

基于 CSCW 的分布式多媒体远程合作 会诊系统的设计与实现

钟晓东, 胡晓亮, 张永红, 张菊鹏, 白 净

(清华大学生物医学工程系, 北京 100084)

摘 要: 现有的远程会诊系统往往需要专用线路和设备, 相关成本十分昂贵, 因此应用起来有很大的局限性. 我们使用 Visual C++ 6.0 基于 COM 技术开发了远程合作会诊系统 Teleconsult, 目标是为广大医院提供一个低成本, 高效率, 适用面广的专业解决方案. Teleconsult 系统基于桌面 PC, 适应于各种 IP 网络, 完全支持 H. 323 协议, 为两地医生提供了语音/ 视频交流和文本/ 图像同步操作等功能, 并对医学影像变换处理提供了特别支持. 它是一个计算机辅助协同工作下的分布式多媒体系统, 功能可扩展性强.

关键词: 远程会诊; 计算机辅助协同工作; 分布式多媒体; H. 323; 图像处理

中图分类号: TP31615 **文献标识码:** A **文章编号:** 03722112 (2003) 121634-05

Development of CSCW Distributed Multimedia System for Remote Collaboration and Consultation

ZHONG Xiaodong, HU Xiaoliang, ZHANG Yonghong, ZHANG Jupeng, BAI Jing

(Department of Biomedical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The existing teleconsultation systems generally need special networks or devices, which cause these systems to be expensive and limited. To propose a low cost, high efficiency and wide adaptability remote consultation system, we developed Teleconsult based on Visual C++ and COM. Well built on a PC/ Windows platform and fully supporting H. 323, Teleconsult is suitable for adoption in a wide range of TCP/ IP networks. It provides a powerful teleconsultation environment with video/ audio communication, text/ image synchronous operation, etc. Specially, a set of image processing tools is provided in the system. Teleconsult is a distributed multimedia system based on CSCW and is extensible on system functions.

Key words: teleconsultation; CSCW; distributed multimedia; H. 323; image processing

1 引言

远程会诊是指利用远程网络将病人的有关资料(包括病历、X 光片、CT 片、MRI 片等)传送给其他地区的专家, 与对方进行会诊, 并反馈治疗意见. 更先进的远程会诊系统还应该实现语音和视频传送, 以利双方的交流和探讨, 并且实时反馈诊断结果和提出治疗意见.

近年来在国际范围内出现了不少远程医疗项目和计划^[1]. 许多国家大力发展专用网络来加强对远程会诊的支持, 例如 UltraNet^[2], MedNet^[3] 等. 随着 Internet 的广泛应用, 网络带宽的逐渐加大和网络技术的迅速发展, 研究基于 IP 网络的远程会诊系统成为重要趋势. 在这个领域, 已经有人开展了不少研究工作^[4,5]. 不少成型的产品也已经出现, 例如 VCON、VTEL、Polycam 等公司的视频会议产品. 上述系统主要存在以下一个或几个不足: (1) 很多系统是会议室型的视频会议系

统, 基于 H. 320 协议, 相关设备和线路成本十分昂贵; (2) 依赖于专用网络或特定厂商的硬件, 兼容性和通用性不好; (3) 考虑医疗会诊的需要不够, 适合医生在会诊时辅助诊断的功能尚不完善.

针对上述状况, 配合医生的需要, 我们使用 Visual C++ 6.0 在 Windows 2000 平台下开发了一个功能完善的远程会诊系统))) Teleconsult. 我们的目的是开发低成本, 适应面广, 适合医生诊断需要的桌面型远程会诊系统. 与其他同类软件相比, Teleconsult 的突出优点在于: 低廉的成本、灵活的配置、友好的界面、方便的协助诊断工具和强大的同步会诊功能. 作为计算机辅助协同工作下的分布式多媒体系统, 它为医生提供了语音/ 视频交流、文本/ 图像同步操作等功能强大的远程会诊平台.

本文接下来将对 Teleconsult 的系统部署、系统实现和实验评价等方面逐一加以介绍.

2 系统部署

2.1 前期考虑

2.1.1 视频会议标准的选择 目前最常用的两种视频会议系统标准是 ITU-T (国际电信联盟, International Telecommunications Union) 制定的 H. 320 和 H. 323.

H. 320 是同步电路交换网(如 ISDN)上视频传输的标准. 电路交换网适用于实时应用, 如长时间和具有确定延迟的音频和视频信号传递. H. 320 依赖于带外信令、集中的路由控制和昂贵的交换设备.

H. 323 是分组交换网络(如局域网等 IP 网络)上的视频会议标准. H. 323 是在 H. 320 众多要素上建立起来的, 同时又针对分组交换网络扩展了相关功能. 压缩和信令技术的不断发展使得这一协议在规定了与 H. 320 相同的视音频压缩算法的同时又补充一些新的算法, 如新的 H. 263 标准视频压缩算法. 尽管 H. 323 协议特别为局域网制定, 但是它还支持在本地网、城域网、地区网以及广域网上实时视频、音频、数据传输.

出于以下几点考虑, 我们采用了 H. 323 作为系统的视频会议标准. 首先, H. 323 可以有效地利用从 PSTN 到 ISDN, 从 LAN 到 ATM 等各种 IP 网络的带宽. 其次, 目前大多数医院构建了自己的局域网, H. 323 可以充分利用其现有的网络资源, 把视频、音频和数据合并在一个数字网络中. 再次, H. 320 依赖于昂贵的设备和固定的 ISDN 线路, 这给系统的应用带来很大的局限, 而 H. 323 与底层物理设备和线路无关, 适用范围广. 最后, 国内的网络将在近两年向宽带网快速转换, 这给 H. 323 协议的产品以更有利的网络环境.

2.1.2 会诊系统的工作模式 远程会诊系统的工作模式通常可以分成两个主要类型: 即时模式和预先同步模式.

即时模式主要用于战地或救护车这样的急救场合. 这种模式下的会诊要求首先建立会议和通讯连接, 然后在会诊的过程中根据诊断实时传送特定的医学数据到会诊的另一方. 这种方法是即时性的, 可使会诊用户的操作信息很好地保持一致, 多用于急救场合. 然而, 这种模式的会诊系统要求较大的网络通讯量, 如果诊断素材的数据量较大, 就需要考虑其他的办法来补偿, 如高效快速的压缩算法、有效的信息剪裁等.

另一种模式)) 预先同步模式, 在静态环境下更为有效, 即事先将所需要的诊断素材准备好, 在会诊的最初阶段将这些诊断资料在会诊参与者间同步. 每个用户端都有自己的数据副本以及独立的用户界面, 只有用户输入的命令被传送. 显然预先同步方式在会诊过程中的网络传输量比即时模式要小得多. 这种方式可以在会诊过程中减少网络的通讯量, 因为只需在会诊时同步双方的操作命令.

考虑到国内的会诊主要运用在固定场所(医院或诊所), 所以预先同步模式更为合适, 它既保证会诊中的实时交互, 又不会让网络的通讯量过大而影响会诊效果.

2.1.3 计算机辅助协同工作的支持 计算机辅助协同工作(Computer supported cooperative work, CSCW)指的是多个参与者使用计算机辅助手段来同步或异步地实现同一个工作目标^[6]. 根据已有研究^[5,6]和实际会诊中医生的需要, 我们确定

了 Teleconsult 系统的下列 CSCW 特性:

(1) 视频和音频会议: 系统提供同步视频和音频显示, 极大地加强参与者之间的交流与合作, 在很大程度上提高协同工作的效率;

(2) 信息交互: 参与者之间可以方便地交互图像、文本等信息, 最简单的方式是采用文件传输;

(3) 协同操作: 使用工作区(Work Area)、白板(White Board)、标注工具(Telepointer)、应用程序共享(Application Share)等功能进行合作. 参与者在工作区对共享的诊断影像和文档作标记和操作, 资料的变化将即时反映到每个参与者的屏幕上.

2.1.4 分布式多媒体系统的考虑 作为分布式多媒体系统(Distributed Multimedia System), Teleconsult 在设计时考虑下列要素^[5,7]:

(1) 国际化标准和兼容性: 系统使用国际标准化协议 H. 323 和 DICOM 等. 这样可以保证系统在最大程度上与其他设备或系统兼容, 而且有利于将来的升级;

(2) QoS 管理机制: 系统使用较灵活的机制和特性来允许用户根据实际情况在连接活跃的时候动态变更 QoS 参数值;

(3) 数据压缩: 远程会诊系统中的图像和视频压缩非常重要. 我们采取国际标准来实现多媒体信息的压缩, 例如视频标准 H. 261 和 H. 263 等, 音频标准 G. 723 等;

(4) 数据安全性: 会诊系统必须保证病人资料的安全和完整. 参与者只有被确认身份后才可加入会诊;

(5) 系统的易用性和稳定性: 系统提供友好易用的图形用户界面(Graphical User Interface, GUI)和充分的帮助信息. 而稳定性是一个可信的系统的要求, 是系统其他功能正常执行的保障.

2.2 系统设计

2.2.1 系统描述 我们开发的医学影像远程合作会诊系统 Teleconsult, 是一套基于 PC 机的低成本的桌面会议系统. 它对硬件要求不高, 使用目前 PC 的中等配置即可(Pentium 300, 128M 内存, 最低支持 1024@768 分辨率, 16 位色的显示器), 操作系统为 Windows NT 4.0 或 Windows 2000. 为了在会诊过程中使用视频和音频, 需要配置标准视频和音频采集设备(建议使用视频采集卡和摄像头, 16 位全双工声卡).

Teleconsult 可稳定地运行在拨号网络、ISDN 等各种方式构成的 TCP/IP 网络上. 在广域网环境下, 使用 ISDN 的基本速率接口(Basic Rate Interface, BRI)在 128Kbps 的速率(2 个 B 信道)下进行直接连接就可得到较好的效果. 如果附加额外的 ISDN 线路, 系统的视频、文件传送等效果将会得到更大改善.

Teleconsult 采用的是点对点的预先同步远程会诊方式. 每次会诊前, 呼叫方做好病人诊断素材(病历、医学影像等)和其他资料的准备, 再使用电话或 Email 向被呼叫方预约会诊时间. 正式会诊时, 先由被呼叫方创建会议, 然后呼叫方进行呼叫加入会议, 并将病人的诊断素材通过素材同步功能传送给被呼叫方. 在此后进行的会诊中, 呼叫方和被呼叫方就可以对病人的资料进行协同操作了.

Teleconsult 是一个计算机辅助协同工作下的分布式多媒体

体系统. 它允许会诊双方在病人的诊断材料(包括病历、医学影像等)上进行协同工作, 达到/ 你见即我见0(What You See Is What I See, WYSIWIS)的同步显示效果. 会诊双方可使用语音、视频和文本聊天工具来进行交流, 并利用图形标记和文本注释工具就病人的影像展开讨论. Teleconsult 提供了易于学习和使用的界面, 使得医生能最方便地对病人的医疗影像进行观看和处理. Teleconsult 提供一套完整的图像处理工具来对图像进行标注、剪切、放缩等操作, 还可以对图像进行常用的变换, 以利于医生对影像的分析. Teleconsult 支持各种常用医疗影像图片格式, 如 bmp、jpg 等, 还加入了对 DICOM 文件的支持.

2.1.2.2 系统逻辑模块 如图 1 所示, 系统的逻辑模型由三层组成:

(1) DirectX (DirectDraw) 和 DirectX Media (DirectX Transform)

DirectX 中的 DirectDraw 接口和 DirectX Media 中的 DirectX Transform 接口分别被用作医学影像会诊系统调用的图像操作接口和图像处理服务接口, 实现与模块无关的统一调用方法.

(2) 医学影像会诊系统

本层模块由下面几个部分组成:

(a) 命令控制和同步: 通过访问下层的 NetMeeting 服务提供的 T. 120 数据通道, 实现会诊双方的命令操作同步以及病人素材包同步;

(b) 医学影像处理管理器: 集成和实现图像处理的调用管理, 以便内建和扩展图像处理模块、颜色控制处理模块、图像的表面管理及图像显示模块的访问;

(c) 表面管理和医学影像显示: 通过调用 DirectDraw 和 DirectX Transform 来管理与维护表面, 并实现医学影像的显示(原始尺寸或缩放);

(d) 内建图像处理模块: 实现空间变换(旋转和镜像变换)、灰度变换、X 射线效果变换以及凸凹滤波变化;

(e) 可扩展图像处理模块: 支持外部图像处理插件, 例如边缘检测、伪彩色处理等;

(f) 绘图工具集: 提供基本的绘图操作工具, 如线、矩形、圆、文本、橡皮擦等;

(g) 颜色控制: 包含对图片的伽玛、亮度、对比度调整变换控制条;

(h) 医学影像素材打包工具: 实现病人资料素材包的定义和编辑管理;

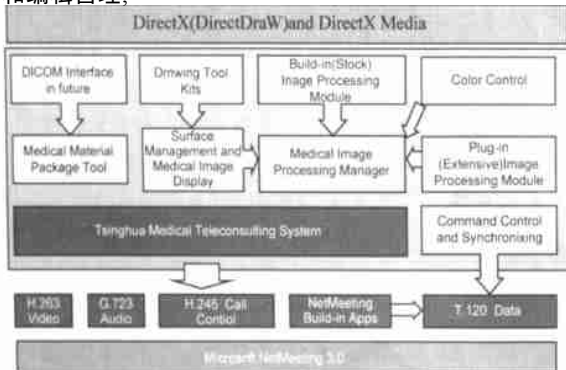


图 1 系统逻辑模块

(i) DICOM 网络支持(目前尚未实现, 预留接口): 支持 DICOM 协议, 直接从网络上访问 DICOM 医学影像设备.

(3) MS NetMeeting 3.0 服务及调用接口

本层提供 Microsoft NetMeeting 3.0 网络通讯服务及调用接口, 包括 H. 263 视频通道、G. 723 音频通道、H. 245 呼叫控制、内建应用程序(如应用程序共享、白板、Chat 等)以及 T. 120 数据通道, 由中间层的逻辑模块来调用.

3 系统实现

3.1 用户界面和影像素材包的实现

3.1.1 用户界面 系统的用户接口设计遵循一个主要的原则, 即提供尽可能简单的, 易于学习和使用的界面. 依据这个原则, 在设计用户界面时, 尽可能的减少窗口的数量; 命令主要采用按钮来实现, 避免不必要的菜单命令; 命令按钮的布局依据右手使用习惯, 位于屏幕的右方和下方.

最终完成的用户界面如图 2 所示.

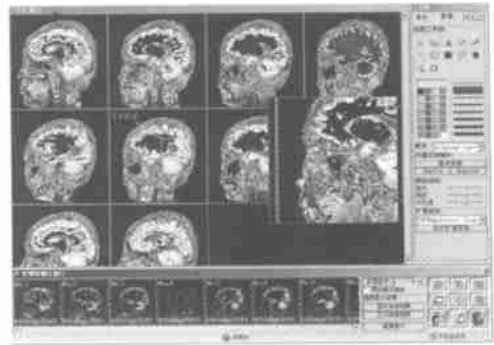


图 2 系统用户界面

3.1.2 影像素材包及打包编辑器的实现 影像素材包是本系统自定义的数据描述格式和方法, 用于组织和维护病人基本信息以及医学影像数据信息. 为此我们专门实现了一个打包编辑器工具, 用于创建或编辑影像素材包.

3.2 NetMeeting 调用和合作医疗的实现

3.2.1 NetMeeting 的接口实现和调用 本系统采用 NetMeeting 作为底层的会议和通讯服务平台.

NetMeeting 3.0 COM API 的对象模型可以参考图 3. NetMeeting 3.0 提供了众多的对象接口(incoming interface), 可以直接调用以便控制和访问 NetMeeting. 由于这些接口是 incoming 类型的, 也就是被 COM 组件自己实现的, 在会诊系统的实现

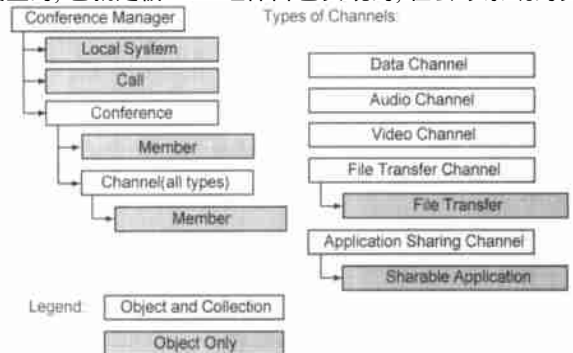


图 3 NetMeeting 3.0 COM API 的对象模型

中我们创建对象实例, 然后通过返回的接口指针直接访问接口方法.

3121 2 合作医疗的实现 会诊系统使用独立创建的数据通道传输自定义信息. 我们定义了一系列的命令和数据格式, 分为三种主要的类型(命令集), 它们分别是: 诊断素材包同步命令集、素材操作和其他命令集、图像处理命令集. 所有命令的定义均在 C++ 的头文件中用 # define 定义为宏, 并为每个命令在其对应命令集中按顺序分配唯一的整数编号. 每个命令集中都预留了足够的编号空间, 以便将来的扩展需要.

命令的数据格式如下:

消息长度	消息编号	子事件	ID	状态	其他数据缓冲
------	------	-----	----	----	--------

其中, 前五部分数据分别使用一个双字(DWORD)存储作为消息的头信息. 如需其他数据, 则在消息的头信息之后附加数据, 消息长度应该是头信息和其他数据缓冲的总长度.

系统专门定义了全局函数 SendIPMessage 用于创建和发送不同命令集中的命令给远程计算机. 图 4 以图像处理操作为例描述了命令同步的过程.

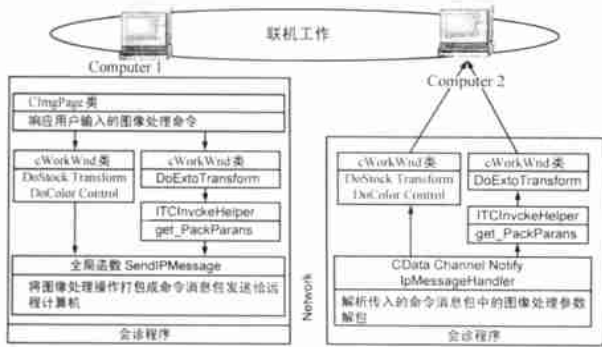


图 4 图像处理操作的同步过程

313 图形操作和图像处理模块的实现

3131 1 使用多个表面装载文件 会诊系统引入了三个图像缓冲区来维护显示在工作区窗口的单幅或多幅医学影像, 分别是原始表面(Original DXSurface)、后台表面(Background DXSurface)和前台表面(Foreground DXSurface). 原始表面中存储的是被装载的一幅或多幅医学影像, 它所维护的是最初装载的图像数据, 并且不会在随后的处理中被修改. 后台表面维护工作区窗口中实际的医学影像显示. 如果需要重新装载原始图像, 只要将原始表面的相应部分复制到后台表面就可以了, 每次用户完成的图像操作均在这一表面上进行. 前台表面实际上维护了工作区窗口的真实显示缓冲区, 所有图像和图形都必须装入前台表面, 再复制到工作区窗口中.

3131 2 图形操作功能实现 会诊系统定义了一个 C++ 类 CMetaGraph 来封装各种绘图操作的元数据, 用户每次的绘图操作均被记录成一个 CMetaGraph 对象(包含了画笔线宽、文本内容、绘图内容和鼠标轨迹等所有信息).

根据 CMetaGraph 对象的对应参数, 调用相应的 Windows GDI 函数将各种图形绘制到前台表面. CMetaGraph 对象也被

添加到 m.MetaGrpArray 数组中, m.MetaGrpArray 是一个绘图操作队列, 当需要取消绘图操作时, 从该数组中获得相应的绘图参数实现 Undo 功能.

3131 3 图像处理功能实现 内建图像处理模块在 DirectX Transform 服务的 BasicImage 对象中已经实现, 所以会诊系统直接使用它们, 保证可靠性并减少了开发时间.

对可扩展图像处理模块运行时调用的支持, 可以使会诊系统依据临床的不同需要独立开发适当的影像处理模块, 并且统一调用. 为此我们制定了一个扩展图像处理模块的实现规范, 并提供了一个通用的调用引擎.

为了简化设计, 并提供可靠的、兼容性好的接口, 我们仍使用 DirectX Transform 的规范作为可扩展图像处理模块的主体框架, 但是在 DirectX Transform 对象定义的基础上新增了一个接口定义, 即 ITCInvokeHelper 接口. 通过实现 ITCInvokeHelper 接口, 可扩展模块将图像变换参数打包并解包还原.

可扩展图像处理模块本质上被实现成 DirectX Transform 对象, 也是一种 COM 组件. 通过自定义一个组 ID, 我们将可扩展图像处理模块加入统一的组件组. 当会诊软件启动时, 系统通过相应的 COM 服务函数读取组内的所有组件的信息, 正确的检测出所有的可扩展图像处理模块并加载它们.

4 实验评价

4.1 实验方案

Teleconsult 系统在清华大学生物医学工程系医学工程与健康技术研究室、中日友好医院远程会诊中心和解放军 301 医院远程医学中心之间进行了多次使用实验. 双方地点和网络环境如表 1 所示.

表 1 实验地点与网络环境

网络环境	实验双方	连通速率
LAN	清华大学	10Mbps
Modem 连接	清华大学和中日医院	33.6Kbps
ISDN 连接	中日医院和 301 医院	128Kbps

以上实验, 清华大学方面由作者进行操作, 中日医院由远程会诊中心医师进行操作, 301 医院由远程医学中心医师进行操作. 每次实验至少有一位以上的医师进行使用评判. 实验后由操作者给出使用系统的主观评价, 评价标准如表 2 所示.

表 2 实验评价标准

评价指标	指标说明				
	5(优)	4(良)	3(中)	2(差)	1(很差)
声音平均印象分(MOS)	5	4	3	2	1
视频质量尺度及每秒帧数	5(非常好)	4(好)	3(一般)	2(差)	1(非常差)
	记录平均每秒帧数				
文件传输时间	传送一个 100K 大小的文件, 记录平均传输时间				
协同操作延迟	执行操作后等待对方完成同样操作, 记录平均等待时间				

412 实验结果

实验的平均评价结果如表 3 所示.

表 3 实验评价结果

评价指标	LAN	Modem	ISDN
声音平均印象分 (MOS)	5	4	5
视频质量尺度及每秒帧数	5	3	4
	30fps	6-8fps	10-14fps
文件传输时间	< 1秒	约 30 秒	约 12 秒
协同操作延迟	< 0.3 秒	约 2 秒	约 1 秒
实验次数	12	5	4

虽然实验的次数有限,但 Teleconsult 得到了医院专业人士系统的测试和有效的评估.实验结果表明,我们的系统是一个低成本、高效率、应用环境广的远程会诊解决方案.

5 结束语

我们基于 CSCW 和分布式多媒体特性设计并开发了医学影像远程合作会诊系统 Teleconsult,目的是为广大医院实现低成本、适应性强的远程会诊解决方案.从我们与中日友好医院、解放军 301 医院的使用实验结果和使用者的主观评价来看,系统的功能设计和实现得到了充分肯定.系统将进一步完善以投入临床使用.

参考文献:

- [1] Telemedicine and Developing Countries[R]. Document 2/155 (Rev. 1)2E, Study Groups, International Telecommunication Union, 1996.
- [2] H K Huang, R K Taira, et al. Implementation of a large-scale picture archiving and communication system[J]. Comput. Med. Imaging Graph, 1993, 17: 1- 11.

- [3] R Simon, D Krieger, et al. Multimedia MedNet: A medical collaboration and consultation system[J]. Computer, 1995, 5: 65- 73.
- [4] L Makris, I Kamilatos, et al. Teleworks: A CSCW application for remote medical diagnosis support and teleconsultation[J]. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 1998, 2(2): 62- 73.
- [5] Jianguo Zhang, Johannes N Stahl, et al. Realtime teleconsultation with high-resolution and large-volume medical images for collaborative healthcare [J]. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 2000, 4(2): 178- 185.
- [6] V Kopsacheilis, I Kamilatos, et al. Design of CSCW applications for medical teleconsultation and remote diagnosis support[J]. Med. Inform. Journal, 1997, 22(2): 121- 132.
- [7] D Minoli, R Keinath. Distributed Multimedia Through Broadband Communication Services[M]. New York: Artech House, 1994.

作者简介:



钟晓东 男, 1979 年 8 月生于湖南省岳阳市, 清华大学硕士研究生, 主要研究兴趣包括远程医疗、信号处理、图像处理等.

胡晓亮 男, 1975 年 1 月生于北京市, 清华大学硕士研究生, 目前在 Case Western Reserve University 攻读博士学位, 主要研究兴趣包括远程医疗、医学图像等.

张永红 女, 1969 年 1 月生于湖北省武汉市, 现为清华大学生物医学工程系副教授, 主要研究兴趣包括远程医疗、近红外光无损检测技术、医学图像等.