

〈 医疗管理 〉

基于5G云边协同联合AI智慧医疗的PICU病房建设探索*

杨可鑫¹, 刘子锋¹, 陈湘威¹, 段占南², 黎雅婷¹, 杨钦泰¹, 陈壮桂¹, 段孟岐¹

(1. 中山大学附属第三医院, 广州市 510630; 2. 联通(广东)产业互联网有限公司, 广州市 510320)

【摘要】传统的病房管理模式已经不能满足日益增长的医疗需求,需要联合多种科技手段提高医疗质量及服务水平。目前国内外的智慧医疗仍处于探索阶段,中山大学附属第三医院儿科重症监护室利用5G医疗专网融合监测、治疗、辅助等智能医疗终端,搭建了基于云边协同架构的儿童重症监护室(PICU)一体化平台,实现了从传统医疗模式向智慧医疗模式的转型,促进了医护信息对称,提高了工作效率,满足了患者的临床治疗及患者家属的心理情感需求,对于其他儿科重症监护室的智慧化建设具有启示作用。

【关键词】5G技术;智慧病房;智慧医疗;儿童重症监护室

【中图分类号】R197 【文献标识码】A 【文章编号】1672-4232(2024)04-0029-04

【DOI编码】10.3969/j.issn.1672-4232.2024.04.009

Exploration of PICU Ward Construction Based on 5G Cloud-Edge Collaborative Unified AI Smart Healthcare/YANG Ke-xin¹, LIU Zi-feng¹, CHEN Xiang-wei¹, DUAN Zhan-nan², LI Ya-ting¹, YANG Qin-tai¹, CHEN Zhuang-gui¹, DUAN Meng-qi¹(1. The Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510630, China; 2. Unicom(Guangdong) Industrial Internet Co., Guangzhou 510320, China)

【Abstract】 Nowadays, the traditional ward management model is insufficient to meet the growing medical needs. Therefore, it is necessary to combine various technological means to enhance medical quality and service levels. The pediatric intensive care unit (PICU) at the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University has established an integrated platform based on cloud-edge collaborative architecture using a 5G medical network. This platform integrates monitoring, treatment, and auxiliary intelligent medical terminals, facilitating the transformation from a traditional medical model to an intelligent one. As a result, it promotes symmetry of medical and nursing information, improves work efficiency, and addresses the clinical treatment and psychological and emotional needs of patients and their families. This platform serves as a source of inspiration for the development of other pediatric intensive care units.

【Key words】 5G technology; smart ward; smart medical; pediatric intensive care unit

随着智慧医疗发展的不断深化,医疗技术的持续进步,患者的医疗需求和期望也越来越高。智慧医疗的理念最早起源于美国IBM公司于2008年提出的智慧地球战略^[1]。尽管我国的智慧医疗探索可以追溯到20世纪90年代的信息系统建设,包括医院信息系统(HIS)、医学影像系统(PACS)和实验室信息系统(LIS)等领域,但我国智慧医疗的基本框架和标准直到2019年才在国家卫生健康委员会发布的《医院智慧服务分级评估标准体系》中得以明确定义^[2]。近年来,云计算、人工智能等技术广泛应用于智慧医疗建设,全国第一批“智慧医院”(共12所)试点单位宣布成立,这标志着全国范围内的智慧医疗建设迅速展开^[3]。2020年伊始,伴随着5G技术的崛起,智慧医疗领域迎来了一场深刻的变革,智慧医疗与5G技术的深度融合加速推动了数字化、网络化和智能化进程^[4]。此后,2021年发布的《物联网新型基础设施建设三年行动计划(2021-2023年)》明确了四个关键发展任务之一,鼓励通过“5G+物联网”的模式推动卫生健康等传统基础设施的融合升级,并致力于改造和创新公共卫生领域的应用

场景^[5]。这一举措引领了智慧医疗领域的全新发展方向。

目前对于智慧病房的设计方案尚在探索阶段,传统的病房管理模式下,医、护、患信息不对称,经常造成人力资源浪费和工作效率低下,已经不利于对医护人员及医疗设备的集中管理,不能满足患者的临床治疗及患者家属的心理情感需求^[6]。因此,基于5G医疗专网融合监测、治疗、辅助等智能医疗终端,探索搭建了基于云边协同架构的儿童重症监护室(PICU)一体化平台,打造了面向儿科重症监护的一体化应用体系。

1 以应用为导向,设计5G智慧PICU一体化平台的整体架构

结合病房建设环境与临床业务需求,采用云边协同分布式计算架构,设计5G智慧PICU一体化平台,逻辑架构如图1所示。院内各终端设备完成用户数据采集,通过5G专网推送至边缘云。中心云侧完成院内核心业务数据对接及大规模数据的复杂计算,将数据与模型下发至边缘云。边缘云侧针对实时响应的场景,直接完成计算处理,并将指令和数据结果推送至终端设备,供用户查看或使用;针对数据分析决策、跨地域

* 基金项目:广东省科技厅重点领域研发计划项目(2020B0101130015)

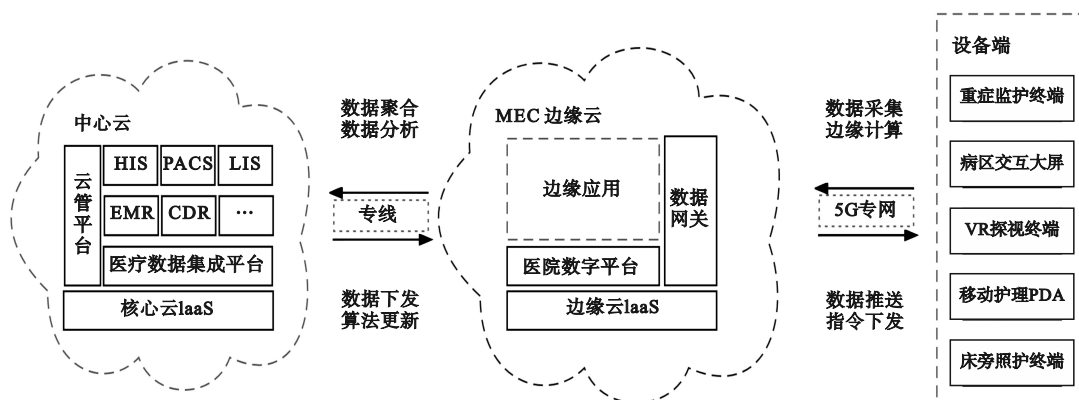


图1 5G智慧PICU一体化平台系统逻辑图

协同场景,将数据进行聚合汇总后,上传至中心云完成进一步分析与存储,最终形成了移动护理系统、病区交互大屏、床旁照护系统、远程探视系统、重症患者实时监管系统及耗材管理系统六大应用模块。

1.1 移动护理系统

系统以5G网络为数据交互载体,以5G医用掌上电脑(PDA)为终端载体,以云护理软件为业务载体,将医嘱执行核对、患者信息查询、体征记录等护理业务整合延伸到移动端,充分运用人工智能(AI)图像识别技术进行压疮风险预警评估,通过对图像中压疮部位进行实例分割,快速进行压疮风险等级评估,并给出病情描述,同时向临床护士提供护理措施建议,压疮严重时可直接通知临床医生;充分利用自然语言处理技术进行AI自然语言录入,通过对护士录入的语音样本进行语音识别,将识别后的自然语言样本进行词法分析及语义分析,高效将临床录入的语音样本转化为规范化的医疗数据,存储到患者的体温单、护理记录单等数据中。

1.2 病区交互大屏

病区交互大屏系统可通过触控大屏将护理过程和信息进行统一集成和智能处理,利用5G医疗专用切片技术,使海量患者病历数据、护理数据可在系统、边缘云、医院数据中心间高效实时传输,通过不同的医疗专用切片,使数据流间相互逻辑隔离、安全传输。系统对接医院信息系统,对各类护理信息进行自动分类,风险预警、主动提醒,结构化交班提取,优化传统的手写白板记录和查看方式,帮助快速信息查找,从各个环节提升护理质量和护理效率,实现医护患数据互联互通。

1.3 床旁照护系统

床旁照护系统具备显示、通讯、交互、报警等功能。借助信息化手段、物联网平台及硬件终端,自动更新并显示患者信息、护理标签、饮食情况、高危监控预警等信息,提高患者身份与关键病情信息的准确性和可及性,辅助落实查对制度,保障护理安全。基于语音识别、自然语言处理等AI技术,对医护患语音提出的查

询及咨询问题进行语音识别、语音转化及语义分析,并在已建立的专业知识库中匹配搜索结果,通过机器学习和深度学习技术训练模型,最终生成有效答案,方便医护患快捷查询,及时获取包括检验检查报告、费用明细、健康宣教等信息。

1.4 远程探视系统

ICU远程探视系统充分运用音视频传输技术,以患者床旁交互式平板、医院住院信息服务公众号为载体,以远程视频方式实现亲属与ICU患者的视频沟通。考虑到儿童陪伴需求,系统加入虚拟现实(VR)、360度全景视频技术,可实现父母与患儿双向VR探视,720度高清实景叠加。结合5G网络的优势,将高清视频数据流从病房全景摄像设备实时地推送至家属手机、平板或VR一体机等终端设备,可以实现高清视频图像的远程实时、高速传输,避免出现画面模糊、卡顿问题,有效提升视频远程探视的实用性和真实感,有效安抚患者情感,减轻家属心理压力。同时医护人员也可通过此系统随时观察患者的情况,以便紧急情况下采取必要的急救措施保证患者的安全。

1.5 重症患者实时监管系统

新一代重症患者实时监管系统,支持同一网络内稳定接入各类体征设备,利用高速率、低时延网络特性,对科室内患者所连接各型号医疗设备中的生命体征数据进行统一采集和实时处理,并将采集的数据通过5G网络稳定、快速上传至各业务系统,持续向医护人员提供实时患者体征监测数据,打破传统医院中央监护系统受限于医疗器械品牌型号间的数据壁垒。此外,系统支持对体征值采集项、体征危急值等进行个性化配置,在患者体征危急值超标时实现秒级报警,且支持全院级护理数据的多屏幕显示,极大提高护士工作效率。

1.6 耗材管理系统

耗材管理系统通过使用超高频射频识别(RFID)技术标签,为每一个耗材标识构建唯一的身份ID,构建“一物一码”的物联网智能管理模式。通过智能耗材

管理柜,高效管理耗材库存和使用情况,包括耗材的出库入库,可以自动感应记录,系统也会定时对柜内的耗材进行自动盘点并生成报表,如果出现低库存、耗材近效期等情况,系统智能提醒,保证耗材库存和使用安全。该系统可囊括所有的耗材管理(尤其是高值耗材),因此对于耗材数量大、品类繁多,人工核查、管理成本较高的PICU具有极大优势。

2 5G云边协同联合AI智慧医疗的临床应用效果

该系统经过多次平台调试及优化后,已在中山大学附属第三医院儿童ICU投入临床实践,并完成了5个“度”的建设目标。

2.1 温度——高清探视系统

基于5G+VR技术的远程探视系统通过5G网络的大带宽、低时延特性实现了4K视频音画的实时传输。同时,该系统与VR设备相结合,采用了5G云边协同模式,通过在边缘云上部署探视服务应用,实现了就近计算和多路视频流数据的合成。这一创新性技术能够将VR设备在探视中的时延缩短至仅1毫秒,有效解决了VR设备性能差和处理速度慢的问题。该技术代表了一种全新的人性化医疗服务,能够在确保院感防控的前提下,实现无需直接接触的远程探视。

2.2 宽度——设备数据收集

基于物联网技术的重症实时监护系统,采用RFID传感器将多种终端设备,如心电监护仪、呼吸机、脑电监护系统、连续血液滤过设备、床旁彩超机器等,按照事先确定的协议与互联网连接,实现了多源异质数据的一体化采集和综合管理。同时,依托5G网络的卓越通讯、带宽能力以及精准定位,保障了监护数据的高速稳定传输和即时上报。该系统还具备自动异常数据警报功能,有力地解决了以往由于设备间数据不协调而导致的监护数据同步延迟问题。这一整合了5G网络和物联网技术的重症监护系统,为医疗领域提供了创新的监护解决方案,推动了医疗物联网的发展。

2.3 速度——医嘱、护嘱、患者服务一体化处理

PICU病房以5G+床边交互平板作为终端载体,充分利用5G随行专网技术,实现了移动护理向床旁护理的升级。这使得护士能够在病床旁使用交互式平板进行医嘱执行记录和体征录入等关键操作。这些数据可以即时同步到病区内的各个展示终端,显著提高了数据录入和同步的效率。此外,该平台还引入了AI风险预警功能,能够根据患者的体征和诊疗情况提供改良早期预警评分(MEWS)及小儿预警系统评分(PEWD)预警、风险评估预警以及三级高危药品预警等提示。

同时,借助5G随行专网的内外网无感切换特性,护士可以在床边交互式平板上提供视频宣教,患者也能够享受到床旁平板上提供的智能点餐、IPTV、在线咨询等互联网便捷住院服务。这一综合性的系统极大地提升了PICU病区的护理质量以及患者的医疗体验。

2.4 准度——耗材全流程管理

耗材管理系统通过在中央云端建立一个耗材数据分析的大规模模型,该模型利用每日使用量等耗材管理系统生成的数据进行深度学习技术训练。这使得系统能够根据临床日常需求生成耗材补货提醒和配置建议,从而有助于优化医院的耗材库存和使用管理模式。与此同时,系统采用了指静脉识别模组,代替传统的指纹识别模式,提升了耗材管理的安全性。指静脉识别技术基于血管网络的模式,具备更高的准确性、更难被伪造的特点,同时表现出更强的抗干扰能力^[7]。在精神麻醉药品的管理方面,系统借助指静脉识别技术确保只有获得相应权限的医疗专业人员能够领取麻醉药品,进一步提升了用药过程的安全性。这一创新技术有助于实现对中高值耗材的全流程可追溯性,同时也降低了医院的耗材成本综合支出。

2.5 精度——智能交互式辅诊管理

床旁查房助手通过5G随行专网在医院机房部署的上行链路分类器用户平面功能(ULCL UPF)网关,实现了患者诊疗及监护数据等内网业务流的实时访问。同时,借助5G随行专网打通ULCL UPF网关与公网的业务流,实现基于公网的医护患视频查房,解决了内外网数据安全的问题。AI护士则通过构建结构化的危重症预警数据模型,智能地提取了移动护理、患者重症监护等系统中的护理文书和患者体征等数据。这些数据结合中心云上的医院护理术语知识库中的匹配搜索结果,能够快速生成根据病程阶段的风险预警提示和诊疗决策建议,提升风险预警精度,减少不良事件发生。

3 讨论

基于5G云边协同联合AI智慧医疗的一体化平台是采用了低耦合且高度可扩展的分层技术架构,根据PICU病区特点构建的个性化智慧服务体系,如图2所示。该系统通过5G专网网关统一管理,结合蓝牙、LoRa、NB-IoT等多样的物联网通信技术,有效且安全地完成了院内各主流业务系统及终端设备的多模态数据采集。数据经由IoT管理平台和数据中心的清洗、融合、挖掘和分析,再通过信息交互平台统一发布至病房进行临床利用和可视化展示,在优化医护工作流程和提升患者住院体验展现了巨大的潜力。

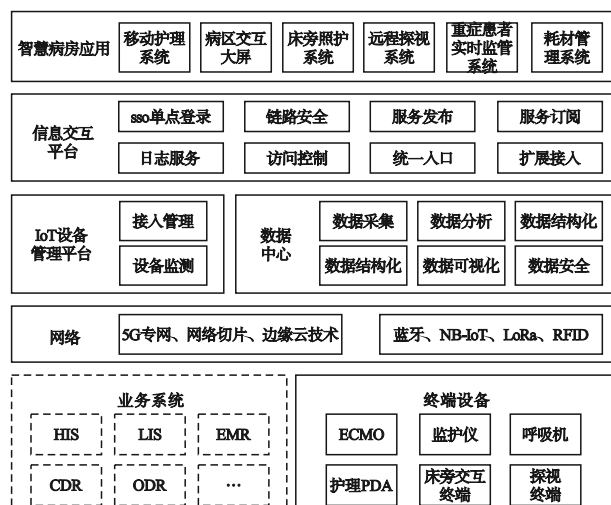


图2 5G智慧PICU一体化平台整体架构示意图

2020年,在我院整体智慧医院的构建中,儿科重症监护室作为重点试点科室,进行了传统PICU智慧病房改造的初步探索,2022年起已实际临床落地,改造成果可以用三个方面来概述。第一,该科室成功实现了多源异质数据的智能一体化管理,结构化提取病案内容,并引入了“床旁查房助手”,使医务人员可以实时查阅集成数据,轻松实现医嘱和护嘱的管理,减轻了医护负担,提高了临床数据分析效率。第二,考虑到该科室治疗的是年龄较小但病情较重的患者,因此实施了VR远程探视的人性化服务。有调查显示,儿童入住重症监护室后,创伤后应激障碍的发生率约5%至28%,而父母在孩子入住重症监护室后,创伤后应激障碍的发生率约10.5%至21.0%^[8-9]。借助5G技术的高带宽、低时延的特性,集合4K全景视频采集输入、实时网络图像传输、高速图像拼接的VR技术为远程探视的实现提供了可能^[10]。家属和患儿可以通过VR技术进行虚拟面对面交流,既避免了交叉感染的风险,又提供了情感支持,在一定程度上可以减少家属及患儿发生ICU综合征的机会^[11]。此外,在重症患儿即将从PICU转至普通病房的过渡时期,医护人员可以通过VR远程探视系统对家长进行特殊管路(如气管切开管路、中心静脉管路、尿管、胃管等)的维护宣教,这有助于降低导管相关感染的发生率,减少导管意外脱落的风险。第三,在科室管理方面,应用超高频RFID技术,建立了“一物一码”、“一物一芯片”的智能耗材管理体系,这有助于清楚了解本科室的耗材使用情况和需求,制定更精准的申领计划,避免了耗材不足或过期的情况,这对于规范科室耗材的管理流程,促进耗材管理规范化具

有深远意义。

当下,智慧医疗建设已经成为提升医院竞争力和创新力的重要途径,是医院信息化革命的新起点。5G作为新兴基础技术,不仅能够支撑现有医院的基础网络和协同需求的网络建设,更重要的是为实现以病人为中心的智慧医疗健康全流程开辟了更多的应用前景。该科儿童重症监护室5G智慧病房顺利改造建成,实现了从传统医疗模式向智慧医疗模式的转型,这标志着在“全民大健康”新时代的背景下,探索智慧医疗迈出了崭新的一步,对其他儿童重症监护室的智慧化建设具有借鉴意义。

参 考 文 献

[1] 张震宇,钟静,缪长虹.智慧医疗在麻醉学科中的应用进展[J].中华麻醉学杂志,2022,42(8):1014-1019.

[2] 国家卫生健康委员会.国家卫生健康委办公厅关于印发医院智慧服务分级评估标准体系(试行)的通知[EB/OL].[2023-11-19].<http://www.nhc.gov.cn/zyygj/s3593g/201903/9fd8590dc00f4feeb66d70e3972cdc84.shtml>.

[3] 李少冬.服务管理与“互联网+医疗”发展[J].唯实,2015(8):20-22.

[4] 毛欣.5G时代智慧医院的发展探索[J].中国研究型医院,2021,8(2):12-15.

[5] 工信部联科.关于印发《物联网新型基础设施建设三年行动计划(2021—2023年)》的通知[EB/OL].[2023-04-08].http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/29/content_5640204.htm.

[6] 刘星,龚祖华,柯卉,等.肝胆外科智慧化病房建设与应用[J].护理学杂志,2021,36(18):57-59.

[7] 陈华宣.指静脉识别系统原理概述[J].电子技术与软件工程,2016(22):81.

[8] Nelson LP, Gold JI. Posttraumatic stress disorder in children and their parents following admission to the pediatric intensive care unit: a review[J].Pediatr Crit Care Med, 2012, 13(3):338-347.

[9] 唐茂婷,罗兴玲,黄晓鸣,等.儿童重症监护后综合征的研究进展[J/OL].护士进修杂志,2020,35(19):1770-1773.

[10] 王威.5G与人工智能赋能下VR探视在临床的实施与应用[J].信息系统工程,2023(3):64-66.

[11] 马慧颖,哈丽娜,况莉,等.虚拟现实技术对重症患者ICU后综合征干预效果的系统评价[J].中国护理管理,2022,22(11):1706-1712.

通信作者:段孟岐(1985-),女,硕士,副主任护师;研究方向:危重症、医学人文。

收稿日期:2023-07-16

修回日期:2023-11-20

(编辑 曹晓芸)