

彭若菲, 廖恺博, 王冬瑾, 等. 多感知融合的儿童智能陪护机器人[J]. 智能计算机与应用, 2025, 15(10): 60-64. DOI: 10.20169/j. issn. 2095-2163. 251009

多感知融合的儿童智能陪护机器人

彭若菲¹, 廖恺博¹, 王冬瑾¹, 吕沛林¹, 王 蓉¹, 彭 熙^{1,2,3}

(1 华中师范大学 计算机学院, 武汉 430079; 2 人工智能与智慧学习湖北省重点实验室, 武汉 430079;

3 湖北省高等学校计算机基础实验教学示范中心, 武汉 430079)

摘要: 当今社会, 儿童医护健康、教育以及娱乐等方面的陪护问题受到了家长们的高度重视。随着科技的不断发展, 机器人技术逐渐成为了解决这一问题的有效途径。本文将机器人技术与儿童健康、智能陪护的实际需求相结合, 提出了一款基于多传感器数据的多感知融合模型儿童智能陪护机器人。该陪护机器人以 Jetson Nano 主控板为核心, 集成了传感器、摄像头等硬件设备。通过多传感器数据的采集和处理, 机器人可以实现多种感知功能, 包括语音交互、智能存取药、环境监测、舞蹈及触摸互动等, 以达到对儿童生理与心理的多重守护与陪伴, 从而为儿童的健康成长提供有效的保障, 具备很强的实际使用价值。

关键词: 多感知融合; 儿童陪护机器人; 语音交互; 医护健康; 机器人设计

中图分类号: TP242

文献标志码: A

文章编号: 2095-2163(2025)10-0060-05

Intelligent companion robot for children with multi-sensory fusion

PENG Ruofei¹, LIAO Kaibo¹, WANG Dongjin¹, LÜ Peilin¹, WANG Rong¹, PENG Xi^{1,2,3}

(1 School of Computer Science, Central China Normal University, Wuhan 430079, China;

2 Hubei Provincial Key Laboratory of Artificial Intelligence and Intelligent Learning, Wuhan 430079, China;

3 Higher Education Institutions of Hubei Province Experimental Teaching Model Center of Basic Computer Science, Wuhan 430079, China)

Abstract: In modern society, the problem of children's medical health, education and entertainment accompaniment is highly valued by parents. With the continuous development of science and technology, robotics has gradually become an effective way to solve this problem. This paper combines robotics technology with the actual needs of children's health and intelligent companionship, and proposes an intelligent companion robot for children based on a multi-sensor data multi-sensory fusion model. The escort robot takes the Jetson Nano main control board as the core and integrates sensors, cameras and other hardware devices. Through the acquisition and processing of multi-sensor data, the robot can realize a variety of perceptual functions, including voice interaction, intelligent access to medication, environmental monitoring, dance and touch interaction, etc., in order to achieve multiple guarding and accompanying of children's physiology and psychology, so as to provide an effective guarantee for children's healthy growth, which has a strong practical use value.

Key words: multi-sensory fusion; child companion robot; voice interaction; healthcare; robot design

0 引言

在社会经济与科技快速发展的背景下, 人们的生活水平不断提高, 但也随即出现了一些亟待解决的问题。当前家庭大多以三口之家的形式出现, 父

母承担着工作的重担, 无法充分陪伴和照顾儿童。因此, 如何在减轻家长压力的同时又能为儿童提供多元的陪护效果, 现已引起了学界专家的广泛关注和高度重视。

2021年, 卢兵^[1]提出支持语音交互、绘本伴读、

基金项目: 华中师范大学大学生创新创业训练计划项目(S202310511017); 人工智能与智慧学习湖北省重点实验室开放研究基金(2025AISL010)。

作者简介: 彭若菲(2003—), 女, 本科生, 主要研究方向: 人工智能, 机器人。Email: 2856958682@qq.com; 廖恺博(2004—), 女, 本科生, 主要研究方向: 人工智能, 机器人; 王冬瑾(2003—), 女, 本科生, 主要研究方向: 计算机视觉, 物联网; 吕沛林(2003—), 男, 本科生, 主要研究方向: 计算机视觉, 机器人; 王 蓉(2003—), 女, 本科生, 主要研究方向: 物联网, 机器人; 彭 熙(1978—), 男, 讲师, 主要研究方向: 机器人, 人工智能, 物联网。

收稿日期: 2024-01-22

哈尔滨工业大学主办 ◆ 学术研究与应用

儿歌点播集的安全看护和智能陪伴于一体的机器人,为儿童独居时的安全提供了基础保障,同时也缓解儿童独处时寂寞。2023 年,张苗等学者^[2]基于传感器技术设计了具有新算法的儿童益智游戏陪伴机器人,利用视觉和听觉系统获取数据信息,运用模型算法对模糊神经网络进行优化。2023 年,刘满荣等学者^[3]提出基于语音信号增强结合序列标注的指令关键信息提取的语音识别方法,提升学前儿童机器人的智能交互效果。2023 年,韦懿洋等学者^[4]通过分析儿童眼动实验收集的数据,得出儿童对外形可爱、具有普遍印象的动物形象机器人认知度最高。

但可以发现,目前大多数陪护机器人的功能实现不够全面,陪护维度较为单一^[5-10]。基于此,本文提出一款多感知融合的儿童智能陪护机器人,将人工智能技术有效融入家庭陪护中。这款机器人不仅具备教育、娱乐和医护健康三大重要功能,而且通过搭载多类传感器和调用应用程序接口,实现了智能识物、教授古诗和儿歌、触摸互动、智能存取药、环境监测等功能,此外,机器人毛茸茸的“国宝熊猫”形象也增强了交互的认知度及趣味性。

综上所述,该多感知融合的儿童智能陪护机器人的设计与实现方式具有很高的实用价值和创新性。不仅能够有效地融入家庭陪护中,而且能够在教育、娱乐和医护健康等方面提供全方位的应用功能,为用户带来更加便捷、高效和有趣的体验。

1 硬件系统设计

1.1 机器人自由度设计

本文所提陪护机器人的移动及舞蹈动作主要由各关节处的舵机单独活动组合实现,由于舵机具有精确的位置角度控制能力,所以选用舵机作为陪护机器人驱动元件。机器人共有 17 个自由度,具体分布见表 1。

表 1 机器人自由度分布表

| Table 1 Robot degrees of freedom distribution table | |
|---|---------|
| 机器人身体部位 | 自由度数量/个 |
| 头部 | 1 |
| 肩部 | 4 |
| 手部 | 2 |
| 腰部 | 2 |
| 腿部 | 6 |
| 足部 | 2 |

利用舵机控制板对各伺服舵机进行控制,同时在 Jetson Nano 主控板与舵机控制板间利用 UART 协议进行通讯,完成动作指令的传输与控制,从而实现机器人的移动及各种舞蹈动作。

1.2 外观设计方案

本文儿童陪护机器人采用仿人形设计,以“国宝熊猫”为原型进行模型设计,具有可爱、富有亲和力的外观,符合儿童的审美偏好。同时,机器人整体建模使用 SolidWorks 建模软件,采用全包式曲面建模,使得模型表面更加光滑流畅,并且模型表面覆盖亲肤材质,确保儿童在使用过程中的舒适性及安全性。机器人整体建模实体效果如图 1 所示。



图 1 整体建模图

Fig. 1 Overall modeling diagram

1.3 硬件控制及传感系统设计

Jetson Nano 作为机器人的主控单元,利用传感器数据处理模块,完成视觉数据等多元传感器数据的采集处理与算法运算。同时发送舵机控制信息至舵机控制板,控制舵机转动,实现对儿童陪护机器人的移动控制。

机器人主控板协同云上服务器完成数据运算,提供更多计算资源^[11-14],使机器人的开发与控制更加方便。同时,配置可提供更多计算资源的云服务器,与主控板协同合作,这样对机器人系统的驱动与控制就会更加准确与高效。另外,云上服务器可提供远程控制界面,支持实时数据传输和算法更新,就能实现对机器人更加高效的开发与调试^[15-18]。机器人控制系统设计如图 2 所示。

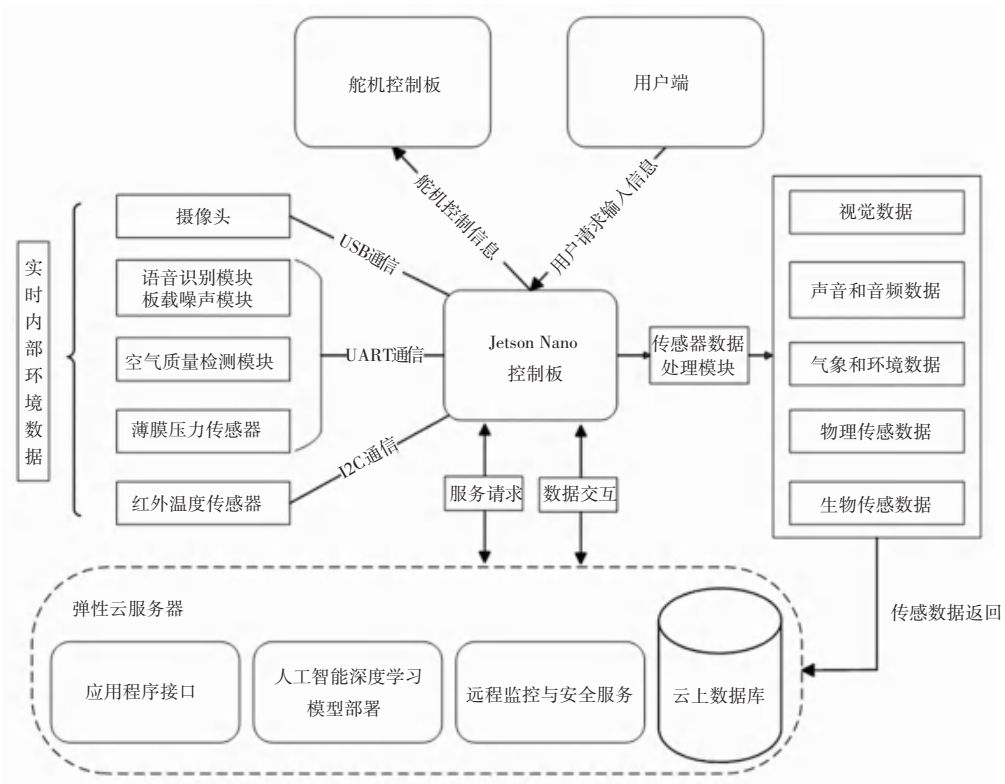


图 2 控制系统设计图

Fig. 2 Control system design diagram

2 软件功能设计

2.1 功能模块的设计

本文提出的多感知融合的儿童智能陪护机器人实现了在教育、医护健康及娱乐方面的功能。机器人功能分布如图 3 所示。

在教育方面,本文机器人搭载语音播报及识别模块,调用应用程序接口来拟人教授孩子学习古诗、儿歌等学龄前知识,同时利用 YOLO 系列算法实现物体识别,达到教授儿童识物功能。在医护健康方面,本文机器人通过 OpenCV 人脸识别实现药箱智能解锁

功能,当识别到已录入的人脸时,药箱打开。儿童生活的室内环境直接影响到儿童身体健康,本文机器人采用环境质量监测传感器及噪音传感器,实时检测室内环境并将数据及时返回终端,为儿童营造良好的室内生活环境。此外,本文机器人还提供红外测温功能,实时监测儿童体温,反馈体温信息。在娱乐方面,机器人可通过语音选择舞蹈表演,与儿童进行交流互动。此外,机器人身上搭载压力传感器,当儿童触摸机器人时,机器人会给出相应动作反馈。本文所提机器人根据输入指令进行判断,选择指定类别并执行相关操作。具体功能调用流程如图 4 所示。

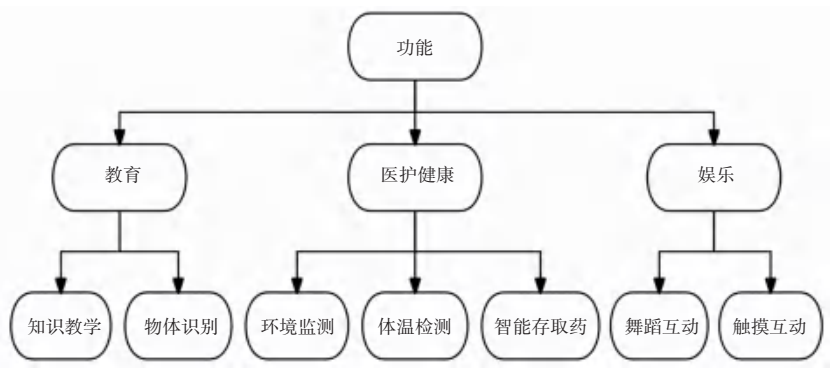


图 3 功能分布图

Fig. 3 Functional distribution diagram

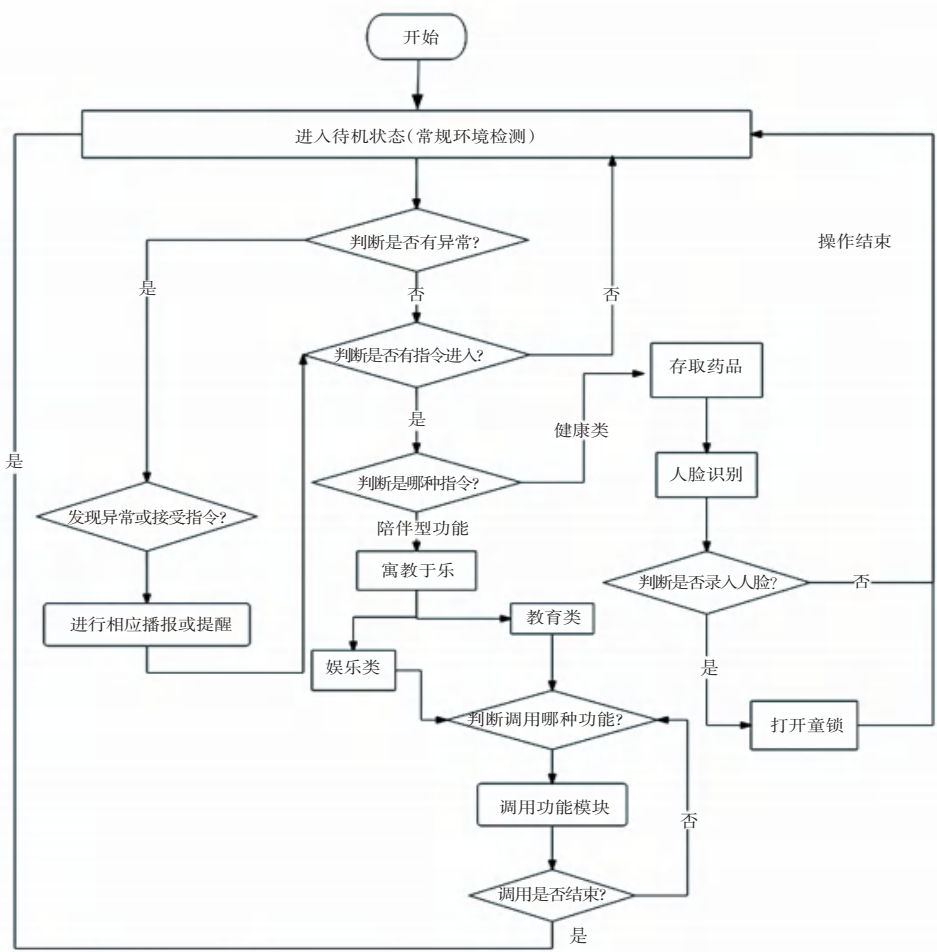


图 4 功能调用流程图

Fig. 4 Flowchart of function invocation

2.2 基于多传感器数据的多感知融合模型

为了更好地实现上述功能,本文提出了基于多传感数据的多感知融合模型,以确保对儿童的全方位陪伴质量。本文提出的多感知融合模型实现了实时内部环境数据和实时外部数据的融合处理。在机器人身上搭载了多类信息收集传感器,分为以下几种:用于获取视觉数据的摄像头、用于获取声音和音频数据的语音识别模块和板载噪声模块、用于获取气象和环境数据的空气质量检测模块、用于获取物理传感数据的薄膜压力传感器,以及用于获取生物传感数据的红外温度传感器。在多感知融合模型中,本文机器人主要实现了以下类型的数据处理与融合:

(1)数据层面融合。本文机器人将来自不同传感器或感知设备的原始数据整合在一起。在数据层面融合时,进行数据的清洗与预处理,以确保数据类型一致。同时进行数据格式转换,将不同传感器返回的不同格式数据解析为 JSON 数据格式。

(2)级别层面的融合。本文机器人将来自不同传感器或数据源的信息整合到不同的抽象层次,以更全面、更高层次的方式来描述所感知的环境或对象,以获得更广泛的环境认知。在本系统的具体实现中,空气质量检测传感器返回的实时内部环境数据与应用程序接口返回的外部环境数据将进行整合,存储于更高层次的描述气象和环境对象的数据结构中,以便机器人系统更好地对环境做出相应反馈。

(3)决策层面的融合。在这一层面中,本文主要考虑数据的多维度,将多维度数据进行融合来提供更加全面的视角。将视觉数据、音频数据、气象和环境数据、物理传感数据、生物传感数据这 5 个不同方面的数据进行决策层面的数据融合,方便机器人系统进行综合分析和决策,实现更精确、更可靠、更快速的行为或响应,为用户提供更加高效的服务。

综上所述,本文所提出的机器人系统中所搭载的多感知融合模型能够充分利用多源信息,弥补不

同传感器单独工作的局限性,提高系统对环境的感知能力和理解能力,从而助力后期更高级别的应用和决策研发。

3 测试

为了对儿童智能陪护机器人进行全面的功能实现完整性和可靠性评估,将机器人置于真实环境中进行测试。在测试过程中,将机器人按照其功能进行分类,并分配不同的任务,以便观察每个功能模块在实际环境中的表现。通过本次测试,发现陪护机器人的各个功能模块在真实环境下运行稳定,能够完成各种工作任务。同时,也发现了一些需要改进的方面,如机器人的语音识别能力还有待提高、运动控制模块在复杂环境下的应对能力还有待加强等。针对这些问题,又进行了深入的分析和研究^[19-21],并提出了相应的改进措施。经过改进后的测试结果显示,机器人的各项功能在真实环境下运行良好,验证所提出的机器人系统实现方法的有效性与可靠性。实验结果见表 2。

表 2 实验结果表
Table 2 Table of the experimental results

| 序号 | 模块 | 响应时间/ms | 识别精度/% | 灵敏度/% |
|----|-----------|---------|--------|-------|
| 1 | 环境监测传感器 | 500 | 95 | 93 |
| 2 | 红外测温传感器 | 400 | 97 | 92 |
| 3 | 柔性薄膜压力传感器 | 1 | 99 | 98 |
| 4 | 噪音传感器 | 2 000 | 90 | 90 |
| 5 | 运动控制模块 | 1 000 | 93 | 91 |
| 6 | 语音识别模块 | 800 | 92 | 94 |

4 结束语

本文针对当今社会现状及儿童陪护需求,设计了一种多感知融合的儿童智能陪护机器人。该机器人采用多感知融合模型,能够采集多元传感器数据,弥补不同传感器单独工作的局限性。这种模型可以实现对环境的全面监测,包括温度、湿度、二氧化碳浓度、甲醛浓度、噪音分贝等,为儿童提供更加舒适的环境。此外,该机器人还具有教育功能。通过语音交互,儿童可以与机器人进行交流,学古诗、听故事、唱儿歌等。而物体识别技术则可以让机器人教授儿童识别家庭常见物品。该机器人还具有多舵机自由度,能够实现舞蹈及触摸交互,儿童可以通过语音或触摸两种方式唤醒机器人,与机器人一起跳舞,

增加互动乐趣。此外,通过 OpenCV 人脸识别算法,机器人能够实现药箱童锁功能,确保儿童不会误拿误食药品。这一功能为家庭提供了更加全面的陪护。经过多方面测试可知,本文提出的多感知融合的儿童智能陪护机器人都展示出优秀的效果,证明了系统的鲁棒性和有效性。

参考文献

[1] 卢兵. 孩子的智能贴心助理 萤石 RK2 Pro 陪护机器人[J]. 计算机与网络,2021,47(12):20.

[2] 张苗,刘满荣. 基于传感器技术的儿童益智游戏陪玩机器人设计[J]. 自动化与仪器仪表,2023(9):178-182.

[3] 刘满荣,张苗. 基于改进谱减法 and 声学模型的学前儿童机器人语音识别系统研究[J]. 自动化与仪器仪表,2023(6):179-183.

[4] 韦懿洋,张丙辰,杨俞玲. 基于视觉偏好的 ASD 儿童陪伴机器人造型设计研究[J]. 设计,2023,36(15):107-111.

[5] 戴思龙,彭熙,张佳宁,等. 实验室安全巡检机器人及其关键技术研究[J]. 电脑与信息技术,2023,31(1):15-18.

[6] 邓士昌,林子涵,陆显谦,等. 智能时代的新玩伴:儿童与机器人的互动特征及其对儿童发展的影响[J]. 心理学进展,2023,31(12):2319-2336.

[7] 王盼. 基于多传感信息融合的儿童教育机器人研究[J]. 自动化与仪器仪表,2022(8):179-184.

[8] 朱婧璇,高娃. 学龄前儿童陪护机器人交互设计研究[J]. 设计,2020,33(5):143-145.

[9] 蒋恒新,闫潇乐,王露. 基于 ROS 系统的语音家庭服务机器人控制设计研究[J]. 科学技术创新,2022(4):158-161.

[10] 李建勇,赵静,刘雪梅,等. 基于 ROS 的自主家庭陪伴机器人设计[J]. 电子技术应用,2021,47(2):58-62.

[11] 庞已晴,宋雪莹. 国内机器人教育研究热点与发展趋势:基于 CiteSpace 的可视化分析[J]. 电脑与信息技术,2023,31(2):74-77.

[12] 周宇,杨国平,刘森. 基于 Jetson Nano 和 OpenCV 的智能门锁系统实现[J]. 智能计算机与应用,2022,12(2):120-122.

[13] 顾凌云. 基于多传感器融合的机器人压缩感知图像处理方法[J]. 自动化与仪表,2022,37(12):39-43.

[14] 秦秀常. 多传感器融合技术的应用研究[J]. 光源与照明,2020(12):44-46.

[15] 童江,吴志敏,赵海梅. 基于嵌入式技术的智能药盒设计[J]. 电脑与信息技术,2023,31(3):61-64.

[16] 吴文志,李仲琼,黄伟锋,等. 基于 ROS 的养老陪护机器人设计[J]. 科技创新与应用,2023,13(25):46-49.

[17] 李昱欣. 基于 NAO 的模拟智能陪护型机器人研究[D]. 南昌:江西师范大学,2023.

[18] 王秉路,靳杨,张磊,等. 基于多传感器融合的协同感知方法[J]. 雷达学报,2024,13(1):87-96.

[19] 袁莹. 基于环境感知和视觉信息的情感识别方法研究[D]. 济南:山东大学,2023.

[20] 于洋. 基于多视觉传感器的协同感知系统研究[D]. 济南:山东大学,2023.

[21] 汪凌阳. 基于多传感器融合的移动机器人的自主导航系统设计与实现[D]. 上海:上海应用技术大学,2023.