

超声质控中视频交互关键技术的研究和开发

贺凯 许迪 蔡雨蒙 刘云 罗守华

摘要 为规范超声诊疗程序,提高超声诊断质量,结合中国医师协会超声医师分会发布的《三级医院超声质量控制指南》,设计并实现了一套基于流媒体技术的超声质控系统。该系统利用流媒体流式传输、边传边播的特性,将超声诊室的动态图像实时传送至主任监督岗,通过主任的监督评价和远程协助完成对超声诊断过程的实时质控。该系统支持客户端节点的动态部署,系统延展性强,可面向不同超声检查类型的分组质控设计,能很好地保护患者隐私,且具有低延时和高画质的特点,是一套切实可行的超声质控系统。

关键词 超声质控;流媒体;协助诊断;实时

[中图法分类号] R445.1

[文献标识码] A

Research and development of key technologies involving video interactive in ultrasound quality control

HE Kai, XU Di, CAI Yumeng, LIU Yun, LUO Shouhua

School of Biological Sciences and Medical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China

ABSTRACT In order to standardize the ultrasound procedures, and to improve the quality of ultrasound medical diagnosis and treatment, the ultrasound quality control system based on streaming media technology was designed and implemented according to the “guideline for ultrasonic quality control in tier-3 hospitals” issued by the ultrasound society of physicians of Chinese medical doctor association. Utilizing the characteristics of streaming media streaming and side pass and playing, the dynamic ultrasound images of the ultrasound clinic are transmitted to the chief supervisor in real time, and the real-time quality control of the ultrasound diagnosis process is accomplished through the supervision and evaluation of the director and remote assistance. At the same time, the system supports the dynamic deployment of client nodes, as well as different types of ultrasonic examination of packet quality control, which can protect the privacy of patients well. The system has the characteristics of low delay and high quality, and it is a feasible solution in practice.

KEY WORDS Ultrasonic quality control; Streaming media; Assist diagnosis; Real time

随着医学技术的发展,超声检查作为临床诊疗的重要手段已逐渐发展成为一种常规检查项目^[1]。超声检查有其自身的独特性,即相同的病症于不同的超声切面表现大不相同,因此超声检查和诊断对医师的操作水平要求较高。此外,超声检查过程中难免会出现一些失误的操作,由此可能造成不必要的医疗纠纷。因此,发展超声质量控制(以下简称质控)技术已成为改变超声医疗现状、提高超声诊断水平及避免医疗纠纷的迫切需要。

超声质控就是对各项检查以《超声技术操作规范》为指导,规范操作流程,对操作步骤、方法、程序、结果、图片质量及报告书写规范等检查设立绩效考评机制,有效进行质控^[2]。目前,国内推进超声质控的探索主要集中在存图评估和超声报告规范化的阶段。李兆明^[3]、杨默和廖海鹰^[4]分别对乳腺和甲状腺图像进行研究分析,筛选出差异有统计学意义的超声特征,建立了针对这两种超声检查的存图评估标准;梁梅云等^[5]基于超声影像信息系统平台,应用 Gsoap Webservice 通信技术实现了超声报告

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFA0104302)

作者单位:210096 南京市,东南大学生物科学与医学工程学院(贺凯、罗守华);江苏省人民医院心脏科(许迪),信息处(蔡雨蒙、刘云)

通讯作者:罗守华, Email: luoshouhua@seu.edu.cn

的智能化审阅、错误提醒和审核发布。但超声检查本身的诊断是医师基于超声自身连续的动态图像在检查时现场做出,目前的方案均无法实现对超声医师在检查过程中的实时质控。因此,需要探索一种全新的解决方案以对超声医师的现场操作进行有效质控。超声图像具有很高的分辨率,动态的超声图像在电脑中所占的存储空间很大。因此,可以利用流媒体流式传输、边传边播的特性,将超声诊室的动态图像实时传送至主任监督岗,以对各诊室的超声影像质量进行监督把关,同时为各诊室医师提供协助指导,从而实现对超声医师在检查过程中的实时质控。本文通过搭建流媒体服务器,实现对所有节点诊室的流媒体数据的统一管理,并且在系统中集成针对不同检查类型的诊室分组功能,从而保护患者隐私;在系统客户端,超声医师可以针对某些影像进行录像录音,同时各诊室之间可以基于客户端的面对面音视频和图像标记功能实现互相协助;此外,本系统还支持客户端节点的动态部署,这对基于云端的超声远程网络质控系统的搭建具有重要意义。

一、基于流媒体技术的超声质控系统的设计与实现

1.系统整体结构

超声质控系统主要实现超声质控和远程协助诊断的功能,整体结构见图 1。超声质控系统基于 C/S 架构,主要由云端服务器、诊室客户端、监督岗客户端(包括 PC 端和移动端)组成。其中,诊室客户端可以采用分级部署,既可以部署在大医院,也可以部署在社区医院。由大医院或超声质控中心的主任专家基于监督岗客户端统一完成超声实时质控。此外,系统支持两种类型的流媒体数据传输,一种为高清码流,即分辨率高、数据量大的流媒体数据;另一种为副码流,即分辨率低,数据量小的流媒体数据。通过该系统,一方面可以在各诊室之间和各诊室与监督岗医师之间建立实时的音视频传输,从而实现协助诊断;另一方面监督岗医师通过分析超声实时影像,可对当前操作的医师进行质控评价,并将评价结果记入质控系统,从而不断规范医师的工作质量,提高其操作水平。

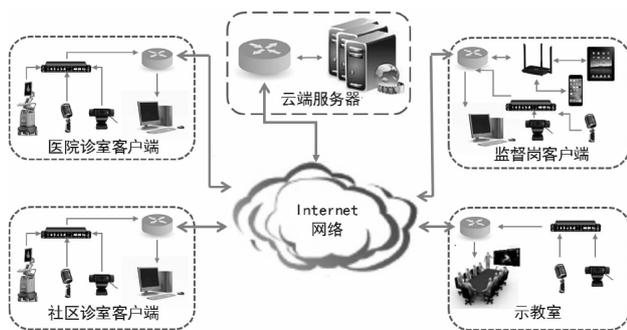


图 1 超声质控系统整体结构图

2.系统整体流程

超声质控系统采取按需推送的流媒体传输策略,即当有客户端向云端服务器请求另一客户端的流媒体数据时,对应的客户端才会将流媒体数据推送到云端服务器,整体流程见图 2。首先,客户端 A 向云端服务器请求客户端 B 的实时流媒体数据,

然后云端服务器向客户端 B 发起流媒体请求,客户端 B 即与云端服务器建立 RTSP 会话并通过 RTP 开始传输流媒体数据,同时客户端 A 与云端服务器也开始建立 RTSP 会话并通过 RTP 开始传输流媒体数据。此时,从客户端 B 经云端服务器到客户端 A 的流媒体传输成功建立。同理,若客户端 B 需获取客户端 A 的实时流媒体数据,仅需要向云端服务器发起请求即可。需要说明的是,监督岗客户端启动时会向云端服务器请求所有诊室客户端的副码流数据,故监督岗客户端就会显示所有科室的实时超声图像。此时系统中传输的为副码流数据,因此带宽占用量小,不会造成网络拥堵。而当监督岗医师双击放大某一诊室的图像时,监督岗客户端会向云端服务器重新发起一个对应诊室的高清码流数据请求,此时系统中传输的为高清码流数据。采用按需推送的流媒体传输策略和双码流的压缩编码方式一方面可以节约网络流量,另一方面可以极大地缓解网络拥塞状况。

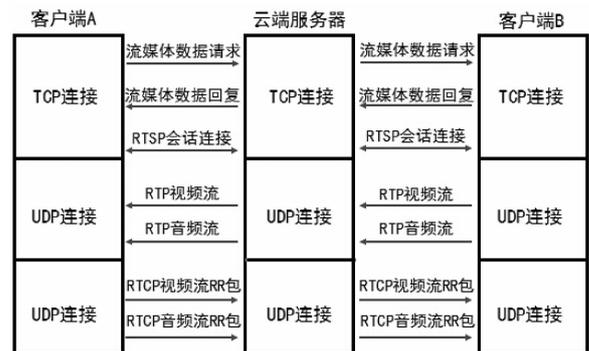


图 2 超声质控系统整体流程图

3.系统客户端

超声质控系统客户端分为诊室客户端和监督岗客户端,主要由消息请求模块、音视频采集编码模块、推送模块、播放模块、录像模块五部分组成,整体结构见图 3。其中,消息请求模块主要完成两个功能:①向云端服务器发起对应诊室的流媒体数据请求;②处理来自云端服务器的流媒体数据请求,进而通知音视频采集编码模块开始工作。音视频采集编码模块负责对超声设备产生的声音图像及诊室的语音画面进行采集和编码工作。其中,视频采集是将采集到的图像信号经过采样量化后转换为数字图像并存储到帧存储器,然后送入视频编码器基于 H.264 标准进行编码;而音频采集则是将现场声音由麦克风采集后送入音频编码器基于 AAC 标准进行编码。推送模块的主要任务是对编码后的音视频数据进行 RTP 打包,然后发送给云端服务器。其包含了以下几个子模块:RTSP 交互模块负责与云端服务器建立 RTSP 会话和认证用户身份;RTP 打包发送模块负责对从硬件编码设备获得的音视频编码数据做 RTP 封包处理,即按照 RTP 数据传输协议的格式做打包处理,最后发送给云端服务器;RTCP 控制模块通过对云端服务器返回的接收者报告 RR 包进行分析,计算出当前网络的丢包率,进而动态调整音视频编码速率以适应当前的网络情况。播放模块负责将从云端服务器拉取的 RTP 包进行解析,然后将重组后的流媒体数据送入缓冲区以解码播放;同时周期性地向云端服务器发送接收者报告 RR 包,

以便云端服务器及时调整流媒体数据发送速率,从而达到 RTP 包的最佳接收效果。录像模块可以将从云端获取的 RTP 包解析为压缩编码后的音视频数据,然后将这些数据按照标准的封装格式存储到一个文件中,被存储的多媒体文件就可以用来做后续的研究分析。

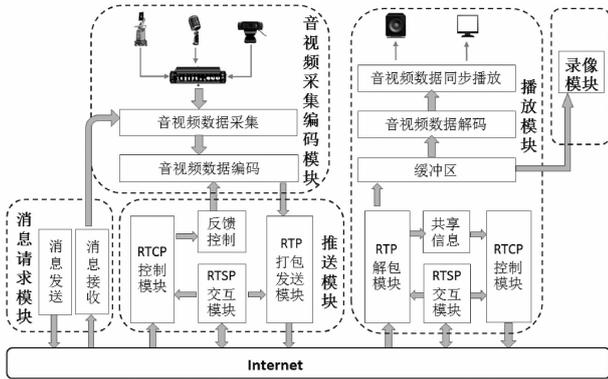


图 3 超声质控系统客户端结构图

4. 系统云端服务器

超声质控系统的云端服务器主要由消息请求模块、RTSP 交互模块、RTP 包接收模块、RTP 包发送模块四部分组成,整体结构见图 4。其中,云端服务器的消息请求模块与客户端的消息请求模块类似,同样完成两种功能:①向客户端发起对应诊室的流媒体数据请求;②处理来自客户端的流媒体数据请求。RTSP 交互模块负责与客户端建立 RTSP 会话和认证用户身份。在收到客户端发来的流媒体数据推送或播放请求后,RTP 包接收模块或 RTP 包发送模块开始工作。RTP 包接收模块主要负责接收来自客户端推送的承载流媒体数据的 RTP 包,将其放在缓冲区等待 RTP 包发送模块处理。此外,RTP 包接收模块会周期性地向推送流媒体数据的客户端发送接收者报告 RR 包,以保证流媒体数据的传输质量。RTP 包发送模块主要负责向请求流媒体数据的客户端发送存储在缓冲区中的 RTP 包,同时对客户端发来的接收者报告 RR 包进行分析处理,进而动态调整 RTP 包发送速率。

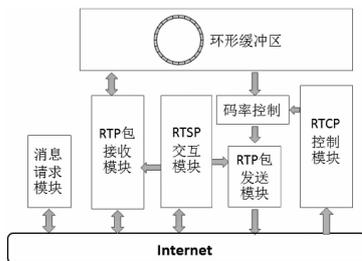
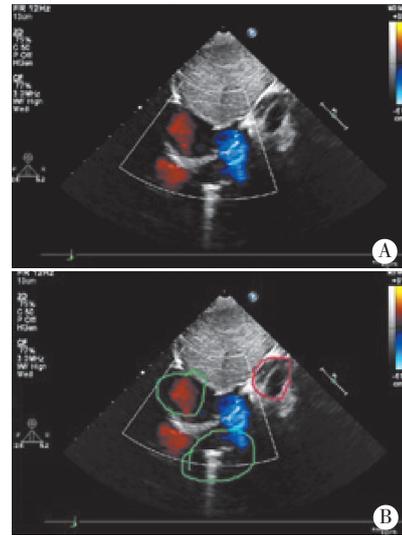


图 4 超声质控系统云端服务器结构图

5. 系统图像标记功能

在远程协助的过程中,经常会出现双方语音交流均无法准确反映图像中病灶位置的情况,因此系统提供远程视频过程中实时标记的功能,任何一方均可在动态视频上使用画笔工具做标记,而对方也可以实时看到图像标记的具体位置,从而极大地提高了远程协助效率;当不需要图像标记时,可一键清除。图像标记功能效果见图 5。

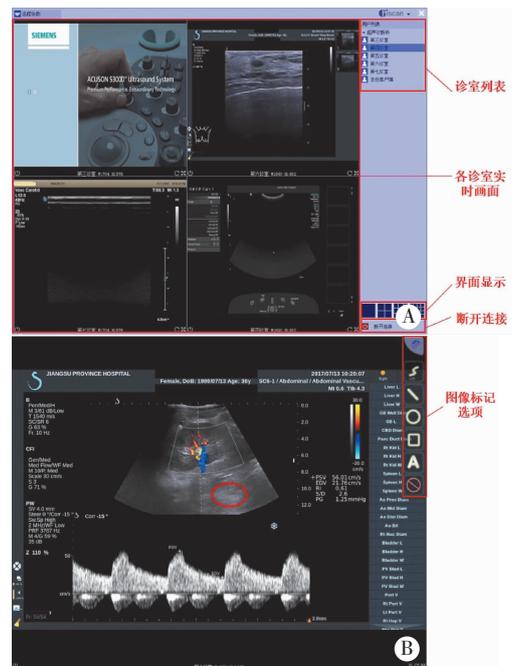


A: 原始实时图像; B: 标记后实时图像。

图 5 超声质控系统图像标记功能效果图

二、基于流媒体技术的超声质控系统的性能评估

延时性和图像质量均对超声质控和远程协助的过程有重要影响,本文分别从延时性和图像质量两个方面对已经部署在江苏省人民医院超声科的该系统做性能评估。在试验中,使用医院内部的 HP DL380G7 X 5620 服务器作为流媒体服务器,标配 2 个英特尔®至强®处理器 E5620(六核 2.4 GHz)、PC3-10600R 8 GB 内存及 2 个 NC382i 多功能双口千兆以太网卡,操作系统为 Window Server 2008;客户端采用 Lenovo S3420 GPV,标配英特尔酷睿六代 i5 处理器(四核 2.4 GHz)、8 GB 内存,操作系统为 Windows 10 专业版 64 位;测试的网络环境为医院内部的专线网络,下载速度 14.92 Mbps,上传速度为 6.48 Mbps。基于流媒体技术的超声质控系统客户端界面图见图 6。



A: 主任端; B: 诊室端。

图 6 基于流媒体技术的超声质控系统客户端界面图

1.延迟时间测试。本试验采用专业抓包工具 Wireshark (Version 2.2.1)基于对数据包的分析来计算系统延迟时间。系统延迟时间为从诊室客户端发送第一个 RTP 包起,到主任客户端接收到第一个 RTP 包时所需时间。在相同条件下对系统进行 50 次抓包分析,结果显示延迟时间集中在 132 ms 左右,说明该系统具有低延时的特点,可以满足超声实时质控的需求。见图 7。

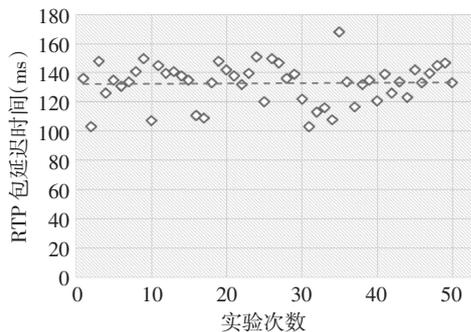


图 7 系统延迟时间测试结果

2.超声图像传输质量测试

超声图像的质量是影响医师进行超声诊断的重要因素。本文采用 SSIM(结构相似性,一种衡量两幅图像相似度的指标^[6])对超声设备产生的原始视频图像与经过编码传输之后的超声视频图像做结构相似性对比,所采用的原始超声视频参数为图像大小 1080 p,帧率为 25 fps,分别截取 10 s 的原始超声视频图像和经编码传输之后的超声视频图像,做好时间对应处理后进行结构相似性计算,采用 50 组不同的数据取平均值,结果显示,经该系统编码传输后的超声图像与原始超声图像的结构相似性平均值在 0.9 以上,具有很高的结构相似性,可以满足远程医学会诊的需要。见图 8。

三、小结

本文设计并实现了一套超声质控系统,该系统基于主流的流媒体协议 RTP、RTCP、RTSP 及 H.264 这种高性能的编解码技术,使其传输的超声实时图像具有很高的图像质量,同时保证了数据传输的实时性。通过该超声质控系统不仅可以使超声诊

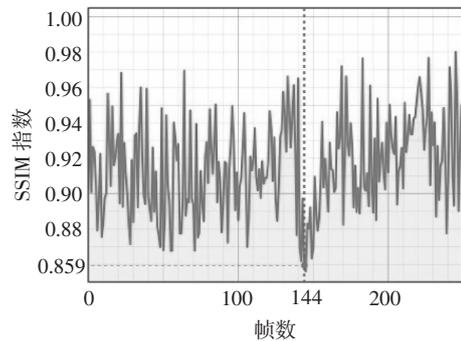


图 8 原始视频图像与编码传输之后的视频图像 SSIM 指数

断的流程变得规范化,大大提高医师的工作效率和质量,节省患者的治疗时间和费用,还可以及时进行医疗协助,提高超声诊断水平。此外,如果将超声设备实时影像看作远程网络中的一个节点成员间的面对面影像,依据超声的各远程子节点网络可发展成江苏省乃至全国的基于云端的超声远程网络质控系统,对于超声医学事业的健康发展具有推进作用。

参考文献

- [1] 项雅珍,沈晓玲.超声诊断妇产科急腹症的临床价值[J].临床医学,2013,33(6):178-179.
- [2] 罗淑荣.加强超声质量管理提高诊断水平[J].中国实用医药,2014,9(27):273-274.
- [3] 李兆明.基于超声乳腺影像报告与数据系统的评分系统在乳腺癌中的诊断价值[J].医学信息,2016,29(23):94-95.
- [4] 杨默,廖海鹰.甲状腺影像报告及数据系统在甲状腺结节性疾病规范化诊疗中的应用[J].中国普通外科杂志,2013,22(11):1456-1460.
- [5] 梁梅云,朱向明,赵峰,等.基于流程节点控制的超声报告质控系统的构建[J].临床超声医学杂志,2014,16(2):65-67.
- [6] Wang Z, Bovik AC, Sheikh HR, et al. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity[J]. IEEE Trans Image Process, 2004, 13(4):600-612.

(收稿日期:2018-02-28)

超声及影像学专业常用术语中英文对照

- CDFI (color Doppler flow imaging) —— 彩色多普勒血流成像
 CT (computed tomography) —— 计算机断层成像
 CTA —— CT 血管造影
 PET (positron emission tomography) —— 正电子发射计算机断层显像
 DSA (digital subtraction angiography) —— 数字减影血管造影技术
 MRI (magnetic resonance imaging) —— 磁共振成像
 MRA (magnetic resonance angiography) —— 磁共振血管造影
 今后本刊将在文中直接使用以上专业术语的英文缩写,不再注明英文全称。