，扫地机器人各大品牌赚得不亦乐乎。可就在这个风光的“摇钱树”背后，到底隐藏了多少技术？未来，它又将何去何从？从本文一窥便知。



经过长期的发展，工业机器人在技术上已较为成熟，但服务机器人近年才获得广大科研人员和企业重视，并逐步进入普通百姓家庭，其发展历

史较短。目前，学术界对服务机器人没有严格意义上的定义。国际机器人联合会（IFR）给出的服务机器人概要定义为：服务机器人是一种半自主或全自主工作的机器人，它能

完成有益于人类健康的服务工作。

服务机器人应用范围极为广泛，如教育、娱乐、特种（安防、军用）、导购、迎宾、医疗、金融、物流、电子商务、商务秘书等。其中，家庭清洁机器人是现阶段销售数量最多、应用范围最广的一类服务机器人。家庭清洁机器人种类繁多，主要包括扫地机器人，拖地机器人、窗户清洁机器人、空气净化机器人、吸尘机器人等。扫地机器人则是家庭清洁机器人的最主要成员，市场占比达到96%以上。

服务机器人的需求量已超过工业机器人，表现出更为强劲的市场需求，提供了更为广阔的市场想象空间。

服务机器人能够满足人们日常生活中的
一些实际需求，并且大多数市场定价在几百

元至几千元的范围内，近几年其市场规模实现了爆炸式增长。根据 IFR 统计数据显示，2014 年全球服务机器人销量达到 330 万台，销售额约为 12 亿美元，同比增长 24%。预计 2015 年至 2018 年期间，服务机器人销量将会大幅增长，累计销量可达 2590 万台，销售额预计可累计达到 122 亿美元。同时，根据我国相关研究单位的预测，中国服务机器人市场规模，有望在 2017 年突破 200 亿元。



蔡月日 北京航空航天大学机器人研究所研究员、北京航空航天大学机械工程及自动化学院博士后

扫地机器人发展现状

随着科学技术的进步和社会发展，特别是受生活节奏的加快和工作压力的增大影响，人们希望更多地从繁琐的家庭日常清洁事务中解脱出来。这无疑是清洁机器人进入家庭的市场诉求。

扫地机器人作为清洁机器人的一种，其针对的目标用户是所有家庭，其需求痛点恰恰是为了使人们从日常地板清洁工作中解放出来，它迎合了市场痛点的需求。最早的扫地机器人来源于伊莱克斯、戴森等领衔的吸尘器行业。

2002 年伊莱克斯在原有高质量吸尘器的基础上，开发了

图 1：服务机器人概要分类

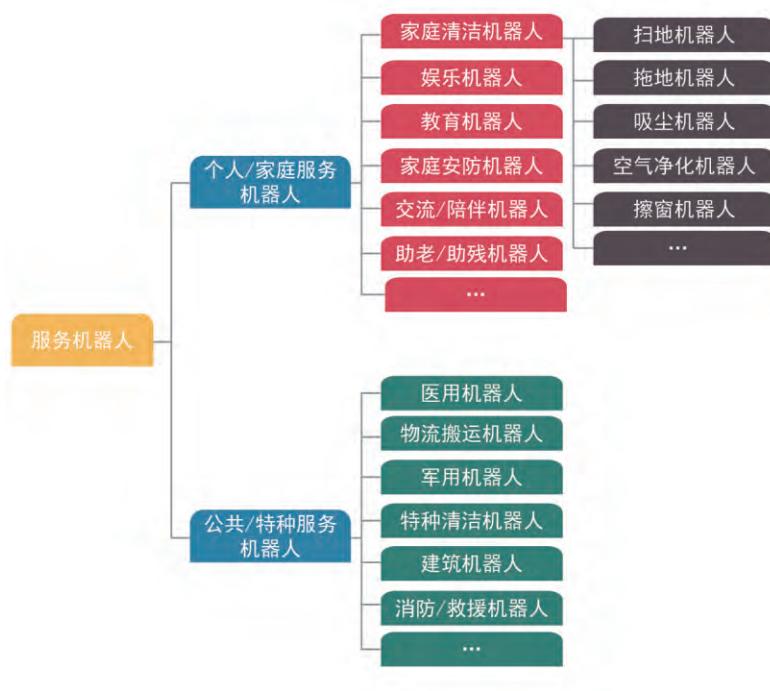


表1：各品牌典型扫地机器人与主要功能特点

机器人	品牌	产品图片	形状	主要功能特点
地宝朵朵	科沃斯		圆形	定点、沿边、精扫、自动四种清扫模式，远程 WiFi 遥控，自动充电功能。
T520	海尔		圆形	沿边、自动、定点、预约、重点清扫等模式，WiFi 远程操控，双向虚拟墙，防跌落，越障，自动回充电桩功能。
MC-RS1Rul	松下		三角形	移动方向随机清扫，具备导航和避障功能，清除角落垃圾能力较强。
FM-750B	FMART 福玛特		圆形	云守护安防系统、环境自动识别系统，感应防碰撞，沿边、左旋、右旋、螺旋和重点循环等多种清扫方式。
Roomba 980	iRobot		圆形	位置识别，通过机身摄像头创建房间地图，支持 iOS 及 Android 应用、自动回充电桩、自主避障、防跌落等功能。
V750	Dibea 地贝		圆形	陀螺仪导航、清扫路径规划、弓字式路径行走、防跌落、自动回充电桩，自动、重点、沿边、预约等清扫模式。
莱尔克斯 -A338	LIECTROUX		圆形	自动充电、预约清扫、无线遥控、防碰撞、防缠绕、防跌落、灰尘识别、室内 GPS 导航、双向虚拟墙，可避免无规律无方向乱走。
Suzuka 铃鹿	Proscenic		圆形	多普勒效应原理自动调节功率、HSIR+多点矩阵智能系统、行走路线智能规划，避免随机乱走；防碰撞、防跌落、越障、语音功能。
智小兔	智宝		圆形	人机互动、三段式清扫、智能路线规划、防跌落、智能脱困、自动回充电桩功能。
国王	国王		圆形	防跌落、防碰撞，无线遥控，越障 / 爬坡，智能清扫、智能脱困、虚拟墙等功能。
Botvac Connected	Neato		U形	内置 WiFi 功能，可通过 iOS 或 Android 应用远程控制，具备“强劲”和“生态”清洁模式。
VR9000 POWERBot	三星		U形	配备激光指针遥控器，可实现精确遥控清扫功能。
FC8820	飞利浦 PHILIPS		圆形	智能检测、遥控指挥传感器、防撞 / 撞击调整传感、灰尘自动识别、虚拟墙功能、障碍回弹功能等。

“三叶虫”扫地机器人——全世界第一款全自动扫地机器人。随后 iRobot 公司先后生产了 7 代家务机器人 Roomba，成为了这一领域的代表产品系列。

2010 年左右，国内的扫地机器人品牌纷纷涌现，并逐步实现产业化。目前，国内市场已拥有几十家扫地机器人品牌，如科沃斯、iRobot、福玛特、地贝、Xrobot、海尔、美的、Prosenic、飞利浦和三星等。但是，本土成立且具备核心研发能力的扫地机器人企业占比并不高。

近几年，扫地机器人正在以惊人的速度普及，市场发展十分迅猛。前期发展阶段，扫地机器人主要以改进扫地效能为主。现阶段，扫地机器人在保证提供较优良的清洁效果后，势必转向多传感器融合、导航、路径规划等智能化核心技术的发展方向上。

扫地机器人关键技术

用户直观可见的扫地机器人基本功能为清扫、吸尘、拖地等，因此相关企业在清扫毛刷的材料、结构形式、旋转速度 / 方式，以及吸尘原理、吸尘机构形式、拖布材料、拖布布置方式、供水量、供水方式等基本功能原理和技术方面不断优化。同时，为了实现更好的清洁效果、更良好的用户体验，扫地机器人在人工智能相关领域涉及到如下几项关键技术。

多传感器信息融合技术

多传感器信息融合是指综合来自多个传感器的感知数据，以便产生更可靠、更准确

或更全面的机器人状态信息，如在扫地机器人中融合激光雷达、超声传感器、红外传感器、里程计的信息等。多传感器信息融合处理的基本原理类似于人类大脑处理信息的过程，能够通过对多种传感器反馈信息的合理分析与使用，得以降低各种单一传感器在空间和时间局限性方面的影响，并且通过冗余信息的解析，更加完善和更加精确地反映出检测对象的特性，消除信息的不确定性，得到对观测环境具备较高可行性的一致性结果。

室内导航和定位技术

扫地机器人需要自主移动，无论是局部实时避障，还是全局规划，都需要较精确地确定机器人或障碍物的当前状态及位置，以完成导航、避障及路径规划等任务。一般地，机器人通过航位推算方法、信标定位方法以及混合定位方法，实现室内移动机器人的导航和定位。

航位推算方法是最为常用的一种方法，通过机器人自身的里程计、陀螺仪、加速度计等内部传感器，实时解算机器人自身的速度、姿态信息。以出发点为绝对零点，则可以渐进累加地推算出机器人当前所在的位置和姿态。此种方法随着工作时间的增加，积分运算误差和定时系统时差引起的误差将会逐渐累积，因此不适于长时间的精确定位。

扫地机器人在室内地板上的运动可视为在二维平面内的运动，如果室内允许布置信标（如充电桩或其他满足信标条件的标志物），则可以通过传感器，检测机器人与信标之间的相对距离与位姿，实现扫地机器人的室内导航与定位。信标定位的优点是可实现实时

图 2：常用的路径规划算法



检测，没有累积误差，精度稳定性好，且可通过多信标冗余覆盖的方式，彼此互为位置校准或当某个信标故障时，机器人仍可成功定位。

混合定位方法融合了航位推算方法与信标定位方法各自的优势。

路径规划算法

扫地机器人在工作过程中，需要尽量做到清扫面积全覆盖且行走路径不重叠，这就需要依据某个或某些优化准则进行最优路径规划，在其工作空间中找到一条从起始状态到目标状态，可以避开障碍物的最优路径。

根据对环境信息的把握程度，我们可以把路径规划分为，基于已知地图的全局路径规划和基于传感器信息的局部路径规划。其中，以获取障碍物信息是静态还是动态的角度看，全局路径规划属于静态规划（离线规划），局部路径规划属于动态规划（在线规划）。

全局路径规划需要建立工作空间的详细地图，根据地图包含的环境信息进行路径规划；局部路径规划则根据传感器实时采集的周边环境信息，确定所在地图的位置及其局部的障碍物分布情况，从而可以选出从当前结点到邻近子目标结点的最优路径。

常用路径规划算法主要有人工势场法、Dijkstra算法、Floyed算法、SPFA算法 (Bellman_Ford改进算法)、A*算法、D*算法、DWA算法、图论最短算法、遗传算法、元胞自动机算法、免疫算法、禁忌搜索算法、模拟退火算法、人工神经网络算法、蚁群算法、粒子群算法等。

扫地机器人技术发展趋势

高性价比、高性能传感器的融合应用

目前，扫地机器人多采用红外传感器、接触式传感器、超声波传感器等，少部分高

端机型使用了线扫描激光雷达传感器。对于智能化的扫地机器人室内定位和复杂路径规划的需求而言，传感器提供的信息尚显不足。

将来，视觉传感器（深度摄像头、仿生视觉、结构光传感器）、低成本高性能激光雷达传感器、软体防碰撞接触式传感器等高性能、新型传感器的应用，将给扫地机器人决策提供更丰富的参考信息。同时，在算法层面，需要深挖多传感器信息融合处理算法，在纷繁复杂的传感器反馈信息中，提取有效信息，并根据优化策略规则制定决策。

家用功能的模块化集成，实现智能扫地机器人多任务功能

在实现扫地机器人基本的扫地、吸尘、拖地等功能的基础上，模块化集成，如空气净化、加湿、沟通交流、室内玩具、儿童写字板等功能模块，实现智能化扫地机器人的一专多用。扫地机器人本体可以平台化，即实现室内智能移动平台的功能，具备基本的避障、路径规划、软硬件交互接口等功能，而其他功能均以模块化的形式进行加载，给用户更多的自主选择余地，实现细分市场的拓展。

智能程度提升、智能算法拓展应用

借助语音识别技术和图像处理技术的逐步发展，如声源定位和声纹识别技术研究的深入、人脸识别技术的成熟、物品识别技术性能的提高，我们可更有效地提高扫地机器人对家庭环境的融入程度，提升扫地机器人与家庭成员的智能交互能力。

同时，我们应研究并设计各种智能人机接口，如多语种语音、自然语言理解、图像、手

写字识别等，以更好地适应不同用户和不同的应用任务，提高人与机器人交互的和谐性，实现人机交互的简单化、多样化、智能化、人性化。

智能扫地机器人作为现阶段销量最大的家用服务机器人，未来将能够对语言进行自我学习，并在社会化环境中向他人学习，把这种语言能力转化为自主学习和处理问题的能力。未来，机器人将掌握更多的自主性能力，实现智能扫地机器人功能定位的本质性革新与发展。

扫地机器人网络节点化

目前，部分智能扫地机器人已通过网络连接实现了远程控制功能，一些扫地机器人还安装了监控摄像头，实现了远程安防监控的功能。扫地机器人体积小、可移动等特点成为其作为网络终端节点的独特优势，可延展远程安防、智能家居、视频/语音通讯终端、健康助理、陪伴聊天等多种网络节点化功能。

前景看好

扫地机器人市场处在不断发展壮大时期。为不断提升用户体验和拟合实际功能的需求，扫地机器人会不断进化和提升，将在融合型传感系统、功能定位、智能化程度、网络服务，以及多机协作和自我学习等方面不断发展，实现扫地机器人真正意义的智能化，使扫地机器人发展成为人们的家用高科技伙伴。



手机扫码阅读