

• 医院管理 •

(文章编号) 1007-0893(2022)17-0129-05

DOI: 10.16458/j.cnki.1007-0893.2022.17.041

5G 定制网在智慧医疗中的应用场景

杨 雷¹ 林健泽¹ 全筱筱¹ 董石磊² 陈 钦³

(1. 深圳市第二人民医院, 广东 深圳 518035; 2. 中国电信股份有限公司研究院, 北京 102209; 3. 中国电信股份有限公司深圳分公司, 广东 深圳 518035)

[摘要] 随着 5G 技术向各行各业融合渗透, 智慧医疗与 5G 技术融合发展成为当前的研究热点。智慧医疗通过数字化技术, 构建以患者为中心的医疗信息平台, 实现实时信息互联互通和高效的信息处理。本文作者结合实际医疗场景, 分析并梳理通信场景的需求痛点, 提出可行网络建设方案, 搭建 5G 医疗融合平台。通过应用 5G 专网, 深度探索和试点紧密型医联体内的 5G 医疗应用场景, 加速优质先进医疗资源的普及, 推动精准医疗发展。通过 5G 连接会诊平台, 构建网络化信息平台, 实现 5G 全维云诊室, 让国内优质医疗资源覆盖“一带一路”沿线国家, 推动优质医疗资源的互联互通。

[关键词] 5G; 智慧医疗; 行业应用

[中图分类号] R 19 **[文献标识码]** A

Application Scenarios of Customization 5G Network in Intelligent Medical

YANG Lei¹, LIN Jian-ze¹, Quan Xiao-xiao¹, DONG Shi-lei², CHEN Qin³

(1. Shenzhen Second People's Hospital, Guangdong Shenzhen 518035; 2. China Telecom Corporation Limited Institute, Beijing 102209; 3. China Telecom Corporation Limited Shenzhen Branch, Guangdong Shenzhen 518000)

[Abstract] With the integration and penetration of 5G technology into all walks of life, the integration of smart medical care and 5G technology has become a current research hotspot. Smart medical uses digital technology to build a patient-centered medical information platform to realize real-time information interconnection and efficient information processing. In this paper, the author combines actual medical scenarios, analyzes and sorts out the demand and pain points of communication scenarios, proposes a feasible network construction plan, and builds a 5G medical integration platform. Through the application of the 5G private network, in-depth exploration and piloting of 5G medical application scenarios in the compact medical consortium will accelerate the popularization of high-quality advanced medical resources and promote the development of precision medicine. Connecting the consultation platform through 5G, building a networked information platform, realizing 5G full-dimensional cloud consultation rooms, allowing domestic high-quality medical resources to cover countries along the “Belt and Road”, and promoting the interconnection of high-quality medical resources.

[Keywords] 5G; Intelligent medical; Industry application

1 引言

在信息时代发展背景下, 5G 医疗技术融合通过数字化转型加速实现了患者与医疗人员及医疗机构之间的信息交互。5G 技术在智慧医疗领域中的引入促进医疗模式向信息化及智能化发展^[1], 保证医疗服务质量及服务可及性。具有低时延、高带宽、业务隔离的 5G 专网为新型医疗模式的实施建设提供了技术支持。本文作者基于深圳市第二人民医院医疗场景, 针对特色业务场景分析其需求痛点, 完成 5G 专网在医疗平台中的部署, 并提出具

体通信建设方案, 助力医院信息智能化转型, 提升全民智慧医疗水平。

2 5G 技术在智慧医疗领域中的应用现状

随着国民生活智能化的高速发展, 不同于传统医疗模式的智慧医疗概念的提出引起了社会各界的高度关注。5G 医疗技术融合依托现有的 5G 通信技术, 改善患者就医体验, 实现医疗数据实时安全共享, 有效减轻医院负荷, 推动医疗事业数字化转型。

[收稿日期] 2022 - 07 - 19

[基金项目] 国家卫生健康委医院管理研究所立项课题 (关于 2022 年医疗质量循证管理持续改进研究项目) (YLZLXZ22G020)

[作者简介] 杨雷, 男, 副主任医师, 主要从事医院管理工作。

2.1 5G 技术与智慧医疗

先进医疗资源与 5G 技术的结合将导致大量新型业务涌现,如远程会诊、远程影像诊断、远程手术等医疗业务。相较于以往通信网络存在的低带宽、高时延的现实难点,5G 技术大带宽、低时延、海量接入特性为支撑各类新型医疗业务应用提供了技术支持。5G 技术的低时延使得空中接口延时降低到 1 ms,这将大幅度降低了通过操作机械臂操控实现远程外科手术所产生的延时,有效改善远程医疗操控通信质量,保证远程手术的精准度;5G 技术的传输峰值速率高达 Gbit · s⁻¹ 级别,支持大数据量高清视频传输,为远程会诊、远程手术指导等提供了带宽保障;5G 技术的海量接入可以满足大量医疗设备的接入需求,构建智能化医疗信息服务平台,实现患者与医疗平台的高效安全互联^[2]。

现阶段医疗平台依托 5G 技术,实现 5G 工业物联网高水平融合,5G 智慧医疗架构示意图如图 1 所示。其架构的主要组成部分有系统层、网络层及终端层。位于终端层的智慧医疗终端为实际应用提供设备基础,借助人工智能(artificial intelligence, AI)、虚拟现实(virtual reality, VR)等技术,广泛应用到了医疗健康领域^[3];位于系统层的医院信息系统、远程会诊系统及人工智能平台等,提供多元数据融合,利用智能算法完成全方位医疗诊断;位于网络层的通信网作为系统层与终端层之间的信息枢纽,利用边缘计算、云计算等技术实现信息交互,保证医疗系统正确安全运转。



图 1 5G 智慧医疗架构示意图

2.2 5G 技术在智慧医疗领域应用中的发展困境

现阶段的医疗模式对网络建设及服务质量都有着严苛的要求,5G 技术的应用很大程度地改善了医疗服务模式,但在实际部署中仍然存在较多技术困境。5G 网络在智慧医疗平台中部署时面临的现实问题主要包括以下方面。(1)组网建设成本高:5G 网络需要部署更多的基站,大约是 4G 基站的 2~3 倍,成本较高^[4],与此同时通信网络还需保障高质量网络服务,控制网络建设速度。

(2)设备管理难度大:医疗设备作为医疗物联网的主要连接终端,其行业管理规范及相关要求标准仍处在不成

熟阶段,5G 医疗设备认证体系不完善。这意味着医疗设备入网将承担相关要求标准风险。(3)通信质量要求严苛:由于传统的医疗环境从业环境均是医生和医护人员在固定的场所对患者进行服务,因此医疗信息系统和应用均按照内部网络的传输标准进行配置。而 5G 要在医疗领域得到规模应用,必须确保传输标准能达到与医院内网一致的严格标准。(4)网络部署应满足医疗通信对低时延、高可靠性等通信指标的高要求,为远程手术、远程诊断等业务提供智能化转型的技术基础。(5)数据安全要求高、共享难度大:保障患者个人信息及医疗数据安全,实现用户数据本地灵活卸载,满足客户数据不出院区需求。在严格保障院区内网络数据的安全性的前提下,还需完成不同医疗机构之间的数据标准化建设,满足 5G 技术在医疗领域内的数据交换、互通及开发。

3 5G 定制网在智慧医疗中的应用场景

5G 智慧医疗专网依托现有 5G 技术优势,结合当地的通信网络现状,分析行业痛点与需求,搭建 5G 独立组网(standalone, SA)。借助先进医疗资源,打通院内、院外、院间业务互通,实现患者、医疗设备与医院之间的信息互通,构建以患者为中心的智能化信息服务平台。新型医疗业务对通信质量有着严苛的指标需求,其不仅需要超高的服务质量保障、绝对安全的信息管理机制,还需要承载多种复杂医疗设备接入带来的诸多技术难点。这些现实问题将对未来智慧医疗的建设与发展造成不利的影 响。面向客户需求打造的 5G 定制化服务网络凭着其低时延、高带宽、业务隔离等特点,保证网络高质量服务,确保医疗信息不出院区,提升医疗诊断的时效性和准确性。

3.1 5G 定制网组网架构

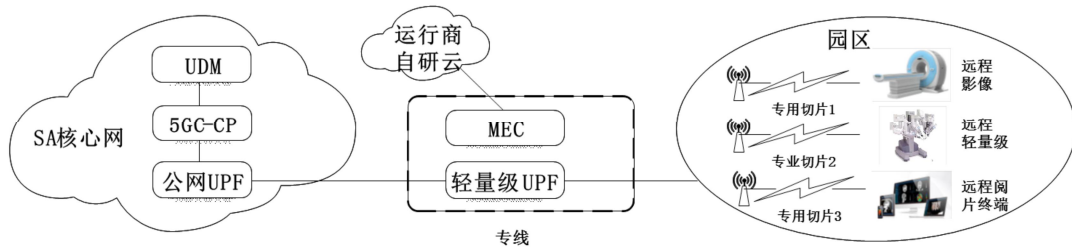
结合企业客户实际场景,依照客户提出的服务需求,完成 5G 专网部署^[5],落实医疗平台智能化转型,为 5G 专网在各类垂直行业中的应用奠定坚实基础。

如图 2 所示,独立专网部署集成 SA 核心网、移动边缘计算(multi-access edge computing, MEC)及 5G 基站(generation node B, gNB),为企业客户提供一张隔离的、端到端高性能的专用接入网络,同时可以按需定制 MEC 与行业应用,对专网提供专属运维支撑服务。

院区用户平面设备(user plane function, UPF)及 MEC 平台可以部署于临近医院院区的运营商机房内,亦可直接部署于医院院区的机房内。前者根据客户提出的网络服务需求和业务特征,选择独享或与其他企业共享 UPF;后者采用私有化部署的实现方式,达成数据不出院区的业务要求。通过部署于边缘机房的 MEC 下沉算力,使得大带宽消耗的计算工作在靠近数据源的边缘完成,让数据在本地进行处理或卸载,提升效率。为了保障用户业务安全,通过定制数据网络名称(data network

name, DNN) 或者专用切片标志来区分数据网络与路由隔离, 保障用户业务体验, 依照定制服务质量 (quality of service, QoS) 提供差异化服务级别协议, 根据客户签订的隔离级别提供差异化的隔离方式。这种隔离方式具备可

保障企业数据的绝对安全、超低网络时延等优点。以为行业客户打造一体化定制融合服务为出发点, 基于 5G 定制网, 实现云网一体化定制, 满足垂直行业客户数字化转型过程中对网络、边缘、云、应用等方面的差异化需求。



注: SA — 独立组网; UDM — 统一数据管理功能模块; 5GC-CP — 5G 核心网控制面; UPF — 用户平面设备; MEC — 移动边缘计算。

图 2 5G 独立专网架构示意图

3.2 典型场景搭建

本文作者基于深圳市第二人民医院医疗场景, 针对特色业务场景分析其需求痛点, 提出可行的通信网络建设方案。深圳市第二人民医院作为深圳市第一个“国家(区域)医学中心—市级医院—区级医院—社康中心—家庭医生”五级联动的紧密型医联体, 在 2019 年度中国医院科技量值排行榜中, 综合排名深圳市第一, 2018 年骨科成为国家临床重点专科, 医院牵头成立深圳市青少年脊柱健康中心。院内先进的医疗资源为 5G 医疗融合网建设奠定了夯实的技术基础, 并通过搭建深圳市第二人民医院应用 5G 专网, 探索和试点紧密型医联体内 5G 定制网医疗应用场景。首先, 需对院内特色业务场景的通信需求作出分析, 以下列举了典型的医院业务特点及通信需求。(1) 脊柱健康: 负责全市数百万青少年脊柱健康, 从筛查、诊疗、康复全流程服务, 每年需筛查 100 万人, 任务重、目标人群分散(1000 多个社区、学校)。(2) 远程诊疗: 深圳市第二人民医院承上对接国家级医疗团队 33 个, 并负责管理和指导大鹏医疗集团。由于会诊专家和院区区域跨度大, 需要有支持高清的院区外的远程会诊手段支撑日常诊疗服务。(3) 社区急救: 由于医院具有下沉社区和应急急救等场景, 适宜采用移动化、高带宽、大连接、低时延技术特性的无线产品, 通过 5G 网络可实现高清视频远程诊断和医学影像数据的传输与共享; 同时, 基于物联网的可穿戴生命体征监护设备可以对患者进行定位并持续收集生命体征信息, 实时回传至院前急救指挥中心^[6]。(4) 康复管理: 对慢病患者实施进行体征数据采集和传送, 由于涉及患者的隐私和信息安全监管要求, 对网络的时延和保密安全性要求严苛。在 5G 医疗融合网建设基础之上, 以下将分别对 5G + MEC + AI 脊柱筛查应用、5G 全维云诊室这两种特色业务场景进行详细的介绍。

3.2.1 5G + MEC + AI 脊柱筛查应用 青少年的脊

椎健康是社会关注的重点, 脊椎侧弯在青少年中发病率较高, 危害严重青少年身体健康。脊椎疾病的早期发现是脊椎全面康复的关键, 所以做好早期筛选普查是青少年脊椎健康预控治疗体系中的重中之重。然而筛选人数众多、目标患者分散, 长期追踪测量诊疗难度大等问题亟需解决。本文作者以建立全新智能化青少年脊椎健康预防治疗平台为出发点, 借助 5G、MEC 及 AI 技术, 搭建 5G 智慧医疗 SA。

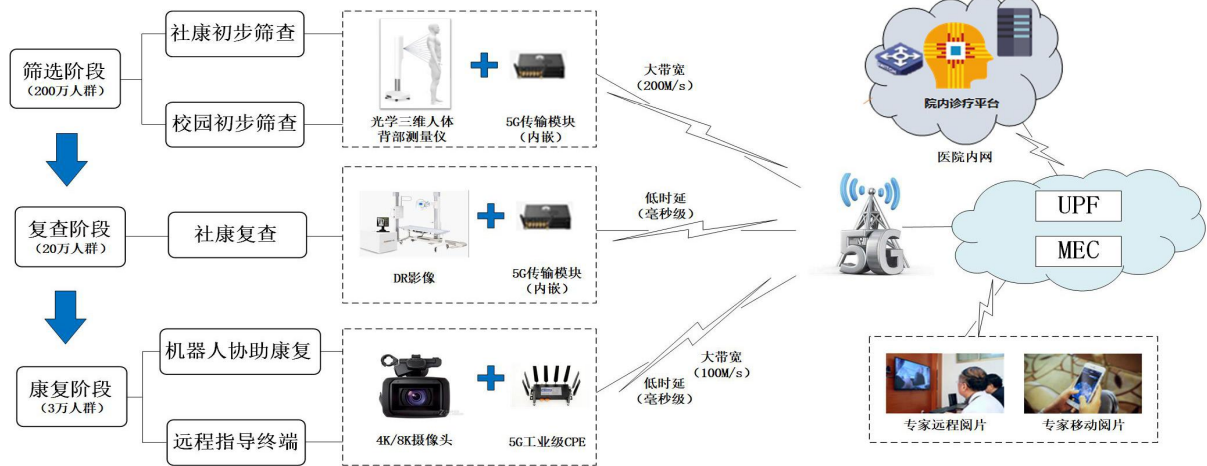
每个流程阶段中的医疗终端通过专用切片高速安全接入 5G 网络, 完成数据网络与路由的隔离。UPF 及 MEC 下沉也提升了边缘计算能力, 实现医疗应用快速访问网络, 保障业务服务质量。

5G 脊柱健康预防诊疗体系主要分为筛选阶段、复查阶段及康复阶段这三个流程, 具体见图 3。在筛选阶段中, 面对大量且分散的筛选对象, 本文作者摒弃了存在电离辐射, 不适合长期跟踪的传统 X 光影像, 采用了移动性较高的光学三维人体背部测量仪采集青少年脊椎健康数据, 并通过内嵌 5G 传输模块依靠高带宽网络实现大量数据高速可靠传输。人体背部测量仪将筛查对象数据业务流导向 MEC^[7], 借助基于 MEC 的三维人体背部测量 AI 算法, 高速计算分析现有数据, 快速生成检测报告。5G 在以下方面优化了整体的筛查流程与成本。

(1) 降低采集的设备重量和成本: 前期光学三维人体背部测量仪与专业运算服务器需同时配备使用, 并在筛查处进行同网段的安装和配置, 数据在服务器做本地运算。利用 5G 高速传输能力, 由专业光学人体背部测量仪, 采集人体背部云纹图, 单人单组光学影像数据为 300 ~ 500 M, 由光学人体背部测量仪上传至 MEC 需时约 30 ~ 45 s。由于本地的光学人体背部测量仪不做数据运算处理, 仅做影像数据采集和上传, 中央处理器 (central processing unit, CPU) 和图形处理器 (graphics processing unit, GPU) 集中在 MEC 上。因此单套的采集设备重量降低约 70 %, 单价也由 12 万元成本降低至 4 万元。

(2) 提高筛查计算效率：统一部署的边缘云计算平台，其运算能力明显优于单机版的服务器，对光学影像的计算时间由约 1~2 min 降低至 15 s 内。(3) 采集完整数据，优化筛查的人工智能算法：通过 5G 的高速传输，医院脊柱健康中心采集了整个深圳市超过百万名的青少年脊柱

影像数据，可集中统计分析城市级的脊柱健康的发展情况，为深圳市卫生健康委进行青少年的运动医学提供运动预防的标准和规范化建议。集中采集的光学影像数据，更可以进一步为人工智能深度卷积神经网络算法提供训练数据，进一步提升和优化筛查的算法和计算效率。



注：CPE — 用户前置设备；UPF — 用户平面设备；MEC — 移动边缘计算。

图 3 5G 脊柱健康预防诊疗体系架构图

在复查阶段中，针对在筛选阶段中脊椎出现明显健康问题的患者，进一步进行数字 X 线影像检查，并通过内嵌 5G 传输模块依靠低时延网络将数据回传至 5G 医院内网，实现专家远程移动阅片，远程诊疗。

在康复阶段中，脊柱健康中心的医护人员将凭借 4K/8K 摄像头采集的现场康复数据，利用远程指导终端对确诊患者完成远程复健。与此同时，康复机器人也会根据医护人员的专业建议协助患者完成康复任务。

借助 5G 定制网的低时延、高带宽、业务隔离特性，医疗平台实现高速数据互通，改善患者就医体验^[8]。面对繁重的筛选任务所产生的大量数据，依靠 5G 大带宽网络完成数据传输，并通过 UPF 及 MEC 下沉高速计算处理数据，生成检查报告完成诊断。这种筛选方式减轻了医院负荷，提升了诊断速度。远程复查及远程康复的医疗模式对每个患者制定个性化干预治疗方案，实时评估患者健康情况，实时优化治疗方案。

3.2.2 5G 全维云诊室 作为五级联动紧密型医联体的深圳第二人民医院，对大鹏新区医疗集团 3 个二级医院，以及 9 个社康中心承担业务指导和管理工作的。

医护人员通过 MEC 做应用承载的场景是当前 5G 和云 2B 最重要的一类应用场景。医疗设备通过 5G 硬件终端接入 5G 云网融合平台，传输数据至医疗平台，借助平台内的云诊疗软件及 5G MEC 高速计算处理患者健康数据，完成云诊室、云超声、云手术等医院业务。在 5G 医疗融合专网的基础上，实现多专家协同、多学科协同、多院区协同，完成各方医疗良性互动，具体见图 4。同比于传统的远程视频会诊方式，在赋能医生的远程问诊

体验中，全维云诊室有以下的创新突破。(1) 远程可控摄像头：20 倍光学变焦和可控的摄像头，代替专家眼睛，可远程查阅患者自行携带的纸质材料或 PACS 胶片。

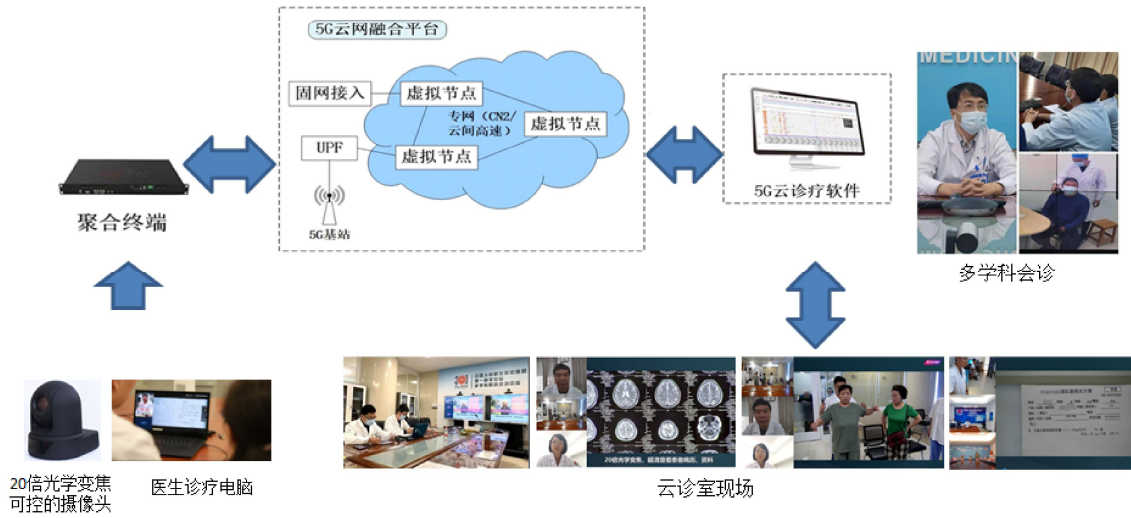
(2) 即时操控远端医生工作站：可实时查阅患者前期的电子病历和患者远程的检查结果。(3) 配备远程体查设备：可进行远程听诊、喉部检查、内耳道检查，通过 5G 仿真传输至远程专家医生处，喉部、内耳道影像高清传输，并可缩小放大。

全维云诊室使用 5G、4K 影像、远程程控、远程体查设备等多项新技术，有效整合与下沉有限的优质医疗资源，同时通过系统改造与软硬件升级，让远程诊断的专家医生如身临其境问诊患者，极大提升了医生的问诊体验，打通寻医问诊的“最后一公里”，在家门口就能够做到检查、预防、诊断和康复一体化服务。通过 5G 专网+云诊室下沉专家医疗资源至社康，助力智慧社康覆盖社区居民，及时、准确把握辖区居民的健康状况，做到辖区人群疾病早预防、早发现、早治疗、早康复；同时提高居民的健康意识，做到居民健康自我管理，自我监测。借助全维云诊室技术，深圳市第二人民医院对成功开发的基于医疗物联网脑卒中筛查与报备系统进行技术升级，开创了脑卒中筛查的新模式。利用互联网技术、云计算技术、云节点传输技术和音视频编解码技术等信息系统高科技手段，整合了“脑卒中体征监测系统—筛查系统—报备系统—疾病监控系统—随访系统—干预教育系统—疾病分析和挖掘系统”于一体的大型综合网络系统，提高脑卒中预警和筛查水平。并在全国首次建立城市溶栓地图和区域性多元全流程卒中救治体系，开发卒中移动

防治信息服务体系和救治网络快速响应关键技术。

3.2.3 UPF 及无线网建设方案 在专网部署的基础上，还需考虑不同业务对网络服务质量的要求，以确

保各类业务及时且准确地完成，为患者提供良好的就医服务。笔者列举出了以上典型场景中业务的通信需求，见表 1。



注：UPF 一用户平面设备。

图 4 5G 全维云诊室诊疗场景示意图

表 1 典型场景内的业务通信需求

业务需求	终端类型	网络访问权限	速率要求 /Mbit · s ⁻¹	时延要求 /ms	终端数目 /套	带宽需求 /Gbit · s ⁻¹
脊椎侧弯筛选	光学三维人体背部测量系统	同时访问公网和私网	300	≤ 20	30	9.0
	EOS (X 光机)	不出院区，仅访问私网	5	≤ 30	20	0.1
远程会诊	远程阅片终端	同时访问公网和私网	10	≤ 50	30	0.3
	云会诊终端		40	≤ 100 ^[9]	10	0.2
脑卒中急救	移动卒中单位车	同时访问公网和私网	100	≤ 50 ^[10]	2	0.1
康复培训	康复机器人	同时访问公网和私网	20	≤ 20	15	0.3

针对医院内部筛查、会诊、查房等应用场景，剖析其高服务质量的时延带宽需求（如表 1 所示）及要求所有应用数据要求不出院区的安全需求，提出 UPF 及无线网建设方案。梳理场景需求后，结合现有实际通信建设基础，计划在医院就近电信接入网机房部署 1 套 20G 吞吐量级的独享型 UPF 设备。考虑室外通信部分已通过现有 5G 室外站覆盖解决，但室外覆盖无法满足 5G 定制网室内深度覆盖需求的现实问题，需新建 5G 数字化有源室分，实现全面深度无线覆盖。

4 结束语

5G 专网在低时延、可靠性、网络安全及能力开放管理等方面具有明显优势，是智能医疗信息平台建设的技术基础。本文作者结合实际场景，搭建 5G 医疗融合专网，并提出具体通信建设方案。通过应用 5G 专网，探索和试点紧密型医联体内的 5G 医疗应用场景，让优质和精准医疗更加触手可及，为国家正在大力推广的医联体提供更好的参考和借鉴意义。基于创新应用远程医疗平台的全维云诊室突破时间和地域的限制，辐射到“一带一路”沿线国家，解决境外员工健康保障难题，有力支撑“一带一路”的国家战略。

〔参考文献〕

- (1) 朱俊杰, 田卓宛, 贺宇, 等. 智慧医疗融合 5G 发展的现状与展望 (J). 中国医药导刊, 2021, 23(5): 380-383.
- (2) 王润. 5G 技术在智慧医院建设中的应用 (J). 医学信息, 2021, 34(11): 26-27.
- (3) 孟祥杰, 孔德冉. 5G 网络发展背景下“互联网+医疗健康”的应用及创新 (J). 电子元器件与信息技术, 2022, 6(7): 136-139.
- (4) 王小平, 张定发. 5G 技术在智慧医疗领域的应用场景研究 (J). 现代临床医学, 2020, 46(1): 62-64
- (5) 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.
- (6) 葛涵涛, 陆焯晔. 5G 在智慧医疗领域的应用与发展 (J). 信息通信技术与政策, 2020, 46(12): 15-20.
- (7) 丁德胜, 黄鑫. 基于 5G 的心脑血管疾病互联网诊疗与康复管理平台 (J). 江苏通信, 2022, 38(2): 10-13, 19
- (8) 郑军, 张文中. 5G 技术在院前急救系统中的应用探索 (J). 医疗装备, 2022, 35(12): 13-15.
- (9) 黄心旋, 李曼, 唐小勇, 等. 基于 5G 的智能化快速部署医院远程医疗系统技术研究 (J). 信息通信技术与政策, 2022, (6): 84-88.
- (10) 刘虹. 5G 专网在智慧医疗中的应用 (J). 移动通信, 2022, 46(4): 95-100.