

5G 移动网络技术结合现有医疗应用探索

冯国斌 刘艳亭

(首都医科大学附属北京同仁医院 北京 100730)

〔摘要〕 介绍 5G 网络与 4G 网络的区别, 阐述 5G 网络关键技术, 包括移动边缘计算、网络切片技术等, 分析 5G 网络对于升级现有医疗模式的可行性, 结合实例讨论 5G 网络应用与前景。

〔关键词〕 5G 特点; 关键技术; 医疗模式升级

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2019.10.005

Exploration of 5G Mobile Network Technology Combined with Existing Medical Applications FENG Guobin, LIU Yanting, Beijing Tongren Hospital, CMV, Beijing 100730, China

〔Abstract〕 The paper introduces the distinction between 5G network and 4G network, expounds 5G network key technology, including mobile edge computation, network slicing technology, etc., analyzes the feasibility of 5G network for upgrading existing medical mode, and discusses 5G network application and prospect with actual examples.

〔Keywords〕 5G characteristics; key technology; upgrading of the medical mode

1 引言

移动通信自 20 世纪 80 年代初诞生以来大约每 10 年经历一次标志性技术革新, 1G 时代使无线通话成为可能, 2G 时代使短信和文字页面成为可能, 3G 时代使简单的网络应用和低质量的视频通话成为可能, 4G 时代实现高速下载、上传及在线视频, 5G 时代将实现人与人、人与物、物与物联网的全面连接以及多样化终端。5G 时代, 只有使新兴技术结合具体生产环境, 落地到具体应用中才能真正实现技术服务于生产的宗旨。本文将从技术特点、应用场景等具体层面展开说明, 根据 5G 网络具体特点分析其对于医疗应用的实际帮助。

〔收稿日期〕 2019-05-07

〔作者简介〕 冯国斌, 初级职称。

2 5G 网络区别于 4G 的特点

2.1 高性能

5G 网络较 4G 具备更强性能, 体验速率是 4G 网络的 10~100 倍, 空口时延是其 1/5, 最低低至 0.5 ms, 频谱效率是其 3~5 倍, 能效是其 100 倍。5G 网络具有极高速率、极大容量、极低延迟以及极小能耗。

2.2 连续广域覆盖

随着业务不断发展, 网络需要做到无所不包, 广泛存在。只有这样才能支持更加丰富的业务, 在更复杂的场景上使用。在用户边缘速率方面, 4G 网络为 DL 2Mbps, 5G 网络为 DL 10~100Mbps; 在移动性方面, 4G 网络为 <300 Km/h, 5G 网络为 <500Km/h; 在单项空口延时方面, 4G 网络为 10 ms,

5G 网络为 4 ms；在接入延时方面，4G 网络为 100ms，5G 网络为 10ms。

2.3 低延时高可靠

5G 对于延时的最低要求是 1 ms，甚至更低，可靠性高达 99.999%，对目前的网络提出较苛刻的要求。

2.4 热点高容量

相较于 4G 网络，5G 网络有着更高的速度，使得对于速度要求较高的应用得以实现，随着新兴技术的使用，其速度还将有进一步提升空间。5G 网络用户体验速率为 DL 1.3Gbps，小区平均吞吐量为 800Mbps/Cell；4G 网络用户体验速率为 DL 80Mbps，小区平均吞吐量为 35Mbps/Cell。

2.5 低功耗大连接

5G 网络面向万物互联，支持高密度链接、低功耗要求，从而降低联网设备充电频率和应用范围，使终端用户体验得到提升，促进物联网类产品的快

速普及。5G 网络连接数密度为 $10^6/\text{km}^2$ ，4G 网络为 $10^5/\text{km}^2$ 。

3 5G 网络关键技术^[1]

3.1 移动边缘计算 (Mobile Edge Computing , MEC)^[2]

一种分布式的边缘网络结构，通过靠近数据源建设的开放平台能就近为用户提供相关服务，减少路由迂回，降低时延。通过靠近用户侧的分布式计算实现业务就近处理，有效支撑时延敏感型业务。将内容与计算能力下沉并提供智能化的流量调度，可降低对核心网及骨干网的带宽占用，提升网络接入能力和利用率。边缘计算时要在基站上建立计算和存储能力，在最短时间内完成计算和发出指令。面向上层应用和业务开放各类无线和网络信息，推动移动网络与行业应用的深度融合，促进行业信息化水平提升和服务模式创新。5G 移动边缘计算部署，见图 1。

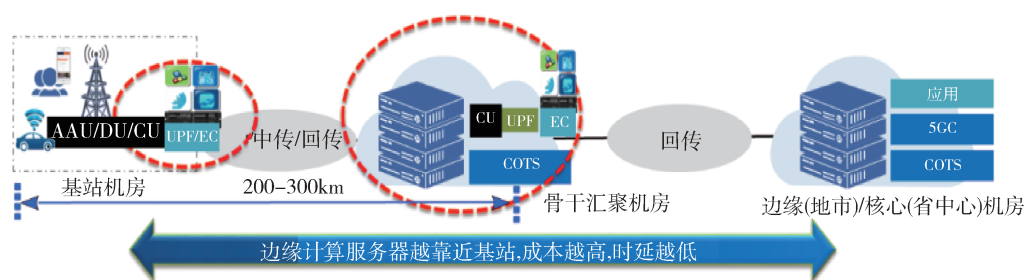


图 1 5G 移动边缘计算部署

3.2 网络切片技术^[3]

5G 网络中虚拟化专网的实现方式，利用网络各层的物理和逻辑隔离技术为不同垂直行业用户提供相互隔离、功能可定制的网络服务。通过功能解耦的模块化设计，控制与承载功能分离，各功能间以服务的方式进行调用，实现底层云化等颠覆性设计，支持端到端的切片能力、能力按需求位置部署等，实现网络定制化、开放化、服务化。传统的单

一组网方式演变为按需定制化组网。具有以下特点：一是定制性，网络能力、网络性能、接入方式、服务范围/部署策略均可定制。二是隔离性/专用性，切片服务于特定的应用场景，不同切片之间相互隔离，互不影响。三是质量可保证，按照垂直行业需求，满足其服务水平协议 (Service Level Agreement, SLA) 服务质量要求。四是统一平台，网络切片将基于 NFV/SDN 统一基础设施灵活构建，见图 2。

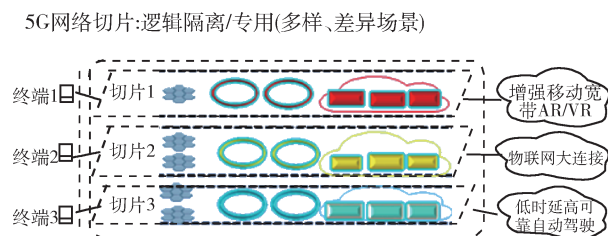


图2 5G网络切片技术逻辑

3.3 正交频分多路复用技术 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) 优化波形与多址接入

5G 网络基于 OFDM 的波形和多址接入具有高频谱效率和低数据复杂性的特点, OFDM 可实现多种增强功能, 如通过加窗或滤波增强频率本地化在不同用户与服务之间, 提高多路传输效率和创建单载波 OFDM 波形实现高效上行的链路传输。

3.4 OFDM 加窗增加多路传输效率

为使相邻频带互不干扰, 频带内、外信号辐射要尽可能小, OFDM 实现波形后处理 (POST - Processing), 如时域加窗或频域滤波来提升频率局域化。

3.5 实现可扩展的 OFDM 间隔参数配置

OFDM 子载波间的 15KHz 间隔 LTE 最高可支持 20MHz 的载波带宽。为连接更丰富的设备, 5G 将利用尽可能多的频谱如毫米微波、非授权频段等。5G NR 将引入可扩展的 OFDM 间隔参数配置, 这一点十分重要, 因为当快速傅里叶变换 (Fast Fourier Transform, FFT) 为满足更大带宽扩展尺寸必须保证不会增加处理的复杂性, 而为支持多种部署模式的其他信道宽度, 5G NR 必须适应不同参数配置, 在统一框架下提高多路传输效率。另外 5G NR 可以跨越参数实现载波聚合, 如聚合毫米波赫兹 6GHz 以下频段的载波。

3.6 多天线技术 (大规模 MIMO)

一种增加容量的技术, 在理论上能将容量成倍数提高。简单地说就是在现有基础上通过增加天线数量, 配置数 10 根甚至数百根以上的天线, 支持

数 10 个独立空间数据流交互, 实现用户系统频谱效率的大幅提升。如目前比较主流的 MIMO 技术, 大规模 MIMO 技术能够在不增加频谱资源的情况下降低发射功率、减小区域间干扰。

3.7 网络自组织

指的是网络部署阶段的自动规划和配置以及网络维护阶段的自动优化和愈合。自动配置即新增加的网络节点配置可以实现即插即用功能, 具有低成本、易安装等特点; 自动规划是指动态地进行网络规划并自动执行, 需满足系统的容量扩展、业务监测、优化结果等方面需求。自动愈合是指系统可以自动发现、定位、监测、解决问题的功能, 从而极大降低后期维护成本。

3.8 设备到设备通信 (D2D 会话)

通信会话数据直接在终端之间进行传输, 不需要通过基站的数据转发。而相关的控制信令如会话的建立与维持、无线资源的分配等需要由蜂窝网络负责。引入设备到设备通信可以有效减轻基站运行负载, 降低端到端的数据传输延迟, 提升频谱效率, 同时还可以降低终端发射功率。当遇到无线通信基础设施损坏或无线网络覆盖盲区时, 终端可以借助设备到设备通信技术快速实现端到端的通信。

4 5G 网络升级现有医疗模式的可行性^[4]

4.1 目前网络条件下医疗信息化发展局限性

主要包括无法实现实时高清音视频远程会诊; 无法满足医学影像等大数据量低延时传输; 无法支持对于延时、可靠性要求较高的远程操控类医疗业务发展。5G 技术可以很好地解决以上局限性, 其一高带宽可以实现医患、医护间的 4K 高清音视频交互, 实现海量医学影像高速传输共享; 其二低延时实现远程操控检查类应用的实时操控; 其三高可靠实现远程操控手术类应用的精准控制以及医疗相关系统的安全高效接入; 其四广连接实现院内、院外、院前急救等多种场景的检验检测设备、患者

可穿戴设备的连接。

4.2 高清视频、虚拟现实等技术

5G 超大带宽将促进高清视频、虚拟现实等技术在医疗行业的应用。4K/8K 高清视频、虚拟现实 (Virtual Reality, VR) / 增强现实 (Augmented Reality, AR) 等技术可用于远程会诊、应急救援、医疗教学等场景, 使会诊更清晰、教学更生动, 真正实现异地就诊, 区域医疗集成。5G 高带宽技术的运用使得多路云视频、多路高清视频回传, 起搏器、患者面部表情、医生端辅流、患者体征数据得以高效、准确地传输。

4.3 远程操控

基于 5G 网络低延时、高可靠的特性, 推动远程医疗向远程操控治疗发展, 使专家远程控制机械臂及超声探头等技术的开展得到有效保障, 实现远程超声检查、查房、手术等业务的拓展。可以使手术协同实时同步, 如果术中出现紧急状况, 远端医疗专家可及时看到并实时作出指导, 打破手术时间、空间限制。未来还有望实现“无人手术”, 即基于 5G 技术可以远程操控手术机械人进行手术, 方便更多边远地区患者。

4.4 可穿戴监测设备、人工智能医疗辅助

5G 网络的广连接特性将有力支持患者可穿戴设备的数据接入传输、药品、耗材、设备乃至人员的定位管理。实现过程追溯。5G 智连万物, 促进医疗人工智能蓬勃发展。5G 使人工智能数据更丰富、连接更可靠、迭代更敏捷, 必将极大推动医疗人工智能在健康管理、慢性病管理、辅助诊断等各方面的蓬勃发展。

4.5 基于 5G 的医疗组网方案^[5]

基于 5G 网络, 数据采集终端发送业务流之前通过 5G 基站经由承载/传送网与核心网建立信令连接, 经过移动边缘计算的处理后将业务流经由承载/传送网和 5G 基站传送至数据显示终端, 用户侧网关和边缘计算节点的下沉使得数据传输转发下延, 减少在核心层的迂回传输, 降低大部分数据在网络中的传输距离以及传输时延, 保障各项数据的实时性, 这些是传统网络所不具备的。在无线应用越来越普遍的今天采用这种方法组网, 而非传统线路 (光纤) 方式使部署更加灵活、维护更加简便、成本更加低廉, 基于网络运营商提供的安全保障使得组网后的安全部署得以统一实现。基于 5G 网络的组网, 见图 3。

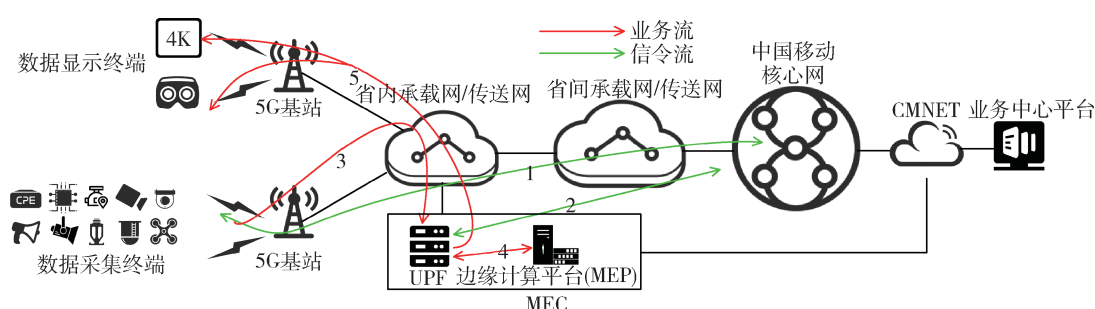


图 3 基于 5G 网络的组网

5 应用与前景

5.1 实现远程医疗会诊

目前 5G 商业性应用还属于起步阶段, 对于医疗行业的结合也只是探索性尝试。随着 5G 标准的确定、5G 芯片的普及, 新技术迭代原有技术已是不

可阻挡的必然趋势, 应勇于尝试、敢于实践。5G 应用前景展望, 见图 4。目前医疗行业已有多家单位正在尝试 5G 与医疗应用的结合并初见成效。如中日友好医院在 5G 网络环境下, 利用国家远程医疗协同平台, 成功与安徽金寨县人民医院完成 1 例远程急重会诊。在本次远程医疗会诊中实现医学影像、电子病历、病理信息等大约 2GB 的医疗数据传

输、同步调阅。解决目前 4G 网络对于大数据传输时的技术瓶颈难题。在传统 4G 网络环境下如果对病理片图像进行移动、缩放等操作,图像会有明显延迟,而 5G 网络下则大大缩短这类操作的反应时间,做到瞬时响应,使前端用户体验大幅提升。最大变化还是体现在数据传输方面。此次远程医疗会诊的成功实施为中日友好医院后续准备开展的超声远程操作提供宝贵实践经验。

5.2 实现远程人体手术

中国人民解放军总医院成功完成全国首例基于 5G 的远程人体手术——帕金森病脑起搏器植入手术。通过 5G 网络跨越北京、海南两地实现手术过程远程操控、指导,充分验证通过 5G 网络实施该类远程手术的可靠性、稳定性,方便患者就近享受优质医疗资源。此次远程手术顺利实施得益于 5G 网络大带宽、高速率、低时延的特性,有效保障远程手术所要求的稳定性、可靠性和安全性等指标,使专家可随时随地掌控手术进程和术中患者体征情况。借助 5G 网络避免 4G 网络条件下手术视频卡顿、远程控制延迟等难点问题,手术近乎实时操作。通过远程手术,上级医院高质量、高水平的专家可远程直接对偏远地区患者进行手术,完成以往在基层难以完成的手术。该手术是新型信息技术与医疗技术的创新应用,对降低患者医疗成本、助力

优质医疗资源下沉具有重要意义,起到 5G 医疗的标杆示范作用。

5.3 实现院前医疗急救

郑州大学第一附属医院根据业务部门的 5G 医疗急救车、远程机器人超声、远程机器人查房等业务需求,在新老院区开展无线网建设方案规划。通过 5G 网络实现全国首次移动状态下远程会诊,急救车在移动状态下与郑州大学第一附属医院国家远程中心连线两路 1080P (30 帧/秒) 高清视频,实现医院与急救车内的音视频交互,辅助医院实时对急救现场进行远程救治指导,整个测试过程音视频流畅,无明显卡顿和时延,满足远程会诊和救治指导需求,充分体现 5G 超大带宽、超高可靠、超低时延的网络特性。下一步还将利用 5G 网络实现在急救车转运途中医疗人员借助移动终端调阅患者电子病历信息,通过车载移动医疗装备持续监护患者生命体征,通过车载摄像头与远端专家会诊病情协同诊断治疗,为患者救治争取宝贵时间,全面实现电子病历、生命体征数据(心电、影像、超声等大数据量数据)共享与整合、院内和指挥中心可视化显示、指挥调度、远程救治指导、手术辅助等功能。随着 5G 技术的不断成熟,今后必然会越来越多地应用到具体医疗业务中,服务于广大患者。

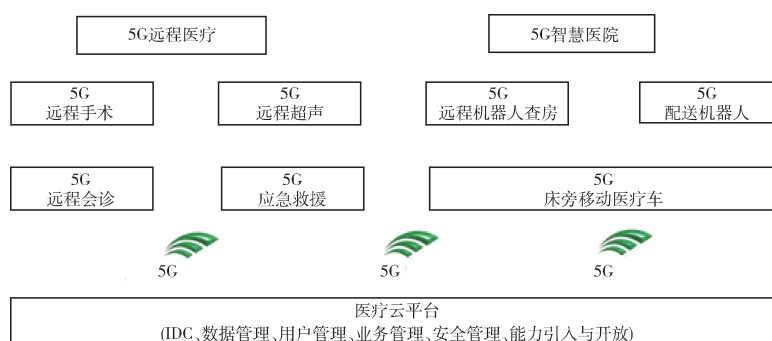


图 4 5G 应用前景

参考文献

- 袁周阳, 李超杰. 5G 通信技术应用场景及关键技术探讨 [J]. 信息通信, 2017 (7): 260-261.
- 田辉, 范绍帅, 吕昕晨, 等. 面向 5G 需求的移动边缘计算 [J]. 北京邮电大学学报, 2017 (2): 5-14.

- 王华. 未来 5G 网络切片技术关键问题分析与探究 [J]. 通信电源技术, 2019, 36 (1): 194-195.
- 王巍. 对新一代移动通信技术未来发展的展望 [J]. 通讯世界, 2017 (5): 134.
- 刘毅, 郭宝, 张阳, 等. 5G 独立组网与非独立组网浅析 [J]. 电信技术, 2018, 534 (9): 88-90.