

医院 5G 查房机器人平台设计与应用 *

张延家 陈保站 翟运开 刘玉焘 赵 杰

(郑州大学第一附属医院 郑州 450052)

〔摘要〕 目的/意义 在基层医院应用 5G 查房机器人平台, 以有效提升危急重症、疑难杂症患者救治能力和管理服务水平。方法/过程 基于 5G、物联网、机器人等技术, 搭建部署 5G 查房机器人平台并联动国内专家为患者提供移动查房、远程会诊、重症监护、健康宣教等服务。结果/结论 实现患者临床数据实时共享、诊疗过程高效协同, 能够根据患者病情多模式、精准化、规范化开展远程查房和救治指导工作。

〔关键词〕 5G; 机器人; 远程查房; 数据共享

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2024.10.014

Design and Application of Hospital 5G Ward Round Robot Platform

ZHANG Yanjia, CHEN Baozhan, ZHAI Yunkai, LIU Yutao, ZHAO Jie

The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

〔Abstract〕 **Purpose/Significance** To apply the 5G ward round robot platform in primary hospitals, so as to effectively improve the treatment capability and management service level of patients with critical and severe diseases. **Method/Process** Based on technologies such as 5G, internet of things (IoT) and robotics, the researchers build and deploy a 5G ward round robot platform and collaborate with domestic experts to provide mobile ward round, remote consultation, intensive care, health education and other services for patients. **Result/Conclusion** Real time sharing of patient clinical data and efficient collaboration in the diagnosis and treatment process can be achieved, multi-mode, accurate and standardized remote ward round and treatment guidance can be carried out according to patients' conditions.

〔Keywords〕 5G; robot; remote ward round; data sharing

1 引言

远程查房是指医学专家通过医疗专网对远程医疗定点医院传染性疾病、疑难病例、重症及常见慢性病患者开展实时医疗会诊查房, 联动医生和患者视频互动沟通病情、讨论诊疗方案的查房形式^[1]。相比传统查房, 初期的远程查房系统摆脱了繁杂的纸质检查检验报告, 并突破时空限制, 将优质医疗服务延伸至基层医院。然而其画质不清、灵活性

〔修回日期〕 2024-07-17

〔作者简介〕 张延家, 硕士, 工程师, 发表论文 2 篇; 通信作者: 赵杰, 教授, 博士生导师。

〔基金项目〕 科技创新 2030——“新一代人工智能”重大项目 (项目编号: 2022ZD0160704); 河南省医学科技攻关计划联合共建项目 (项目编号: LHGJ20240240); 河南省高等学校哲学社会科学基础研究重大项目 (项目编号: 2022-JCZD-21)。

差、数据不全等缺陷无法满足远程专家移动查房的工作需求。初期系统多以远程医疗虚拟专用网络（virtual private network，VPN）为基础，网速慢、视频清晰度不高，且存在卡顿等现象；患者端多为固定式的视讯设备，专家无法远程控制查房终端智能化移动。此外，对于患者的病历影像资料，专家端只能通过辅流观看，无法主动调阅；实时生命体征数据的缺乏也导致专家无法全面客观地评估病情，远程查房体验不佳，查房质量有待提高。

2022 年 11 月印发的《“十四五”全民健康信息化规划》^[2]鼓励医疗卫生机构积极开展 5G + 医疗健康、医疗健康机器人等应用试点工作，不断推动 5G 网络在医疗健康领域的应用创新和服务创新，推进面向卫生健康行业的服务机器人和特种机器人的研制及应用。5G 查房机器人平台深度融合 5G、物联网以及机器人等新兴信息技术，优化资源配置提高网络带宽、提升视频画面质量、增强智能终端灵活性，以及远程专家对患者最新病历资料和实时生命体征数据的可触及性，创新医疗信息应用模式，大幅提升远程专家查房质量以及患者就医体验。本文主要对 5G 查房机器人平台的架构设计、业务流程以及应用效果等进行分析。

2 5G 查房机器人平台架构设计

2.1 5G 医疗网络

5G 网络 3 大典型应用场景为增强型移动宽带、超可靠低时延通信、海量大规模连接物联网通信，满足了基于远程控制、桌面共享以及辅助诊断为主的移动查房、远程会诊，以及智能监测等业务对通信网络质量的需求^[3]。在基层医院，普通用户业务依托 5G 用户前置设备连接附近广域部署的 5G 基站，通过下沉至网络边缘的用户平面功能连接移动网络进而接至省级 5G 医疗云专网；专享医疗业务可在高峰时段优先调度，通过 5G 承载网络中的切片管道隔离传输视讯诊断类大带宽业务、控制指令类低时延业务，再经过院内部署的移动边缘计算（mobile edge computing，MEC）接至 5G 医疗云专网。5G 医疗专网院间业务架构，见图 1。基于网络切片、MEC，以及网络能力开放等技术，5G 专网为医疗业务创造出低时延、高速率、大带宽、海量物联、广域覆盖、数据安全的环境，将优质专家资源延伸至基层医院^[4]。

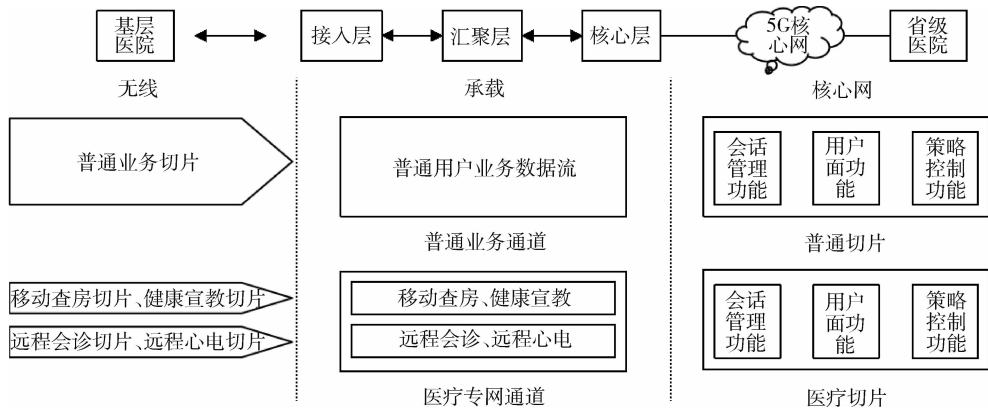


图 1 5G 医疗专网院间业务架构

2.2 物理架构

5G 查房机器人平台物理架构主要由视讯模块、外接模块和移动底盘等模块组成。视讯模块包括音视频一体机、云台摄像头、医疗数据屏、工控机、专家端一体机等。其中，音视频一体机可以实现音

视频信号、医疗影像类信号的混合切换、无缝切换和大屏拼接，并支持音频信号切换和声音调节等功能；云台摄像头可调整焦距，能够上下左右、缩放推拉以最优化显示患者画面，甚至能辅助专家看清患者眼睛血丝的分布状况；工控机基于 x86 架构的 Windows 10 系统，连接医疗数据屏实时显示患者生

理数据及其电子病历信息；专家端一体机可远程操控 5G 查房机器人，辅助医生开展移动查房、视讯会诊，以及远程心电等工作。外接模块主要由血压计、额温枪、血氧仪、血糖仪、听诊器，以及影像仪器接口等医疗设备组成，分别采集患者血压、体温、血氧、血糖、心率以及影像等数据，并通过蓝牙将信息传输至机器人端工控机。移动底盘模块包括广角深度摄像头、激光测距传感器、超声波传感器、防撞传感器，以及惯性测量单元六轴姿态传感器等^[5]，基于多传感器融合定位技术，在隔离病房实现查房机器人实时定位、高精度地图绘制、全局路径规划、动态避障以及自主导航等功能^[6]。

2.3 系统架构

5G 查房机器人平台系统架构设计主要包括接入层、数据库层、交换层、数据层、服务层和应用层，见图 2。

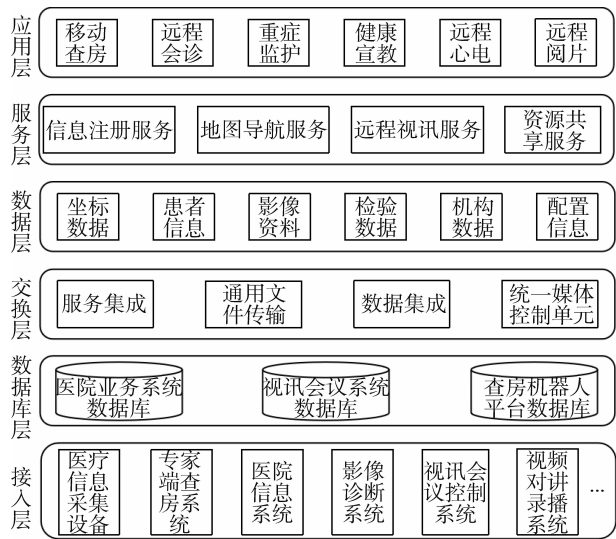


图 2 5G 查房机器人系统平台架构

接入层实现机器人查房信息、医疗设备监测信息、患者病历信息以及视讯录播信息等初始数据的接入汇聚。5G 查房机器人平台依托专家端查房系统接入患者床位信息、点位信息以及查房状态信息等；依托医院信息系统、病理诊断系统以及影像诊断系统接入患者病历信息、检验检查报告以及影像资料等；依托机器人端管理系统扫描病房环境采集坐标信息、地图数据以及电量信息等；依托医疗信

息采集设备，如血压计、血氧仪、听诊器和影像仪器接口等采集患者生命体征数据。数据库层基于 5G 查房机器人平台服务过程中产生的数据资源，按照源数据、基础数据、整合数据、利用数据依次分类，实现从数据采集源头到数据利用目标的阶梯式存储。交换层主要用于移动查房、远程医疗信息共享和资源交换，通过消息传递或数据接口与其他信息系统产生信息交换，实现基于数据服务的资源共享、数据上报等功能。数据层提供的坐标数据、患者信息、影像资料、检验数据、机构数据、服务配置信息等，为跨医院、跨院区远程医疗机构之间的互联互通提供信息服务。服务层提供信息注册服务、地图导航服务、远程视讯服务以及资源共享服务等，基于行业通用交换标准，通过远程医疗数据传输对象与远程医疗业务直接进行信息交互^[7]。应用层通过统一的服务门户实现移动查房、远程会诊、重症监护、健康宣教、远程心电、远程阅片等远程医疗服务^[8]。5G 查房机器人平台在使用过程中分为申请端和受理端，申请端部署于基层医院 5G 移动查房机器人，方便患者及其主治医生根据诊疗需要提交查房申请、共享病历资料，以及上传体征数据等；受理端部署于专家端一体机，服务专家实现移动查房、远程会诊、远程心电以及智能监测等功能。

2.4 系统功能

5G 查房机器人平台基于 5G、物联网、机器人等技术实现医疗资源的有机整合、上下贯通和灵活调动，联动远程专家提升基层医院危急重症、疑难杂症患者救治工作的科学性、规范性和高效性，其功能应用主要包括移动查房、远程会诊、重症监护以及健康宣教等。

2.4.1 移动查房 查房机器人基于多传感器融合定位技术，实现“人－机－环境”状态智能感知、实时动态避障、全局路径规划以及自主导航驾驶等功能，在基层医院患者床旁协助远程专家实现移动查房。通过串口通信、反向控制和桌面共享技术，远程专家登录基层医院信息系统，查阅患者电子病历信息，结合实时生命体征数据与患者沟通病情发

展状况，并对后续用药、饮食、运动、休息等方面提供科学的医嘱安排等。

2.4.2 远程会诊 针对基层医院危急重症、疑难杂症患者，基于 5G 医疗专网通过视讯会议控制系统和视频对讲录播系统连接国内医院多学科会诊专家团队，结合患者既往病史和最新电子病历资料等展开会诊讨论，在综合各学科专家意见的基础上为患者提供“一人一案、一人一策”的科学化、精准化、定制化诊疗方案。

2.4.3 重症监护 基于数据交互技术，医护人员可以通过远程桌面实时查看危急重症患者信息，包括电子病历、床位分布、护理等级、检验检查结果、影像资料等，并通过医疗数据采集终端和仪器接口实时监测患者血压、体温、血氧、血糖、心率

等生命体征数据，严密观察重症患者意识和关键体征数据变化情况，及时优化调整诊疗方案^[9]。

2.4.4 健康宣教 疾控部门通过查房机器人视讯会议控制系统为新型传染类疾病住院患者科普疾病特征、症状表现、传播途径、预防措施等健康知识，增强患者卫生健康意识和全民健康素养。同时利用心理疏导、营养支持、人文关爱、医患沟通等方式，避免患者因恐慌过度、住院时间较长等原因出现非理性行为，鼓励患者积极服从安排、配合医生治疗，增强战胜疾病的勇气。

2.5 业务流程设计

5G 查房机器人平台业务流程主要由基层医院临床医生申请端和远程专家受理端两部分组成，见图 3。

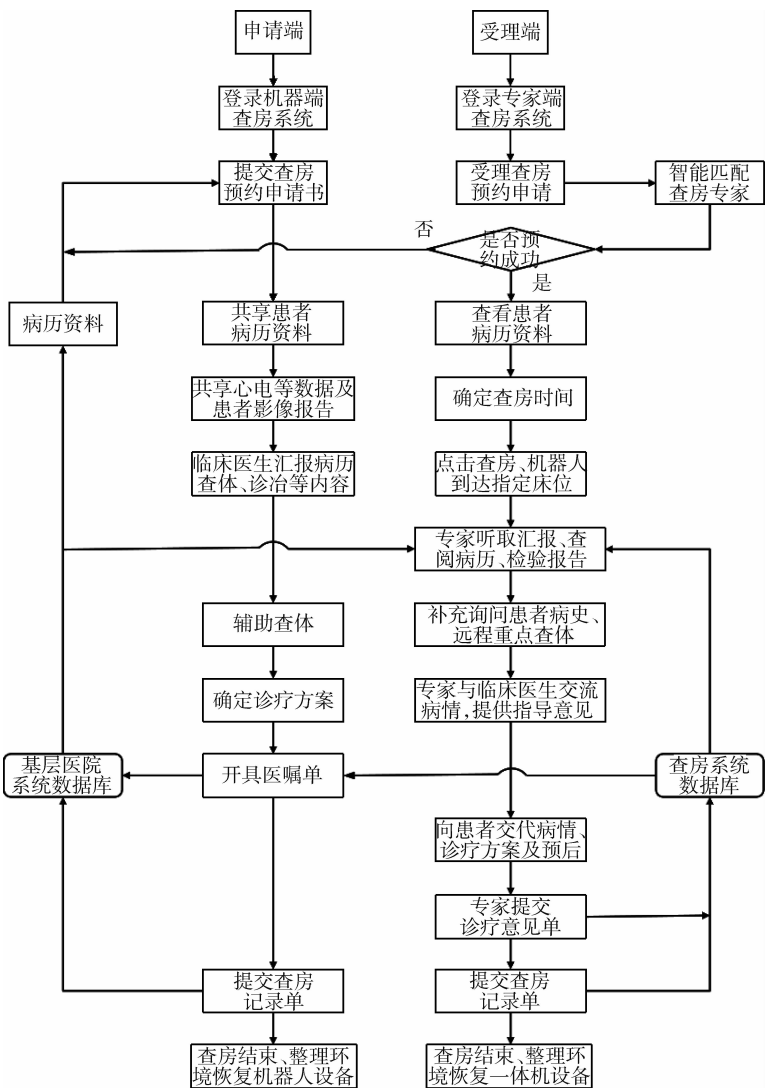


图 3 5G 查房机器人平台业务流程

申请端由住院患者委托临床医生或临床医生根据病情诊疗需要发起查房申请,登录查房系统后按照模板填写患者病历资料,提交查房专家预约申请单。查房系统工作人员收到预约消息后审核患者资料,对资料不全的查房申请予以退回并建议增补材料重新申请;对资料齐全的查房申请审核通过,根据病情需要或定点医院患者指定,结合受理医院专家库资源和医院专家值班信息智能匹配查房专家,经相应专家预览患者病历资料后同意查房方可预约移动查房服务,确定查房时间,并将查房专家、查房时间以及会议编号等信息反馈给申请端。查房前申请端临床医生开启 5G 查房机器人,检查机器人储备箱体温度计、血氧仪、听诊器等设备蓝牙连接状况,连通网络开启 5G 查房机器人系统、视讯会议控制系统以及定点医院信息系统等,调节参数确保音视频效果最佳。受理端专家开启视讯会议终端进入会议,点击查房系统患者床位编号,申请端 5G 查房机器人接收指令后匀速移动到病房指定位置,调整云台摄像头至最佳查房视角,便可开始远程查房。查房时临床医生简要汇报患者病史、查体、影像检验结果以及初期诊治等内容,远程专家听取汇报后,通过查房系统协助控制功能,反向操控申请端 5G 查房机器人控机桌面定点医院的医院信息系统、检验信息系统、影像存储与传输系统等,查阅患者近期的检查检验报告、影像等资料,补充询问患者病史,并在临床医生帮助下远程重点查体。专家根据相关资料和检查结果与临床医生沟通,进而提供详细专业的诊疗建议。专家向患者交代病情和进一步治疗方案后,在查房系统中提交诊疗意见单,供临床医生参考。临床医生根据查房专家诊疗意见单,调整患者后期诊疗方案和预后治疗等,开具医嘱单和查房记录单。查房结束后关闭视讯会议、医院信息系统,点击查房系统“返回充电点”,机器人离开病房匀速回到充电桩。查房结束申请端和受理端工作人员整理环境、恢复机器设备^[10]。

3 应用效果

基于 5G 技术的查房机器人平台创新互联网医

疗服务模式,解决了初期查房系统画质不清、灵活性差、数据不全、调阅不便等问题,重构了医疗机构信息化基础设施布局,推动了 5G 技术与卫生健康深度融合应用^[11]。以远程移动查房为代表的 5G 业务在突发公共卫生事件中发挥支撑作用,大幅提升基层医生对复杂病例的诊疗能力和查房效率,实现了定点医院患者临床数据实时共享,诊疗业务高效协同,有效保障专家团队将关口前移,根据患者病情多模式、精准化、规范化开展远程查房和救治指导工作。

截至 2023 年 12 月底,5G 查房机器人平台已在郑州大学第一附属医院、郑州市第一人民医院、鹤壁市人民医院、舞钢市人民医院、鄱陵县中医院、洛宁县人民医院和郑州中康医院部署建设并推广应用,涵盖移动查房、远程会诊、智能监测、健康宣教、远程心电以及远程阅片等多项服务。新疆维吾尔自治区哈密市中心医院也在积极引进该查房系统,用于提升医院危急重症、疑难杂症患者救治能力和管理服务水平。

4 讨论

4.1 存在问题

5G 查房机器人平台在基层医院使用中还存在以下问题。一是 5G 网络信号不稳定:在大型建筑群室内封闭空间,部分外墙有金属隔板易造成物理屏蔽,5G 信号衰耗严重,查房机器人偶尔出现意外静止、画面卡顿等现象,在使用前调整室外 5G 基站位置和角度并协同室内基站信号互补有助于提升 5G 通信服务质量。二是数据接口标准不一:生命体征监护设备品牌不一、型号多样,数据接口没有统一标准,部分厂商的数据交换协议甚至不对外开放。多终端数据接口标准统一、协议开放、互联互通是智慧医院信息化发展趋势,应通过政策驱动和市场协力推进设备接口统一、开放、共享,以满足公众健康需求。

4.2 应用展望

随着互联网医疗政策驱动和新兴信息技术的快

速发展, 5G 查房机器人平台在强化病情监测分析、创新诊疗服务模式、改善患者就医体验中的作用日益凸显, 应用日益广泛, 影响日益深远。一是实现优质医疗资源下沉: 专家可通过 5G 查房机器人系统突破时间和空间限制, 将优质医疗服务扩展和延伸至基层医院患者床旁, 促进优质医疗资源共享和医疗服务均等化, 构建分级诊疗服务新格局。二是推动医疗数据互通共享: 依托 5G 医疗专网、串口通信、桌面共享等技术, 专家端可以查阅基层医院信息系统患者病历资料和实时生命体征数据, 实现电子病历实时共享, 诊疗业务高效协同, 大幅提升基层医院临床医生救治能力和智慧化管理水平。三是优化医防协同服务模式: 依托查房机器人实现“人-机-环境”状态智能感知、运动规划、远程操控、人机协同, 在公共卫生机构和定点医院建立应急指挥和查房管理系统^[12], 优化防治结合的医疗服务模式, 提高重大传染疾病和突发公共卫生事件的应急管理能力。未来 5G 查房机器人平台将依托河南省远程医学中心逐步在河南省 17 个地级市的 152 家医疗卫生机构推广应用, 为更多的基层患者提供优质高效的医疗健康服务。

5 结语

5G 查房机器人平台深度融合 5G、物联网、机器人等技术, 联动国内专家为基层医院危急重症、疑难杂症患者开展移动查房、远程会诊、重症监护、健康宣教、远程心电等服务, 进一步拓展 5G+ 医疗健康服务模式, 丰富数字健康应用场景和服务空间, 优化资源配置提升基层医院诊疗服务能力和智能化管理水平。未来将构建卫生、疾控、中医药等多部门间的协同合作体系, 依托河南省远程医学中心推广 5G 查房机器人平台示范应用, 推进健康中国建设, 提高人民健康水平。

作者贡献: 张延家负责论文撰写; 陈保站、翟运开负责论文修订; 刘玉焘负责架构设计; 赵杰负责论文指导与审核。

利益声明: 所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- 1 张智军, 宋雅婷, 邓海权, 等. 一种基于环境自然导航的医疗机器人查房系统与方法: CN202210688610. X [P]. 2022-10-04.
- 2 “十四五”全民健康信息化规划 [EB/OL]. [2024-04-12]. <http://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/s3585u/202211/49eb570ca79a42f688f9efac42e3c0f1.shtml>.
- 3 刘虹. 5G 专网在智慧医疗中的应用 [J]. 移动通信, 2022, 46 (4): 91-96.
- 4 张兴辉, 赵志明, 徐军, 等. 5G+智慧医疗承载专网应用场景研究 [J]. 广播电视网络, 2021, 28 (3): 20-23.
- 5 何佑星. 多传感器融合的家庭服务机器人导航系统的设计与实现 [D]. 兰州: 兰州理工大学, 2021.
- 6 马利娜, 游佳朋, 熊会, 等. 港口多 AGV 智能导航解决方案设计与试验 [J]. 机械设计与研究, 2021, 37 (6): 24-27.
- 7 单杰, 张晓祥, 王梁. 基于云平台信息系统的医联体建设实践 [J]. 现代医院, 2021, 21 (8): 1238-1240.
- 8 张培, 靖超, 赵宏业, 等. 5G 在北京冬奥会崇礼赛区远程医疗领域的应用 [J]. 中国数字医学, 2020, 15 (1): 16-18.
- 9 范勇, 梁洪, 孙继鹏, 等. 基于云边端架构的急救医疗设备物联网设计与实现 [J]. 生物医学工程学杂志, 2023, 40 (1): 103-109.
- 10 骆伟超, 李木, 宋佳, 等. 移动查房车 5G 技术的探索与实践 [J]. 中国数字医学, 2023, 18 (5): 74-78.
- 11 国务院办公厅关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见 [EB/OL]. [2024-04-12]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2018-04/28/content_5286645.htm.
- 12 蒋帅, 孙东旭, 翟运开, 等. 远程医疗在新冠肺炎疫情防控中的实践与探索 [J]. 中国数字医学, 2021, 16 (3): 109-113.