

基于 5G+ 云计算的远程智慧医疗研究

张小叶

(山西白求恩医院/山西医学科学院/同济山西医院/山西医科大学第三医院信息中心,
山西 太原 030032)

摘要:本研究运用 5G+云计算等技术,实现三级医院优质医疗资源向县级医院及乡镇卫生院等基层医疗机构下沉。基于 5G 网络和云资源架构,构建远程会诊、实时手术指导、远程急救、远程指导等一体化的智慧医疗应用。研究实际应用后,旨在解决远程医疗数据传输瓶颈,加速信息互联互通,以技术进步带动医联体间互助发展,提高远程诊疗的安全性和诊治效能,为我国分级诊疗、医联体建设提供新方案,对我国建设 5G 智慧医疗提供参考意义。

关键词:智慧医疗;5G;边缘计算;云资源

中图分类号:R197.1;R-05

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1006-1959.2024.04.012

文章编号:1006-1959(2024)04-0069-04

Research on Remote Intelligent Healthcare Based on 5G+Cloud Computing

ZHANG Xiao-ye

(Information Center,Shanxi Bethune Hospital/Shanxi Academy of Medical Sciences/Tongji Shanxi Hospital/
Third Hospital of Shanxi Medical University,Taiyuan 030032,Shanxi,China)

Abstract:This study uses 5G + cloud computing and other technologies to realize the sinking of high-quality medical resources from tertiary hospitals to primary medical institutions such as county-level hospitals and township hospitals. Based on 5G network and cloud resource architecture, an integrated intelligent medical application of remote consultation, real-time surgical guidance, remote first aid and remote guidance is constructed. After the practical application of the research, it aims to solve the bottleneck of telemedicine data transmission, accelerate information interconnection, promote the development of mutual assistance between medical associations with technological progress, improve the safety and diagnosis and treatment efficiency of telemedicine, and provide a new scheme for the construction of hierarchical diagnosis and treatment and medical associations in China, and provide reference for the construction of 5G smart medical care in China.

Key words:Intelligent medical;5G;Edge computing;Cloud resources

当前,以数字化、网络化、智能化为核心特征的新一轮科技与产业革命正蓬勃兴起,5G、AI(人工智能)、云计算、边缘计算、大数据、物联网、AR/VR 等新一代信息技术推动新模式、新平台、新业态持续涌现。作为城市的重要单元和功能载体,智慧医疗的信息基础设施、运营管理范式、产品应用场景等正面临全时空、全方位、全要素的数字化重塑,有望成为未来构筑数字孪生城市的重要落脚点^[1]。5G 商用宣布了面向未来的泛在传感连接网络走入现实,5G 可实现人和人、人和物、物和物之间的泛在连接。在 5G 时代,医疗行业将融入更多人工智能、传感技术等高科技,使医疗服务走向真正意义上的智能化,推动医疗事业繁荣发展。智慧医疗结合物联网、云计算、大

数据等新一代信息技术对医院进行全面升级,整合医疗资源信息,建立自主创新服务体系的新型医疗,实现可持续发展的产业价值链提升目标。随着云计算产业的不断成熟,业务需求和技术创新并行驱动加速网络架构发生深刻变革,云和网高度协同,不再各自独立,云计算业务的开展需要强大的网络能力支撑,网络资源的优化同样要借鉴云计算的理念,云网融合成为时代发展的必然趋势^[2]。本研究集成融合 5G+云计算的各自优势,通过构建远程会诊、实时手术指导、远程急救、远程指导等一体化的智慧医疗应用,旨在为解决远程医疗数据传输瓶颈,加速信息互联互通,提高远程诊疗的安全性和诊治效能提供参考。

1 总体架构

为满足 5G+智慧医疗^[3]场景应用,在远程会诊、远程手术、远程急救、远程指导、医疗机器人等智慧医疗业务领域^[4],通过 5G 定制网支撑医疗业务的专网接入及差异化保障。基于 5G 技术的远程医疗等重点应用场景,对于端到端高可靠性和超低时延都

基金项目:山西省科技厅 2022 年度山西省科技战略研究专项(编号:202204031401154)

作者简介:张小叶(1982.7-),女,山西太原人,本科,高级工程师,主要从事医学信息研究

有极高要求,这就需要将业务下沉至网络边缘,以减少网络传输和多级业务转发带来的时延。于是,面向 5G 的医疗边缘云需求应运而生,通过在更靠近客户的移动网络边缘为边缘应用提供云计算能力和 IT 服务环境,一方面更进一步降低时延,另一方面 MEC 将内容与计算能力下沉,本地业务分流,可大幅减少对骨干传输网及上层核心网的资源占用,极大地提升网络传输效率。针对远程智慧医疗场景的改造主要集中在云和网络两大部分,云侧主要采用集中+边缘的两级云架构的部署方式,将医院现有平台的云化部署,形成医院的云边服务新模式;网络侧主要利用医院现有的基础网络资源(PON、STN 等),在医院新增部署 5G 专网(专用 UPF)以实现不同终端的快速灵活接入。

2 业务应用架构

远程智慧医疗应用平台主要包括 4 个层级,分别为展现层、应用层、能力层和网络层。展现层为医院提供各类可视媒介与终端,如医院侧及相关部门 PC 端及用户手持终端等;应用层主要包括远程操控、诊断指导、医院管理、采集监测等系列应用;能力层体现为主要的后台服务能力,如低时延高品质连接能力、MEC 边缘^[5]计算能力、智能网络切片能力、高清视频交互能力、人工智能分析能力等;网络层为院区各类终端提供多样化接入手段,如 5G、物联网、专网、IDC 等网络云资源。以下主要从远程会诊^[6]、远程手术、远程急救、远程指导、医疗机器人等医疗业务领域分别进行说明。

2.1 远程会诊 基层医疗机构通过 5G 网络,可以随时随地将影像、心电、病理等病例数据上传至远程医疗云平台,并提交阅片申请,再通过远程医疗云平台向对端二三级医院发起远程会诊申请,基于 5G 高速率特性,实现 4K 甚至 8K 的超高清视频会诊,进行病例及高清晰影像浏览。专业的大型医疗机构或专家,通过平台可以及时处理基层医疗机构的阅片请求,帮助基层医疗机构提高医疗服务水平和诊断能力。相关病例资料,可利用边缘云进行沉淀数据,后续可开展专科、多学科的专家会诊,提升医学研究水平。

2.2 远程手术 以 360°无死角全景、多角度全程实时记录的手术现场示教影像,通过手术示教、指导直播云平台实现 4K 以上的高清直播、点播,可为医护人员提供远程 AR、MR 手术教学、VR 沉浸示教观摩等

交互式医疗培训服务。4K 直播远程会诊、指导、教学,主会场可以通过手术室现场的多机位 4K 视频,进行患者问诊、手术指导及远程医生手术教学。利用 5G、AI 进行远程手术规划,通过 5G 网络将透视和三维影像实时传送到主会场桌面,利用 AI 手术规划软件进行手术规划。还可以实时远程操控骨科手术机器人,手术中,远程交替操控两台异地机器人进行手术三维定位、操控机器人精确运动至规划位置;在手术或临床诊断现场的术野画面、音频及其他信息通过云端平台到专家医院侧,专家侧可通过 VR 眼镜、高清显示屏等设备,得到多维度、多层次的远端现场信息,来更好的进行远程手术指导。此外,正在进行手术或诊疗的医生,可通过 VR 眼镜获得指导,专家在医生视野内圈定标注便于沟通。

2.3 远程急救 基于 5G 的超高带宽,可为救护车带来 4K 清晰度以上的实时视频交互能力,更方便的与救治医院进行车上视频诊疗指导。急救车上的体征监护数据、电子病历数据可以高速上传,实现急救车辆、救治医院和急救指挥调度中心间的高效协同,三方信息实时同步,为患者提供更好的救治质量管理,进一步提升急救工作效率。

2.4 远程指导 应用 5G 网络,医院专家通过 AI 视觉辅助和触觉反馈功能,远程操作千里之外的机械臂,控制机械臂上探头的移动和旋转,为基层患者进行检查和诊疗,高清超声影像和触感反馈^[7]、现场高清视频也可实时进行回传。

2.5 医疗机器人 在 5G 网络的支持下,医院各类医疗机器人的应用将更加广泛。5G 下行速率可达千兆级,医疗移动机器人接受信息、任务指令更加高效快捷,医学服务机器人能更好的通过 5G 通道实现与病人的视频交互。基于 5G 的 MEC 边缘计算云,依托高效能网络转移运算需求到云端,减轻依托于机器人本体的离线分析和运算压力,使机器人的体积、重量、功耗、成本及价格降低。利用 5G 高带宽低时延的特性,医院物资配送及消毒机器人可承担繁琐又重复的物资配送与耗材管理工作,以及医院病房、手术室的消毒工作,既减轻了医务工作者的工作量,又降低了二次感染、交叉感染的风险。医院智慧引导机器人可通过 5G 高速网络实现与患者的 4K 高清视频互动、卡片/人脸识别、语音自动挂号、高精度定位和引导等功能。核医学服务机器人可为放化疗患者提供生命体征采集、药品配送、远程视频沟通服

务。院感控制及远程消毒机器人实现远程控制室内消毒。访客引导机器人对医院大楼、病区、科研楼访客进行引导。

3 网络架构

5G 网络架构主要满足以下医疗需求:院区部署 5G SA 基站^[7],满足 VR 头显、医疗机器人、医疗 APP 等终端的专网接入;房间内部署 5G 有源室分基站,从而满足远程手术及指导等需要利用 5G 大带宽、低时延等特性实现远距离实时同步业务;STN^[8]网络根据专网接入需求实施新建或扩容;新建 2B 共享 UPF,在院区提供专网流量的本地分流;经 ASBR 打通至云端的入云专线,实现网络到业务的互通;经 ASBR 打通至院区医院系统专线,满足医院现有医疗应用的 5G 改造需求。

3.1 本地网络 与医院互通,通过 N6 接口连接医院网络,可采用 STN 专线或者 OTN 等方式。根据医院对可靠性的要求,配置单链路或者双链路。在 UPF 所在 B 设备实现二层转三层。

3.2 接入网络 针对智慧医疗场所进行 5G 无线网络覆盖,包括 5G 室外宏基站和 5G 室内分布系统,提供 5G 定制网无线接入服务。各 2B 业务通过 5G 终端或模组,与 5G 基站建立 5G 空口连接,5G 基站通过承载网把智慧医疗场所业务数据回传到专用的边缘 UPF^[9],由边缘 UPF 进行转发,指向医院服务器和云服务端。

3.3 无线网 采用 5G 室外宏基站和 5G 室内分布系统等覆盖方式,从容量和覆盖两方面满足覆盖需求。根据业务特点,针对收费处、视频会议室、急诊室、手术室、B 超室、示教室等智慧医疗应用集中位置实行重点覆盖。

3.4 传输网

3.4.1 承载技术概述 STN 是一种结合 IP-RAN 及 PTN 技术的增强型分组组网技术,引入了 SRv6/EVPN/FlexE 等多种新技术,提升了网络智能化能力,可实现对 2B 业务场景的智能分组化传送^[10]。SRv6 技术可使网络具备可编程能力,使建设的网络具备 5G 的 SDN 特性。EVPN 能够实现控制平面和转发平面分离,具备负载分担能力,使网络变得更加智能、可靠、稳定^[11]。SRv6+EVPN 技术可保障 5G 2B 业务的差异化、高质量 SLA 的服务承载^[12],以实现分钟级开通,一跳上云,助力云网业务快速发展,端到端路径保障,实现时延可承诺网络^[13]。FlexE 技术能

够将一个或多个捆绑后的物理端口划分为多个逻辑端口,可实现带宽的灵活调整及逻辑端口之间的隔离,从而实现低成本、高可用性的动态带宽配置^[14]。

3.4.2 切片类型及实现方式 5G 切片专线端到端组网通过切片映射 VLAN 的方式实现,无线基站所有 2B 业务 S-NSSAI 映射到承载网 2B 通道的同一 VLAN。承载网融合网关到 5G 核心网 UPF N6 口之间规划 VLANID 范围,按用户来分配使用,不同 VLAN 的子接口在承载网绑定不同的软/硬通道,与 S-NSSAI 对应。STN 可实现硬管道的业务隔离,通过不同硬切片分配独享的接口资源。还可采用 PQ 队列调度或 WFQ 队列调度,通过不同 QoS 的软切片为不同等级的业务提供差异化保障。遵循“业务价值与保障标准相适应”的原则,选用基于硬切片和基于软切片 2 种实现方式。

硬切片适用于带宽、时延、可靠性要求高,无线资源消耗大,QoS 保障要求严格,网络连接和切片价值高的场景,如远程手术。硬切片基于 FlexE 实现,在 B 及 B 以上设备部署。所有硬切片共享 STN 设备的控制面和管理面,每个硬切片独占 STN 设备一定的转发面资源。在 2B 硬切片中叠加 RANVPN、低时延 2B 专线和 2B 云专线等承载通道,对接 5GC 的 2B 切片,承载 2B 流量。软切片适用于带宽、时延可靠性要求不高无线资源消耗不大,QoS 保障要求不高,终端移动性较弱,网络连接和切片价值一般的场景,如远程会诊、远程超声、远程生命体征信息采集等场景。2B 业务流量的锚点,按需部署在省核心 DC、地市 DC 或者边缘 DC 的 2BUPF 切片。其中省核心 DC 通过新建 5GCCE 接入省级 ER,地市核心 DC 通过新建 5GCCE 接入城域 ER,边缘 DC 直接采用 STN-B 设备兼作 DC 网关^[15]。

3.4.3 业务承载方案 根据医院现有条件及业务需求,部署独享式 UPF。基于省级 5GC 进行信令承载,基于院级 UPF 进行私网数据承载。下沉部署院级边缘 UPF,实现本地数据在院内分流卸载,满足业务更低时延,以及数据管控需求。

3.5 核心网 核心网采用 2B 共享 UPF,提供专网流量的本地分流。分流方式采用 DNN 分流方案,采用无线网、承载网、核心网端到端启用 2B 切片方式。2B 共享 UPF 已对接 5GCCE;5GC 控制面板及该 UPF 新增本项目专网 DNN 配置,UPF N3 口不做调整,N6 口需要根据新增 DNN 数据网络启用新的

VLAN 经 CE 透传至 ASBR^[16]。SMF 根据用户签约 DNN 选择 2B 共享 UPF 实现业务分流^[17]。

4 云资源架构

4.1 中心云 对中心云的需求为部署智慧医疗管理平台^[18],平台包含统一能力管理服务、能力组件服务、IVS、端到端服务。平台集中部署于云上,资源由云资源公司统一分配。

4.2 边缘 MEC MEC 系统按照三级架构部署:集团级 MEC 业务管理平台、省级汇聚层、边缘 MEP。在省节点部署 MEC 省级汇聚层;在边缘部署 MEP 平台。边缘 MEC 建设采用 ECX 进行部署,即:IaaS 层、PaaS 层均由云资源公司提供^[9]。根据下沉边缘位置、承载容量规模综合考虑,方案采用小型 MEC 节点进行建设,即云 GW、Spine、leaf 合设在一起。

边缘部署的 MEP 平台实现 MEC 应用发现、发布和使用的内部或外部服务的环境,提供能力统一接入、安全防护、统一开放等能力开放功能,具体包含访问鉴权、路由转发、负载均衡、限流流控、能力封装等功能。MEP 平台的开放能力集可包括网络能力和业务能力。边缘分布式部署的 MEP 平台接收来自 MEC 业务管理平台的管理调度,执行和实现相应能力调用和能力管理策略。

5 终端

智慧医疗各项应用涉及到的终端设备有:显示终端、手机和 PAD、VR 头显、全景摄像机、机器人、可视媒介 PC 端、放射自助打印终端、医疗自助缴费终端、移动影像、智能云影像集成服务、移动医疗 APP、视频会议终端、远程操控终端、急救车辆等。各个终端设备均通过 5G CPE 接入 5G 基站及定制专网来实现功能。

6 总结

医疗资源丰富的三级甲等综合医院可以借助 5G+云计算等技术,满足低时延、高 QoS、多连接、高安全的专网需求,实现医院管理网络化、医疗服务智能化、患者信息采集实时化,充分发挥三级医院在医联体中的核心作用,通过远程智慧医疗为基层医疗机构提供更多帮助,真正做到优质的医生医疗资源为患者服务,提高患者就医满意度。

参考文献:

- [1] 贺佃宏,张丽.5G+智慧医疗创新应用[J].中国新通信,2022,24(1):73-74.
- [2] 罗晨.广电 5G 700MHz 融合组网在煤炭领域应用研究[J].广播电视网络,2022,29(4): 42-45.
- [3] 潘琛.融合 5G 网的智慧医疗物联网关键技术研究[J].电子元件与信息技术,2023,7(3):121-124.
- [4] 钱锦.5G 通信技术及其在远程医疗中的应用分析[J].智慧中国,2021(9):90-91.
- [5] 唐海东.中国联通 MEC 边缘云平台建设分析[J].数字通信世界,2023(6):17-19,40.
- [6] 王旭东,曾安宇,张凯,等.基于 5G/AIoT 的新型远程多学科会诊平台架构及应用[J].现代医院管理,2022,20(6):89-92.
- [7] 蔡珣.基于 5G SA 传输的视频信号堵塞解决方案[J].电子技术,2021,50(9):42-43.
- [8] 尹远阳,卢泉,孙嘉琪,等.STN 承载以太智能专线跨域部署方案研究[J].移动通信,2017,41(14):45-49.
- [9] 沈景悦.5G 定制网 MEC 与 UPF 部署方案[J].数字技术与应用,2022,40(5):196-198.
- [10] 金森,施天龙,樊忠文.5G IPRAN 关联基站快速定位网络问题研究[J].电声技术,2021,45(8):31-34,38.
- [11] 袁璐.基于 EVPN 分布式网关的灵活接入专线研究[J].无线互联科技,2023,20(3):156-158.
- [12] 吴伟,张文强,杨广铭,等.5G 承载网的“SRv6+EVPN”技术研究与规模部署[J].电信科学,2020,36(8):43-52.
- [13] 杨广铭,毛东峰,姜松,等.5G 承载网 2B 业务部署方案探讨[J].广东通信技术,2021,41(11):7-12,22.
- [14] 龚记民.FlexE 技术在 5G 承载网中的应用与配置[J].科学技术创新,2022(19):64-67.
- [15] 冯小芳.运营商网络 DC 目标布局探讨[J].电信快报,2018(10):7-9,27.
- [16] 王磊.ASBR 和行业云交换机对接实践[J].网络安全和信息化,2023(2):77-81.
- [17] 薛瑞卿.浅析 5GSA 网络 SMF/UPF 网元兼容 4GSGW 功能的改造[J].长江信息通信,2022,35(11):161-164.
- [18] 武振宇,牛瑛霞,刘鹏,等.算力时代中心云与边缘云的协同部署[J].电信工程技术与标准化,2023,36(5):73-79.
- [19] 尚旭,刘晓毅,冯中华,等.云平台 IaaS 层内生安全技术研究[J].信息安全与通信保密,2021(7):85-94.
- [20] 栗菁.5G 网络对云计算发展的影响探讨[J].数字通信世界,2023(2):173-175.

收稿日期:2023-08-02;修回日期:2023-09-10

编辑/肖婷婷