

1-8-2019

Design of Remote Medical Care Service Robot System

Yulin Xu

1. Shanghai University, Shanghai 200444, China;;

Chen Ling

1. Shanghai University, Shanghai 200444, China;;

Li Xin

1. Shanghai University, Shanghai 200444, China;;

Aolei Yang

1. Shanghai University, Shanghai 200444, China;;

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Design of Remote Medical Care Service Robot System

Abstract

Abstract: This paper introduces a service robot system for remote medical inspection. *The robot is developed with the following functions: it is able to navigate in working area autonomously and be controlled remotely by doctors through a handheld terminal device; it is able to follow a fixed target such as nurses and doctors to reach any area; it has a touch-control interactive interface which can realize remote audio and video interaction between doctors and patients; it is embedded with portable type-B ultrasonic device, sphygmomanometer and thermometer for doctors to obtain physiological data of patients.* With the above-mentioned functions, the robot can help doctors communicate with patients in real time, grasp the patients' situation promptly and evaluate the patients' healthiness dynamically, and it can finally be applied in the fields of ward patrol in hospital, mobile medical care in community and nursing home and expert teleconsultation.

Keywords

remote inspection, autonomous navigation, remote interaction, physiological data acquisition

Authors

Yulin Xu, Chen Ling, Li Xin, Aolei Yang, Yanran Long, Chunli Zhu, Yanbo Liu, and Yuzhang Jin

Recommended Citation

Xu Yulin, Chen Ling, Li Xin, Yang Aolei, Long Yanran, Zhu Chunli, Liu Yanbo, Jin Yuzhang. Design of Remote Medical Care Service Robot System[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(9): 3238-3248.

远程巡诊服务机器人系统设计

徐昱琳¹, 陈灵¹, 李昕¹, 杨傲雷¹, 龙嫣然¹, 朱春利¹, 刘彦伯², 金玉章²

(1. 上海大学机电工程与自动化学院, 上海 200444; 2. 上海市产业技术研究院, 上海 201203)

摘要: 介绍一个远程巡诊服务机器人系统。该机器人具有自主定位导航功能, 能在工作区自由行走, 医生可通过手持终端操控机器人行走行为; 能跟随固定目标(如: 护士/医生)行走; 具有触控式交互界面, 可实现医生与病人远程音视频交互; 内置便携式B超、血压计和体温计等诊断设备, 方便获取病人生理体征数据。医生可通过机器人远程实时与病人沟通, 及时掌握患者情况并进行动态评估, 最终实现机器人在医院病房巡诊、社区与养老院移动医疗、专家远程会诊等领域的应用。

关键词: 远程巡诊; 自主导航; 远程音视频交互; 生理数据采集

中图分类号: TP242

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X(2018)09-3238-11

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201809002

Design of Remote Medical Care Service Robot System

Xu Yulin¹, Chen Ling¹, Li Xin¹, Yang Aoilei¹, Long Yanran¹, Zhu Chunli¹, Liu Yanbo², Jin Yuzhang²

(1. Shanghai University, Shanghai 200444, China; 2. Shanghai Industrial Technology Institute, Shanghai 201203, China)

Abstract: This paper introduces a service robot system for remote medical inspection. *The robot is developed with the following functions: it is able to navigate in working area autonomously and be controlled remotely by doctors through a handheld terminal device; it is able to follow a fixed target such as nurses and doctors to reach any area; it has a touch-control interactive interface which can realize remote audio and video interaction between doctors and patients; it is embedded with portable type-B ultrasonic device, sphygmomanometer and thermometer for doctors to obtain physiological data of patients.* With the above-mentioned functions, the robot can help doctors communicate with patients in real time, grasp the patients' situation promptly and evaluate the patients' healthiness dynamically, and it can finally be applied in the fields of ward patrol in hospital, mobile medical care in community and nursing home and expert teleconsultation.

Keywords: remote inspection; autonomous navigation; remote interaction; physiological data acquisition

引言

众所周知, 传统医疗体系是以医生临床诊断为主。随着中国社会人口老龄化的到来, 以及大众对健康生活的追求, 人们对医疗服务的需求愈加迫

切。互联网通信、机器人以及机器视觉等技术的普及, 使有别于传统医疗体系的远程医疗模式正在快速发展。远程医疗机器人系统是远程医疗模式的一种形式, 可以帮助实现医疗资源的共享, 还在很大程度上方便异地患者咨询及医生问诊、治疗及护理。针对医疗界不同的应用需求, 所设计的不同类型远程医疗服务机器人系统都有其巨大的市场前景^[1-3]。远程医疗机器人的应用可以让远程医疗服务提供者评估、诊断、治疗和后续护理远程病人成



收稿日期: 2018-07-28 修回日期: 2018-08-07;
基金项目: 上海市科委科技研发项目(15411953500);
作者简介: 徐昱琳(1964-), 女, 上海, 博士, 副教授, 研究方向为智能服务机器人控制; 陈灵(1985-), 男, 湖南株洲, 博士, 助理研究员, 研究方向为智能服务机器人定位与导航。

<http://www.china-simulation.com>

• 3238 •

为可能,而且提高医疗服务的质量并无限增大优质医疗资源的可及性。在得不到专家帮助的环境中,远程医疗服务机器人能够为远程病人提供其它方式无法获得的医疗咨询和专家意见。随着远程医疗服务机器人技术的不断发展,将直接及间接减少病人转诊到异地医院的次数,降低病人转诊的需要,减少长途跋涉寻求专家诊疗的次数,并降低相关费用、时间和压力,对病人、家属、卫生保健系统和整个社会都具有重要意义^[4-6]。

近年来一些文献对远程医疗机器人作了技术及应用方面的阐述。Mariappan 等^[7-8]提出了医用远程诊断机器人 MTR 的通信及控制平台的设计与开发,通过一种混合 P2P(peer-to-peer)的分散网络技术,实现医生机器人 MTR 帮助医生远程问诊病人。Zaka-ul-Haque 等^[9]提出了一种装备有人工智能测试设备的远程病人监控机器人,为医院或养老院提供了对患者实时有效的连续跟踪检测监视设备。Tsui 等^[10]和 Lorenza 等^[11]提出利用远程服务机器人协助老年人居家护理或为老年人康复提供服务,后者还通过老年人对机器人的反应进行心理及生理的测量评估,并描述了机器人在老年人轻度认知损害(MCI)治疗中的应用。Shieh 等^[12]提出医院智能化服务的设计理念,旨在使用节省人力资源的机器人 IHSR 改善医院服务。ASSISTi 项目^[13-14]研发的 uBOT-5 能静静地跟随它的主人在房子周围行走,料理清洁、提醒服药、帮助购物与医生联系,能及时辨识出它的主人堕落或行为反应迟钝,并立即拨打 911 急救电话并将重要信息传递给医生。这个机器人即可工作在家庭环境,也可工作在医院环境。Careo-BOT^[15] and Skillgen^[16]是一类能够远程监测病人身体状况的机器人,机器人内置便携测量系统用于监测病人身体状况(即生命体征)。Intouch^[17-18]健康系列的 RP-7 以及 RP-Vita 是无线远程操控机器人,具有 3 种控制系统:笔记本电脑,台式机或控制工具包(CS 工具包),机器人平台和头部的运动由用户通过操纵杆控制,摄像头、麦克风保障实时、高质量、双向音视频通讯,在缺少专业医疗的

任何地方,通过 RP-7 或 RP-Vita 的远程功能有效扩展医生对病人的管理与照护,克服时间和距离障碍,及时有效地消除病人的痛苦。卡内基梅隆大学研制的一款护士机器人 Pearl^[19],旨在为老年人的日常活动提供帮助,如吃饭、喝水、服药等。约翰·霍普金斯大学研发的“医生机器人”^[20],旨在为医生提供服务,使他们能更方便、更高效地访问住院患者。

本文设计的远程巡诊服务机器人 TM-bot 能够实现环境地图的精确构建,机器人根据构建的地图,精准导航至目标位置。基于 Kinect 获取的人体骨骼信息,实现医院环境中的目标准确跟随。通过远程终端控制技术,实现 PC 终端或手持式移动终端对巡诊机器人远程操控、医生与病人之间音视频对话、医生对病人病情远程监控和实时诊断等功能。巡诊服务机器人内嵌体温计、血压计、超声波等便携式人体征检测设备,实现对患者体征数据的实时采集,方便医生远程诊疗。

1 系统结构

自主研发的 TM-bot 机器人,用于医院、社区医院或养老院的远程巡诊服务。该机器人具有自建地图、自主导航、目标跟随、远程音视频交互、远程医疗巡诊等功能。TM-bot 机器人高 150 cm、底座 50 cm×50 cm,机器人原型机如图 1 所示。



图 1 远程巡诊服务机器人原型机

Fig. 1 Prototype of the service robot for remote medical inspection

1.1 硬件组成

远程巡诊服务机器人系统硬件设计方案如图2所示，主要包括：移动平台、电源系统、环境感知模块、体征信息采集模块、音频视频图像采集模块、控制终端系统等。

1.2 系统软件框架

TM-bot 平台软件包括视觉、运动、语音、电源管理、远程监控和传感系统模块，其构架如图3所示。

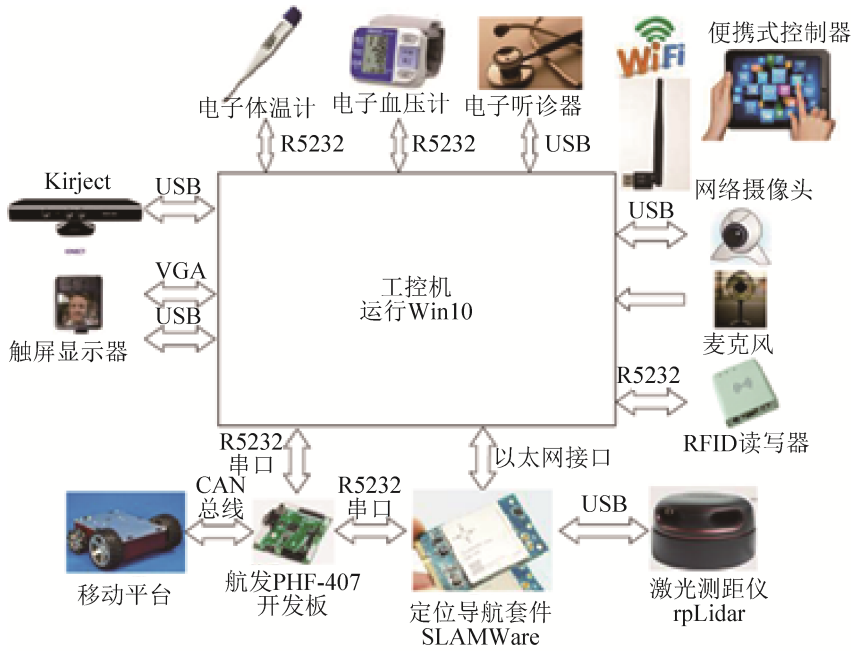


图2 系统硬件设计方案
Fig. 2 Hardware architecture of the robot

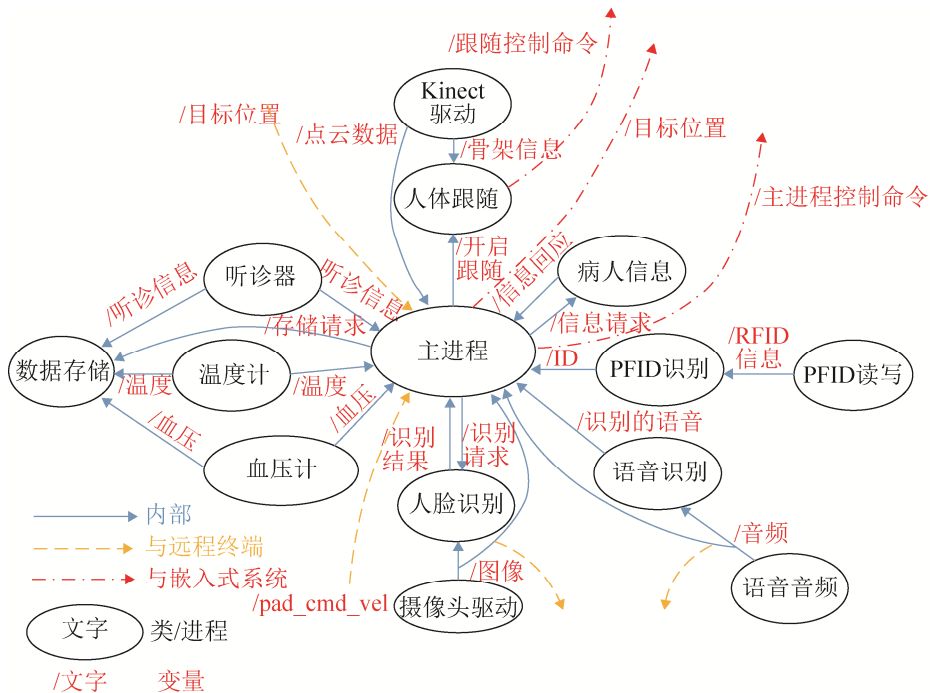


图3 软件系统设计方案
Fig. 3 Software architecture of the robot

<http://www.china-simulation.com>

2 系统子模块

2.1 自主导航模块

TM-bot 机器人移动机构由两轮差动移动平台、M4-STM32F407 开发板、超声测距传感器、激光雷达、SLAMWARE 模块和工控机组成, 实现在医院环境的自主行走功能。

TM-bot 需要具备自主导航以及远程终端遥控的功能。一方面, 当用户指定一个目标位置后(可通过点击实际几何地图上的某位置, 亦可点击经过二次加工的地图进行指定), 机器人能自主移动到目标位置, 并且在移动过程中如果出现障碍物, 机器人能停止移动或避开障碍物。另一方面, 用户可通过一个远程终端(ipad、平板电脑或 pc 机)遥控机器人前进、后退、左转和右转的移动行为, 从而到达用户想要机器人到达的目标位置。

(1) 导航模块工作原理如下:

1) 工控机上位机软件通过以太网接口的 TCP/IP 协议实现与定位导航 SLAMWare 的通信, SLAMWare 提供地图构建、实时定位、路径规划以及导航的功能, 上位机软件通过 SLAMWare 的 SDK 中的 API 对这些功能进行调用。

2) SLAMWare 通过 USB 接口获取激光测距仪 rpLidar 的扫描数据, 融合从 RHF407 开发板发来的里程计信息进行同时定位与地图构建, 以及基于已知地图的定位。

3) RHF407 开发板主要实现与 SLAMWare 的通信协议, 一方面把读取和计算好的移动平台传感器数据和里程计信息发送给 SLAMWare, 另一方面接收来自 SLAMWare 线速度和角速度控制指令, 计算出移动平台双轮速度后通过 CAN 总线发送速度信息给电机驱动模块, 从而控制左右双轮按照给定速度转动, 实现导航。

4) 移动平台接收来自 RHF407 开发板的速度指令, 驱动连接左右轮的电机, 实现对平台的运动控制。

软件采用 Microsoft Visual Studio 2010 编辑、编译和链接生成, 基于微软基础类库(MFC)框架, 最终生成为一个图形用户界面的可执行程序。

(2) 障碍物识别算法:

1) 将激光传感器的可视范围的 270° 角分成 3 个等分, 即每 90° 一个方向, 定义左边 90° 为左方, 前方 90° 为前方, 右边 90° 为右方。

2) 对于每一个方向, 给定一个判断障碍物的最小距离阈值, 并对该方向内小于该阈值的点数进行累加。

3) 如果累加的激光点的数目大于某个阈值, 则认为该方向内有障碍物, 令表示该方向上障碍物的变量设置为 true, 否则变量设置为 false。

最小距离阈值以及激光点数目阈值可根据经验设定。针对 TM-bot 机器人实验场景, 测试确定机器人左方的最小距离阈值为 0.45 m、前方为 0.7 m、右方为 0.45 m。激光点数目阈值为 5 个。在有障碍物的情况下, 如果此时需要启动某个目标位置的自主导航, 则先判断驶往该目标位置的前进方向上是否有障碍物, 如果没有障碍物, 则启动自主导航, 否则保持不动。

为了使机器人避免总是沿着靠近墙壁等障碍物行走, 我们在地图上设置了若干个关键点, 在给定某最终目标位置后, 计算出到达该目标位置的所有关键点, 然后将这些关键点当作一个个目标位置发送给 SLAMWare, SLAMWare 则控制机器人依次到达这些关键点, 最终到达目标位置。在选择关键点的时候, 尽量选择那两个通道的交汇处的中心位置, 这样便可使机器人在行走时尽量保持在通道的中间位置。关键点设置如图 4 红色圆圈所示。

2.2 人体跟随模块

通过 Kinect 获取目标人体的深度信息, 对带有用户索引的深度信息进行计算与处理, 获取人体骨骼信息, 如图 5 所示。将获得的骨骼信息进行坐标换算, 得到实时的速度信息, 并将信息传输至底盘进行跟随, 以实现远程巡诊服务机器人在

医院环境准确跟随护士/医生行走并到达目标位置的功能。再基于 kinect 骨骼数据，结合手势识别进行跟踪，如图 6 所示。

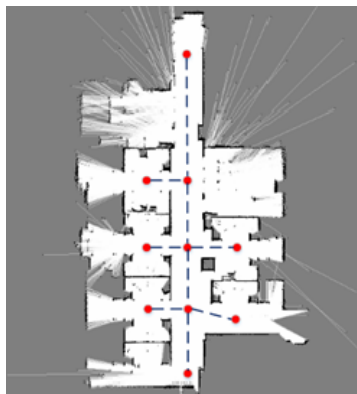


图 4 自建地图中的关键点设置
Fig. 4 Key point settings in the self-built map

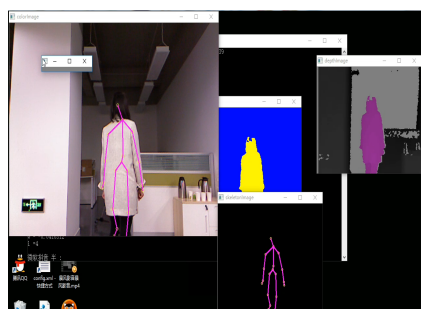


图 5 基于 Kinect 深度信息的骨骼提取
Fig. 5 Bones extraction based on Kinect depth information

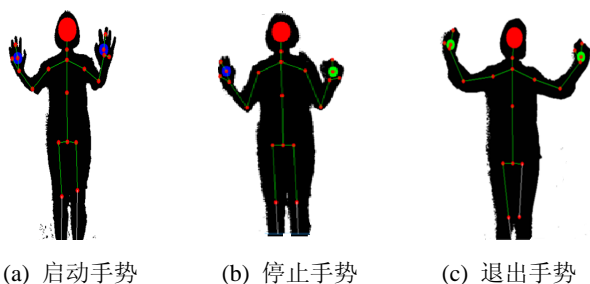


图 6 手势识别
Fig. 6 Gesture recognition

人体跟随过程中，对速度控制较理想状态下的跟随是机器人与目标用户保持同样的移动速度。而实际过程中，机器人需要一定的反应时间和加速时间，并且由于机器人本体的高度问题，出于安全性考虑，机器人的行走速度也是有限制的，底盘速度控制策略如图 7 所示。

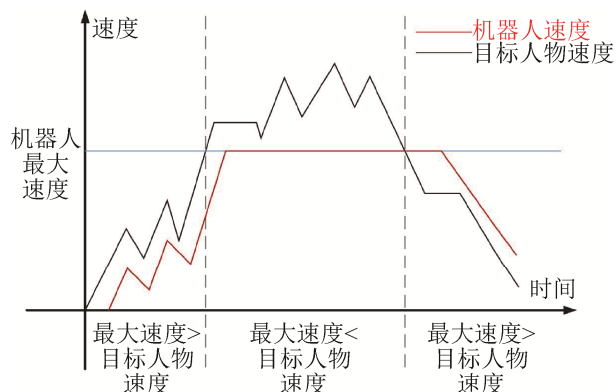


图 7 跟随速度控制方法
Fig. 7 Speed control method of target following

在机器人跟随的过程中，需实时监测激光雷达的信息。通过与导航模块的通信，接收障碍物信息。跟随模块中，编写客户端程序，实时接收来自导航模块服务端的信息。

2.3 远程交互

TM-bot 机器人的远程交互模块主要完成医生与远程患者之间的音视频交互功能，以及医生通过平板电脑等终端对机器人行为操控的功能。从而实现医生对远程病人病情的监控和实时诊断等功能。

2.3.1 与电脑端的远程交互

TM-bot 机器人与电脑端的远程交互系统主要包括两部分，一部分是基于 WPF 的人机交互 UI 界面设计，另一部分是基于 P2P 网络结构的远程音视频交互系统设计，主要实现了该系统用户的登入与注册，并实现医生与患者的远程交互，查询治疗情况，接受患者咨询，提出治疗护理相关指导意见等功能。

(1) 基于 WPF 的系统 UI 界面设计

WPF 是微软公司在全新的 NET Framework 平台上推出的一个平台，可以在 Windows 等主流操作系统上开发出具有炫目视觉效果的应用程序，操作简单便捷，基于此，采用 WPF 框架对系统进行界面 UI 设计，并与后台实现逻辑交互，从而使系统的需求功能在可视化界面下进行一系列有效的人性化操作。界面显示是需求功能的直接体现，也是系统人机交互最直接的体现，系统界面如图 8

所示, 主要包括系统登录界面、注册界面、功能模块主界面以及音视频交互界面等。其中音视频界面包括视频功能区、患者基本信息功能区与信息文件传输功能区三部分组成, 如图 8(d)所示。



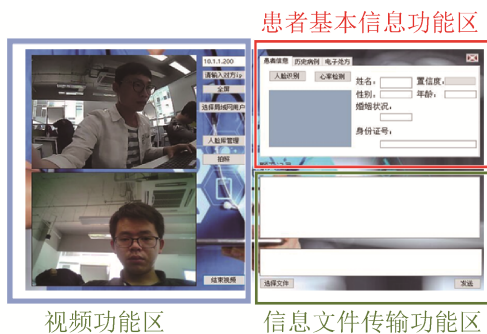
(a) 登录界面图



(b) 注册界面图



(c) 功能模块界面图



(d) 系统音视频交互界面

图 8 系统人机交互界面

Fig. 8 Human-computer interface of the robot system

(2) 基于 P2P 网络结构的远程音视频交互系统设计

1) P2P 网络结构实现

传统的 C/S 通信方式, 是一个数据包从一个客户端发送到另一个客户端需要经过服务端进行中转, 致使服务端承受的压力很大, 很容易因线程问题而宕机。而 P2P(peer-to-peer)对等通信, 又称对等互联网络技术, 是一种网络新技术, 依赖网络中参与者的计算能力和带宽, 而不是聚集在较少的几台服务器上。在 P2P 的网络通信中, 所有的网络节点都处于同等的地位, 这样就没有服务端与客户端之分, 其中的每一个节点既是服务端, 又是客户端^[21]。这样客户端之间就可以直接进行通信, 不需要再经过服务端的中转, 从而提高了网络的传输速度, 减小了服务器的压力, 这对客户端之间的通信是非常有用的。P2P 通信方式如图 9 所示。

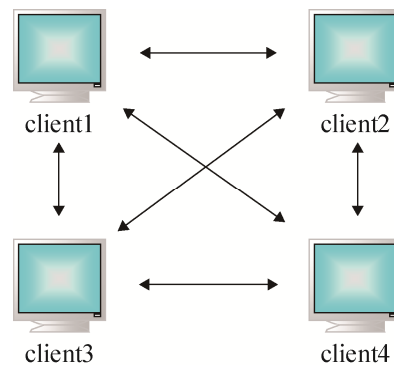


图 9 P2P 通信方式

Fig. 9 Communication method of P2P

2) 基于 JPEG 图像无损编码的图像压缩

在视频传输过程中, 视频通过一帧一帧图片数据流的形式进行传输, 图片在传输过程中采用 JPEG 无损编码, 步骤如图 10 所示, 其中解码与编码互为逆过程^[22-23]。

3) 基于 Speex 的音频压缩

Speex 是一种音频数据处理的开源算法, 是基于 CELP 编码的技术, 在改善网络语音通话质量方面具有很好的效果, 该算法具有多采样率和多码率的优点, 并且具有较高的压缩比^[24-25]。

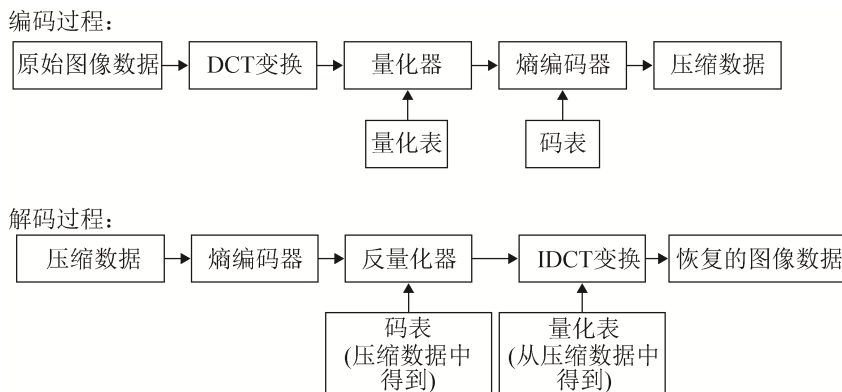


图 10 JPEG 图像无损编码与解码过程

Fig. 10 Lossless encoding and decoding process for JPEG image

压缩程序的主程序编写在 speexenc 文件中^[26], 首先编写 speexenc(编码)的用法, 然后编写如何实现对输入文件的压缩: 先用 fopen 函数打开输入的文件, 并判断参数, 再进行初始化配置参数, 预处理, 然后给待生成的 spx 文件写头, 调用 libspeex 库中的函数对语音数据进行压缩处理并写入 spx 文件中, 即可输出压缩后的 spx 文件。

4) 音视频初始化设置

系统音频与视频的采集来自于计算机的声卡与摄像头, 为了实现视频数据与音频数据的实时同步传输, 在音视频流传输之前, 必须对音频与视频设备进行初始化, 并且还需要数据传输的 socket 套接字^[27], 初始化步骤如图 11 所示。

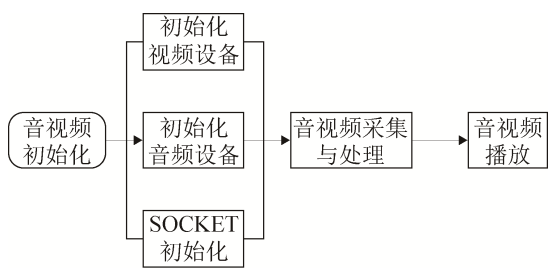


图 11 音视频初始化设置

Fig. 11 Initialization settings for audio and video

2.3.2 与 Android 系统移动终端交互

主要用于远程巡诊机器人的操控, 包括自主导航、视频通话、远程遥控三大模块, 使得医生可以轻松通过手持终端来操控机器人, 下达指令后机器人便可自动到达指定地点。医生也可以借助手持

终端通过机器人与患者进行实时交互, 完成问诊工作, 或用于专家会诊, 提高医疗服务效率与质量。

该控制软件在 Android 系统下运行并完成:

- 1) 点击地图上的坐标, 机器人自动到达指定位置, 同时可以手动控制机器人的运动;
- 2) 实现移动端(Android 系统)与机器人的视频交互功能;
- 3) 基于机器人摄像头的视角对机器人进行远程遥控。

远程终端的登录界面与导航界面见图 12 所示。



图 12 远程终端的登录界面与导航界面

Fig. 12 Login interface and navigation interface of the remote terminal

2.4 人体数据采集模块

通过在 TM-bot 机器人内置便携式人体生理数据采集设备如图 13 所示, 采集病人血压、血糖、血氧、体温等人体体征数据。通过无线模块或者专用 USB 数据线传送到医生的电脑端, 实现医生及时获取患者体征数据、掌握患者情况、进行动态评

估分析等功能。



图 13 生理数据采集设备

Fig. 13 Equipment for physiological data acquisition

人体生理数据实时传输界面如图 14 所示。界面显示采集和接收到的血压、血氧、体温、心电波形、血糖的实时数据。

3 实验测试

3.1 人体跟随测试

在医院环境，机器人由护士引导进行跟随行走测试，如图 15 所示。图 15 中：(a)为护士作启动手势信号，(b)~(c)为机器人跟随护士直线行走，(d)为护士右转，(e)~(g)为机器人可精确地跟随，(i)~(j)、(l)为其他人员进行手势、穿插等各种

干扰，(m)~(n)为机器人仍将跟随目标医护人员进行右转弯。

3.2 远程音视频交互测试

在医院环境下，为一位脚部疼痛病人进行远程交互测试。图 16 为测试全过程，图 16 中：(a)为开始远程交互诊疗，(b)为医生远程操控机器人头部转动，使得屏幕视角达到一个合适角度，(d)~(f)为开始远程诊疗，(g)~(h)为医生跟病人沟通后，让病人尝试站立与缓慢行走。

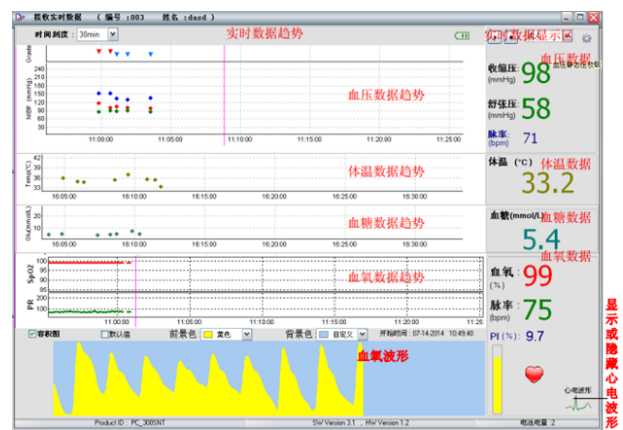
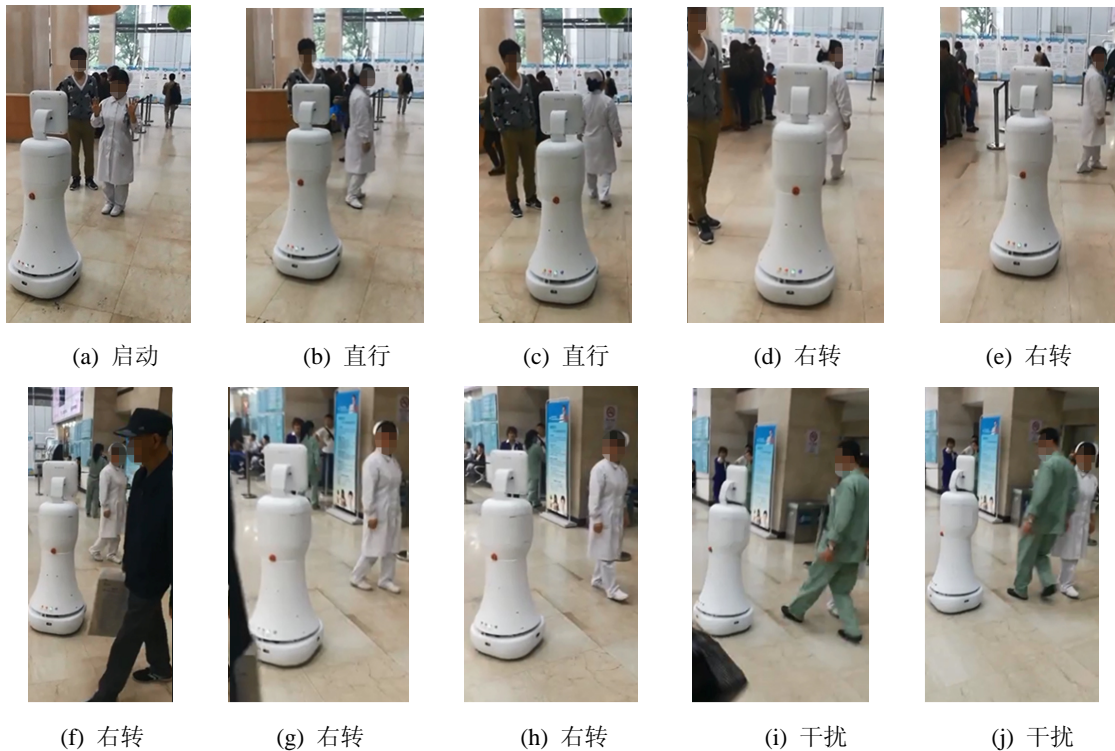


图 14 实时接收数据

Fig. 14 Receiving data in real time





(k) 干扰

(l) 干扰

(m) 右转

(n) 右转

图 15 人体跟随测试

Fig. 15 Human body following test



(a) 患者与医生进行远程交互

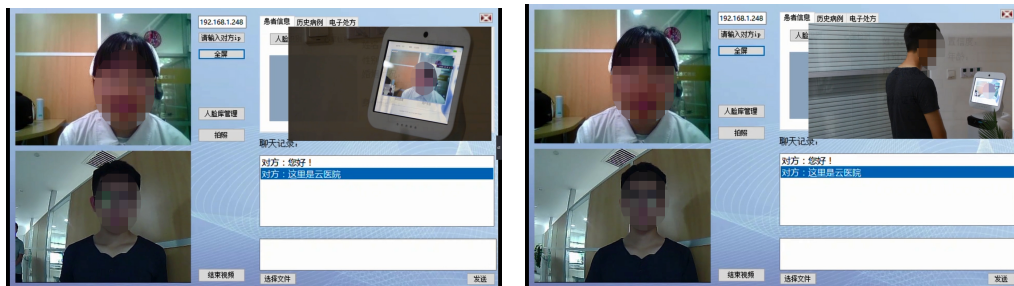
(b) 远程控制机器人头部转动

(c) 调至合适角度远程交互

(d) 开始问诊

(e) 医生与病人沟通

(f) 医生为病人诊断



(g) 医生桌面端

(h) 病人在医生指导下尝试走动

图 16 远程交互测试

Fig. 16 Remote interaction test

4 结论

本文介绍了一个远程巡诊服务机器人系统。该系统是面向医院病房巡诊工作、社区及养老院移动医疗服务等应用场合。机器人配备必要的诊

断设备以及视频音频通信系统，能够自主或由医护人员远程操控进入病房，协助医生为住院病人进行“问诊”，或协助医生为养老院老人进行定期健康回访，方便医生远程诊疗，完成医生对病人病情远程监控和实时诊断等功能。

参考文献:

- [1] 倪自强, 王田苗, 刘达. 医疗机器人技术发展综述[J]. 机械工程学报, 2015, 51(13): 45-52.
Ni Ziqiang, Wang Tianmiao, Liu Da. Survey on Medical Robotics[J]. Journal of mechanical engineering, 2015, 51(13): 45-52.
- [2] 彭电落, 龚建平, 邓菊兰, 等. 社区医疗卫生巡诊服务模式的研究[J]. 当代医学, 2017, 23(24): 80-82.
Peng dianluo, Gong Jianping, Deng Julan, et al. Research on the service model of community medical and health patrol[J]. Contemporary Medicine, 2017, 23(24): 80-82.
- [3] Annica K, Silvia C, Amy L. A Review of Mobile Robotic Telepresence[J]. Advances in Human-Computer Interaction (S1687-5893), 2013(3): 1-17.
- [4] Robotics Technology Consortium. A roadmap For US Robotics from Internet to Robotics[R]. USA: Robotics Technology Consortium, 2016 edition. 2016.
- [5] Borenstein J, Wagner A R, Hward A. Overthrust of Pediatric health-care Robots: A Preliminary Survey of Parent Perspectives[J]. IEEE Robotics and Automation Magazine (S1070-9932), 2018, 3(25): 46-54.
- [6] 崔楠, 顾海, 景抗震. 新医改背景下远程医疗发展的SWOT分析[J]. 卫生经济研究, 2018, 5(23): 44-46.
Cui Nan, Gu Hai, Jing Kangzhen. SWOT analysis of telemedicine development in the context of new medical reform[J]. Health Economics Research, 2018, 5(23): 44-46.
- [7] Mariappan M, Ramu V, Brendan K T T, et al. Medical Tele-diagnosis Robot (MTR)-Internet Based Communication and Navigation[J]. Applied Mechanics and Materials (S1662-7482), 2014, 490/491: 1177-1189.
- [8] Mariappan M, Nadarajan M, Porle R R, et al. Towards Real-Time Visual Biometric Authentication Using Human Face for Healthcare Telepresence Mobile Robots[J]. Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (S2180-1843), 2016, 8(11): 51-56.
- [9] Zaka-ul-Haque, Rabia Siddiqui, RukaiyaJavaid, et al. Tele-presence Based Patient Monitoring Robot[J]. International Journal of Advanced Science and Technology (S2005-4238), 2012, 42: 151-156.
- [10] K M Tsui, K Flynn, A McHugh, et al. Designing Speech-Based Interfaces for Telepresence Robots for People with Disabilities[C]// IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, 2013: 1-8.
- [11] Lorenza Tiberio, Amedeo Cesta, Gabriella Cortellessa, et al. Assessing affective response of older users to a tele-presence robot using a combination of psycho physiological measures[C]// The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication., 2012: 833-838.
- [12] M Y Shieh, J C Hsieh, C P Cheng. Design of an intelligent hospital service robot and its applications[C]// IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2004, 5: 4377- 4382.
- [13] University of Massachusetts Amherst. uBot-5. [EB/OL] [2017-07-23]. <http://www-robotics.cs.umass.edu/index.php/Robots/UBot-5>.
- [14] University of Massachusetts Amherst. Robots assist with elder care[EB/OL]. [2017-12-03]. http://www.cs.umass.edu/csinfo/announce/robots_elder.html.
- [15] European information society, TNO innovation for life. Robotics for Healthcare[J/OL]. [2018-01-02]. http://ec.europa.eu/information_society/activities/health/docs/studies/robotics_healthcare/robotics-in-healthcare.pdf.
- [16] Skilligent. Healthcare/Eldercare Robot based on Skilligent Technology [J/OL]. [2017-02-18]. <http://www.skilligent.com/products/documents/docs/Skilligent-Health-Elder-Care-Robot-Study.pdf>.
- [17] Touch Health. RP-7iRobot[EB/OL]. [2016-12-14]. <http://www.intouchhealth.com/products-and-services/products/rp-7i-robot/>.
- [18] Touch Health. Rp-vita remote presence robot[EB/OL]. [2016-12-14]. <http://www.intouchhealth.com/products-and-services/products/rp-vita-robot/>.
- [19] Hori T, Nishida Y, Murakami S. Pervasive sensor system for evidence-based nursing care support[C]// IEEE International Conference on Robotics & Automation, 2006: 1680-1685.
- [20] Tsai T C, Hsu Y L, Ma A I, et al. Developing a telepresence robot for interpersonal communication with the elderly in a home environment[J]. Telemedicine and e-Health, 2007, 13(4): 407424.
- [21] 陈雪娟. P2P 网络实时流媒体分发技术的研究探讨[J]. 信息与电脑(理论版), 2010(11): 98-100.
Chen Xuejuan. Research and discussion on P2P network real-time streaming media distribution technology[J]. China Computer & Communication, 2010(11): 98-100.
- [22] 张燕红, 王燕, 韩庆龙, 等. 几种常用图像压缩编码方法的研究及 C#实现[J]. 计算机技术与自动化, 2013, 32(3): 60-63.
Zhang Yanhong, Wang Yan, Han Qinglong, et al. Research and C# Implementation on Several Commonly Used Image Compression Coding Methods[J].

- Computing Technology and Automation, 2013, 32(3): 60-63.
- [23] 李智. JPG 图像压缩的编码和解码的设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2011.
Li Zhi. Design and implementation of JPG image compression coding and decoding[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology, 2011.
- [24] 杨果, 王亚洁, 王晶. Speex 编码器中回声消除算法的分析与评估[J]. 电声技术, 2013, 37(9): 52-55.
Yang Guo, Wang Yajie, Wang Jing. Analysis and Evaluation of Echo Cancellation Algorithm in Speex Codec[J]. Audio Engineering, 2013, 37(9): 52-55.
- [25] 钟结实, 张科. Speex 语音编解码的研究及实现[J]. 计算机测量与控制, 2010, 18(8): 1883-1885.
Zhong Jieshi, Zhang Ke. Research and Implementation of Speech Code Based on Speex[J]. Computer Measurement & Control, 2010, 18(8): 1883-1885.
- [26] 徐治. DirectSound 音频采集技术在虚拟语谱仪中的应用[J]. 软件, 2014(6): 73-76.
Xu Zhi. The Implementation of DirectSound Audio Capture Technique In The Virtual Spectrographic Analyzer[J]. Software, 2014(6): 73-76.
- [27] 李海龙. 远程医疗终端信息采集和传输系统的研究与设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2016.
Li Hailong. The Study and Design of Telemedicine Terminal Information Collection and Transmission System[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology, 2016.

《系统仿真学报》荣获“2017 中国国际影响力优秀学术期刊”证书

由中国学术期刊（光盘版）电子杂志社与清华大学图书馆联合成立的中国学术文献国际评价研究中心，发布了 2017 版《中国学术期刊国际引证年报》，《系统仿真学报》荣获“2017 中国国际影响力优秀学术期刊”。

《年报》（2017 版）采用的统计源期刊为 20192 种，涵盖 WoS 收录的 SCI 期刊 8874 种、SSCI 和 A&HCI 期刊 4645 种，ESCI 期刊 5578 种；增补期刊 1762 种。参照中外文学术期刊总被引频次、影响因子、半衰期等各项国际引证指标，计算期刊影响力指数(CI)，对国内 6210 种学术期刊排序，遴选了人文社科、自然科学与工程技术两个类别的 TOP10% 为国际影响力品牌学术期刊。TOP5% 以内的期刊为“最具国际影响力学术期刊”、TOP5-10% 之间的为“国际影响力优秀学术期刊”。