

# 5G 技术赋能的远程超声诊断系统开发与临床适配研究

张跃华<sup>1</sup> 张南极<sup>2</sup> 赖俊朴<sup>3</sup>

1.浙江飞图影像科技有限公司; 2.浙江零跑科技股份有限公司; 3.杭州科腾生物制品有限公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i2.8749

**[摘要]** 为缓解基层超声诊疗资源短缺问题,本研究开发适配 5G 网络的远程超声诊断系统。系统遵循临床实用等核心原则,采用“终端层-传输层-平台层”架构,开发四大核心模块,完成软硬件适配与 5G 专用网络搭建。经临床测试优化,系统实现高清图像低时延传输、精准远程操控等功能,支持多系统对接与功能扩展,搭配培训及运维体系,为远程超声标准化应用提供支撑,助力医疗服务均等化。

**[关键词]** 5G 技术; 远程超声诊断系统; 临床适配

## Development and Clinical Adaptation of a 5G-Enabled Remote Ultrasound Diagnosis System

Zhang Yuehua<sup>1</sup> Zhang Nanji<sup>2</sup> Lai Junpu<sup>3</sup>

1 Zhejiang Feitu Imaging Technology Co., Ltd.;

2 Zhejiang Lingpao Technology Co., Ltd.; 3 Hangzhou Keton Biological Products Co., Ltd.

**[Abstract]** To alleviate the shortage of ultrasound diagnostic resources at the primary healthcare level, this study developed a remote ultrasound diagnosis system compatible with 5G networks. The system adheres to core principles such as clinical practicality and adopts a "terminal layer-transport layer-platform layer" architecture, incorporating four core modules to achieve software/hardware adaptation and the establishment of a dedicated 5G network. Through clinical testing and optimization, the system achieves high-definition image transmission with low latency, precise remote operation, and supports multi-system integration and functional expansion. Coupled with training and maintenance systems, it provides support for the standardized application of remote ultrasound, contributing to the equalization of medical services.

**[Key words]** 5G technology; remote ultrasound diagnostic system; clinical adaptation

## 1、引言

超声诊断是临床无创检查的重要手段,在疾病筛查、病情评估中起着不可替代的作用。但超声诊疗能力的发挥高度依赖专业医师和先进的设备,基层医疗机构普遍存在着超声专业人才短缺、设备配置不足的问题,造成优质超声资源供需失衡。5G 通信技术的发展为打破医疗资源地域限制提供了技术支持,它具有超高速率、低延迟的特点可以解决传统远程超声图像传输卡顿、操作反馈滞后的关键问题。以临床实际诊疗需求为出发点,开发适合 5G 网络的远程超声诊断系统,通过临床多场景适配测试,可改善系统的传输性能和操作适配性。基于此,本文探究 5G 技术在超声远程诊疗中的标准化应用路径,以缓解基层超声诊疗资源不足的现状,促进远程医疗向精准化、实

用化方向发展,助力医疗服务均等化建设。

## 2、5G 远程超声诊断系统的整体设计

### 2.1 系统设计原则

5G 远程超声诊断系统开发时,以临床实用性、技术稳定性、操作便捷性为主要的原则。且考虑系统的可扩展性以及兼容性。临床实用性即系统功能要符合超声诊疗的全流程,从设备操作、图像采集、诊断报告出具、医患交互等各个环节都要符合临床医师的操作习惯和诊疗需求。其中技术稳定性即 5G 网络环境下超声数据传输和设备远程控制的稳定性,保证图像传输不丢失、操作指令反馈不延迟,满足临床诊断的准确性要求。操作便捷性即针对基层医疗操作人员的技术水平,简化系统操作界面和操作流程,降低使用门槛。而可扩展性与兼容性

即系统可以适配不同型号的超声诊断设备，支持与各级医疗机构的电子病历系统、影像归档系统对接，实现医疗数据的互联互通<sup>[1]</sup>。

## 2.2 系统整体架构

本研究开发的 5G 远程超声诊断系统采用“终端层 - 传输层 - 平台层”的三层架构设计，各层级相互协同，形成完整的远程超声诊疗链路。终端层由基层端超声诊断设备、操作终端与专家端诊断终端、交互设备组成，基层端负责超声图像的采集、设备的本地操作与指令上传，专家端实现超声图像的实时查看、远程设备操控与诊断结果反馈；传输层基于 5G 独立组网 (SA) 模式搭建，结合边缘计算技术，实现超声图像、操作指令等数据的高速、低时延传输，同时通过数据加密技术保障医疗数据传输的安全性；平台层为系统的核心处理层，集成设备控制模块、图像交互模块、诊断报告模块、医患沟通模块与数据管理模块，实现对全流程数据的处理、存储与调度，为远程超声诊断提供全方位的技术支撑。

## 3、5G 远程超声诊断系统的核心模块开发

### 3.1 设备远程控制模块

设备远程控制模块是实现远程超声诊断的核心，其开发重点在于解决远程操作的精准性与实时性问题。本模块通过搭建超声设备与 5G 终端的通信接口，实现专家端对基层端超声设备的远程操控，支持探头的移动、聚焦、深度调节等核心操作，同时设计操作指令的优先级调度机制，确保关键操作指令的快速响应。为减少网络波动对操作的影响，模块内建有操作指令缓存和补偿功能，当网络出现短暂抖动的时候。将未执行的操作指令进行缓存，网络恢复之后再自动补执行，保证操作的连续性。另外模块可以适应不同的型号超声设备协议，使用标准接口开发，实现主流品牌超声设备的对接，提高系统设备兼容性<sup>[2]</sup>。

### 3.2 超声图像实时交互模块

超声图像的传输质量直接决定远程诊断的准确性，图像实时交互模块依靠 5G 的高带宽特性，采用 H.265 视频编码技术对超声动态图像进行压缩处理，在保证图像分辨率和细节的前提下，减少数据传输量，实现超声动态图像的 1080P 高清实时传输，传输时延控制在 20ms 以内，满足临床实时诊断的要求。模块设置图像质量自适应调节功能，根据 5G 网络带宽变化自动调节图像编码参数，网络带宽降低时优先保证图像核心诊断区域清晰度，防止网络波动造成图像失真或者卡顿。模块开发了图像标记、放大、测量等交互功能，专家端可以在实时传输的超声图像上做精准的标记与测量，把操作的结果实时反馈给

基层端，实现远程和本地的操作同步。

### 3.3 诊断报告与数据管理模块

诊断报告模块以临床诊疗流程为依托，可创建超声诊断报告模板。专家端可以依据实时超声图像和检查结果快速生成诊断报告，诊断报告可以实时同步到基层端，基层医务人员可以依据报告完成后续的诊疗操作。模块同时支持报告的在线修改、签名、归档，实现诊断报告的电子化管理，提高报告流转效率。数据管理模块对系统运行过程中产生的所有数据进行存储、分类、检索，超声图像、操作指令、诊断报告、医患沟通记录等都属于数据管理模块的数据，采用云存储技术搭建数据存储平台，保证数据的安全性、可访问性。同时模块开发了数据统计分析功能，可以对系统使用情况、诊断结果、科室分布等多方面数据进行统计分析，给医疗机构管理决策提供数据支持。

### 3.4 医患远程沟通模块

医患远程沟通模块为基层患者和专家端医师搭建起了直接的沟通桥梁，支持音视频实时通话、文字留言等多种沟通方式，专家端医师可以借助此模块同患者进行实时交流，获取患者的病史、症状等信息，结合超声检查结果做出更准确的诊断。模块与超声图像交互模块联动，医师在查看超声图像的同时可以与患者进行同步沟通，及时解答患者的疑问，提高患者的诊疗体验。同时模块设置了沟通记录自动保存功能，所有的沟通内容都会被数据管理模块所接收，从而实现诊疗过程的全程可追溯。

## 4、5G 远程超声诊断系统的硬件适配与网络搭建

### 4.1 基层端与专家端硬件适配

基层端硬件配置以实用性、便携性为核心，适配基层医疗机构的诊疗环境，主要包括彩色多普勒超声诊断仪、5G 智能终端、高清摄像头、音视频交互设备等。针对基层医疗机构超声设备型号多样的问题，本研究通过开发通用的硬件转接口，实现 5G 智能终端与不同型号超声设备的无缝对接，无需对原有超声设备进行大规模改造，降低基层医疗机构的设备投入成本。同时，为满足基层移动超声检查的需求，配套开发了便携式 5G 超声终端，可实现床旁、社区等场景的移动超声检查与数据实时传输。

专家端硬件配置以高性能、高适配性为原则，主要包括专业诊断工作站、高清显示设备、操作控制手柄、音视频交互设备等。诊断工作站搭载高性能处理器与显卡，可实现超声高清图像的快速解码与实时显示，操作控制手柄采用人体工学设计，与基层端超声设备的操作逻辑一致，降低专家的操作适应

成本。高清显示设备支持超声图像的 4K 高清显示，能够清晰呈现超声图像的细微结构，为精准诊断提供保障。

#### 4.2 5G 专用网络搭建与优化

为保障远程超声诊断系统的稳定运行，本研究搭建了 5G 医疗专用网络，采用 5G 独立组网模式，避开公网的网络拥堵，实现超声数据的专属、高速传输。在网络覆盖方面，针对基层医疗机构的地理位置特点，联合通信运营商采用宏基站与微基站结合的方式，实现基层医疗机构诊疗区域的 5G 网络全覆盖，网络下行带宽不低于 1Gbps，上行带宽不低于 200Mbps，满足超声动态图像的传输需求。

同时，引入边缘计算技术对 5G 网络进行优化，在基层医疗机构附近部署边缘计算节点，将超声图像的压缩、解码等数据处理任务下沉至边缘节点，减少数据的传输距离，进一步降低传输时延，提升系统的响应速度。为保障医疗数据的传输安全，5G 医疗专用网络采用端到端的数据加密技术，对超声图像、诊断报告、医患沟通记录等所有数据进行加密处理，同时设置网络访问权限，采用身份认证、密钥管理等方式，防止数据泄露与非法访问，保障医疗数据的安全性与隐私性。

### 5、5G 远程超声诊断系统的优化与完善

#### 5.1 基于临床测试的系统功能优化

结合临床适配测试结果与医务人员的反馈建议，对 5G 远程超声诊断系统的功能进行针对性优化。在图像交互模块中，增加超声图像的历史对比功能，支持专家端将本次的超声图像与患者的历史超声图像进行同屏对比，便于观察病情的变化，提升诊断的准确性；优化图像测量功能，增加常用测量指标的自动计算功能，如甲状腺结节的纵横比、胎儿的生长指标等，减少医师的手动测量工作量，提升诊断效率。

在诊断报告模块中，开发诊断报告模板的个性化设置功能，支持专家端根据自身的诊断习惯和科室特点对报告模板的内容、格式进行自定义修改，同时增加报告的智能推荐功能，根据超声检查的部位和结果，自动推荐相关的诊断描述和诊断意见，简化报告生成流程。在设备控制模块里优化操作控制手柄的灵敏度，增加操作防抖功能，防止由于专家端的轻微操作抖动造成基层端超声探头的大范围移动，提高远程操作的准确性。

#### 5.2 系统的兼容性与可扩展性提升

为进一步提高系统的兼容性，在临床测试过程中遇到的少数特殊型号超声设备，开发出专门的通信协议和转接接口，使得系统可以与所有的超声诊断设备进行对接；另外优化系统同医疗机构已有的信息系统的对接方式，开发标准接口程序，实

现与电子病历系统、影像归档和通信系统 (PACS)、医院信息系统 (HIS) 等无缝对接，实现超声检查数据、诊断报告、患者信息的互联互通，避免医疗数据的孤岛现象。

在系统可扩展性方面，预留功能模块接口，方便以后根据临床诊疗需求增加新的功能模块，例如远程超声教学模块、多专家协同诊断模块、超声数据人工智能分析模块等；优化系统的云存储平台，增大数据存储容量、加快数据检索速度，支持大量超声数据的存储和管理，为以后的人工智能辅助诊断、医疗大数据分析等应用提供数据支持。

#### 5.3 基层操作培训与系统运维体系建设

为保证 5G 远程超声诊断系统在基层医疗机构得到顺利的推广应用，可创建系统化的基层操作培训体系，制订简单易懂的系统操作手册。针对基层医务人员开展线上和线下结合起来的培训活动。线上培训依托系统内置的教学模块开展，基层医务人员可以随时开展线上学习和模拟操作，线下培训由三级甲等医院超声专家到基层医疗机构进行现场操作指导、答疑，保证基层医务人员熟练掌握系统的操作方法。

且可建立完善的系统运维体系，设置专门的运维团队对系统进行日常维护、故障排查、技术支持，开发系统远程运维功能。运维人员可以在专家端对基层端系统进行远程故障排查和修复，减少系统故障停机时间，创建系统运行状态实时监控机制，对网络传输、设备运行、数据存储等重要环节进行实时监控，及时发现系统运行过程中出现的异常情况并加以处理，保证系统的稳定运行。

### 6、结论

通过三层架构、四大模块及专用软硬件与网络搭建，实现高清图像低时延传输、精准远程操控等功能，可有效破解基层超声资源短缺难题，为远程超声标准化应用奠定基础，助力医疗服务均等化发展。

#### [参考文献]

[1]刘璐, 郑明睿, 李霄, 等. 远程超声诊断信息系统的标准化研究与应用 [J]. 中国标准化, 2025, (10): 70-74.

[2]刘翠翠. 远程超声机器人的实践应用研究[D]. 锦州医科大学, 2023.

作者简介: 张跃华, 出生年月: 1987.9.10, 男, 汉族, 籍贯: 浙江金华, 学历: 本科, 研究方向: 人工智能、大数据; 张南极, 出生年月: 1992.6.26, 男, 汉族, 籍贯: 浙江金华, 学历: 大学本科, 研究方向: 软件设计、大数据;

赖俊朴, 出生年月: 2004.4.8, 男, 汉族, 籍贯: 浙江衢州, 学历: 大专, 研究方向: 信息化、人工智能。